obeikandl.com

obeikandl.com

تصنيع الفواكه والخضراوات

تحسين الجودة

الجزء الأول

تأليف

ويم جونجن

ترجمة

د. فهد بن يحيى الجهيمي

أستاذ التصنيع الغذائي المشارك

قسم علوم الأغذية–كلية علوم الأغذية والزراعة

جامعة الملك سعود ، الرياض

د. إسماعيل بن عيسى الشايب

قسم علوم الأغذية – كلية علوم الأغذية والزراعة

جامعة الملك سعود ، الرياض (سابقاً)

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

obeikandl.com

ح جامعة الملك سعود، ١٤٣٥هـ (٢٠١٤م)

هذه ترجمة عربيّة مصرح بها من مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Fruit and Vegetable Processing Improving Quality
By: Wim Jongen
© Wood head Publishing Limited, 2002.

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنيّة أثناء النشر

جونجن، ويم
تصنيع الفواكه والخضراوات: تحسين الجودة. /ويم جونجن؛ فهد ين يحيى الجهيمي، إسماعيل عيسى الشايب. - الرياض، ١٤٣٤هـ
٤٤٦ص، ١٧ × ٢٤سم.
٢ مج.
ردمك : ٩ - ٢٠٦ - ٥٠٧- ٦٠٣ - ٩٧٨ (مجموعة)
٦ - ٢٠٧ - ٥٠٧- ٦٠٣ - ٩٧٨ (ج١)
١- الفواكه ٢- الخضراوات أ. الجهيمي، فهد بن يحيى (مترجم)
ب- الشايب، إسماعيل عيسى (مترجم) ج. العنوان
ديوي ٦٣٤ ١٤٣٤/١٠٦٧٩

رقم الإيداع : ١٤٣٤/١٠٦٧٩
ردمك : ٩ - ٢٠٦ - ٥٠٧- ٦٠٣ - ٩٧٨ (مجموعة)
٦ - ٢٠٧ - ٥٠٧- ٦٠٣ - ٩٧٨ (ج١)

حكّمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره في اجتماعه العشرين للعام الدّراسي ١٤٣٣/١٤٣٤هـ المعقود بتاريخ ١٤٣٤/٧/١٦هـ الموافق ٢٠١٣/٥/٢٦م

النشر العلمي والمطابع ١٤٣٥هـ

obeikandl.com

مقدّمة المترجميْن

الحمدلله على نعمائه والشكر له على توفيقه وامتنانه، والصلاة والسلام على نبينا محمد وعلى آله وأصحابه، وبعد، نحمد الله ونثني عليه أن وفقنا لإنجاز ترجمة كتاب "**تصنيع الفواكه والخضراوات ، تحسين الجودة** Fruit and Vegetable Processing, Improving Quality" من تحرير ويم جونجن "Wim Jongen" والذي صدر عن دار النشر Woodhead publishing Limited, Abington Hall, Abington Cambridge CBI 6AH, England الطبعة الأولى في عام ٢٠٠٢م، والذي يعتبر كتاباً مميزاً يستشرف مستقبل تصنيع الفواكه والخضراوات من الجوانب المهنية والتطبيقية. ويمكن القول إن المكتبة العربية لا يزال ينقصها الكثير من العناوين التي تتناول موضوعات تصنيع الأغذية بشكل عام. وبالرغم من أن هذا الكتاب يقتصر تركيزه بشكل كبير على تصنيع الفواكه والخضراوات ، إلا أنه يقدم تجربة شيقة يمكن الاستفادة منها في مجالات تصنيع الأغذية الأخرى.

يهتم الكتاب بالتقنيات المبتكرة الجديدة المستخدمة في التصنيع والتحليل والكشف عن المركبات الحيوية الموجودة في الخضروات والفواكه ؛ ذلك أن تطبيق هذه التقنيات في تزايد من أجل تحسين الخواص الحسية والتغذوية (للفواكه والخضراوات). ويناقش الكتاب كمًّا هائلاً من المعلومات الحديثة المهمة التي تتناول المركبات الحيوية ومضادات الأكسدة التي تحتويها الخضروات والفواكه، ويستعرض دورها في الوقاية من

obeikandi.com

عدد كبير من الأمراض والسرطانات بالتفصيل، كما يناقش المفاهيم الجديدة المرتبطة بإمكانية تحسين استفادة المستهلك منها، ومن ذلك مفهوما الحصول الحيوي والتوافر الحيوي للمواد النشطة حيويًا داخل الجسم.

تمثل مشكلة عدم توفر معانٍ مباشرة لبعض المصطلحات في قواميس اللغة إحدى أبرز الصعوبات في سبيل ترجمة هذا الكتاب، مما استوجب اجتهادًا وبحثاً مطولاً عن أنسب المعاني والتعبير عنها بأنسب الكلمات والعبارات التي تتوافق مع سياق النقاش بما لا يخل بالمعاني المقصودة. ومع إدراكنا أننا بذلنا أقصى ما نستطيع من جهد إلا أننا لا نستغني عن تصحيحات وتصويبات وتوجيهات المحكمين وكل من يأنس في نفسه القدرة على نقد هذا العمل نقداً بناءً مكملاً لكل نقص، والكمال لله سبحانه وتعالى.

وختاماً، نود أن نسجل شكرنا وتقديرنا لمركز الترجمة بجامعة الملك سعود على الدعم المعنوي المبذول حتى تمت هذه الترجمة. كما نخص بالشكر والعرفان كل من ساعد في مراجعة وتحكيم وإخراج هذا الكتاب؛ خاصة أخانا المهندس عبدالباقي موسى الترابي.

كما لا يفوتنا أن نتقدم بالشكر والعرفان إلى عمادة البحث العلمي وإلى إدارة النشر العلمي والمطابع بجامعة الملك سعود على الجهود المضاعفة التي يبذلونها في سبيل إخراج الكتب العلمية المتخصصة لمواكبة الخطة الإستراتيجية التي رسمتها الجامعة والتي مكنتها من السير بخطى ثابتة ومتسارعة نحو العالمية.

سائلين الله، عز وجل، أن ينفع به، والله من وراء القصد وهو الهادي إلى سواء السبيل.

المترجمان

obeikandl.com

المساهمون
Contributors
(* Indicates the main contact)

Chapter 3
Professor I. M. Heinonen*
Department of Applied Chemistry and Microbiology
PO Box 27
University of Helsinki
00014
Finland

Tel: +358 9 191 58224
Fax: +358 9 191 58475
E-mail: marina.heinonen@helsinki.fi

Dr A. S. Meyer
Technical University of Denmark
BioCentrum DTU
Food Biotechnology and Engineering Group
Building 221 DTU
DK-2800
Lyngby
Denmark
Tel: +45 45 252598
Fax: +45 45 884922
E mail: anne.meyer@biocentrum.dtu.dk

Chapter 1
Professor W. Jongen
ATO-DLO
PO Box 17
6700 AA
Wageningen

E-mail: wim.jongen@iftldsci.wau.n1

Chapter 2
Professor S. Southon* and
Dr R. Faulks
Institute of Food Research
Norwich Research Park
Colney
Norwich
NR4 7UA
UK

Tel: +44 (0) 1603 255176
Fax: +44 (0) 1603 255237

Email: richard.faulks@bbsrc.ac.uk
Email: sue.southon@bbsrc.ac.uk

obeikandl.com

Chapter 7
Dr J. Aked
7 Whinnetts Way
Pulloxhill
Bedford
MK45 SEX
UK

Tel: +44 (0) 1525 718118
Fax: +44 (0) 1525 718402
E-mail: julia aked@hotmail.com

Chapter 8
Professor R. Cubeddu,* Dr A. Pifferi,
Dr P. Taroni and Dr A. Torricelli
INFM-Dipartimento di Fisica &
IFN-CNR
Pohtecnico di Milano
Piazza Leonardo da Vinci 32
1-20133
Milan
Italy

Tel: +39 02 2399 6110
Fax: +39 02 2399 6126
rinaldo.cubeddu@fisi.polimi.it

Chapter 9
Dr J. Lammertyn,* Dr B. E.
Verlinden and Professor B. Nicolg
Laboratory/Flanders Centre of
Postharvest Technology
Department of Agro-Engineering and
Economics
Katholieke Universiteit Leuven
Willem de Croylaan 42
B-3001 Leuven

Chapter 4
Dr C. Leoni
Stazione Sperimentale per l'Industria
delle Conserve Alimentari
PO Box 286
Viale Tanara 31/A
43100 Parma
Italy

Fax: +39 0521 771829
E-mail: carloleo@katamail.com

Chapter 5
Dr C. Gary and Dr M. Tchamitchian*
Unite Plantes et Systemes de Culture
Horticoles
INRA
Domaine Saint-Paul, Site Agroparc
F-84914 Avignon Cedex 9
France

Tel: +33 (0) 4 32 722346
Fax: +33 (0) 4 32 722282
E-mail: arm@avignon.inra.fr

Chapter 6
R. Early
Harper Adams University College
Newport
Shropshire
TF10 8NB
UK
Tel: +44 (0) 1952 815365
Fax: +44 (0) 1952 814783
E-mail: rearly@harper-adams.ac.uk

obeikandi.com

Instituto Pluridisciplinar
Universidad Complutense de
Madrid
Juan XXIII 1.
28040 Madrid
Spain

Tel: +34 1 394 3260
Fax: +34 1 394 3265
E-mail: laseres@pluri.ucm.es

Chapter 13

Dr L. C. Garratt, Dr J. B. Power and
Dr M. R. Davey*
Plant Science Division
School of Biosciences
University of Nottingham
Sutton Bonington Campus
Loughborough
Leicestershire
LE12 5RD
UK

Tel: +44 (0) 115 9513057
Fax: 4-44 (0) 115 9516334
E-mail:
mike.davey@nottingham.ac.uk

Chapter 14

Dr E. Laurila and Dr R. Ahventhnen*
VTT Biotechnology
Tietotie 2
PO Box 1500
02044 VTT
Finland

Tel: +358 9 456 5201
Fax: +358 9 455 2103
E-mail: Raija.Ahvenainen@vtt.fi

Belgium

Tel: +32 16 322376
Fax: +32 16 322955
E-mail:
jeroen.lammertyn@agr.kuleuven.ac.be

Chapter 10

Dr H. S. Ramaswamy* and
Dr C. R. Chen
Department of Food Science
McGill University
MacDonald Campus
2111 Lakeshore Road
Ste Anne de Bellevue PQ
H9X 3V9
Canada

E-mail:
ramaswamy@macdonald.mcgill.ca

Chapter 11

Dr F. Carlin
UMR Securite et Qualite des Produits
d'Origine Vegetale
INRA
Domaine Saint-Paul Site Agroparc
F-84914 Avignon Cedex 9
France

Tel: +33 (0) 4 32 722519
Fax: +33 (0) 4 32 722492
E-mail: carlin@avignon.inrafr

Chapter 12

Dr J. M. Orea and Professor
A. Gonzalez Urelia*
Unidad de Laseres y
Haces Moleculares

openkandil.com

Faculty of Agricultural and
Applied Biological Sciences
Katholieke Universiteit Leuven
Kasteelpark Arenberg 22
B-3001 Leuven
Belgium

Tel: +32 16 321585
Fax: +32 16 321960
E-mail: indrawati@agr.kuleuven.ac.be
E-mail: marc.hendrickx@agr.
kuleuven.ac.be

Chapter 18

Dr R. Saurel
Research Laboratory in Food
Engineering
IUTA
Universite de Lyon 1
Rue Henri de Boissieu
01060
Bourg-En-Bresse
Cedex 09
France

Tel: +33 (0) 4 74 455252
Fax: +33 (0) 4 74 455253
E-mail:
saurel iutbourg.univ-lyonl.fr

Chapter 15

Dr B. P. F. Day
Research Section Leader — Food
Packaging and Coatings
Food Science Australia
671 Sneydes Road (private Bag 16)
Werribee
Victoria 3030
Australia

Tel: +61 (0) 3 9731 3346
Fax: +61 (0) 3 9731 3250
E-mail:
brian . day @ foodscience .afi sc
.csiro.au

Chapter 16

Dr H. J. Park
Graduate School of Biotechnology
Korea University.
5-Ka
Anam-Dong
Sungbuk-Ku
Seoul 136-701
Korea

Tel: 82 2 3290 3450
Fax: 82 2 927 9028
E-mail: hjpark@korea.ac.kr
E-mail: hipark@clemsomedu

Chapter 17

Dr Indrawati,* Dr L. Ludikhuyze,
Dr A. Van Loey and Professor
M. Hendrickx
Department of Food and
Microbial Technology, Laboratory
of Food Technology

obeikandl.com

المحتويات

Contents

مقدمة المترجمَيْن.....هـ

المساهمون .....ز

الفصل الأول : مقدّمـــة..... ١

الباب الأول : الفواكه والخضراوات والصحة

الفصل الثاني : الفوائد الصحية لزيادة استهلاك الفواكه والخضراوات ٧

(٢,١) مقدمة ٧

(٢,٢) البرهان على الفائدة ٨

(٢,٣) الفواكه والخضراوات : مكوناتها وطرق عملها.....١٤

(٢,٤) الفوائد الصحية للأغذية الكاملة مقابل المكونات المعزولة ٢٢

(٢,٥) تأثير تركيب الخلية على نقل واستلام العنصر الغذائي ٢٦

(٢,٦) الامتصاص والأيض واستهداف الأنسجة ٣٢

(٢,٧) زيادة الاستهلاك: ما الذي يمكن عمله؟ ٣٤

(٢,٨) الاتجاهات المستقبلية ٣٧

(٢,٩) مصادر لمزيد من المعلومات والنصائح ٣٩

obeikandl.com

(٢,١٠) المراجـــــع..... ٤٠
الفصل الثالث :مضادات الأكسدة في الفواكه والعناب والخضراوات ٤٣
(٣,١) مقدمة ٤٣
(٣,٢) مضادات الأكسدة من الفواكه والعناب: نظرة شاملة..... ٤٥
(٣,٣) الفواكه الحجرية (ذات النواة الحجرية) ٥٤
(٣,٤) الموالح (الحمضيات) ٦٠
(٣,٥) العنب..... ٦٢
(٣,٦) التفاح ٦٧
(٣,٧) العناب ٦٩
(٣,٨) مضادات الأكسدة من الخضراوات: نظرة شاملة ٧٣
(٣,٩) الخضراوات الجذرية والدرنية ٧٧
(٣,١٠) الخضراوات الصليبية ٨٢
(٣,١١) الخضراوات الأخرى..... ٨٣
(٣,١٢) تأثير مختلف تقنيات التصنيع على النشاط المضاد للأكسدة ٨٧
(٣,١٣) الاتجاهات المستقبلية ٨٨
(٣,١٤) مصادر المعلومات المستقبلية والنصائح ٨٩
(٣,١٥) اختصارات ٩١
(٣,١٦) المراجـــــع..... ٩١
الفصل الرابع: تحسين الجودة التغذوية للفواكه والخضراوات المصنَّعة:
الطماطم كحالة أو نموذج..... ٩٩

openkanari.com

(٤,١) مقدمة: دور الفواكه والخضراوات المصنَّعة في الغذاء العصري ٩٩
(٤,٢) منتجات الطماطم المصنَّعة ١٠١
(٤,٣) الجودة التغذوية للطماطم المصنَّعة ١٠٤
(٤,٤) المكونات الكبرى ١٠٤
(٤,٥) المكونات الدقيقة ذات الأهمية التغذوية: المعادن ١٠٧
(٤,٦) المكونات الدقيقة: مضادات الأكسدة والفيتامينات ١٠٧
(٤,٧) المكونات الدقيقة: اللايكوبين والكاروتينات الأخرى ١٠٩
(٤,٨) سلوك العناصر التغذوية أثناء التصنيع: الفيتامينات ١١٣
(٤,٩) سلوك العناصر الغذائية أثناء التصنيع: الليكوبين ١١٤
(٤,١٠) التوافر الحيوي للايكوبين ١٢٢
(٤,١١) المراجع ١٢٤

الباب الثاني : إدارة السلامة والجودة في سلسلة الإمداد

الفصل الخامس : نمذجـــة إنتاج الفواكه والخضراوات : الطماطم كمثال ١٢٩
(٥,١) مقدمة : أهمية النمذجة من أجل الجودة ١٢٩
(٥,٢) أنواع إنتاج الطماطم ١٣٠
(٥,٣) أنواع النمذجة ١٣٤
(٥,٤) توازنات الكتلة والطاقة لمحاصيل الطماطم ١٣٥
(٥,٤,١) الكربون ١٣٥
(٥,٤,٢) الماء ١٣٨
(٥,٤,٣) الطاقة ١٤٠

openkandil.com

(٥,٤,٤) العناصر المعدنية..... ١٤٢
(٥,٥) تكون الناتج..... ١٤٣
(٥,٥,١) إنتاج الكتلة الحيوية..... ١٤٤
(٥,٥,٢) توقيت التطوير ١٤٤
(٥,٥,٣) توزع المادة الجافة..... ١٤٥
(٥,٥,٤) محتوى الثمرة من المادة الجافة ١٤٦
(٥,٦) تكون جودة المنتجات..... ١٤٧
(٥,٧) التفاعلات مع الآفات والأمراض ١٥١
(٥,٨) حقول التطبيق: توقعات الناتج وإدارة المحصول..... ١٥٤
(٥,٩) حقول التطبيق : السيطرة على المناخ..... ١٥٧
(٥,١٠) حقول التطبيق : الري والتسميد..... ١٥٩
(٥,١١) حقول التطبيق : وقاية النبات..... ١٦١
(٥,١٢) التطورات الحالية والمستقبلية في النمذجة..... ١٦٢
(٥,١٣) مصادر مزيد من المعلومات والنصائح..... ١٦٥
(٥,١٤) المراجع ١٦٦
الفصل السادس: استخدام الهاسب في إنتاج الفواكه والخضراوات
والمعاملات (المعالجات) المسبقة لما بعد الحصاد ١٧٣
(٦,١) مقدمة: سلامة (مأمونية) الأغذية والجودة: ١٧٣
(٦,٢) مأمونية الغذاء والمزارع (المنتج)..... ١٨٠
(٦,٣) نظام تحليل المخاطر بنقاط التحكم الحرجة (هاسب)..... ١٨٢
(٦,٤) الممارسة الزراعية الجيدة ١٨٤
(٦,٥) تطبيق مفهوم الهاسب ١٨٧

opelkanari.com

(٦,٦) دراسة الهاسب..... ١٩٣
(٦,٦,١) المرحلة الأولى : تكوين فريق الهاسب (وتحديد المدى
والمصطلحات المرجعية للدراسة)..... ١٩٤
(٦,٦,٢) المرحلة الثانية: وصف المنتج..... ١٩٦
(٦,٦,٣) المرحلة الثالثة: حدد الغرض من استخدام المنتج ١٩٧
(٦,٦,٤) المرحلة الرابعة: ارسم رسماً تخطيطياً (مسارياً)..... ٢٠٠
(٦,٦,٥) المرحلة الخامسة : تأكيد الرسم التخطيطي..... ٢٠٢
(٦,٦,٦) المرحلة السادسة: حدد وحلل كل المخاطر المحتملة، قيِّم المخاطر
وحدِّد الإجراءات الوقائية (أساس الهاسب الأول)..... ٢٠٣
(٦,٦,٧) المرحلة السابعة: حدد نقاط التحكم الحرجة
(الأساس الثاني للهاسب)..... ٢٠٤
(٦,٦,٨) المرحلة الثامنة: أسس حدود حرجة لكل نقطة تحكم حرجة
(الأساس الثالث للهاسب)..... ٢٠٨
(٦,٦,٩) المرحلة التاسعة: أسس نظام مراقبة لكل نقطة تحكم حرجة
(الأساس الرابع للهاسب)..... ٢٠٩
(٦,٦,١٠) المرحلة العاشرة : أسس إجراءات تصحيحية
(الأساس الخامس للهاسب)..... ٢١٠
(٦,٦,١١) المرحلة الحادية عشرة : أسس إجراءات تحقق
(الأساس السادس للهاسب)..... ٢١٠
(٦,٦,١٢) المرحلة الثانية عشرة : أسس توثيق ومتطلبات حفظ
السجلات (الأساس السابع للهاسب)..... ٢١٤
(٦,٧) التنفيذ والمحافظة على أنظمة الهاسب..... ٢١٦
(٦,٨) الاتجاهات المستقبلية..... ٢١٩

obeikandl.com

(٦,٩) مصادر مزيد من المعلومات والنصائح ٢٢٦
(٦,٩,١) منظمات ٢٢٦
(٦,٩,٢) كتب..... ٢٢٦
(٦,١٠) المراجع..... ٢٢٧
الفصل السابع: المحافظة على جودة الفـــــــواكه والخضراوات
ما بعد الحصاد ٢٢٩
(٧,١) مقدمة ٢٢٩
(٧,٢) معايير الجودة للمنتجات الطازجة: المظهر والقوام والنكهة والرائحة ٢٣١
(٧,٢,١) مقدمة..... ٢٣١
(٧,٢,٢) المظهر ٢٣٣
(٧,٢,٣) القوام ٢٣٥
(٧,٢,٤) النكهة والرائحة ٢٣٦
(٧,٣) تدهور جودة المنتجات الطازجة: التنفس والإثيلين والشيخوخة
وانحلال أو كسر فترة السكون ٢٣٧
(٧,٣,١) مقدمة..... ٢٣٧
(٧,٣,٢) التنفس ٢٣٨
(٧,٣,٣) الإثيلين ٢٤٠
(٧,٣,٤) الشيخوخة ٢٤٠
(٧,٣,٥) كسر السكون ٢٤١
(٧,٤) تدهور جودة المنتج الطازج: فقدان الماء..... ٢٤٢
(٧,٥) تدهور المنتجات الطازجة: الممرضات الفطرية والبكتيرية ٢٤٤
(٧,٦) تدهور جودة المنتجات الطازجة: الاعتلالات الفسيولوجية
والأضرار الفيزيائية ٢٤٧

obeikandi.com

(٧,٦,١) الاعتلالات الفسيولوجية ٢٤٧
(٧,٦,٢) الجروح الفيزيائية ٢٥١
(٧,٧) كيـــف تقاس جودة الفواكه والخضراوات : المظهر والقوام والنكهة ٢٥٢
(٧,٧,١) مقدمة ٢٥٢
(٧,٧,٢) المظهر ٢٥٤
اللون ٢٥٤
العيوب الخارجية والداخلية..... ٢٥٥
(٧,٧,٣) القوام ٢٥٦
الصلابة..... ٢٥٦
عوامل قوام أخرى ٢٥٨
(٧,٧,٤) النكهة..... ٢٥٨
مكونات المذاق..... ٢٥٨
مكونات الرائحة..... ٢٥٩
التقييم الحسي ٢٦٠
(٧,٨) المحافظة على جودة المحاصيل الطازجة: التبريد المسبق..... ٢٦١
(٧,٨,١) مقدمة ٢٦١
(٧,٨,٢) التبريد المسبق ٢٦٢
التبريد الغرفي والتبريد بالهواء المدفوع..... ٢٦٢
التبريد المائي ٢٦٣
التثليج ٢٦٣
التبريد بالتفريغ ٢٦٥
(٧,٩) المحافظة على جودة المحصول الطازج: معاملة ما قبل التخزين ٢٦٦
(٧,٩,١) التغطية السطحية واللفائف ٢٦٦

obeikandl.com

(٧,٩,٢) معالجة الجذور والدرنات ٢٦٧
(٧,٩,٣) تجفيف (معالجة) المحاصيل اللبية..... ٢٦٨
(٧,٩,٤) السيطرة الكيميائية على الممرضات الفطرية والبكتيرية ٢٦٨
(٧,٩,٥) مثبطات التبرعم للمحصولات الجذرية والدرنية واللبية ٢٧٠
(٧,٩,٦) المعاملات الكيميائية بعد الحصاد لخفض الاعتلالات ٢٧١
(٧,٩,٧) التشعيع..... ٢٧٢
(٧,١٠) المحافظة على جودة المحصول الطازج: التخزين المبرد..... ٢٧٢
(٧,١٠,١) مقدمة ٢٧٢
(٧,١٠,٢) السيطرة على (ضبط) الرطوبة..... ٢٧٣
(٧,١٠,٣) السيطرة على الإثيلين..... ٢٧٤
(٧,١٠,٤) ضبط أضرار (اعتلالات) التبريد وتعرق درجة
الحرارة المنخفضة..... ٢٧٥
(٧,١١) المحافظة على جـــودة المنتجات الطازجـــة: التخزين في
جـــو متحكَّم فيه ٢٧٥
(٧,١٢) المحافظة على جودة المحاصيل الطازجة: التغليف ٢٧٧
(٧,١٢,١) العبوات التقليدية..... ٢٧٧
(٧,١٢,٢) التعبئة تحت الجو المعدل..... ٢٧٧
(٧,١٣) الاتجاهات المستقبلية ٢٧٩
(٧,١٣,١) المنتجات المحدودة التصنيع والتعبئة في الجو المعدل..... ٢٧٩
(٧,١٣,٢) تقنيات على خط الإنتاج للتدريج غير المتلف
وتقييم فترة الصلاحية ٢٨٠
(٧,١٣,٣) استبدال المواد الكيميائية ما بعد الحصاد ٢٨١

obeikandl.com

(٧,١٣,٤) زيادة التركيز (الاهتمام) بالجوانب الصحية لاستهلاك
المحاصيل الطازجة..... ٢٨٣
(٧,١٣,٥) الفواكه والخضراوات المحورة وراثياً ٢٨٤
(٧,١٤) الاستنتاجات..... ٢٨٥
(٧,١٥) مصادر المعلومات المستقبلية والنصح..... ٢٨٦
(٧,١٥,١) المنظمات (المؤسسات) البحثية ٢٨٦
(٧,١٥,٢) مصادر مكتوبة وإلكترونية ٢٨٨
(٧,١٥) المراجع ٢٨٩
الفصل الثامن: قياس جودة الفواكه والخضراوات الطـــــازجة:
الطرق البصرية المتقدمة..... ٢٩٥
(٨,١) مقدمة ٢٩٥
(٨,٢) مميزات الطرق البصرية عبر الوقت ٢٩٧
(٨,٣) أساس طريقة الانعكاس الإبصاري عبر الوقت..... ٣٠٠
(٨,٤) الأجهزة واستخداماتها..... ٣٠٤
(٨,٤,١) هجرة الفوتونات ٣٠٤
(٨,٤,٢) جهاز المطياف للإبصار الوقتي للمطيافية الامتصاصية
والتشتت في الوسط الانتشاري..... ٣٠٦
(٨,٤,٣) النموذج الأصلي المدمج المحكم، الطراز البدئي
لقياسات الانعكاس البصري المتبين عبر الوقت ٣٠٨
(٨,٥) تحليل البيانات ٣١٠
(٨,٦) تأثير الجلد (القشرة) وعمق الاختراق ٣١١
(٨,٦,١) القشرة ٣١١
(٨,٦,٢) مسافة عمق الاختراق..... ٣١٣

obeikandi.com

(٨,٧) الخواص البصرية للفواكه والخضراوات ٣١٥
(٨,٧,١) الامتصاص ومكونات النسيج ٣١٥
(٨,٧,٢) التشتت وتركيب النسيج ٣١٨
(٨,٨) التطبيقات : تحليل نضج الفاكهة وعيوب الجودة ٣٢١
(٨,٨,١) تجربة موعد القطف ٣٢١
(٨,٨,٢) اكتشاف العيوب ٣٢٢
(٨,٩) الاتجاهات المستقبلية ٣٢٤
(٨,١٠) مصادر معلومات إضافية ونصائح ٣٢٧
(٨,١٠,١) قائمة الكتب ٣٢٧
(٨,١١) المراجع ٣٢٨
الفصل التاسع : استخدام الأجهزة المتقدمة: النشوية (تدهور قوام الفواكه، القوام الطباشيري الخشن سهل التفتت) ٣٣١
(٩,١) مقدمة: تعريف التدهور في قوام الفاكهة ٣٣١
(٩,٢) التقييم الحسي وتوقعات المستهلك ٣٣٢
(٩,٢,١) هيئة/ مجموعة التحليل (التحكيم) الحسي ٣٣٤
(٩,٢,٢) أنماط تفضيلات المستهلك ٣٣٦
(٩,٢,٣) الطريقة الشبكية المجموعية ٣٣٩
(٩,٢,٤) توقعات وقبول المستهلكين ٣٤٢
(٩,٣) الطرق الجهازية ٣٤٣
(٩,٤) التصوير المجهري ٣٤٥
(٩,٥) اختبار الضغط الحصري ٣٤٧
(٩,٦) انتشار الموجات فوق الصوتية ٣٤٨

obeikandl.com

(٩,٧) التصوير وقياس الاسترخاء بالرنين المغنطيسي النووي ٣٤٩
(٩,٨) مطيافية انعكاس (الأشعة) تحت الحمراء القريبة ٣٥٠
(٩,٩) تحليل الرائحة والسكر والحموضة ٣٥١
(٩,١٠) تقنية استجابة النبضات الصوتية ٣٥٢
(٩,١١) المعاوقة (المقاومة) الكهربائية ٣٥٣
(٩,١٢) نمذجة تدهور القوام ٣٥٤
(٩,١٣) الاتجاهات المستقبلية ٣٥٨
(٩,١٤) مصادر لمزيد من المعلومات والنصائح ٣٥٩
(٩,١٥) المراجع ٣٦٠

الفصل العاشر : رفع جودة الفواكه والخضراوات المصنعة حرارياً لأعلى حد ٣٦٥

(١٠,١) مقدمة: تطور التصنيع/الحراري ٣٦٥
(١٠,٢) أنواع العمليات الحرارية ٣٦٧
(١٠,٢,١) الطهي ٣٦٧
(١٠,٢,٢) السلق ٣٦٨
(١٠,٢,٣) البسترة ٣٧٠
(١٠,٢,٤) التعقيم ٣٧١
(١٠,٣) أسس التصنيع الحراري ٣٧١
(١٠,٣,١) المقاومة الحرارية للكائنات الدقيقة ٣٧٢
(١٠,٣,٢) مسافة منحنيات تغلغل الحرارة ٣٧٨
(١٠,٤) حسابات التصنيع الحراري ٣٨١
(١٠,٤,١) الطريقة العامة ٣٨٢

obeikandl.com

(١٠,٤,٢) بعض طرق المعادلات ٣٨٣
(١٠,٥) التصنيع الحراري والجودة..... ٣٨٥
(١٠,٥,١) خواص جودة الأغذية ٣٨٥
النشاط الميكروبيولجي ٣٨٥
النشاط الإنزيمي ٣٨٦
الجودة التغذوية..... ٣٨٧
الخواص الحسية..... ٣٨٧
(١٠,٥,٢) تأثير المعاملات الحرارية على جودة الغذاء..... ٣٨٨
تأثير السلق ٣٨٩
تأثيرات البسترة ٣٩٠
تأثيرات التعقيم..... ٣٩٠
(١٠,٥,٣) حركيات تحطيم الجودة..... ٣٩٢
(١٠,٦) أسس الوضع الأمثل للعمليات الحرارية (جعلها في أكمل وجه) ٣٩٥
(١٠,٦,١) أسس الوضع الأمثل للعمليات الحرارية الغذائية..... ٣٩٥
(١٠,٦,٢) نماذج الوضع الأمثل (التعديل) ٣٩٧
(١٠,٦,٣) تقنيات البحث ٤٠٠
طريقة الرسم البياني..... ٤٠٠
التقنيات الرياضية..... ٤٠١
التقنيات الصناعية الذكية للنمذجة والاستمثال ٤٠٣
(١٠,٧) الاتجاهات المستقبلية ٤٠٥
(١٠,٧,١) تقنيات التصنيع الحراري الجديدة..... ٤٠٦
التسخين الأومي (بالمقاومة الحرارية)..... ٤٠٦
التسخين بالتردد العالي ٤٠٧

obeikandl.com

التسخين بالميكروويف ٤٠٨
(١٠,٧,٢) تقنيات التصنيع غير الحراري ٤١١
(١٠,٨) المراجع ٤١٣
الفصل الحادي عشر : سلامة (مأمونية) الأغذية المبردة
المطبوخة المحتوية على خضراوات ٤١٧
(١١,١) مقدمة ٤١٧
(١١,٢) العمليات التصنيعية: الخواص الفيزيائية والكيميائية ٤١٩
(١١,٣) الكائنات الدقيقة للأغذية المطبوخة المبردة المحتوية على خضروات ٤٢١
(١١,٤) المخاطر الميكروبية ٤٢٥
(١١,٥) ضبط المخاطر الميكروبية: المعاملة الحرارية ٤٢٩
(١١,٦) ضبط المخاطر الميكروبية: درجة حرارة التخزين ٤٣٠
(١١,٧) ضبط المخاطر الميكروبية: المعاملة الحرارية مع التبريد ٤٣٢
(١١,٨) ضبط المخاطر الميكروبية: تقنيات أخرى ٤٣٣
(١١,٩) الإرشادات والنظم الحالية ٤٣٥
(١١,١٠) استخدام تقييم المخاطر الميكروبية ٤٣٨
(١١,١١) الاستنتاج ٤٤١
(١١,١٢) المراجع ٤٤٣

الباب الثالث : تقنيات جديدة لرفع الجودة لأقصى حد

الفصل الثاني عشر : قياس وتحسين المقاومة الطبيعية للفواكه ٤٤٩
(١٢,١) مقدمة: آليات الدفاع النباتي وجودة ما بعد الحصاد ٤٤٩
(١٢,٢) آليات الدفاع النباتية: الإيثلين، الفيايتواليكسينات ومركبات أخرى ٤٥٠
(١٢,٣) الاكتشاف الإليكتروني لإجهاد النبات: المركبات الطيارة ٤٥٤

obeikandl.com

(١٢,٤) كشف إجهاد/ضغوط النبات على خط الإنتاج:المركبات غير الطيارة ٤٦٦
(١٢,٥) طرق تحسين المقاومة الطبيعية للفواكه ٤٧٨
(١٢,٦) معالجات إنقاص الأُكسجين وغيرها..... ٤٨٠
(١٢,٧) استخدام الفايتوالكسينات النباتية ٤٨٥
(١٢,٨) المعاملة (المعالجة) الحرارية قبل التخزين..... ٤٨٨
(١٢,٩) النباتات المحوَّرة وراثياً المقاومة للأمراض ٤٩٣
(١٢,١٠) الاستنتاجات والاتجاهات المستقبلية..... ٤٩٤
(١٢,١١) المراجع ٤٩٦
الفصل الثالث عشر: تحسين فترة صلاحية الخضراوات بالتحوير الوراثي ٥٠٩
(١٣,١) مقدمة ٥٠٩
(١٣,٢) شيخوخة أعضاء النبات..... ٥١٠
(١٣,٣) السيطرة الجينية على شيخوخة الأوراق ونضج الفواكه..... ٥١٢
(١٣,٤) تنظيم شيخوخة الأوراق ٥١٩
(١٣,٥) السايتوكينينات والشيخوخة..... ٥٢٠
(١٣,٦) الإثيلين والشيخوخة ٥٢٢
(١٣,٧) أنواع الأُكسجين المتفاعلة/التفاعلية والشيخوخة ٥٢٣
(١٣,٨) نكهة وفترة صلاحية الخضراوات ٥٢٦
(١٣,٩) التحوير النباتي ٥٢٧
(١٣,١٠) التحوير الجيني (الوراثي) للنباتات لتحسين فترة الصلاحية (إطالتها)..... ٥٢٧
(١٣,١١) تقييم جودة النبات..... ٥٣٦
(١٣,١٢) الاتجاهات المستقبلية ٥٣٧
(١٣,١٣) مصادر لمزيد من المعلومات والنصائح..... ٥٣٩

obeikandi.com

(١٣,١٤) المراجع ٥٤٠
الفصل الرابع عشر: معاملة الفواكه والخضراوات الطازجة بأقل درجة من التصنيع .. ٥٤٩
(١٤,١) مقدمة..... ٥٤٩
(١٤,٢) تغيرات الجودة في الفواكه والخضراوات المصنَّعة بأقل درجة من التصنيع ٥٥١
(١٤,٢,١) التغيرات الفسيولوجية والكيموحيوية ٥٥٢
(١٤,٢,٢) التغيرات الميكربيولوجية ٥٥٣
(١٤,٢,٣) التغيرات التغذوية..... ٥٥٥
(١٤,٣) تحسين الجودة ٥٥٥
(١٤,٤) المواد الخام ٥٥٩
(١٤,٥) التقشير، التقطيع والتقطيع لشرائح ٥٦٠
(١٤,٦) التنظيف، الغسيل والتجفيف ٥٦٢
(١٤,٧) تثبيط الاسمرار..... ٥٦٥
(١٤,٨) عوامل السيطرة الحيوية ٥٦٩
(١٤,٩) التغليف ٥٧٠
(١٤,١٠) الأغلفة الصالحة للأكل..... ٥٧٤
(١٤,١١) أحوال/ ظروف التخزين ٥٧٥
(١٤,١٢) إرشادات التصنيع لمنتجات محددة ٥٧٦
(١٤,١٣) الاتجاهات المستقبلية ٥٨٣
(١٤,١٤) المراجع ٥٨٤
الفصل الخامس عشر : تقنيات التعبئة الحديثة تحت الجو المعدل
للفواكه والخضراوات المجهزة الطازجة ٥٨٩
(١٥,١) المقدمة ٥٨٩
(١٥,٢) تأسيس جو معدل متوازن (EMA) ٥٩١

obeikandl.com

(١٥,٣) استخدام التعبئة/التغليف معدل الجو عالي الأكسجين..... ٥٩٣
(١٥,٤) التغليف معدل الجو بالأرجون وأكسيد النيتروز ٥٩٥
(١٥,٥) الغمر في (محاليل) لا تحتوي سلفايت(كبريت)..... ٥٩٧
(١٥,٦) اختبار فعالية تقنيات التغليف معدل الجو الجديدة (الحديثة)..... ٥٩٩
(١٥,٧) إرشادات لاستخدام تقنية الجو المعدل عالي الأكسجين..... ٦٠٨
(١٥,٧,١) المأمونية..... ٦٠٨
(١٥,٧,٢) مستويات الغاز المثالية ٦٠٩
(١٥,٧,٣) معدل حجم المنتج/حجم الغاز ٦١٢
(١٥,٧,٤) مواد التعبئة..... ٦١٤
(١٥,٧,٥) التحكم بدرجة الحرارة ٦١٧
(١٥,٧,٦) تطبيقات المنتجات النباتية المجهزة الطازجة ٦١٩
(١٥,٨) إرشادات حول الغمر في محاليل لا تحتوي السلفايت ٦٢٠
(١٥,٨,١) المواد الخام للمنتجات ٦٢١
(١٥,٨,٢) المعاملات التجهيزية لما قبل الغمر..... ٦٢٢
(١٥,٨,٣) إجراءات الغمر ٦٢٢
(١٥,٨,٤) معاملات ما بعد الغمر ٦٢٤
(١٥,٩) اتجاهات مستقبلية ٦٢٥
(١٥,١٠) المراجع ٦٢٩
الفصل السادس عشر : أغطية الفواكه الصالحة للأكل..... ٦٣١
(١٦,١) مقدمة: تطور الأغطية الصالحة للأكل ٦٣١
(١٦,١,١) نظرة تاريخية للأغطية الصالحة للأكل..... ٦٣٢
(١٦,١,٢) المشاكل المرتبطة بالأغطية الصالحة للأكل ٦٣٣

obeikandl.com

(١٦,٢) كيف تعمل الأغطية الصالحة للأكل: ضبط المحتوى الداخلي للغاز ٦٣٥
(١٦,٣) اختيار/ انتقاء الأغطية الصالحة للأكل ٦٣٥
(١٦,٤) خواص نفاذية الغازات للأغطية الصالحة للأكل..... ٦٣٥
(١٦,٥) القابلية للبلل وفعالية الأغطية/ التغطية ٦٤٠
(١٦,٦) تقدير انتشارية الفواكه..... ٦٤٤
(١٦,٧) قياس المحتوى الداخلي للغاز في الفواكه ٦٥٠
(١٦,٨) الاتجاهات المستقبلية ٦٥٠
(١٦,٨,١) التنبؤ بالمحتوى (توقع المحتوى) الداخلي للغازات ٦٥١
(١٦,٨,٢) قياس الجودة وتغيرات فترة الصلاحية ٦٥٣
(١٦,٩) المراجع..... ٦٥٤
الفصل السابع عشر: تصنيع الفواكه والخضراوات بالضغط العالي..... ٦٥٧
(١٧,١) مقدمة..... ٦٥٧
(١٧,٢) تقنية الضغط العالي ٦٦٠
(١٧,٣) أثر الضغط العالي على البكتريا المكونة للجراثيم ٦٦٥
(١٧,٤) أثر الضغط العالي على الخلايا الخضرية للبكتريا..... ٦٦٧
(١٧,٥) أثر الضغط العالي على النشاط الإنزيمي ٦٦٨
(١٧,٦) التصنيع بالضغط العالي، جودة الفواكه والخضراوات ٦٧٢
(١٧,٦,١) القوام..... ٦٧٢
(١٧,٦,٢) اللون ٦٧٣
(١٧,٦,٣) النكهة ٦٧٤
(١٧,٦,٤) المحتوى الفيتاميني..... ٦٧٥
(١٧,٧) الجمع بين التصنيع بالضغط العالي وتقنيات الحفظ الأخرى: حالة الفاكهة ٦٧٥
(١٧,٨) الاتجاهات المستقبلية ٦٧٩

obeikandi.com

(١٧,٩) المراجع ٦٨١
الفصل الثامن عشر: استخدام تقنية التفريغ لتحسين الخضراوات والفواكه المصنَّعة ٦٨٧
(١٨,١) المقدمة: دور تقنية التفريغ ٦٨٧
(١٨,٢) الأسس: نقل/انتقال الكتلة وسلوك المنتج ٦٨٩
(١٨,٢,١) انتقال الكتلة ٦٨٩
(١٨,٢,٢) تعديلات للخصائص التركيبية والفيزيائية ٦٩٦
(١٨,٣) التطبيقات/الاستخدامات ٧٠٠
(١٨,٤) تخزين ما بعد الحصاد ٧٠٣
(١٨,٥) المعاملة الحرارية: السلق والتعليب ٧٠٦
(١٨,٦) التجميد ٧٠٨
(١٨,٧) التجفيف الأسموزي والتطبيقات الأخرى ٧١١
(١٨,٨) الاتجاهات المستقبلية ٧١٣
(١٨,٩) مصادر إضافية للمعلومات والنصائح/ الإرشاد ٧١٦
(١٨,١٠) المراجع ٧١٧
ثبت المصطلحات ٧٢١
أولاً: عربي – إنجليزي ٧٢١
ثانياً: إنجليزي – عربي ٧٧٤
كشاف الموضوعات ٨٢٥

obeikandi.com

مقدّمة

W. Jongen, Wageningen University

الفواكه والخضراوات هي منتجات غذائية رئيسة بذاتها، كما أنها تشكل مكونات رئيسة في كثير من الأغذية المصنّعة. ويحتاج المستهلكون وبشكل متزايد للمنتجات الغذائية التي تحافظ على قيمها الغذائية وتحتفظ بألوانها ونكهتها وقوامها الطبيعية الطازجة (natural & fresh) وتحتوي على قليل من المضافات (additives) مثل المواد الحافظة (preservatives). وتفرض هذه المتطلبات تحديات جديدة لمنتجي الفواكه والخضراوات ومُصنعيها. وقد كان هناك كم هائل من الأبحاث الحديثة التي ركزت على أهمية استهلاك الفواكه والخضراوات للصحة، و كذلك كان هناك اهتمام بالتقنيات الجديدة المستخدمة للحفاظ على الخواص التغذوية والحسية التي يطلبها المستهلكون. ويهتم هذا الكتاب ويستعرض هذه التطورات.

منذ زمن بعيد تم ربط تناول الفواكه والخضراوات بالصحة، بالرغم من أنه لم تتضح بعض الطرق التي يتم بموجبها تحفيز وتحسين الحالة الصحية جراء استهلاك هذه الأغذية، إلا في العقود القريبة فقط. يستعرض الجزء الأول من هذا الكتاب هذه الأبحاث الحديثة، ويهتم الفصل الثاني بالبراهين الإبيديمولوجية (الوبائية) (epidemiological evidence) التي تربط ما بين زيادة استهلاك الفواكه والخضراوات

obeikandl.com

والفوائد الصحية، كما يهتم بمكونات هذه الأغذية التي قد تكون مسئولة عن هذه الفوائد، والعوامل التي تؤثر على طرق عملها وكفاءتها. وبالإضافة إلى أنها غنية بالعناصر التغذوية الدقيقة (micronutrients)، أيضاً تحتوي الأغذية النباتية على كم هائل من مختلف نواتج الأيض الثانوية (secondary metabolites) غير التغذوية (none-nutritive) والنشطة حيويًّا (biologically active) والمعروفة بالكيميائيات النباتية (phytochemicals). ويناقش الفصل الثالث إحدى أهم المجموعات الكيميائيات النباتية وهي مضادات الأكسدة (antioxidants) والتي يعتقد أنها تلعب دوراً مهماً في دفاعات الجسم ضد الأمراض القلبية الوعائية (cardiovascular disease) وأنواع معينة من السرطانات (الخلايا الطلائية epithelial) والإعاقة البصرية (visual Impairments) والتهاب المفاصل (الروماتيزم arthritis) والأزما (الربو) (asthma)، وبالمقابل كخلفية لهذين الفصلين، ينظر الفصل الرابع في آثار التصنيع على كل من العناصر التغذوية الرئيسة ومضادات الأكسدة، مع أخذ الطماطم كنموذج أو حالة دراسية، و ذلك من أجل إثبات كيفية المحافظة على الخواص التغذوية للفواكه والخضراوات، بل حتى تحفيزها وتحسينها أثناء التصنيع.

يتضمن إنتاج وتصنيع الفواكه والخضراوات سلسلة إمداد معقدة تبدأ من المزرعة و تنتهي بنقطة الاستهلاك. أهمية تقوية كل رابط في هذه السلسلة كان أحد أهم الأهداف المركزية للأبحاث الحديثة، كما كان تحسين تكامل سلسلة الإمداد عامة أمراً مهمًّا أيضاً، و ذلك إذا أريد المحافظة على الخواص الجيدة للفواكه والخضراوات وبشكل ثابت.

يهتم الجزء الثاني بكيفية إدارة السلامة أو المأمونية (Safety) والجودة (Quality) في سلسلة الإمداد، وبالشكل الأفضل، وينظر الفصل الخامس في الاستخدام المتزايد لتقنيات النمذجة الرياضية (mathematical modeling techniques) من أجل فهم أفضل

وضبط للزراعة (cultivation)، ومرة أخرى باستخدام الطماطم كحالة دراسية. تساعد مثل هذه التقنيات في الاستخدام الفعال للموارد مع الحصول على الفوائد الاقتصادية والبيئية المقدرة من قبل المستهلك، كما أن تطبيق هذه التقنيات في تزايد من أجل تحسين الخواص الحسية والتغذوية (للفواكه والخضراوات). يصف الفصل السادس كيفية تطبيق نظام الهاسب (Hazard Analysis and Critical Control Point) ((HACCP) وهو النظام الذي طور في الأصل لقطاع تصنيع الأغذية، على المزارع لإنتاج منتجات طازجة مأمونة خالية من الملوثات، سواء الممرضة أو غيرها من الملوثات مثل مبيدات الآفات (pesticides) .

وبمجرد حصاد الفواكه والخضراوات، فإنه يجب تداولها بعناية وحذر إذا أريد المحافظة عليها من التدهور ووصولها إلى المستهلكين كمنتجات طازجة (لتباع بالمفرق) أو إلى المصنعين لمزيد من التصنيع. هذه المرحلة الحرجة من مراحل سلسلة الإمداد تم مراجعتها والنظر فيها في الفصل السابع الذي يحدد معايير الجودة في المنتجات المحصودة طازجة (freshly harvested produce) ويصف هذا الفصل الأسباب الأساسية لتدهور الجودة كما يصف تقنيات التخزين والتغليف المستخدمة للمحافظة على الجودة، وفي كل مرحلة من مراحل سلسلة الإمداد هناك حاجة لقياسات فعالة للجودة. ويصف الفصلان الثامن والتاسع بعض التجهيزات والأدوات المتطورة التي طورت حديثا لقياس الجودة وتحديد العيوب والأخطاء حتى تتم معالجتها بسرعة. إن تطور الأجهزة السريعة غير المتلفة (non-destructive) على خط الإنتاج (on-line) أداة فعالة للمحافظة على الجودة في كل مراحل سلسلة الإمداد. وينظر الفصلان الأخيران في الجزء الثاني من هذا الكتاب في مرحلة التصنيع إحدى مراحل سلسلة الإمداد، ويناقشان كيفية تحسين الفهم وضبط العمليات الحرارية للفواكه والخضراوات (heat treatment of fruits and vegetables) ، وضمان مأمونية الأغذية المطبوخة المبردة المحتوية على خضراوات.

وعلى أساس اعتبار الجزء الثاني من هذا الكتاب كخلفية، يهتم الجزء الأخير(الثالث) بمدى التقنيات الحديثة التي تم تطويرها لتحسين الجودة في المراحل المختلفة لسلسلة الإمداد. يهتم الفصلان الأولان من هذا الجزء بطرق تحسين الجودة أثناء الزراعة ومباشرة بعد الحصاد، ويناقشان طرق تحسين المقاومة الطبيعية للفواكه، كما يناقشان التعديل الوراثي للنباتات لتحسين فترة الصلاحية وبقاء هذه المنتجات طازجة. وتبنى الفصول الثلاث التالية على الاستعراض المقدم في الفصل السابع الذي يصف تقنيات المحافظة على جودة الفواكه والخضراوات الطازجة، ما بعد الحصاد، حيث ينظر الفصل الرابع عشر في الحد الأدنى لطرق التصنيع، بينما يهتم الفصلان التاليان بتطورات التعبئة تحت الجو المعدَّل ((modified atmosphere packaging (MAP والتغطية بالأغطية الصالحة للأكل(edible coating). وأخيراً يهتم الفصلان الأخيران بنوعين جديدين من تقنيات تصنيع الفواكه والخضراوات : التصنيع بالضغط العالي(high pressure processing) وتقنية التفريغ (vacuum technology).

obeikandl.com

الباب الأول

الفواكه والخضراوات والصحة

Fruits, Vegetables and Health

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الثاني

الفوائد الصحية لزيادة استهلاك الفواكه والخضراوات

Health benefits of Iincreased Fruit and Vegetables Consumption

سوزان ساوثون وريتشارد فولكس، معهد أبحاث الأغذية – النرويج

Susan Southan and Richard Faulks, Institute of Food Research, Norwich

(٢,١) مقدمة

Introduction

بالرغم من ارتفاع العمر المتوقع للمواطن الأوروبي (في المتوسط) منذ ١٩٩٠م، إلا أن كثيرا من السكان ما زالوا يعيشون ويعانون من كثير من الأمراض المزمنة وحالات العجز المختلفة، وعلى الحكومات أن تكافح للتغلب على تكاليف الرعاية الصحية والاجتماعية المتزايدة. وهناك براهين على أن الأغذية الغنية بالخضراوات والفواكه قد تقلل من حمل هذه الأمراض المزمنة. ويستعرض هذا الفصل قوة وثباتية البراهين الدالة على الفوائد الصحية للأغذية الغنية بالفواكه والخضراوات، كما يقدم باختصار المساهمة الفاعلة للمكونات الدقيقة لهذه الأغذية وخصائصها المفيدة. ولا يعني التركيز على العناصر الغذائية الدقيقة (micronutinents) للخضراوات والفواكه، وبأي حال

obeikandl.com

وطريقة، أن لا أهمية للمكونات الكبرى أو العناصر الغذائية الكبرى (macronutrents) فيما يتعلق بصحة الإنسان ورفاهيته (well-being)، بل يعكس الاهتمام البالغ والحرص السائد حالياً على العلاقة المحتملة بين محتوى وتوصيف المكونات الصغرى (minor constituents) في الأغذية النباتية والوقاية من الأمراض المزمنة. وهناك نقاش حول موضوع الأهمية الصحية للأغذية بكاملها، مقارنة بمكونات فردية مختارة لهذه الأغذية، كما أن هناك نقاشاً حول الحاجة لتحديد مدى ١) تحرر المركبات النشطة بيولوجياً (من نسيج الأغذية النباتية المعقد(complex food plant matrix) (أو الإتاحية الحيوية و٢) الامتصاص (absorption) والأيض (metabolism) والتوزيع في النسيج (tissue dispersion) (أي التوافر الحيوي). إن مفهومي إمكانية الحصول/الوصول الحيوي والتوافر الحيوي مهمان جداً، إذ قد يكون لأنواع وكميات المكونات الحيوية الدقيقة النشطة حيوياً الموجودة في الفواكه والخضراوات أثر صحي بسيط جداً إذا لم توجه أو توفر بكفاءة وفعالية، للمواقع المستهدفة في جسم الإنسان.

أخيراً، سيتم استعراض بعض المبادرات الهادفة لزيادة متناولات واستهلاك الفاكهة والخضراوات، كما سيتم استعراض الاتجاهات المستقبلية للأبحاث المعنية بأهمية الفواكه والخضراوات ودورها في الصحة العامة.

(٢,٢) البرهان على الفائدة
Evidence of Benefit

تمثل الوفيات بسبب الأمراض القابلة للتحول لأمراض مزمنة ما يصل إلى ٩ر١مليون من جملة الوفيات السنوية في دول الاتحاد الأوروبي البالغة ٢,٨مليون حالة وفاة [على سبيل المثال، ٧٦٧٠٠٠ وفاة بسبب أنواع السرطان المختلفة و١١١١٠٠٠ بسبب الأمراض القلبية (cardiovascular) والمخية الوعائية (cerebrovascular) و٥٢٠٠٠ بسبب السكري (diabetes mellitus) . ويعيش ٧٨ مليوناً من سكان دول الاتحاد الأوروبي

الحاليين البالغ عددهم ٣٧٥ مليوناً في معاناة من العجز بسبب الأمراض المزمنة (disability). فبالإضافة إلى حالات العجز الناتجة من أنواع السرطانات والأمراض القلبية الوعائية والسكتة الدماغية (stroke) والسكري، أيضاً ترتبط حالات العجز بهشاشة العظام (osteoporosis) والاعتلالات الهضمية (digestive disorders) والماء الأبيض (cataract) والتغيرات والتبقعات اللطخية التنكسية/التحللية المرتبطة بتقدم العمر (age- related macular degeneration) والخرف (dementia). وما تم ذكره يعتبر قليلا بالنسبة للحالات المضعفة الموهنة (debilitating conditions) التي يكون الإنسان عرضة لها. عليه، وبالرغم من أن العمر المتوقع للمواطن الأوروبي (في المتوسط) قد ارتفع بمقدار سنتين، منذ ١٩٩٠م، إلا أن الأوروبيين في كثير من الأقاليم يعيشون بكثير ومزيد من حالات العجز، وعلى الحكومات أن تكافح للتغلب على التكاليف الصحية والاجتماعية المتزايدة[١].

وهناك براهين ثابتة وبصفة أساسية، من واقع الدراسات الوبائية (epidemiology) على أن الأغذية المحتوية على كميات كبيرة من الفواكه والخضراوات يمكنها أن تقلل من الأمراض المزمنة هذه. مع قوة البراهين على انخفاض مخاطر كثير من أنواع السرطان، إلا أنه وبصفة خاصة، فإن البراهين على أن هذه الأغذية تقلل مخاطر سرطانات الفم (mouth cancer) وسرطان البلعوم (pharyngeal cancer) وسرطان المريء (esophageal cancer) وسرطان الرئة (lung cancer) وسرطان البطن (stomach cancer) وسرطان القولون (colon cancer)، مقنعة، ومن المحتمل أنها، أي هذه الأغذية، تقي من الإصابة بسرطان الحنجرة (laryngeal cancer) وسرطان البنكرياس (pancreatic cancer) وسرطان الثدي (breast cancer) وسرطان المثانة (bladder cancer) ومن الممكن أن تقي من سرطان المبيض (ovarian cancer) وسرطان عنق الرحم وسرطان بطانة الرحم (endometrial cancer) وسرطان الغدة الدرقية (thyroid cancer) وسرطان الكبد الأولي (primary liver cancer) وسرطان البروستاتا

(prostate cancer) وسرطانات الكلى (renal cancer)، أيضا. اختيار المصطلحات: (مقنع أو مقنعة(convincing) ومحتمل (probable) وممكن (possible) تعكس قوة البراهين الموجودة حالياً لعلاقة معينة محددة (الجدول رقم ٢,١)[٢].

وعلى الأقل هناك ٣٧ دراسة متابعة (chohort) و١٩٦ حالة متحكم فيها (case controlled) و١٤ دراسة بيئية (ecological) قد درست العلاقة بين استهلاك الخضراوات والفواكه وأنواع السرطان المختلفة. وبصفة إجمالية، عندما تؤخذ دراسات كل أنواع السرطان المختلفة مع بعضها البعض، يلاحظ أن ٧٨٪ منها أوضحت انخفاض خطورتها انخفاضاً معنوياً مع زيادة متناولات أو ارتفاع استهلاك، على الأقل، نوع واحد من مجموعات الخضراوات و/أو الفواكه المختبرة المدروسة. ولا تتغير الصورة العامة عندما يعطى اعتبار لحقيقة أن بعض الارتباطات الوقائية الظاهرة معنوياً قد تكون للصدفة فقط، وأن بعض الدراسات قد أفادت باتجاهات وقائية غير معنوية. ومن المعلوم أن هناك مشكلة في قياس المتناولات الغذائية، وبخاصة الفواكه والخضراوات، إذ إن هناك ميلا نحو زيادة تقديرات المستهلك منها من قبل الأفراد، وكذلك تعرف بعض عوامل نمط الحياة الأخرى بأنها تربك أو تقدر على إرباك (التأثير على) علاقات الغذاء – الصحة (diet-health relationship). ومع ذلك، فإن قوة البراهين على علاقة الفواكه والخضراوات بانخفاض مخاطر أنواع السرطان، والتي تدعمها ما يفوق الـ ٢٠٠ دراسة إبيديميولوجية (وبائية) أجريت في مجموعات سكانية مختلفة، تعتبر مؤثرة وواضحة. لقد روجعت الاستعراضات الأدبية لدور الفواكه والخضراوات في الوقاية من السرطانات أو منعها، مراجعة موسعة[٣-٦].

أيضاً تفيد أو تفترض البراهين الحالية أن هناك دوراً للفواكه والخضراوات في الوقاية من الأمراض القلبية الوعائية وتتجمع (تتزايد وتتآزر) البراهين على وجود دور وقائي لها ضد السكتة الدماغية (stroke). عليه فقد ربط استهلاك الفواكه والخضراوات بانخفاض

حوادث الأمراض القلبية الوعائية والسكتة الدماغية. وبالإضافة لذلك، فقد ظهرت حديثاً قاعدة علمية (scientific base) تدعم وجود دور وقائي للفواكه والخضراوات ضد تكون الماء الأبيض(cataract) والتنكس التبقعي المرتبط بتقدم العمر (age- related macular degeneration) ومرض الانسداد الرئوي المزمن (chronic obstructive pulmonary disease) ومرض الردب، الرتخ أي التوسع الجانبي بالأمعاء الغليظة (diverticulosis) واعتلالات هضمية أخرى (digestive disorders)، وكذلك لها دور وقائي محتمل أو ممكن ضد ارتفاع ضغط الدم(hypertension).

الجدول رقم (٢,١). تحليل مستوى البراهين على الوقاية (في الدراسات المنشورة) والتي توفرها الفواكه والخضراوات ضد أنواع السرطان المختلفة.

موقع السرطان	دراسة CNERNA فرنسا ١٩٩٦م	التمويل العالمي لدراسة السرطان الولايات المتحدة ١٩٩٧م	السياسة الغذائية التغذوية COMA بريطانيا١٩٩٨
الفم والبلعوم	ثابتة	مقنعة	الفواكه: ضعيفة الثباتية الخضراوات : غير ثابتة
الحنجرة	ثابتة	دور محتمل	ثابتة بدرجة متوسطة
المريء	ثابتة	مقنعة	ثابتة بقوة
الرئة والجهاز التنفسي	ثابتة	مقنعة	الفواكه: ثابتة بدرجة متوسطة الخضراوات : ثابتة بدرجة ضعيفة
البطن	ثابتة	مقنعة	ثابتة بدرجة متوسطة
القولون والمستقيم	الخضراوات : ثابتة بدرجة متوسطة	الخضراوات : مقنعة	الخضراوات : ثابتة بدرجة متوسطة إلى ضعيفة
البنكرياس	ثابتة	محتملة	ثابتة ولكن محدودة الدور
الكبد	لم تحدد ND	الخضراوات : دور ممكن	لم تحدد
المبيض	غير ثابتة	دور ممكن	غير ثابتة

openkanal.com

تابع الجدول رقم (٢,١).

موقع السرطان	دراسة CNERNA فرنسا ١٩٩٦م	التمويل العالمي لدراسة السرطان الولايات المتحدة ١٩٩٧م	السياسة الغذائية التغذوية COMA بريطانيا١٩٩٨
الثدي	غير ثابتة	الخضـــراوات الخضـــراء: دور محتمل	الخضراوات الخضراء/الصفراء: ثابتة بدرجة متوسطة
بطانة الرحم	غير ثابتة	غير كافية	غير ثابتة
عنق الرحم	لم تحدد ND	ممكن	ثابتة ولكن محدودة الدور
البروستات	غير ثابتة	الخضراوات : دور ممكن	الخضـــراوات : ثابتـــة بدرجـــة متوسطة ولكن محدودة الدور
الكلى	لم تحدد ND	الخضراوات : دور ممكن	لم تحدد
المثانة	لم تحدد	دور محتمل	ثابتـة بدرجـة متوسـطة ولكـن محدودة الدور
الغدة الدرقية	لم تحدد	دور ممكن	لم تحدد

مأخوذ بإذن من:

The Antioxidants in Tomatoes and Tomato Products and their Health Benefits', ed AMITOM. EU Concentrated Action FAIR CT 97-3233[2].

تقدر نسب الوفيات بأنواع السرطان والأمراض القلبية الوعائية التي يمكن منعها بزيادة استهلاك الفواكه والخضراوات، خاصة في شمال أوروبا، بـ ٧-٢٨٪ لأنواع السرطان(اعتماداً على موقع الإصابة) و٢٠-٤٠٪ لأمراض الشرايين التاجية، وصفر – ٢٥٪ للسكتة الدماغية، مع مخاطر مرض القلب (شح الدم الموضعي(Ischemic heart disease) الذي انخفض من ١٥٪ في التسعينيات من القرن الماضي مقارنة بـ ١٠٪ في الوقت الراهن بازدياد استهلاك الفواكه والخضراوات[٧].

من مائة تقرير للخبراء، والتي نشرت في الفترة ما بين ١٩٦١م إلى ١٩٩١م أوصى ٦٦ تقريراً بزيادة استهلاك الخضراوات والفواكه مع عدم وجود أي تقرير معترض (أو غير موافق على هذه التوصية). وفي حقيقة الأمر، تعتبر زيادة استهلاك الخضراوات والفاكهة

الإستراتيجية الثانية الأكثر أهمية لمنع السرطان بعد تقليل/وقف التدخين. في عام ١٩٩٠م، أوصت منظمة الصحة العالمية (WHO) باستهلاك ٤٠٠ جرام على الأقل من الخضراوات والفاكهة يومياً (بالإضافة إلى البطاطس) وعلى أن تتضمن هذه الـ ٤٠٠ جرام، على الأقل، ٣٠ جراماً من البقوليات (legumes) والمكسرات (nuts) والبذور (seeds). لقد تُرجم أو حول هذا التقرير مع تقارير خبراء آخرين إلى توصية باستهلاك ٥ حصص على الأقل من الفواكه والخضراوات يومياً. وقد ذهب التمويل العالمي لأبحاث السرطان (World Cancer Research Fund) والمعهد الأمريكي لأبحاث السرطان (American Institute for Cancer Research) إلى أبعد من ذلك، بالتوصية بأن تعتمد التغذية أساساً على الأغذية النباتية، شريطة أن تكون مثل هذه الأغذية كافية تغذوياً ومتنوعة[٩]. وهذه التوصية مشابهة بل أوسع من توصية تقارير الخبراء الأخرى المهتمة بمنع السرطان أو الأمراض المزمنة الأخرى.

وتوفر البراهين المتوافرة حالياً دعماً أو تأييداً للفوائد الصحية لأنواع عديدة من الفواكه والخضراوات، وعلى أي حال، فإن معظم تلك الفوائد تنسب إلى كثير من الفواكه والخضراوات اللحمية الملونة (colored-fleshed foods)، وبصفة خاصة، الخضراوات الورقية داكنة الخضرة (dark-green leafy) والخضراوات الصليبية (cruciferous) والخضراوات ذات الألوان الصفراء أو البرتقالية الغامقة (deep-yellow-orange) وأنواع كثيرة أخرى من الفواكه، وبصفة خاصة الحمضيات (citrus) والفواكه الصفراء – البرتقالية – الحمراء غامقة الألوان (deep-yellow-orange-red)، هذه الأغذية غنية بفيتامين ج(vit-c) والكاروتينويدات (carotenoids) طلائع وغير طلائع فيتامين أ (pro-and nonpro-vitamin A) والفولات (folates) ومدى من العناصر الغذائية النباتية النشطة حيوياً والتي تدعى المغذيات النباتية (phytonutrients). وعلى أي حال بالرغم من انقضاء ثلاثة عقود منذ ظهور البراهين

الإبيديميولوجية التي تربط ربطاً وثيقاً وقوياً بين الصحة والغذاء، إلا أن ربط ذلك باستهلاك الفواكه والخضراوات، بقى أمراً محيراً (elusive). وبينما تدعم البراهين التجريبية (experimental evidence) المتوافرة الملاحظات الإبيديميولجية (الوبائية) التي تتعلق بدراسة الأمراض وعلاجها (epidemiological observation)، إلا أن العلم التجريبي (experimental sciences) ما يزال في مرحلة البدايات المبكرة، وخاصة في حقل الغذاء الكامل (whole-food). لقد استرعت المكونات الفردية للفواكه والخضراوات اهتمام البحوث أكثر من الاهتمام بمصادرها الغذائية، بالرغم من أن خليط وتوازن المكونات الدقيقة والكبرى (mixture and balance of micro and macro constituents) بهذه الأغذية هو الذي ربما يكون مسئولاً عن فوائدها الصحية أكثر من أي مركب فردي على حدة.

وسيتم توضيح مكونات الفواكه والخضراوات ودورها المفترض في تحفيز وتحسين والمحافظة على الصحة في القسم التالي:

(٢,٣) الفواكه والخضراوات: مكوناتها وطرق عملها
Fruits and Vegetables: Their Constituents and Modes of Action

لقد بُذلت جهود كبيرة في التعرف على المكونات النشطة حيوياً الموجودة في الفواكه والخضراوات، وارتبط هذا العمل بتطور التحاليل الكيميائيتة التي تقدر المحتوى كمياً (to quantify composition) وتطور النماذج التجريبية (experimental models) (باستخدام الحيوانات والأنظمة خارج الجسم (في المختبر) in vitro systems) لتقييم النتائج الوظيفية للتكميلات (supplementation) بمركبات فردية، أو مخاليط بسيطة (simple mixtures). وهناك عدم تأكيد (شك) حول مدى استقراء ما يحدث للإنسان أو البشر الذين يستهلكون أغذية مركبة معقدة (complex diets) من البيانات والمعلومات المتوافرة من دراسات التكميل التي أجريت على الحيوانات أو على نماذج زراعة (استنبات) الخلايا (cell culture models)،

ولكن مثل هذه الدراسات أتاحت لنا التعمق في آليات الوقاية الصحية وتحفيز الصحة المفترضة (putative mechanisms).

لقد تم التعرف على آلاف المركبات (الكيميائية النباتية) النشيطة حيوياً الموجودة في النباتات. ومن بين المجموعات النباتية الغذائية هذه، الفواكه والخضراوات، وهي أكثر المجموعات المتنوعة نباتياً، وهي ممثلة في الغذاء الغربي (western diet) بأكثر من عائلة نباتية (botanical family). وفي الجدول رقم (٢,٢) قائمة بأغنى مصادر المركبات المحددة من الفواكه والخضراوات. وعلى أي حال، بصرف النظر عن استثناء واحد أو استثناءين، توجد هذه المركبات (وبكميات متفاوتة) في معظم الفواكه والخضراوات الأخرى.

الجدول رقم (٢,٢). أغنى المصادر من الفواكه والخضراوات للمركبات المعينة.

المادة / المركب	أغنى المصادر
فيتامين ج	الحمضيات وغيرها من الفواكه، الخضراوات الخضراء والبطاطس
فيتامين هـ	الزيوت النباتية والأفاكادو
الفولات	الخضراوات الورقية الخضراء والبطاطس والبرتقال
فيتامين ك	الخضراوات الورقية الخضراء
الكالسيوم الحديد الماغنسيوم	الخضراوات الخضراء
البوتاسيوم	الموز، الفواكه والخضراوات بصفة عامة
الألياف والسكريات العديدة غير النشوية NSP والبكتين Pectin	الفواكه والخضراوات بصفة عامة
الأحماض الدهنية أحادية عدم التشبع mono-unsaturated fatty acids	زيت الزيتون
الألفا والبيتاكاروتين alpha & beta-carotene	الجزر والخضراوات الورقية الخضراء، الفواكه اللحمية الصفراء، البرتقالية
البيتاكريبتوزانثين beta-cryptoxanthin	البرتقال والفواكه الشبيهة
اللبوتين Lutein	الخضراوات الصفراء/الخضراء

openkandi.com

تابع الجدول رقم (٢,٢).

المادة / المركب	أغنى المصادر
الليكوبين Lycopene	الطماطم
الفلافونويدات flavonoids	البصل والتفاح والفاصوليا الخضراء
الفلافانويدات flavanoids	الخوخ والفراولة
الأنثوسيانينات anthocyanins	العناب الحمراء والبنفسجية
الجلوكوسينولات glucosinolates	الكرنب
alkenyl cysteine sulphoxides	الكراث
الجليكوالكلويدات	البطاطس والباذنجان
الفورانوكومارينات furanocoumarines	الجزر والكرفس
الجلوكوسيدات السيانوجينية cyanogenic glycosides	الكسافا والخوخيات والبقوليات الزبدية

وهناك أسباب حيوية ظاهرة ومعقولة (plausible) لإبطاء أو منع نشوء الأمراض المزمنة بسبب استهلاك الفواكه والخضراوات، منها: أن هذه الأغذية مصادر غنية لمختلف الفيتامينات والعناصر المعدنية والألياف الغذائية (dietary fibers) وكذلك أيضاً لاحتوائها على كثير من مجموعات المركبات النشيطة حيوياً والتي تُعرف جميعاً بالكيميائيات النباتية (phytochemicals). وقد أثبتت التجارب الغذائية (experimental dietary studies) على الحيوانات والنماذج الخلوية والبشر، قدرة بعض مكونات الفواكه والخضراوات هذه على تعديل مسارات مضادات الأكسدة (antioxidant pathways) والإنزيمات المزيلة للتسممات والجهاز المناعي (Immune system) وتراكيز الكولسترول (cholesterol) والهرمونات الاستيرودية (steroid hormones) وضغط الدم (blood pressure) وقدرتها على العمل كمضادات أكسدة ومضادات فيروسية (antiviral) ومضادات بكتيرية (antibacterial). وقد كان هناك تركيز شديد على الآثار المضادة للأكسدة، إذ إن هناك نظريات تتهم الإتلاف

(التحطيم) التأكسدي (oxidative damage) للجزيئات الحيوية (biomolecular) بأنه هو المسئول عن الأمراض القلبية الوعائية(CVD) ونشوء السرطانات وتكوُّن الماء الأبيض والأمراض الالتهابية (Inflammatory disease) وكثير من الاعتلالات العصبية (neurological disorders). يمنع جهازنا الدفاعي المضاد للأكسدة تكوُّن الشقوق، الجذور الحرة المحطمة (damaging free radicals) ويزيل هذه الشقوق قبل حدوث الإتلاف، أو يصلح الإتلاف الذي حدث. وكثير من العناصر التي توجد بكميات قليلة (العناصر الدقيقة (trace elements) مثل المنجنيز والنحاس والزنك والحديد والسيلينيوم مكونات أساسية للإنزيمات المعدنية المضادة للأكسدة (antioxidant metalloenzymes): السوبر وأكسيد ديسميوتيز (super oxide dismutase) والجلوتاثيون بيرأوكسيديز (glutathione peroxidase) والكاتاليز (catalase). لاقت فيتامينات ج وهـ والكاروتينويدات اهتماماً كبيرا فيما يتعلق بقدرتها كمضادات أكسدة، حيث إنها توقف تفاعلات الأكسدة التي تسببها الشقوق الحرة في بداياتها، أو أن هذه العناصر قد تكسح وتزيل الشقوق الحرة قبل أن تتلف المكونات الخلوية (cellular components). لقد درست الآثار المضادة للأكسدة لمجموعات أخرى كثيرة مثل الفلافونويدات، وتم هذا أساساً خارج الجسم (في المختبر) (*in vitro*)، ولكن استقلابها (تمثيلها الغذائي) أمر معقد، وعليه قد يكون أثرها داخل الجسم الحي (*in vivo*) مختلفا في نوعه ومداه عما يحدث في نماذج أنظمة خارج الجسم. ويلاحظ أن بعض نفس العوامل التي تؤدي إلى الإتلاف التأكسدي يمكن أن تقود أيضاً إلى إنتاج مركبات تحتوي على النيتروجين (nitrogen species) النشيطة (reactive) القادرة على إحداث السرطان (potentially carcinogenic)، أيضا. وقد تم توضيح قدرة فيتامين ج وفيتامين هـ والفينولات العديدة على تثبيط تكوين مركب الـ إن نيتروزو (*N*-nitroso) عن طريق تحطيم مركبات النترتة (إضافة النيتريت/النترات (nitrosating agents)).

تم توضيح قدرة المركبات الموجودة في الفواكه والخضراوات على إضعاف تكوين المسرطنات(carcinogens) من طلائع المسرطنات غير السامة(non-toxic precarcinogens) خارج الجسم، وذلك بالتأثير على أيضها بإنزيمات المرحلة الأولى(phase 1 enzymes) مثل السايتوكروم ب٤٥٠(CYP, P450) المعتمدة على المونوأُكسيجينيزات (monooxygenase) والتي تحفز الأكسدة وإضافة الهيدروكسيل (Hydroxylation) وتفاعلات الاختزال و/أو بتحفيز أو بدء المرحلة الثانية، وهي مرحلة إنزيمات التحولات الحيوية (phase 11: biotransformation enzymes) مثل اليو دي بي- جلوكويورنوسايلترانسيفيريز «(UDP)-glucuronosyltransferases»، والسلفوترانسفيريزات (sulphotransferases) والجلوتاثيون ترانسفيريزات (glutathione transferases) التي تسرع عملية إزالة سموم (detoxification) نواتج الأيض المسرطنة النشطة (active carcinogenic metabolite). ينقص الدراسات داخل الجسم عدم معرفة مدى التعبير الطبيعي لهذه الإنزيمات أو عدم معرفة نشاطها في المجموعات البشرية، كما ينقصها عدم معرفة تأثير العوامل البيئية الأخرى وتأثير التعدد الشكلي الوراثي (genetic polymorphism) على الظواهر الخارجية (phenotype).

ومن المعروف أيضاً، أن لكثير من مكونات الفواكه والخضراوات القدرة على التأثير على الجهاز المناعي، والذي بدوره، يشارك مشاركة حميمة أو يساهم بفاعلية في الوقاية من الأمراض المزمنة او منعها أوتحفيزها. الاستجابات المناعية أو الالتهابية (immune and inflemmatory responses) المحفزة من الأمور المركزية (الأساسية) التي تزيد من مقدرتنا على التعامل مع الجزيئات الغريبة الخارجية غير المرغوبة (كامنة الخطورة) مثل البكتريا، وتلعب دوراً رئيساً في ترصد الأورام (tumour surveillance) وفي منع السرطنات. وعلى أي حال، فللتنشيط غير الطبيعي للجهاز المناعي القدرة على تحفيز بعض الاعتلالات المضعفة مثل النقرس(gout) والتهاب المفاصل الروماتزمي

(rheumatoid arthritis) وتثبيط الاستجابات الالتهابية لما قبل التصلب (pro-atherogenic inflammatory responses) وقد افترض أن ذلك إحدى الآليات لربط استهلاك دهون الأسماك (ولصنع خاصة الأحماض الدهنية لأوميقا ٣(n-3 fatty acids) وانخفاض حالات الأمراض القلبية الوعائية (CVD). وعليه فهناك حاجة لتوازن وضبط الإستراتيجيات الغذائية(dietary strategies) بدلا من رفع التفاعلات المناعية، ويعتمد هذا على القابلية الفردية (للإصابة) (individual susceptibility)، بدرجة كبيرة.

ارتبطت عدة فيتامينات مع استجابات فرط الحساسية المتأخرة للجلد (improved skin responses delayed-type hypersensitivity)؛ تعدل بعض العناصر الغذائية والكيميائيات النباتية من نشاط الخلايا القاتلة الطبيعية ((natural killer cells (NKC)؛ وقد تم توضيح أن مكملات فيتامين ج وفيتامين هـ قد رفعت إنتاج السايتوكين (cytokine) (والذي يساعد في تنشيط خلايا تي (T cells) والخلايا القاتلة الطبيعية **(NKC)**)؛ كما اتضح أن البيتاكاروتين (beta-carotene) تحسن من الجزيئات المرتبطة وظيفياً بالخلايا البشرية الأحادية. لقد تم استعراض تعقيدات الجهاز المناعي وتفاعلاته مع العناصر الغذائية بشكل شامل وواسع[١٠،١١].

ويبدو أن الثوم (garlic) ومستخلصاته (extracts) يقلل عوامل الخطورة للأمراض القلبية الوعائية بخفض تجمع أو تكتل الصفائح الدموية (platelet aggregation) وخفض تركيزات الكوليستيرول والجلسريدات الثلاثية (triacylglycerol) في حالات مختلفة. وأيضاً تظهر بعض الألياف الغذائية المحددة والمأخوذة من مصادر الفواكه والخضراوات تأثيراً مخفضاً للكوليستيرول (hypocholesterolaemic). وفيما يتعلق بتأثير أغذية ومشروبات أخرى (على سبيل المثال) الجزر والسبانخ والفينولات المتعددة (poly phenols) الموجودة في النبيذ الأحمر(red wine)، فإن نتائج دراسات هذه الأغذية

والمشروبات لم تكن واضحة ومحددة (clear-cut). وعلى أية حال، فمن الواضح أن استبدال المنتجات الحيوانية بمنتجات الخضراوات ، في التغذية، قد نتج عنه انخفاض في ارتفاع ضغط الدم لدى كل من الأشخاص المتطوعين (volunteers) طبيعي الضغط (normotensive) ومرتفعي الضغط (hypertensive). وقد أفادت التجارب التي استخدمت مكونات معزولة من الفواكه والخضراوات بنتائج غير ثابتة (غير موثقة).

مقدرة الفواكه والخضراوات ومكوناتها على درء أو تخفيف أعراض العداوى البكتيرية والفيروسية تميل لأن تكون من الحكايات والنوادر (anecdote) عوضاً عن أنها علم. وعلى أي حال، فإن الدراسات المستعرضة في الأدبيات في التسعينيات (1990s) تشير إلى احتمال بعض التصديق للفلكلور (للتراث الشعبي) (folklore). وهناك برهان من تجربة مزدوجة التعمية عشوائية متحكم فيها (double-blind, randomised, plasebo controlted trial)، بأن عصير الأويسة، (عنب الأحراج، عنب الدب (cranberry) يؤثر إيجابياً على الحمل الميكروبي في القناة البولية وأن استخدامه كعلاج لعدوى القناة البولية له أساس جيد. وأيضاً، للثوم تاريخ قديم من الاستخدام كمضاد حيوي (antibiotic) وكمضاد فيروسي (antiviral) وكمضاد فطري (anti fungal)، ويبدو أن هذا التاريخ قد تولد من النتائج المتحصل عليها من عدد من الدراسات خارج الجسم (in vitro)، وعلى أي حال، فهناك حاجة لتأكيد هذا النشاط للثوم داخل الجسم والتحقق منه (in vivo). وقد تم استعراض الآثار الصحية للفواكه والخضراوات والآليات الممكنة للعمل داخل الجسم البشري[١٢].

وهناك كم هائل من الأدبيات المنشورة حول آثار مركبات معينة على أنظمة حيوانية وخلوية نموذجية (model animal & cell systems)، وأقل نسبياً في البشر وأقل بدرجة أكبر حول آثار تدخلات الفواكه والخضراوات (التدخلات العلاجية/ التغذوية

لإثبات آثارها). ويستعرض الجدول رقم (٢,٣) أمثلة لبعض دراسات تدخلات الفواكه والخضراوات، سواء بصفة عامة أو معينة محددة ونتائجها ومخرجاتها. وهناك ملاحظة لابد منها، هي أن الجرعات المستخدمة أو التي استخدمت في معظم الدراسات، وخاصة التي استخدمت غذاءً وحيداً، أبعد من أن تقبل عقلا كغذاء يوم- بعد- يوم، دون إحداث اضطراب في هذا الغذاء من ناحية التنوع في استهلاك الفواكه والخضراوات أو استهلاك أغذية أخرى.

الجدول رقم (٢,٣) تداخلات فواكه وخضروات (F&V) محددة، ومختارة ونواتجها.

نوع الغذاء	فترة الدراسة	نتائجها	المرجع
الفواكه والخضراوات التي توفر ٣٢٥ ملجرام فيتامين ج	وجبة واحدة	انخفاض الـ إن- نيتروزوبرولين البولي	١٣
فواكه وخضروات ١١٧٠ جرام	٥ أسابيع	انخفاض الكوليستيرول الكلي لمصل الدم بنسبة ٤٪	١٤
فواكه وخضروات متوسط الحصص، ٨,٥و٣,٦	٨ أسابيع	انخفاض ضغط الدم الانبساطي والانقباضي مع ٨,٥ حصة خاصة لدى مرتفعي الضغط	١٥
فواكه وخضروات	أسبوعان	زيادة مقاومة أكسدة الـ LDL	١٦
تفاح خام طازج (٣٥٠-٤٠٠ جرام)	شهر	انخفاض كوليستيرول البلازما بنسبة أكثر من ١٠٪	١٧
برقوق (١٠٠ جرام)	٤ أسابيع	انخفاض الـ LDL لدى الذكور مرتفعي الكوليستيرول بدرجة متوسطة	١٨
جوافة (٥٠٠- ١٠٠٠ جرام)	٤ أسابيع	انخفاض كل من كوليستيرول مصل الدم والجليسريدات الثلاثية والضغط الانبساطي والانقباضي	١٩
جزر طازج (٢٠٠ جرام)	٣ أسابيع	انخفاض كوليستيرول مصل الدم	٢٠

openkandil.com

تابع الجدول رقم (٢,٣).

نوع الغذاء	فترة الدراسة	نتائجها	المرجع
جزر يوفر ١٥ جرام ألياف	٣ أسابيع	لا تأثير على كوليستيرول مصل الدم	٢١
كرنب بروكسل ٣٠٠ جرام	٣ أسابيع	زيادة نشاط إنزيمات إزالة السموم	٢٢
ملفوف ٥٠٠ جرام	١٠ أيام	زيادة نشاط إنزيمات إزالة التسمم	٢٣
عصير الأويسة (cranberry)	٦ أشهر	انخفاض البكتريا والنزيف في البول	٢٤

(٢,٤) الفوائد الصحية للأغذية الكاملة مقابل المكونات المعزولة

Health Benefits of Whole Foods Over Isolated Components

هناك كثير من الادعاءات التي تعلن في الإعلام وأدبيات الترويج (promotional literature) حول خواص وفوائد مركبات محددة (أو مجموعة) موجودة في الفواكه والخضراوات. وقد قيل لنا بأن التجاعيد (wrinkles) وفقدان الذاكرة (absentmindness) والسرطان والشرايين المقفلة (clogged artevies) (من بين كثير من الاعتلالات الأخرى) يمكن منعها أو تخفيف آثارها المرضية وأعراضها باستهلاك هذه المركبات في شكل مستخلصات معزولة أو مركزة (isolates or concenterated extract). وفي مثل هذه الادعاءات تستخدم كلمات مختبرة (tested) وفعالة (effective) ومأمونة (safe) وأساسية (essential) ومبرهن/ مبرهنة (proven)، بحرية تامة في عالم علم التغذية. وعلى أي حال، فإن الصورة ليست واضحة كل الوضوح. وتوضح المشاهدتان (quotes) التاليتان مثالاً لهذا التناقض الظاهر. ترتبط المشاهدة الأولى بدراسة للفيتامينات المضادة للأكسدة (antioxidant vitamins) وعوامل الخطورة للأمراض القلبية الوعاية، وتسند هذه النتائج ما توصلت إليه الدراسات السابقة وإشارتها إلى الدور الإيجابي لمكملات مضادات الأكسدة وسط الذين يعانون أمراض شرايين القلب التاجية[٢٥]. وترتبط المشاهدة الثانية مرة أخرى، بمضادات الأكسدة والأمراض المزمنة، وإفادتها بأن البراهين الحالية ليست

كافية بقوة وبدرجة أن تتم التوصية باستخدام حبوب الفيتامينات المضادة للأكسدة[٢٦]. هاتان المشاهدتان فضلاً عن إشارتهما أو توضيحهما لوجهات نظر العلماء المتناقضة وفي نفس النقاط، أيضا، تقدمان المثال لحقيقة أنه بينما ظهرت أهمية الفواكه والخضراوات من خلال ملاحظات الناس الذين يستهلكون الأغذية التقليدية الغنية بهذه المكونات الغذائية، فإن الأبحاث تركز على الفوائد المحتملة والكامنة للمركبات الفردية المعزولة وليس على هذه الأغذية بصورتها الكاملة.

تشير الدراسات الحديثة في أوروبا إلى وجود مزيد من الاهتمام من قبل المواطنين بغذائهم وصحتهم مقارنة بما كان في السابق. وعلى أي حال، بينما يقول المستهلكون إنهم يريدون أن يأكلوا بطريقة صحيحة، إلا أن الحقيقة والواقع هما أنهم يريدون أن يأكلوا بسهولة أكثر، وهذا هو سبب الادعاء بمقدرة وإمكانيات السوق الهائلة بتوفير المكملات الغذائية (dietary supplements) والعناصر الغذائية/ التغذوية المدعمة nutrient (enriched) والأغذية الوظيفية (functional foods)، والتي قد تحتوي كل منها ربما على واحد، أو مجرد عدد قليل، من مئات المكونات الموجودة في غذاء يحتوي على مختلف أنواع الفواكه والخضراوات[٢٧]. لقد رُوج للمركبات المعزولة من الأغذية النباتية أو الشبيهات الاصطناعية لها والتي يمكن أن توجد في هذه الأغذية، وقد استخدمت لخصائصها الدوائية والصحية المفترضة المزعومة (putative medicinal & health properties). وقد تكون الأدبيات (الاستعراضات المقالية) المصاحبة لتسويقها مقنعة جداً للذين يريدون العيش في صحة وعافية. وكذلك للذين لهم حالات (أمراض) مشخصة، فهذه المركبات قد تكون أو تبدو بدائل طبيعية وآمنة بدرجة أكبر من مأمونية العلاجات الدوائية(drug therapy) وهي بالتأكيد خيار أسهل من محاولة تغيير العادات الغذائية للحياة بأكملها.

وتوضح المعلومات الإبيديميولوجية أن الأغذية الغنية بعناصر غذائية معينة ترتبط/تربط بانخفاض مخاطر الاعتلالات المزمنة. في هذه المرحلة، وعلى أي حال، فإن العلاقة بين الغذاء والصحة، مجرد ملاحظة. ويتطلب الأمر أن تقود الملاحظة إلى نظريات معقولة (منطقية، reasonable hypotheses) والتي من الممكن أن تدعم ببراهين تجريبية مبكرة. ويتطلب الأمر اختبار هذه النظريات في مدى واسع من الأنظمة التجريبية (experimental systems)، كثيراً ما تكون خارج الجسم (in vitro) و/ أو في أنظمة نموذجية حيوانية وخلوية، تتبعها دراسات بسيطة تشمل متطوعين بشر، وربما تقود إلى تجارب واسعة وكبيرة جداً. وكجزء من هذه العملية، فإن تحليل المخاطر- الفوائد (risk- benefit analyses) لأي جرعة هو اعتبار حيوي، كما يمثل لذلك بالبيتا كاروتين (β-carotene). الكاروتينويدات (caroteniods) السائدة في الدم والأنسجة هي الـ β-carotene الموجودة في الجزر وبعض الفواكه البرتقالية اللون والخضراوات الخضراء، والبيتا كريبتوزانثين (β–cryptoxanthin) الموجودة في البرتقال واللايكوين (lycopene) الموجود في الطماطم، واللیوتین (lutin) الموجود في الخضراوات الصفراء/الخضراء. لهذه المركبات نشاطات مضادة للأكسدة مهمة وملحوظة، على الأقل خارج الجسم (in vitro)، ولذلك يعتقد أنها قادرة على وقاية خلايا وأنسجة أجسامنا ضد إتلافات الحياة في عالم مليء بالأكسجين المحتمل السمية(potentially toxic oxygen). وللكاروتنويدات نشاطات حيوية(biological actvities) أخرى، فهي تعدل الاستجابات المناعية والالتهابية (immune & inflammatory responses) وقد عرفت منذ زمن بعيد بأنها تؤثر في التواصل الخلوي–الخلوي (cell- cell communication) والذي يعتبر جزءاً حيوياً مهماً من أجزاء مقدرتنا على ضبط النشاط الفردي للخلايا داخل الأنسجة. تدعم دراسات خارج الجسم ودراسات الحيوان وبقوة، دور الكاروتينويدات كمضادات سرطان

طبيعية، ويلاحظ أن الأشخاص الذين يستهلكون كميات كبيرة من هذه الأغذية الغنية بالكاروتنويدات لهم معدلات أقل من الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية والسرطان وأمراض مزمنة أخرى. وهناك نظريات مقنعة حول: لماذا يجب أن يكون الأمر كذلك، ولكن هناك قليل من المعرفة حول ما هي الجرعة التي تحقق الوقاية المثلى (optimum protectcin) أو كيف يمكن أن تختلف هذه الوقاية اعتماداً على الحساسية الفردية (individual sensetivity).

لقد أجريت تجارب بشرية، أُعطي فيها متطوعون جرعات عالية نسبياً من مكملات بيتا كاروتين لعدة سنوات والتي رفعت تركيزات هذا العنصر الغذائي بدرجة كبيرة وربما افتراضاً رفعت تركيزاته في الأنسجة، أيضاً. وقد أوضحت هذه التجارب أحد أمرين: إما أن تكميلات البيتا كاروتين غير فعالة ومؤثرة على حوادث الأمراض القلبية الوعائية والسرطان، أو أنه زادت معدلات وفيات الناس الأكثر قابلية مثل المدخنين والعمال المعرضين للاسبستوس بسبب سرطان الرئة. و في المقابل ارتبطت تركيزات البلازما من البيتا كاروتين (التي تعكس استهلاك الأغذية الغنية بالبيتاكاروتين) قبل التكميل، عكسياً ومعنوياً، بانخفاض معدلات الإصابة بالسرطان.

وكما هو الحال مع الكاروتينويدات، فقد اعتبرت الدراسات الإبيديميولوجية (الوبائية)فيتامين هـ (vit E) واقياً، خاصة فيما يتعلق بالأمراض القلبية الوعائية. وعلى أي حال لم تثبت الدراسات البشرية التي تضمنت إعطاء جرعات كبيرة من التكميلات للأشخاص المعرضين للمخاطر وبشكل ثابت وموثق، وجود دور لفيتامين هـ. لقد ركزت البحوث على قدرات المكونات الفردية للأغذية على معالجة الأمراض الموجودة، بينما الدور الأساسي لهذه المكونات (التوازن والكميات الموجودة في الأغذية الغنية بالفواكه والخضراوات) –والذي يتم نقاشه– هو المنع والوقاية أو إبطاء نشوء (بدء) الأمراض.

وحتى الوقت الحاضر، ما زالت البراهين من الملاحظات بشكل كبير، وما زالت الخصائص الوقائية لأغذية محددة معنية أو مجموعات أغذية تستهلك كجزء من الغذاء التقليدي مؤيدة، ويبقى دور أي مكون من مكونات الفواكه والخضراوات بمفرده أو بمعزل عن دور غيره من المكونات من الأمور التي تحتاج لتأسيس وإثبات. وكجزء من هذه العملية، فإن إثبات أن المكون المعني بالاهتمام يفرز (وفي كثير من الأحيان) من نسيج الغذاء المعقد (complex food matrix) وأنه يوفر بكفاءة لموقع عمله المفترض داخل الجسم البشري، فإن ذلك من الأمور الظاهرة الأهمية.

وقد نشرت الاستعراضات البحثية التي توضح و تناقش هذه الموضوعات مع الإشارة والرجوع للأدبيات العلمية[٢٨، ٢٩].

(٢,٥) تأثير تركيب الخلية على نقل واستلام العنصر الغذائي

Influence of Cell Structure on Nutrient Delivery

مع ظهور تقنيات التحليل والأجهزة الحديثة أصبح بالإمكان وصف الطبيعة الكيميائية المعقدة لأغذيتنا بمزيد من الدقة والحساسية. وعلى أي حال، قد يكون لنوع وكميات أي من المكونات التغذوية أو غير التغذوية للفواكه والخضراوات درجة بسيطة من الأهمية فيما يتعلق بمساهمتها لحالتنا الغذائية أو حالتنا الصحية. وسبب ذلك هو أن جزءاً قليلاً أو نسبة بسيطة من مكونات الأغذية هذه، يمكن امتصاصها واستخدامها. وقد تكون هذه النسبة مختلفة اختلافاً كبيراً اعتماداً على الحالة الفسيولوجية للمستهلك والنسيج الغذائي والخليط الغذائي (dietary mix) وتاريخ التصنيع (process history) والتخزين(storage). تقدير مدى تحرير المركبات النشطة حيوياً من مختلف أشكال/أنواع الفواكه والخضراوات أثناء هضم الإنسان (human digestion) لها والذي عرف حديثا بالإتاحية الحيوية (bioaccessibility) للمركب، ومعرفة مدى امتصاص تلك العناصر الغذائية وتوصيلها إلى المواقع المستهدفة داخل أنسجة الجسم (ما عرف حديثا بالتوافر

الحيوي bioavailability للمركب)، هذان من المعارف الأساسية للذين يعملون في إنتاج الأغذية والتقييم التغذوي (nutritional assessment)[٣٠].

إن تأثير تركيب الأغذية النباتية في الإتاحية الحيوية، وبالتالي التوافر الحيوي لكثير من المكونات النشطة حيويا للأغذية، من الموضوعات التي لم تدرس أو تبحث جيداً، وخاصة ما يتعلق بالمركبات الذائبة في الدهون (lipid soluble compounds) وتوجد استعراضات أدبية قليلة متفرقة حول ذلك. وعلى أي حال، فإن الإتاحية الحيوية للعناصر الغذائية الدقيقة المحبة للدهون أو الذائبة في الدهون (lipophilic microconstituents) للفواكه والخضراوات (خاصة الكاروتينويدات) من الموضوعات التي لاقت اهتماماً وتركيزاً في عمل جماعي أوروبي (Europeon collaboration) والموضوعات المفتاحية الأساسية (key issues) التي اختبرت ودرست في هذا المشروع موضحة لاحقاً[٣٠]. وقد اختيرت الكاروتينويدات للتركيز عليها بصفة خاصة؛ لأنها تعتبر مثالاً ممتازاً للموضوعات التي يتوافر فيها فهم قليل لسلوكها المعقد في الأغذية والأنسجة البشرية، والذي أربك تفسير دورها في الفوائد الصحية المزعومة المفترضة لأغذية نباتية محددة.

وهناك آليتان رئيستان يتم بواسطتهما إفراز العناصر الغذائية من نسيج خلايا الأغذية النباتية. أولاهما: إذا حدث تهتك للخلايا النباتية، فسيكون للإنزيمات الهاضمة (digestive enzymes) حرية الوصول للمكونات وعليه يكون من المتوقع أن يتم الهضم بسرعة وفعالية. ثانيتهما: إذا لم يحدث تهتك للخلايا، فإن سرعة الهضم ستعدل اعتمادا على نفاذية جدار الخلايا (permeability of the cell wall) (حجم المسامات (pore size)) التي تنظم معدل النفاذية للإنزيمات الهاضمة ومعدل الانتشار (diffusion) للمنتجات من الخلايا. ستنتشر الجزيئات الصغيرة المتحركة المحبة للماء

(small mobile hydrophilic molecules) مثل السكريات (sugars) والأحماض الدهنية (fatty acids) والأحماض الأمينية (amino acids) والأيونات المعدنية (mineal ions) بسهولة، ولكن قد يعطل انتشار الجزيئات الكبيرة المحبة للماء (larger hydrophilic molecules) على سبيل المثال، المركبات الفينولية المعقدة (complex phenolic compounds) تعطيلاً بالغاً. وبالنسبة للجزيئات الكارهة للماء (hydrophobic) الكبيرة التي يتطلب نقلها إذابة في تركيب (حامل) دهني(lipid structure)، مثلاً، الكاروتينويدات، فسيكون الوضع أكثر تعقيداً، إذ من غير المحتمل أن يكون جدار الخلية نافذاً أو منفذاً للمستحلبات الدهنية (lipid emulsions) أو الميسيل وستعمل الليبيزات [إنزيمات الدهون (lipases) ولا حاجة أو ضرورة لوجود دهون مذيبة (solvating lipids).

الخلايا النباتية تراكيب حيزية حجيرية مغلفة بأغشية compartmentalised (membrane-bound structures) وتحاط بجدران خلوية شبه صلبة (semi-rigid cell wall) مكونة، أساساً، من سيليلوز ومواد بكتينية (peptic substances). إن من أهم مكونات الخلية هي الحويصلة (vacuole) والسايتوبلازم (Cytoplasm) والنواة (nucleus) وعدد من العضيات الفرعية تحت الخلوية (sub-cellular organelles). هذا الاحتواء الحجيري (compartmentalisation) له آلية مهمة لفصل الوظائف الكيموحيوية والفيزيائية المختلفة للعمليات الخلوية (cellular processes). إن اعتراض أو قطع هذا الفصل الفيزيائي (physical seperation) كما في الخدش أو الرض أو الكدم (bruising)، يؤدي إلى الفوضى الأيضية (metabolic chaos) المتسبب في موت الخلية وإنتاج ألوان غير مرغوبة (اسمرار إنزيمي أو غير إنزيمي enzymic or non-enzymic browning) ونكهات (أكسدة دهون (lipid oxidation))، وإتلاف تحطيمي (destruction) (لفيتامين ج، Vit. C) أو إنتاج مركبات نشطة حيوياً (ايسوثيوسينات وسينايد، (isothiocyanates, cyanide)).

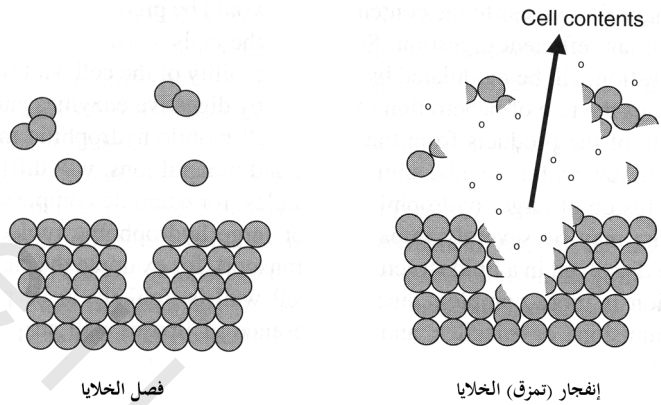
المركبات الخلوية ليست حرة الحركة داخل الخلية وهي مرتبطة بتراكيب محددة (على سبيل المثال، الليبوبروتينات (lipoprotein) والجليكوبروتينات glycoproteins) أو مرتبطة بمكان محدد(على سبيل المثال، الكاروتينويدات مرتبطة بالأغشية الدهنية). الكاروتينويدات كارهة للماء بدرجة شديدة وعادة ما تكون مرتبطة بالتراكيب الدهنية للعضيات الفرعية تحت الخلوية. في الخضراوات الورقية الخضراء، ترتبط الكاروتينويدات الرئيسة (أي الليوتين والبيتاكاروتين) بالبروتينات الدهنية في المعقد الضوئي (light-harvesting complex) للكلوروبلاستيدات (chloroplasts) وهي العضيات المسئولة عن التمثيل الضوئي (photosynthesis). في الجزر والطماطم قد توجد الكاروتينويدات كتراكيب شبه بلورية (semi-crystalline) محاطة بأغشية أو توجد في القطرات الدهنية (lipid droplets). وفي الفواكه، كثيراً ما توجد الكاروتينويدات في القطرات الزيتية (oil droplets) بالرغم من أن ذوبانها في الزيت قليل. أنواع الأنسجة النباتية المختلفة (الأوراق leaf، الجذور (root)، والثمار والبذور (seeds)) والبيئة والطبيعة الفيزيائية للكاروتينويدات الخلوية، لكل هذه العوامل تأثيرات على سهولة توافرها للامتصاص خلال التصنيع (حراري أو فيزيائي) والمضغ (mastication) والهضم (digestion).

ويتطلب امتصاص الكاروتينويدات أن يتم تحريرها من قيود التركيب الفيزيائي العام (gross physical structure) للأنسجة والخلايا النباتية، وأن يتم نقلها إلى الوجه الدهني الحر (free lipid phase) للمنتج المصنع أو المادة المهضومة (digesta). وبصفة عامة، تكون الكاروتينويدات ثابتة في التراكيب النباتية وتتحمل التصنيع الشديد (aggressive processing) والتعرض للضوء الكثيف (intense light expsure) مع أقل ما يمكن من الفقد وحدوث للتناظر (تكوين المتناظرات isomerisation). وعلى أي حال، بمجرد تحرير الكاروتينويدات من التركيب (النباتي)، تكون أكثر عرضة للهدم

والتحلل (degradation) بالحرارة والضوء وأكسجين الجو، وعليه، فهناك تناوب وتعاقب (trade – off) بين زيادة التحرير لأقصى مدى والاحتفاظ بها (retention) أثناء التخزين. ويجب ذكر أن التصنيع الشديد قد يؤدي إلى تحويل (conversion) الكاروتينويدات من النوع ترانس الطبيعي (native all-trans) إلى نظائرها سيس -cis) (isomers وإنتاج أنواع شديدة التفاعل (highly reactive species) والتي يمكن أن تستمر في تحطم الكاروتينويدات حتى بعد اكتمال التصنيع.

كقاعدة عامة تلين وتعقم عمليتا الطبخ والتصنيع الأنسجة النباتية مما يؤدي إلى انفصال الخلية (cell seperation) وهذا الانفصال هو الآلية الأساسية المؤدية لتحلل (disintegration) الأنسجة. وفي المقابل، فإن مضغ الفواكه والخضراوات الخام الطازجة يسبب سحق (crushing) وتقطيع (shearing) الأنسجة وتمزيق الخلايا وتهتكها (الشكل رقم ٢.١) وتساهم آليتا تقليل حجم الجزيئات المذكورتين (particle size reduction) في زيادة التحرير، وعليه ليس بالإمكان القول بأن الأنسجة الطازجة توفر مزيدا من الكاروتينويدات القابلة للحصول عليها حيويا مقارنة مع الأنسجة المطبوخة. ويثبت ذلك بوضوح باختبار شرائح الجزر المبشورة (grated carrot strips) حيث لوحظ بعد استعادة الجزر من القناة الهضمية أن الفقد كان في السطح المعرض فقط، بينما لا يوجد برهان على فقدان للكاروتينويدات من الأنسجة النباتية العميقة.

ومن الواجب إدراكه أن تركيب الغذاء والطريقة التي يهضم بها هذا أو ذاك الغذاء هما ما يساهم في إضعاف الإمداد بالعناصر الغذائية. عليه، فإن الإمداد من تركيب الغذاء يحدث عبر نفس مدى الوقت (timescale) الذي يتم فيه التفريغ المعدي (gastric emptying). وبصفة عامة، تفرغُ الكاروتينويدات وغيرها من المركبات المعزولة أو المفصولة (isolated) من تركيب الغذاء وتمتص بسرعة. و قد يكون لهذه المعدلات المختلفة للإمداد، آثار بالغة على الأيض اللاحق.



الشكل رقم (٢,١). يحفز التصنيع الغذائي انفصال الخلايا، ولكن انفجارها الذي يصاحبه إفراز أكثر لمكونات الخلية، لا يحدث دائما.

وهناك فوائد صحية مثبتة ومبرهنة للتحرير البطيء (slow release) للأغذية الكربوهيدراتية، وإنها لا تستحث زيادة إفراز الأنسولين والانحرافات أو التغيرات الكبيرة غير المرغوبة في جلوكوز الدم أو إضافة الجلوكوز للبروتينات [جلكنة البروتينات glycosylation of proteins] غير الضرورية. وبالقياس التناظري (anology)، فإن الإفراز البطيء لمكونات الغذاء الأخرى قد يرفع الفوائد الصحية من خلال عدم زيادة تحميل أنظمة النقل (loading transport systems) أو تسبيب انحرافات غير مرغوبة في تراكيز البلازما. ويجب أن لا تفسر حقيقة أن بعض أجزاء العناصر التغذوية قد لا تمتص في المعي اللفائفي (ileum) وبذلك تفقد في القولون (colon)، تفسيراً سالباً، إذ إنها قد تساهم مساهمة إيجابية في صحة القولون وفي إنتاج منتجات مفيدة من تخمرات القولون (colonic fermentations).

تؤدي الطبيعة المعقدة للنقل الكتلي (mass transfer) للكاروتينويدات لأنواع الدهون القابلة للامتصاص (absorbable lipid species)، وتنوع الأغذية الطازجة

والمصنعة المستهلكة، والاختلافات الفردية في درجة المضغ (degree of mastication) إلى فروقات في كمية الكاروتينويدات التي تصبح قابلة للحصول عليها حيوياً والقابلة للتوافر والامتصاص. وبفهم الآليات التحتية (المعنية) (underlying mechanicms) لهذه العمليات ولمدى واسع من مكونات الفواكه والخضراوات، يصبح من الممكن ليس فقط التوصية بخمسة أجزاء (حصص five portions) في اليوم، بل أيضاً اقتراح ممارسات منزلية (domestic) وتجارية (commericial) تهدف إلى مضاعفة الفوائد الصحية الكامنة والمحتملة إلى أقصى حد.

(٢,٦) الامتصاص والأيض واستهداف الأنسجة

Absorption, Metabolism and Tissue Targeting

هناك تنظير كثير حول المكونات الدقيقة (microconstituents) في الخضراوات والفواكه بأن لها دورًا نشطاً في منع (الوقاية من) أو تأخير كثير من الأمراض المزمنة الموهنة والمضعفة. وعلى أي حال، من أجل تقديم برهان أو إثبات بأن أي مركب فردى أو مجموعة من المركبات، تساهم في الآثار المفيدة للأغذية الغنية بالفواكه والخضراوات، فإنه من الضروري إثبات وقياس الامتصاص وعمليات التوزيع اللاحقة، إلى الأنسجة المستهدفة، كما من الضروري توصيف الأيض(التمثيل الغذائي)، وذلك لأنه قد يكون للنواتج الأيضية (metabolic products) درجات مختلفة من النشاط الحيوي أو أنها قد تكون مختلفة جداً وبالتمام، في نشاطها الحيوي عن مركباتها الأصلية (parent compound). إن فهم العوامل التي تتحكم في التوافر الحيوي لمكونات الفواكه والخضراوات، خطوة مهمة لتوفير خيارات غذائية معلومة (informed food choice)، كما أنها مهمة لتصميم تصنيع تجاري (commerical processes) يوفر مستويات مرغوبة من الإتاحية الحيوية في المنتجات الغذائية.

لم تفهم عمليات نقل وامتصاص كثير من مكونات الفواكه والخضراوات ذات النشاط الحيوي الهام فهماً تاماً ؛ وعليه فإن التنبؤ بهذا النشاط يعتبر أمراً إشكالياً (problematic). وإذا اقترن هذا مع الفهم القليل لتعقيدات سلوك تلك المكونات في الأنظمة الغذائية (food systems) وفي الأنسجة البشرية وكذلك استخدام الطرق غير المناسبة لتقييم الامتصاص والتوزيع النسيجي (tissue distribution)، فإن الارتباك والخلط قد يكثر في الأدبيات المنشورة.

تكون المركبات الأصلية الطبيعية (native compounds) والمركبات الناتجة من الهدم والتحلل (degradation) الذي تحدثه الإنزيمات الداخلية (endagenous enzymes) (الجلوكوسينولات/والمايروسينيز glucosinolates/myrosinase) أو الإنزيمات الهاضمة (digestive enzymes) (الجلوكوز، الأحماض الأمينية، والأحماض الدهنية)، موردا [مخزونا (pool)] للمركبات التي يمكن أن تُحصّل تحصيلا حيويا ويتم امتصاصها واستقلابها (تمثيلها غذائيا (metabolized). يشمل مصطلح التوافر الحيوي عناصر أو وظائف الامتصاص والتوزيع والأيض والإخراج (excretion) أي المجمعة في الاختصار(أى دي إم إي (ADME))، أو أن هذا المصطلح وببساطة يستخدم أحياناً، ليصف استجابة البلازما للتغذية (الإمداد) الحادة أو المزمنة بالأغذية أو المركبات المعزولة (acute or chronic feeding of foods or isolated compounds). وبالرغم من أن الاستجابة البسيطة للبلازما قد توفر إشارة مفيدة لامتصاص نسبي لمكون تمد به أغذية مختلفة، إلا أنها لا يمكن أن تصف الامتصاص بمعناه المطلق. وهناك ضرورة أن تركز الأبحاث على توفير مداخل تجريبية(experimental approaches) يمكن أن تقدر الامتصاص لدى البشر كمياً، وعلى سبيل المثال، استخدام طرق التعليم بالنظائر المشعة(isotopic labelling methods) وقياس الاستجابة في مخزون أو كمية دم و/أو

أنسجة مناسبة (appropriate blood and/or tissue pool) والنمذجة الأيضية (metabolic modelling) للتفريق بين المكونات المختلفة الاستجابة.

وعليه، بينما يوجد برهان قوي وغير قابل للتفنيد (irrefutable) على أن استهلاك الخضراوات والفواكه يرتبط عكسيا وسلبياً (correlate negatively) (قلة الاستهلاك) مع معدلات حدوث الأمراض المزمنة، إلا أن البراهين على أن مكوناً غذائياً معيناً هو المكون (العنصر) النشط (active principle)، يعتمد على إثبات امتصاصه وتوزيعه ونشره (disperssion) إلى المواقع المستهدفة المفترضة، وأن هناك استجابة مرتبطة بالجرعة (dose-related response) ومربوطة بالمرضية، أي سببية المرض (aetiology of disease). وقد تم استعراض امتصاص وأيض كثير من المواد النشطة حيويا الموجودة في الأغذية النباتية (الكاروتينويدات وفيتامينات ج وهـ والفولات والفينولات البسيطة والمعقدة (simple and complex phenols) والجلوكوسينولات والفايتوستيرولات (phytosterols) وعناصر نادرة معينة (certain trace elements) استعراضاً دقيقاً[٣١].

(٢,٧) زيادة الاستهلاك: ما الذي يمكن عمله؟

Increasing Consumptions: what is Being Done?

قادت قوة الدعم العلمي للفوائد الصحية للأغذية الغنية بالفواكه والخضراوات متخذي أو واضعي السياسية الوطنية (national policy making) للاهتمام بالقضايا الصحية والغذائية، كما دعمت برامج المجتمع والبرامج المحلية (community and local programmes) التي اهتمت بالأهداف الوطنية التغذوية/الغذائية (national dietary goals) في عملها المتمثل في زيادة استهلاك الفواكه والخضراوات. ومثال على ذلك برنامج ٥-أ- لليوم لصحة أفضل (5-A- Day for better health programme) للولايات المتحدة والذي يهدف إلى زيادة استهلاك الفواكه والخضراوات إلى متوسط ٥

حصص (serving) أو أكثر في اليوم. إن الهدف هو تحسين صحة الأمريكيين من خلال مشاركة (partnership) كل من المجتمع الصحي (health community) والوكالات أو الهيئات الحكومية (government agenies) وصناعة الفواكه والخضراوات (fruit & vegetable industry) وقطاعات خاصة أخرى (other private sectors). ووفقاً لهذا البرنامج، فإن وعي المستهلك برسالة الـ يوم ٥-أ قد زاد من ٨٪ إلى ٣٩٪ في الفترة ما بين عام ١٩٩١م وعام ١٩٩٧م وقد رفعت نشاطات التحفيز والدعاية (promotion activities) مبيعات الفواكه والخضراوات في المحلات والمخازن التجارية، كما أن متوسط استهلاك الفواكه والخضراوات قد ارتفع بمقدار نصف حصة من ٣,٩حصة في اليوم في عام ١٩٩١م عندما بدأ برنامج الـ يوم ٥- أ- إلى ٤,٤حصة في عام ١٩٩٤م (www.5aday.com). ويمكن إيجاد ارتباطات بالمبادرات لكثير من أقاليم العالم الأخرى موجودة في موقع الـ يوم ٥- أ (الإلكتروني، 5-A-Day website).

في كثير من البرامج يركز الاهتمام بالتوعية (education) وإشراك الأطفال؛ لأن كثيراً من العمليات المرتبطة بتطور الأمراض المزمنة (development of chronic diseases) تبدأ في مرحلة الطفولة (childhood).

تفيد البراهين من دراسة بوجالوسا للقلب (Bogalusa Heart Study) والتي تتبعت مخاطر أمراض القلب المبكرة (early risk of heart diseases) لدى الأطفال الأمريكيين، بأن لعادات الأكل في الطفولة آثاراً محتملة، مدى الحياة، على مستويات الكوليستيرول وعلى أمراض شرايين القلب التاجية (coronary heat disease) في البلوغ[٣٢]. ووجدت دراسة لأطفال المدارس البريطانيين (British school children) أن للأطفال الذين يتناولون الفواكه أكثر من مرة في اليوم وظائف رئوية أفضل (better lung function) مقارنة بالأطفال الذين لا يستهلكونها يومياً. وكانت الفروقات واضحة حتى بعد

السيطرة على العوامل كامنة التأثير مثل الطبقة الاجتماعية والتدخين السلبي[٣٣]. وأفادت دراسة أخرى إيطالية بأنه حتى المتناولات البسيطة للفواكه قد تقلل من صفير التنفس(wheezing) والأزمة (asthma) مع ظهور الآثار بدرجة أكبر لدى الأطفال الذين لديهم تاريخ مع المشكلات التنفسية الرئوية (respiratory problems)[٣٤]. وينظر إلى الاهتمام المستمر بزيادة استهلاك الأطفال للفواكه والخضراوات كوسيلة عملية وطريقة مهمة لتعديل التغذية وجعلها تغذيةً متوازنةً ومثلى (optimize nutrition)، كما أنها مهمة في المحافظة على تحفيز الصحة الجيدة طوال العمر، وكذا مهمة في تقليل مخاطر الأمراض في سنوات العمر المتقدمة.

إن البرنامج الوطني المدرسي للفواكه في بريطانيا (The national school fruit scheme in UK) مثال للإرشادات الغذائية (dietary guidelines) ، وخطة هذا البرنامج أنه بحلول عام ٢٠٠٤م يقدم لكل طفل من أطفال الحضانة (nursery) ولكل طفل عمره بين ٤- ٦سنوات في مدارس رياض الأطفال، قطعة فاكهة يومياً. وقد اختبرت الناحية العملية لهذا البرنامج (practicalities of the scheme) من خلال دراسات استرشادية (pilot studies) قبل أن يتم تنفيذه على المستوى الوطني. وتعتبر الموضوعات أو الجوانب المرتبطة بالتوزيع وبأفضل كيفية لتشجيع الأطفال على استهلاك الفواكه التي تقدم لهم والاستمتاع بها، جزءاً من الدراسات الأولية. وإذا أريد نجاح هذه البرامج، يجب أن تكون إيجابية ومسلية، على أن تجعل الفواكه والخضراوات جزءاً من ثقافة الطفل. ويجب أن تتماشى البرامج ويطابق مسارها مسار المعايير التغذوية الجديدة للوجبات المدرسية والمعايير التغذوية لمشروعات المجتمع المستهدفة تحسين الحصول على الأغذية الصحية وزيادة النشاطات البدنية والتي تهتم بمعالجة مشكلة البدانة النامية

والمتطورة (إذ يصنف واحد من كل عشرة أطفال عمر ٦ سنوات في بريطانيا من البدناء ويمثل هذا مضاعفة للانتشار منذ ١٩٩٠م).

(٢,٨) الاتجاهات المستقبلية
Future Trends

يوصي التمويل العالمي لأبحاث السرطان (Word Cancer Research Fund) والمعهد الأمريكي لأبحاث السرطان (American Institute for Cancer Research) بالأغذية المعتمدة على النبات(plant-based diets) المحتوية على تشكيلة متنوعة من الفواكه والخضراوات والبقوليات (pulses)، كما يوصيان بالأغذية النشوية منخفضة السعرات التي تتلقى أقل درجة من التصنيع. وقد أفاد تقريرهما بأن هذه الأغذية قد تقي من مختلف أنواع السرطان (وأمراض مزمنة أخرى)، ذلك بسبب احتوائها على مكونات واقية بشكل مباشر، أو لأنها لا تحتوي مكونات موجودة بشكل شائع في الأغذية حيوانية المصدر[٩]. وهناك عدة توصيات أخرى متعلقة بالغذاء ونمط الحياة، وأن هذه التوصيات مهتمة بعوامل خطورة أخرى معروفة أو مفترضة. يوجد تحديان بحثيان رئيسان مرتبطان بهذه التوصيات، وكذلك تلك التي وردت في تقارير الخبراء الآخرين والتي تدعم و تحفز إرشادات تهتم بالغذاء الصحي.

يرتبط التحدي الأول بتصنيف سلوك العناصر المغذية داخل الأنظمة الغذائية المعقدة (complex food systems) والتفاعلات المتداخلة بين مكونات هذه الأنظمة الغذائية مع بعضها البعض من ناحية ومع الأنسجة البشرية من ناحية أخرى. تركز البراهين التي تربط بين الغذاء وتخفيف عبء الأمراض المزمنة على الآثار الواقية للفواكه والخضراوات الكاملة (whole fruits & vegetables) التي تستهلك كجزء من الغذاء التقليدي (traditional diet) وتؤيدها بشدة، ولكن لا ينعكس كل هذا في مخرجات البحوث. ويجب أن تبذل جهود متناغمة لتصحيح عدم التوازن بين أبحاث

الغذاء الكامل وأبحاث الجرعة العالية من المركب الفردي. ومن المعلوم أو الملاحظ أن الدراسات طويلة الأمد بدرجة كبيرة، والمطلوبة لتحديد آثار أي تدخل معين في معدلات الإصابة بالأمراض المزمنة أو معدلات الوفيات بسببها، صعبة التمويل والإجراء (التنفيذ). زد على ذلك، فإن تخطيط برتوكول وتفسير نتائج التداخلات الغذائية المعقدة باستخدام المؤشرات الحيوية المبكرة لمخاطر الأمراض، ليست بالمهمات السهلة. وعلى أي حال، فعلى العلم أن يواجه مثل هذه التحديات ولا يتفاداها. ومعروف أن المركبات النشطة حيوياً التي توفرها الفواكه والخضراوات لها آثار متداخلة، كما ربما يكون لها آثار إضافية معززة أو مثبطة لبعضها البعض، وقد بدأ الاهتمام بهذه الجوانب ومعالجتها في كل من الدراسات التجريبية على الإنسان والحيوان.

يرتبط التحدي الثاني بتقبل الجمهور وردة فعله. يعتقد ثلاثة من كل أربعة أمريكان بأن هناك كثيرا من المعلومات المربكة المتعارضة حول الغذاء، وكذلك أن هناك إرباكا ناتجا من رسالة اليوم- ٥-أ. و ليس هناك إجماع (ميثاقٌ أو معاهدة (convention))عالمي حول ما هي الأغذية المفروض تضمينها في التوصية الصحية المتعلقة بالفواكه والخضراوات. هل تضمن الفواكه المجففة؟ أم عصيرات ونكتار الفواكه والخضراوات؟، ما هي حالة المنتجات المجمدة والمعلبة؟ إن عدم وجود إرشادات دقيقة يسمح بقبول ورضا (complacency) عن المستويات الحالية للاستهلاك وبالتالي فلن تحصل زيادة في الاستهلاك. وجدت دراسة حول متناولات الفواكه والخضراوات في اسكتلندا (Scotland) أن من بين المستجيبين الذين ينخفض متناولهم للفواكه والخضراوات (أقل من حصتين في اليوم)، اعتقد ٥٥٪ منهم بأنهم كانوا يحصلون على قدر كاف بل يأكلون أكثر مما هو كاف. إن تقديم نصيحة عملية كمية فيما يتعلق

بالمتناولات الصحية من الأغذية، قد يساعد في حل هذه المشكلة[٣٥]. ويرجعنا هذا للقول إن هناك حاجة لأبحاث في أهمية الأغذية الكاملة للصحة العامة، وبالمثل أهمية مكونات هذه الأغذية ودراستها داخل البيئة الغذائية والثقافية لمجتمعات سكانية محددة.

وعلى أي حال، فإن وجود إرشادات واضحة مدعومة علميا، لا تضمن الالتزام. إن مناقشة تداخلات زيادة متناولات الفواكه والخضراوات ليست في نطاق هذا الفصل، ولكن من الواضح أن الأبحاث في فعالية الإستراتيجيات المختلفة، مهمة وحيوية إذا كان العلم والإرشادات المتعلقة بالأكل الصحي(healthy eating) ستترجم أو تؤدي الى صحة أفضل على المدى البعيد.

(٢,٩) مصادر لمزيد من المعلومات والنصائح

Sources of Further Information and Advice

هناك عدة مبادرات أوروبية مناسبة، ومرتبطة مباشرة وغير مباشرة بالفوائد الصحية للفواكه والخضراوات ومركباتها التكوينية، ومن أمثلة هذه المبادرات:

- Concerted Action (FAIR CT 97-3233) 'The role and control of antioxidants in the tomato processing industry' which identified the major antioxidant compounds in tomato and examined processes to maximise their content and bioavailability in tomato products.

- NEODIET (FAIR CT 97-3052) 'Nutritional enhancement of plant-based food in European trade', which sought to understand how best to maximise the bioavailability of selected nutrients and potentially beneficial factors naturally present in plant-based foods, through processing and plant breeding.

- EUROFEDA (QLK-1999-oo179) 'Dietary antioxidants in the promotion of health' supports research into defining the factors (antioxidants) that are responsible for ageing and age-related disease and practical ways of reducing their impact.

- MODEM (FAIR CT 97-3100) 'Model systems *in vitro* and *in vivo* for predicting the bioavailability of lipid soluble components of food' which determined the major factors controlling carotenoid bioavailability and developed practical predictive models.

openkanal.com

- POLYBIND (QLKI-1999-oo505) 'Health implications of natural non-nutrient anti-oxidants (polyphenols): bioavailability and colon carcinogenesis'. This project is studying the effect of polyphenols on health indicators, uptake and metabolism, influence on carcinogen metabolism, effect on cell proliferation and colon carcinogenesis. .

- FolateFuncHealth (QLK-1999-oo576) 'Folate: From food to functionality and optimal health' which aims to increase folate intakes through an understanding of the absorption from foods and its utilisation *in vivo.*

Further information can be obtained from the CORDIS website (http://www.cordis.lu/en/home.html), and from project coordinators who are identified on web site information.

(٢,١٠) المراجع

References

(1) Eurostat yearbook, *A Statistical Eye on Europe. Data* 1988-1998, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Commission, 2000.
(2) GERBER M, *The Antioxidants in Tomatoes and Tomato Products and their Health Benefits*, ed AMITOM, Report of a European Commission Concerted Action, France, at tomato@tomate.org, 2000..
(3) STEINMETZ K A and POTTER J D, 'Vegetables, fruits and cancer. I: Epidemiology', *Cancer Causes Control*, 1991 2325-57.
(4) STEINMETZ K A and POTTER J D, 'Vegetables, fruits and cancer. II: Mechanisms', *Cancer Causes Control*, 1991 2427-42.
(5) STEINMETZ K A and POTTER J D, 'Vegetables, fruits and cancer prevention: a review', *J Am Diet Assoc*, 199696 1027-37.
(6) BLOCK G, PATTERSON B and SUBAR A, 'Fruits, vegetables and cancer prevention; a review of the epidemiological evidence', *Nutr Cancer*, 1992 18 1-29.
(7) LAW M R and MORRIS J K, 'By how much does fruit and vegetable consumption reduce the risk of ischaemic heart disease?', *Eur J Clin Nutr*, 1998 52 549-56.
(8) World Health Organisation, *Diet, Nutrition, and the Prevention of Chronic Disease, Technical Series* 797, Geneva, WHO, 1990. 9 World Cancer Research Fund and American Institute for Cancer Research, *Food, Nutrition and the Prevention of Cancer: a Global Perspective*, Washington, American Institute for Cancer Research, 1997.
(10) KUBENA K S and MCMURRAY D N, 'Nutrition and the immune system: a review of the nutrient-nutrient interactions', *JAm Diet Assoc*, 199696 1156-64.
(11) CHANDRA R K and SARCHIELLI P, 'Nutritional status and immune responses', *Clin Lab Med*, 1993 13455-61.
(12) LAMPE J w, 'Health effects of vegetables and fruits: assessing mechanisms of action in human experimental studies', *Am J Clin Nutr*, 199970 475S-90S.

obeikandl.com

(13) KNIGHT T M and FOREMAN, 'The availability of dietary nitrate for the endogenous nitrosation of L-proline', in *The Relevance of N-nitroso Compounds to Human Cancer: Exposure and Mechanisms,* eds Bartsch H, O'Neill I K, Schulte-Hermann R, Lyon, France, International Agency for Research on Cancer, 518-23, 1987.
(14) STASSE-WOLTHUIS M, ALBERS H F F, VAN JEVEREN J G C, WILDEJONG J, HAUTVAST J G, HERMUS R J, KATAN M B, BRYDON W G and EASTWOOD M A, 'Influence of dietary fibre from vegetables and fruits, bran or citrus pectin on serum lipids, faecal lipids, and colonic function', *Am J Clin Nutr,* 198833 1745-56.
(15) APPEL L J, MOORE T J, OBARZANEK E *et at.,* 'A clinical trial of the effects of dietary pat terns on blood pressure', *N Engl J Med,* 1997336 1117-24.
(16) HININGER I, CHOPRA M, THURNHAM D I, LAPORTE F, RICHARD M J, FA VIER A and ROSUSSEL A M, 'Effect of increased fruit and vegetable intake on the susceptibility of lipoprotein to oxidation in smokers', *Eur J Clin Nutr,* 1997 51 601-6.
(17) SABLE-AMPLIS R, SICART Rand AGID R, 'Further studies on the cholesterol-lowering effect of apple in humans', *Nutr Res,* 1991 3325-8.
(18) TINKER L F, SCHNEEMAN B 0, DAVIES P A *et al.,* 'Consumption of prunes as a source of dietary fibre in men with mild hypercholesterolaemia', *Am J Clin Nutr,* 1991 53 1259-65.
(19) SINGH R B, RASTOGI S S, SINGH R, GHOSH S, GOPTA S and NIAZ M A, 'Can guava fruit decrease blood pressure and blood lipids?' , *J Human Hypertens,* 1993 7 33-8.
(20) ROBERTSON J, BRYDON W G, TADESSE K, WENHAM P, WALLS A and EASTWOOD M A, 'The effect of raw carrot on serum lipids and colon function', *Am*] *Clin Nutr,* 1979 32 1889-92.
(21) WISKER E, SCHWEIZER T F, DANIEL M and FELDHEIM W, 'Fibre-mediated physiological effects of raw and processed carrots in humans', *Brit] Nutr,* 199472579-99.
(22) NIJHOFF W A, GRUBBEN M J A L, NAGENGAST F M, JANSEN J B, VERHAGEN H, VAN POPPET G and PETERS W H, 'Effects of consumption of Brussels sprouts on intestinal and lymphocytic glutathione S-transferases in humans', *Carcinogenesis,* 1995 162125-8.
(23) VISTISEN K, POULSEN H E and LOFT S, 'Foreign compound metabolism capacity in man measured from metabolites of dietary caffeine', *Carcinogenesis,* 1992 13 1561-8.
(24) AVORN J, MONANE M, GURWITZ G R, GLYNNE R J, CHOODNOVSKIY I and LIPSITZ L A, 'Reduction of bacteriuria and pyruria after ingestion of cranberry juice', *]AMA,* 1994 271 751--4.
(25) MOSCA L, RUBEN FIRE M, MANDEL C, ROCK C, TARSHIS T, TSAI A and PEARSON T, 'Antioxidant nutrient supplementation reduces the susceptibility of low density lipoprotein to oxidation in patients with coronary artery disease', *Am College Cardiol,* 1997 30 392-7.
(26) KRAUSS R M, ECKEL R H, HOWARD B, APPEL L J, DANIELS S R, DECKELBAUM R J, ERDMAN J W, KRIS-ETHERTON P, GOLDBERG I J, KOTCHEN T A, LICHTENSTEIN A H, MITCH W E, MOLLIS R, ROBINSON K, WYLIE-ROSETT J, ST JEAR S, SUTTlE J, TRIBBLE D L and BAZZARRE T L, 'AHA dietary guidelines: revision 2000: A statement for healthcare professionals from the nutrition committee of the American Heart Association', *Circulation,* 2000 1022284-99.
(27) ANON, *Food Industry News,* 2000 January 4.
(28) SOUTHON S, 'Increased fruit and vegetable consumption within the ED: potential health benefits', *Food Res Intemat,* 200033211-17.
(29) SOUTHON S, 'Epidemiology to pharmacy - a bridge too far?', *Trends Food Sci Technol,* 2000 11 169-73.

(30) SOUTHON s, *Model Systems* in vitro *and* in vivo *for Predicting the Bioavailability of Lipid Soluble Components of Food,* MODEM (FAIR CT 97-3100) (see http://www.cordis.Iu/en/home.html).
(31) LINDSAY D G and CLIFFORD M N (eds), 'Critical reviews produced within the ED concerted action nutritional enhancement of plant-based foods in European trade', *Sci Food Agric* 2000 80 793-1137.
(32) NICKLAS T A, 'Dietary studies of children and young adults (1973-1988) The Bogalusa Heart Study', *Am Med Sci*, 1995310 SI01-8.
(33) COOK D G, 'Effect of fresh fruit consumption on lung function and wheeze in children', *Thorax*, 1997 52628-63.
(34) FORASTIERE F, PISTELLI R, SESTINI P, FORKS C, RENZONI E, RUSCONI F, DELL'ORCO v, CICCONE G and BISANTI L, 'Consumption of fresh fruit rich in vitamin C and wheezing symptoms in children', *Thorax*, 200055283-8.
(35) WILLIAMS c, 'Healthy eating: clarifying advice about fruits and vegetables', *BM],* 1995 310 1453-5.

Orkandl.com

الفصل الثالث

مضادات الأكسدة في الفواكه والعناب والخضراوات
Antioxidants in Fruits Berries and Vegetables

آي إم هيينونين، جامعة هلسنكي و أ. اس. ماير، الجامعة التقنية الدنمركية
I.M. Heinonen, University of Helsinki and A.S. Meyer, Technical University of Denmark

(٣,١) مقدمة
Introduction

تحتوي الفواكه والعناب والخضراوات على مختلف الكيمياويات النباتية (phytochemicals) ذات النشاطات الحيوية المختلفة مثل النشاط المضاد للأكسدة (antioxidant activity). يناقش هذا الفصل النشاطات المضادة للأكسدة المنسوبة للفواكه والعناب والخضراوات ، وبصفة خاصة المتعلقة بالمركبات التي يبدو أنها مسئولة عن هذا النشاط ، ومستويات محتوياتها ، ومصير هذه المركبات أثناء عمليات التصنيع المختلفة. سيتم استعراض أو توضيح تركيب مضادات الأكسدة [الفلافونويدات (flavonoids) والأحماض الفينولية (phenolic acids) التوكوفيرولات (tocpherols وفيتامين هـ (vit E) وحمض الأسكوربيك (ascorbic acid) أي فيتامين ج (vit c والكاروتينويدات (carotenoids) لفواكه وعناب وخضراوات مختارة وشائعة الاستهلاك ومنتجاتها.

قد لا تؤثر عمليات التصنيع الغذائي مثل التقشير (peeling) والغلي (boiling) أو العصر (juicing) أي تأثير، ويعتمد التثبيط الزائد أو التثبيط المنخفض للأكسدة على تغيرات المكونات المضادة للأكسدة. فتحويل مضادات الأكسدة إلى مركبات أكثر نشاطا يحسن النشاط المضاد للأكسدة، بينما يقلل إتلاف أو فقد المركبات المضادة للأكسدة من النشاط المضاد للأكسدة، ولكن توجد استثناءات مهمة. لذا، فإن البيانات/المعلومات عن النشاط المضاد للأكسدة في الفواكه والعناب والخضراوات ومنتجاتها تتباين تباينا واسعا بسبب الفروقات في المادة الخام (raw material) وبالمثل، تختلف بسبب طرق تصنيع الأغذية المختلفة والتي قد تسبب تغييرات في المركبات المضادة للأكسدة. إضافة لذلك، قد تختلف المعلومات حول النشاطات المضادة للأكسدة للفواكه والعناب والخضراوات المختلفة ومنتجاتها، استجابة للفروقات أو الاختلافات في تحضير العينات لاختبار النشاط المضاد للأكسدة، وعلى سبيل المثال، تحضير مواد أولية (خام) (crude homegenate) أو مستخلصات. عند تحضير المستخلصات، فإن عوامل: طريقة الاستخلاص (mode of extraction) بما في ذلك نوع المذيب (solvent type) ونسبة المذيب للعينة والفترة التي يستغرقها الاستخلاص كلها تؤثر على المعلومات تأثيراً بالغاً. وأخيراً يؤثر استخدام أنظمة أكسدة مختلفة (different oxidation systems) وطرق قياس النشاط المضاد للأكسدة على النتائج.

وبالرغم من عدم إمكانية تضمين كل تفاصيل الطرق التي تقف خلف التباين في معلومات النشاط المضاد للأكسدة لمختلف الفواكه والعناب والخضراوات ومنتجاتها، إلا أن جهوداً قد بذلت لتوضيح الطرق الاختبارية (test methodolgies) المستخدمة في الدراسات أو البحوث. وللتوضيح، وبصفة خاصة، كيف تؤثر مختلف بروتوكلات اختبارات النشاط المضاد للأكسدة على النتائج، يبين الجدول رقم (٣,٢) مقارنة بين

النشاطات المضادة للأكسدة المتحصل عليها من مركبات نقية معينة (relevant pure compounds) ، وبمختلف الطرق.

(٣,٢) مضادات الأكسدة من الفواكه والعناب: نظرة شاملة

Antioxidants from Fruits and Barries: Overview

تعتبرالفواكه والعناب مصادر جيدة لمضادات الأكسدة التي تشمل الكاروتينويدات وحمض الأسكوربيك والتوكوفيرولات والفلافونويدات والأحماض الفينولية. وقد عرف منذ عهد بعيد بأن الفينولات وبعض المكونات المضادة للأكسدة الأخرى ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالخواص الحسية للفواكه والعناب (الطازجة والمصنعة) والأغذية النباتية الأخرى. وبصفة خاصة تعرف مساهمتها في اللون مثل مساهمة الكاروتينويدات (الأصفر إلى البرتقالي والأحمر) ومساهمة الأنثوسيانينات (anthocyanins) الأحمر إلى البنفسج والأزرق) معرفة جيدة. وقد أثبت وبدرجة كبيرة دور محدد لبعض المواد الفينولية في تطور النكهة (flavour development) وإحساس التذوق (taste sensation) [1]. والمركبات الفينولية شاملة التي لها نشاط مضاد للأكسدة قوي هي أيضا مواد لتفاعلات الاسمرار التأكسدية (oxidative browing reactions) غير المرغوبة ، والتي تحدث أثناء خدش الفواكه (bruising of fruits) وتقطيعها أثناء تصنيعها.

لقد درست الوظائف الحيوية محتملة الفائدة ، للفيتامينات التقليدية المضادة للأكسدة ، أي حمض الأسكوربيك والألفاتوكوفيرول (α-tocho- pherol) وبدرجة أقل البيتا- كاروتين (beta-carotene) أي طليع فيتامين أ (provitamin A) بكثافة لمدة ٥٠ سنة على الأقل ، ومازالت تجد اهتماماً بحثياً كبيراً ومستمراً. وحديثاً ، وجدت الوظائف المضادة للأكسدة للفلافونويدات وغيرها من المركبات الفينولية مزيداً من الاهتمام. إن الأدوار البايولوجية (الحيوية) لهذه الفينولات النباتية ذات النشاط المضاد للأكسدة

مازالت تحتاج للتوضيح الكامل، ولكن تتجمع البراهين التي تشير إلى أنه لفينولات الكيمياويات النباتية آثار وقائية للإنسان. وبسبب الفوائد المحتملة للكيمياويات النباتية الفينولية لصحة الإنسان، بدأت المعلومات حول وجودها الكمي (quantitative occurance) ومحتواها أو تركيبها من مختلف الفواكه والعناب تتجمع وتظهر تدريجياً في الاستعراضات الأدبية(literature). لذا، فقد عرف الآن بأن الفلافونويدات وغيرها من المركبات الفينولية توجد بكميات كبيرة في الفواكه والعناب، بصفة خاصة. وعلى أي حال وبصفة عامة وكما هو أمر معلوم فيما يتعلق بتجميع بيانات/معلومات تركيب(محتوى) الأغذية(compilation of food composition data)، فإن هناك تبايناً كبيراً في مستويات المكونات المذكورة؛ حيث إن ذلك يعتمد على عوامل مثل الأنواع المدروسة ووقت الحصاد (harvest time) ودرجة النضج للفاكهة(fruit maturity stage) والمصدر الجغرافي (geographical origin) إلخ.. وأيضاً، تؤثر اختلافات الطرق المستخدمة في الاستخلاص والتحليل تأثيرا بالغا؛ ولذا فهناك عدم ثبات في البيانات المتوافرة، أو وجود مدى واسع لمستويات مكونات محددة في مختلف الفواكه.

قيمت بعض الدراسات محتوى الفواكه من الفينولات في أكثر من مرحلة من مراحل النضج (ripening stage)، ففي حالة البرقوق (الخوخ) (plums) وبالمثل في العنب الأحمر (red grapes) المخصص لصنع النبيذ (wine making)، وجدت زيادة ملحوظة في محتواهما من الفينولات قوية المفعول التي تعمل كمضادات أكسدة (potential antioxidents) في مرحلة النضج الكامل التام (fulley ripe stage) مقارنة بمرحلة النضج غير الكامل (less ripe stage)[٢،٣]. في المقابل، لم تلاحظ فروقات واضحة في الفواكه الأخرى، مثل الخوخ (peaches) أو النيكتارين (nectarines)[٣]؛ لذا يبدو أنه لا توجد قاعدة عامة تربط بين المحتوى الفينولي (phenolic content) وقوة النشاط المضاد للأكسدة مع مرحلة نضج الفاكهة.

يوضح الجدول رقم (٣,١) تركيب مضادات الأكسدة (الأنثوسيانينات، الفلافانولات والبروأنثوسيانينات(proanthocyanins)، والفلافونولات، والهايدروكسي سينامات(hydroxycinnamates) والكاروتينويدات، وفيتامين ج وفيتامين هـ) لفواكه عناب مختارة شائعة الاستهلاك. توجد كميات كبيرة من الأنثوسيانينات (مايصل إلى ٨١٠٠ملجرام/كيلوجرام) في الفواكه والعناب الملونة تلويناً قوياً بما في ذلك الأويسة، (عنب الأحراج أو عنب الدب bilberries) (فصيلة برية من الأويسة) والكشمش الأسود (black currant) والكرز (cherries) و(cranberry) (من عنب الأحراج) والعنب الأحمر (red grapes) والعليق (raspberries). إن كمية الفلافانولات الموجودة في هذه الفواكه والعناب عامة أقل من ١٥٠ ملجرام/كيلوجرام مع وجود كميات أكبر في الكشمش الأسود وعنب الدب/الأويسة (cranberry) وعنب النبيذ الأحمر والخوخ والبرقوق والعليق الأحمر. وباستثناءات قليلة مثل استثناء عنب الدب والعنب الأحمر، فإن الفواكه والعناب الأخرى وبصفة عامة، تحتوي على قليل من الفلافونولات، ولكن تحتوي على كميات كبيرة من الأحماض الفينولية مثل حمض الهايدروكسي سينامات حيث توجد كميات منه في الكرز (٣٠٠-١٩٣٠ملجرام/كيلوجرام) وفي البرقوق (١٢١-٨٩٦ ملجرام/كيلوجرام) وفي الخوخ (٨١-٧٥٠ملجرام/كيلوجرام). وأيضاً، توجد الفينولات عالية الوزن الجزيئي (high molecular weight phenolics) والتانين (tannins) في الفواكه والعناب مع وجود كميات كبيرة من الإلاجيتانينات (ellagitannins) في توت العليق الأحمر(red raspberries) (٢٢٠٠ملجرام/كيلوجرام) وفي عليق السحاب(cloud berries) (١٨٠٠-٢٦٠٠ملجرام/كيلوجرام)، وتوجد كميات متوسطة منه في الفراولة(٩٠-٢٠٠ملجرام/كيلوجرام)[٤]. عامة، يكون محتوى الفواكه الطازجة والعناب من فيتامين ج

الجدول رقم (٣,١). المركبات المضادة للأكسدة في فواكه وعناب مختارة ومنتجاتها (ملجرام/كيلوجرام وزن طازج).

الفاكهة/أو العناب	انثوسيانينات	فلافونولات وبروانثوسيانينات	فلافونولات	هايدروكسي سينامات	كاروتينويدات بيتا- كاروتين	فيتامين ج	فيتامين هـ
تفاح	٤–٥ [٤]	صفر–١٥ [١١٦]	١٧–٧٠ [٤، ٧٤]	٢٦٣–٣٠٨ [٤]	٠,٤ [٩٤]	٤٠ [١١٧]	٢ [١١٧]
عصير	–	صفر–٢٩٨ [١١٨]	٢,٥ [١١٩]	٠,١–١٦٢ [١٠، ١٧، ١٢٠]	٠,٢ [١١٧]	٣٠٠ [١١٧]	صفر [١١٧]
الأويسة	٣٤٥٠–٤٦٣٣٥ [٤]	١٣–٢٩ [٤]	٤١–١٩٥ [٤، ١٢]	١٧٠–٣٤٧ [٤]	٠,٥ [٩٤]	١٥٠ [١١٧]	١٩ [١١٧]
شوربة	–	–	٦ [١٢]	–	٠,٠١ [٩٤]	٢٠ [١١٧]	٥ [١١٧]
الأويسة البرية	٣٩٧٠–٤٨٤٠ [٢٩]	٦٣–٧٠ [٢٩]	١١٥–١٢٩ [٢٩]	٢٢٦–٣١٥ [٢٩]	–	–	–
الكشمش الأسود	١٣٠–٨١٠٠ [٤، ٦٢]	٢٠٥–٣٧٤ [٤]	١٣٣–١٥٧ [٤، ١٢]	١٠٤–١٦٧ [٤]	١,٠ [٩٤]	١٢٠٠ [١١٧]	٢٣ [١١٧]
عصير	٢٤ [١٧]	–	٣٦ [١٢]	–	٠,١ [١١٧]	٤٢١–٣٨٠ [١١٧، ١٢]	١١ [١١٧]
كرز – حلو – أحمر	٣١–٤٥٠٠ [٢٢–٣١]	٢٠–٦٣ [٢٨–٣١]	١٠–٢٣ [٢٩]	١٠٠–١٩٠٠ [٢٨–٣١]	١,٢ [٩٤]	٧٠ [١٢١]	١ [١١٧]
عليق السحاب	٧–١٥ [٤]	٢–٦ [٤]	٣٤–٩٠ [٤]	٩٠–١٢٨ [٤]	١,٤ [٩٤]	١٠٠٠ [١١٧]	٣١ [١١٧]
الأويسة الخليتجية عصير	٤٦٠–١٧٢٠ [٤، ٦، ١٢٢، ١٢٣، ١٢٤]	٢٨٥ [٤]	١٣٩–٣٣٤ [١٢٢–١٢٤]	١٩١ [٤]	٠,٢ [٩٤]	١٢٠ [١٢١]	١٠ [١٢١]
	١٨–٥١٢ [١٢٤]	–	–	–	–	–	–
عنب، طاولة، أحمر	٧٢,٥–٧٦٥ [١٢٥]	١–١٦٠ [١١٨]	١٣–٢٥ [١٢٥]	٥–١٩ [١٢٥]	٠,٣ [١١٧]	٥٠ [١١٧]	٧ [١١٧]
حمر، أحمر	٠,٦–٣٨٥ [١٣، ١٥]	صفر – ٥٠٠ [١١٨]	٥٥–١٠ [١٣، ١٥]	١٣–٤ [١٣، ١٥]	آثار [١٢١]	صفر [١٢١]	صفر [١٢١]
عنب، طاولة، أبيض	صفر [١٢٥]	صفر [١٢٥]	١٠–١٣,٥ [٧٤–١٢٥]	٥,٥ [١٢٥]	٠,٣ [١١٧]	٥٠ [١١٧]	٧ [١١٧]
نبيذ، أبيض	صفر [١١٥]	صفر – ١٠٦ [١٥]	–	١–٣٤ [١٥]	آثار [١٢١]	صفر [١٢١]	صفر [١٢١]
برتقال	–	–	صفر – ٥ [٧٠]	١٣٦–١٦٣ [١٢٦]	صفر–٥ [٧٠، ٧٤]	٥١٠ [١١٧]	٤ [١١٧]
عصير	–	–	–	–	٠,١ [٩٤]	٣٠٠–٤٥٠ [٤١]	٢ [١١٧]
خوخ	صفر–١٧,٨ [٢٧]	٢٤,٥–٧٠٠ [٢٧، ٣]	صفر – ١١,٩ [٢٧]	٥٤–١٤٨ [٢٧]	٠,٩ [٩٤]	٨٠ [١٢١]	١٠ [١٢١]
معلب	صفر [١٢٣]	آثار [١٢٧]	آثار [١٢٧]	١١–٢٩ [١٢٧]	١,٠ [٩٤]	٢٠ [١١٧]	٢٠ [١١٧]
برقوق	١٩–٧٦ [٣١، ٣٧]	١٤٠–٦٠٠ [٣]	٥,٧–٢٧ [٣٧]	٥٠٠–٩٠٠ [٢٣، ٣٠]	٤,٣ [١٢١]	٥٤ [١٢١]	٨,٦ [١٢١]
مجفف قراصيا	صفر [٣٧]	صفر [٣٧]	٤٢ [٣٧]	١٨٠٠ [٣٧]	١,٤ [٩٤]	صفر [١١٧]	١٨ [١٢١]
توت العليق – أحمر	٢٠٠–٢٢٠٠ [٤، ٢٩]	٤–٤٨٠٠ [٤، ٢٤، ٢٩]	٦–٣٩ [٤، ٢٩، ١٢٨]	٣–٣٥ [١٢، ٢٩]	٠,١ [٩٤]	٢٩٦–٣٨٠ [١٢، ١١٧]	١١ [١١٧]
عناب نبق البحر	–	–	–	–	١٥ [١٢١]	٢٠٠٠ [١٢١]	٣٢ [١٢١]
الفراولة	٢٠٢–٧٩٠ [٤، ٢٩]	٩–١٨٤ [٤، ٢٩]	٧–١٧٤ [٤، ٢٩، ١٢٨]	١٤–٦٩ [٤، ٢٩]	٠,١ [٩٤]	٤٢٠–٦٠٠ [١١٧، ١٢٨]	٦ [١١٧]
مربي الفراولة	٤–٢٢ [١١]		١١,٤ [١٢]		٠,٠٤ [١١٧]	٨٠–٢٣٦ [١٢، ١١٧]	١,٠ [١١٧]

obeikandi.com

عالياً بينما يكون محتواها من طلائع فيتامين أ (أي الكاروتينويدات) وفيتامين هـ منخفضاً. إن الكشمش الأسود وعليق السحاب والفراولة والبرتقال غنية جداً بفيتامين ج إذ يحتوي كل منها على ١٢٠٠-١٥٠٠ملجرام/كيلوجرام و١٠٠٠ملجرام/كيلوجرام و٥٥٠-١٠٠٠ملجرام/كيلوجرام و٥١٠ ملجرام/كيلوجرام من فيتامين ج، على التوالي. ويوجد استثناء واحد غني بدرجة بالغة بفيتامين ج هو عناب النبق البحري (sea buckthorn berry) ٢٠٠٠ملجراما/كيلوجرام) وبالمثل توجد به كميات كبيرة من البيتا كاروتين (١٥ملجراماً/كيلوجراماً) وفيتامين هـ (٣٢ ملجراماً/كيلوجراماً).

بصفة عامة، تؤدي عمليات التصنيع الغذائي للفواكه والعناب وتحويلها إلى عصائر ومربى وكذلك تجفيفها، إلى خفض كمية المركبات المضادة للأكسدة. على سبيل المثال، فقد ذكر فقد وانخفاض في الأنثوسيانينات في عصائر وهريس الفراولة وفي دبس الفراولة والكشمش الأسود وعصير الأويسة وعصير العليق والنبيذ [٥-٩]، وكذلك فقد أشير الى حصول هدم في الفينولات (phendlic degradation) أثناء تصنيع عصير التفاح[١٠]. في المقابل، ليس لعمليات التصنيع أي آثار على المحتوى الكيفي للأنثوسيانينات في المربى التجارية المصنوعة من الفراولة والتوت الشوكي والعليق والكشمش الأسود والكرز[١١].

في ممارسات التصنيع المنزلي للعناب (domestic berry processing practices) لوحظ فقد بنسبة ١٥٪ من الكوريستين (quercetin) في مربى الفراولة و٨٥٪ في عصير الكشمش الأسود و٤٠٪ في شوربة الأويسة (bilberry soup) و ٨٥٪ في عصير الـ lingonberry، وذلك جراء عمليات تصنيعها [١٢]. ويتم استخلاص الفلافانولات بكفاءة في سيدر التفاح (عصير التفاح المخمر) وعصير الكشمش الأسود والخمر

الأحمر، وتكون الكميات فيها أعلى مما في المواد الخام [١٣- ١٧]. وقد ذكر حدوث زيادة في حمض الإلاجيك (ellagic acid) في مربى العليق، وذلك غالباً بسبب تحرره من الإلاجيتانينات بالمعاملة الحرارية [١٨]، ذلك بالرغم من أن محتوى مربى الفراولة من حمض الإلاجيك وفقا لهكينين وآخرين(Hakkinen *et. al*)[١٩] يبلغ ٨٠٪ من محتوى الفراولة غير المصنعة منه.

وبالنسبة للمركبات المضادة للأكسدة الأخرى، فإن التقشير (peeling) والعصر(juicing) يؤديان إلى فواقد كبيرة في الكاروتينويدات (طلائع فيتامين أ)، والتي كثيراً ما تفوق الفواقد المرتبطة بالمعاملة الحرارية[٢٠]. زد على ذلك، تختلف ثباتية الكاروتينويدات في مختلف الأغذية حتى عندما يتم استخدام نفس ظروف التصنيع. يتأكسد حمض الأسكوربيك بسهولة في عصيرات الفواكه مثل عصيرات البرتقال والخوخ والجريب فروت والأناناس والتفاح والمانجو، ويفقد عندما تخزن هذه العصائر، إذ قد تتراوح نسبة الفقد بين ٢٩ و٤١٪ على درجة حرارة الغرفة لمدة ٤ شهور تخزين[٢١]. وقد وجد كالت وآخرون(Kalt *et al.*)[٢٢] فروقات ملحوظة في ثباتية الأسكوربات في الخضراوات الليفية الخضراء مقارنة مع الفواكه. على سبيل المثال، في السبانخ يتم فقد أكثر من ٩٠٪ من الأسكوربات خلال ثلاثة أيام بعد الحصاد عندما تخزن على درجة حرارة الجو (ambient temperature)، بينما تكون فواقد الأسكوربات عند تخزين الأويسة البرية\ وتوت العليق والفراولة، قليلة[٢٢].

تختلف النشاطات المضادة للأكسدة للفواكه والعناب ومنتجاتها والمنشورة في دراسات كثيرة، اختلافاً كبيراً، وذلك جزئياً بسبب استخدام أنظمة أكسدة مختلفة وكذلك لاستعمال طرق مختلفة لتحليل المركبات المضادة للأكسدة.لاختبار النشاط المضاد للأكسدة، تم استخدام عصيرات أو مستخلصات الفواكه والعناب والتي أدت

إلى اختلاف في محتويات تراكيب المواد المضادة للأكسدة (different antioxidant compositions) اعتماداً على مذيبات الاستخلاص المختارة [مثلاً المركبات الذائبة في الماء (water soluble compounds) أو المركبات الذائبة في الدهون (lipid soluble compunds) والمستخلصة بطريقة واحدة) أو استخدام الترشيح أو الفلترة (filteration) (مثلاً فواقد محتملة للمركبات المضادة للأكسدة). وقد ركزت الاستعراضات الأدبية المرجعية على الآثار المضادة للأكسدة للفلافونويدات والأحماض الفينولية أكثر من غيرها بالرغم من مساهمة حمض الأسكوربيك والكاروتينويدات والتوكوفيرولات في النشاط المضاد للأكسدة للفواكه والعناب. ولكثير من الفلافونويدات والأحماض الفينولية نشاطات كاسحة أو كانسة للجذور الحرة أكثر وأفضل مما لفيتاميني ج وهـ [٢٣].

خارج نطاق هذه المعالجة، لن نناقش المشكلة التي تنشأ بسبب أن الكفاءة المطلقة والنسبية لكثير من مضادات الأكسدة الطبيعية تختلف اعتماداً على طريقة الاختبار المستخدمة، وخاصة أن طرق الإحاطة بـ أو حجز الجذور الحرة (free radicals trapping) (أي تحاليل الـ DPPH والـ ORDC والـ TEAC والـ TRAP) قد لا تشابه آليات النشاط المضاد للأكسدة متعددة الوظائف المعقدة، لمضادات الأكسدة الطبيعية. وعلى أي حال، من المهم أن نلاحظ أو نذكر أن آليات النشاط المضاد للأكسدة ذات العلاقة بالعديد من مضادات الأكسدة الطبيعية والفينولات العديدة، مثل خلب المعادن (metal chelation) وتثبيط إنزيمات الأكسدة (oxidative enzymes) ... إلخ، قد تم تخطيها ولم يهتم بها في كثير من طرق التحليل الحالية السريعة المستخدمة. بالإضافة لذلك، لم يعط اعتبار في الاختبارات البسيطة لإزاحة الجذور، ذلك، للآثار المحتملة لعوامل: ذوبانية مضادات الأكسدة (antioxidant solubility) والتجزئة (partitioning) والشحنات الأيونية (ionic charge) والتعقيدات/التداخلات (complexing/interaction) مع مركبات أخرى ونوع النشأة (type of initiation) والأس الهيدروجيني (pH) للنظام وغيرها من العوامل، وقد نوقشت هذه المسألة بتفصيل من قبل فرانكيل (Frankel) ومايير

(Meyer)[٢٤]. وكثيراً ما وجد أن جلايكوسيدات (glycosides) الفينولات العديدة أقل نشاطا كمضادات أكسدة مقارنة مع الأجليكونات (aglycones) التي تقابلها في اختبارات إزاحة وكنس الجذور[٢٨]. وعلى أي حال، فإن هذا قد يكون براعةً (artefact) مثل مواد التفاعل الأكثر واقعية، على سبيل المثال، في تحاليل الـ LDL ولايبوسومات الفوسفوليسيثين (phospholecithin liposomes) *خارج الجسم (in vitro)*، يبدو أن موضوع الجلوكوسيد/أجليكون أكثر تعقيداً. عليه، عند تقييم الريوتين والكيوريسيتين (quercetin)عند مستوى إضافة مولية دقيقة، مشابهة، على الـ LDL المحفز بالنحاس خارج الجسم، وجد أن للأول (الريوتين)قوة مضادة للأكسدة أفضل مما للكيوريسيتين وبالمثل، كان حمض الكلوروجينك (Chlorogenic acid) أفضل من حمض الكافييك (caffeic acid) فيما يتعلق بأكسدة الـ LDL البشري خارج الجسم، وذلك عندما تتم الأكسدة باستخدام AAPH[٢٥]، بينما لم يتم إثبات فروقات معنوية بين قوة هذين المركبين كمضادي أكسدة عندما تتم الأكسدة لـ LDL باستعمال أيونات النحاس[٢٦]. إن بعض الفروقات المتحصل عليها في عدة اختبارات نشاط مضاد للأكسدة خارج الجسم بالمركبات المضادة للأكسدة الموجودة في الفواكه والعنب ملخصة وممثلة في الجدول رقم (٣,٢).

الجدول رقم (٣,٢). النشاطات الكاسحة للجذور والمضادة للأكسدة في مختلف أنظمة اختبار حمض الأسكوربيك ومضادات أكسدة فينولية مختارة مستخلصة من الفواكه والعناب والخضراوات .

المركب	النسبة المئوية (٪) لتثبيط أكسدة الـ LDL بمستوى ٥ ميكرومولات GAE [٢٩، ٣٣، ٦٤، ١٢٩]	التثبيط ٪ لأكسدة لايسوسوم الليسيثين بمستوى ١٠ميكرومولات GAE [٦٤]	ORAC (ميكرومول مكافئات ترولوكس) [١٣٠،١٣٢]	TEAC (مليمول مكافئات ترولوكس)[١٣٣]
فلافانويدات	-	-	-	-
نارينجينين			٢,٦٧	٠,٧٢
هيسبيريدين			-	١,٣٧ [٢٣]

تابع الجدول رقم (٣,٢).

المركب	النسبة المئوية (٪) لتثبيط أكسدة الـ LDL بمستوى ٥ ميكرومولات GAE [٢٩، ٣٣، ٦٤، ١٢٩]	التثبيط ٪ لأكسدة لايسوسوم الليسيثين بمستوى ١٠ميكرومولات GAE [٦٤]	ORAC (ميكرومول مكافئات ترولوكس) [١٣٠،١٣٢]	TEAC (مليمول مكافئات ترولوكس) [١٣٣]
فلافونولات				
كايميفيرول			٢,٦٧	١,٠٢
كيورسيتين	٥٠,٦		٣,٢٩	٢,٨٨
ريوتين	٦٧,٦		٠,٥٦	٢,٤٠ [٢٣]
ميريسيتين	٦٨,١		٤,٣٠	٣,١٠ [٢٣]
الفلافان - ٣ أولس				
كاتيشين	٨٧,٨	-	٢,٤٩	٢,٤٠ [٢٣]
إبكاتيشين	٦٧,٦	-	٢,٣٦	٢,٥٠ [٢٣]
بروسيانيدينات				
أنثوسيانينات				
سيانيدين	٧٩,٤	طليع أكسدة	٢,٢٠	٢,٨٠
مالفيدين	٥٩,٣	٢٣,٩	٢,٠٠	١,٨٠
بيلارجونين	٣٩,٠	طليع أكسدة	١,١٠	١,٣٠ [٢٣]
ديليفينيدين	٧١,٨	طليع أكسدة	١,٨٠	٤,٨٠
هايدروكسي				
سينامات	٢٤,٥		١,٠٩	١,٥٦
ب- كويماريك	٢٤,٣		١,٣٣	١,٧٥
فيروليك	٩٦,٧		٢,٢٣	٠,٩٩
كافييك	٩٠,٧			
كلوروجينيك				

obeikandl.com

تابع الجدول رقم (٣,٢).

المركب	النسبة المئوية (٪) لتثبيط أكسدة الـ LDL بمستوى ٥ ميكرومولات GAE [٢٩، ٣٣، ٦٤، ١٢٩]	التثبيط ٪ لأكسدة لايسوسوم الليسيثين بمستوى ١٠ميكرومولات GAE [٦٤]	ORAC (ميكرومول مكافئات ترولوكس) [١٣٠،١٣٢]	TEAC (مليمول مكافئات ترولوكس) [١٣٣]
أخرى	٤٥,٢(عند ١٠ ميكرومول)	٢,٥(عند ١٠ ميكرمول)	٠,٥٢	١,٠٥
حمض أسكوربيك	٦٣,٣		١,٧٤	٣,٠١ [٢٣]
حمض الجاليك	صفر- ٣٦		-	-
حمض الإ لاجيك				

(٣,٣) الفواكه الحجرية (ذات النواة الحجرية)

Stone Fruits

تشمل الفواكه الحجرية الدراق nectarines (*Prunus persica* var nucipersica) والخوخ peaches [*Prunus persica* L.)] والبرقوق plums [*Prunus domestica*)] والكرز الحلو sweet cherries [*Prunus avium* L.)] والكرز الحامض sour cherries [*Prunus cerasus* L.)]. وبصفة عامة يوجد حمض الأسكوربيك بتركيزات عالية في لحم (لب) الفواكه (fruit flesh) ولكن يحتوي جلد الفواكه (قشرتها) على كميات أكبر من الفينولات مقارنة بمحتوى لحم الفواكه منها. عليه، ففي دراسة للمركبات الفينولية في الدراق والخوخ والبرقوق، أشير إلى أن الأنثوسيانينات والفلافونولات [الأخيرة كجلوكوسيدات كيورسيتين بشكل أساسي quercetin glucosides)] موجودة بشكل شبه مطلق في الأنسجة القشرية[٣]. وعلى أي حال، توجد الفلافانولات و تحديدا

الكاتشينات والايبكاتشينات والبروسيانيدين بي١ (procyanidin B1) وغيرها من البروسيانيدنينات في لحم الفواكه، أيضاً، وبمتوسط يتراوح بين ١٠٠-٧٠٠ ملجرام/كيلوجرام في لحم الدراق والخوخ، ويميل المحتوى إلى أن يصبح أعلى في أصناف الخوخ ذات اللحم (اللب) الأبيض مما في الأصناف ذات اللب الأصفر[٣، ٢٧]. يحتوي البرقوق على مستويات أعلى من الايبكاتشينات تفوق محتواه من الكاتيشينات مع بلوغ كمية هذه الفلافانولات مدى يتراوح بين ٥ و٥٠ملجرام/كيلوجرام وزن طازج للبرقوق الكامل[٢٨]. وتتراوح القيم الأحدث للفلافانولات الكلية، والتي تشمل البروسياندينات في لب البرقوق وحدها، بين ١٤٠-٦٠٠ ملجرام/كيلوجرام وزن طازج (الجدول رقم ٣,١)[٣]. وقد تكون القيم الأعلى المتحصل عليها في الدراسات الأكثر حداثة[٣] بسبب كل من تقنيات الاستخلاص الأكثر شمولاً وكذلك بسبب استخدام طرق تحليل أفضل.

يبدو أن الكرز الحلو والحامض أغنى بالأنثوسيانينات وبمشتقات حمض الهيدروكسي سينامك (hydroxy cininnamic acid) مقارنة بالخوخ والدراق والبرقوق. ويحتوي الكرز الحلو على ٣٥٠٠-٤٥٠٠ملجرام/كيلوجرام أنثوسيايننات و١٠٠-١٩٠٠ ملجرام/كيلوجرام هايدروكسي سينامات بصورة حمض كافييك (caffeic acid) ومشتقات حمض ب- كويوماريك (P-coumaric acid derivative) حيث قد يصل محتواه من حمض الـ ٣'- ب كويومارايل كوينيك (3[1]-P-coumaryl quinic acid) بصفة خاصة إلى ما بين ٥٠- ٧٥٪ ومحتواه من النيوكلوروجينيك (neochlorogenic acid) إلى ١٥-٦٠٪ من الهايدروكسي سينامات، اعتماداً على الصنف (variety)[٢٨-٣٠]. ويذكر أن الكرز الحامض يحتوي على مستويات أعلى من الفلافان — ٣- أولس (flavan-3-ols) مقارنة بالكرز الحلو، وبصفة أساسية الإبكاتشين والكاتشين ويقدر المحتوى الكلي منهما في الكرز الحامض بمدى ٧٠ إلى ١٧٠ملجراماً/كيلوجراماً مقابل ٢٠ إلى

٦٠ملجراما/كيلوجراما في الكرز الحلو (جدول رقم ٣,١) [٢٨- ٣١]. تظهر هذه المركبات فرديا، نشاطا مضاداً للجذور (antiradical activity) قوياً، على سبيل المثال، في تحليل الـ DPPH خارج الجسم، عندما يقيم في تركيزات مولارية دقيقة [٣٢] وكذلك تعتبر الفلافانولات مثبطات فعالة لأكسدة الـ LDL البشري خارج الجسم [٣٣]. يعتبر الكاتشين، بصفة خاصة، أحد المكونات الفينولية الفردية الموجودة بمستويات عالية في الخمر (النبيذ) الأحمر وله نشاط قوي مضاد للأكسدة في تثبيط أكسدة الـ LDL البشري خارج الجسم[١٥]. لقد تمت تنقية (استخلاص) عدد من مركبات الفلافانون (flavanone) والفلافون (flavone) والفلافونول (flavonol) وكذلك استرات ميثايل حمض الكلوروجينيك وبعض مشتقات السيناموال الجديدة (some novel cinnamoul derivatines) –وعلى وجه التحديد السايكلوبينتا ٢-٣ و٢-٥ دايولس لحمض الكافييك (namely the cyclopenta -2,3 and 2,5-diols of caffeic acid) من بعض أصناف الكرز الحامض مثل البالاتون (balaton) والمونتمورينسي (montmorency) [٣٤]. وفي تحليل للنشاط المضاد للأكسدة باستخدام لايبوسومات الفوسفاتيديل كولين (phosphatidyl choline liposomes) كمادة تفاعل للأكسدة (oxidising substrate)، أظهرت مركبات الكرز الحامض الجديدة، نشاطات مضادة للأكسدة مشابهة ومقارنة مع نشاطات الـ TBHQ والـ BHT وحمض الكافييك[٣٤]، وعلى أي حال، فإن معرفتنا للوجود الكمي لهذه المركبات في الكرز قليلة.

تتفوق مستخلصات صنفين من الكرز الحلو على مستخلصات مختلف أنواع العناب (الأويسة البرية والتوت والتوت الشوكي والفراولة) فيما يتعلق بتثبيط أكسدة الدهون خارج الجسم في نظام الفوسفاتيديل ليسيثين النموذجي (lipid oxidation in an in vitro phosphatidyl lecithine model system)، وفي المقابل كانت النشاطات المضادة

للأكسدة النسبية لنفس مستخلصات الكرز في أكسدة الـ LDL البشرية خارج الجسم، أقل من النشاطات المعتادة لأكسدة التوت الشوكي وتوت العليق، ولكن أعلى أو أكبر من نشاطات الأويسة (عنب الدب والأحراج) والفراولة، وذلك عندما تم التقييم عند نفس التركيز المولاري الدقيق البالغ ١٠ ميكرومولات فينولات كلية[٢٩]. ارتبطت النشاطات المضادة للأكسدة لمستخلصات العناب الفينولية مقابل(باستخدام) لايبوسومات الليثيسين ارتباطاً إيجابياً وثيقاً معنوياً (significantly positively correlated) مع محتواها من الهايدروكسي سينامات، ولكن ارتبطت قوة مضادات الأكسدة في مستخلصات العناب بكمية الفلافونات بصرف النظر عن هل تم ذلك باستخدام أكسدة الـLDL خارج الجسم أم تم استخدام نظام لايبوسوم الليسيثين[٢٩]. وقد وجد أن مستخلصات الكرز الحلو هي الأفضل من بين عدد كبير من الفواكه الأخرى فيما يتعلق بتثبيط أكسدة مخزون LDL+VLDL خارج الجسم. للكرز الحلو قدرة تثبيط أكسدة IC_{50} (الكمية المطلوبة لتثبيط الأكسدة بنسبة ٥٠٪) تبلغ فقط ٠,٠١ ميكرومول فينولات كلية، بينما يأتي العنب الأحمر في المرتبة الثانية بقدرة تثبيط أكسدة IC_{50} تبلغ ٠,٢٧ ميكرومول[٣٥]. و للدراق والخوخ والبرقوق قوة أقل ويأتي ترتيبها في تدريج النشاط المضاد للأكسدة في الدرجات الرابعة عشر والخامسة عشر والعاشرة، على التوالي.

أثبت أن الفينولات الكلية بتركيز ١٠ ميكرومولات فينولات كلية كمكافئات لحمض الجاليك المستخلصة من أصناف خوخ الكلينجستون تثبط أكسدة الـ LDL البشري خارج الجسم بنسبة ٤٤-٨٤٪ اعتمادا على نوع الصنف[٢٧]. أيضاً، أظهرت مستخلصات لب وقشر الخوخ نشاطا مثبطا لأكسدة الـ LDL خارج الجسم حيث تحتوي مستخلصات قشور الخوخ فينولات كلية أكثر وتتراوح بين ٩١٠ و١٩٢٠مليجرام/كيلوجرام كمكافئ حمض جاليك مقارنة بما تحتويه مستخلصات

اللب التي تتراوح مستويات الفينولات فيها بين ٤٣٠ و٧٧٠ ملجرام/كيلوجرام: فقد وجد شانج وآخرون Chang *et. al.*[٢٧] علاقة إحصائية خطية بين النشاط النسبي المضاد للأكسدة وتركيز الفينولات الكلية لمستخلصات الخوخ البالغة ٠,٧٦. وعليه، فقد وجد أن النشاط النسبي المضاد للأكسدة لمستخلصات القشرة أفضل من نشاط مستخلصات الخوخ كاملاً أو مستخلصات لب الخوخ، بالرغم من أن نسبة التثبيط عند ١٠ميكرومولات كانت في مدى متساو لكل أنواع مستخلصات الخوخ. وتبرهن هذه النتائج على أن النشاط المضاد للأكسدة واسع التوزيع في الفينولات المستخلصة من الخوخ. تنحصر الأنثوسيانينات في الخوخ بصفة أساسية في نسيج القشرة[٣، ٢٧]. وعلى أي حال، عندما تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة لمستخلصات خوخ الكلينجستون مقابل أكسدة الـ LDL خارج الجسم، لم يثبت ارتباط معنوي بين هذا النشاط المضاد للأكسدة والأنثوسيانينات. في المقابل، وجد ارتباط وثيق(r=0.96) بين النسبة المئوية للنشاط التثبيطي واحمرار (redness) مستخلصات الخوخ الكلية عندما قيس اللون بتدريج هنتر (Hunter scale)[٢٧].

يحتوي البرقوق على مستويات عالية من أحماض الهايدروكسي سينامك(الجدول رقم ٣,١)، وبخاصة حمضا النيوكلورجنيك والكلوروجنيك (neochlorgenic & choroenic acids) مع النيوكلوروجنيك كمركب سائد إذ يتراوح محتوى البرقوق منه بين ٥٠٠ و٧٧٠ملجرام/كيلوجرام وزن طازج[٢٨]. وفردياً، تظهر هذه المركبات نشاطا مضادا للأكسدة قويا في أكسدة الـ LDL البشري خارج الجسم، وقد ثبت أنها تثبط أكسدة الـ LDL خارج الجسم تثبيطاً تاماً عند مستويات إضافة تبلغ ١٠ ميكرومولات كفينولات كلية [٢٦]. وجد أن مستخلصات البرقوق المختبرة خارج الجسم، عملت كمثبطات أفضل لأكسدة الدهون في ميكروسومات وفوسفاتايديل

كولين كبد الإنسان مقارنة بتثبط مستخلصات الخوخ والتفاح والجريب فروت والكمثرى[٣٦]. أوضحت تحاليل المستخلصات الميثانولية لأصناف البرقوق غير المصنع المحصود طازجاً لنوع الـ La petite d'agen ، أن متوسط التركيزات الفينولية فيها قد بلغ حوالي ١١٠٠ملجرام/كيلوجرام وزن طازج ، وبلغ وزن حمض النيوكلوروجينيك ٧٣٪ من وزن الفينولات (٨٠٧ملجرام/كيلوجرام) وكون حمض الكلوروجنيك ١٣٪ منها (١٤٤ملجرام/كيلوجرام) وقد وجدت كميات بسيطة من حمض الـ ٣'- كويوماريل لكوينيك 3'-caumary lquinic acid (١٠ملجرامات/كيلوجرام) [٣٧]. وقدرت مستويات الأنثوسيانينات في هذه الأصناف من البرقوق بـ ٧٦ملجراماً/كيلوجراماً ، بينما وجد فيها ٥٤ملجرام/كيلوجرام كاتشينات و٢٧ملجرام/كيلوجرام فلافونولات أخرى ، بصفة أساسية ريوتين (rutin) [٣٧]. وفي دراسة حللت فيها ٥ أصناف من البرقوق المزروعة في كالفورنيا لمحتواها من الفينولات ، وجدت مستويات عالية من الأنثوسيانينات ، حوالي ١٦٠٠ملجرام/كيلوجرام وزن طازج في جلد قشرة البرقوق الأزرق(blue plum) صنف أنجلينو(Angeleno) ، والسائدان من الأنثوسيانينات في هذا الصنف هما السيانيدين ٣- جلوكوزايد 3-glucoside cyanidin) حوالي ١٠٤٠ملجرام/كيلوجرام والسياندين —٣— ريوتينوزايد -3- (cyanidin rutinaside) (٥٦٠ملجرام/كيلوجرام). وتحتوي أصناف البرقوق الحمراء والزرقاء الأخرى ، وبصفة أساسية ، على نفس هذين الجلوكوزايدين الأنثوسيانينية في قشرتها ، ولكن بمستويات منخفضة تتراوح بين ١٣٠ و٧٠٠ملجرام/كيلوجرام. وفي كل أصناف البرقوق الزرقاء والحمراء التي تم تحليلها ، وجدت مستويات بسيطة من الأنثوسيانينات في الجزء اللحمي فقط [٣]. في البرقوق المزال الأنوية (pitted prunes) ، لا توجد أنثوسيانينات ولا كاتيشينات ويسود حمض النيوكلوروجنيك الهايدروكسي سينامات

مكونا ٩٨٪ من وزن المادة الفينولية التي بلغت التركيزات المتوسطة لها ١٨٤٠ملجرام/كيلوجرام[٣٧]. لقد أثبت أن مستخلصات البرقوق المجفف وعصائرها تثبط الأكسدة المحفزة بواسطة النحاس، للدهون في الـ LDL البشري وبدرجة معنوية عند مستويات اختبار ٥- ١٠ميكرومولات، مع إظهار مستخلصات البرقوق الجاف نشاطاً مضاداً للأكسدة أعلى مقارنة بالعصير[٣٧]. وقد قيمت قياسات الـ ORAC على أساس وزن يبلغ١٠٠ جرام، فاحتلت قوة النشاط المضاد للأكسدة للبرقوق الجاف أي (القراصيا) مرتبة أكبر قوة من بين قوى النشاط المضاد للأكسدة لمدى من الفواكه الأخرى. وعلى أساس استخدام هذا المقياس، فإن البرقوق المجفف قد حصل على درجة مضادة للأكسدة تبلغ ٥٧٧٠، بينما حصل البرقوق الطازج على ٩٤٩ [٣٨]، وعلى أي حال، فإن جزءاً من الزيادة قد يكون بسبب زيادة المادة الجافة في البرقوق المجفف مقارنة بكميتها في البرقوق الطازج.

(٣,٤) الموالح (الحمضيات)

Citrus Fruits

تتميز الموالح(Citrus fruits) باحتوائها على مستويات عالية من حمض الأسكوربيك وكذلك بمستويات عالية نسبياً من فلافونويدات معينة. تحتوي الحمضيات في قشورها على مقترنات حمضي الجلوكاريك والجالاكتاريك المميزين والتابعة لأحماض الهيدروكسي سينامك (unique glucaric and galactaric acid conjugates of hybroxycinnamic acids) وهذه المقترنات أساساً هي فيرولويال (ferulyl) و ب-كويوماروبال (P-coumeroyl) بمستويات ١٧٠-٢٥٠ملجرام/كيلوجرام في البرتقال وأقل بمقدار ٣-١٠أضعاف في الليمون والجريب فروت (grapefruits)[٣٩، ٤٠]. ويبدو أن القوى المضادة للأكسدة لهذه المقترنات المحددة، لم تختبر بطريقة نظامية (not systematically tested).

يعتبر حمض الأسكوربيك واحداً من العناصر التغذوية الرئيسة في الموالح، وذلك لنشاطه كفيتامين ج ويبدو من الناحية الظاهرية(plausible) أن لوجوده أثراً في قوة النشاط المضاد للأكسدة لمنتجات الحمضيات. وتتراوح مستويات حمض الأسكوربيك في مختلف منتجات عصير الموالح (عصير البرتقال وعصير الجريب) المصنعة في فلوريدا بين أقل من ٣٠٠ و٤٥٠ملجرام/لتر[٤١].

الفلافونويدات السائدة في الجزء المأكول من الحمضيات موجودة في صورة هيسبيريدين(hesperidin)، وهو مركب له نشاط مضاد للأكسدة ومضاد للجذور محدود باستخدام أنظمة التحاليل الاختبارية المختلفة[٢٣]. وتتراوح تركيزات الهيسبيريدين في الموالح بين ٥٤٠٠ و٥٥٠٠ملجرام/كيلوجرام وزن جاف، اعتماداً على تحليل ٦٦ نوعاً مختلفاً من الحمضيات[٤٢]. عند تقييم كفاءة عصير البرتقال في حجز جذور الـ ABTS في تحليل الـ TEAC، عُزي النشاط المضاد للأكسدة لعصير البرتقال أساساً لوجود الهيسبيريدين والنارينجين (naringin) والناريريوتين (narirutin)[١٧]. وفي المقابل، لم تُظهر عصيرات البرتقال والتانجيرين (Tangerine) والجريب فروت ولا حتى الهيسبريدين نشاطا مضادا للأكسدة على أو في الـ LDL البشري بعد وصوله للذروة في البلازما[٤٣]، بالرغم من أن مستخلصات الجريب فروت، قد ثبطت أكسدة الدهون لميكروسومات كبد الإنسان المحدثة بالأسكوربات/الحديد خارج الجسم بنفس درجة أكسدة مستخلصات الخوخ لها، ولكن بكفاءة أقل مما فعلت مستخلصات البرقوق، وقد أظهرت نشاطا مضادا للأكسدة ضعيفا جداً عندما تمت أكسدة نفس ميكروسومات الكبد بالـ NADPH أو عندما كانت مادة تفاعل الأكسدة هي الفوسفاتيديل كولين[٣٦].

تحتوي الزيوت الأساسية للموالح (essential oils) على عدد كبير من المكونات الطيارة (volatile components) وبصفة خاصة مستويات عالية من الليمونين (limonene)

الذي له آثار كاسحة للجذور ضد الـ DPPH ، ويظهر هذا في الزيوت الأساسية لليمون الكوري (korean lemon) صنف أيشانج (lChang) ولايم تاهيتي (Tahiti lime) وليمون الايوريكا (Eureka lemon) إذ وجد أنها كاسحات جذور قوية ، وبصفة أساسية في الـ DPPH خارج الجسم [٤٤]. وبالإضافة لذلك، تظهر المكونات الطيارة الفردية الأخرى للموالح مثل التيربينولين (terpinolene) والجيرانيول(geranrol) والجاما – تيربينين (gama terpinene) نشاطاً كاسحاً للجذور على الـ DPPH[٤٤]. وعلى أي حال، لم تثبت أي علاقات واضحة بين مكونات زيوت أساسية محددة أو تراكيب زيوت أساسية محددة من جهة وكفاءة النشاط الكاسح للجذور من الجهة الأخرى. تحتوي مستخلصات قشور وبذور الموالح على فلافانونات جليكوزيليتية (glyscosyleted flavanones) وفلافونات عديدة الميثوكسي (polymethoxylated flavones) خاصة النارينجين والنيوهيسيبريدين (neohesperidin) والهيسبيريدين والناريريوتين (narirutin) ، وكذلك تحتوي على الهيدروكسي سينامات مع ارتفاع محتوى القشور من الفلافانونات بدرجة أعلى من مستوياتها في البذور[٤٥، ٤٦]. وفي نظام نموذجي وباستخدام السيترونيلال (citronellal) كمادة تفاعل، أظهرت مستخلصات بذور مختلف الموالح نشاطاً مضاداً للأكسدة أكبر من نشاط مستخلصات القشور، ولكن لم توجد علاقات واضحة بين النشاط المضاد للأكسدة و التركيب الفينولي لمستخلصات القشور والبذور[٤٥]. و بناء على ما تقدم، يتضح أن منتجات الموالح تحتوي على مدى من أنواع المركبات المضادة للأكسدة المختلفة، والتي إضافة إلى ذلك، تتوزع توزعا مختلفاً في الأجزاء المختلفة للفاكهة.

(٣,٥) العنب

Grapes

يحتوي العنب *(vitis vinifeara and vitis lubrucama)* وخاصة أصناف العنب داكنة الحمرة (dark red varieties) على كميات وافرة من الفلافونويدات وكميات كبيرة

نسبيا من الهيدروكسي سينامات، ولكل منها نشاطات مضادة للأكسدة قوية في مختلف أنظمة التحليل والاختبارات. وجد النشاط المضاد للأكسدة للخمر (النبيذ wine) اهتماماً زائداً، وذلك بسبب فوائدها الفسيولوجية المحتملة (possible physiological benefits). وعلى أي حال، فإن كثيراً من الفينولات الموجودة في العنب الطازج وعصير العنب هي أيضا مضادات أكسدة قوية في مختلف الاختبارات خارج الجسم، والتي تشمل مواد تفاعل بيولوجية دهنية مناسبة، وبصفة خاصة الـ LDL البشري. توجد مركبات الفينولات العديدة بشكل أساسي على صورة جلوكوزيدات (glucosides) في العنب الطازج وعصير العنب، بينما توجد الفينولات في الخمر أساساً، على صورة أجليكونات (aglycones). وبصفة عامة، تعتبر الجلكزة (إضافة الجلوكوز glycosylation) مضعفة (dampen) للقوة المضادة للأكسدة للفينولات العديدة، ولكن المعلومات المتوافرة في هذا الموضوع متناقضة، إذ إن أثر إضافة السكر وبدوره ما يحدث من ذوبانية لمضاد الأكسدة (antioxidant solubility) والتجزئة (partitioning) يعتمد بدرجة كبيرة على النظام الموجود (system dependent).

اعتماداً على النوع، فقد يحتوي العنب الأحمر على حوالي ١٠٠-٤٠٠٠ملجرام/كيلوجرام أنثوسيانينات، ٥-٢٨٥ملجرام/كيلوجرام فلافونولات أساساً في شكل ريوتين ومن ٠- ٢٥ملجرام/كيلوجرام فلافانولات و٢-٢٥ملجرام/كيلوجرام هايدروكسي سينامات ومستوى منخفضاً جداً من أحماض الهيدروكسي بنزويك (hydroxy benzoic acids) ونادرا ما توجد فيتامينات ج وهـ أو الكاروتينويدات (الجدول رقم ٣,١)[٣١]. وباستثناء الهيدروكسي سيانمات الذي يتساوى محتوى العنب الأبيض مع محتوى العنب الأحمر منه، تقريباً، إلا أن مستوى الفينولات في العنب الأبيض يقل بمقدار ٢٠-٢٥ ضعفاً مما في العنب الأحمر الداكن

اللون، كما أن العنب الأبيض لا يحتوي على أنثوسيانينات[٢، ٣١]. وتحتوي أنواع معينة من العنب الأبيض على فلافونولات، وبصفة أساسية على صورة ريوتين، وبنفس المستويات التي توجد بها في العنب الأحمر. تتم أسترة هايدروكسي سينامات العنب إلى حمض التارتريك (tartaric acid) بشكل متميز، وبصفة عامة، توجد تارتارات- الكافيول – كويوماروي ال- و تارتارات الفيريولويال (caffeoyl coumaroyl - and feruloyl tartrates) في لب العنب (grape plup).

توجد الفلافونويدات والهايدروكسي سيانمات الحرة وأحماض الهيدروكسي بنزويك بصفة أساسية في جلد (قشور) وبذور العنب، ولكن يعتمد المستوى والتركيب بدرجة كبيرة، على نوع العنب. وحيث إن قشرة وبذور العنب (خاصة العنب الأحمر) غنية بدرجة خاصة بالمركبات الفينولية، فإن طريقة الاستخلاص المستخدمة لاستخلاص الفينولات من العنب كله تؤثر تأثيراً كبيراً على نواتج المواد الفينولية وكذلك على القوة المضادة للأكسدة للمستخلصات. وعليه فاستخدام أوقات ممتدة يلامس فيها المذيب العنب (exteded solvent contact times) أي إلى ما قد يتراوح ما بين ٢٤ و١٦٥ ساعة، وكذلك سحق (crushing) البذور قبل الاستخلاص، يمكّن من الحصول على الفلافان – ٣- أولس (flavan-3-ols) والهايدروكسي بنزوات (hydroxybenzoate) (أي المركبات المضادة للأكسدة ذات القوة المعتبرة)– بكميات كبيرة في مستخلصات العنب الطازج، بينما تكون غير موجودة تماماً في مستخلصات العنب المنتجة في فترة استخلاص قصيرة (short extraction) على سبيل المثال، تلامس المذيب والعنب لمدة دقيقة واحدة فقط[٢].

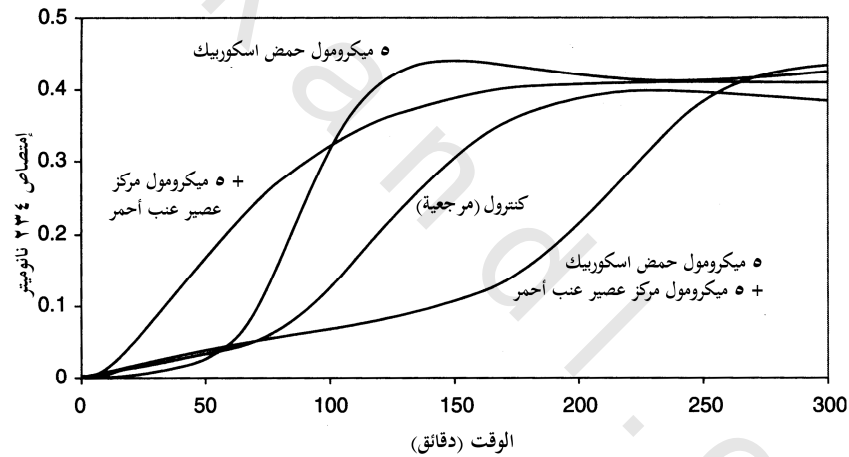
يثبط الخمر الأحمر (النبيذ الأحمر red wine) ومستخلصات مختلف أنواع العنب الطازج ومستخلصات جلد (قشرة) العنب (grape skin extract) وعصير العنب

الأمريكي صنف الكونكورد (American Concord grape juice) وعصيرات العنب الأحمر الأوروبية (European red grape)، أكسدة الـ LDL البشري خارج الجسم، ويرتبط هذا النشاط المضاد للأكسدة بقوة بالمركبات الفينولية [٢، ٤٧- ٥٠]. ليس فقط أن النشاطات المضادة للأكسدة لعينات العنب المخففة المتشابهة في التخفيف قد وجدت أنها متناسبة مع تركيزات الفينولات الكلية، ولكن أيضا في حالات معينة ترتبط القوة المضادة للأكسدة بمستويات المجموعات المختلفة للمركبات. وعليه، فإن القوة المضادة للأكسدة النسبية فيما يتعلق بأكسدة الـ LDL البشري خارج الجسم ترتبط ارتباطاً وثيقاً بمستويات الأنثوسيانينات والفلافونولات في مستخلصات العنب الطازج؛ ففي عصير عنب الكونكورد وعصير العنب الأحمر الأوروبي ارتبط هذا النشاط ارتباطاً وثيقاً بمستوى الأنثوسيانينات، ولعينات من عصير العنب الأبيض، ارتبطت القوة المضادة لأكسدة الـ LDL بمستويات الهايدروكسي سينامات والفلافان – ٣- أولس (flavans-3-ols) [٢، ٤٩، ٥٠]. وأيضاً، تثبط مستخلصات العنب الطازج كلا من تطور هيدروكسيزيدات الدهون (lipid hydroxsides) وهدمها لإنتاج الهكسانال (hexanal) في الليثيسين (lecithin) في اللايبوسومات، وترتبط القوة المضادة للأكسدة النسبية إحصائياً، بالفينولات الكلية[٥١]. وبمقارنة المعلومات/البيانات المتحصلة من أكسدة الـ LDL البشري خارج الجسم، وجد أن مستخلصات العنب التي تظهر أعلى نشاط مضاد للأكسدة على ليبوسومات الليثيسين (lecthin liposomes) هي مستخلصات أنواع المائدة الحمراء (الريد جلوب (Red Globe) والإمبيرور (Emperor)) ومستخلصات أصناف عنب النبيذ الأبيض (white wine grape varieties) (أي الشاردوناي (Chardonney) والساوفيجنون بلانك (Sauvignon Blanc)) ؛[٥١] ولهذه المستخلصات قوة مضادة للأكسدة ضعيفة على الـ LDL البشري خارج الجسم[٢]. وقد وجد أن إزالة

المركبات الفينولية بواسطة حلب البوليفينايل – بوليبابروليدون – (polyvinyl polypyrrolidone stripping) يزيل أو يلغي النشاط المضاد للأكسدة لعصير العنب، ولا يظهر خليط من الأحماض الكاربوكسيلية الممثلة (representive carboxylic acids) للنبيذ الأحمر نشاطا مضادا للأكسدة[١٦]. ومن المثير للدهشة أن وجود حمض الأسكوربيك نوعا ما في عصير عنب الكونكورد، لم يكن له نشاط مضاد للأكسدة كما لوحظ ذلك في أكسدة الـ LDL خارج الجسم [٤٧].

وفي المقابل، فإن الإضافة المولارية المكافئة (equilmolar addition) لحمض الأسكوربيك (٥ ميكرومولات) لعينات من عصير العنب الأحمر الأوربي رفعت النشاطات المضادة للأكسدة لعصيرات العنب الأحمر، أي أكسدة الـ LDL البشري خارج الجسم، بدرجة معنوية (الشكل رقم ٣,١). إن المحتوى الفينولي لعصيرات عنب الكونكورد تغلب فيه الأنثوسيانينات، وتتراوح مستوياتها بين حوالي ٣٠٠ و٤٥٠ملجرام/ليتر[٤٩]، بينما المركب السائد، وهو نفسه المساهم الأساسي في اللون الداكن البنفسجي المزرق (dark purpule-bluish) هو الديلفينيدين أو–٣– مونوجلوكوزايد (delphindin –O-3- monoglucoside). وفي نظام تحليل النشاط المضاد للأكسدة الـ ORAC المستخدم فيه بيتا فايكوإيريثين (β- phycoerythrin) كمادة تفاعل للأكسدة، أظهر عصير عنب الكونكورد من بين عصائر الفواكه التجارية، أعلى نشاط مضاد للأكسدة، وجاء بعده عصير الجريب فروت ثم عصير الطماطم وعصير البرتقال وعصير التفاح[٥٢]. تعتبر المستخلصات الفينولية من لب العنب الأحمر (red grape pomace) الذي تبقى بعد إنتاج الخمر الأحمر، والكاتشينات والبروسيانيدينات (procyanidins) المستخلصة من بذور العنب، مثبطات فعالة لأكسدة الـ LDL البشري خارج الجسم[٢٦، ٣٣]. وتعمل البروسيناندينات من بذور العنب ككاسحات لأكسجين

الجذور الحرة(free radical oxygen scavengers) في الأنظمة النموذجية المائية خارج الجسم (in aqueous in vitro model systems)، مع ملاحظة أن البروسياندين بي ٣٢ – أو – جالات(procyandin B2 3- O- gallate) هو أقوى مركب فيها[٥٣]. وعطفا على ذلك، يلاحظ أن النشاط المضاد للأكسدة الملحوظ للعنب الطازج وعصير العنب يرجع للمكونات الفينولية المختلفة، ولكن ترتبط الفعالية المضادة للأكسدة في أنظمة الأكسدة المختلفة بالأنواع الفينولية المميزة وتركيزاتها النسبية في مختلف العينات.



الشكل رقم (٣,١). أثر إضافة حمض الأسكوربيك على النشاط المضاد للأكسدة لمُرَكَّز عصير العنب الأحمر الأوروبي، على أكسدة البروتينات الشحمية المنخفضة الكثافة للإنسان خارج الجسم

(٣,٦) التفاح
Apple

أظهر التفاح نشاطاً مضاداً للأكسدة قوياً في أكسدة الميثايل لينوليت (methyl linoleate)، بالرغم من أن محتوى مستخلصات التفاح المختبرة من الفينولات الكلية منخفضة وكذلك منخفض محتوياتها من الأسكوربيك[٤، ٥٤]. يمثل نشاط فيتامين ج في

عصير التفاح جزءاً بسيطاً من النشاط الكلي المضاد للأكسدة، مع اعتبار أن حمض الكلوروجينيك وجلوكوزيدات الفلوريتين(phloretin glycosides) هي الأكثر تواجدا كمضادات أكسدة [١٧، ٥٥]. يصل مستوى الدايهايدروكالكونات (dihydrochalcones) مثل جلوكوزيدات الفلورتين والفلورزدين (phloridzin) في عصير التفاح إلى ٥-٢٢٣ملجرام/كيلوجرام، وهذا المحتوى أعلى مما يوجد في التفاح الطازج[٥٥]. ووفقاً لبلمب وآخرين (Plumb *et al.*,)[٣٦]، يساهم حمض الكلوروجنيك بحوالي ٢٧٪ من النشاط الكلي الكاسح للجذور الهايدروكسيلية (scavenging hybroxyl radicals) الموجود في مستخلصات التفاح. تظهر الفينولات العديدة المستخلصة من لب تفاح جالا مثل الإيبيكاتشين ومشابهاته في الصيغة الجزيئية الثنائية (dimer) (البروسيانيدين ب٢ (procyandin B2) والثلاثية(trimer) والرباعية (tetramer) والأوليجومير (oligomer) وجلوكوزيدات الكيورستين (quercetin glucosides) وحمض الكلوروجنيك والبالوريدزين والـ٣- هايدروكسي- فلورزدين (3- hydroxy-phlorizidin) نشاطات مضادة للأكسدة باستخدام نظام بيتاكاوروتين حمض اللينوليك (beta-carotene linoleic acid system) والنشاطات الكاسحة للجذورلل DPPH[٣٦]. أثناء الإنتاج التقليدي لعصير التفاح بالضغط المباشر (straight pressing) أو معاملة اللب بالإنزيمات (pulp enzyming) تتبقى أكثر من ٨٠٪ من جلوكوزيدات الكيوريسيتين في الكيك المضغوط (press cake) ويتواجد أقل من ١٠٪ منها في العصير الخام. وقد اقترح أن جلوكوزيدات الكيوريسيتين والنشاط المضاد للأكسدة في عصير التفاح يمكن رفعها إلى عشرة أضعاف باستخلاص اللب بمذيب كحولي مثل الميثانول والإثانول[٥٦].

(٣,٧) العناب

Berries

تمثل العناب مصادر مهمة لمضادات الأكسدة، وأهم المركبات هي الفلافونويدات والأحماض الفينولية وبدرجة أقل حمض الأسكوربيك. قد تساهم الكاروتنويدات في النشاط المضاد للأكسدة ، على سبيل المثال، في نبق البحر الغني بالكاروتينويدات (carotenoides sea buckthorn bery, *Hippophae rhamnoides* L.cv. Indian-Summer) والذي له نشاط مضاد للأكسدة كبير باستخدام طريقة تبييض البيتاكاروتين (beta- carotene bleaching method)[٥٧]. لقد درس النشاط المضاد للأكسدة للعناب والمركبات المضادة للأكسدة (بصفة أساسية الفينولات) المستخلصة من العناب، باستخدام طرق تحليل مضادات الأكسدة المختلفة وقد نتج عن تلك الدراسات نتائج متضاربة (contradictory) اعتماداً على الطرق المختارة. على سبيل المثال، أشير إلى أن أعلى قدرة مضادة للأكسدة هي للفراولة باستخدام أنظمة الجذور النموذجية (radical model systems)[٢٢، ٥٢، ٥٨]، بينما تأتي المستخلصات الفينولية من الفراولة في أنظمة أكسدة الدهون(ميثيل لينوليات وLDL)، في أدنى درجات النشاط المضاد للأكسدة مقارنة بنشاطات أنواع عناب أخرى[٢٩، ٥٤].

أشد العناب مفعولا (مضادا للأكسدة) هي الثمر، العليق الأسود للشجيرة الحجرية crowberry (*Empetrum nigrum*) وفريز السحاب cloudberry (*Rubus chamaemorus*) والعنبية whortleberry (*Vacciniumu ulligonosum*) والتوت البري cranberry (*Vaccinium oxycoccus*) وثمر غبيراء الحبالين rowanberry (*Sorbus aucuparia*) ، وكل هذه أعناب أوعناب برية، بينما تعتبر النشاطات المضادة للأكسدة (المثبطة لأكسدة الدهون) للعناب المزروعة مثل الفراولة (*Fragaria ananassa*) والرياس الأحمر [الكشمش الأحمر (*Ribes rubrum*) والكشمش الأسود (*Ribes*

nigrum والتوت الأحمر (*Rubus idaeus*)، ضعيفة[٥٤]. ثبطت مستخلصات العناب أكسدة الـ LDL بالترتيب التالي: التوت الشوكي> التوت الأحمر> الأويسة البرية (blueberry) >الفراولة[٢٩]. وفي الدراسة نفسها وصفت الأويسة البرية والتوت والتوت الشوكي والفراولة بأنها نشطة في تثبيط أكسدة لايبوسومات الليثيسين. وفي دراسة أحدث لكاهكونين وآخرين (kahkonen *et. Al*)[٤]، وجدت علاقة إحصائية معنوية بين محتوى العناب من الفلافونولات ونشاطاتها المضادة للأكسدة(R=0.78) كما وجدت علاقة بين محتواها من حمض الهايدروكسي سينامك والنشاط المضاد للأكسدة(R=0.54). وعلى أي حال، وجد من تحليل الانحدار الخطي المتعدد، أن محتوى العناب من الفلافونولات وحمض الهايدروكسي سينامك مثل فقط ٣١٪ من الاختلاف في استجابة النشاط المضاد للأكسدة. إن مستوى فيتامين ج في مستخلصات العناب كان منخفضا تبعا لطريقة الاستخلاص المختارة و تقنيات إزالة السكريات. لقد تم توضيح أن للأويسة وأصنافها البرية مضادات أكسدة فعالة، و ذلك من خلال دراسات كثيرة [٢٢، ٢٩، ٥٢، ٥٤، ٥٨- ٦٢]. وأقوى المركبات المضادة للأكسدة في العناب الملونة تلوينا قويا (strongley coloured berry) مثل الأويسة البرية، هي الأنثوسيانينات، بالرغم من أن الأويسة البرية غنية بالهيدروكسي سينامات مثل حمض الكلوروجينيك، أيضا[٤، ٢٩]. ومثل العديد من الفلافونويدات الأخرى، فالأنثوسيانينات تعتبر كاسحات جذور حرة قوية[٢٣، ٥٢، ٦٣]، وأيضاً تظهر الأنثوسيانينات نشاطاً مضادا للأكسدة في البيئات الدهنية مثل ميثيل لينوليت المستحلبة (emulsified methyl linoleate) والليبوسوم والـ LDL البشري[٦٢،٦٤]. ارتبط النشاط المضاد للأكسدة في العناب للـ LDL مباشرة بالأنثوسيانينات وغير مباشر بالفلافونولات، وبالنسبة للايبوسوم ارتبط ذلك بمحتوى الهيدروكسي سينامات[٢٩].

تظهر مستخلصات الفواكه (black chokeberry) والنبق (برقوق السياج) (blackthorn) والفراولة التي تحتوي كميات كبيرة من الأنثوسيانينات نشاطا كاسحا للجذور قويا باستخدام طريقة تحليل الجذور الـ DPPH[٦٥]. وجد ارتباط بين محتوى العناب من الأنثوسيانينات والـ ORAC في مختلف أصناف العناب التابعة لجنس الفاسينيوم (*Vassinium genus*)[٦٠]. وكذلك في الأويسة البرية سواء تلك التي من الأحراش العليا أو السفلى. وأيضاً، ثبط عصير الـ *Sambucus nigra*,elderberry المجفف بالرذاذ (spray dried) المحتوي على كميات كبيرة من جلوكوزيدات الأنثوسيانينات أكسدة الـ LDL المحفزة بالنحاس (copper-induced oxidation)[٦٦]. في هذه الدراسة أظهرت الأنثوسيانينات القدرة على اختزال جذور الألفا – توكوفيروكسيل (alpha-tacopheroxyl radical) إلى الألفا – توكوفيرول (alpha-tocopherol). ووفقا لإسميث وآخرين (Smith *et al.*,)[٦١]، فإن الكثير من أجزاء الأويسة البرية لها نشاط مضاد للأكسدة، خاصة تلك الغنية بالأنثوسيانينات والبروانثوسيانيندينات (proanthacyanidins).

عزل كاهكونين وآخرون (kahkonen *et al.*,)[٦٢] أنثوسيانينات من الكشمش الأسود والأويسة، والـ lingonberres (*vaccinium vitis-idaea*) وهذه أدت إلى تثبيط ملحوظ لتكُّون هيدروبيروكسيدات لينوليات الميثايل وتكُّون الهكسانال في الـ LDL وقد أظهرت أنثوسيانينات الكشمش الأسود أعلى قوة كسح جذور ضد جذور الـ DPPH، تلتها الأويسة ثم الـ lingonberry. في المقابل، ووفقا لقسطانطينو وآخرين (Costantiono *et al.*,)[٥٩]، فإن نشاطات التوت الأسود والكشمش الأسود والأويسة البرية من الأحراج العليا والتوت الشوكي والكشمش الأحمر والتوت الأحمر ضد جذور

البيروكسيدات المتكونة كيميائياً، كانت أكبر من النشاطات المتوقعة على أساس كمية الأنثوسيانينات والفينولات العديدة الموجودة في هذه العناب.

ومن المحتمل أن يساهم حمض الأسكوربيك مساهمة ملحوظة في النشاط المضاد للأكسدة للعناب وعصيراتها، إذ إن ميللر (Miller) ورايس إفانس (Rice – Evans)[١٧]، قد أفادا بأن لعصير الكشمش الأسود أثر أسكوربات كامن (ascorbate sparing effect). وعلى أية حال، أثر حمض الأسكوربيك غير واضح، وعلى أي حال، فإن كالت وآخرين (kalt *et al.*,)[٢٢]، قد أفادوا بأن الأسكوربات تساهم بنسبة بسيطة (٠,٤–٩,٤٪) من القدرة المضادة للأكسدة للفراولة والتوت، فقط، مما يؤكد النتائج المبكرة حول الأويسة البرية المتحصل عليها من وانج وآخرين (Wang *et al.*,) [٥٢] وبريور وآخرين (Prior *et al.*,)[٦٠].

لعمليات تصنيع الأغذية مثل العصر (jucing) الذي يتضمن استخلاص العصيرات (juice extraction) وخطوات التسخين (heating steps) ومعاملات ترويق العصيرات (juice clarification)، آثار على تركيب مضادات الأكسدة المفترضة المتوقعة، وبالمثل على نشاطاتها المضادة للأكسدة. وعلى سبيل المثال، تقلل معاملات التنقية الصناعية (industrial clarification) لعصير الكشمش الأسود لإزالة الضبابية أو العكارة والرواسب (cloud & sediment) محتوى العصير من الأنثوسيانينات الأربع الرئيسة بنسبة ١٩–٢٩٪. وأيضاً يقل مستوى حمض الأسكوربيك والفلافونولات، ولكن من الواضح أن الفلافونولات نسبياً تكون أقل من المركبات الأخرى[٦٧]. وعند اختبار النشاط المضاد للأكسدة بجرعات مولية مكافئة (equimolar doses) للفينولات الكلية، فقد تحسن النشاط المضاد للأكسدة على أكسدة الـ LDL البشري خارج الجسم بعد عملية الترويق، وهذا يفيد ويشير إلى أن التركيب أو المحتوى الكلي لمضادات الأكسدة

المفترضة في عصير الكشمش الأسود قد تحسن بالرغم من أن المستوى الكلي لمضادات الأكسدة قد انخفض[٦٧]. وعطفا على ذلك، فللحصول على فهم متكامل وشامل لآثار التصنيع، يبدو أنه من المهم أن تتماشى وتتصاحب دراسات تقييم النشاط المضاد للأكسدة مع دراسات مفصلة لمحتوى وتركيب مضادات الأكسدة المفترضة.

(٣,٨) مضادات الأكسدة من الخضراوات : نظرة شاملة
Antioxidant from Vegetables: Overview

تشمل مضادات الأكسدة الموجودة في الخضراوات شائعة الاستهلاك حمض الأسكوربيك والتوكوفيرول والكاروتونويدات والمركبات الفينولية مثل الفلافونولات والأحماض الفينولية (الجدول رقم ٣,٣). وبمقارنة الخضراوات مع الفواكه والعناب، نجد أن الخضراوات ، بصفة عامة، تحتوي على كميات تقل كثيرا من المركبات المضادة للأكسدة عما هو موجود في الفواكه والعناب. توجد كمية كبيرة من فيتامين ج في الفلفل الأحمر الحلو (sweet red pepper) (١٨٥٠ملجرام/كيلوجرام) وتوجد كميات ملحوظة منه في مستنبت بروكسل (Brussels sprout) (ما قد يصل إلى ٩٠٠ملجرام/كيلوجرام) والبروكلي (broccoli) (٧٥٠-٨٣٠ ملجرام/كيلوجرام)، بينما بصفة عامة تقل كميات فيتامين هـ في الخضراوات عن ١٠ملجرامات /كيلوجرامات. ووفقاً لحسين وآخرين (Hussein *et al.*,)[٦٨]، بالرغم من حدوث فواقد كبيرة لفيتامين ج أثناء تخزين البروكلي والفلفل الأخضر، إلا أنه في معظم الأحوال لا توجد فروقات في فقد فيتامين ج أو البيتاكاروتين بين الخضراوات المصنعة وغير المصنعة أو بسبب اختلاف أنظمة التغليف. أظهر الخرشوف (artichoke) بعد التخزين على درجات حرارة مختلفة انخفاضا في فيتامين ج يصل إلى ٤٠٪ من كميته الموجودة،

ويرتبط ذلك، في الغالب، بمقدرة إنزيم البوليفينول أوكسيديز على تحفيز أكسدة حمض الأسكوربيك[٦٩]. تساهم الكاروتينويدات في النشاط المضاد للأكسدة، إذ تساهم البيتاكاروتين بـ ١-٦٤٤ملجرام/كيلوجرام ويساهم الليوتين الموجود في كل الخضراوات في هذا النشاط (بما يصل إلى ٢٠٣ملجرام/كيلوجرام) وعلى سبيل المثال السبانخ spinach)[٧٠]، وكذلك اللايكوبين (lycopene) في الطماطم (٠,٢-٦٢٣ملجرام/كيلوجرام) ومنتجات الطماطم (الجدول رقم ٣,٣). ونتيجة لتصنيع الأغذية الذي يشمل المعاملة الحرارية، فإن الكاروتينويدات يحدث لها تناظر (isomerisation) والذي يؤدي إلى خفض النشاط المضاد للأكسدة للكاروتينويدات. في المقابل، ذكر أن المعاملة الحرارية [التصنيع الحراري (thermal processing)] ترفع تركيزات الكاروتينويدات، وذلك ربما بسبب زيادة الاستخلاص (greater extractability) والتحلل الإنزيمي (enzymatic degradation) وفقد الرطوبة والمواد الذائبة (soluble solids) غير المحسوبة[٢٠].

في الخضراوات الطازجة، توجد فقط الفلافونولات السكرية (glycosylated flavonols) والفلافونويدات الأخرى، ولكن قد توجد الأجليكونات نتيجة للتصنيع الغذائي[٧١]. بصفة عامة، تقل مستويات الكيوريسيتين في الخضراوات عن ١٠ملجرامات/كيلوجرامات، باستثناء البصل الذي يحتوي على ٣٤٠-٣٤٧ملجرام/كيلوجرام، والكيل (kale) الذي يحتوي على ١١٠-١٢٠ملجرام/كيلوجرام، والبروكلي الذي يحتوي على ٣٠-١٦٦ملجرام/كيلوجرام، بينما اكتشف الكيمفيرول (kaempherol) فقط في الكيل بمستوى ٢١٠-٤٧٠ملجرام/كيلوجرام، وفي الإنديف [الهندباء (endive)] (١٥-٩٠ملجراماً/ كيلوجراماً) وفي

البروكلي (٦٠ملجراماً/كيلوجراماً) وفي الكراث (leek) (١٠-٦٠ملجراماً/كيلوجراماً)[٧١، ٧٢]. محتوى الخضراوات من الفلافونويدات الأخرى منخفض جداً مع بعض الاستثناءات مثل الفلافانونات في الكرفس (celery leaves) [الأبيجينين (apigenin) ٧٥٠ملجرام/كيلوجرام][٧١] أو الأنثوسيانينات في البطاطس الحلوة البنفسجية (purpule sweet potatoes)[٧٣]. وبصفة عامة، تنخفض وتقل مستويات الفلافونولات في الأغذية المصنعة مقارنة بمستوياتها في الخضراوات الطازجة[٧٤]. درس كروزير وآخرون (Crozier *et al.*,)[٧٥] أثر الطبخ على محتوى البصل والطماطم وقد وجدوا، في هذين النوعين من الخضراوات، أن الغليان يقلل محتواهما من الكيوريستين بنسبة ٨٠٪ و يقلل الطبخ بالميكروويف ذلك، بنسبة ٦٥٪، وأما القلي (frying) فيقلل ذلك بنسبة ٣٠٪. تحتوي كل الخضراوات على أحماض فينولية مثل الهيدروكسي سينامات، سواء كان ذلك حمض الكافيك (caffeic acid) أو الفيريوليك (ferulic acid) أو حمض السينابيك(sinapic acid) أو حمض الكيوماريك (coumaric acid) وهي كلها تكون مقترنة مع حمض الكيونيك (quinic acid) و/أو مؤسترة على سبيل المثال بالسكريات[٧٦، ٧٧]. ووفقا لكليفورد (Clifford)[٧٦]، فإن الأصناف التجارية للبطاطس الأمريكية (American potato) قد تحتوي على ما قد يصل إلى ١٤٠٠ ملجرام/كيلوجرام على أساس جاف أحماض كافيويلكونيك. في البروكلي، تم عزل كثير من استرات حمض الهايدروكسي سينامك بكميات تتراوح ما بين ٦٢ و١٤٨ ملجرام/كيلوجرام[٧٨].

مستخلصات الخضراوات مثل محاصيل الجذور (root) والدرنات (tuberous) كالجزر والبطاطس والبطاطس الحلوة والبنجر (red beets) والخضراوات الصليبية

كالكرنب (cabage) وكرنب بروكسل والبروكلي والخضراوات الورقية الخضراء كالخس (lettuce) والسبانخ إلخ والبصل (onions) والطماطم وغيرها من الخضراوات ، تم مسحها وقياس نشاطها المضاد للأكسدة باستخدام أنظمة أكسدة وطرق مختلفة. ذكر كاو وآخرون (Cao *et al.*,) [٧٩] أن النشاط المضاد للأكسدة للخضروات المقاس بنظام ORAC قد قل بالترتيب التالي : اللفت(kale) > الثوم (garlic) > السبانخ (spinach) > كرنب بروكسيل (Brussel sprouts) > كرنب الألفا ألفا (afalfa sprout) > أزهار البروكلي > البنجر(beets) > الفلفل الحلو الأحمر (red bell pepper) > البصل > الباذنجان (egg plant) > زهرة القرنبيط cauli flower bell >البطاطس > البطاطس الحلوة > الملفوف (cabbage) > الخس الورقي (leaf lettuce) > اللوبيا (string beans) > الجزر > القرع (yellow squash)> خس الآيسبيرج(الخس المدور) (iceberg lettuce) > الكرفس (celery) > الخيار (cucumber).

أظهرت نتائج إضافة البلازما لمستخلصات الخضراوات ، أن البقول والثوم والبصل والهليون(asparagus) والبنجر والبطاطس والبروكلي تأتي في مراتب عالية كمثبطات لأكسدة الـ LDL وأكسدة الـ VLDL[٨٠] عند أكسدة ميثايل اللينوليات عند ٤٠ ˚ [سلزيوس (40ºC)]. كان النشاط المضاد للأكسدة كالتالي : البازلاء (pea) ، بقول (legume) > الخيار ، أوراق > بازلاء > بصل > جزر[٥٤]. ومقارنة بالنشاط الضعيف (تثبيط بنسبة١٠-٣٧٪) لهذه الخضراوات في تثبيط أكسدة الدهون ، فإن مستخلصات beet root وبنجر السكر (sugar beet) والبطاطس قد أظهرت نشاطا مضاداً للأكسدة ملحوظاً يتراوح ما بين ٨٦ و٩٩٪ تثبيط. وبقياس الـ ORAC ذكر جازاني وآخرون (Gazzani *et al.*,)[٨١] أنه عند تجهيز عصيرات الخضراوات على ٢˚ ، فإن لمعظمها نشاطاً عالياً ويلاحظ ذلك في الباذنجان والطماطم والفلفل الأصفر الحلو (yellow bell

pepper). وبصفة عامة، يرتفع النشاط المضاد للأكسدة بعد المعاملة الحرارية مما يفيد بأن النشاط التأكسدي الأولي (pro-oxidant) سببه إنزيمات البيروكسيديزات التي يتم تثبيطها بالحرارة العالية أثناء تصنيع الأغذية.

(٣,٩) الخضراوات الجذرية و الدرنية

Root and Tuberous Vegetables

تحتوي درنات البطاطس[(potato tubers) والاسم العلمي لها (*Solanum tuberosum*)] والبطاطس الحلوة[(sweet potatoes) والاسم العلمي لها (*Ipomoea batatas*)] والجزر[والاسم العلمي له (*Daucus carota*)] والبنجر الأحمر [الاسم العلمي له (*Beta vulgaris L.*)] على مواد مضادة للأكسدة، ولكنها أنواع مختلفة كيميائيا اختلافاً واسعاً. تحتوي البطاطس على حمض الأسكوربيك وتتميز بمحتواها العالي من الهايدروكسي سينامات المقترنة الموجودة بمعدل ٥٠٠-١٢٠٠ملجرام/كيلوجرام على أساس وزن جاف، وحمض الكلوروجينك هو السائد [٨٢]. تتركز الفينولات في قشور البطاطس، وتحتوي الأنواع الحمراء القشرة على ٧ جرامات/كيلوجرامات من الـ ب-كويومارايل-أنثوسينانين المقترن(p-coumaryl-anthcyanin) في القشور وفقط حوالي ٢٥٪ من هذا المحتوى في اللحم [اللب(flesh)] [٨٢] ويبدو أن البيلارجونيدين — ٣-ريوتينوسايد — ٥- جلوكوسايد (pelargonidin-3- rutionside – 5- glucoside) هو الأنثوسينانين السائد في البطاطس الحمراء اللب (red-fleshed potatoes)[٨٣]. تحتوي المستخلصات المائية المركزة لقشور البطاطس الحمراء والبنية على ١٢,٥جرام/كيلوجرام هيدروكسي سينامات تقريبا، ويمثل حمض الكلوروجنيك ٦٠- ٦٥ وزن٪ من الهيدروكسي سينامات، يليها حمض الكافييك(٢٢-٢٤ وزن ٪)[٨٤].

وأيضاً، يوجد حمض الفيريوليك (Ferulic acid) والبروتوكاتيشيويك (protocatechuic acid) من ضمن الأحماض الفينولية الرئيسة الموجودة في قشور البطاطس[٨٤].

وتُظهر البطاطس والبطاطس الحلوة المجنسة (homogenized) نشاطا متوسطا للـ ORAC مقارنة مع، على سبيل المثال، اللفت والثوم والسبانخ والبصل[٧٩]، وقد أثبت أن المستخلصات الكحولية للبطاطس كاملة (ethanolic extracts of whole potatoes) تقلل جذور الـ DPPH التأكسدية (reduce oxidising DPPH radicals) وتثبط أكسدة حمض اللينوليك في المعلق (suspension)[٨٥]. وقد أعاقت مستخلصات قشور البطاطس الأكثر تركيزاً، وبكفاءة، قصر الكاروتينات(carotenes blanching) المرافق لأكسدة حمض اللينوليك[٨٤]، كما أبطأت أكسدة زيت فول الصويا [طريقة الأكسجين النشط (active oxygen method)[٨٦]. ومنذ عام ١٩٦٤م أثبت أن مستخلصات الماء الساخن لقشور البطاطس تُظهر نشاطاً مضاداً للأكسدة ضعيفاً فيما يتعلق بإبطاء تطور مواد حمض الثيوباربيتيوريك المتفاعلة (thiobarbituric acid reactive substances) عندما أضيفت إلى شرائح اللحم البقري (beef slices) وكذلك أبطأت وقت قصر محلول الكاروتين- شحم الخنزير المدمص على ورق ترشيح (adsorbed onto filter paper)[٨٧]. وعزي جزء كبير من النشاط المضاد للأكسدة لهذه المستخلصات لوجود مشتقات الكيورسيتين وخاصة حمض الكافييك وحمض الكلوروجنيك[٨٧، ٨٨]. وقد دعم هذا الافتراض ونقح في كثير من الأبحاث اللاحقة، والتي عزت معظم الآثار الكاسحة للجذور والنشاطات المضادة للأكسدة للبطاطس ومستخلصاتها لوجود أحماض الكلوروجنيك والبروتوكاتيشيويك والكافييك[٨٥، ٨٦]. وأيضاً أخرت الأنثوسيانينات المستخلصة من لب البطاطس الملونة الأكسدة عندما اختُبرت في نظام مائي باستخدام حمض اللينوليك[٨٩].

للمستخلصات الميثانولية للبطاطس الحلوة نشاط مضاد للأكسدة أيضا، حيث إنها تعيق أكسدة اللينوليت. الفينولات الأساسية في المستخلص الميثانولي للبطاطس الحلوة هي الكافيولكوينيك (caffeolquinic) وخاصة حمض الكلوروجينيك، والمشابهات المختلفة له، ولكن لم يُعْزَ النشاط المضاد للأكسدة لمستخلص البطاطس الحلوة هذا بشكل مباشر، للمحتوى من الفينولات وإنما عُزِي للفعل المعزز لكل من المركبات الفينولية والأحماض الأمينية[٩٠]. أظهر البيونيدين جلوكوساید (peonidin glucoside) وهو أنثوسيانين نقي من البطاطس الحلوة الأرجوانية] نشاطا مضادا للأكسدة في أكسدة اللينوليات[٧٣]. ولقد بُرْهِن، حديثاً، على أن لمثبط التربسين البروتيني (proteinaceous trypsin inhibitor) المعزول من البطاطس الحلوة القدرة على نشاط كاسح للجذور ضد جذور الـ DPPH والقدرة على حجز جذور الهيدروكسيل لما قيست بالرنين المغناطيسي الإليكتروني (electron paramagnetic resonance) بعد إضافة مستويات بيكومولية (picomole level) من المثبط، كانت كفاءة كسح الـ DPPH حوالي ثلث كفاءة الجلوتاثيون (glutathione)[٩١]. وعما إذا كان لهذه الكفاءة الكاسحة للجذور أي علاقة أو تناسب كمي (quantitative relevance) بالكفاءة المضادة للأكسدة الحقيقة، في الأغذية أو الأنظمة الحيوية، يبقى هذا الأمر في حاجة للبحث والتوضيح.

الجزر غني جداً بالألفا والبيتا كاروتينات (alpha- and beta carotenes) والتي تتراوح بين ٤٠٠٠-٨٧٠٠ ميكروجرام/١٠٠ جرام (ألفا) و ٧٠٠٠- ١٦,٠٠٠ ميكروجرام/١٠٠ جرام (بيتا)، على التوالي، في مختلف أنواع الجزر البرتقالي (orange carrot varieties)[٩٣- ٩٥]. المركب الفينولي الرئيس أو الأساس في الجزر هو حمض الكلوروجينيك، ولكن توجد أحماض الدايكافيولكوينيك ومختلف أحماض الهايدروكسي سينامك –الكوينيك المقترنة الأخرى (several hydroxycinnamic-quinic

other conjugates acids)؛ وإجمالاً فإن مستويات الهايدروكسيسيانامات المقترن تبلغ حوالي ١,٦ملجرام/كيلوجرام وتبلغ كميات حمض الأسكوربيك في الجزر حوالي ٣٠-٥٠ ملجرام/كيلوجرام وزن جزر طازج (الجدول رقم ٣,٣)[٩٢]. وتُظهر مخاليط الجزر ومستخلصاته (carrot blends & extracts) نشاطاً مضاداً للأكسدة ضعيفاً مقارنة بالخضراوات الأخرى[٥٤، ٨٠]، ولكن تم توضيح أن مستخلصات قشور الجزر ومستخلصات أوراقه تثبط تكوُّن الدايين هايدروبيروكسيدات (diene hydroperoxides) في الميثايل لينوليت على ٤٠°م، وبالرغم من ذلك نلاحظ أن النشاطات التثبيطية كانت ≥ ٥٠٪ من نشاطات مستخلصات قشور البطاطس عند نفس مستوى الإضافة[٥٤]. حتى تاريخه، لم تظهر أو تلاحظ أي علاقة بين النشاط المضاد للأكسدة للجزر ومحتواه من الكاروتينويدات وحمض الأسكوربيك أو الهايدروكسي سينامات. تحتوي المستخلصات الميثنولية لقشور بنجر السكر والبنجر الأحمر على نفس مستويات الفينولات الكلية (حوالي ٤,٢ ملجرام/جرام وزن جاف للمادة الأولية (starting material) وتُظهر نشاطاً مضاداً للأكسدة في الميثايل لينوليت النقية على ٤٠°م وتوقف أو تثبط الأكسدة بشكل شبه كامل عندما تضاف بمعدل ٥٠٠ جزء في المليون على أساس وزن جاف[٥٤]. وتقوم البيتاسيانينات، وهي المركب اللوني الرئيس في البنجر الأحمر، بنشاط مضاد للأكسدة قوي في مختلف الأنظمة النموذجية (model systems)، والتي تشمل ميكروسومات عضلة الرومي المعزولة (isolated turkey muscle microsomes) والـ LDL البشري واللينوليت المذابة (solubilised linoleate)[٩٦]. تحتوي هذه المركبات على مواد فينولية ومجموعة أمينية حلقية (phenolic and cyclic amine group) وتركيب المجموعة الأخيرة يماثل تركيب الإثوكسيكوين(ethoxyquin)، وهو مضاد أكسدة قوي مسموح باستخدامه في الأعلاف في الولايات المتحدة الأمريكية (ولكن ليس في أوروبا).

الجدول رقم (٣,٣). المركبات المضادة للأكسدة الموجودة في خضروات مختارة ومنتجاتها، ملجرام/كيلوجرام وزن طازج.

الخضار	الفلافونولات (كويرسيتين)	الهيدروكسي-سينامات	الكاروتينويدات (بيتا-كاروتين)	فيتامين سي (ج)	فيتامين إي (هـ)
بروكلي	١٥-٦٥ [٧١، ٧٢، ١٣٤]	٦٢-١٤٨ [٧٢]	٤-٢٧ [٧٠، ٩٤]	٧٥٠-٨٣٠ [٦٨، ١٢١]	٧ [١٢١]
- مغلي					٧ [١١٧]
كرنب بروكسل	٠-٦ [٧١]	-	٤,٣ [٩٤]	٦٤٠ [١١٧]	٤ [١١٧]
جزر	-	-	١١-٧٧٠ [٧٠، ٩٤]	٩٠٠ [١١٧]	٤ [١١٧]
- مغلي	-	-	١٠١ [١١٧]	٦٠ [١١٧]	٤ [١١٧]
بصل	٣٤٠-٤٢٠ [٧١، ١٠٥]	-	٠,١ [٩٤]	٤٢ [١١٧]	٠,٤ [١١٧]
مسلوق	٢١٠-٢٩٠ [١٠٥]	-	-	٧٥ [١١٧]	-
مقلي	٢٢٠-٣٧٠ [١٠٥]	-	٠,٢ [١١٧]	-	٨ [١١٧]
بازلاء	١,٤-١,٦ [١٠٥]	-	٣,٦ [٩٤]	٥٧ [١١٧]	٢ [١١٧]
مغلية	٠,٨-١,٠ [١٠٥]	-	٣,٦ [١١٧]	٢٠٠ [١١٧]	-
مقلية	١,٣-٢,٠ [١٠٥]	-	-	-	-
بطاطس	-	١٤٠ [٧٦]	٠,١ [٩٤]	-	١ [١١٧]
مغلي	-	-	-	١٠٠ [١١٧]	١ [١١٧]
سبانخ	آثار [٧١]	-	٨-٢٤٠ [٧٠]	١٠٠ [١١٧]	١٢ [١١٧]
طماطم	٢-١٤ [٧١]	-	٠,٢-٦٢٣ [٩٤*]	٦٠٠ [١١٧]	٧ [١١٧]
عصير	١٣ [٧١]	-	-	١٤٠ [١١٧]	٧ [١١٧]
كاتشب	-	-	٩٩ [٩٤*]	١٤٠ [١١٧]	٢٣ [١١٧]
فلفل(شطة) أحمر	-	-	١,٢-٣٣ [٧٠]	٨٠ [١١٧]	٢٢ [١١٧]
حلو				١٨٥٠ [١١٧]	

obeikandi.com

(٣,١٠) الخضراوات الصليبية
Cruciferous vegetables

البروكلي[(Broccoli)، والاسم العلمي له(*Brassica olearacea* L. cv ltalica L.)] وكرنب بروكسل[والاسم العلمي له (*B. oleracea* L. Germmifera)] والملفوف الأحمر [(red cabbage) والاسم العلمي له (*B. olearacea* L. cv Ruba)] والملفوف الأبيض [(white cabbage) والاسم العلمي له (*B.olearacea* L. cv Alba)] والقرنبيط [(cauliflower) والاسم العلمي له (*B. olearacea* L. cv Botrytis)]، أظهرت كل هذه الخضراوات الصليبية خواص مضادة للأكسدة ضد فوق أكسدة الدهون (lipid peroxidation)[٩٧]. قد تكون المركبات الفينولية مثل الفلافونولات وأحماض الهايدروكسي سينامك في الخضراوات الصليبية مسئولة عن النشاط المضاد للأكسدة بدرجة أكبر من مسئولية المركبات النشطة حيوياً فيها (cruficers)، وخاصة الجلوكوسينولات (glucosinolates)[٩٨، ٩٩]. ووفقاً لبلمب وآخرين (Plumb *et al.*,)[٧٨]، تُظهر الجلوكوسينولات المنقاة خصائص مضادة للأكسدة ضعيفة، وعليه لا تعزى لها الآثار المضادة للأكسدة لمستخلصات الخضراوات الصليبية. ومقارنة بالخضراوات الأخرى والقرنبيط فقد أظهر الكيل/اللفت (*B. Olearacea* L. cv Acephala) وكرنب بروكسل والبروكلي، نشاطا مضادا للأكسدة أكبر[٧٠، ٨٠، ٩٧، ١٠٠]. يثبط الملفوف الأبيض أكثر من ٨٠٪ من الأكسدة الثنائية للبيتاكاروتين وحمض اللينولييك (coupled oxidation of beta carotene and linoleic acid)[٩١]، و أيضًا، هو كاسح نشيط لجذور الهيدروكسيل[٩٨]. وعلى أي حال، عند قياس فوق أكسدة الدهون في الميكروسومات المحتوية على السايتوكروم ب ٤٥٠ المحدد (specific cytochrome P 450)، فقد شوهد أن الكرنب والقرنبيط وكرنب بروكسل لها نشاطات بادئة ضد الأكسدة (pro-oxidants). يبدو أن للتصنيع الحراري الذي يشتمل على معاملات حرارية، آثاراً مختلفة على

مختلف الخضراوات الصليبية اعتماداً على اختيار طريقة قياس النشاط المضاد للأكسدة. وجد أن كرنب بروكسل المغلي (لمدة ١٥ دقيقة) يحفز فوق أكسدة مايكروسومات الكبد البشري (peroxidation of human liver microsomes) وكذلك يحفز فوق أكسدة لايبوسومات الفوسفوليبيدات(phospholipid liposomes)[٩٨]، بينما ثبط البروكلي المغلي (لمدة ٥ دقائق) أكسدة مستحلب البيتاكاروتين حمض اللينولييك (beta-carotene linoleic acid emulsion) بنسبة ٩٦٪[١٠٠]، كما حسَّن الغلي لمدة ٣٠ دقيقة النشاط المضاد للأكسدة للملفوف الأبيض[٨١].

(٣,١١) الخضراوات الأخرى
Other Vegetables

تمت دراسة البصل[(onion) واسمه العلمي (*Allium cepa*)] لمعرفة نشاطه المضاد للأكسدة في نماذج أكسدة الدهون[٥٤، ٨١، ٨٧، ٨٨، ٩٧، ١٠٠-١٠٢] وفي تحاليل كسح الجذور[٧٩، ٨٠]. وقد ثبت أن لكل من البصل الأصفر والأحمر نشاطاً مضاداً للأكسدة ضعيفاً، نحو أكسدة الميثايل لينوليت[١٠٢]، ونشاط متوسط ضد أكسدة البيتاكاروتين وحمض اللينوليك[١٠٢] ونشاطاً مرتفعاً نحو أكسدة الـ LDL[٨١]. وقد أظهر البصل درجة منخفضة في اختبار نشاط الـ ORAC، أيضا، بينما حصل الثوم واسمه العلمي (*Allium Sativum*) على أربعة أضعاف ما حصل عليه البصل[٧٩]. أفاد ين وشين(Yin and Chen)[١٠٣] بأن وجود لب الثوم والثوم الأخضر (green garlic) والكراث الصيني (Chinese leek) والبصل الأخضر (scallion) ولب البصل (onion bulb) ولب الكراث (shallot bulb) قد أخر أكسدة الدهون للايبوسومات الفوسفاتايدايل كولين (phosphatidylcholine liposomes). بينما تعد الثيوسلفينات (thiosulphinate) والأليسين(allicin)، مسئولة عن

النشاط المضاد للأكسدة للب الثوم[١٠٤]، فإن هناك مركبات أخرى غير الأليسين تدخل في تحديد الآثار المضادة للأكسدة لأفراد جنس البصليات(*Allium*) الأخرى.

قَيَّمَ ماكريس وروسيتر (Makris & Rossiter)[١٠١] أثر التصنيع المنزلي (domestic processing) بما في ذلك التقطيع أو التقطيع والفرم (chopping) والتطرية بالنقع (maceration) والغلي على لب (بصيلات) البصل. ووجدا أنه بينما لم يتأثر الكيويرسيتين – ٣، ٤ ' دايجلوكوساید (quercetin 3, 4'- diglucoside) والكيورسيتين – ٤ ' –مونوجلوكوساید (quercetin- 4'- monoglucoside) عملياً بالتقطيع، إلا أن الغليان لمدة ٦٠ دقيقة قد سبَّب فواقد في الفلافونولات الكلية الموجودة في البصل بلغت ٢٠,٦٪. عكس ذلك، أفاد ايوالد وآخرون (Ewald *et al*)[١٠٥] بأن أكبر فواقد الكيويرسيتين والكايمبيرول (kaempherol) في البصل حدثت أثناء تقشيره (peeling) وتقليمه (trimming) وتقطيعه قبل السلق (blanching). لوحظ أيضا أن لخطوات التصنيع المتقدمة مثل الطبخ (cooking) والقلي (frying) والحفظ دافئاً للبصل المسلوق (warm-holding) آثاراً بسيطة على محتواه من الفلافونويدات. وكذلك لوحظ أن التقطيع لم يؤثر بدرجة ملحوظة على قدرة لب البصل على الفعل المضاد للأكسدة، ولكن حّفَّزّ الغلي حدوث تغيرات ملموسة يمكن قياسها بأنظمة الأكسدة المزدوجة coupled oxidation (system) للبيتاكاروتين وحمض اللينوليك[١٠١]. نتج عن غلي البصل المعصور أوعصير البصل (juiced onion) لمدة ١٠ دقائق نشاط أكسدة أولي (pro-oxidant activity) والذي انعكس إلى نشاط مضاد للأكسدة بتمديد فترة المعاملة الحرارية[٨١]. في المقابل، أدى تحضين لب البصل (pulped onion) على٣٧مْ، إلى تحسين النشاط المضاد للأكسدة وذلك جزئياً بالتحويل الإنزيمي (الجلوكوسيدايزات والجلايكوسيلترانسفيرات الداخلية (endogenous glycosidases and glycosyltransferases) وذلك بتحويل الكيويرسيتين

داي جلوكوسيدات إلى أشكال من المونوجلوكوسيدات (monoglycosides) والأجلايكونات[١٠٢] وأن بعد ٦ ساعات من التحضين، وجد أن ٧٥٪ من الكيويرسيتين الكلي كان في شكل أجلايكون[١٠٦]. وعليه، فقد افترض أن زيادة النشاط المضاد للأكسدة بواسطة الإنزيمات الموجودة طبيعياً في الخضراوات قد يستخدم أو يمكن استخدامه لاستبدال مضادات الأكسدة الغذائية (food antioxidants).

لقد ذكر أن النشاط المضاد للأكسدة للخضروات الورقية الخضراء (green leafy vegetables) مثل السبانخ (*spinacia olearacea* L.) ضد تثبيط أكسدة الـ LDL منخفض[٨٠]، ويكون متوسطا في أكسدة حمض اللينوليك[٩٧]. في المقابل، أظهرت السبانخ نشاطا عاليا جداً للـORAC، بينما كان نشاط الخس الورقي (leaf lettuce) والخس المدور (Iceberg lettuce) ضعيفاً[٧٩]. ووفقاً لبيوم وآخرين (Beom *et al.*,)[١٠٦]، فإن خلط السبانخ مع خضروات أخرى، قد أدى إلى زيادة النشاط المضاد للأكسدة في الأنظمة النموذجية المحفزة بالحديد (iron-catalysed systems). ووجد أن عينات السبانخ المصنعة بأشكال مختلفة (differenty processed)، مثل المفرومة (minced) أو المعصورة بالإنزيمات (enzymatically juiced)، قد ثبطت تكوُّن الهيدروبيروكسيدات الدهنية (lipid hydroperoxides) ولكنها عملت كمضادات أولية للأكسدة (pr-oxidants) في اللحم المطبوخ[١٠٧]. لوحظ انخفاض في النشاط المضاد للأكسدة للسبانخ أثناء التخزين بعد تغليفها في ظروف جوية معدلة (modified atmosphere packaging)[MAP]، وقد يكون ذلك الانخفاض في النشاط بسبب نقص حمض الأسكورييك[١٠٨]، وأيضاً، أشار المؤلفون إلى وجود فقد في الفلافونويدات الكلية بنسبة ٥٠٪ كما أشاروا لفقد في فيتامين ج بنسبة ٦٠٪ في ماء الطبخ (cooking water) أثناء غلي السبانخ. وعلى أي

حال، يكون محتوى الأنسجة المطبوخة من فيتامين ج أكثر مما في السبانخ المخزن تحت ظروف جوية معدلة (MAP).

ولقد أشير في بعض الدراسات إلى أن للطماطم (*lycoperscon esculentum*) نشاطا مضادا للأكسدة[٨٦، ٨٨]، بينما أشير في تجارب أخرى لعدم وجود نشاط مضاد لأكسدة الطماطم[١٠٩] أو يعمل كعامل أولي للأكسدة (محفز)[٨٥]. ثبط الطماطم فوق أكسدة الدهون (lipid peroxidation) بدرجة معنوية في متجانس (مخلوط) اللحم البقري (beef homegenate)[٨١]، وغالب الأمر، أن هذا النشاط المضاد للأكسدة للطماطم ناتج من التأثير المتعاضد (synergism) بين مختلف المركبات النباتية الكيميائية (phytochemical) وليس بسبب محتوى الطماطم من اللايكوبين (lycopene) بمفرده، إذ إن اللايكوبين النقي والعديد من الكاروتينويدات الأخرى تعمل كمحفزات للأكسدة في البيئة الدهنية [الوسط الدهني (lipid environment)[١٠٠، ١١٠، ١١١]. وفي دراسة لـ وينلي وآخرين (Wenli *et al.*)[١١٢] تم توضيح أن لمركَّز الليكوبين المستخلص من معجون الطماطم (tomato paste) المحتوي على ٥٠٪ لايكوبين و٥٠٪ مواد ذائبة في الدهون (lipid soluble substnces) أخرى (على الأرجح أنها تحتوي على توكوفيرولات) تأثيراً فعالاً في كسح جذور الأكسجين (oxygen radicals) كما أنه يثبط فوق أكسدة الدهون. ويبدو أن اللايكوبين في الطماطم أكثر ثباتاً (more stable)، مقارنة بالكاروتينويدات الأخرى، وذلك فيما يتعلق بالتغيرات أثناء التقشير (peeling) والعصر للخضروات[١١٣]. ومن بين العصيرات التجارية المختبرة، وجد أن لعصير الطماطم قدرة أعلى على امتصاص جذور الأكسجين (oxygen radical absorbance capacity) مقارنة بما لعصير البرتقال وعصير التفاح[٥٢]. ووفقاً لأنيس وآخرين (Anese *et al.*)[١١٤] يقل النشاط المضاد للأكسدة لعصير الطماطم بعد ٢-٥ ساعات من التسخين المبدئي، ولكن يتم

استعادة النشاط بعد التسخين لفترة طويلة (prolong heating). ذكر جازاني وآخرون (Gazzani *et al*)[٨١] أنه بينما وجد أن لعصيرات الخضراوات المغلية، بصفة عامة، نشاطا مضادا للأكسدة، إلا أن عصير الطماطم محفز للأكسدة. ويمكن تفسير هذه النتائج المتعارضة (contradictory findings) بوجود اختلافات أو فروقات في كمية المركبات المضادة للأكسدة في عصيرات الطماطم؛ لأن جازاني وآخرين[٨١] قد استخدموا طريقة ترشيح (filteration method) أدت إلى فقد معظم لون العصير (juice coloration). يوجد مركب آخر مضاد للأكسدة غير اللايكوبين وهو النارينجينين شالوكن(naringenin chalcone) في قشرة الطماطم (٦٤ملجراماً/كيلوجراماً) وقد يكون موجودا في العصير والمعجون والكاتشب (ketchup)[٥٥]، وفي تصنيع الطماطم لكاتشب، يتحول النارينجينين شالكون إلى نارينجينين.

(٣,١٢) تأثير مختلف تقنيات التصنيع على النشاط المضاد للأكسدة

Effect of Different Processing Technologies on Antioxidant Activity

يتضمن تصنيع الأغذية تغيرات في التكامل البنائي للمواد النباتية (structural integrity of the plant material) وينتج عن ذلك آثار سلبية وإيجابية، وعندما تتعادل الآثار السلبية والإيجابية، لا يحدث تغيير في النشاط المضاد للأكسدة[١١٥]. يقل النشاط المضاد للأكسدة بسبب تثبيط المركبات المضادة للأكسدة، وذلك بسبب الأكسدة، على سبيل المثال، بالإنزيمات (البولي فينول أُكسيديز (polyphenoloxidase) وغيره من الإنزيمات)، أو بسبب الفقد في ماء الطبخ. لكل من هذين التغيرين السالبين آثار كبيرة على مضادات الأكسدة الذائبة في الماء (water soluble antioxidant) مثل فيتامين ج والفلافونويدات والأحماض الفينولية، مقارنة بـ مضادات الأكسدة الذائبة في الدهون مثل الكاروتينويدات والتوكوفيرولات. وتشمل الآثار الإيجابية لتصنيع الأغذية تحويل

مضـادات الأكسـدة إلى مركبـات أكثـر نشـاطاً، مثـل إزالـة سـكر كويرسـيتين البصل(deglycosylation of onion quercetion) [١٠٦]، وكذلك لزيادة النشاط المضاد للأكسدة نتيجة لتثبيط الإنزيمات[٨١]. يؤدي التقشير والعصر إلى فواقد كبيرة في الكاروتينويدات والأنثوسيانينات والهايدروكسي سنامات والفلافونولات، إذ إن جلد (قشور) الفواكه والأعناب وقشور الخضراوات غنية جداً بالمركبات المضادة للأكسدة. وعلى أي حال، فإن النشاط المضاد للأكسدة للفواكه والأعناب الطازجة مشابه ويمكن أن يقارن بنشاط منتجاتها المصنعة مثل العصيرات والنبيذ(wine)[٢٩، ٢٤، ١١١] وكذلك يشابه النشاط المضاد للأكسدة لعصير الطماطم نشاط الخضراوات الطازجة كما تفيد معظم الدراسات[٥٢، ١١٤].

(٣,١٣) الاتجاهات المستقبلية

Future Trends

تلقى مضادات الأكسدة الغذائية (dietary antioxidants) اهتماماً زائداً كمكونات نشطة حيوياً مع احتمال آثارها الصحية المفيدة. وقد أثبتت الأدوار الفسيولوجية لبعض مضادات الأكسدة هذه مثل فيتامين هـ وفيتامين ج، إثباتاً تاماً. أما تجارب أو محاولات التدخل (intervention trials) بالكاروتينويدات فقد كانت مخيبة للآمال، و ذلك فيما يتعلق بالاكتشافات المتوقعة، أي وجود دور حيوي إيجابي للكاروتينويدات. وفي المقابل، فإن الفلافونويدات تعتبر مضادات أكسدة فعالة، وقد افترض بأنها تقي من الأمراض القلبية الوعائية وذلك لتقليلها أكسدة الـ LDL. وهناك براهين إبديميولوجية على هذا، ولكن بما أن الفلافونويدات بصفة عامة، تمتص بكميات صغيرة فقط، فما زال نشاطها الحيوي داخل الجسم*(in vivo)* في انتظار الإثبات والتأكيد. وقد تكون نشاط تعاوني أوروبي (European collabooration) بعنوان (QLKI-1999-00124 january 2003) لاختبار الخصائص الوظيفية (functional properties) والتوافر الحيوي والنشاطات

الحيوية للأنثوسيانينات الغذائية وخاصة فيما يتعلق بالصحة القلبية الوعائية للإنسان. وعليه، قبل ظهور أي معلومات جديدة حول ماهية (identity) التوافر الحيوي والنشاطات الحيوية لمضادات الأكسدة الغذائية، فإن التوصية العامة بزيادة استهلاك الفواكه والأعناب والخضراوات ، سواء كان استهلاكها منتجات طازجة أو أغذية مصنعة، تبقى توصية ذات قيمة وأهمية.

(٣,١٤) مصادر المعلومات المستقبلية والنصائح
Sources of Future Information and Advice

يتزايد الاهتمام بالأغذية الوظيفية (functional foods)، وغيرها من المنتجات التي لها آثار صحية، ويتواجد في الوقت الحاضر عدد كبير من الشركات التجارية التي تنتج مختلف منتجات المركزات المضادة للأكسدة (antioxidant concentrates). وتتراوح هذه المؤسسات والشركات التجارية بين منتجي العصائر التقليديين والشركات الكبيرة المتخصصة في النكهات الطبيعية (natural flavours) والألوان الغذائية (food colours) والشركات الجديدة المتخصصة في المكملات المحفزة والمحسنة للصحة (health promoting supplements). هناك ندرة في المعارف (المعلومات) المنشورة (published knowledge) حول المحتوى أو التركيب الجزيئي (molecular composition) والآثار الصحية المبرهنة المثبتة لمختلف المركزات المضادة للأكسدة، ولكن بالرغم من ذلك يتم الادعاء بأن لكثير منها فوائد فسيولوجية محتملة أو أنها على الأقل توفر وتمد بكمية كبيرة من مضادات الأكسدة، وأنها تُسَوَّقُ على هذا الأساس. ويوصى بالحذر عند تقييم هذه الدعايات. وحتى وقت كتابة هذا الكتاب، لم يتم معرفة التفاصيل الدقيقة لآليات عمل مضادات الأكسدة وكفاءتها وفعاليتها منفردة أو مجتمعة. عليه، بالرغم من فهمنا التفصيلي، نوعا ما، للآليات المختلفة التي قد تعمل بها مضادات الأكسدة الطبيعية،

إلا أنه حالياً، من الصعوبة التنبؤ بنشاطات وفعالية مختلف مستخلصات النبات مختلطة التركيب والمحتوى بدون معرفة المحتوى التركيبي للتحضيرات (preperations). بالإضافة لذلك، فإن فينولات طبيعية معينة مضادة للأكسدة قد تعمل متعاضدة أو حتى متضادة، مما يعقد التنبؤات حول فعالية المركزات المختلطة كمضادات للأكسدة. لذا، فإن تسويق معظم المركزات المضادة للأكسدة يعتمد، فقط، على المعرفة التجريبية (empirical knowledge) من اختبارات الأنظمة النموذجية (model systems). في التغذية، تتوافر معلومات ومعارف محدودة جداً حول الآثار المحتملة على المدى البعيد للمتناولات العالية لمضادات الأكسدة الطبيعية عندما تستهلك في شكلها المركَّز (concentrated form) وحتى إذا استخلصت من المصادر الطبيعية للفواكه والأعناب والخضراوات . هناك حاجة لمزيد من الأبحاث في الآثار المضادة للأكسدة للمخاليط الطبيعية المضادة للأكسدة وفي تأثيرات مختلف عمليات التصنيع على مضادات الأكسدة الطبيعية وفي التأثيرات المحتملة للنسيج الطبيعي (natural matrix) على الآثار المضادة للأكسدة والآثار التغذوية.

ولمزيد من المعلومات، نوصي بمراجعة الأوراق العلمية المرجعية (البحوث أو الدوريات(review articles)] والكتب التالية :

FRANKEL E N and MEYER A. S., The problems of using one-dimentional methods to evaluate multifunctional food and biolgical antioxidants, *J Sci Food Agric*, 2000; **80**: 1925-41.

LINDSAY D and CLIFFORD M (ed), Special issue devoted to critical reviews produced within the EU concerted action Nutrtional enhancement of plant-based food in European trade (NEODIET), *J Sci Food Agric*, 2000, **80**: 793-1137.

POKORNY J, YANISHLIEVA N and GORDON M (ed), *Antioxidants in Food. Practical Application*s, Cambridge, Woodhead Publishing Ltd., 2001.

(٣,١٥) اختصارات

Abbreviations

*AAPH: 2,2' – azobis (2- amidinopropane) dihydrochlonide
*$ABTS^{\cdot+}$: 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonate) radical cation
*BHT: butylated hydroxytoluene
* DPPH: 2,2 – diphenyl – 1- picrylhdrazyl
* GAE: gallic acid equivalents
* IC_{50}: 50% inhibition
* LDL: low density lipoprotein
* MAP: modified atmosphere packaging
* NADPH: nicotinamide adenine dinucleotide hydrogen phosphate
* ORAC: oxygen radical absorbance capacity
* TBHQ: tertiary butylhydroquinone
* TEAC: trolox equivalent antioxidant activity
* TRAP: total radical trapping parameter
* VLDL: very low density lipoprotein

(٣,١٦) المراجـــع

References

(1) HO C-T, 'Phenolic compounds in food. An overview', in *Phenolic Compounds in Food and their Effects on Health* 1, eds Ho C-T, Lee C Y and Huang M-T, ACS Symposium Series, Volume 506, 1992 2-7.
(2) MEYER A S, YI O-S, PEARSON D A, WATERHOUSE A L and FRANKEL E N, 'Inhibition of human low density lipoprotein oxidation in relation to composition of phenolic antioxidants in grapes *(VItis vinifera)', J Agric Food Chern,* 1997 **45** 1638-43.
(3) TOMAS-BARBERAN F A, GIL M I, CREMIN P, WATERHOUSE A L, HESS-PIERCE B and KADER A A, 'HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums', *J Agric Food Chern,* 2001 **494748-60.**
(4) KAHKONEN M P, HOPIA A I and HEINONEN M, 'Berry phenolics and their antioxidant activity', *J Agric Food Chern,* 2001 **494076-82.**
(5) STAPLES L C and FRANCIS F J, 'Colorimetry of cranberry cocktail by wide range spectrophotometry', *Food Technol,* 196822611-15.
(6) SAPERS G M, PHILLIPS J G, RUDOLF H M and DI VITO A M, 'Cranberry quality: selection procedures for breeding programs', *J Arn Soc Hortie Sci,* 1983 108 241-4.
(7) ROMMEL A, HEATHERBELL D A and WROLSTAD R, 'Red raspberry juice and wine: effect of processing and storage on anthocyanin pigment composition, color and appearance', *J Food Sci,* 199257385-410.
(8) BAKKER J and BRIDLE P, 'Strawberry juice colour: the effect of sulphur dioxide and EDTA on the stability of anthocyanins', *J Sci Food Agric,* 199260 477-81.
(9) SKREDE L C, WROLSTAD R E and LEA P, 'Color stability of strawberry and blackcurrant syrups', *J Food Sci,* 199257 172-7.

(10) SPANOS G A, WROLSTAD R E and HEATHERBELL D A, 'Influence of processing and storage on the phenolic composition of apple juice', *J Agric Food Chern,* 1990 38 1572-89.
(11) GARCIA-VIGUERA C, ZAFRILLA P and TOMAS-BARBERAN F A, 'Determination of the authenticity of fruit jams by HPLC analysis of anthocyanins' , *J Sci Food Agric,* 1997 73207-13.
(12) HAKKINEN S H, KARENLAMPI S 0, MYKKANEN H M and TORRONEN A R, 'Influence of domestic processing and storage on flavonol contents in berries' , *J Agric Food Chern,* 2000 48 2960-5.
(13) RIBEREAU-GAYON P, 'The anthocyanins in grapes and wines'. *Anthocyanins as Food Colors,* ed Markarkis P, New York, Academic Press, 1982.
(14) SUAREZ VALLES B, SANTAMARIA V J, MANGAS ALONSO J J and GOMIS D B, 'High performance liquid chromatography of the neutral phenolic compounds of low molecular weight in apple juice', *J Agric Food Chern,* 1994422732-6.
(15) FRANKEL E N, WATERHOUSE A L and TEISSEDRE P L, 'Principal phenolic phytochemicals in selected California wines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low-density lipoproteins', *J Agric Food Chern,* 199543890-4.
(16) ABU-AMSHA R, CROFT K D, PUDDEY I B and BEILIN L J, 'Phenolic content of various beverages determines the extent of inhibition of human serum and low-density lipoprotein oxidation *in vitro* identification and mechanism of action of some cinnamic acid derivatives from red wine', *Clin Sci,* 199691449-58.
(17) MILLER N J and RICE-EVANS C A, 'The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink', *Food Chern,* 199760331-7.
(18) ZAFRILLA P, FERRERES F and TOMAS-BARBERAN F A, 'Effect of processing and storage on the antioxidant ellagic acid derivatives and flavonoids of red raspberry *(Rubus idaeus)* jams', *J Agric Food Chern,* 2001 493651-5.
(19) HAKKINEN S H, KARENLAMPI S 0, MYKKANEN H M, HEINONEN I M and TORRONEN A R, 'Ellagic acid content in berries: influence of domestic processing and storage', *Eur Food Res Technol,* 2000 212 75-80.'
(20) RODRIQUEZ-AMAYA D B, 'Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods', USAID, OMNI Project, 1997.
(21) KABASAKALIS V, SIOPlDOU D and MOSHATOU E, 'Ascorbic acid content of commercial fruit juices and its rate of loss upon storage', *Food Chern,* 2000 70325-8.
(22) KALT K, FORNEY C F, MARTIN A and PRIOR R L, 'Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits' , *J Agric Food Chern,* 1999 47 4638-44.
(23) RICE-EVANS C A, MILLER N J and PAGAljGA G, 'Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids', *Free Rad Bioi Med,* 199620933-56.
(24) FRANKEL E N and MEYER A S, 'The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants', *J Sci Food Agric,* 2000 80 1925-41.
(25) LARANJINHA J A N, ALMEIDA L M and MADEIRA V M C, 'Reactivity of dietary phenolic acids with peroxyl radicals; antioxidant activity upon low density lipoprotein peroxidation', *Biochern Pharrnacol,* 199448487-94.
(26) MEYER A S, DONOVAN J L, PEARSON D A, WATERHOUSE A L and FRANKEL E N, 'Fruit hydroxycinnamic acids inhibit human low-density lipoprotein oxidation *in vitro', J Agric Food Chern,* 1998 46 1783-7.

(27) CHANG S, TAN C, FRANKEL E N and BARRETT D M, 'Low-density lipoprotein antioxidant activity of phenolic compounds and polyphenol oxidase activity in selected clingstone peach cultivars', *J Agric Food Chern,* 200048 147-51.
(28) RISCH B and HERRMANN K, 'Contents of hydroxycinnamic acid derivatives and catechins in stone fruits', Z. *Lebensrn Unters-Forsch,* 1988 186225-30.
(29) HEINONEN I M, MEYER A S and FRANKEL E N, 'Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation', *J Agric Food Chern,* 1998464107-12.
(30) GAO L and MAZZA G, 'Characterization, quantitation, and distribution of anthocyanins and colorless phenolics in sweet cherries', *J Agric Food Chern,* 199543 343-6.
(31) MACHEIX J-J, FLEURIET A and BILLOT J, *Fruit Phenolics,* CRC Press, Boca Raton, FL, 1990.
(32) SANCHEZ-MORENO C, LARRAURI J A and SAURA-CALIXTO F, 'A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols', *J Sci Food Agric,* 199876270-6.
(33) TEISSEDRE P L, FRANKEL E N, WATERHOUSE A L, PELEG H and GERMAN J B, 'Inhibition of *in vitro* human LDL oxidation by phenolic antioxidants from grapes and wines', *J Sci Food Agric,* 19967055-61.
(34) WANG H B, NAIR M G, STRASBURG G M, BOOREN A M and GRAY J I, Antioxidant polyphenols from tart cherries *(Prunus cerasus), J Agric Food Chern,* 199947 840-4.
(35) VINSON J A, SU X, ZUBIK L and BOSE P, 'Phenol antioxidant quantity and quality in foods: Fruits', *J Agric Food Chern,* 2001 495315-21.
(36) PLUMB G W, CHAMBERS S J, LAMBERT N, BARTOLOME B, HEANEY R K, WANIGATUNGA S, ARUOMA 0 I, HALLIWELL B and WILLIAMSON G, 'Antioxidant actions of fruit, herb, and spice extracts', *J Food Lipids,* 19963 171-8.
(37) DONOVAN J L, MEYER A S and WATERHOUSE A L, 'Phenolic composition and antioxidant activity of prunes and prune juice', *J Agric Food Chern,* 199846 1247-52.
(38) PRIOR R, *Tufts University Study,* 1999 (www.prunes.org/fi1estor/techres/ newsletter.antioxidant-power.51.0 l.pdf).
(39) RISCH B, HERRMANN K, WRAY V and GROTJAHN L, '2'-(E)-O-p-coumaroylgalactaric acid and 2'-(E)-O-feruloylgalactaric acid in citrus', *Phytochern,* 1987 26 509-10.
(40) RISCH B and HERRMANN K, 'Contents of hydroxycinnamic acid derivatives in citrus fruits', Z *Lebensrn Unters-Forsch,* 1987 187, 530-4.
(41) LEE H S and COATES G A, 'Vitamin C contents in processed florida citrus juice products from 1985-1995 survey', *J Agric Food Chern,* 1997452550-5.
(42) KAWAU S, TOMONO Y, KATASE E, OGAWA K and YANO M, 'Quantitation of flavonoid constituents in citrus fruits', *J Agric Food Chern,* 1999 47 3565-71.
(43) SCARLATA C J and EBELER S E, 'Vitamins and especially flavonoids in common beverages are powerful *in vitro* antioxidants which enrich low density lipoproteins and increase their oxidative resistance after *ex vivo* spiking in human plasma', *J Agric Food Chern,* 1999472502-4.
(44) CHOI H-S, SONG H S, UKEDA H and SAWAMURA M, 'Radical-scavenging activities of citrus essential oils and their components: Detection using 1,I-diphenyl-2-picrylhydrazyl', *J Agric Food Chern,* 2000484156-61.
(45) BOCCO A, CUVELIER M-E, RICHARD H and BERSET C, 'Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts', *J Agric Food Chern,* 199846, 2123-9.

(46) MANTHEY J A and GROHMANN K, 'Phenols in citrus peel byproducts. Concentrations of hydroxycinnamates and polymethoxylated flavones in citrus peel molasses', *J Agric Food Chern*, 2001 493268-73.
(47) LANNINGHAM-FOSTER L, CHEN C, CHANCE D S and LOO G, 'Grape extract inhibits lipid peroxidation of human low density lipoprotein', *Bioi Pharm Bull*, 1995 18 1347-51.
(48) VINSON J A and HONTZ B A, 'Phenol antioxidant index: comparative antioxidant effectiveness of red and white wines', *J Agric Food Chern*, 199543401-3.
(49) FRANKEL EN, BOSANEK C A, MEYER A S, SILLIMAN K and KIRK L L, 'Commercial grape juices inhibit the *in vitro* oxidation of human low-density lipoproteins', *J Agric Food Chern*, 1998 46 834-8.
(50) LANDBO A-K and MEYER A S, 'Ascorbic acid improves the antioxidant activity of European grape juices to inhibit human LDL oxidation *in vitro', Int J Food Sci Technol*, 2001 36 727-35.
(51) YI O-S, MEYER A S and FRANKEL E N, 'Antioxidant activity of grape extracts in a lecithin liposome system', *JAm Oil Chern Soc*, 199774 1301-7.
(52) WANG H, CAO G and PRIOR R L, 'Total antioxidant capacity of fruits', *J Agric Food Chern*, 199644 701-5.
(53) RICARDO DA SILVA J M, DARMON N, FERNANDEZ Y and MITJALVA S, 'Oxygen free radical scavenger capacity in aqueous models of different procyanidins from grape seeds', *J Agric Food Chern*, 1991 39 1549-52.
(54) KAHKONEN M P, HOPIA A I, VUORELA H J, RAUHA J-P, PIHLAJA K, KUJALA T S and HEINONEN M, 'Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds' , *J Agric Food Chern*, 1999 47 3954-62.
(55) TOMAS-BARBERAN F A and CLIFFORD M N, 'Flavanones, chalcones and dihydrochalcones - nature, occurrence and dietary burden', *J Sci Food Agric*, 2000 80 1073-80.
(56) VAN DER SLUIS A A, DEKKER M and JONGEN W M F, 'Effect of processing on content and antioxidant activity of flavonoids in apple juice', *Spec Publ- R Soc Chern*, 1999 240 (Natural antioxidants and anticarcinogens in nutrition, health and disease) 209-11.
(57) VELIOGLU Y S, MAZZA G, GAO L and OOMAH D B, 'Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products', *J Agric Food Chern*, 1998 46 4113-17.
(58) GARCIA-ALONSO M, DE PASCUAL-TERESA S, SANTOS-BUELGA C and RIVAS-GONZALO, 'Evaluation of the antioxidant properties of fruits', Final COST 916 *Conference Bioactive Compounds in Plant Foods. Health Effects and Perspectives for the Food Industry*, Tenerife, Canary Islands, Spain, 2001 102 (abstract).
(59) COSTANTINO L, ALBASINI A, RASTELLI G and BENVENUTI S, 'Activity of polyphenolic crude extracts as scavengers of superoxide radicals and inhibitors of xanthine oxidase', *Planta Medica*, 199258341-4.
(60) PRIOR R L, CAO G, MARTIN A, SOFIC E, MCEWEN J, O'BRIEN C, LISCHNER N, EHLENFELDT M, KALT W, KREWER G and MAINLAND C M, 'Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanidin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species', *J Agric Food Chern*, 199846 2686-93.
(61) SMITH MAL, MARLEY K A, SEIGLER D, SINGLETARY K W and MELINE B, 'Bioactive properties of wild blueberry fruits', *J Food Sci*, 2000 65 352-6.
(62) KAHKONEN M, HEINAMAKI J, OLLILAINEN V and HEINONEN M, 'Berry anthocyanins - isolation, identification and antioxidant activities', unpublished results.

(63) KAHKONEN M, HEINAMAKI J and HEINONEN M, 'Antioxidant action of anthocyanins and their aglycons', unpublished results.
(64) SATUE-GRACIA T, HEINONEN M and FRANKEL E N, 'Antioxidant activity of anthocyanins in LDL and lecitnin liposome systems', *J Agric Food Chern,* 1997453362-7.
(65) ESPIN J C, SOLER-RIVAS C, WICHERS H J and GARCIA-VIGUERA C, 'Anthocyanin-based natural colorants: a new source of antiradical activity for foodstuff', *J Agric Food Chern,* 2000 48 1588-92..
(66) ABUJA P M, MURKOVIC M and PFANNHAUSER W, 'Antioxidant and prooxidant activities of elderberry *(Sambucus nigra)* extract in low-density lipoprotein oxidation', *J Agric Food Chern,* 199846 4091-6.
(67) MEYER A S, LET M B and LANDBO A-K, 'Fate of anthocyanins in industrial clarification treatment of cherry and black currant juice and the effects on antioxidant activity on LDL oxidation *in vitro',* unpublished results.
68 HUSSEIN A, ODUMERU J A, AYANBADEJO T, FAULKNER H, MCNAB W B, HAGER H and SZIJARTO L, 'Effects of processing and packaging on vitamin C and carotene content of ready-to-use (RTU) vegetables', *Food Res Internat,* 200032 131-6.
(68) GIL-IZQUIERDO A, GIL M I, CONESA M A and FERRERES F, 'The effect of storage temperatures on vitamin C and phenolics content of artichoke *(Cynara scolymus* L.) heads', *Inn Food Sci Emerging Technol,* 2001 2 199-202.
(70) VAN DEN BERG H, FAULKS R, GRANADO H F, HIRSCHBERG J, OLMEDILLA B, SANDMANN G, SOUTHON S and STAHL W, 'The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects', *J Sci Food Agric,* 200080880-912.
(71) HOLLMAN P CH and ARTS I C W, 'Flavonols, flavones and flavanols - nature, occurrence and dietary burden', *J Sci Food Agric,* 200080 1081-93.
(72) PLUMB G W, CHAMBERS S J, LAMBERT N, WANIGATUNGA S and WILLIAMSON G, 'Influence of fruit and vegetable extracts on lipid peroxidation in microsomes containing specific cytochrome P450s', *Food Chern,* 199760 161-4.
(73) SANG W C, EUN J C, TAE Y H and KYOUNG H C, 'Antioxidant activity of acylated anthocyanin isolated from fruits and vegetables', *J Food Sci Nutr,* 19972 191-6.
(74) HERTOG M G L, HOLLMAN P CH and KATAN M B, 'Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands', *J Agric Food Chern,* 1992402379-83.
(75) CROZIER A, LEAN M E J, MCDONALD M S and BLACK C, 'Quantitative analysis of the flavonoid content of commercial tomatoes, onions, lettuce and celery', *J Agric Food Chern,* 199745590-5.
(76) CLIFFORD M N, 'Chlorogenic acids and other cinnamates - nature, occurrence, dietary burden, absorption and metabolism', *J Sci Food Agric,* 2000 80 1033-43.
(77) GRAF E, 'Antioxidant potential of ferulic acid', *Free Rad Bioi Med,* 1992 13 435-48.
(78) PLUMB G W, PRICE K R, RHODES M J C and WILLIAMSON G, 'Antioxidant properties of the major polyphenolic compounds in broccoli', *Free Rad Res,* 1997 27 429-35.
(79) CAO G, SOFIC E and PRIOR R L, 'Antioxidant capacity of tea and common vegetables', *J Agric Food Chern,* 1996443426-31.
(80) VINSON J A, HAO Y, SU X and ZUBIK L, 'Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables', *J Agric Food Chern,* 1998463630-4.
(81) GAZZANI G, PAPETTI A, MASSOLINI G and DAGLIA M, 'Anti- and prooxidant activity of water soluble components of some common diet vegetables and the effect of thermal treatment', *J Agric Food Chern,* 1998464118-22.

(82) LEWIS C E, WALKER J R L, LANCASTER J E and SUTTON K H, 'Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in potatoes. 1: Coloured cultivars of *Solanum tuberosum*', *J Sci Food Agric*, 19987745-57.
(83) RODRIGUEZ-SAONA L E, GIUSTI M W and WROLSTAD R E, 'Anthocyanin pigment composition of red-fleshed potatoes', *J Food Sci*, 1998 63458-65.
(84) ONYENEHO S N and HETTIARACHCHY N S, 'Antioxidant activity, fatty acids and phenolic acid compositions of potato peels', *J Sci Food Agric*, 1993 62 345-50.
(85) LUGASI A, ALMEIDA D P F and DWORSCHAK E, 'Chlorogenic acid content and antioxidant properties of potato tubers as related to nitrogen fertilisation', *Acta Alimentaria*, 1999 28 183-90.
(86) ZHAN P X, 'Antioxidative activity of extracts from potato and sweet potato', *Food Ferment Ind*, 1996230-5.
(87) PRATT D E and WATTS B M J, 'The antioxidant activity of vegetable extracts. I. Flavone aglycones', *J Food Sci*, 19642927-33.
(88) PRATT D E, 'Lipid antioxidants in plant tissues', *J Food Sci*, 196530737-41.
(89) ISHII G, MORI M and UMEMURA Y, 'Antioxidative activity and food chemical properties of anthocyanins from the colored tuber flesh of potatoes', *J Jpn Soc Food Sci Technol (Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi)*, 199643962-6.
(90) HAYASE F and KATO H, 'Antioxidative components of sweet potatoes', *J Nutr Sci Vztaminol*, 19843037-46.
(91) HOU W-C, CHENY-C, CHEN H-J, YAW-HUI L, LING-LING Y and MEI-HSIEN L, 'Antioxidant activities of trypsin inhibitor, a 33 kDa root storage protein of sweet potato *(Ipomoea batatas* L. Lam cv. Tainong 57), *J Agric Food Chern*, 2001 492978-81.
(92) ALASALVAR C, GRIGOR J M, ZHANG D, QUANTICK P C and SHAHIDI F, 'Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties', *J Agric Food Chern*, 2001 49 1410--16.
(93) BUREAU J L and BUSHWAY R J, 'HPLC determination of carotenoids in fruits and vegetables in the United States', *J Food Sci*, 198651128-30.
(94) HEINONEN I M, OLLILAINEN V, LINKOLA E K, V ARO P T and KOIVISTOINEN P E, 'Carotenoids in Finnish foods: vegetables, fruits, and berries', *J Agric Food Chern*, 198937655-9.
(95) HART D J and SCOTT K J, 'Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK', *Food Chern*, 199554 WI-II.
(96) KANNER J, HAREL S and GRANIT R, 'Betalains - a new class of dietary cationized antioxidants', *J Agric Food Chern*, 2001495178-85.
(97) RAMANATHNAM N, OCHI H and TAKEUCHI M, 'Antioxidative defence system in vegetable extracts' , in *Natural Antioxidants. Chemistry, Health Effects, and Applications*, ed Shahidi F, Champaign, Illinois, AOCS Press, 1997, 76-87.
(98) PLUMB G W, LAMBERT N, CHAMBERS S J, WANIGATUNGA S, HEANEY R K, PLUMB J A, ARUOMA 0 I, HALLIWELL B, MILLER N J and WILLIAMSON G, 'Are whole extracts and purified glucosinolates from crusiferous vegetables antioxidants?', *Free Roo Res*, 19962575-86.
(99) FENWICK G R, HEANEY R K and MAWSON R, 'Glucosinolates', in *Toxicants of Plant Origin*, ed Cheeke R R, Boca Raton, Florida, CRC Press, 1989, Volume 2 1-41.
(100) AL-SAIKHAN M S, HOWARD L R and MILLER J C JR, 'Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato *(Solanum tuberosum* L.)' , *J Food Sci*, 1995 60341-7.

(101) MAKRIS D P and ROSSITER J T, 'Domestic processing of onion bulbs *(Allium cepa)* and asparagus spears *(Asparagus officinalis):* effect on flavonol content and antioxidant status', *J Agric Food Chern,* 2001 49 3216-22.
(102) WEGH R J and LUYTEN H, 'Influence of processing on antioxidant activity of onion *(Allium cepa)', Biotechnology in the Food Chain. New Tools and Applications for Future Foods,* ed Poutanen, K, 1998 Helsinki, 28-30 January VTT Symposium 177.
(103) YIN M-C and CHEN W-S, 'Antioxidant activity of several *Allium* members', *J Agric Food Chern,* 1998464097-101.
(104) PRASAD K, LAXDAL V A, YU M and RANEY B L, 'Antioxidant activity of allicin, an active principal in garlic', *Mol Cell Biochem,* 1995 148 183-9.
(105) EWALD C, FJEKKNER-MODIG S, JOHANSSON K, SJOHOLM I and AKESSON B, 'Effect of processing on major flavonoids in processed onions, green beans, and peas', *Food Chern,* 199864 231-5.
(106) BEOM J L, YONG S L and MYUNG H C, 'Antioxidant activity of vegetables and their blends in iron-catalyzed model systems', *J Food Sci Nutr,* 19983309-14.
(107) CASTENMILLER J M, *Spinach as a Source of Carotenoids, Folate and Antioxidant Activity,* Dissertation, 2000, Division of Human Nutrition and Epidemology, Wageningen University, the Netherlands, 183.
(108) GlL M I, FERRERES F and TOMAS-BARBERAN F A, 'Effect of postharvest storage and processing on the antioxidant constituents (ftavonoids and vitamin C) of fresh-cut spinach', *J Agric Food Chern,* 1999472213-17.
(109) SCHWARZ K, BERTELSEN G, NISSEL L R, GARDNER P T, HEINONEN M I, HOPIA A I, HUYNH-BA T, LAMBE LET P, MCPHAIL D, SKIBSTED L H and TIJBURG L, 'Investigation *of* plant extracts for the protection *of* processed foods against lipid oxidation. Comparison *of* antioxidant assays based on radical scavenging, lipid oxidation and analysis of the principal antioxidant compounds', *Eur J Res Food Technol, 2001* 212 319-28.
(110) HAlLA K M, LIEVONEN S M and HEINONEN M I, 'Effects of lutein, lycopene, annatto, and y-tocopherol on oxidation of triglycerides', *J Agric Food Chern,* 1996 44 *2096-100.*
(111) YANISHLIEVA-MASLAROVA N-V and HEINONEN I M, 'Sources *of* natural antioxidants: vegetables, fruits, herbs, spices and teas', *Antioxidants* in *Food,* eds Pokorny J, Yanishlieva N and Gordon M, Boca Raton, Florida, CRC Press, *2001,* 21063.
(112) WENLI Y, YAPING Z, ZHEN X, HUI J and DAPU w, 'The antioxidant properties *of* lycopene concentrate extracted from tomato paste', *J Am Oil Chern Soc, 2001* 78 697-701.
(113) NGUYEN M L and SCHWARZ S J, 'Lycopene stability during food processing', *Proc Soc Exp Biol Med,* 1998218 101-5.
(114) ANESE M, MANZOCCO L, NICOLI M C and LERICI C R, 'Antioxidant properties *of* tomato juice as affected by heating', *J Sci Food Agric,* 199979750-4. 115
(115) POKORNY J and SCHMIDT S, 'Natural antioxidant functionality during food processing', *Antioxidants* in *Food,* eds Pokorny J, Yanishlieva N and Gordon M, Boca Raton, Florida, CRC Press, 2001, 331-54.
(116) LEES G L, WALL K M, BEVERIDGE T H and SUTTILL N H, 'Localization *of* condensed tannins in apple fruit peel, pulp, and seeds', *Can J Bot,* 199573 1897-904.
(117) Finnish Food composition table (www.kt1.fi/fineli). 118.
(118) SANTOS-BUELGA C and SCALBERT A, 'Proanthocyanidins and tannin-like compounds - nature, occurrence, dietary intake and *effects* on nutrition and health', *J Sci Food Agric, 2000* 80 *1094-117.*

(119) HERTOG M G L, HOLLMAN PC H and VAN DE PUTTE B, 'Content *of* potentially anticarcinogenic flavonoids *of* tea infusions, wines, and fruit juices' , *J Agric Food Chern,* 199341 1242-6.
(120) MILLER N J, DIPLOCK A T and RICE-EVANS C A, 'Evaluation *of* total antioxidant activity as a marker *of* the deterioration *of* apple juice on storage', *J Agric Food Chern,* 199543 1794-801.
(121) RASTAS M, SEPPANEN R M, KNUTS L-R, HAKALA P and KARTTILA V (eds), *Nutrient Composition of Foods,* The Social Insurance Institution, Finland, 1997.
(122) BILLYK A and SAPERS G M, 'Varietal differences in the quercetin, kaempherol and myricetin contents *of* highbush blueberry, cranberry and thornless blackberry fruits', *J Agric Food Chern,* 198634585-8.
(123) LEES D H and FRANCIS F, 'Effect *of* gamma radiation on anthocyanin and flavonol pigments in cranberries *(Vaccinium macrocarpon* Ait)', *J Am Soc Hort Sci,* 1972 97 128-32.
(124) SAPERS G M, JONES S B and MAHER G T, 'Factors affecting the recovery *of* juice and anthocyanin from cranberries', *JAm Soc Hort Sci,* 1983 108246-9.
(125) FRANKEL E N and MEYER A S, 'Antioxidants in grapes and grape juices and their potential health effects', *Pharm Biol,* 199836 1-7.
(126) STOHR H and HERRMANN K, 'On the occurrence *of* derivatives *of* hydroxycinnamic acids, hydroxybenzoic acids and hydroxycoumarins in citrus fruits', Z *Lebensm Unters-Forsch,* 1975 *159305-12.*
(127) GARCIA E, HEINONEN M and BARRETT D M, 'Antioxidant activity *of* fresh and canned peach *(Prunus persica)* extracts in human low-density lipoprotein and liposome oxi dation', unpublished results.
(128) HAKKINEN S H, KARENLAMPI S 0, HEINONEN I M, MYKKANEN H M and TORRONEN A R, 'Content of the flavonols quercetin, myricetin, and kaempherol in 25 edible berries,' *J Agric Food Chern,* 1999472274-9.
(129) MEYER A S, HEINONEN M and FRANKEL E N, 'Antioxidant interactions of catechin, cyanidin, caffeic acid, quercetin, and ellagic acid on human LDL oxidation', *Food Chern,* 1998 61 71-5.
(130) CAO G, SOFIC E and PRIOR R L, 'Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: structure-activity relationships', *Free Rad BioI Med,* 1997 22 749-60.
(131) WANG Hand CAO G, 'Oxygen radicals absorbing capacity of anthocyanins', *J Agric Food Chern,* 1997 45 304-9.
(132) RE R, PELLEGRINI N, PROTEGGENTE A, PANNALA A, YANG M and RICE-EVANS C, 'Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay', *Free Rad BioI Med,* 199926 1231-7.
(133) GUO C, CAO G, SOFIC E and PRIOR R L, 'High-performance liquid chromatography coupled with colorimetric array detection of electroactive components in fruits and vegetables: relationship to oxygen radical absorbance capacity', *J Agric Food Chern,* 199745 1787-96.
(134) MATTILA P, ASTOLA J and KUMPULAINEN J, 'Determination of flavonoids in plant material by HPLC with diode-array and electro-array detections', *J Agric Food Chern,* 2000485834-41.

الفصل الرابع

تحسين الجودة التغذوية للفواكه والخضراوات المصنَّعة: الطماطم كحالة أو نموذج

Improving the Nutritional Quality of Processed Fruits and Vegetables: the Case of Tomatoes

كارلو ليوني، استازيون اسبيريمينتال بير آي إندوستريا ديللي كونسيرفي أليمينتاري، بارما
Carlo Leoni, Stazione Sperimentale per I, Industria delle Conserve Alimentari, Parma

(٤,١) مقدمة: دور الفواكه والخضراوات المصنَّعة في الغذاء العصري

Introduction: Role of Processed Fruits and Vegetables in the Modern Diet

الفكرة الأساسية التي يمكن أن يتفق عليها جميع العلماء التغذويين هي أن زيادة استهلاك مختلف أنواع الفواكه والخضراوات سيساعد في تحسين صحة معظم المجتمعات البشرية. ومن المعروف أن الغذاء (الذي يمثله غذاء سكان البحر الأبيض المتوسط كأفضل مثال (Mediterranean diet) يعتبر مفيدا للصحة، خاصة فيما يتعلق بمنع تطور الأمراض المزمنة التحللية التنكسية (chronic degenerative diseases)[٢,١]. الطماطم من أكثر الفواكه والخضراوات استخداما واستهلاكا في غذاء البحر الأبيض المتوسط. لذا، يبدو أن الطماطم مهمة بصفة خاصة من ناحية الصحة العامة إذ إنها تستهلك بكميات كبيرة وأنها غنية بكثير من المركبات التي يعتقد أنها توفر وقاية من أو تقلل مخاطر الإصابة بالأمراض المزمنة التنكسية.

تحتوي منتجات الخضروات بما فيها الطماطم كثيرا من المواد التي قد تكون مفيدة صحيا، وتوفر وقاية من أمراض معينة ترتبط بالعمليات التأكسدية. ولهذه المواد وظائف مختلفة، مثل كسح الجذور(الشوارد) الحرة(free radical scavengers) ومطفيات (إخماد) الأكسجين الأحادي(singlet oxygen quenchers) ومخلبات المعادن (metal chelants) ومثبطات الإنزيمات(inhibitors of enzymes) التي لها دور في تكوين الأنواع النشطة من الأكسجين[٣]. وقد أثبتت الدراسات الإبيدميولوجية (الوبائية) أن استهلاك الطماطم يوفر آثارا وقائية ضد بعض أنواع السرطانات وأمراض القلب الإسكيمية [أمراض تعويق سريان الدم في شرايين القلب(ischaemic heart diseases)]. وقد عُزِيَ هذا الأثر الواقي أساسا للنشاط المضاد للأكسدة لبعض مكونات الطماطم.

الكاروتينويدات من أوائل المركبات التي جذبت اهتمام العلماء بالآثار الصحية للفواكه والخضراوات ، والطماطم غنية بشكل خاص بواحد من هذه المركبات وهو اللايكوبين(lycopene). الطماطم هي المصدر الغذائي الرئيس للايكوبين، وهو الكاروتينويد النموذجي ذو اللون الأحمر(typically red-coloured carotenoid). وأيضا، توجد كاروتينويدات أخرى مثل كاروتينات بيتا (β–) وجاما (γ–) وكابا (ε–) وكذلك يتواجد الليوتين(lutein) والبايتوئين(phytoene) والفايتوفلوين(phytofluene)، ولكن بتركيزات أقل. كما يتواجد فيتامينا ج وهـ في البذور[٤]. وزيادة على ذلك، هناك اهتمام متزايد بمركبات أخرى موجودة في الطماطم مثل الفولات (folates) والفينولات، بالرغم من عدم وجود دراسات بشرية كافية لتقدير تأثيرات الفينولات على صحة الإنسان، بصفة خاصة. تعتبر الطماطم مصدرا مهما لحمض الأسكوربيك (فيتامين ج) الذي له تأثيرات مضادة للأكسدة وله تأثيرات تغذوية معروفة جيدا. وتحتوي الطماطم مثل الخضروات الأخرى على عدد من مركبات الفينولات العديدة التي لها تأثير مضاد للأكسدة[٥]. وأخيراً، تتواجد

التوكوفيرولات(tocopherols) في الطماطم أيضاً، بالرغم من وجودها بتركيزات منخفضة[٦]. إن التركيب المضاد للأكسدة للطماطم معقد وغني، ويجب أن تؤخذ المعايير المثالية للتصنيع وتقنيات التخزين في الاعتبار، للمحافظة على المخزون الكلي المضاد للأكسدة والمحافظة على خصائصه الوظيفية (functional properties).

(٤,٢) منتجات الطماطم المصنَّعة
Processed Tomato Products

من المهم أن نُذكِّر بأن الكميات الأكبر من الطماطم تؤكل في شكل منتجات مصنعة. ويمكن تصنيع الطماطم بسهولة بأشكال منتجات تستهلك بكميات كبيرة. وأثناء هذا التصنيع، فإن المكونات الرئيسة تُحفَظ أو حتى تركَّز. وبسبب هذا الاستهلاك الواسع والكبير، تبدو الطماطم كأحد أهم الأغذية فيما يتعلق بالصحة.

تقدم هذه الاكتشافات معايير مثالية جديدة (غير تقليدية) (novel optimization criteria) وأهدافا لتصنيع الطماطم. ومن الواضح أن نقطة البداية المثالية (القياسية) للخصائص التغذوية للطماطم هي المادة الخام، ويجب إعطاء اهتمام كبير لتفادي أو تقليل الآثار الضارة التي تسببها تقنية التصنيع والتخزين للمنتجات المصنعة.

يُصنَع حوالي ٢٥-٣٠ مليون طن طماطم سنويا، والتي تمثل أكثر من ثلث الـ٧٠ مليون طن المنتجة سنويا. إن متوسط استهلاك الفرد سنويا يبلغ حوالي ٣,٥كيلوجرام (على أساس طماطم طازجة)، مع اختلافات أو فروقات تتراوح ما بين صفر كيلو استهلاك لدى بعض المجتمعات، و١٤-١٥كيلوجراماً لدي سكان الاتحاد الأوربي، وإلى ٣٠ كيلوجراماً في إيطاليا والولايات المتحدة الأمريكية.

تعتبر الطماطم الآن من أهم منتجات الخضروات المستخدمة في المنتجات المحفوظة صناعيا. الدول المنتجة للطماطم "تقليديا" هي الولايات المتحدة الأمريكية وإيطاليا واليونان وأسبانيا والبرتغال وفرنسا والتي يضاف إليها تدريجيا، تركيا وأقطار

شمال أفريقيا وإسرائيل وكندا والمكسيك وشيلي والبرازيل وحديثا أضيفت الصين والجمهوريات الجنوبية للاتحاد السوفيتي السابق واستراليا وتايلاند والهند وجنوب أفريقيا. ويوضح الجدول رقم (٤,١) أحدث الدراسات لحملات الإنتاج (production campaigns)، ومن الجدول يمكن ملاحظة أنه بالرغم من أن هذه البيانات لصناعة تنتج منتجات ذات قيمة مضافة منخفضة نسبياً، إلا أن الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوربي وحدهما يصنعان ٧٠٪ من الإنتاج العالمي الكلي للطماطم.

ويمكن تحويل/تصنيع الطماطم إلى منتجات مختلفة مثل:

- *محفوظات الطماطم*(*tomato preserves*) [مثل طماطم كاملة مقشرة(whole peeled) tomatoes وعصير الطماطم(tomato juice) ولب الطماطم(tomato pulp) وهريس الطماطم (tomato puree) والطماطم المصفاة(strained tomatoes) والطماطم المقطعة شرائح(diced tomatoes) ومعجون الطماطم(tomato paste)]. مهما كانت خطوات التصنيع التقنية (technological flow sheet) في نهاية الأمر تعبأ كل هذه المنتجات في علب مغلفة بالقصدير(tinplate cans) وبرطمانات زجاجية (glass jars) وأكياس متعددة الطبقات (multilayer bags) ثم تثبت بالمعاملة الحرارية.
- *الطماطم المجففة*(*dried tomatoes*) [مسحوق طماطم(tomato powder) ورقائق الطماطم(tomato flakes) والطماطم المجففة كاملة أو أنصافاً أو شرائح(whole, halved and sliced dried tomatoes)]. تجفف هذه المنتجات(dehydrated) بتقنيات مختلفة، ويمثل النشاط المائي المنخفض العامل المثبت فيها(low water activity) ؛
- *الأغذية المعتمدة على الطماطم أو الأغذية المحتوية على طماطم*(*tomato-based foods or tomato-containing foods*) وهذه الأغذية هي التي تمثل فيها الطماطم أحد المكونات مثل[شوربة الطماطم(tomato soup) وصلصة الطماطم(tomato sauces)

وصلصة الشطة (chili sauce) والكاتشب (ketchup) وصلصة البلونيز (bolognaise sauce) إلخ..I. وفي هذه الحالة، يمكن إضافة كثير من المكونات الأخرى ليكتمل تصنيع المنتج، الذي يعلب ثم يعقم أو يثبت بالمعاملة الحرارية. إن تنوع الأغذية المحتوية على الطماطم يجعل من المستحيل تحديد خطوات عامة للتصنيع (general processing flow sheet). يمكن معاملة المنتجات حراريا أو حفظها مبردة أو تجميدها أو تجفيفها، كما يمكن تخزينها في ظروف أو حالات مختلفة، اعتمادا على ثباتيتها.

إضافة لذلك، تتطلب كثير من هذه المنتجات المذكورة سابقاً مزيدا من التصنيع المنزلي قبل استهلاكها، وذلك مثل الطبخ والخبز (baking) أو الترطيب(rehydration).

الجدول رقم (٤,١). كميات الطماطم المصنَّعة في البلدان الأهم من ناحية الاستخدام(آلاف الأطنان) منذ ١٩٧٥(*).

القطر	١٩٧٥	١٩٨٠	١٩٨٥	١٩٩٠	١٩٩٥	١٩٩٩
الولايات المتحدة	٧٧١٥	٥٦٤٦	٦٥٢٥	٩٣٠٧	١٠٢٣٥	١١٧٢٤
إيطاليا	١٥٧٥	٣٠٨٣	٣٧٨٥	٣٨٥٠	٣٥٣٥	٤٩٠٠
تركيا	٥٢٠	٦٠٠	١١٠٠	١٥٠٠	١٩٢٠	١٨٠٠
أسبانيا	٨٢٧	٤٩٩	٨١٩	١١٣٤	٩١٦	١٤٨٠
اليونان	٩٧٩	١٥٠٠	١١٨٠	١١٥٠	١١٧٨	١٢٠٠
البرازيل	❖	❖	❖	٦٠٠	٩٣٠	١١٠٠
البرتغال	٨٠٠	٤٥٤	٧١٦	٧٦٠	٨٣١	٩٩٦
الصين	❖	❖	❖	٤٢٠	٥٥٠	٩٠٠
شيلي	❖	٢٧٥	❖	٦٠٩	٨٢٢	٩٠٠
تونس	❖	❖	-	١٠٠	٤٣٥	٧٢٠
كندا	٣٥٠	٣٧٩	٤٧٦	٥٨٠	٥٢٤	٤٨٠
فرنسا	٢٨٠	٤١٦	٣٩٢	٣٤٠	٢٨١	٣٧٠
الأرجنتين	❖	❖	-	٢٦٧	١٩٠	٣٣٠
المكسيك	٢١٠	٢٢٠	٢٣٠	٣٦٥	٢٧٥	٣١٠
إسرائيل	١٦٣	١٦٦	٢٥٧	٣٠٠	٣١٥	٢٨٧
المجموع	❖	❖	❖	٢٢٨٢١	٢٢٩٣٧	٢٧٤٩٧
العالم	❖	❖	❖	٢٢٨٢١	٢٤٩٥٩	٢٩٥٩٢

(*) تم استبعاد بعض البيانات لعدم التأكد منها.

(٤,٣) الجودة التغذوية للطماطم المصنَّعة

Nutritional Quality of Processed Tomato

دائماً، اعتبرت الطماطم المصنَّعة، وخاصة معجون الطماطم، منتجات "فقيرة" ذات قيمة مضافة منخفضة يراد بها/منها أن تستخدم كمكون أساسي في منتجات أكثر تطورا (صلصة، كاتشب)، وذلك من أجل الاستخدامين: المنزلي والصناعي (domestic and manufacturing purposes). وتبدو هذه المنتجات شبه المصنعة (semi-processed products) كسلع تتحكم فيها الأسعار أكثر من أنها منتجات نهائية التصنيع (finished products) يمكن أن تحوز مكانة متقدمة في السوق من خلال خصائصها الداخلية(intrinsic qualities).

يواجه المستهلك اليوم عوامل اجتماعية- اقتصادية جديدة؛ ولذلك فإن العوامل الغذائية تتجه إلى دعم جودة الخدمة(service quality)(أو الراحة: قبول/رضا المستهلك convenience). يجب أن تلبي الخدمة، قبل كل شيء، متطلبات أنظمة الحياة الحديثة، ولكن أيضا، يجب أن تضع في الاعتبار الاهتمام المتجدد بالشؤون الصحية والجوانب الغذائية مثل الخصائص التغذوية، وخاصة مجال النشاطات المضادة للأكسدة لبعض المكونات الدقيقة(microcomponents) وعلى وجه الخصوص اللايكوبين. تعتبر منتجات الطماطم أغذية مهمة من الناحية الحسية، ولها عوامل جودة جيدة وتأثيرات إيجابية فيما يتعلق بالوقاية ضد معظم الأمراض المهمة الشائعة في العالم الحديث.

(٤,٤) المكونات الكبرى

Macrocomponents

تساهم الطماطم الطازجة ومنتجاتها المصنعة - نتيجة لاستهلاكها الواسع - مساهمة كبيرة في تغذية الإنسان، وذلك بسبب تركيزات وتوافر كثير من العناصر الغذائية في هذه المنتجات. توضح جداول محتويات الأغذية أن الطماطم الناضجة

(ripe tomato) (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) تحتوي على ٩٣-٩٥٪ ماء ومستويات منخفضة من الجوامد.

تحتوي الطماطم، عادة، على حوالي ٥,٥-٩,٥٪ جوامد كلية (total solids)، منها حوالي ١٪ جلد(قشرة) وبذور (seeds). تتفاوت نسبة الجوامد في الطماطم في مدى واسع، وذلك لعدة أسباب، مثل الصنف وطبيعة التربة وخاصة كمية الري والأمطار أثناء النمو وموسم الحصاد[٧].

يتم تبخير كثير من منتجات الطماطم، مثل لب ومعجون الطماطم، حتى يتم الحصول على نسبة جوامد محددة، ويختلف الناتج لكل طن من الطماطم باختلاف محتوى الطماطم الخام المستخدمة في تصنيع هذه المنتجات. في عصير الطماطم يتفاوت الجزء من الجوامد غير الذائبة و التي تشتمل على [السيليلوز (cellulose) واللجنين (lignin) والمواد البكتية (pectic substances) من ١٥٪ إلى ٢٠٪ من الجوامد الكلية[٨].

تتكون الجوامد الذائبة في جزئها الأساسي من السكريات الحرة (free sugars). والسكريات الحرة في الطماطم غالبيتها سكريات مختزلة (reducing sugars)[٩]. تعتبر كمية السكروز الموجودة في الطماطم كمية بسيطة جدا يمكن تجاهلها من ناحية الأغراض العملية[١٠]. والسكروز نادرا ما يتعدى ٠,١٪ على أساس الوزن الطازج. تتكون السكريات المختزلة التي تمثل ما يتراوح بين ٥٠- ٦٥٪ من جوامد الطماطم، أساسا، من الجلوكوز والفروكتوز. وقد وجد أن محتوى الطماطم الكلي من السكريات يتراوح بين ٢,١٩ ٪ و٣,٥٥٪[١١]. وقد ذكر ليوني[٨] (Leoni) أنه، وبصفة عامة، يوجد الفروكتوز أكثر من الجلوكوز (نسبة ٤٦/٥٤). وتكون السكريات العديدة في الطماطم حوالي ٠,٧٪ من عصير الطماطم. ويمثل البكتين والجلاكتانات العربية

(arabinogalactans) حوالي ٥٠٪ والزايلانات(xylans) والزايلانات العربية حوالي ٢٨٪ والسيليلوز حوالي ٢٥٪[٩].

يعتبر حمض الستريك بصفة عامة هو الحمض الأساسي المكون للحموضة في الطماطم، ودائماً تقدر الحوامض الحرة كمونوهايدرات ستريك (citric monohydrate). وقد ذكر بعض الباحثين وجود حمض الماليك (malic acid) بكميات كبيرة غالبا ما تفوق كميات حمض الستريك، كما ذكروا وجود آثار لأحماض التارتريك(tartaric) والسكسينينك (succininc) والأسيتيك [الخليك، (acetic)] والأوكساليك (oxalic). نشر ميلادي وآخرون (Miladi et al.)[٩] تحاليل كروموتوغرافية تم فيها فصل ثمانية أحماض عضوية من عصير الطماطم. وقد وجد أن حمض الماليك يمثل ثاني حمض عضوي رئيس في العصير الطازج، بينما وجد حمض البيرروليدون كاربوكسيليك (pyrrolidone carboxylic acid) كثاني حمض عضوي في عصير الطماطم المصنع. يؤدي تصنيع عصير الطماطم إلى زيادة الأحماض الكلية. وقد وجد أن حمض الخليك ازداد بنسبة ٣٢,١٪ ومن الواضح أن هذه الزيادة سببها أكسدة الألديهايدات والكحولات أثناء التصنيع وإزالة أمينات الأحماض الأمينية، مثل تكسير (تحلل) الألانين(alanine) عبر حمض البيروفيك(pyruvic acid)، كما لوحظت أيضا زيادة في حمضي السيتريك والماليك بعد التصنيع. وقد أشار كريان[١٢](Crean) إلى أن السكريات قد تتحلل عند التسخين في وجود الأحماض لتعطي حمض خليك وحمض لاكتيك وحمض فيوماريك وأحماض الجلايكوليك (glycolic acid).

يوجد تسعة عشر حمضاً أمينياً في عصير الطماطم الطازجة. وقد ذكر ميلادي وآخرون [٩] أن حمض الجلوتاميك (glutamic acid) يمثل ما يصل إلى ٤٨,٤٥٪ من الوزن الكلي للأحماض الأمينية في عصير الطماطم الطازجة. ويأتي حمض الأسبارتيك

(aspartic acid) في المرتبة الثانية من ناحية التركيز، والحمض الأميني الأقل تركيزا هو حمض البرولين(proline). يؤدي تصنيع عصير الطماطم على درجة حرارة ١٠٤° س لمدة ٢٠ دقيقة إلى زيادة كبيرة في الأحماض الأمينية الحرة نتيجة للدنترة والتحلل الجزئي للبروتينات. و تحدث الزيادة الأكبر في الأحماض الأمينية : حمض الجلوتاميك وحمض الأسبارتيك والألانين والثيريونين (threonine). يختفي الأسباراجين (asparagines) والجلوتامين (glutamine) أثناء التصنيع، وذلك نتيجة لفقد أميد الأمونيا [ammonia amide (NH_3)] لتكوين حمضي الجلوتاميك والأسبارتيك، والتي يعزى إليها جزئيا، زيادة الأمونيا في العصير المعلب. وقد يكون ذلك أيضا بسبب إزالة أمينات الجلوتامين والأسباراجين وتكوّن حمض البيرروليدون كاربوكسيليك.

(٤,٥) المكونات الدقيقة ذات الأهمية التغذوية: المعادن

Microcomponents of Nutritional Interest:minerals

يعتبر الحديد من المعادن المهمة الموجودة في الطماطم، و ذلك فيما يتعلق بتوفير الاحتياجات الغذائية الكافية. يوفر كأس عصير من الطماطم حوالي ٢,٠ملجرام حديد في الحالة المختزلة ؛ (reduced ferrous state). هذا التركيز مهم، وذلك بسبب أنه يكافئ ١٠-٢٠٪ من الاحتياجات الغذائية اليومية الموصى بها (RDA) وأنه أيضاً يُسْتَهلك في منتج يوفر حمض الأسكوربيك أيضا، حيث إن هذا الحمض يساعد في الاحتفاظ بالحديد في حالته المختزلة الضرورية لامتصاص الحديد[١٣].

(٤,٦) المكونات الدقيقة: مضادات الأكسدة والفيتامينات

Microcomponents: Antioxidants and Vitamins

الطماطم الناضجة غنية نسبيا بمضادات الأكسدة: فيتامين ج (١٦٠-٢٤٠مليجرام/كيلوجرام)، واللايكوبين (٣٠-٢٠٠مليجرام/كيلوجرام)،

والكاروتينات طليعة فيتامين أ(provitamin A carotenes) (٦-٩مليجرامات/كيلوجرام)، والمركبات الفينولية ؛ الفلافونويدات (٥-٥٠ملجرامات/كيلوجرام) ؛ والأحماض الفينولية (١٠-٥٠مليجرامات/كيلوجرام)[١٤]. و أيضاً، توجد العناصر التالية بكميات صغيرة: فيتامين هـ (٥-٢٠مليجرامات/كيلوجرام) وآثار معادن مثل النحاس(٠,١-٠,٩مليجرام/كيلوجرام)، والمانجنيز(١-١,٥مليجرام/كيلوجرام) والزنك(١-٢,٤مليجرام/كيلوجرام)، وتوجد هذه العناصر في كثير من الإنزيمات المضادة للأكسدة. وفي كثير من الأحيان، لا تتم الإشارة إلى صنف الطماطم، والقيم المذكورة سابقاً لتركيزات متوسطة لمكونات الطماطم الموجودة في الأسواق المحلية.

تحتوي الطماطم الناضجة الحمراء على حوالي كل نشاط فيتامين ج في شكل حمض أسكوربيك مختزل. وقد ذكر أن حمض الديهايدروأسكوربيك dehydroascorbic (acid) يمثل ١-١,٥٪ من حمض الأسكوربيك الكلي في الطماطم[١٥،١٦]. يبلغ تركيز حمض الأسكوربيك في الطماطم الناضجة الطازجة حوالي ٢٥مليجراماً/١٠٠جراماً وعليه، فإن حبة طماطم صغيرة تمد الشخص البالغ بحوالي ٤٠٪ من الاحتياجات الغذائية اليومية الموصى بها (RDA) البالغة ٦٠ مليجراماً وحوالي ثلثي احتياجات الأطفال البالغة ٤٠ مليجراماً. يزود كأس عصير من الطماطم بحوالي ٣٥ مليجرام حمض أسكوربيك أي حوالي ٦٠٪ من الـRDA للبالغين و٨٥٪ من الـ RDA للأطفال.

تعتبر الطماطم مصدرا جيدا لفيتامين أ الموجود في صورة كاروتين، أيضا. تحتوي الطماطم الناضجة الطازجة وعصير الطماطم على ١٠٠٠ وحدة دولية[international units (IU)] من فيتامين أ في كل ١٠٠ جرام. أعطى بوكر وآخرون[١٧] (Booker et al.) قيمة وهي ١١٥٠ وحدة دولية لفيتامين أ/١٠٠جرام. وعلى أساس هذه القيم يجب أن توفر حبة طماطم صغيرة أو كأس من عصير الطماطم حوالي ٢٠٪ أو أكثر من

الاحتياجات الغذائية اليومية الموصى بها للبالغين، والبالغة ٥٠٠٠وحدة دولية. ومن الواضح إذاً، أنه فيما يتعلق بمتوسط الاستهلاك، تساهم الطماطم مساهمة كبيرة ومهمة جدا في المتطلبات الغذائية البشرية من فيتامين أ. وأيضًا، تساهم الطماطم بكميات بسيطة من فيتامينات ب المركبة (B complex vitamins): الثايمين (thiamine) والنياسين (niacin) والرايبوفلافين (riboflavin). إن محتوى الطماطم من الثايمين الذي نشر في كثير من الدراسات والتي أشار إليها ليوني[٨] يتراوح ما بين ١٦ و١٢٠ملجرام لكل ١٠٠جرام طماطم طازجة وعصير طماطم. وعلى هذا الأساس، فإن حبة طماطم صغيرة تحتوي فقط على حوالي عشر الاحتياجات الغذائية اليومية الموصى بها للبالغ الذكر. وقد أشارت نفس المصادر إلى أن محتوي الطماطم من الريبوفلافين والنياسين منخفض نوعا ما (٢٠-٥٠ملجراماً/١٠٠جرام للريبوفلافين و١ ملجرام/١٠٠جرام للنياسين). وعلى أساس هذه القيم، فمن الواضح أن الطماطم تساهم مساهمة بسيطة في احتياجات الرجل البالغ من الريبوفلافين والبالغة ١,٧ملجرام ومن النياسين البالغة ٢٠ملجراماً[١١]. الصنف والظروف البيئية مثل التعرض لأشعة الشمس مهمة، أيضاً. ومن الناحية العملية، فإن مرحلة النضج ليست بتلك الدرجة من الأهمية؛ وذلك لأن الطماطم عادة ما تعلب أو تستهلك، إلا عندما تكون في الحالة الناضجة فقط، وبسبب كل ذلك يبدو أن تأثير طريقة الإنضاج يعتبر تأثيرا بسيطا.

(٤,٧) المكونات الدقيقة: اللايكوبين والكاروتينات الأخرى

Microcomponents: Lycopene and Other Carotenes

يتغير لون الطماطم أثناء النضج من اللون الأخضر النموذجي للكلوروفيل، إلى اللون الوردي-البرتقالي(pink-orange) إلى اللون الأحمر الزاهي(bright red)، وذلك نتيجة لتطور الكاروتونويدات. هذه البوليينات(polyenes)، وبصفة خاصة التتراتيربينات

(tetraterpenes)، التي تتكون من تكثف يبدأ من الرأس إلى الذيل (head-to-tail condensation) (مع رابطة-١,٤ ، 1,4-bond) لوحدات أيسوبرينية(isoprenic units) متعددة: وهي مقسمة إلى زانثوفيلات (xanthophylls) وهي كاروتينويدات وكاروتينات تحتوي على أكسجين وتتكون بشكل كامل من ذرات هيدروجين وكربون. وهي تتكون من سلسلة طويلة من الروابط الزوجية(long chain of double-bonds) معظمها مقترنة (conjugated). وهذه السلاسل هي المسؤولة عن امتصاصها النموذجي للضوء في المنطقة المرئية (visible region). تختفي الكلوروفيلات أثناء النضج، تدريجيا، وتصبح غير قابلة للكشف، وذلك بعد ٧ أيام من مرحلة التحول [breaker(turning) stage]، ويتغير لون الطماطم تبعا لذلك من اللون الأخضر النموذجي للكلوروفيل، إلى اللون الوردي-البرتقالي إلى اللون الأحمر الزاهي، وذلك نتيجة لتطور الكاروتونويدات. يرتفع محتوى الطماطم عند مرحلة التحول من اللايكوبين بدرجة كبيرة وقد يصل إلى ٨٠-١٠٠ملجرام/كيلوجرام مادة طازجة عند مرحلة الاحمرار[١٨،١٩].

ومن الكاروتيونويدات التي تتكون في الطماطم اللايكوبين ذو اللون الأحمر، وهو آخر ما يتكون، ويزداد تكوُّنه بصفة خاصة بعد مرحلة التحول(تحول اللون من الأخضر إلى اللون الوردي) للثمرة. وتشير الاستعراضات الأدبية(literature) المبكرة إلى أن اللايكوبين قد وجد، فقط، في السلالات(strains) الحمراء[٢٠]. وحتى الآن، يعرف القليل عن تأثير الممارسات الزراعية وعوامل التربة/المناخ على محتوى الطماطم من نشاط الأكسدة. من الواضح، وعلى أي حال، أن عوامل مثل الماء والتسميد ودرجة الحرارة والضوء لها آثار على مستوى الكاروتينويدات في الطماطم، مثل ما للصنف ودرجة النضج وتاريخ الحصاد ونمو الفاكهة وتخزين ما بعد الحصاد[٢١]. وعلى سبيل

المثال، يثبط تكون اللايكوبين على حوالي ٣٠-٣٢°م، بينما يحفز تكون اللايكوبين على حوالي ١٦إلى ٢١ م.

توجد الكاروتينات الأخرى [الذائبة في الماء والذائبة في الدهون (hydrosolubles and lyposolubles)] بتركيزات أقل من تركيزات اللايكوبين الذي يصل في الطماطم الناضجة إلى ٨٥٪ من الكاروتينويدات الكلية[٨]. يرتفع مستوى اللايكوبين في داخل الفاكهة وخاصة في الجزء الخارجي لخلايا الميزوكارب (mesocarp 's cells)، وهنا يتكون ويتجمع في حويصلات (vesicles) والناشئة أصلا من تحول-تهدم الكلوروبلاستيدات والتي تكّون مع جزيئات الكاروتينويدات ما يعرف بمعقدات الحصاد-الضوء-(light harvesting complexes(LHC). تحتوي هذه المعقدات على سلاسل بروتينات مرتبطة بالأغشية كارهة للماء (sequences of hydrophobic membrane-linked proteins)، والتي تحتوي بدورها على جزيئات صبغية (pigment molecules) متخثرة (coagulated) في شكل بلورات متمددة شبيهة بالإبر (elongated needle-shaped crystals). صنف فويت وفويت[٢٢](Voet and Voet) ، ولافال-مارتن[٢٣](Laval-Martin) كروموبلاستيدات chromoplasts الطماطم إلى نوعين، الأول عبارة عن كروموبلاستيدات كروية (globulous chromoplasts) تحتوي أساسا على بيتا كاروتين (β-carotene) موجودة في الجزء الهلامي للبيريكارب (pericarp)، والثاني هو الكروموبلاستيدات الأخرى الموجودة في الجزء الخارجي للبيريكارب والتي تحتوي على صفائح كبيرة الحجم من اللايكوبين(voluminous sheets of lycopene). درس بن-شاوال ونفتالي[٢٤] (Ben-Shaul and Naftali) تطور صفائح اللايكوبين هذه وتركيبها الدقيق(ultrastructure) وأطلق عليها اسم الكريستالويدات، أي البلورات المتخثرة أو المتجلطة (crystalloids or coagula or clots).

ومن بين العوامل المؤثرة على التصنيع الحيوي (biosynthesis) لهذه المركبات بالإضافة إلى درجة الحرارة (المشار لها سابقا)، درجة النضج والضوء؛ وبصفة خاصة يحفز الضوء تحويل الفيتوئين(phytoene) إلى لايكوبين والبيتا كاروتين. واللايكوبين مثله مثل كل الكاروتينويدات مادة لا قطبية حساسة للضوء (an apolar photosensitive substance). في الممارسة العملية، نجد أن اللايكوبين في المعلق المائي (aqueous suspension) ثابت عند درجات الحرارة العالية والأكسدة، بينما يكون في محاليل المذيبات العضوية(organic solvents) حساسا جدا لكليهما.

في الأبحاث التي أجراها ساندي وآخرون[٢٥](Sandei et al.) تم تقييم أصناف طماطم عديدة مصنعة تجاريا، وذلك لمقارنة محتواها من اللايكوبين في المادة الطازجة (الجدول رقم ٤,٢). وقد تفاوت المدى بين ٢,٠ و٣,٤ جرام لايكوبين/كيلوجرام مادة جافة [١٠٠-١٧٠ملجرام لايكوبين/كيلوجرام فاكهة طازجة بقيمة ٥° بركس(5^0Brix). اللايكوبين–ترانس الكلي All-*trans* هو المتجازئ (النظير)السائد(predominant isomer) في الطماطم ومنتجاتها(حوالي ٩٥٪)[٢٦].

الجدول رقم (٤,٢). محتوى اللايكوبين في الفواكه الطازجة لأصناف عديدة من الطماطم المصنعة.

الصنفCultivar	شركة البذور Seed company	شكل الفاكهة Fruit shape	محتوى اللايكوبين ملجرام/كيلوجرام مادة جافة
DR 10747	De Ruiter	شبيه الخشبة الطويلةBlocky long	٢٨٣١
Nun 1365	Nunhems	مربع مكور Square round	٢١٣١
To o426	Peotec	شكل البيضة Egg	٢٣٩٥
Forum	Peto ital	شكل البيضة	٢٠٩٣
Perfectpeel	Peto ital	مربع مكور	٢١٥٤
PS 1617	Peto ital	شكل البيضة	٣٤٥٧
Nema Crimson	United Genetics	مربع مكور	٢٠٤٣

(٤,٨) سلوك العناصر التغذوية أثناء التصنيع: الفيتامينات
Behaviour of Nutrients During Processing

تحتوى منتجات الطماطم المصنعة بدون تدعيم/إغناء (fortification) كمية من فيتاميني ج وأ تقل بدرجة بسيطة أو أنها تساوي محتوى الطماطم الطازجة التي تم الحصول على هذه الفيتامينات منها. لقد لاقى أمر المحافظة على مستويات عالية من حمض الأسكوربيك في المنتجات أثناء التصنيع اهتماما بالغا من تقنيي الأغذية. يتحطم حمض الأسكوربيك أثناء تصنيع عصير الطماطم ويرجع ذلك أساسا إلى الأكسدة(إنزيمية وغير إنزيمية). يعتمد معدل الأكسدة على الأُكسجين الذائب وكمية الإنزيم والنحاس الذائب ودرجة حرارة العصير. وكلما طال زمن حفظ عصير الطماطم في أحوال مثالية للأكسدة، كلما قل حمض الأسكوربيك المحتفظ به بعد التصنيع.

استعرض كليفكورن (Clifcorn) وبيترسون (Peterson) مدى الاحتفاظ بحمض الأسكوربيك أثناء تصنيع عصير الطماطم[٢٧]. وقد أفادا بأن متوسط هذا الاحتفاظ بلغ ٦٣-٧٠٪ من خلال ثلاثة مسوحات منفصلة لمصانع مختلفة، وأنه في بعض هذه المصانع تحقق هذا الاحتفاظ بقيمة عالية بلغت ٩٤٪. وقد شددا على أنه في المصانع ذات النسبة العالية، كان الوقت المستغرق في التعليب قصيرا(٢-٣ دقائق) كما أنه تم الحد من العوامل المساعدة على سرعة الأكسدة.

تعتبر درجة الحرارة التي تتعرض لها منتجات الطماطم مثل عصير الطماطم وفي وجود الهواء أهم عامل في سرعة تحطيم حمض الأسكوربيك ؛ وقد وجد أن معدل تحطيم حمض الأسكوربيك يرتفع مع ارتفاع درجة الحرارة في وجود الهواء. لذا، فمن المهم أن تصل درجة حرارة العصير المطلوبة بأسرع ما يمكن وأن يبقى العصير علي درجة حرارة عالية لوقت قصير قدر الإمكان. أوضح بحث جويرانت وآخرين (Guerrant *et al.*) الذي

ذكره جوالد[١١] (Gould)، أن نسبة الاحتفاظ بحمض الأسكوربيك قد بلغت ٩٢٪ بعد ١٥ ثانية تسخين أولي قبل الاستخلاص على ٥٧°م. انخفضت هذه النسبة إلى ٥٤٪ بعد ٣٥ دقيقة تسخين أولي وعلى ٨٨°م. تم اقتراح الاستخلاص على البارد على ٤٩°م، ولكن بحوثًا لاحقة أوضحت أن نسبة الاحتفاظ تعادل ما هو موجود في عمليات الانتظار الساخن– البارد (hot- and cold-break processes)، إذا لم يحجز العصير على درجات حرارة عالية ويكون معرضا للهواء لفترات طويلة قبل الاستخلاص[٢٧]. عملية الانتظار الساخن (hot-break process) هي العملية التي يتم فيها استخلاص العصير بعد التسخين لأكثر من ٩٠°م لمع تثبيط الإنزيمات البيكتوليتية المحللة للبكتين (pectolytic enzymes)]. عملية الانتظار البارد(cold-break process) هي نفس العملية وتجرى على ٦٠–٧٠°م (ولكن بدون تثبيط للإنزيمات البيكتوليتية). أي عملية تصنيعية (unit operation) تدخل الهواء في العصير ستسرع من معدل أكسدة حمض الأسكوربيك. تمثل عمليات تركيز العصير مزيدا من المشاكل المتعلقة بالاحتفاظ بفيتامين ج.

أدى التسخين لأوقات طويلة والمصحوب بالتعرض للهواء، إلى بعض التحطيم لفيتامين أ. و يؤدي التسخين لأوقات طويلة أيضا، إلى قلة الاحتفاظ بفيتامينات ب المركبة. وقد ذكر كاميرون[٢٨] (Cameron) أنه تم الاحتفاظ بنسبة ٨٩٪من الثيامين و٩٧٪ من الريبوفلافين و٩٨٪ من النياسين.

(٤,٩) سلوك العناصر الغذائية أثناء التصنيع: الليكوبين

Behaviour of Nutrients During Processing: Lycopene

تمكن المعلومات والبيانات الواردة في الاستعراضات البحثية الأدبية العلمية (scientific literature) حول هدم اللايكوبين أثناء التصنيع العادي للطماطم، مثل التعقيم والتركيز بالتبخير والتجفيف، وأيضا تمكن المعلومات والبيانات حول تخزين

منتجات الطماطم، بالرغم من أنها غير ثابتة وموثقة وغير واضحة تماما- من الاستنتاجات والتعليقات النهائية العامة. تعتبر النتائج، وفي كثير من الأحيان، غير موثوقة ولايعتمد عليها، و يرجع ذلك إلى أن حالات التشغيل المستخدمة في الاختبارات إما أن تكون غير محددة جيدا أو أنها لا تقابل وإما تعكس تلك المستخدمة في المعاملات الصناعية.

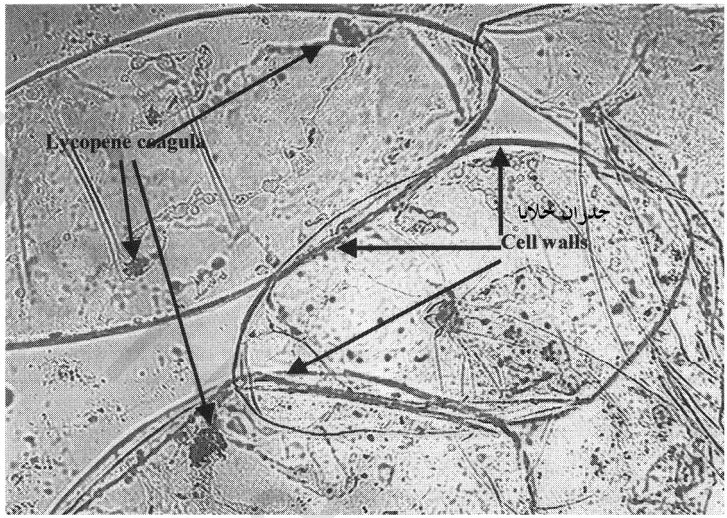
تفيد البيانات حسب ما يبدو بأن اللايكوبين يتحمل (ثابت) المعاملة الحرارية المستخدمة في تركيز الطماطم وطبخها، وكذلك يثبت أثناء تخزين الطماطم المصنعة. تقل ثباتية المنتجات المعرضة للمعاملات التي حطمت جدر الخلايا بها وبالتالي قللت الأثر الواقي والذي له علاقة بخثرة اللايكوبين (lycopene coagula) (الشكل رقم ٤,١)[٢٩]. قد يتسبب التعرض للأكسجين والحرارة العالية والنشاط المائي المنخفض في تحلل اللايكوبين. ويتفق الباحثون وبشكل كبير على أن هذا المركب ثابت فيما يتعلق بكل من التحلل(degradation) ومعدل التناظر (isomerisation)، في عمليات الإنتاج التجاري. ولا يتسبب حتى التجفيف الهوائي، وهو معاملة قاسية حقا فيما يتعلق بالإجهاد التأكسدي، في حدوث فواقد كبيرة في اللايكوبين[٣٠-٣٢]. وقد ذكرت بعض هذه الدراسات فواقد لايكوبين كبيرة وكذلك تناظراً بالغاً في منتجات الطماطم المعاملة حراريا؛ والسبب المحتمل لهذه النتائج المخالفة لغيرها من البيانات قد يكون اختلاف طرق التحليل والإجراءات المستخدمة. وقد أثبت كثير من الباحثين أن اللايكوبين غير ثابت للتناظر والأكسدة عندما يذوب في المذيبات العضوية.

وضع القانون المتفق عليه (Fair Concerted Action 97-3233) تقييما للاستعراضات البحثية الأدبية المنشورة والتي يبدو أنها تشير إلى أن اللايكوبين ثابت نسبيا أثناء المعاملة الحرارية وأن له ثباتاً بدرجة مقبولة أثناء التخزين ومع انخفاض بسيط

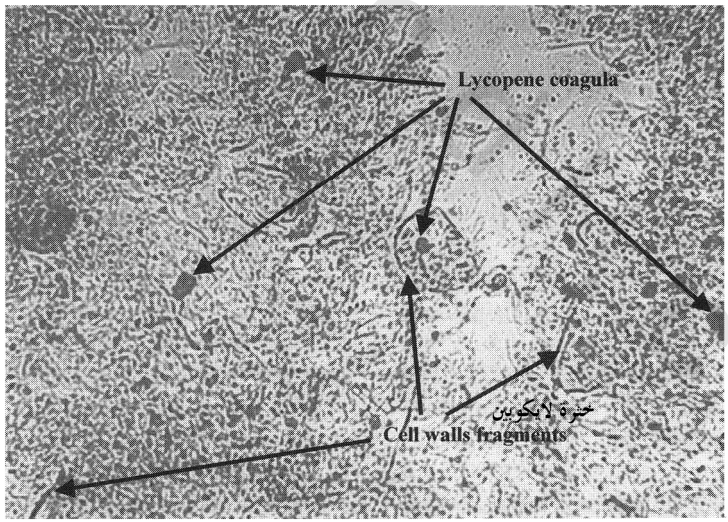
تحت ظروف الأكسدة الشديدة مثل التجفيف بالهواء الساخن (hot-air drying) وتغير في اللون بسيط (slight discoloration) أثناء التجميد السريع[٢٩]. وعلى أي حال، فقد قادت الأبحاث الكثيرة إلى استنتاجات متعارضة(contradictory conculosions) حول الأثر الهدمي البالغ المفترض للتخزين، ربما يكون ذلك بسبب حقيقة أن اللايكوبين كثيرا ما يقاس في منتجات الطماطم في المرحلة الثانية(second- stage tomato products)، مع نسب زيوت/دهون عالية(high oil/fat percentages)[اصلصات (sauces)] والتي تعمل على إذابة جزئية للايكوبين وبالتالي تسهيل تفاعلاته بدرجة عالية وتحلله وهدمه.

لا توجد معلومات حول كيفية تأثير العمليات الحرارية غير التقليدية (non-traditional heating processes) مثل الميكروويف والمعاملات الأومية(ohmic treatments) وعمليات البسترة غير الحرارية(non-thermal pasteurization processes) التي تستخدم تقنيات الضغط العالي(high pressure technology) على محتوى اللايكوبين.

ولذا يبدو مثيرا للاهتمام أن تذكر نتائج ظروف التخزين على محتوى هريس الطماطم(tomato purees) من اللايكوبين المتحصل عليه بمختلف التقنيات، وذلك بتلخيص التجارب التي أجراها تامبيوريني وآخرون[٣٣] (Tamburini et al.) والذين استخدموا معملاً نموذجياً (pilot plant). أعدت عينات هريس الطماطم أولا، باستخلاص العصير وفقا للتقنية التقليدية مع استخدام مختلف درجات الحرارة للاستخلاص [على درجة حرارة الجو(at ambient temperature)، ورمز لهذه السلسلة بالرمز إف (series marked F)؛ وعلى ٦٠ْم أي الاستخلاص على البارد، ورمز لهذه السلسلة بالرمز سي (series marked C)؛ وعلى ٩٠ م، أي الاستخلاص على الساخن، ورمز لهذه السلسلة بالرمز إتش (series marked H)] وحجم ثقب لهرس اللب (pulpper hole size) [(Ø ١٠/٨ملم، ورمز لهذه السلسلة بالرمز ٨ series)



(أ)



(ب)

الشكل رقم (٤,١). صور مجهرية لعينة طماطم طازجة (أ) وعينة عصير طماطم (ب). إعادة إنتاج بموافقة وأذن من فولكر بوهم (Volker Bohm) معهد التغذية Friedrich Schiller جامعة جينا Jena.

marked 8 ؛ و١٣/ ١٠ ملم ورمز لهذه السلسلة بالرمز ١٣ series marked 13)]، ومن ثم تم التركيز تحت التفريغ (vacuum-cocentrating) للعصير إلى ٨° بركس (8^0 Brix)

وأخيرا بالتعبئة الساخنة (hot filling) للعصير في علب معدنية(حديد مطلي بالقصدير) معاملة (lacquered tinplate cans). تم تعريض العينات المتحصل عليها لمختلف ظروف التخزين وتم مراقبة ومتابعة محتوى الهريس من اللايكوبين خلال فترة ١٢ شهرا. وبهذه الطريقة فقد تم الحصول على ستة أنواع لهريس الطماطم لها خصائص فيزيائية مختلفة (اتساق في القوام واللون والتحبب consistency, color and granulometry). يلخص الجدولان رقما (٤,٣ و ٤,٤) كل النتائج ؛ وتمثل قيم محتوى اللايكوبين متوسطات مختلف ظروف التخزين(درجات الحرارة) والتأثيرات المختلفة لمختلف معاملات استخلاص العصير. وبصفة عامة وكما هو واضح في الرسم البياني(graphically)، فإن الحفظ الأفضل للايكوبين كان في المنتجات المعاملة بالاستخلاص على الساخن(hot break-treated product) حيث لا يبدو حدوث أثر تحببي واق (granulometry induced protective effect)، على الأقل في الظروف المختبرة. وكما توضح البيانات، فإنه لا توجد فروق بسبب اختلاف التقنيات المستخدمة.

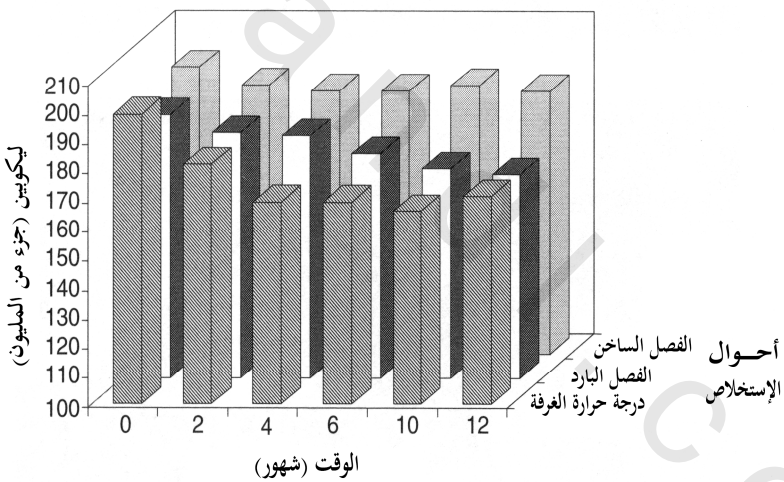
الجدول رقم (٤,٣). الخصائص الفيزيوكيميائية لهريس الطماطم المتحصل عليه تحت ظروف استخلاص مختلفة.

التحاليل	العينـــــات					
	إف٨ F8	سي٨ C8	إتش٨ H8	إف١٣ F13	سي١٣ C13	إتش١٣ H13
بركسْ Brix°	٨,٢٠	٨,٢٠	٨,٣٣	٨,٢٠	٨,١٧	٧,٩٨
إل (L)	٢٥,٦٧	٢٥,٧٥	٢٦,٤٠	٢٤,٧٣	٢٤,٧٢	٢٥,٣٧
أ (a)	٣١,٩٠	٣١,٩٤	٣١,٤٨	٣٠,٠٤	٣١,٣٧	٣١,٤٠
ب (b)	١٤,٣٩	١٤,٧٦	١٥,١٣	١٤,٠٥	١٤,٠٤	١٤,٣٦
أ/ب (a/b)	٢,٢٢	٢,١٧	٢,٠٨	٢,١٤	٢,٣٦	٢,١٨
ليكوبين، ملجرام/كيلوجرام	٢٠١	١٩٢	١٩٢	١٩٦	١٨٨	٢٠٤

openkandil.com

الجدول رقم (٤,٤). اختلاف محتوى العينات من اللايكوبين عبر الوقت (كل العينات).

فترة الحفظ(شهور)	اللايكوبين ± انحراف معياري (ملجرام/كيلوجرام)
٠	١,١ ±١٩٥,٥
٢	١,١ ±١٨٨,٠
٤	١,١ ±١٨٠,٧
٦	١,١ ±١٧٧,٤
١٠	١,١ ±١٧٦,٦
١٢	١,١ ±١٧٦,٩



الشكل رقم (٤,٢). سلوك اللايكوبين خلال ١٢ شهرا من التخزين، كدالة لظروف استخلاص العصير .

يحدث انخفاض بسيط في محتوى اللايكوبين أثناء التخزين كما هو موضح في الشكل رقم (٤,٢)، ويبدو أن ذلك الانخفاض يرتبط بنوع المعاملة الحرارية المستخدمة في استخلاص العصير. يبدو من فحص البيانات والمعلومات/البيانات المتحصل عليها

أن اللايكوبين ثابت بدرجة كبيرة للمعاملات الحرارية، كما توضح هذه البيانات متوسط قيم فروقات محتوى كل العينات من اللايكوبين خلال المدة الزمنية. وعلى أي حال، يكشف التحليل التفصيلي للتغيرات التي تحدث خلال هذه المدة في العينات المحضرة تحت ظروف درجات حرارة مختلفة(درجة حرارة الجو والاستخلاص على البارد والاستخلاص على الساخن)، أن عملية الحفظ على الساخن، بالرغم من أنها فعليا تتضمن السلق (blanching) على درجات حرارة عالية (أكثر من ٩٠°م) لعدد من الثواني (dozens of seconds) والتي قد تسبب انخفاضا كبيرا في محتوى اللايكوبين، إلا أنه فعليا تقل مستويات اللايكوبين بدرجة محدودة، فقط. ويبدو أن هذه الطريقة تحفظ الصبغة خلال الزمن بدرجة أفضل مما تفعله عملية الاستخلاص على البارد أو الاستخلاص على درجة حرارة الغرفة. في الغالب، تبقى محتويات اللايكوبين في العينات التي ثبطت إنزيميا بعملية الاستخلاص على الساخن (٩٠°م، العينات إتش٨ وإتش١٣) بلا تغيير حتى بعد ١٢ شهرا من التخزين، بينما تشبه التغيرات البسيطة في محتوى اللايكوبين في العينات المعاملة بالاستخلاص على البارد (سي٨ وسي١٣) التغيرات التي تحدث في العينات التي لم تعامل حراريا (إف٨ وإف٣).

تقلل تقنية استخلاص العصير على الساخن المحتوى الابتدائي للايكوبين، بسبب التأثير الحراري الشديد، ولكن بترك تركيب خلايا الطماطم باقيا على حاله، فإن هذا يحافظ على اللايكوبين بفعالية، عبر الوقت، ضد التفاعلات التي تسبب تحطيمه. ويختلف هذا الأمر عما يحدث مع تقنيات استخلاص العصير الأخرى(على درجة حرارة الغرفة والاستخلاص على البارد)، وذلك بسبب عدم وجود الأثر الواقي الذي تسببه التفاعلات البيكتوليتية، المحللة للبكتين (pectolytic reactions)، ويلاحظ أن محتوى اللايكوبين يقل بنسبة ٨-١٥٪ بعد ٤-٦ شهور من التخزين.

لا تسبب التأثيرات الأخرى التي حللت [قطر الثقوب في جهاز الهرس (diameter of the pulper holes) ودرجة حرارة التخزين] اختلافات تقنية معنوية ذات أهمية ، في محتوى اللايكوبين. وتقودنا النتائج المنشورة حتى الآن إلى استنتاج أن اللايكوبين يبقى خلال النسيج الأصلي المحب للماء وأن معظمه خلال الخلية الكاملة ؛ لذا فإنه ثابت جداً. وعلى أي حال ، فبسبب تفاعلاته أو نشاطه المنخفض ، فإنه من المحتمل أن يظهر انخفاضا في التوافر الحيوي ؛ ولذا فإنه عمليا قد لا يكون فعالا في تأثيره المضاد للأكسدة.

وقد أشارت دراسة كاباسي وآخرين[٣٢](Cabassi et al.) لتأثير عمليات تصنيع بودرة الطماطم على محتوى اللايكوبين واللون إلى حدوث فقد متوسط بنسبة ٥٪ في محتوى اللايكوبين الكلي والذي يمكن أن يعزى إلى ظاهرتي التناظر والأكسدة. أوضحت مقارنة لمحتوى اللايكوبين عند استخدام مواد تعبئة وتغليف مرنة مختلفة ، أن معظم حفظ اللايكوبين قد تم بالتغليف المفرغ في أكياس ألمنيوم/بوليثين (AL/polythene pouches). وتم الحصول على نتائج جيدة باستخدام التعبئة بالنيتروجين (nitrogen packaging) في أطباق بوليمر (polymer trays) من [بولي إثايلين(polyethylene) وبوليفينايل أسيتات/خلات (polyvinylacetate)] مغلقة بمادة بولي إيثلين تيريفيثالات (polyethylene terephthalate). في الأغلفة المحتوية على هواء(وعليه تكون محتوية على أكسجين) ، كان الفقد بالتأكيد أعلى(٢٢-٢٥٪). وأظهر وقت التخزين تأثيرا كبيرا انعكس في متوسط انخفاض بنسبة ١٣٪ في اللايكوبين الكلي في العينات أثناء الشهر الأول للتخزين. وعلى كل حال ، يجب ملاحظة أن هذه القيمة المتوسطة تعكس انخفاضا متفاوتا ، فهي في التعبئة تحت التفريغ والتعبئة بالنيتروجين كانت ٢ ٪ مقارنة بالتعبئة في وجود هواء (٢٤٪). يفيد الأثر الزائد والأكثر وضوحا أثناء الشهر الأول من

تخزين البودرة، أن بعض اللايكوبين ربما الذي يوجد على السطح المعرض للهواء (on the air-exposed surface)، يكون أكثر حساسية لفعل المؤكسدات (oxidants) مقارنة باللايكوبين الموجود داخل الحبيبات(granules) نفسها.

(٤,١٠) التوافر الحيوي للايكوبين

Bioavailability of lycopene

يجب التفريق بين محتوى اللايكوبين والتوافر الحيوي له. الدراسات المذكورة سابقاً غير مكتملة ؛ لأنها قدرت محتوى اللايكوبين فقط ولم تقدر توافره الحيوي، الذي هو أكثر أهمية من ناحية القيمة أو الجودة التغذوية للمنتج. عليه، فإن موضوع البحث الأكثر استحثاثا فيما يتعلق باللايكوبين، ربما هو تقييم التوافر الحيوي الفعلي للإنسان في الأشكال التي يوجد بها في منتجات الطماطم المصنعة[٣٤].

بالرغم من وجود عدد من الدراسات المقارنة تعنى بالتوافر الحيوي للايكوبين في منتجات الطماطم، إلا أنه لا توجد طرق مبرهنة(مثبتة الكفاءة) للتقييم الكمي للتوافر الحيوي للكاروتينويدات، وحتى التوافر الحيوي للبيتا (β) كاروتين الذي تكرر بحثه أكثر من غيره. وقد أجريت دراسات قليلة حول التوافر الحيوي للايكوبين في غذاء الإنسان. وتشير بعض هذه الدراسات إلى أن امتصاص اللايكوبين يكون بدرجة أكبر من عصير الطماطم المعامل حراريا مقارنة بغير المعامل، وتشير غيرها إلى أن الامتصاص من معجون الطماطم كان أكثر مما في الطماطم الطازجة.

وقد أثبت بصورة جلية أن الحالة الفيزيائية والمعاملات التصنيعية التي مر بها غذاء ما، لها تأثير بالغ على توافر هذه المركبات للامتصاص. ويشير هذا إلى أن تمزيق نسيج الغذاء والمعاملة الحرارية التي مر بها الغذاء خلال تقنية التصنيع قد يكونا أهم عاملين مؤثرين على التوافر الحيوي. ومن المعروف أيضاً، أن التوافر الحيوي

للكاروتينويدات يتأثر بدرجة بالغة بمحتوى الغذاء العام من الدهون، وذلك لأن الدهون ضرورية لاستخلاص الكاروتينويدات من الكتلة المائية للغذاء (aqueous bulk of the food) ولتكوين الميسيليا [مستحلبات (micelles)] والتي بواسطتها تمتص الكاروتينويدات من بعد بالخلايا الداخلية (enterocytes) ونقلها إلى الأنسجة (بواسطة ليبوبروتينات البلازما (plasma lipoproteins). الكاروتينويدات مركبات محبة للدهون تمتص امتصاصا سالبا (passively absorbed liphophilic compounds)، لذا فإن توافرها الحيوي يتأثر بهذه العوامل التي تؤثر على نقلها الكتلي(mass transfer) من الغذاء إلى داخل الميسيليا التي تسهل امتصاصها في الأمعاء[٣٥]. ومن المثير للاهتمام أنه يمكن تحسين الامتصاص بطبخ الغذاء وتجنيسه (homogenizing the food)، وبذلك يتم تكسير تركيب الخلية، ما دام الطبخ يتم في وجود الزيوت أو الدهون.

ما دام اللايكوبين باقيا في النسيج المائي، والأكثر كذلك، ما بقي داخل الخلايا غير المحطمة، فسيظل ثابتا جدا، ولكن ذا تفاعلات ضعيفة. لذا، يكون توافره الحيوي قليلا كما أن نشاطه المضاد للأكسدة غالبا ما يكون صفرا. في المقابل، فإن ذوبانه العالي (high solubility) في الوسط الدهني(lipid medium) (مثلا في منتجات مكونة بها زيوت(formulated with oil) يجعله متفاعلا بدرجة كبيرة كما يجعله متوافرا حيويا بدرجة كاملة. ويكون تمثيله الغذائي بدرجة أفضل إذا طبخت الأغذية وجنست بحيث يتم تمزيق الخلايا، والأكثر كذلك إذا حدث ذلك في وجود زيوت أو دهون. وعلى أي حال، فإن هذا التأثير يضاده الهدم السريع للقوة المضادة للأكسدة للايكوبين، والذي لا يمكن تفاديه. عندما يذوب اللايكوبين في نسيج دهني (lipophilic matrix)، يكون له تفاعلات بالغة وتوافر حيوي أكثر، عليه يمكّنه ذلك من أداء نشاطه المضاد للأكسدة. وعلى أي حال، يعني هذا أيضاً، أن هذه التفاعلية الشديدة تعني أنه غير محمي،

وبدرجة كبيرة، ضد تأثيرات الهدم والتحلل بسبب العوامل البيئية (الهواء ومكونات النسيج الحيوي ودرجة الحرارة).

(٤,١١) المراجـــع

References

(1) CORPET D E and GERBER M, 'Alimentation mediterraneenne et Sante. I - caracteristiques. Maladies cardio-vasculaires et autres affections', *Mid Nutr*, 1997 4 129--42.

(2) GERBER M and CORPET D E, 'Alimentation mediterraneenne et Sante. II - Cancers'. *Mid Nutr*, 19974, 143-54.

(3) DI MASCIO P, KAISER SAND SIES H, 'Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher', *Arch Biochem Biophys*, 1989274532-38.

(4) HART D J and SCOTT K J, 'Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK', *Food Chem*, 199554101-11.

(5) ROBARDS K and ANTOLOVITCH M, 'Analytical chemistry of fruit bioflavonoids. A review', *Analyst*, 1970122 11-34.

(6) ABUSHITA A A, HEBSHI E A, DAOUD H G and BIACS P A, 'Determination of antioxidant vitamins in tomatoes', *Food Chem*, 199760 (2) 207-12.

(7) SAYWELL L G and CRUESS W v, *The composition of Canning Tomatoes*, College of Agriculture, Agricultural Experimental Station Bulletin 545, University of California, 1932, cited by Gould WAll

(8) LEONI C, *I Derivati Industriali del Pomodoro*, Parma, Stazione Sperimentale per l'lndustria delle conserve alimentari, 1993.

(9) MILADI S, GOULD W A and CLEMENTS R L, 'Heath processing effect on starch, sugars, proteins, amino acids of tomato juice', *Food Technol*, 19692393.

(10) GOOSE G P and BINSTEAD R, *Tomato Paste, Puree, Juice and Powder*, London, Food Trade Press, 1964.

(11) GOULD W A, *Tomato Production, Processing and Technology*, 3rd edition, Baltimore, CTI Publications, 1992.

(12) CREAN D E, 'Acid components of fruit and vegetables. 1 Production of acid by thermal processing'. *J Food Technol*, 1966 1 55.

(13) National Academy of Science-National Research Council (1968) *Recommended Dietary Allowances, 7h Edition. Food Nutrition Board Publication number* 1694. Washington, National Academy of Science, 1968, cited by Gould WA.ll

(14) DAVIS J N and HOBSON G E, 'The constituents of tomato fruit - The influence of environment, nutrition and genotype', *CRC Crit Rev Food Sci Nutr*, 1981 14 (5) 205-81.

(15) BAUERFEIND J D and PINKERT D M, 'Food processing with added ascorbic acid', *Adv Food Res*, 1970 18219-27.

(16) BOLCATO B, 'Preparazione di concentrati di pomodoro in relazione al mantenimento del contenuto di vitamin a C', *Boll Ind Ital Cons Alimentari*, 1936 11 89-97.

(17) BOOKER L E, HARTZLER R and MARSH R L, *A Table of the Vitamin Content of foods*, US Department of Agriculture Bur. Home Econ., 1940, cited in Gould WAll

(18) GIULIANO G, BARLEY G E and SCOLNIK P A, 'Regulation of carotenoid biosynthesis during tomato development', *Plant Cell*, 1993 5 379-87.

(19) FRASER P D, TRUESDALE M R, BIRD C R, SCHUCH wand BRAMLEY P M, 'Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development', *Plant Physiol,* 1994 105405-13.
(20) ZSCHEILE F P and PORTER J W, 'Analytical methods for carotenes of *Lycopersicon* species and strains', *Anal Chern,* 1947 19 147.
(21) SIBS H and STAHL W, 'Lycopene: Antioxidant and biological effects and its bioavailability in the human', *Proc Soc Exp Biol Med,* 1998218 121-24.
(22) VOET D and VOET J G, *Biochimica,* Bologna, Zanichelli, 1991.
(23) LAVAL-MARTIN D, 'La maturation du fruit de tomate "cerise". Mise en evidence, par cryodecapage de l'evolution des chloroplastes en deux types de chromoplastes', *Protoplasma,* 19748233-59.
(24) BEN-SHAUL Y and NAFTALI Y, 'The development and ultrastructure oflycopene bodies in chromoplasts of *Lycopersicon esculentum', Protoplasma,* 1969 67 333-44.
(25) SANDEl L, SIVIERO P, ZANOTTI C and CABASSI A, 'Valutazione del contenuto di licopene im ibridi di pomodoro dichiarati high pigment', *L'Informatore Agrario,* 200258 (3) 59-63.
(26) CLINTON S K, EMENHISER C, SCHWARTZ S J, BOSTWICK D G, WILLIAMS A W, MOORE B J and ERDMAN J W, *'Cis-trans* lycopene isomers, carotenoids, and retinol in the human prostate', *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev,* 19965823-33.
(27) CLIFCORN L E and PETERSON G T, *The Retention of Vitamin* C *in Tomato Juice,* Research Department Bulletin no. 12, Continental Can Co., 1947.
(28) CAMERON E J, *Retention of Nutrients During Canning,* Washington, National Food Processors Association, 1955.
(29) LEONI C, BERTHOLIN G, GIOVANELLI G and VAN BOEKEL T, in *The White Book on Antioxidants in Tomatoes and Tomato Products and their Health Benefits,* eds Grolier P, Leoni C, Gerber M and Bilton R, Avignon, AMITOM, 2001, 2-47.
(30) LOVRIC T, SABLEK Z and BOSKOVIC M, *'Cis-trans* isomerisation of lycopene and colour stability of foam-mat dried tomato powder during storage', *J Sci Food Agric,* 197021 641-47.
(31) ZANONI B, PERI C, NANI R and LAVELLI V, 'Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying', *Food Res Int,* 199831395-401.
(32) CABASSI A, SANDEl L and LEONI C, 'Effects of industrial operations and storage conditions on colour and carotenoids of tomato powders', *Ind Conserve,* 2001 76299-313.
(33) TAMBURINI R, SANDEl L, ALDINI A, DE SIO F and LEONI C, 'Effect of storage conditions on lycopene content in tomato purees obtained with different processing techniques', *Ind Conserve,* 199974341-57.
(34) FAULKS R, SOUTHON S, BOHM V and PORRINI M, in *The White Book on Antioxidants in Tomatoes and Tomato Products and their Health Benefits,* eds Grolier P, Leoni C, Gerber M and Bilton R, Avignon, AMITOM, 2001,48-73.
(35) PARKER R S, 'Bioavailability of carotenoids', *Eur J Clin Nutr,* 1997 51 *(Suppl* 1) S86-S90.

obeikandl.com

الباب الثاني

إدارة السلامة والجودة في سلسلة الإمداد

Managing Safety and Quality in the Supply Chain

obeikandl.com

obeikandl.com

نمذجة إنتاج الفواكه والخضراوات: الطماطم كمثال

Modelling fruit and vegetable production: the case of tomatoes

سي. جاري و إم تكاميتشايان، المعهد الوطني دي لا ريشايرشاي اجرونوميكوى (آي إن آر أ) افيجانون.

C. Gary and M. Tchamitchian, Institut National de la recherche agronomique (INRA), Avignon

(٥,١) مقدمة: أهمية النمذجة من أجل الجودة

Introduction: the Importance of Modeling in Quality

الطماطم محصول شعبي ويمكن استهلاك الطماطم طازجة أو كمكون رئيس في مدى واسع من المنتجات المصنعة. ويولد هذان المكونان الرئيسان للإمداد منظومات مختلفة لمتطلبات الجودة (quality requirements). واختصاراً، يتطلب أو يهتم سوق الطماطم الطازجة بالمظهر البصري (visual appearance) وفترة الصلاحية (فترة بقاء الطماطم صالحة للاستهلاك (shelf-life duration)، بينما تعطي الصناعة وعملياتها أهمية وقيمة أكبر لتركيب وتركيز المادة الجافة (dry matter concentation). وفي الحالتين على المنتجين السيطرة على عمليات التصنيع والتحكم فيها لتحقيق المواصفات والمقاييس التي يحددها المستهلكون.

في هذا الاستعراض المرجعي، اختير تعريف واسع الشمول وبدرجة معقولة، لجودة إنتاج الطماطم، ويتضمن هذا التعريف الخصائص الحسية للفاكهة (المظهر

والمذاق (appearance & taste)) والقيمة التغذوية والصحية لها (وجود عناصر تغذوية قيمة والخلو من الكيماويات والسموم) والتأثيرات البيئية لأنظمة الزراعة. وقد تم تشكيل كثير من العمليات الفيزيائية والحيوية المتضمنة في إنتاج الطماطم، بطرق رسمية، وذلك من أجل تحقيق تماثل (محاكاة(carry out simulations)) واقتراح توقعات (تنبؤات) أو ضبط الإدارة المثلى (optimize management)[٣]، ولكن مازال هناك الكثير الذي ينتظر (الإنجاز) فيما يتعلق بالتماثل وإدارة الجودة.

في الحقيقة، كانت مجهودات النمذجة متناسبة مع المقدرة على السيطرة على أنظمة الزراعة، أي أنها كانت مجهودات أكبر في إنتاج البيوت المحمية (green house) مقارنة بما في الإنتاج الحقلي (field production). في إنتاج البيوت المحمية، تركزت النمذجة على توقعات (تنبؤات) الناتج من المحصول[٩] وضبط المناخ (optimization of climate) والتسميد من خلال نظام الري وضبط وتقييم إستراتيجيات إدارة المحصول. أما في الإنتاج الحقلي، فقد تم الاهتمام أكثر بتوقعات مواعيد الحصاد (تواريخ الحصاد(prediction of harvest dates)) وتقدير متطلبات الماء والعناصر الغذائية.

في هذا الفصل، ستتم مراجعة واستعراض عمليات إنتاج الطماطم (processes of tomato production) وأماكن تطبيق النماذج المختلفة (areas of application of models) والاتجاهات المستقبلية لنمذجة إنتاج الطماطم وجودتها.

(٥,٢) أنواع إنتاج الطماطم
Types of Tomato Production

قاد الاستخدام المزدوج للطماطم إلى نظامين أساسيين لزراعتها، أحدهما تحت غطاء (under cover) والآخر في الحقل. الزراعة المحمية (protected cultivation) مخصصة للإنتاج للسوق الطازج (fresh market). إن الأساس المنطقي ومعقولية ذلك هو زيادة الإنتاج (rational of tomato is gain in productivity) ويمكن تحقيق هذا الهدف من خلال

تطبيق الأغطية الشفافة (transparent cover) التي تقلل من فواقد الحرارة عن طريق الحمل والإشعاع(convective and radiative heat losses) [٤] وترفع درجة حرارة المحصول(crop temperature). يمكن زيادة الإنتاج بتمديد فترته وبتقليل العوامل المعوقة، وذلك من خلال السيطرة الجيدة على البيئة الفيزيائية والحيوية للمحاصيل. وقد يحتوي البيت المحمي على مختلف أنواع المعدات التي تضبط البيئة داخله[٥]. ويمكن رفع درجة الحرارة بالتسخين، على سبيل المثال، بإشعال الغاز الطبيعي(burning of natural gas) أو إشعال الزيت أو الفحم(coal) أو باستخدام الستائر الحرارية (thermal screens) أثناء الليل. ويمكن خفض درجة الحرارة بالتهوية الطبيعية (vents) أو التهوية بالمراوح القوية (forced (fans) ventilation) أو بامتصاص الحرارة (absorbing heat) عن طريق تبخر الماء (evaporation of water) الذي يطبق بأنظمة الامتصاص، أي اللباد التبريدي (cooling pads) أو أنظمة الضباب (fog systems) أو بتبريد مادة الغطاء (cover material) باستخدام الرشاشات المائية (water sprinklers). ويمكن ضبط مستوى الإضاءة بالستائر المظللة (shading screen)، وبتبييض الغطاء (whitening the cover)، وباستخدام مواد كاسية للسقف (roof materials) ذات نفاذية كبيرة للضوء (greater light transmission)، وباستخدام إضاءة تكميلية (supplementary lighting). يفرز تنفس المحصول (الطماطم) (crop transpiration) بخار ماء (water vapour). ويمكن تخفيض رطوبة الهواء (air humidily) بالتهوية، وأحياناً باستخدام التسخين مع التهوية معاً. ويمكن رفع درجة الرطوبة بتبخير الماء باستخدام أنظمة الضباب، مثلاً. ويمكن رفع تركيزات ثاني أوكسيد الكربون في الهواء (أو حفظها في مستويات طبيعية عندما تغلق البيوت المحمية ويكون التمثيل الضوئي للمحصول نشطاً) بحقن ثاني أكسيد الكربون الصناعي ($industrial\ co_2$) أو غازات سائلة (flue gases) من غلاية (boiler)[٦]. بعض هذه التقنيات(مثل الإضاءة

التكميلية وأنظمة الضباب وحقن ثاني أُكسيد الكربون الصناعي وما إلى ذلك) مكلف ونادراً ما تستخدم للطماطم. ويجب التذكر أو العلم أن عملية نتح المحصول نفسه، تخفض درجة حرارة الهواء كما ترفع رطوبة الهواء، بفعالية. وفي هذا المنحى، فإن الإدارة المضبوطة والسليمة لتطور القبة (canopy) هي المساهم الأساسي في ضبط مناخ البيت المحمي.

في المزارع الخالية من التربة (soilless culture)، تتم مراقبة وضبط البيئة المحيطة بالجذور(root environment) باستمرار (تركيزات الأيونات (ion concentration) والأس الهيدروجيني (pH) وعدم وجود أمراض تربة). قد تنمو الجذور إما في مادة تفاعل معدنية (أملاح(minerals) وصوف صخري(rock wool)) أو في مادة تفاعل عضوية (coco peat)) أو تنمو مباشرة في محلول العناصر المغذية(nutrient solusion) (تقنية فيلم العناصر الغذائية(nutrient film technique)). وبما أنه يمكن تغيير أو استبدال مادة التفاعل، فلا حاجة إلى تعقيم التربة (soil disinfection). ومن أجل الحد من التلوث البيئي (environmental pollution)، يتم تشجيع المزارعين الآن، على قفل أنظمة التسميد عن طريق الري؛ يتم إعادة ضخ محلول العناصر التغذوية الذي تم تصريفه (drained nutrient solustion)، بعد تعقيمه ويرجع إلى نقطة الضبط الابتدائية (set point)، وذلك باستكمال ملئه بالماء والعناصر التغذوية.

في نهاية الأمر، تدعم الزراعة المحمية السيطرة على الآفات (pests) والأمراض. ويمكن تقليل استخدام مبيدات الآفات (pesticides) والحد منها، وذلك بالاعتماد على المقاومة الحيوية (biological control). ولمحصولات الطماطم من البيوت المحمية، فقد تم تحديد الأعداد الطبيعية لأكثر الآفات إتلافاً. ويمكن تفادي تطور بعض الأمراض مثل

العفن الرمادي (grey mould)، بالسيطرة السليمة المضبوطة على الرطوبة ودرجة الحرارة *(Botrytis cinerea)*، وبالتالي الحد من التكثيف على أوراق النبات (foliage).

وعكس أنظمة الزراعة في البيوت المحمية، يسمح نظام الزراعة الحقلية (field cultivation system) بسيطرة بسيطة على البيئة الفيزيائية والحيوية. ويمكن توقيت العمليات (operations) ليسهل نمو المحصول تحت أفضل الأحوال المناخية وأكثرها مواءمة وإيجابية. ويمكن توفير العناصر التغذوية إما في عملية واحدة قبل عملية البذر (plantation) أو في عدة مرات أثناء نمو المحصول. وإذا دعت الضرورة توفر المياه (وإذا أمكن توفر العناصر التغذوية معها) عن طريق الري. تمكن أنظمة الزراعة البلاستيكية (plasticulture) المجهزة بالري التنقيطي (drip irrigation) من السيطرة التامة على توافر الماء والعناصر التغذوية. يتم نشر غطاء بلاستيكي (plastic cover) على التربة لمنع المطر الساقط (keeps rainfall off) ويحد من التبخر من التربة (soil evaporation). وبالطبع، هناك عدد كبير من أنظمة الزراعة الوسيطة (intermediate cultivation systems) بين أكثر البيوت المحمية تطوراً (most sophisticated greenhouse) وأكثر أنظمة الزراعة الحقلية تقليدية. وعلى سبيل المثال، تتم زراعة مساحات معتبرة وكبيرة من التربة بمحصول الطماطم تحت الأغطية البلاستيكية. وفي هذه الحالة المحددة، لا يزال للمزارعين قدرة ما على السيطرة على الظروف المناخية، ولكن تظل أحوال توافر الماء والعناصر التغذوية قريبة من التي توجد في الحقل.

تستخدم مختلف الأصناف (cultivars) في نظامي الزراعة (الحقلية والبيوت المحمية) لإنتاج الموسم الطويل(long-season production) (مايصل إلى سنة) تستخدم الأصناف العنقودية (بشكل كرمة العنب (indeterminate vine shape)) وتتم تنمية الأصناف مع إزالة كل البراعم الجانبية (side shoots). يظهر إزهار جديد بشكل مستمر

(new inflorescences continually appear). وكتبعة/نتيجة لذلك وبصرف النظر عن الموسم، يمكن جني (حصاد) الثمار الناضجة (mature fruits) مرتين إلى ثلاث مرات في الأسبوع وإرسالها إلى سوق الطازج (سوق الطماطم الطازجة). تفضل الأصناف المحددة (بشكل شجيري كثيف with a bushy shape) في الحقل عندما يكون موسم النمو قصيراً وعندما تكون ضغوط الآفات كبيرة. لهذه النباتات أزهار وإثمار جمعي (grouped flowering and fruiting) وتجعل هذه الخاصية أن تكون هذه المحاصيل مناسبة للحصاد الآلي (mechanical harvesting).

(٥,٣) أنواع النمذجة
Types of Modelling

لحظة كتابة هذا الكتاب اعتمدت نماذج المحصول المتوافرة على مدخلين مختلفين: من جهة تبدو النماذج الجديدة كصيغ رياضية (mathematical formulation) للعمليات الملاحظة (observed processes) مع زيادة المعارف المتوافرة. وتعرف مثل هذه النماذج بالنماذج البحثية (research models). في المقابل، يمكن تصميم النماذج لتكون جزءاً من الإجراءات المتخذة والهادفة لحل المشكلات العملية؛ وتعرف هذه بالنماذج الهندسية (engineering models)[٧]. تقيم النماذج البحثية على أساس قيمتها العلمية (scientific value) الواقعية (realism). وهي نماذج توضيحية (explanatory) أو أنها مصممة للعمليات (process oriented models) كسلوك لنظام مشابه محاكٍ عند مستوى هرمي محدد (particuler hierachical level)، ونتيجة لعمليات موصوفة عند مستويات هرمية دنيا. تُقيَّم النماذج الهندسية على أساس قيمتها التشغيلية (فعالية effectiveness) وقد تكون أكثر توصيفاً (more descriptive) إذ إنها بنيت من علاقات إحصائية (statistical relationships) (نماذج

الصندوق الأسود "(black-box" models) المتوافرة أو اعتماداً على المعرفة (knowledge based) (نماذج مساعدة على الكشف (heuristic models)).

(٥,٤) توازنات الكتلة والطاقة لمحاصيل الطماطم

Mass and Energy Balances of Tomato Crops

(٥,٤,١) الكربون Carbon

يعتمد الإنتاج الكتلي الحيوي (biomass) للقبة (البيت المحمي canopy) بصفة أساسية، على التمثيل الغذائي الصافي (net assimilation) لثاني أكسيد كربون الجو، أي التوازن بين التمثيل الضوئي الكلي (gross photosynthesis) والتنفس. ويعتمد ذلك على كمية الطاقة المتوافرة (الضوء) والكربون كمادة تفاعل، وعلى مقدرة القبة على استقطاب الضوء وحصره (intercipt light) وتمثيل ثاني أكسيد الكربون (CO_2 assimilate) . في البيوت المحمية لا يكون تمثيل ثاني أكسيد الكربون (CO_2) مهماً لنمو المحصول فقط، بل إنه يتفاعل ويعمل بقوة مع محتوى الجو (composition of the atmosphere). قد يبلغ الاستهلاك اليومي من الكربون لقبة طماطم (tomato canopy) عشرة أضعاف الكربون المتوافر في بيئة البيت المحمي[٦]. لابد من التوازن (بين استهلاك وتوافرالكربون) إما بالتهوية (ventilation) وإما بالإغناء (توفير الـ CO_2 (CO_2 enrichment)).

راجع أو استعرض لونجوينيسي وآخرون[٨] (Longuenesse *et. al.*) وجايجزين[٩] (Gijzen) وبكثافة، نماذج التمثيل الضوئي للأنواع البستانية (horticultural species) عند مستوى الأوراق أو القبة(leaf and canopy level). يستجيب التمثيل الضوئي الكلي للأوراق، للضوء بمنحنى من النوع المتشبع (saturation-type curve). وقد تم اقتراح واختبار عدة معادلات رياضية (mathematical formulations) على بيانات الطماطم، على سبيل المثال، الهايبربولا، القطع الزائد المتعامد (rectangular hyperbole)[١٠] والقطع

الزائد غير المتعامد[١١] والأس السالب (the negative exponetial)[١٢]. وبالرغم من الفروقات البسيطة في الشكل، فإن كل هذه الدوال تشمل قياسين مهمين: أقصى معدل تمثيل ضوئي للأوراق (P_{max} maximum rate of leaf photosynthesis)) وكفاءة فعالية الاستخدام الضوئي الأساسي ((α) light use efficiency) (أقرب إلى الظلام (close to darkness)). يرتفع أقصى معدل تمثيل ضوئي للأوراق (P_{max}) مع تركيزات ثاني أكسيد الكربون ومع النقل التوصيلي له (ثاني أكسيد الكربون conductance of) (CO_2 transfer) من الجو إلى الكلوروبلاست (بلاستيدة خضراء جبيلات اليخضور، chloroblast). ويكون الـ P_{max} محدوداً عند انخفاض وارتفاع الحرارة (انظر أمثلة مقدار متغير القيمة (parameterization) للطماطم في بيرتين وهيوفيلينك (Bertin and Heuvelink)[١٣]. وتتأثر كفاءة الاستخدام الضوئي الأساسي (ألفا) تأثراً إيجابياً بتركيزات ثاني أكسيد الكربون وتتأثر سلبياً بدرجة الحرارة. ويقل نقل ثاني أكسيد الكربون التوصيلي عند انخفاض كثافة الضوء (low light intensity) وارتفاع تركيزات ثاني أكسيد الكربون ونقص ضغط البخار العالي ((high vapour pressure deficit (VPD)) وتحت الضغط المائي[١٤] (water stress). لقد تم إدخال التمثيل الضوئي الإجمالي (gross photosynthesis) بمستوى القبة بطرق مختلفة. إن أبسط مدخل (أو معالجة) هو ضرب نشاط الوحدة للورقة (unit leaf activity) بمؤشر مساحة الأوراق (leaf area index) أو بمساحة الأوراق المتوقعة (projected leaf area) مدخل الأوراق الكبيرة "big leaf") (approach. وتأخذ نماذج أخرى التحويل والنقل الضوئي (light transmission) في الكانوبي في الاعتبار، وذلك باستخدام القانون الأسي للأفول (exponential law of extinction)[١٥]. عندما يكون منحنى استجابة الأوراق الضوئية متعامد القطع الزائد، فإن التكامل التحليلي (analytical integration) عند مستوى القبة يصبح ممكنا (على

سبيل المثال في جونس وآخرين[١٦] لمحصولات الطماطم (Jones *et al.* for tomato crops). وتعتمد النماذج الأكثر تطورا (more sophisticated) على وصف تفصيلي لتوزيع الضوء وامتصاصه في القباب (انظر لاحقاً).

إن التدفق التنفسي لثاني أكسيد الكربون (respiratory afflux of CO_2) مهم: وعلى أساس يومي، فقد يمثل ربع إلى نصف التمثيل الضوئي الإجمالي لمحصول الطماطم النامي في بيت محمي[٦،٩] ووظيفياً قسم تنفس النباتات في مكونين: تنفس محافظة(maintenance respiration) وتنفس نمو (growth respiration). يتوافق أو يتطابق تنفس المحافظة مع الطاقة المطلوبة للمحافظة على الانحدار الأيوني(ionic gradient) عبر الأغشية الحيوية ومخزون الجزيئات الكبيرة(pools of macromolecules) مثل البروتينات بينما يتطابق تنفس النمو مع الطاقة المتضمنة في تخليق الكتلة الحيوية الجديدة من المواد التمثيلية (المغذية (assimilates)) والعناصر المعدنية (minerals). يتم حساب تنفس المحافظة كمنتج للنبات أو الوزن الجاف للعضو (organ dry weight) مضروباً في معامل المحافظة (maintenance coefficient)، ويحسب تنفس النمو كمنتج للنبات أو معدل نمو العضو (organ growth rate) مضروباً في معامل إنتاج ثاني أُكسيد الكربون (CO_2 production factor). في نماذج المحاصيل يتم جمع تنفس الصيانة وتنفس النمو لتقدير التنفس الكلي، وعادة على أساس يومي. يرتفع معدل التنفس أسياً مع ارتفاع درجة الحرارة. وللطماطم أخرج Heuvelink [١٧] نظرية تفيد بأن معامل الصيانة ينخفض مع تقدم عمر الأعضاء (ageing of organs). يتناسب عامل إنتاج الـ CO_2 مع تكلفة الطاقة (energy cost) لتخليق الكتلة الحيوية؛ ويختلف بين الأعضاء ومع تقدم العمر انظر جاري وآخرين للطماطم (Gary *et. al* for tomato)[١٨].

يشتمل توازن كربون المحصول(crop carbon balance) على تبادل الكربون(carbon exchanges) بين المناخ (الجو) والقبة (التمثيل الضوئي الصافي net photosynthesis)، وتوزع الكربون في النبات بين مخزون واحد أو عدة مخزونات

للممثلات الضوئية (photoassimilates) والأعضاء النامية. وضع جينت (Gent) وأينوك(Enoch) [١٩] معادلات بسيطة للتمثيل الضوئي الإجمالي والتنفس، مع بعضها البعض، كما وصفا علاقة بين توافر للممثلات الضوئية والنمو. بهذه المعادلات البسيطة، يمكن محاكاة ديناميكيات تبادل ثاني أُكسيد الكربون ليوم كامل (٢٤ ساعة) وديناميكيات الاختلافات في مخزون الممثلات الغذائية لنباتات الطماطم الصغيرة.[٢٠،٢١] ومثل هذا النموذج البسيط لتوازن الكربون قد أعيد تشكيله لأغراض الضبط، بواسطة سيجينر وآخرين[٢٢] (Seginer *et al.*).

(٥,٤,٢) الماء Water

توازن الماء (water balance) في المحصول من الخواص المهمة من نواحٍ كثيرة. تساهم واردات الماء(water import) في نمو النبات، إذ تؤثر حالة الماء على تمديد الخلايا(call extension) في الأعضاء النامية، كما أن الماء الجاري يحمل وينقل المغذيات للأعضاء النامية والتخزينية (growing or storage organs). وأيضاً جزئياً، تضبط وتسيطر حالة الماء على التوصيل الثغيري [التوصيل من خلال فتحات صغيرة stomatal) (conductance]، وبذلك فقد تؤثر حالة الماء على التمثيل الضوئي. وأخيراً أيضاً، يرتبط تبخر الماء أثناء التعرق والذي يعرف بالنتح في النباتات (transpiration)، بامتصاص الحرارة الكامنة (latent heat): ويحدد هذا التبخر، وبقوة، درجة حرارة القبة، وبذلك، يؤثر على درجة حرارة الهواء داخل البيت المحمي ويحددها[٣].

إن نمذجة العلاقات المائية للمحاصيل البستانية قد تم استعراضها ومراجعتها من قبل جونس وتارديو (Jones & Tardieu)[٢٣] وفان دي ساندين (van de Sanden)[٢٤] وجواليت (Jolliet)[٢٥].

لقد تم تحفيز وتنشيط الأبحاث في هذا الحقل (domain) بسبب اهتمامين: ١- محاكاة حالة الماء وعلاقتها بالوظائف الفسيولوجية المختلفة (تمديد الأعضاء والفتحة

الثغيرية (stomatal opening) وتدفق الماء(water flux) وما إلى ذلك) . ٢- محاكاة تدفق الماء خلال الكانوبي، القبة لتقدير متطلبات المحاصيل من الماء. إن الإطار الأساسي (basic frame work) المتخذ، بصفة عامة، هو نظير لقانون أوم (analoque of Ohms law) والذي يقول: إن حجم تدفق الماء (water volume flux) في طريق (مسار) محدد يتناسب مع انحدار جهد الماء(gradient of water potential) ومع معاكسة (مقاومة) السريان (inverse of a flow resistance). للطماطم، صمم فان ايبرين (van Ieperen)[٢٦] نموذجاً يصف مسار (pathway) الماء من بيئة الجذور إلى الجو خلال حجرة جذر واحدة(one root compartment وثلاث طبقات فروع (three shoot layers) في النبات النابت (النامي، المخضر (vegetative plant))، كما يصف ديناميكيات جهد الماء في الجذور (roots) والجذوع (stems) والأوراق. توجد معلومات (premises) حول نمذجة تدفق الماء للطماطم من خلال أوعية الفلويم (اللحاء(phloem)) والزيلم (الجزء الخشبي من النبات(xylem))، في جويشارد وآخرين(Guichard *et al.*)[٢٧]. وتعتمد هذه المعلومات على نموذج فيشمان وجينارد(Fishman and Genard model)[٢٨]. يعتمد تدفق الماء السائد، في اللحاء (dominating phloem flux) على تركيز الكربوهيدرات في أوعية اللحاء وعلى مقدرة الفاكهة (الثمرة) على عدم تحميل هذه الكربوهيدرات (unload arbohydrates)[٢٨]. ويختلف تدفق الجزء الخشبي (xylem flux) باختلاف جهد الماء في الجذع، إذ إن جهد الماء للثمرة يبقى ثابتاً بدرجة معقولة، في أوقات وأحوال بيئية مختلفة[٢٧]. وبسبب المقاومة الكبيرة لدفق الماء في القشرة (البشرة (epidermis))، فإن نتح فاكهة أو ثمرة الطماطم محدود؛ وقد تمت نمذجة النتح كدالة على التألق (السطوع (irradiance)) والـ VPD بواسطة لينونارديي وآخرين (leonardi *et al.*)[٢٩].

وعلى مستوى القبة (canopy scale)، تمت نمذجة نتح محصول الطماطم بتطبيق طريقة بينمان– مونتيث التقليدية (classical Penman-Monteith approach)[٣٠]، وذلك بمجموع المكون الإشعاعي (radiative component) متناسباً مع الإشعاع الكلي الممتص بواسطة القبة، وكذلك بالمكون الحملي (convective component) متناسباً مع نقص ضغط بخار الماء (VPD). إن مقاومة القبة لنقل بخار الماء تكون المقاومة الديناميكية الهوائية (aerodynamic resistance) التي تعتمد على سرعة الرياح (wind speed) ودرجة حرارة الهواء والأوراق والمقاومة الثغيرية التي تعتمد بدورها على الإشعاع ونقص تشبع الأوراق بالهواء (leaf air saturation) ودرجة حرارة الأوراق لمحصول الطماطم مثلاً (بولارد وآخرون Boulard *et al.*)[٣١]. ومن أجل الأغراض التشغيلية، فإن النموذج التحليلي التام قد تم تبسيطه إلى معادلة ذات قياسين (two-parameter formula) إذ تم اشتقاق القياسات إما من النموذج المعقد (complex model) أو أنها قد حددت في الموضع الأصلي، أي الحقيقي (*in situ*)[٣٢].

(٥,٤,٣) الطاقة Energy

مقارنة قبة المحصول (crop canopy) بالجامع الشمسي (الجامع لأشعة الشمس (soler collector)) والأشعة الممتصة(absorbed radiation) هي التوازن بين الأشعة الكلية (global radiation) الساقطة(incident) والأشعة المعكوسة (reflected) والمنقولة(transmitted) وفي دراستهم لحصر محاصيل البيوت المحمية للضوء (light interception by glass house crops) ، قاس وارين ميلسون وآخرون (Warren Wilson *et al.*)[٣٣] (لقبة الطماطم (tomato canopy)) متوسط الانعكاس البالغ ١٣٪ ومتوسط النقل (average transmittance) البالغ ٢٣,٥٪ للضوء الساقط في الحزام الموجي الإشعاعي النشط للتمثيل الضوئي(photosynthetic active radiation wave band (PAR). تحسن امتصاص الضوء بنسبة ١٠٪ عندما تمت تغطية التربة بغطاء بلاستيكي

أبيض (white plastic sheet). وأيضاً، زاد امتصاص الضوء بتطور الأوراق (foliage devolopment) إلى أن بلغ الامتصاص الكامل التام (complete absorption) تقريباً، عند بلوغ مؤشر مساحة الأوراق (leaf area index (LAI) الدرجة ٤ أو أعلى. يرتبط امتصاص الضوء بكثافة النبات (plant density) والمسافات بين صفوف النبات (row spacing) ، إذ يميل إلى الزيادة عندما يكون توزيع النبات أكثر انتظاماً (more uniform)[٣٤]. إن توزيع الضوء وامتصاصه بصفوف محصولات القبب (rows of caponies) مثل محصول الطماطم، قد تمت نمذجتها باستخدام معالجات (مداخل approaches) راجعها كريتين (Critten).[١٥] ومن بين هذه المعالجات منحنى الأفول الأسي(exponetial extiction curve) ونماذج أخرى متنوعة تضع اعتباراً لتشتت الضوء (light scattering) ولتوزيع الضوء المنتشر (diffuse light) والضوء المباشر (direct light)[٣٦].

يستخدم جزء من الإشعاع الممتص بواسطة التمثيل الضوئي لتمثيل (استهلاك وامتصاص) الكربون (carbon assimilation) وإنتاج البيوماس (الكتلة الحيوية)، وتقدر هذه النسبة بكفاءة استخدام الإشعاع(radiation use efficiency (RUE) ، وهي النسبة بين مكافئ الطاقة للكتلة الحيوية والإشعاع الكلي (أو الـ PAR أي الإشعاع النشط للتمثيل الضوئي) الممتص (أو الساقط) لمحصول الطماطم. قدر إيكمان (Aikman)[٣٧] الإشعاع الممتص ليكون حوالي ٧٪ اعتماداً على الإشعاع النشط للتمثيل الضوئي (PAR) الممتص، وقدره بـ ١,٦٪ اعتماداً على الإشعاع الكلي خارج البيت المحمي.

وفعلياً، يتم تشتيت وتفرق جزء كبير من الطاقة الممتصة بواسطة المحصول في شكل حرارة كامنة بالنتح. وكتبعة لذلك تكون درجة حرارة قبة المحصول الناتحة (transpering capony) أقل من درجة حرارة الهواء. يولد هذا الفرق في درجة الحرارة تدفق حرارة محسوسة (flux of sensible heat) من الهواء إلى القبة. في البيت المحمي، واعتماداً على مؤشر مساحة الأوراق (LAI)، فإن ٥٠-٧٠٪ من دخل الطاقة الشمسية

(solar energy input) يستخدم للنتح التبخري (evapotranspiration)[٣]. ويبرر هذا، حقيقة أن متطلبات المحصول للماء تقدر من الإشعاع الكلي الممتص أو الساقط.

(٥,٤,٤) العناصر المعدنية Minerals

بنفس الطريقة كما للكربون والماء فقد تم تصميم كل من النموذجين: الآلي (mechanistic) ونموذج الصندق الخلفي (back-box) [انظر الاستعراض الواسع لـ لي بوت وآخرين (Le Bot *et al.*)][٣٨]. تصف النماذج الآلية عمليات محددة مثل أخذ العناصر المغذية (nutrient uptake) والنقل والتمثيل الغذائي، وحتى للنيتروجين العنصر الذي درس أكثر من غيره، مازالت موضوعات تنظيم وتكامل هذه العمليات على نطاق النبات كاملاً (whole plant scale)، قيد البحث والمناقشات. وللطماطم تم اقتراح معالجتين آليتين رئيستين للنمذجة. وفقاً لـ لي بوت وآخرين (Le Bot *et al.*)[٣٨]، فإن وقت مسار أخذ النيترات (time-course of nitrate uptake)، يرتبط بالنقل الموضعي (translocation) للكربوهيدرات إلى الجذور لتغطية تكاليف الطاقة لأخذ العناصر الغذائية (energy cost of nutrient uptake)، ووفقاً لجارديناس – نافارو وآخرين (Gardenas-Navarro *et al.*)[٣٩]، فإن أخذ النترات يرتبط بالمحافظة على تركيزات أيونات داخلية ثابتة (steady internal ion concentration).

وترتبط النماذج الأكثر عمومية (نماذج الصندوق الخلفي more general back) (box والطلب/الحاجة للعناصر التغذوية، مباشرة، بمعدل النمو(grow rate). وقد تم تأسيس الطلب لعدة عناصر معدنية (النيتروجين والبوتاسيوم والفسفور)، وضرورة المحافظة على التركيزات الحرجة (critical conccntration) لهذه العناصر المعدنية في أنسجة النبات وأن تقارب/توافق النمو المحتمل الكامن(potential growth) اعتماداً على الإشعاع الكلي المحجوز(total intercepted radiation). للنيتروجين، ينخفض هذا التركيز الحرج تدريجياً مع تجمع الكتلة الحيوية أثناء مرحلة الإنبات (vegetative phase)[٤٠]. قاس لي بوت وآخرون (Le bot *et al.*)[٤١] هذه العلاقة لنبات الطماطم. ولتفسير هذا

الانخفاض في محتوى النيتروجين، اقترح كالوين ويو (Caloin & Yu)[٤٢] حجرتين في الكتلة الحيوية، إحداهما في غالب الأمر نشطة للنمو وبها محتوى عال من النيتروجين، والأخرى مخصصة للتراكيب (structures) وللتخزين وبها محتوى منخفض من النيتروجين. مع تطور المحصول، تميل الحجرة الثانية للسيادة. تمت معايرة (caliberated) هذا النموذج لمحصول طماطم البيت المحمي بواسطة بيليرت وآخرين (Bellert *et al.*)[٤٣]. وقد تم تطبيق منهج مماثل (comparable approach) لمتطلب النيتروجين من تصنيع الطماطم في نموذج الـ EPIC، وذلك لتقييم مختلف سياسات التسميد من ناحية نمو المحصول وديناميكيات النيتروجين في التربة[٤٤].

وتتوافر نماذج تحليل للعناصر الفيزيائية الأخرى لحظة كتابة هذا الكتاب[٤٥]. وقد تم ذكر النموذج الأول الذي يماثل تدفق الكالسيوم في ثمرة الفلفل وعلاقته بحدوث عفن نهايات الزهرات (blossom-end-rot) (وهذا عيب من عيوب الجودة (quality defects) يلاحظ في الطماطم، أيضاً)[٤٦].

(٥,٥) تكون الناتج
Yield Formation

تعتبر الطماطم عينة رائدة لنمذجة المحاصيل. تمت دراسة تكوُّن الناتج وإنتاج المادة الجافة (dry matter production) والتجزئة/ التقسيم (partitioning) بشكل دقيق، كما تم تدوينه بشكل نظامي أو رسمي (formalized) بمختلف المعالجات (المداخل)، مرة أخرى إما آلياً (mechanistic) وإما تجريبياً (empirical). اعتمد مدخل نمو الثمرة (fruit growth) على نماذج إنتاج المادة الجافة (models of any matter production). درست تدفقات الماء نحو ثمرة الطماطم اللحمية (flesh tomato fruits) (حوالي ٩٥٪ ماء) كما تمت نمذجة ذلك، فقط، حديثاً.

(٥,٥,١) إنتاج الكتلة الحيوية Production of Biomass

تم تطوير مختلف مداخل أو معالجات إنتاج الكتلة الحيوية لمختلف أنواع المحاصيل بما في ذلك الطماطم. في النماذج المشغلة بالتمثيل الضوئي (photosynthesis-driven) استخدم تكامل التمثيل الضوئي الصافي(الصرف ، net photosynthes) وتحويل الممثلات الضوئية (غذائياً ، photoassimilates) الناتجة إلى كتلة حيوية لحساب تجمع المادة الجافة. قدر شاللا وباكر (Challa & Bakker)[٤٧] الإنتاج المحتمل لمحاصيل البيوت الزجاجية في مختلف أقاليم العالم باستخدام هذا المدخل – وأيضاً هي الخطوة الأولى في معظم نماذج محاصيل الطماطم[١٧، ٣٦، ٤٨] قارن بيرتين وهيوفيلينك (Bertin & Heuvelink)[١٣] إنتاج المادة الجافة المقدر بنماذج جونس وآخرين (Jones *et al.*)[٣٦] وهيوفيلينك[١٧].

في مدخل كفاءة استخدام الإشعاع (RUE)، اعتبر إنتاج الكتلة الحيوية نتيجة لتحول الطاقة من الإشعاع الساقط إلى محتوى الكتلة الحيوية من الطاقة.

ربط حصر الإشعاع بمؤشر مساحة الأوراق (LAI) بمنحنى تشبع (saturation type curve) ومعامل تحويل الضوء المحصور إلى كتلة حيوية أعلى للكربون ٤(C_4) (أي محصول الذرة maize مما لكربون ٣(C_3) (أي محصول الطماطم)، ويرتفع بارتفاع تركيزات ثاني أوكسيد الكربون. لقد تم تقويم هذا المدخل في أحوال مختلفة لمحصولات البيوت الخضراء من الطماطم[٤٩-٥١] وقد استخدم مدخل مماثل لأنواع مختلفة تشمل الطماطم في برنامج نمذجة الـ modelling platform.

(٥,٥,٢) توقيت التطوير Timing of Development

تشمل عمليات التطور تكوُّن الأعضاء الجديدة وتعميرها ، ونضجها (ageing) والتحولات المرحلية (phase transitions) في كامل النبات (أي الفترة النمائية الإنباتية مقابل الفترة التولدية الإنتاجية (vegetative versus generative periods) والنسب القياسية للأعضاء(organ scales) (أي وضع الثمر fruit setting). يعتمد تكون الأعضاء

ونموها، أي تعميرها، على درجة الحرارة[٥٣]، ويتبع ذلك منحنى شبيه بالجرس (bell-shaped curve) يمكن وصفه جزئياً بمعادلة أرهينيوس(Arrhenius equation) [٥٤] مثل منحنى الاستجابة (response curve) هذا، قد تم تدريجه(تمت معايرته) لتكون الأوراق والعناقيد الزهرية (أو الثمرية ملتزة الوحدات trusses) الجديدة، ولتطور الثمرة من مرحلة الأزهار (flowering) إلى مرحلة النضج (maturity) وكما أدخل في معظم نماذج محصول الطماطم (مثل دي كونينج De koning)[٥٥]. ووفقاً للنظرية القائلة بإمكانية اعتبار استجابة معدل التطور لدرجة الحرارة استجابة خطية (linear) في مدى محدود لدرجات الحرارة، فإن درجات الحرارة اليومية يمكن تجميعها لحساب وقت حرارة(thermal time) معبّر عنه في أيام درجات degree days)، وذلك بالتحديد، غير معتمد على برنامج (نظام) درجات الحرارة (temperature regime)[٥٦]. (راجع أو أعاد تيجكينس وفيردينيس (Tijskens and Verdenius) نمذجة العمليات الحيوية التي تعتمد على درجة الحرارة).

في نباتات الطماطم، وضع الثمرة هو مرحلة الانتقال من الأزهار إلى مرحلة نمو الثمرة. وقد تمت ملاحظة أنه كلما كبرت نسبة المصدر–أي حوض تجمع الماء-source) (sink ratio (أي جزء معدل النمو المحتمل للنبات الذي يمكن تحقيقه بالإنتاج الحالي للتمثيل الغذائي الضوئي)، كان وضع الثمر أكثر نجاحاً[٥٨]. لقد تم تشكيل هذه العلاقة في نموذج الـ TOMGRO.[٥٩] في هذا النموذج، تحدد ديناميكية الأزهار (dynamics of flowering) ووضع الثمر وتعمير الثمر والتركيب العمري(age structure) لمجموعات الأعضاء النامية والمتولدة في أي وقت أثناء مراحل الإنتاج.

(٥,٥,٣) توزع المادة الجافة Dry-matter Partitioning

يعتمد الوزن الجاف للأعضاء المحصودة على جزء المادة الجافة المخصصة المعينة لها (للأعضاء allocated to them) وفي حالة أنواع الثمار مثل الطماطم، فإن توازن الوزن الجاف النامي – المتولد (vegetative-generative dry weight balance) هو المكون

المفتاحي (الأساسي) لنماذج المحصول. قد تتغير هذه النسبة مع مرحلة تطور النبات، وديناميكيا قوة المخزون (مخزون الماء) التنموية والتوليدية (vegetative & generative sinks) هي معدل النمو المحتمل عندما لا يوجد تنافس بين الأعضاء على مصادر الكربون[٦٠]. وتختلف هذه القوة المقدرة باختلاف مرحلة تطور العضو؛ ترتفع مع درجات الحرارة، ولا تتأثر بتوافر الممثلات الغذائية نفسها. أثبت هيوفيلينك[٦١] أنه، في الطماطم يكون لكل أعضاء نبات الطماطم نفس إمكانية الحصول على أو الوصول إليها كل مصادر الكربون، وتبعاً لذلك (١) فإن نسبة تخصيص الوزن الجاف التوليدي النمائي (vegetative generative dry weight allocation ratio) تعتمد على عدد الألياف وتركيبها العمري والعقد المبينة للجذع (stem internodes) والثمر، و(٢) عندما يكون النشاط المصدري (التمثيل الضوئي) أقل من متطلب الحوض (sink demand)، فإن معدل النمو الفعلي للأعضاء يكون محدودا وبنفس النسبة. نفذت هذه المفاهيم في نماذج محصول الطماطم المصممة للزروعات العنقودية (determinate cultivers)[٦٢] وحتى الآن تمت محاولات قليلة[٦٣] لتأكيد وتوثيق أو إثبات نظرية البذور العنقودية هذه.

(٥,٥,٤) محتوى الثمرة من المادة الجافة Dry Matter Content of Fruit

إن محتوى ثمرات الطماطم العالي من الماء ناتج من تدفقات الجزء الخشبي للنبات واللحاء (xylem & phloem infuxes) وتوقف الدفق التعرقي، النتحي (transperation efflux) أثناء نمو الثمرة. وكما ذكر سابقاً، فإن نمذجة التدفقات الطرفية (lateral fluxes) داخل النبات (من الجذع إلى الثمر) وكذلك نمذجة نتح الثمر (fruit transperation) قد درست فقط حديثاً جداً. وستدخل هذه العمليات في نموذج محصول الطماطم شريطة اقتران تدفق الماء والكربون. وإلى هذه النهاية، لابد من تحديد ديناميكيات جهد الماء في الجذع وديناميكيات محتوى الكربوهيدرات في اللحاء وكذلك تحديد الاختلافات أو الفروقات الممكنة في مقاومة نقل الماء في سويقات (fruit peduncle) وقشر الثمر.

ولحظة كتابة هذا الكتاب، فإن نماذج محصول الطماطم اعتمدت على استهلاك وتوزع الكربون، فقط. يحسب الوزن الجاف للثمر المحصود ويحول إلى وزن طازج بتطبيق معامل محتوى المادة الجافة (cofficient of dry matter content) الذي إما أن يكون ثابتاً (fixed)[١٦] وإما أن يكون متغيراً ومختلفاً باختلاف الموسم.[٥٥] في الحالة الأخيرة (الاختلاف) يكون محتوى المادة الجافة للثمر أعلى في الصيف مقارنة بالمحتوى في الشتاء، وإذ إن الظروف البيئية في الصيف تميل لصالح الإجهاد المائي (favour water stress) (عندما يكون الإشعاع وVPD أو تركيزات الملح في محلول العناصر التغذوية عالية) وأيضاً، يحدد محتوى الثمر الناضج من المادة الجافة وراثياً: عادة يكون أعلى في الثمرات الصغيرة (الأعناب والكوكتيل) مقارنة بما في الفواكه الكبيرة (الثمرات).

(٥,٦) تكون جودة المنتجات
Formation of Product Quality

تغطي جودة ثمار الطماطم عدداً من الخصائص المختلفة، ومن بينها لاقت درجة الثمرة (تدريجها fruit grade) مزيداً من الاهتمام. ويمكن نمذجة متوسط وزن الثمر الطازج اعتماداً على وزن وعدد الثمرات المحصودة. معدل نمو الثمر المحتمل قياس وراثي (genetic parameter). في الطماطم، يرتفع معدل النمو المحتمل من الكرز عبر الكوكتيل إلى الأصناف الدائرية وأصناف الفطر (round and beefsteak cultivars). وخلال مدى درجات الثمر المحددة وراثياً، يمكن ضبط حجم الثمر الحقيقي (الفعلي) في البيوت المحمية عن طريق ضبط المناخ وإدارة عمليات المحصول (الزراعية). ويمكن الحصول على ثمار كبيرة بزيادة التمثيل الغذائي الصرف، على سبيل المثال، بإمداد ثاني أكسيد الكربون (إغناء CO2 enrichment)، أو بتخفيف التنافس على الممثلات الغذائية، على سبيل المثال، بتشذيب (تقليم) الثمار (fruit pruning). لقد تم تقليد (تشبيه) هذه السلوكيات بنموذج الـ TOMGRO: في تقليد الـ SIMULSERRE simulator، ويمكن تقييم مختلف إستراتيجيات إدارة المناخ والمحصول في شكل مسار

زمني للناتج الأسبوعي (weekly yield) ومتوسط درجات الثمار (average fruit grade)[٦٤].

عند كتابة هذا الكتاب، كانت آليات مدخل نمذجة لون الثمار ونكهتها وقوامها أقل عملاً، إذ إن العمليات التحتية كانت معقدة. ويتضمن تغير اللون أثناء الإنضاج وتحول البلاستيدات (جبيلات اليخضور) (chloroblasts) إلى جبيلات ملونة لجسيمات صابغة في جبلة الخلية النباتية فيهن مادة ملونة صفراء أو حمراء وهي التي تلون الزهر والثمر وتتميز عن جبيلات اليخضور (chromoplasts) مع هدم اليخضور (degredation of chlosophyll) وتصنيع الكاروتينويدات وتجمع الليكوبين (accumulation of lycopene) مما يؤدي إلى ثمار ملونة باللون الأحمر (red-coloured fruits). تستجيب هذه العمليات استجابات مختلفة لدرجة الحرارة، وبالتالي، تصبح الثمار صفراء بدلاً من أن تكون حمراء في درجات حرارة أقل من ١٢°م وأعلى من ٣٠°م.[٦٥] ببساطة قد تميز أو تصنف مثل هذه التغيرات الفسيولوجية بجهاز قياس الألوان (colorimetry) بقيم إل(L) وأ(a) وبي(b) لجهاز أو نظام هنتر ثلاثي الأبعاد (three dimensional Hunter system) أو بقيم أ(a) وبي(b) المحولة إلى هيو (تدرج اللون hue) وكروما (صفاء اللون chroma) على التوالي، وليوفرا مع الـ إل(L) تقييماً للون والذي يرتبط أو يتوافق جيداً مع إدراك المستهلك (consumer perception) [٦٧]. أوضح تاهي وشيوفيلت (Thai & Shewfelt)[٦٨] أن قيمة الهيو (تدرج اللون) قد تغيرت سينياً (شكل sigmoidally) مع الوقت واستجابت لدرجة الحرارة وأن الكروما (صفاء اللون) وقيمة إل (L) متغيرات معتمدة على الهيو (تدرج اللون(Hue)) ونتج عن ذلك، نموذج إحصائي بسيط (simple statistical model) لمماثلة ومشابهة تغيرات لون الطماطم تحت المعاملات الحرارية (درجة الحرارة) الثابتة والمتغيرة. أجرى تيجسكينس وإفيلو (Tijskens & Evelo)[٦٥] تحليلا قابلا للمقارنة باستخدام قيمة أ(a) ونسبة أ للـ بي (أ/بي a/b) وأدخل تصحيحات للعمر البيولوجي (العمر الحيوي)

للثمار عند الحصاد. ومع ذلك قلت دقة التنبؤ باللون عندما تحول لون المحصول من اللون الوردي (pink) إلى الأخضر مرحلة النضج (mature green age).

بجانب الحجم واللون، يساهم وجود العيوب والظواهر غير الطبيعية (abnormalities) في المظهر البصري (visual appearance) لثمار الطماطم. صنف جاهنس وآخرون (Jahns *et al.*)[٦٩] الحجم واللون والشكل (الانحراف عن المسار الدائري (shape eccentricity)) والعيوب (النقاط البنية brown spots) والتشقق (cracks) (انخفاض معامل الانعكاس (reduced reflectance) والانتظام (uniformity) (أي توزيع اللون الأخضر – الأحمر (green-red distribution)) وأتموا ذلك بتحليل الصورة (image andysis). كما صمموا نموذجا مشوشاً (fuzzy model) لتدريج الجودة (quality rating) بواسطة المستهلكين اعتماداً على هذه الخصائص البصرية (optical properties) .

تتم استساغة ثمار الطماطم(pleasantness of tomato fruit) في الغالب، بالنكهة والرائحة (aroma) والحلاوة (sweetness) والتحبب (mealiness) (الذي يتميز بالتركيب المحبب والرخو للحم (اللب) (loose and granuler structre of the flesh)). وإذ إن الرائحة ترتبط بالحلاوة، استخدم فيركيركي وآخرون (Verkerke *et al.*)[٧٠] تحليل الانحدار الخطي المتعدد لربط الحلاوة والتحبب اللذين تم تقييمهما بواسطة محكمين مدربين(trained panel) لوضع قياسات للقوام (texture measurements) وتحليلات كيميائية (chemical analysis). وبالمثل، وجد اسكوتي وآخرون (Schotte *et al.*)[٧١] علاقة لوغريتمية (logarithmic relation) بين الصلابة (firmness) مقاسة بتقنية الاستجابة النبضية الصوتية(acoustic impulse-response technigue) ومقدرة بواسطة خبراء. قلت الصلابة أسياً مع مرور الوقت، وتتأثر هذه الديناميكية بالنضج عند الحصاد (مع التفاعل مع زراعة الصنف) وبدرجة الحرارة وبالموسم (يكون معامل أو ثابت التدهور أعلى في الربيع spring مقارنة بما يكون في المواسم الأخرى).

فترة الصلاحية (keeping quality) أثناء التخزين متغير تكاملي (integrative variable). وتجعل فترة الصلاحية لوقت قبول المنتج قيمة كمية (quantity the time of product acceptability) والتي تعتمد على كل من خصائص المنتج (product properties) وسلوك المستهلك (consumer behaviour). ويمكن ربط فترة صلاحية ثمار الطماطم بالصلابة عند الحصاد.[٧٢] من ثم تم تشكيل إطار نمذجة عامة (general medelling frame work) بواسطة تيجسكينس وبولديرديجك (Tijskens & Polderdijk)[٧٢] والذي فيه تعتمد حركيات التعفن (تعفن تحلل النبات أو الطعام(decay kinetics)) لواحدة أو عدة خصائص جودة، على درجة الحرارة والقيمة الأصلية (initial value) وحدود القبول من قبل المستهلك.

ومن الملاحظ، أن معظم نماذج جودة الفواكه ليست واضحة الشرح (not explicative) وأن قليلاً منها (اللون والصلابة وفترة الصلاحية) ديناميكي. وتجرى أبحاث مستمرة في فسيولوجيا تكون (صيرورة) جودة ثمار الطماطم فيما يتعلق بالمحتوى (التركيب) الكيميائي (chemical composition) (أي محتوى السكر والحموضة والرائحة وما إلى ذلك) والمظهر (كاللون والتشقق وتعفن نهايات الأزهار (blossom – end- rot) وما إلى ذلك) ووجود المركبات المحفزة والمحسنة للصحة (health promoting compounds) (كمضادات الأكسدة (antioxidants)). إذا ظلت النماذج غير متوافرة لمعظم متغيرات الجودة هذه، يمكن ربط بعضها بالكربون والماء أو تدفق العناصر المعدنية للثمار[٧٤] والتي تتوافر لها نماذج (انظر الأقسام السابقة لهذا الفصل والشكل رقم ٥,١). على سبيل المثال، يمكن ربط المحتوى من السكر بتوافر الكربون (لكن لا يمكن ربط المحتوى من الحموضة والرائحة بذلك[٧٥]، وقد ربط تكرار تشقق قشرة الثمار بحالة ماء

المحصول[٧٥]، وربط وجود تعفن نهايات الأزهار بتدفق الكالسيوم المنقول بواسطة شبكة الجزء الخشبي (xylem network)[٧٦].

(٥,٧) التفاعلات مع الآفات والأمراض

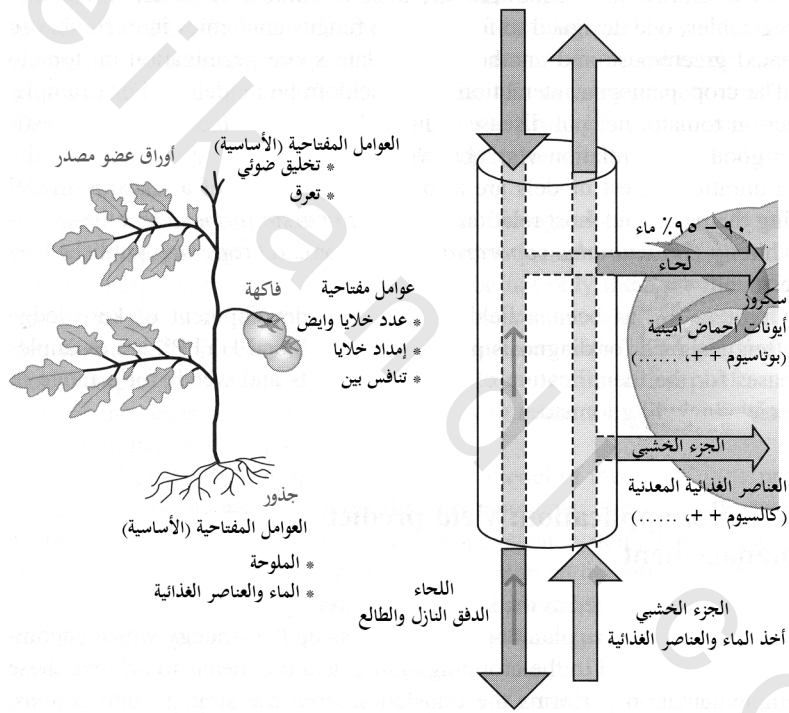
Interactions with Pests and Diseases

تتوافر قليل من نماذج المحاكاة للآفات والأمراض بالرغم من أن آثارها ذات أهمية كبرى في أنظمة إنتاج محاصيل الطماطم، وذلك فيما يتعلق بالاهتمامات البيئية والصحية راجع سيجهي وآخرين (Seghi *et al.*)[٧٧] بعض النماذج التجريبية (empirical models) التي تتنبأ بالأمراض من البيانات (المعلومات) المناخية في تصنيع محاصيل الطماطم. في السبعينيات (1970_s)، تم تصميم نموذج الفاصت (FAST model) ليتنبأ بشدة أو حدة مخاطر تفشيات الآفات المبكرة (Early blight outbreak) (*الالتيزناريا سولاني Alternaria solani*)[٧٨]. تم تقييم المخاطر من نماذج تتنبأ بالندى (predicting dew) (محفز لتكون الجراثيم favorable to spore formation) وبالأمطار (محفزة لتكون الجراثيم والعدوى(and infection) يعتمد هذان النموذجان على عدد من منظومات بيانات الجو (المناخ) (sets of weather data) : امتداد فترات (أوقات) البلل(wet periods)، ودرجة حرارة الهواء أثناء هذه الأوقات الرطبة لنموذج الندى (dew model)، والأمطار ودرجة الحرارة وامتداد أوقات الرطوبة العالية (duation of high humidity) أثناء الأسبوع لنموذج الأمطار(rain model). تم دمج نموذج إنذار بالأمراض (disease-warning model) آخر، مع نموذج الـ FAST. اعتماداً على درجة حرارة الهواء ووقت (فترة) ارتفاع الرطوبة (time of high humidity) يتنبأ هذا النموذج بتفشيات الآفات المتأخرة (outbreaks of late blight) (*الفايتوفاتبورا انفيستانس Phytophtopora infestans*). في التسعينيات (1990s) تنبأ الـ CU-FAST بكل من حلقات (دورات

episodes) الآفات المبكرة والانثراكنوز (anthracnose) (*الكولبتوتريكيوم كوكسوديس* (*Colletotatrichum coccodes*)) [٧٨]. ويقدر هذا النموذج فترة البلل (الرطوبة duration (of wetness) اعتماداً على الأمطار وامتداد فترات الرطوبة العالية(high humidity) والرطوبة الدنيا اليومية (minimum daily humidity). وفي خطوة للأمام، تم تطوير نموذج الـ TOM-CAST للسيطرة على الآفات المبكرة الـ anthracnose والسيبتوريا المنقطة للأوراق *السيبتوريا ليكوبيرسيسي* (*Septoria lycopersici*) (Septoria leaf spot, . يتطلب نموذج الـ FAST المعدل فقط، تشغيل نموذج الندى[٧٨]. ومخرجات كل هذه النماذج متغيرات تعمل على تجميع وتراكم قيم التدريج اليومي (variable cumulating the daily rating values) لحدة المخاطر. أدخل باترسون ونوكيس (Patterson & Nokes)[٧٩] للـ TOM-CASTنموذجاً لمبيد الفطريات(Fungicide) (الكلوروثالونيل(Chlorothalonil) والذي يبقى ثابتاً عالقاً بأوراق نباتات الطماطم(persistence on tomato foliage)).

حدد نيكوت وبايللي (Nicot & Baille)[٨٠] في مراجعتهما للسيطرة على العفن الرمادي (grey mould) (*البوتريتيس سينيريا* (*Botrytis cinerea*) في البيوت الزجاجية للطماطم فقط، عدداً قليلاً من نماذج البيوت المحمية للخضراوات، صمم أحدهما للتنبؤ بالوبائيات الفطرية (fungus epidemics) التي تصيب الخيار (cucumber) في بيت محمي مسخن، والآخر لمشابهة إنبات الجراثيم (simulate spore germination) على أوراق الطماطم. ونادراً ما تتم نمذجة تفاعل ممرضات المحصول (crop pathogen interactions). على سبيل المثال، قدر تأثير المرض على منتوج محصول الطماطم والذي تسببه *السيبتوريا ليكوبيرسيسي* (*Septoria lycopersice*): تمت ملاحظة علاقة خطية جيدة بين محصول الطماطم وطول فترة مساحة الأوراق السليمة (healthy leaf area duration)[٨١]. نماذج الآفات نادرة، أيضاً: ومثال لنموذج أبحاث يماثل علاقة الطفيل –

العائل (parasitoid-host relation) بين الانكارسيا فورموسا (Encarsia formosa) والذبابة البيضاء للبيوت المحمية (green-house whitefly) [التريواليورووديس فابورواريوروم (*Trialeurodes vaporariorum*) وأثرها على محصول الطماطم، بواسطة فان رويرموند وآخرين (van Roermund *et al.*)[٨٢].



الشكل رقم (٥,١). العوامل الأساسية المؤثرة على تدفق الماء والكربون والعناصر الغذائية من الأعضاء المصدر إلى الثمرة في نبات الطماطم Reproduced from Guichard et al (2001).

ظل حقل وقاية النبات حقلاً للتطور المتميز لقواعد المعرفة (المعلومات knowledge bases) والتي كثيراً ما تصمم لأغراض التشخيص(diagnosis purposes).

الـ Bouto والـ HYPP[٨٤] مثالان لقواعد البيانات (databases) للتعرف على الممرضات والآفات والأعشاب الضارة كالطحالب (weeds) لمدى من أنواع المحاصيل، بما في ذلك الطماطم.

(٥,٨)حقول التطبيق: توقعات الناتج وإدارة المحصول

Areas of Application Yield Prediction and Crop Management

يمكن تعريف الإدارة بأنها سلسلة ثلاث عمليات (sequence of three operations) التخطيط (planining) الإنفاذ أوالتنفيذ، التطبيق(implementation) الضبط/ السيطرة (control). وتحدد عملية التخطيط (planning operation) الإستراتيجية التي تتضمن الأهداف المحددة لنظام زراعة المحصول (cropping system) والوسائل أو الطرق التي بواسطتها تتحقق تلك الأهداف. الإنفاذ يعني ترجمة الإستراتيجية إلى أفعال بينما تضمن السيطرة أو يضمن الضبط والتطبيق السليم لهذه الأفعال بمراقبة العملية/ العمليات مراقبة مستمرة ومراجعة أنماط التطبيق الفعال.

عملية اتخاذ القرار المؤدية إلى تحديد الأفعال التي يجب القيام بها، عملية معقدة. وتعتمد هذه العملية على العوامل الخارجية غير المتحكم أو غير المسيطر عليها، وعلى التفاعلات بين المحصول وبيئته، كما تعتمد على معرفة حالة المحصول.

وبالنظر في هذا، فإن أول تطبيق لنماذج المحاصيل هو توفير المعلومات والتي من غير ذلك لا يستطيع المزارع الحصول عليها بسهولة، إما بسبب عدم توافر نظام قياس (measurement system) وإما بسبب أن تكاليف الحصول على المعلومات قد تكون عالية. التطبيق الثاني هو تمثيل عمليات المحصول في روتين الوضع الأمثل (optimisation routines) (للعمليات الزراعية). في الأقسام الفرعية (subsections) التالية يقدم استعراض شامل (overview) للأعمال الحالية المستخدمة للنماذج الموفرة للمعلومات

(إدارة المحصول والوقاية) وكعمليات ممثلة (process representations) [السيطرة على المناخ والتسميد بالري وضبطهما (Climate and fertigation control)].

تختلف الحاجة للتنبؤ بالإنتاج باختلاف نظام زراعة الطماطم (tomato cultivation system). في الإنتاج الحقلي (للطماطم)، يتم اختيار الأصناف المحددة (determinate cultivars) للحصول على نضج ثمار (fruits ripe) لحصدة واحدة (single harvest). يتم التنبؤ بالوقت المتوقع للحصاد (expected time of harvest) والكمية المتوقعة من المنتج، ذلك للتمكُّن من التخطيط المتكامل (integrated planning) للإنتاج والتصنيع. على سبيل المثال، قدر ولف وآخرون [٨٥](Wolf et al.) أوقات الإنبات والإزهار (flowering) ومرحلة التحول (turning stage) والحصاد للطماطم القابلة للتصنيع اعتماداً على مجموع (ذروات) الحرارة (التسخين heat sums). وذهب ماكنيال وآخرون McNeal et al.)[٨٦] إلى أبعد من ذلك خطوة، وتنبأ بكتلة الثمار عند الحصاد مستخدماً نموذج محصول طماطم بيوت محمية (TOMGRO) موطن ومتأقلم مع الأحوال الحقلية (adopted to field conditions). في إنتاج البيوت المحمية إلخ)، يخطط الناتج (yield) منذ فترة طويلة من الوقت. في المفاوضات مع البائعين، على المزارعين أن يقدروا على إعلان إنتاجهم الأسبوعي قبل عدة شهور قادمة. ولهذا الغرض، فقد طور نموذج محصول طماطم بسيط يعرف بالـ TOMPOUSSE) ليتنبأ بالناتج الأسبوعي ومتوسط درجات الثمار (average fruit grade)، وذلك باستخدام معلومات متوافرة في المزرعة.[٤٩] ويمكن استخدام نفس النموذج كمماثل لتقييم الإستراتيجيات المختلفة لإدارة المحصول [التشذيب truss pruning والإغناء بثاني أكسيد الكربون (CO_2 enrichment) والتغيرات في كثافة الجذع (changes in stem density). وقد استخدم دي كونينج(De Koning)[٥٥] مدخلاً مشابهاً في نموذج تقسيم المادة الجافة (dry matter partitioning) وذلك لجعل كثافة البراعم وعدد الثمار لكل نبتة في معدلاتها القصوى المثلى(optomize shoot density and number of fruit per plant).

مازالت نماذج المحصول هذه، والمستخدمة لتقييم المآلات أو العواقب الحيوية أو العواقب(biological consequences) لسياسات إدارة المحصول، بعيدة عن أنظمة دعم اتخاذ القرار الحقيقة الفعلية (real decision support systems DSS) ولهذا الغرض، يجب أن تصف هذه النماذج، ليس فقط، ديناميكيات المحصول وبيئته الفيزيائية (مناخ البيت المحمي و/أو التربة)، ولكن يجب أن تصف عملية اتخاذ القرار (decision-making process) نفسها وتفاعلاتها مع النظام البيوفيزيائي (biophysical system)، أيضاً. على سبيل المثال، نظام الـ GXLSIM[٨٧] برنامج مماثل للبيت المحمي والذي يمكن أن يحدد قواعد القرار التي يستخدمها المزارع لتطبيق منظومات المناخ (climate settings) للمناخ الحالي (current climate) وأحوال المحصول.

في مشروع الـCONSERTO[٨٨]، صمم نموذج ديناميكي لنظام إنتاج البيوت المحمية (greenhouse production)، ولهذا النموذج ثلاثة مكونات: نظام القرار(اتخاذ القرار)، ونظام التعليمات – للـ– الأفعال (instructions –to– actions system) والنظام البيوفيزيائي. يصف نظام اتخاذ القرار إستراتيجية الإدارة (management strategy) (المناخ والعمليات اليدوية (manual operations مثل تشذيب الثمار والأوراق، والتدريب والحصاد) المطبقة في فترة الزراعة إدراكاً للأهداف الإنتاجية. يحول نظام التعليمات – للـ – للأفعال القرارات إلى أفعال بواسطة الأنظمة الآلية(automatons) (أنظمة السيطرة على المناخ والتسميد بالري) والعمال. ويشتمل النظام البيوفيزيائي على مناخ البيت المحمي ونموذج محصول الطماطم (TOMGRO)[١٦، ٥٩] والمنفذ في إطار (هيكل) موجه شكلياً(object–oriented framework)[٨٩]. توفر المخرجات ليس فقط المعلومات عن الأداء الفيزيائي والحيوي للنظام تحت منظومة أفعال(set of actions)، ولكن توفر مؤشرات(indicators) [مثل حيوية النبات (plant vigour أو توقعات الأحداث المهمة

(predictions of important events) مثل الإزهار أو نضج الثمار، والتي تعتبر مفيدة لنظام اتخاذ القرار.

(٥,٩) حقول التطبيق: السيطرة على المناخ

Areas of Applications Climate Control

يضم فهمنا للسيطرة على المناخ والمعتمدة على النماذج (model-based climate control) كل المداخل (المعالجات)، حيث تحدد نقاط – ضبط المناخ الجديدة (new climate set-points) باستخدام مخرجات المعلومات (information output) من النموذج أو المعرفة المضمنة في النموذج نفسه. ربما أن الضبط الأمثل (optimal control) هو الطريقة الأكثر أو الأوسع استخداماً لاستغلال النماذج المتوافرة وتحديد الظروف أو الأحوال البيئية المثلى للمحصول.[٩٠-٩٢] أيضاً، تتطلب تطبيقات ضبط المناخ لنماذج المحصول ضمن إطار السيطرة المثلى، نموذج مناخ بيت محمي، لأن متغيرات الضبط أو السيطرة تعدل المناخ بشكل مباشر. إن سلوك النبات (plant behaviour) مدفوعٌ بشكل غير مباشر، من خلال استجاباته، بتعديلات البيئة.

وفي أشكالها الأكثر بساطة تعرف مشكلة الوضع الأمثل للمناخ (climate optimisation problem) كما يلي: باستخدام نموذج تجميع المادة الجافة للمحصول (crop dry matter accumulation model) وتعبيراً جبرياً (algebraic expression) لنموذج مناخ البيت الأخضر، أوجد درجة حرارة النهار والليل (day-and night–time temp) التي توصل معامل التكلفة لأقصى مدى (maximise a cost function) ومحققة لتوازن معدل النمو النسبي (relative growth rate) وتكاليف التسخين (heating costs) ويمكن تضمين الإغناء بثاني أكسيد الكربون، أيضاً). أوضح جال وآخرون (Gal et al)[٩٣] وسيجينر (Seginer)[٩٤،٩٥] وسيجينر وآخرون (Seginer *et al.*)[٩٦] وكريتين (Critten)[٩٧] إمكانية

وصف المحلول الأمثل (optimal solusion) بأنه معامل مباشر(direct function) بصفة مستقلة(independently) وفي الأحوال العملية يسهل هذا من حساب الجداول البصرية خارج الحاسب الآلي(offline computation of lookup tables) التي تشير إلى الأفعال الواجب القيام بها في الأحوال الحالية (القائمة) أو توضحها. درس سيتجينر وآخرون (Seginer *et al.*)[٢٢] مشكلة الوضع الأمثل لدرجة الحرارة (temp optimization problem) فقط بالاعتماد على احتياجات النبات. وقد استخدم هؤلاء الباحثون نموذجاً ديناميكيا (dynamic model) لتوازن الكربون للمحصول بمخزون كربوهيدرات مؤقت (temporary carbohydrate pool) لزيادة درجات حرارة النهار والليل التي ترفع معدلات النمو النسبية إلى أقصاها، ذلك لدفق إشعاعي يومي محدد (given daily radiative flux) والنتائج هي أن المحصولات الصغيرة (النباتات) تحتاج لدرجات حرارة أعلى مقارنة بالمحصولات الكبيرة إذ إن معدل تنفس الخطط (maintenance respiration) يكون أعلى وأنه يكون لحالة معينة تكون أزواج درجات الحرارة النهارية والليلية (daily and night remperature are optimal) خلالها في المعدلات المثلى.

استخدم تاها ميتشيان وآخرون (Tchamitchian et al)[٩٨] وتاب وآخرون (Tap et al)[٩٩] نموذج بيت أخضر ديناميكي (dynamical greenhouse model) بدلاً من النموذج الجبري (الحسابي algebraic) لإدخال إخماد درجة الحرارة (damping of temperature) الذي تسببه التركيبات الموجودة في البيت الأخضر. وقد ثبت أن حل مشكلة المناخ، كان ذلك للطماطم أو للخس، على التوالي، مشكلة عددية صعبة نوعاً ما (rather dificult numerical problem).

لمقارنة النموذج الديناميكي لمناخ البيت الزجاجي (المحمي) مع نموذج نمو الخس (leff uce growth model) استخدم فان هينتين (Van Henten)[١٠٠] المدخل الأحادي

التشويشي (singular perturbation approach)[١٠١] لحل مشكلة النماذج بأقدار مختلفة لثوابت (معامل) الوقت (different magntudes of time constants).

يستخدم التطور، وللتقدم الجديد في هذا الحقل [التاب (Tap) الاتصال الشخصي (personal communication) نفس الطريقة كنموذج مبسط لمحصول الطماطم ومن ثم يمكن تحقيق التحكم اليومي في المناخ بجعله في أمثل معدلاته (ما يسمى بالعمليات السريعة) مع معوقات التحكم لأمثل وأفضل المعدلات على المدى البعيد (long-termoptimisation) لإنتاج المحصول (مايسمى العمليات البطيئة).

بالرغم من دراسة كثير من التطبيقات النظرية (theoratical applications) لنماذج السيطرة على المناخ، إلا أن قليلاً منها قد أخضع للاختبار عملياً، والسبب التقني هو أنه عند كتابة هذا الكتاب، فإن السيطرة المثلى تنتج نقاط ضبط (set-points) مختلفة الأوقات (time-varing) والتي لا يمكن تطبيقها في حسابات مناخ البيوت المحمية التجارية.

(٥,١٠) حقول التطبيق : الري والتسميد

Areas of application : Irrigation and Fertilisation

في كل من الإنتاج الحقلي وإنتاج البيوت المحمية، هناك ضغط متزايد لتحسين سياسات الري والتسميد واللذين يجب أن يحققا أهداف الإنتاج والجودة وتفادي فواقد العناصر الغذائية في البيئة. وعند كتابة هذا الكتاب، استخدمت الطرق التجريبية (empirical methods) والتي يجب تحسينها بنماذج آلية (mechanistic models) يتم تطويرها. يجب أن يستوفي المحصول بمتطلباته من المياه في الزراعة بدون تربة (soil-less culture) عادة يتم حساب الري اعتماداً على قياسات الإشعاع. وقد تم تأسيس عدة علاقات بين مأخوذ المحصول من الماء (crop water uptake) والإشعاع الساقط،

للطماطم وبالمثل لمحاصيل الخضروات الأخرى (روجعت الصيغ بواسطة جولييت (Jolliet) [٢٥]). ويجب أخذ الـ VBD في الاعتبار عندما لا يقترن الإشعاع مع الـ VPD ، على سبيل المثال ، عند تغيير الأحوال المناخية وعندما تستخدم أنظمة السيطرة على المناخ مثل الستائر الحرارية (thermal screens) أو أنظمة الضباب (fog systems)[٣٢] تعتمد متطلبات الماء على معامل المحصول (crop cofficient) الذي يرتفع مع تطور مساحة الأوراق (leef area development) في مزارع التربة (منابت التربة (soil culture)) يجب إعطاء اعتبار لتوافر الماء في حجرات أو فضاءات التربة (water compertments) : ويعتمد ذلك على الخصائص الهايدروليكية (المائية (hydraulic properties)) للتربة وعلى تطور الجذور. في الحقل ، يجب أن يدخل تدفق المطر (rain flux) في توازن الماء (water batance).

في البيوت المحمية ، تستخدم الحاسبات الآلية لمراقبة الإشعاع وللسيطرة على كمية الماء الذي يوفر للأنظمة المفتوحة (open systems) (على التربة أو بدون تربة) ، ذلك التعرق التبخري المسحوب (ealculated evapotranspuration) زائداً حوالي ٢٥٪ فاقد سريان (run-off) لتفادي تركيز الملح في مادة تفاعل الجذور (root substrate) في الأنظمة المقفولة بدون تربة (closed soil-less systems) ، يجب أن يتناسب أو يقابل مدخل الماء (water in put) متطلبات المحصول (الطماطم) منه ، وذلك للمحافظة على الحجم الكلي لمحلول العناصر التغذوية الدائر (circulating nutrient solusion) في الحقل صممت نماذج الـ DSS لحساب إمداد الماء المضبوط ، على سبيل المثال ، نظام (برنامج) معلومات الحاسب (IRRIGERE software) المصمم لطماطم الحقل يقدر التعرق التبخري (evaportranspration) اليومي من تطور المناخ والمحصول واحتياطي ماء التربة (soil water reserve) من خصائص التربة وعمق الجذور (root depth)[١٠٢] لا يفي الري بمتطلبات المحصول عندما يكون ضغط الماء (water pressure) مطلوباً لرفع الجودة

(المحتوى من المادة الجافة) من الثمار. وفي هذه الحالة، يكون الهدف هو استنزاف الماء (exhaust the water) الموجود في حيز الجذور (root zone) عند الحصاد. مع هذه المعوقات، يوصى بالري عندما ترتفع جرعة إمداد الماء (water in dose gets) إلى أعلى من القيمة الحدية (threshold value) البالغة ٣ملم (3mm).

وقد جرت قليل من المحاولات لوضع إستراتيجيات تسميد (ferilization strategis) باستخدام نماذج متطلبات المحصول، حتى في المزارع الخالية من التربة. في نظام الزراعة هذا، عادة توفر العناصر الغذائية بكميات زائدة مع الماء. عليه، لا مجال للسيطرة على نمو المحصول أو على جودة المنتج من خلال تنظيم التسميد عن طريق الري (fertigation). اقترح مارسيليس وآخرون (Marcalis *et al.*) [١٠٣] الجمع بين النماذج والحساسات (المستشعرات (sensors)) من أجل جعل إمداد العناصر التغذوية في أفضل وأمثل مستوياته في الأنظمة المغلقة.

(٥,١١) حقول التطبيق: وقاية النبات

Areas of application: plant protection

صممت النماذج الوبائية المعروضة مبكراً في هذا الفصل (explicity designed)، لبناء أنظمة منذرة بالأمراض (disease – warning) على سبيل المثال، تم تطبيق نموذج الـTOM-CAST في شرق أمريكا الشمالية (eastern North America) في شبكات جمعيات مزارعي الطماطم (networks grouping tomato growers) والعمليات الصناعية (processing industry) والخدمات الإرشادية (extension services) والجامعات. يمكن أن يتم استشعار (إرصاد) المناخ (الجو) (weather sensing) أتوماتيكياً أو يدوياً (manual)، وتتم مركزة المعلومات (date are centralized) ويتم نشر وتوعية المزارعين حول شدة وَحدَّة الأمراض (disease severity وحول رش مبيدات الفطريات) (fungicide spray)، وذلك عن طريق الهاتف والفاكس. ولمكافحة الآفات، يمكن استخدام النموذج المصمم

بواسطة فان رويرماند وآخرين (van Roermand *et al*)[٨٢] لتقييم إستراتيجيات فسح الحشرات لمضادات الطفيليات (parastoid release) للمكافحة الحيوية تحت الظروف المناخية المختلفة.

بإستراتيجيات وقاية النبات هذه، يمكن رش مبيدات الفطريات، وإطلاق الحشرات (insect release) أو السيطرة على المناخ. وفي هذا الحقل الأخير، اقترح كوزايا (Kozai)[١٠٤] استخدام المعارف الهندسية (knowledge engneering) ومن ثم تم الاعتراف به في نظام الـ Serriste للخبراء[١٠٥] الذي يكون فيه منع العفن الرمادي (gray mould) معوقاً أساسياً لاختيار وقت مسار درجة الحرارة والرطوبة المضبوطتين (proper time-course of temperature and humidity) في البيوت المحمية.

أخيراً، لقد أصبح من الممكن السيطرة على حالة النظام بقواعد المعرفة (knoweledge bases) المستخدمة للتشخيص. طور بلانكارد وآخرون(Blancard *et al*)[١٠٦] وجولياي وجوثيار(Guay and Gauthier)[١٠٧] أنظمة خبراء للتعرف على أمراض الطماطم.

(٥,١٢) التطورات الحالية والمستقبلية في النمذجة

Current and Future Developments in Modelling

من هذا العرض الشامل للعمليات المختلفة لإنتاج الطماطم والتي تمت نمذجتها، اتضح أن مدى واسعاً من الطرق قد تم تحريكه لتصميم وتخطيط البحوث أو النماذج الهندسية وفي مجال الكربون بدرجة أقل. وفي مجال أخذ الماء والعناصر التغذوية، فقد فضلت المداخل الآلية، في أحيان كثيرة، وقد بذلت جهود كبيرة وكثيرة لتكوُّن المحصول، وقد اعتمدت في غالب الأمر على تكامل المساحات (space) والوقت للتمثيل الضوئي الصافي (net photosynthesis) ويمكن الحصول على النواتج العملية لهذه البحوث (practical outputs of these research) في نماذج السيطرة على مناخ البيوت

المحمية وعلى الري وعلى التسميد، وكذلك السيطرة على إدارة المحصول. وقبل استخدام النماذج لتصميم الإستراتيجيات أو اتخاذ القرارات وإنتاجها، لابد من تبسيطها في أحيان كثيرة.

وفي حقول جودة الفواكه أو الثمار وحماية المحصول، فقد قادت تعقيدات العمليات المتضمنة (في الإنتاج) وبدرجة كبيرة متزايدة، إلى تصميم نماذج إحصائية أو نماذج مساعدة على الكشف (statstical or heuristic models). ومما يثير الاهتمام، أن عدم توافر المعارف الآلية (الهندسية (mechanistic knowledge)) لم يكن معوقاً أو محداً لتطوير التطبيقات. وقد أُعطت الأولوية للنماذج الهندسية فيما يتعلق بالسيطرة على أحوال ما بعد الحصاد (post-harvest conditions) والسيطرة على عمليات وقاية النبات المتكاملة (integrated crop production) ولهذا السبب فقد حفظ مستوى تعقيدات هذه النماذج في معدلات الكفاية، أي التماشي أو التوافق مع الحاجة للمعلومات لبناء (صنع) إستراتيجيات الإدارة. وعلى أي حال، ما زال الفهم الضعيف أو غير الكامل لبعض العمليات معوقاً ومن المحدات (لوضع إستراتيجيات) على سبيل المثال، لم يتم وصف أو تشكيل العلاقة بين إدارة المحصول قبل الحصاد (pre-harvest crop management) وجودة الثمار الناضجة، بوضوح. وبالتالي، ما زالت توجد فقط، ارتباطات بسيطة (minor connections) بين ضبط المناخ تحت الغطاء وبين التسميد بالري، وكذلك بين الوصول لجودة الثمار عند الحصاد وبعده.

إن التحدي الماثل أمام بستنة الخضروات (vegetable harticulture) هو تحسين وضمان الاستدامة (sustainability) إلى هذا الحد(to this end) ومعالجة منظومة المعوقات والعقبات التي جمعت في إطار مشكلة الإنتاج المتكامل (framework of integrated production) يجب أن يكون مفهوم الجودة عالمياً (global) وذلك بتكامل جودة المنتج الخارجية (exernal product quality) وهي الوحيدة التي تعطي اعتبارا من قبل السوق في معظم الأحوال[٢٠٠]، وجودة المنتج الداخلية (internal product quality) والجودة البيئية (ecological quality) للإنتاج والتصنيع والجودة الأخلاقية والاجتماعية الاقتصادية

(ethical and socioeconomic quality) للإنتاج والتصنيع وظروف العمل (working conditions) للناس المعينين[١٠٨] عليه، يجب أن تعمل النماذج والـ DSS على مزيد من الجمع للأبعاد المختلفة لأنظمة زراعة وإنتاج الخضروات (vegatable cropping system).

ويبدو من بعض المعالجات أن المدخلات للنمذجة (modelling approoches) قد طبقت تطبيقاً جيداً وحققت أهدافها. على سبيل المثال، مشروع الـ ERRISTE [١٠٩، ١١٠] فقد هدف إلى استخدام التقنيات الذكية الصناعية (ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUES) وذلك لتمثيل المعرفة المتضمنة في كل من إدارة مناخ البيوت المحمية واستجابة المحصول.

تمثل المعرفة بعلم المحاصيل (agronomical knowledge) والمتحصلة من مجموعة خبراء من خلال منظومة متغيرات ومنظومة معوقات ترتبط بهذه المتعيرات (set of constraints) على سبيل المثال يمكن الحصول على متوسط درجة الحرارة اليومية المستهدفة بواسطة:

- حوسبة درجة الحرارة المثلى من الإشعاع المتوافر المتوقع (forcasted available radiation).
- عمل تعديلات لصنف الطماطم.
- تثبيت نافذة درجة حرارة مئوية واحدة حول هذه القيمة وفقاً للحالة الحيوية للمحصول.

ويعبر عن المعوق بالجمع الخطي (Linear combination) والذي توجه نتائجه نحو مكون مثال غير واضح (fuzzy domain). مثال على ذلك: يجب أن يرجع فرق درجات الحرارة بين النهار والليل (جمع خطي) إلى مدى يمتد من ٢°م إلى ٥°م، القيم التي يمكن تغييرها اعتماداً على الأحوال السائدة وقتها (أي يحدد اللوغاريتم constraint satisfacation algerithem منظومات القيم المتغيرة (set of variable values) والتي تقابل (تعالج) كل المعوقات.

تخلط (تجمع) المعارف المعلنة declared knowledge والنماذج الحسابية في ما يعرف أو يسمى قاعدة المعرفة (knoweledge base) وقد أثبتت خلال سنتين من التجارب في محطات التجارب (experimental stations) في ثلاثة أقاليم فرنسية الجدوى والنجاح النباتي (feasibility and agronomic success) للمعالجات .

ووفقاً لبرهان جيويرين ودوماس (Guerrin and Dumas)، فإن الجمع بين النماذج المعلنة والحسابية، يُمَكِّن من مدى النظام الذي يُمْكِن وصفه وصفا عاما بالمجال (scope of the system) وبالتالي قد يكون طريقاً لربط مختلف أنواع النماذج التي حددت في هذا الاستعراض. زد على ذلك وفي كثير من الأحيان، قد يكون بناء نموذج إعلاني (declarative model) أسرع وأرخص من العمل التجريبي والنظري والذي قد يكون مطلوباً للحصول على نموذج عددي لنفس العمليات. وعلى أي حال، ما زال تصميم النماذج الهجين (hybrid models) لدعم إدارة المحصول عملاً محدوداً.

(٥,١٣) مصادر مزيد من المعلومات والنصائح
Sources of Further Information and Advice

لمزيد من المعلومات، يمكن للقراء الرجوع إلى بعض الكتب العامة التي تتحدث عن محصول الطماطم[١١٢] والزراعة في البيوت المحمية[٥، ١١٣].

نشرت مجلة علوم البساتين (Scientia horticulture) موضوعاً خاصاً حول نمذجة المحصول في البستنة (الموضوع ١-٢، ٧٤ – ١٩٩٨م (74, issue 1-2 1998)) مقالا حول الزراعة في البيوت المحمية، البيئة وجودة المنتج "greenhouses, environment and product Quality" *Agronomie* (العدد ٢٠٠١٢١، ٤ ,(200121, issue 4))

تنظم مختلف الأقسام (sections) والهيئات(commissions) ومجموعات العمل (working groups) للجمعية العالمية لعلوم البساتين (International Society of Horticulture Sciences (ISHSI) لقاءات علمية وتصدر أعدادا لمجلة أكتا البستانية(*Acta Horticulturae*)

تتنـاول موضـوعات مرتبطـة بالاسـتعراض الحـالي الـذي نحـن بصـدده(انظر موقـع الـwww.ishs.org).

(٥,١٤) المراجع
References

(1) UN/ECE, *UN/ECE Standard for Tomatoes (FFV-36)*, Working party on standardization of perishable produce and quality development, 56th session, Add. 14, Genova, UN/ECE, 2000, 7 pp.

(2) FAO/WHO, *Codex Standard for Processing Tomato Concentrates (CODEX STAN* 57, 1981), Rome, Codex Alimentarius Commission, 1981, 6 pp.

(3) GARY C, JONES J W and TCHAMITCHIAN M, 'Crop modelling in horticulture: state of the art', *Scientia Hortic*, 1998 74 3-20.

(4) BAILLE A, 'The energy cycle', in *Greenhouse Ecosystems*, eds Enoch Z and Stanhill G, Amsterdam, Elsevier, 1999, 265-86.

(5) BAKKER J C, BOT G P A, CHALLA H and VAN DE BRAAK N J, *Greenhouse Climate Control, an Integrated Approach*, Wageningen, Wageningen Pers, 1995.

(6) GARY C and BAILLE A, 'The carbon cycle', in *Greenhouse Ecosystems*, eds Enoch Z and Stanhill G, Amsterdam, Elsevier, 1999, 287-301.

(7) PASSIOURA J B, 'Simulation models: science, snake oil, education, or engineering?' *Agron J*, 1996 88 690-4.

(8) LONGUENESSE J J, GARY C and TCHAMITCHIAN M, 'Modelling CO2 exchanges of greenhouse crops: a matter of scales and boundaries', *Acta Hortic*, 199332833-47.

(9) GIJZEN H, 'CO2 uptake by the crop', in *Greenhouse Climate Control, an Integrated Approach*, eds Bakker J C, Bot G P A, Challa H and Van de Braak N J, Wageningen, Wageningen Pers, 1995, 16-35.

(10) ACOCK B, CHARLES-EDWARDS D A, FITTER D J, H and D W, LUDWIG L J, WARREN WILSON J and WITHERS A C, 'The contribution of leaves from different levels within a tomato crop to canopy photosynthesis: an experimental examination of two canopy models', *J Exp Bot*, 197829815-27.

(11) THORNLEY J H M, *Mathematical Models in Plant Physiology*, London, Academic Press, 1976.

(12) SPITTERS C J T, 'Separating the direct and diffuse component of global radiation and its implication for modelling canopy photosynthesis. II Calculation of canopy photosynthesis', *Agric For Meteorol*, 198638231-42.

(13) BERTIN N and HEUVELINK E, 'Dry-matter production in a tomato crop: comparison of two simulation models', *J Hortic Sci*, 199368995-1011.

(14) GIJZEN H, 'Interaction between CO2 uptake and water loss', in *Greenhouse Climate Control, an Integrated Approach*, eds Bakker J C, Bot G P A, Challa H and Van de Braak N J, Wageningen, Wageningen Pers, 1995,51-62.

(15) CRITTEN D L, 'A review ofthe light transmission into greenhouse crops', *Acta Hortic*, 1993 3289-32.

(16) JONES J W, DAYAN E, ALLEN L H, VAN KEULEN H and CHALLA H, 'A dynamic tomato growth and yield model (TOMGRO)', *Trans ASAE*, 1991 34663-72.

(17) HEUVELINK E, 'Evaluation of a dynamic simulation model for tomato crop growth and development' , *Ann Bot*, 1999 83 413-22.
(18) GARY C, LE BOT J, FROSSARD J S and ANDRIOLO J L, 'Ontogenic changes in the construction cost of leaves, stems, fruits and roots of tomato plants', *J Exp Bot*, 199849 59-68.
(19) GENT M P N and ENOCH H Z, 'Temperature dependence of vegetative growth and dark respiration: a mathematical model' , *Plant Physiol*, 1983 71 562-7.
(20) GARY C, 'A simple carbon balance model simulating the short-term responses of young vegetative tomato plants to light, CO2 and temperature', *Acta Hortic*, 1988229 245-50.
(21) GARY C, 'Interest of a carbon balance model for on-line growth control: the example of a daylight dependent night temperature control', *Acta Hortic*, 1989248265-8.
(22) SEGINER I, GARY C and TCHAMITCHIAN M, 'Optimal temperature regimes for a greenhouse crop with a carbohydrate pool: a model study', *Scientia Hortic*, 19946055-80.
(23) JONES H G and TARDIEU F, 'Modelling water relations of horticultural crops: a review', *Scientia Hortic*, 19987421-46.
(24) VAN DE SANDEN PAC M, 'Water balance', in *Greenhouse Climate Control, an Integrated Approach*, eds Bakker J C, Bot G P A, Challa H and Van de Braak N J, Wageningen, Wageningen Pers, 1995,35-50.
(25) JOLLIET 0, 'The water cycle', in *Greenhouse Ecosystems*, eds Enoch Z and Stanhill G, Amsterdam, Elsevier, 1999, 303-26.
(26) VAN IEPEREN W, *Consequences of Diurnal Variation in Salinity on Water Relations and Yield of Tomato*, Thesis, Wageningen Agricultural University, 1996.
(27) GUICHARD C, GARY C, LONGUENESSE J J and LEONARDI C, 'Water fluxes and growth of greenhouse tomato fruits under summer conditions', *Acta Hortic*, 1999 507 223-30.
(28) FISHMAN S and GENARD M, 'A biophysical model of fruit growth: simulation of seasonal and diurnal dynamics of mass', *Plant Cell Environ*, 199821 739-52.
(29) LEONARDI C, BAILLE A and GUICHARD S, 'Predicting transpiration of shaded and non-shaded tomato fruits under greenhouse environments', *Scientia Hortic*, 2000 84 297-307.
(30) STANGHELLINI C, 'Vapour balance', in *Greenhouse Climate Control, an Integrated Approach*, eds Bakker J C, Bot G P A, Challa H and Van de Braak N J, Wageningen, Wageningen Pers, 1995, 141-50.
(31) BOULARD T, BAILLE A, MERMIER M and VILLETTE F, 'Mesures et modelisation de la resistance stomatique foliaire et de la transpiration d'un couvert de tomates de serre', *Agronomie*, 1991 11 259-74.
(32) BOULARD T and JEMAA R, 'Greenhouse tomato crop transpiration model. Application to irrigation control', *Acta Hortic*, 1993 335 381-7.
(33) WARREN WILSON J, HAND D W and HANNAH M A, 'Light interception and photosynthetic efficiency in some glasshouse crops', *J Exp Bot*, 199243363-73.
(34) PAPADOPOULOS A P and PARARAJASINGHAM S, 'The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato *(Lycopersicon esculentum* Mill.): a review', *Scientia Hortic*, 199769 1-29.
(35) GIJZEN H and GOUDRIAAN J, 'A flexible and explanatory model of light distribution and photosynthesis in row crops', *Agric For Meteorol*, 198948 1-20.
(36) TCHAMITCHIAN M and LONGUENESSE J J, 'Photosynthese d'une culture en rangs de tomates sous serre. Modelisation analytique et cartographie de l' activite du feuillage', *Agronomie*, 1991 11 17-26.

(37) AIKMAN D P, 'Potential increase in photosynthetic efficiency from the redistribution of solar radiation in a crop', *J Exp Bot*, 198940 855-64.
(38) LE BOT J, ADAMOWICZ S and ROBIN P, 'Modelling plant nutrition of horticultural crops: a review', *Scientia Hortic*, 19987447-82.
(39) CARDENAS-NAVARRO R, ADAMOWICZ S, GOJON A and ROBIN P, 'Modelling nitrate influx in young tomato *(Lycopersicon esculentum* Mill.) plants', *J Exp Bot*, 199950625-35.
(40) GREENWOOD D J, LEMAIRE G, GOSSE G, CRUZ P, DRAYCOTT A and NEETESON J J, 'Decline in percentage N in C3 and C4 crops with increasing plant mass', *Ann Bot*, 199066425-36.
(41) LE BOT J, ANDRIOLO J L, GARY C, ADAMOWICZ S and ROBIN P, 'Dynamics of N accumulation and growth of tomato plants in hydroponics: an analysis of vegetative and fruit compartments', in *Diagnostic Proceduresfor Crop N Management*, eds Lemaire G and Burns I G, Paris, INRA Editions, 1995, 37-51.
(42) CALOIN M and YU 0, 'Analysis of the time course of change in nitrogen content in *Dactylis glome rata* L', *Ann Bot*, 1984 54 69-76.
(43) BELLERT C, LE BOT J, DORAIS M, LOPEZ J and GOSSELIN A, 'Nitrogen accumulation and growth of fruiting tomato plants in hydroponics' ,*Acta Hortic*, 1998458293-301.
(44) CAVERO J, PLANT R E, SHENNAN C, WILLIAMS J R, KINIRY J R and BENSON V W, 'Application of EPIC model to nitrogen cycling in irrigated processing tomatoes under different management systems', *Agric Syst*, 1998 56 391-414.
(45) MANKIN K RAND FYNN R P, 'Modeling individual nutrient uptake by plants: relating demand to microclimate', *Agric Syst*, 199650 101-14.
(46) BAR-TAL A, KEINAN M, FISHMAN S, ALONI B, OSEROVITZ Y and GENARD M, 'Simulation of environmental effects on Ca content in pepper fruit', *Acta Hortic*, 1999 507 253-62.
(47) CHALLA H and BAKKER M, 'Potential production within the greenhouse environment', in *Greenhouse Ecosystems*, eds Enoch Z and Stanhill G, Amsterdam, Elsevier, 1999, 333-48.
(48) KANO A and VAN BAVEL C H M, 'Design and test of a simulation model of tomato growth and yield in a greenhouse', *J Jpn Soc Hortic Sci*, 198858406-16.
(49) GARY C, BAILLE A, NAVARRETE M and ESPANET R, 'TOMPOUSSE, un modele simplifie de prevision du rendement et du calibre de la tomate', in *Actes du Seminaire de l'AIP intersectorielle 'Serres'*, ed Baille A, Avignon, INRA, 1997, 100-9.
(50) DE HALLEUX D and GAUTHIER L, 'Adaptation d'un modele de prevision de recolte de tomates en serre (TOMPOUSSE) a une culture commerciale quebecoise', *Csae/Scgr (Canadian Society for Engineering in Agricultura_ Food, and Biological Systems) Paper* No. 97-602, 1997, 1-8.
(51) ANDRIOLO J L, DUARTE T DA S, LUDKE L and SKREBSKY E C, *'Ava11aqao da proolltivi*dade do tomateiro em cultivo protegido atraves de urn modelo de simula_ao da produ_ao', *Hortic Bras*, 1998 16 13-18.
(52) BRISSON N, MARY B, RIPOCHE D, JEUFFROY M H, RUGET F, NICOULLAUD B, GATE P, DEVIENNE-BARRET F, ANTONIOLETTI R, DURR C, RICHARD G, BEAUDOIN N, RECOUS S, TAYOT X, PLENET D, CELLIER P, MACHET J M, MEYNARD J M and DELECOLLE R, 'STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances. I. Theory and parameterisation applied to wheat and com', *Agronomie*, 1998 18311-46.

(53) CHALLA H, HEUVELINK E and VAN MEETEREN U, 'Crop growth and development', in *Greenhouse Climate Control, an Integrated Approach*, eds Bakker J C, Bot G P A, Challa H and Van de Braak N J, Wageningen, Wageningen Pers, 1995,62-84.
(54) FENG Y, LI X and BOERSMA L, 'The Arrhenius equation as a model for explaining plant responses to temperature and water stresses', *Ann Bot*, 199066237-44.
(55) DE KONING A N M, *Development and Dry Matter Distribution in Glasshouse Tomato: a Quantitative Approach*, Thesis, Wageningen Agricultural University, 1994.
(56) JOHNSON I R and THORNLEY J H M, 'Temperature dependence of plant and crop processes', *Ann Bot*, 1985 55 1-24.
(57) TIJSKENS L M M and VERDENIUS F, 'Summing up dynamics: modelling biological *processes in variable temperature scenarios', Agric Syst, 2000* 66 1-15.
(58) BERTIN N, 'Competition for assimilates and fruit position affect fruit set in indeterminate greenhouse tomato', *Ann Bot*, 19957555-65.
(59) GARY C, BARCZI J, BERTIN N and TCHAMITCHIAN M, 'Simulation of individual organ growth and development on a tomato plant: a model and a user-friendly interface', *Acta Horric*, 1995 399 199-205.
(60) MARCELIS L F M, 'Sink strength as a determinant of dry matter partitioning in the whole plant' , *J Exp Bot*, 1996 47 1281-91.
(61) HEUVELINK E, 'Dry matter partitioning in a tomato plant: one common assimilate pool?' *J Exp Bot*, 199546 1025-33.
(62) HEUVELINK E and BERTIN N, 'Dry matter partitioning in a tomato crop: comparison of two simulation models', *J Hortic Sci*, 199469885-903.
(63) SCHOLBERG J, *Adaptive Use of Crop Growth Models to Simulate the Growth of Field-grown Tomato*, Pill Thesis, University of Florida, Gainesville, 1996.
(64) GARY C, CHARASSE L, TCHAMITCHIAN M, BERTIN N, REBILLARD A, BOULARD T, CARD! J P and BAILLE A, 'SIMULSERRE: an educational software simulating the greenhouse-crop system', *Acta Hortic*, 1998456451-8.
(65) TIJSKENS L M M and EVELO R G, 'Modelling colour of tomatoes during postharvest storage', *Postharvest BioI Tech*, 1994485-98.
(66) THAI C N, 'Modeling quality characteristics', in *Postharvest Handling: a Systems Approach*, eds Shewfelt R L and Prussia S E, San Diego, USA, Academic Press, 1993, 167-85.
(67) THAI C NAND SHEWFELT R L, 'Modeling sensory color quality of tomato and peach: neural networks and statistical regression', *Trans ASAE*, 1991 34950-5.
(68) THAI C N and SHEWFELT R L, 'Tomato color changes under constant and variable storage temperatures: empirical models', *Trans ASAE*, 1990 33 606-14.
(69) JAHNS G, NIELSEN H M and PAUL w, 'Measuring image analysis attributes and modelling fuzzy consumer aspects for tomato quality grading', *Comput Electron Agric*, 2001 31 17-29.
(70) VERKERKE W, JANSE J and KERSTEN M, 'Instrumental measurement and modelling of tomato fruit taste', *Acta Hortic*, 1998456 199-205.
(71) SCHOTTE S, DE BELIE N and DE BAERDEMAEKER J, 'Acoustic impulse-response technique for evaluation and modelling of firmness of tomato fruit', *Postharvest BioI Tech*, 1999 17 105-15.
(72) POLDERDIJK J J, TIJSKENS L M M, ROBBERS J E and VAN DER VALK H C P M, 'Predictive model of keeping quality of tomatoes', *Postharvest Biol Tech*, 1993 2 179-85.

(73) TIJSKENS L M M and POLDERDIJK J J, 'A generic model for keeping quality of vegetable produce during storage and distribution', *Agric Syst*, 199651431-52.
(74) GUICHARD S, BERTIN N, LEONARDI C and GARY C, 'Tomato fruit quality in relation to water and carbon fluxes', *Agronomie*, 2001 21 385-92.
(75) BERTIN N, GUICHARD S, LEONARDI C, LONGUENESSE J J, LANGLOIS D and NAVEZ B, 'Seasonal evolution of the quality of fresh glasshouse tomatoes under Mediterranean conditions, as affected by air vapour pressure deficit and plant fruit load' , *Ann Bot*, 200085741-50.
(76) HO L C, BELDA R, BROWN M, ANDREWS J and ADAMS P, 'Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in tomato', *J Exp Bot*, 1993 44 509-18.
(77) SEGHI L, ORLANDINI S and GOZZINI B, *Survey of Simulation Models of Plant Disease*, Firenze, Italy, Centre for Computer Science Application in Agriculture (CeSIA), 1996.
(78) GLEASON M L, MACNAB A A, PITBLADO R E, RICKER M D, EAST D A and LATIN R X, 'Disease-warning systems for processing tomatoes in eastern North America: are we there yet?', *Plant Disease*, 1995 79 113-21.
(79) PATTERSON J M and NOKES S E, 'Incorporation of chlorothalonil persistence on processing tomato in TOM-CAST', *Agric Syst*, 200064 171-87.
(80) NICOT P and BAILLE A, 'Integrated control of *Botryris cinerea* on greenhouse tomatoes', in *Aerial Plant Suiface Microbiology*, eds Morris C E, Nicot P C and Nguyen The C, New York, Plenum Press, 1996, 169-89.
(81) FERRANDINO F J and ELMER W H, 'Reduction in tomato yield due to *Septoria* leaf spot', *Plant Disease*, 1992 76 208-11.
(82) VAN ROERMUND H J W, VAN LENTEREN J C and RABBINGE R, 'Biological control of greenhouse whitefly with the parasitoid *Encarsia formosa* on tomato: an individual-based simulation approach', *Biol Control*, 1997925-47.
(83) Anonymous, *'Bouto, systeme d'aide a la reconnaissance des champignons pathogenes, plantules adventices et ravageurs sur ble, orge, avoine, maYs, sorgho, vigne, tomate (CD-ROM)'*, Paris, INRA Editions, 1995.
(84) Anonymous, *'HYPP, Hypermedia for the Protection of Plants (CD-ROM)'*, Paris, INRA Editions, 1996.
(85) WOLF S, RUDICH J, MARAN I A and REKAH Y, 'Predicting harvesting date of processing tomatoes by a simulation model', *JAm Soc Hortic Sci*, 1986 111 11-16.
(86) MCNEAL B L, SCHOLBERG J M S, JONES J W, STANLEY C D, CSIZINSZKY A A and OBREZA T A, 'Application of a greenhouse tomato-growth model (TOMGRO) to field-grown tomato', *Soil Crop Sci Soc Fla Proc*, 1995 54 86-93.
(87) GAUTHIER L, 'GX: a Smalltalk-based platform for greenhouse environment control. 1. Modeling and managing the physical system. 2. Supporting and implementing control strategies', *Trans ASAE*, 1992352003-20.
(88) RELLIER J P, MARTIN-CLOUAIRE R, NAVARRETE M, JEANNEQUIN B, GARY C, MONTBROUSSOUS B, TCHAMITCHIAN M and BAILLE A, 'Modeling and simulating decision making for greenhouse tomato production: the Conserto project', *Acta Hortic*, 1998 456 485-92.
(89) GAUTHIER L, GARY C and ZEKKI H, 'GPSF: a generic and object-oriented framework for crop simulation', *Ecol Model*, 1999 116 253-68.
(90) PONTRYAGIN L S, BOLTYANSKII V G, GAMKRELIDZE R V and MISHCHENKO E F, *The Mathematical Theory of Optimal Processes*, New York, John Wiley Interscience, 1962.

(91) BELLMAN R E and DREYFUS S E, *Applied Dynamic Programming*, Princeton, Princeton University Press, 1962.
(92) LEWIS F L, *Optimal Control*, New York, John Wiley Interscience, 1986.
(93) GAL S, ANGEL A and SEGINER I, 'Optimal control of greenhouse climate: methodology', *EurJ Oper Res*, 19841745-56.
(94) SEGINER I, 'Optimising greenhouse operation for best aerial environment', *Acta Hortic*, 1980 106 169-78.
(95) SEGINER I, 'Optimal greenhouse production under economic constraints' , *Agric Syst*, 19892967-80.
(96) SEGINER I, ANGEL A, GAL S and KANTZ D, 'Optimal CO2 enrichment strategy for greenhouses: a simulation study', *J Agric Eng Res*, 198634285-304.
(97) CRITTEN D L, 'Optimisation of CO2 concentration in greenhouse crops: a modelling analysis for the lettuce crop', *J Agric Eng Res*, 1991 48 261-71.
(98) TCHAMITCHIAN M, VAN WILLIGENBURG L G and VAN STRATEN G, 'Optimal control applied to tomato crop production in a greenhouse' *ECC'93, European Control Conference*, Groningen, 1993.
(99) TAP R F, VAN WILLGENBURG L G, VAN STRATEN G and VAN HENTEN E, 'Optimal control of greenhouse climate: computation of the influence of fast and slow dynamics' *IFAC Conference*, Sydney, IFAC, 1993.
(100) VAN HEN TEN E J, *Greenhouse Climate Control: an Optimal Control Approach*, Thesis, Wageningen Agricultural University, 1994.
(101) KOKOTOVIC P V, KHALIL H K and O'REILLY J, *Singular Perturbation Methods in Control: Analysis and Design*, New York, Academic Press, 1986.
(102) BATTILANI A, BUSSIERES P, COMBRES J P, ANCONCELLI S and DUMAS Y, 'Irrigere: a computer program to facilitate processing tomato irrigation management', *Acta Hortic*, 1999 487 537-46.
(103) MARCELIS L F M, VAN DEN BOOGAARD R and MEINEN E, 'Control of crop growth and nutrient supply by the combined use of crop models and plant sensors', *Proceedings of IFAC Agricontrol 2000, International Conference on Modelling and Control in Agriculture, Horticulture and Post-harvested Processing*, 10-12 July 2000, Wageningen, 2000, 351-6.
(104) KOZAI T, 'Ideas of greenhouse climate control based on knowledge engineering techniques', *Acta Hortic*, 1985 174365-73.
(105) TCHAMITCHIAN M, MONTBROUSSOUS B, JEANNEQUIN B and MARTIN-CLOUAIRE R, 'SERRISTE: daily greenhouse climate set-point determination for tomatoes', in *Mathematical and Control Applications in Agriculture and Horticulture*, eds Munack A and Tantau H J, Oxford, Pergamon-Elsevier, 1997,25-30.
(106) BLANCARD D, BONNET A and COLENO A, 'TOM, un systeme expert en maladies des tomates', *PHM Revue Horticole*, 1985261 7-14.
(107) GUAY R and GAUTHIER L, 'Knowledge representation in a tomato disorder diagnosis system', *Comput Electron Agric*, 1991 621-32.
(108) BOLLER E F, EL TITI A, GENDRIER J P, AVILLA J, JORG E and MALAVOLTA c, 'Integrated Production: Principles and Technical Guidelines, 2nd edition', *IOBC WPRS Bulletin*, 1999 22 38 pp.
(109) MARTIN-CLOUAIRE R, KOVÁTS K, and CROS M J, 'Determination of greenhouse climate setpoints by SERRISTE: the approach and its object-oriented implementation', *AI Applications*, 1993 7 1-15.

(110) JEANNEQUIN B, MARTIN-CLOUAIRE R and TCHAMITCHIAN M, 'Planning daily climate set-points for a greenhouse tomato production: the SERRISTE system', in *Mode-based Decision Support in Agriculture, Quantitative Approaches in Systems Analysis*, eds ten Berge H F M and Stein A, 1997, volume 15, 9-14.
(111) GUERRIN F and DUMAS J, 'Knowledge representation and qualitative simulation of salmon redd functioning. Part I: qualitative modeling and simulation', *Biosystems*, 2001 59 75-84.
(112) ATHERTON J G and RUDISH J (eds), *The Tomato Crop. A scientific basis for improvement*, London, Chapman and Hall, 1986.
(113) ENOCH Z and ST ANHILL A (eds), *Greenhouse Ecosystems*, Amsterdam, Elsevier, 1999.

obeikandl.com

الفصل السادس

استخدام الهاسب في إنتاج الفواكه والخضراوات والمعاملات (المعالجات) المسبقة لما بعد الحصاد

Use of HACCP in fruit and vegetable production and post- harvest pretreatment

رالف ايرلي، كلية هاربر آدمس الجامعية

Ralph Early, Harper Adams University College

(٦,١) مقدمة: سلامة (مأمونية) الأغذية والجودة

Introductions: Food Safety and Quality

يناقش هذا الفصل استخدام نظام تحليل المخاطر بنقاط التحكم الحرجة (Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP)) وهو نظام لإدارة سلامة (مأمونية) الأغذية، مع الإشارة بصفة خاصة لزراعة الفواكه والخضراوات والمعاملة المسبقة لما بعد الحصاد. وليس القصد هنا، مراجعة العمليات الداخلة في الزراعة والمعاملة المسبقة لفواكه وخضروات معينة محددة فيما يتعلق بموضوع مأمونية الأغذية (context of food safety) وليس كذلك باختبار مأمونية غذاء معين (specific food safety issues) مرتبط بالفواكه والخضراوات، فغرض أو هدف هذا الفصل هو توفير فهم واسع للهاسب (broad understanding of HACCP) بمستوى كافٍ يقود القارئ إلى

تطوير أنظمة إدارة مأمونية أغذية، فيما يتعلق بالمنتجات التي يتم اختيارها والمصممة لحماية ووقاية المستهلكين من الأمراض المنقولة بواسطة الغذاء (froodborne harms) التي تنشأ من الزراعة والتصنيع الأساسي للفواكه والخضراوات .

اليوم، تدرك تجارة الأغذية بكل أنواعها ومجالاتها (food businesses of all kinds) بأن جودة ومأمونية الأغذية من الأمور الحرجة (المهمة) فيما يتعلق برضا المستهلك وعلى الدوام، وما يتعلق بالتميز التنافسي(competitive advantage) وبالربح(profit). وفي هذا، فإن تجارة الأغذية التي تشمل قطاعات الفواكه والخضراوات لنظام الإمداد الغذائي(food supply system) لا تختلف عن غيرها. ومثلها مثل قطاعات تجارة الأغذية الأخرى تحتاج لفهم خاص بها فيما يتعلق بالجودة والمأمونية ويجب أن تأتي بتوافق مع تقبل المستهلكين لجودة الأغذية وزيادة الوعي للنقاط المتعلقة بسلامة الأغذية.

من بين العوامل المهمة والمؤثرة على طريقة المستهلكين لاستيعاب مفاهيم جودة ومأمونية الغذاء، تعدد موزعي الأغذية بالتجزئة (multiple food retailers) أو المحلات التجارية الكبيرة (supermarkets)، حيث إن مزيداً من الإنتاج الغذائي يتحرك عبر عدد متناقص من سلاسل المحلات التجارية (reduced number of supermarkets chains)، لذا فإن قوة هذه المحلات التجارية قد بدأت في الازدياد. وما يعتقده المستهلكون في الجودة قد أصبح أكثر قرباً لتعريفات المحلات الكبيرة للجودة والتي تعتبر مأمونية الغذاء جزءاً منها، وبالتالي، بما أن أعداداً كبيرة من المستهلكين تتسوق من المحلات التجارية الكبيرة، فقد اضطرُ الموردون (supplier) إلى تعديل فهمهم الخاص للجودة تمشياً مع فهم المحلات التجارية الكبيرة، ذلك إذا أرادوا البقاء في العمل التجاري. في وقت مضى، لا يشير أو يعني وجود اختلاف في الحجم أو شكل فاكهة أو خضار معين أو

وجود ندبات (جروح وشروخ (scars) أو لطخات (شوائب blemishs) إلى انخفاض في الجودة(poor quality). حيث يمكن وضع التفاح في أكياس(bags) بواسطة بائع الخضار(greengrocer)، مع وجود بعض الاختلافات بينها وكذلك تأتي البطاطس والجزر والجزر الأبيض (الفجل parsinp) في أحجام مختلفة ومع بقايا تراب مما يشير إلى مصادرها كمنتجات من الأرض. في عالم التجارة والأغذية الاستهلاكية الحديثة، تولت المحلات التجارية الكبيرة توعية المستهلكين فيما يتعلق بالأغذية. الآن يجب أن تظهر الفواكه والخضراوات ذات نفس الأنواع في نفس الأحجام والألوان والأشكال وبدون عيوب واضحة، ذلك إذا كان هناك اهتمام بمقابلة توقعات المستهلكين (لخصائص الجودة) المطلوبة وتحقيق رضائهم وبشكل مستمر. ولكن، بالرغم من أن المحلات التجارية قد تؤثر على فهم المستهلكين لجودة الأغذية، إلا أن وعي المستهلكين بموضوعات وقضايا مأمونية الأغذية، قد تأثر في السنوات القليلة الماضية، وبدرجة معنوية وكبيرة، بما تبثه وسائل الإعلام(media) من أخبار حول مشاكل مأمونية الغذاء الآن، يدرك المستهلكون بأن الجودة وثباتية الجودة (quality consistancy) عوامل مهمة في توجيه الخيارات الغذائية (food choices) وفي إثبات قيمة المال في مشترياتهم (value for money in their purchases)، وأيضاً، يعلمون بأنه مهما كان مستوى جودة المنتجات التي يشترونها، فلابد من أن تكون أغذيتهم مأمونة عند الاستهلاك، كما أنهم يتوقعون أن يؤكد هذه المأمونية كل من المزارعين وبائعي التجزئة (retailers).

يمكن أن يستوعب مصطلح الجودة مظاهر عديدة للمنتج الغذائي وفعلاً، فهو يستوعب الخدمات التي تقدمها تجارة الأغذية المترافقة مع ذلك المنتج. توجد عدة تعاريف لكلمة الجودة، أفاد كروسبي (١٩٨٤)(Crosby 1984) بأنه يجب تعريف الجودة بأنها مطابقة للمتطلبات(conformance to requirments). تعرف المنظمة العالمية

للمواصفات والتقييس (International Organization for standerdization (ISO 2000a) الجودة بأنها الدرجة التي بها تفي الخصائص الأصلية (للمنتج) بالمتطلبات (The degree to which a set of inherent characteristics fulfills requirements). ومن الواضح، أن المستهلكين قادرون على إدراك جودة المنتجات الغذائية ولكن يميل تقييمهم للجودة لأن يكون افتراضياً أو عن طريق الأشخاص (subjective)، وعادة هؤلاء الأشخاص يحكمون على الجودة على سبيل المثال –جودة البرتقال أو الخس– بمصطلحات أو تعابير وصفية (subjective terms) مثل سيئة (bad) فقيرة (poor) جيدة (good) أو ممتازة(exellent). وفي المقابل، على الذي ينتج الغذاء أن يفهم الجودة ويحكم عليها بعبارات موضوعية واقعية حقيقة(objective terms)، وعادة يقود ذلك إلى تحديد مقاييس الجودة وجعلها في مقاييس كمية والتعبير عن ذلك بمصطلحات حقيقة (identifying and quantifying quality in objective terms)، وبذلك يتم قياس ووصف الجودة. إذا لم يكن ممكناً قياس الجودة، فمن غير الممكن ضبطها والسيطرة عليها، ولابد من تأسيس مقاييس (معايير (parameters للجودة، ذلك من أجل تحقيق السيطرة المطلوبة لضمان أن الجودة تتطابق مع المتطلبات أو تقابلها. مأمونية الغذاء مرتبطة وتكون من متطلبات الجودة (quality requirement) لكل منتج غذائي. حقيقة أن أي منتج غذائي غير صالح للأكل(unfit to eat) وذلك لفساده مثلا، يعني بأنه لا يفي بالجودة السليمة المطلوبة، ولكن ليس بالضرورة أن يجعل هذا المنتج غير مأمون عند الأكل(unsafe to eat)، و في المقابل، إذا كان المنتج الغذائي غير مأمون عند أكله ولأي سبب كان(whatever reason)، فإن هذا الغذاء يصبح بلا جودة. ومنطقياً، يمكن القول إن مأمونية الغذاء فرع من منظومة الجودة (subset of quality).

وهناك أسباب تجارية منطقية (sound commercial reasons) لماذا يجب على تجارة الأغذية أن تعالج أوجه وجوانب جودة الأغذية غير مأمونية الأغذية وبطرق تضمن الوفاء بمتطلبات الزبائن والمستهلكين في كل الأوقات. وفي أمور مأمونية الغذاء (matters of food safety) ينطبق التنظير و التوقعات التجارية (commercial perspectives apply)، ولكن، من غير نكران (undeniably) فإن لكل الشركات الغذائية واجبات أخلاقية وقانونية (moral and legal duties) وذلك لإمداد المستهلك بأغذية مأمونة لا تسبب له أي أضراراً. وحقاً، بالرغم من أن القوانين قد تحدد أو تصيغ المتطلبات (state requirments) وتضع الحدود (set limits) لأنواع معينة من أنواع تجارة الأغذية و ذلك من أجل سلامة المستهلكين، إلا أنه ما يعتبر سليماً أخلاقياً (ethically right) لا يجب أن يحدد ويعرف بالقانون بصيغة كلية (بالقانون فقط) (entirely by law). بالرغم من أن المستويات القصوى للمتبقيات (maximum residue levels (MRL) قد تحدد بالقانون من أجل الحد من متبقيات الكيميائيات الزراعية (agrochemical residues) المرتبطة بالفواكه والخضراوات (وكذلك غيرها من المحاصيل الغذائية الأخرى)، إلا أنه من الممكن الجدل (can be argued) بأن العمل من أجل الحدود المحددة (المعينة) بالقانون (limits specified in law) يعتبر تنازلا (عدم وفاء) بالواجب الأخلاقي (abdication of moral duty) للمستهلك من أجل مصالح المزارعين التي يحميها القانون (in favour of the growers interests as protected by the law) . قد تخضع القوانين والتشريعات (legislations) إلى الأحكام السيئة (bad judement) والانحياز السياسي (political biass) والاتفاقات و التآزر بين الأحزاب (lobbying by parties) التي تعمل على حماية مصالحها الخاصة، و عليه قد تكون القوانين خاطئة (laws can be wrong) وتفشل في حماية الأشخاص الواجب حمايتهم. في تطبيقات الكيميائيات الزراعية يجب أن يعكس

أداء أو سلوك (ممارسات conduct) المزارع ما هو صحيح ، و ذلك في ضوء المصالح الواسعة للمستهلكين (broad interests of consumers) وليس فقط ما يتطلبه القانون. الاستخدام الأقل (minimum use) للكيميائيات المسموح بها (approved chemicals) لتحقيق الدرجة المطلوبة لوقاية المحصول وليس فقط استخدامها بالمستويات المسموح بها قانونياً (use up to legally permitted levels) يعتبر الفعل الصحيح الواجب القيام به بواسطة المزارعين الواعين المستنيرين (enlightened agriculturalists) . ومثل هذا التفكير ينعكس الآن في الفلسفة المتطورة للإدارة المزرعية المتكاملة (reflected in the developing philosophy of integrated farm management).

في مسائل وأمور مأمونية الغذاء ، يعتبر إدراك كل من الواجبات الأخلاقية والقانونية من قبل منتجي الأغذية أمراً مهماً. في المملكة المتحدة (United kingdom (UK) يقدم قانون مأمونية الغذاء [Food safety Act (1990)] مفهوم دفاع الالتزام المطلوب (due diligence defense) كدفاع مقبول (acceptable defense) في نطاق مقاضاة أو محاكمة تجارة الأغذية أمام القانون (in the event of a food business being prosecuted under the Act). يفيد القسم ٢١ من القانون بأن يكون الدفاع دفاعاً للشخص المكلف يثبت فيه بأنه يلتزم بكل الاحتياطات والمحاذير المعقولة all reasonable precautions ويؤدي كل الالتزامات المطلوبة exercised all due diligence ، ذلك لتفادي ارتكاب إساءة (خطأ) من قبله أو من قبل أشخاص تحت سيطرته (to avoid the commission of offence by himself or by a person under his control) . ويفسر مصطلح الاحتياطات المعقولة (reasonable precautions) ليعني تطبيق (implementation) نظام إدارة مأمونية الغذاء والمحافظة عليه ، بينما الالتزام المطلوب يعني بأن يشغل النظام بكفاءة (operated effectively)لضمان إنتاج غذاء آمن. بينما يقترح قانون المملكة المتحدة ، بأن استخدام

نظام فعال في إدارة مأمونية الغذاء (effective food safety management system) قد يوفر إثباتاً بأن القانون قد تم الالتزام به، إلا أن ذلك قد لا يتم العمل به في الدول المختلفة، ولكن يجب على شركات الأغذية في كل الدول أن تشغل مثل هذا النظام اعترافاً ووفاءً بالواجب الأخلاقي نحو المستهلكين، وبصرف النظر عن أن هذا المتطلب قد أطر (framed) في القانون الوطني (national law) أم لا. و من المحزن sadly thought فإنه بدون تشجيع التشريعات (encouragement of legislation)، فإن بعض شركات الغذاء لا تولي اهتماماً كافياً لمسئولياتهم وواجباتهم الأخلاقية لحماية المستهلكين وتخصيص مصروفات كافية في أنظمة إدارة مأمونية الأغذية النظامية (formal food safety management system) .

لا يحدد أو يدعم قانون مأمونية الأغذية للمملكة المتحدة لعام ١٩٩٠م مدخلاً أو معالجة خاصة لإدارة مأمونية الأغذية. يحدد توجيه الاتحاد الأوروبي بالرقم ٤٣/٩٣ المعني بالشئون الصحية للمواد الغذائية (The European Union (EU) Directive 93/43 on the hygiene of food stuffs) بأن المدخل لإدارة مأمونية الغذاء هو متطلب يجب أن يطبق من قبل كل الشركات الغذائية في الاتحاد الأوروبي. إنه يتطلب تطبيق ٥ من الأسس السبعة التي تحدد أو تصف نظام الهاسب لإدارة مأمونية الغذاء، ولأنه قد تقرر في توجيه الاتحاد الأوروبي، فإن هذا المتطلب قد فسر في نظام المملكة المتحدة لمأمونية الأغذية بـ(الشئون الصحية العامة للأغذية) لعام ١٩٩٥م (UK's Food Safety General Food Hygiene) Regulations 1995). بالرغم من أن النظام قد يفهم أو فهم في بعض الأحيان فهماً خاطئاً (erroneously understood) من قبل العاملين (الممارسين) في مأمونية الأغذية (food safety practitioners) بأنه يتطلب فقط تحليل المخاطر دون اعتبار لمتطلب تحديد ومعالجة نقاط التحكم الحرجة (identify and maintain critical control points) . وبالرغم من أن قوانين الاتحاد الأوروبي والمملكة المتحدة تتطلب أن تتضمن فقط

الأسس الخمس الأولى لنظام الهاسب في أنظمة إدارة مأمونية الغذاء، إلا أن كثيراً من الشركات الغذائية تستخدم كل الأسس السبعة. حقاً، فإن تجارالأغذية (الشركات الغذائية) الموردين لكبار مصنعي الأغذية وللمحلات التجارية الكبيرة ملتزمون بتشغيل أنظمة الهاسب كاملة (operate complete HACCP systems) .أيضاً، يصبح هذا متطلباً واضحاً (clear requirement) لأي عمل تجاري معتمد لمواصفات ومعايير محددة مثل مواصفات اتحاد البيع بالتجزئة البريطاني (British Retail Consortium (BRC) أو المواصفات التقنية للشركات الموردة لأصناف منتجات الأغذية للبيع بالتجزئة (Technical Standerd for Companies Supplying Retailer Branded Food Products) أو مواصفات خدمات التفتيش لمأمونية الغذاء الأوروبية [European Food Safety Inspection Service (EFSIS)] للشركات الموردة للمنتجات الغذائية (for companies supplying food products) و التي كلها تراجع بصفة دورية (revised periodically) (انظر القسم ١-٩-٦لمزيد من التواصل.

(٦,٢) مأمونية الغذاء والمزارع (المنتج)

Food Safety and Grower

تقليدياً، لا تعتبر المنتجات الزراعية أغذية إلا عند لحظة الحصاد (at the point of harvest) أو في حالة الحيوانات، عند لحظة الذبح (at the point of salughter) . لقد لفتت موضوعات مأمونية الغذاء مثل التهاب الدماغ الإسفنجي [الـ بي أس إي (BSE) bovine spongiform encephalopathy أو جنون البقر] و الإي كولاي، أو ١٥٧ : إتش ٧ في اللحم البقري (E. coli 0157:H7 in beef) والسالمونيلا انتيريتيديس بي تي ٤ (*Salmonella enteritidis PT4*) وأنواع الكامبيلوباكتر (*Campylobacter* spp) في لحوم الدواجن (in poultry) وتلوث الفواكه والخضراوات بالليستيريا مونسيتوجينس

(Listenia monocytogenes) وبـالإي كـولاي الممرضـة (*E.coli* pathogenic) وبـأنواع السـالمونيلا وأنـواع الشـاجيلا (*Shigella* spp.)، وبقايـا الكيميائيـات الزراعيـة في الإنتـاج الطـازج، لفتـت كـل هـذه الأمـور الانتبـاه وسـببت اعطـاء إعتبـار لمأمونيـة الغـذاء عنـد المسـتويات الـدنيا كمسـتوى المـزارعين والـذين يعملـون في تنميـة النبـات كـرابط ثـانٍ في سلسـلة الامـداد الغـذائي. أثـارت مشـكلة جنـون البقـر (الـ BSE) حقيقـة أن مـدخلات أعمـال المزرعـة (farm inputs buisiness) مثـل منتجـي أعـلاف الحيـوان (animal feed producers) ومصـنعي الكيميائيـات الزراعيـة، يمثلـون الـرابط الأول في سلسـلة الإمـداد الغـذائي، و يـدعم ويؤكـد هـذا المنظـور عنـدما يؤخـذ دور شـركات التقنيـة الحيويـة (biotechnology companies) كمـوردين للبـذور المنتجـة بالهندسـة الوراثيـة [التحـوير الوراثي (genetically modified (GM) seed) للمزارعين والمنتجين في الاعتبار عنـدما يـتم الاهتمـام بمأمونيـة المحصـولات المنتجـة بـالتحوير الـوراثي (GM crops) كمصـادر جديـدة (novel sources) للأغذية وعن طريق العمليات النظامية (regulatory process).

تقوم أو تعتمد كثير من النشاطات التي تجرى بواسطة المزارعين والمنتجين لإنتـاج المحاصيل، على أمور مأمونية الغـذاء، وقـد يكـون في بعضـها حـرجٌ (critical). إن تتـابع الأحـداث المتضـمنة في إنتـاج المحاصـيل، مـن معالجـة البـذور إلى النشـر والبـذر (propagations) و الغرس (planting) وإدارة المحصول (crop managemet) ومعالجاتـه أثنـاء الزراعة والحصاد وتخزين ما بعد الحصاد والتداول (handling) وتصـنيع مـا بعـد الحصـاد الفوري (immediate post-harvest processing) أو المعالجة المسبقة (pretreatment) قد تـؤثر كل هـذه الأمـور علـى مأمونيـة المنتج الغـذائي النهـائي. وعنـدما يكـون هنـاك قليـل مـن التصنيع أو لا يكون إطلاقاً فإن إعداد الفواكه والخضراوات لسـوق أغذيـة المسـتهلك، تعتبر مسئولية المزارع فلذلك مأمونية الغذاء تحدد بوضوح بالغ. وهذا هـو الوضـع بصـفة

خاصة ، عندما يراد بالمنتجات أن تكون للاستهلاك الفوري (immediate consumption) أي بدون إعداد أو طبخ بواسطة المستهلك ، وفي حالة المنتجات المصنعة تصنيعاً بسيطاً (minimally processed products) مثل مواد السلطات (salad materials) المعدة للاستخدام في العبوات الوسائدية (pillow-packs) للبيع بالتجزئة أو في إنتاج الساندويتشات الطازجة (fresh sandwiches) فإن مسئولية المزارعين في مأمونية الغذاء واضحة ، أيضاً. وحتى في الحالات التي يتلقى المنتج فيها درجات مختلفة من مزيد من التصنيع بواسطة جهات أخرى ، فإن المزارع يستمر في تحمل بعض المسئولية في منع انتقال مخاطر الأمراض المنقولة بواسطة الغذاء إلى سلسلة الغذاء. يوفر الهاسب للمزارعين أحسن طريقة لإدارة مأمونية الإنتاج ، وفي الوقت الحالي تدخل كثير من برامج الإنتاج المضمون (assured produce schemes) في متطلبات إدارة مأمونية الغذاء و هذه مرتبطة مباشرة بأسس الهاسب أو معتمدة عليها.

(٦,٣) نظام تحليل المخاطر بنقاط التحكم الحرجة (هاسب)

The hazard Analysis Critical Control point (HACCP) System

طور الهاسب أصلاً لبرنامج الفضاء للولايات المتحدة كوسيلة لصنع أغذية مأمونة لرواد الفضاء (astronatus) ويوصى به الآن من قبل هيئة دستور الأغذية (codex Alimentarius Commission of the Food) و منظمة الأغذية والزراعة العالمية (The Food and Agriculture Organization (FAO) كوسيلة للسيطرة على الأغذية مع تطبيقات معينة (specific application) لتحسين وتحفيز مأمونية الأغذية. ووفقاً لهيئة دستور الأغذية يُوصي بالهاسب كطريقة مختارة متفردة لإدارة مأمونية الأغذية من قبل الحكومات والجهات المهنية والتجارية المرتبطة بصناعة الغذاء (food industry). نظام الهاسب متناغم ومتوافق تماماً (بالكامل) مع تطبيق أنظمة إدارة الجودة مثل التي

طورت وفقاً لمطبوعات المنظمة العالمية للمواصفات أيزو ٢٠٠٠ : ٩٠٠١ (International Organization for standardizations publication ISO 9001:2000 (ISO 2000b) والتي توفر نموذجاً لتطوير (development) و تطبيق (implementation) صيانة أنظمة الجودة والمحافظة عليها.

الهاسب نفسه ليس بنظام إدارة جودة أو نظام ضمان جودة (quality assurance (QA)) بالمعنى السليم لهذين المصطلحين. والغرض السريع (express purpose) للهاسب هو إدارة (معالجة) مأمونية الغذاء. والمفاهيم المطبقة في استخدام الهاسب لتحديد المخاطر والسيطرة عليها يمكن ترجمتها إلى قضايا أو موضوعات جودة، ومثلاً يمكن تطوير أنظمة ضمان الجودة معتمدة أو قائمة على مفاهيم من أجل السيطرة على العوامل المؤثرة على جوانب جودة الأغذية والتي لا ترتبط بمأمونية الغذاء. يجب الاحتفاظ بالهاسب نفسه كاحتياطي وبصفة خاصة لإدارة مأمونية الغذاء وأن لا يكون هناك خلط وتشويش (not confused) في تطبيقه بواسطة إعادة التفسير والتحليل الحر (liberal reinterpretaion) كطريقة ثنائية مزدوجة (dual methed) لإدارة مأمونية الغذاء وضمان الجودة. وهذا ليس هو الوضع بصفة دائمة. في بعض الأوقات، يتم حث واسداء النصح وتوصية تجار الغذاء باستخدام الهاسب لكل من مأمونية الغذاء وأغراض الجودة (quality purposes) وبالتالي تؤسس أنظمة الإدارة والتي تجمع المتطلبات الحرجة لمأمونية الغذاء مع تلك التي تعتبر مهمة للسيطرة على عوامل الجودة و التي لا ترتبط بمأمونية الغذاء. ويمكن أن يكون هذا وصفة (طبق recipe) للارتباك وأحياناً وصفة لكارثة (disaster) وبالرغم من أن مأمونية الغذاء منطقياً تعتبر عنصراً للجودة، فلضمان وضوح الأغراض يجب تطوير أنظمة إدارة مأمونية الغذاء، وكما

يجب تشغيلها بشكل منفصل متفرد (operated discretely) وبشكل موازٍ للأنظمة المستخدمة للسيطرة على جوانب أخرى لجودة الغذاء.

(٦,٤) الممارسة الزراعية الجيدة
Good Agricultural Practice

عندما يستخدم نظام الهاسب في صناعة الأغذية فتلك ممارسة سليمة ومنطقية لتأسيس ممارسة تصنيعية جيدة (good manaufacturing practice (GMP) كقاعدة تبنى عليها أنظمة الهاسب. يحدد معهد علوم وتكنولوجيا الغذاء (Institute of Food Science and Technology (IFST, 1998 بأن الممارسة التصنيعية الجيدة تتكون أو تحتوي على مكونين (two componemets) عمليات تصنيعية فعالة (effective manufacturing operations) وسيطرة فعالة على الغذاء (effective food control). يترابط (interrelate) هذان المكونان مع بعضهما البعض ويتفاعلان (interact) وعندما يعملان في اتفاق وانسجام وتناغم، فسيؤدي ذلك إلى تصنيع منتجات غذائية تستوفي المواصفات والمعايير (specifications) ومتطلبات المستهلك. إن مفهوم الممارسة التصنيعية الجيدة (GMP) هو كل ما هو مطلوب لصنع منتجات غذائية، وضبط جودتها تمشياً مع المواصفات والمعايير والمقاييس، وأن تحدد وتوثق بشكل كافٍ وأن تكون إجراءات العمليات التصنيعية وضبط الأغذية قد أجريت وطبقت وفقاً للمتطلبات الموثقة (documented requirements) والتي بالضرورة، تشكل وتكون خطة جودة (quality plan). وتناسب (relevance) الهاسب مع الممارسة التصنيعية الجيدة هو أن الأخيرة (GMP) تسبب تحديداً وتوثيقاً وضبطاً لعناصر عمليات التصنيع الغذائي (food manufacuring operations) وإجراءات ضبط الأغذية والتي لها أثر في مسائل مأمونية الغذاء، على سبيل المثال، قد لا تكون الموضوعات الأساسية للشؤون الصحية (basic

(issues of food hygiene مثل تدريب العاملين (staff training) والممارسة الصحية (hygienic conduct) ونظافة بيئة التصنيع (cleanliness of manufacturing envirement) جزءاً من نظام الهاسب، ولكن هذه تؤثر على المقدرة في منع حدوث المخاطر، مثلاً تلوث المنتجات الغذائية (contamination of food products) بالبكتيريا الممرضة (bacterial pathogens). يتآزر نظام الـ (GMP) مع نظام الـ HACCP ويعملان سوياً ويؤديان زيادة الثقة في القدرة على إنتاج منتجات غذائية مأمونة.

بالرغم من أن الـ GMP قد طور للصناعة الغذائية، إلا أن الأسس التي اعتمد عليها قابلة للنقل إلى زراعة الفواكه والخضراوات . في هذه الحالة فإن المصطلح المناسب (appropriate term) هو الممارسة الزراعية الجيدة (good agricultural practice, or GAP) . يقوم المزارعون بكثير من الأعمال التي يتولد منها مخاطر والتي قد ترتبط بالمنتج إذا ما تواجدت الظروف المناسبة، ولكنها قد لا يتم تضمينها كمتطلبات للتحكم من خلال نطاق أنظمة الهاسب. سيؤدي التنظيم العام للموقع والنظافة إلى تقليل مصادر التلوث (minimization of contamination sources) و التي قد تعرض مأمونية الغذاء للتأثر (compromise food safety) . يجب أن تُجرى عمليات التداول (handling)والتخزين (storage) واستخدام الكيمياويات الزراعية بطرق محددة (defined ways) لا تؤدي إلى خلق مخاطر في مأمونية الغذاء. يجب معايرة (caliberation) المعدات المستخدمة في استعمال الكيماويات، و على سبيل المثال، رشاشات المحصول (crop sprayers)، وذلك لضمان استخدام المستويات أو الكميات الصحيحة من هذه الكيماويات ، كما يجب تنظيفها بين الاستخدامات المتعددة لمنع وتفادي التلوث الخلطي (cross-contamination) فيما بين هذه المركبات الكيميائية، و مثل هذه المتطلبات تعتبر ممارسات جيدة، بالرغم من أنها ليست بالضرورة أن تكون جزءاً من نظام

الهاسب. تشمل الأمثلة الأخرى، معالجة واستخدام المخلفات الحيوانية، و دوبال المزارع (farmyard manure) كأسمدة (fertilizer). أصبح استخدام براز الحيوانات (animal faeces) في الوقت الحالي في ممارسات زراعية خاصة من الموضوعات التي تشغل بال المعنيين وذلك لاحتمالات التلوث بالممرضات البكتيرية وبصفة خاصة، بسبب احتمال وجود *الايشريشتاكولاي أو ١٥٧: اتش ٧ 7 :H157:O E.oli*) والتي لها جرعة معدية منخفضة جداً (very low infective dose level) و هذا الذي قد يفسر بأن معالجة فضلات الحيوان لإبعاد البكتيريا الممرضة تمثل جزءاً من نظام الهاسب، و كذلك فإن استخدام فضلات الحيوان في الإنماء (growing) (للنبات) مشابه لاستخدام مكون في تصنيع منتج غذائي، في التصنيع الغذائي. يتم اختيار المكونات في التصنيع الغذائي (food manufacturing) جزئياً على أساس مأمونيتها (safety) و إذا كان هناك خطر محتمل مرتبط بمكون ولكن لا يمكن السيطرة عليه في العملية التصنيعية، فإن المسار المحتمل للفعل (course of action) سيكون إلغاء استخدام هذا المكون. يمكن اعتبار فضلات (روث) الحيوان التي تم معالجتها و تحويلها إلى سماد (composted) بصورة جيدة لضمان قتل الممرضات البكتيرية "مكونات" آمنة في تنمية أو تغذية الفواكه والخضراوات . يجب التحكم في المعالجة وضبط فضلات الحيوان بالممارسة الزراعية الجيدة GAP (Chambers 1999) وأن لا تكون جزءاً من أنظمة الهاسب. وبالمثل يجب أن يكون الماء المستخدم للري خالياً من التلوث بفضلات الحيوان وأي مواد أخرى قد تؤدي إلى وجود الممرضات البكتيرية (أو مواد ضارة أخرى مثل المعادن الثقيلة heavy metals)). خصائص مياه الري و ضبطها (specification amd control of irrigationm water) هي من أمور الممارسة الزراعية الجيدة و ليست من نظام الهاسب. يجب تحديد السماد الحيواني (manure) ومياه الري، كمدخلات لعمليات إنماء و تغذية الفواكه

والخضراوات وذلك فيما يتعلق بخلوها من الممرضات (والملوثات الأخرى) و تأكيد الالتزام (confirmation of compliance) بالمعايير والمقاييس هو الذي من المحتمل أن يكون جزءاً من نظام الهاسب. يمكن التأكد من إنجاز ذلك من خلال، على سبيل المثال، التحليل الميكروبيولوجي (microbiological analysis) ولكن هذا من غير المحتمل وربما يكون طريقة غير عملية (impractical method). يجب أن يتم الحصول على سجلات تثبت أن السماد الحيواني قد عولج معالجة مضبوطة وكافية وأن مياه الري قد تمت معالجتها و تداولها بشكل سليم و كافٍ.

(٦,٥) تطبيق مفهوم الهاسب
Applying the HACCP Concept

تعرف مأمونية الغذاء بأنها ضمان أن ذلك الغذاء لا يسبب ضرراً للمستهلك عندما يعد و/أو يؤكل، وفقاً للغرض من استخدامه (Assurance that food will not cause harm to the consumer when it is prepared and/or eaten according to its intended use (CCFH, 1997) . يوفر نظام الهاسب طريقة نظامية (systematic method) لإدارة مأمونية الغذاء ويعتمد هذا النظام على سبعة أسس (CCFH 1997):

الأساس الأول: إجراء تحليل مخاطر Principle 1: conduct hazard analysis

الأساس الثاني: حدد نقاط التحكم الحرجة Principle 2: Determine the critical control points (CCPs)

الأساس الثالث: أسس الحدود الحرجة Principle 3: Establish critical Limits

الأساس الرابع: أسس نظام لمراقبة السيطرة على نقاط التحكم الحرجة Principle 4: Establish a System to monitor control of (CCPs)

الأساس الخامس: أسس الفعل التصحيحي ليتم العمل به عندما تشير المراقبة إلى أن نقطة تحكم حرجة معينة ليست تحت السيطرة. Principle 5 : Establish the corrective action to be taken when monitoring indicaates that a particuler CCP is not under control.

الأساس السادس : أسس إجراءات تحقق للتأكد بأن نظام الهاسب يعمل بكفاءة.
Principle 6 : Establish procedures for verification to confirm the HACCP system is working effectively.

الأساس السابع : أسس توثيق تهتم بكل الإجراءات والسجلات المناسبة لهذه الأسس وتطبيقها Principle 7 : Establish documentation concerning all procedures and records appropriate to these principles and their application.

يتم تطبيق مفهوم الهاسب من خلال تتابع منطقي للنشاطات (logical sequence of activites) يعرف بدراسة الهاسب (HACCP Study) (تم وصفه في الجزء ٦,٦). يجب أن تنتج دراسة الهاسب خطة هاسب (HACCP plan) يتم إنفاذها كنظام للهاسب. بحكم التعريف بهذا المعنى (CCFH 1997) فإن خطة الهاسب هي عبارة عن "وثيقة تعد وفقاً لأسس الهاسب لضمان السيطرة على المخاطر التي تعتبر مهمة في مأمونية الغذاء في جزء معين من سلسلة الغذاء تحت الدراسة"
"A document prepared in accordence with the princples of HACCP to ensure control of hazards which are significant for dood safety in the segment of food chair under consideration".

ونظام الهاسب هو "النظام الذي يحدد و يقيم و يتحكم في المخاطر التي تعتبر مهمة لمأمونية الغذاء (A HACCP system is A system which identifies evaluates and controls hazards which are significant for food safety (CCFH, 1997).

وكما يشير المصطلح فإن تحليل المخاطر يهتم بفهم المخاطر المرتبطة بمنتج غذائي. ويعرف الخطر وفقاً لـ (CCFH. 1997) بأنه "عامل حيوي أو كيميائي أو فيزيائي قادر على إحداث أثر (أذى) صحي Biological, Chemical or physical agent in, or condition of food with the potential to cause an adverse health effect.

وتشمل المخاطر الحيوية :

- النباتات ومواد النباتات السامة poisonous plants and plant materials
- الفطريات السامة Poisonous fungi
- الباكتيريا المعدية الممرضة Infective pathogenic bacteria

openkandil.com

مثل *الأيشريشياكولاي أو ١٥٧ : اتش ٧ والليستريا مونوسايتوجينس* وأنواع *السالمونيلا والشايجيلا والبرسينيا انيروكوليتيكا* *E. coli 0157: H7, listeria monocytogenes Salmonella* spp, *Shigella* spp, *Yersinia enterocolitica*

- الباكتيريا المسممة المرضة Intoxicating pathegenic bacteria

مثل *الأستافيلوكوكس* أوريس *والكوليستريديوم* بوتشيلينيوم
Staphylococus aureus, Clostridium botulinum

- الفطريات السامة (المسممة) Toxigenic fungi

مثل *الأسبيرجيلس* فلافيس *والأسبيرجيلس* كلافاتوس *Aspergillus flavus,* Aspergillus Clavatus

- الفيروسات مثل فيروس النرولك والهيبتاتيس أ (فيروس الكبد الوبائي أ) Virus e. g Norwalk virus hepatitis A
- والطفيليات parasites Protozoan مثل كريبتواسبوريديوم بارفيوم وتوكسوبلاسما جوندي *Cryptosporidium parvum, Toxoplasma gondii*
- والمواد المسببة للحساسية Allergenic materials

وهناك عدد من الممرضات الميكروبية مسئولة عن مختلف الأمراض المنقولة بواسطة الغذاء. تسبب بعض الممرضات عدم راحة مؤقتة (temporary inconvenience) مع أعراض مثل القيء والإسهال (vomiting and diarrhea) وتسبب ممرضات أخرى آثاراً فورية خطيرة مثل الإجهاض التلقائي (spontaneous abortions) أو حالات مزمنة (long-lasting conditions) مثل متلازمة بولينية الدم (haemolytic uremia syndrome (HUS) والتي تسبب الفشل الكلوي (kidney failure) والموت (لا سمح الله)، وأحياناً لدى الأطفال، التهاب المفاصل (الروماتيزم) التفاعلي (reactive arthritis) ومتزامنة جويللاين- باري (Guillain – Barre' Syndrane). من وجهة نظر المزارع قد تكون مواد برازية (faecal materials) الملوثة للفواكه والخضراوات والتي لا تلقى أي نوع من عمليات التصنيع المصممة للقضاء على الممرضات الحية النامية (vegetative pathogens)

المرتبطة بالبراز، سبباً للمشاكل، فقد ارتبطت الايشريشيا كولاي أو ١٥٧ : إتش ٧ بمتلازمة بولينية الدم (HUS)، وكذلك هذه البكتريا ارتبطت بحالات خطيرة أخرى. وقد ارتبطت أو ربطت الكامبيولوباكتر بمتلازمة جويللاين باري (وهي سبب لشلل البالغين والأطفال)، و كذلك قد تسبب الليستريا مونسايتوجنس والإجهاض والتهاب الدماغ السحائي (meningitis). كل هذه الأحياء الدقيقة الثلاث توجد في البراز، عليه قد يمثل السماد البرازي (manure) مصدراً للمخاطر الميكروبية، مالم يتم إدارته ومعالجته جيداً وبكفاية من خلال الممارسات الزراعية الجيدة.

قد تسبب المخاطر الكيميائية أمراضاً قصيرة الأجل (short-term illness) والتي قد يتحقق الشفاء الكامل منها، و لكن من ناحية أخرى فإن بعضها قد يسبب أمراضاً طويلة الأجل (long-term illness) كما أنها قد تسبب الوفاة (لا سمح الله)، وعلى سبيل المثال، قد تسبب إتلاف المخ (brain damage) والوفيات الناتجة من التسمم لفترات طويلة (long-term intoxication) بالمعادن الثقيلة (heavy metals) . لقد أثبتت الآثار الصحية الضارة لبعض الملوثات الكيميائية إثباتاً جيداً موثقاً (well documented) و لكن في المقابل فان أضرار (أو عدم التأثير) لبعض الكيماويات الزراعية الاصطناعية (synthetic agrochemical) مجرد حدس (conjecture) أكثرً من أنها علم مثبت مبرهن (proven science) وعليه، –وعلى سبيل المثال– فإنه بالرغم من إجازة استخدام مادة كيميائية زراعية اعتمادا على أساس أبحاث السمية (toxicity research) فيما يتعلق بمادة وحيدة (single substance) فقد لا توجد إلا معرفة بسيطة لما يعرف بخليط الآثار أو الآثار المختلطة (cockatil effect) عندما توجد بقايا لهذه المادة مختلطة مع مواد أخرى. لذا، على المزارعين أخذ الحذر في استخدام الكيمياويات الزراعية كما أن عليهم التأكد من الاحتفاظ بسجلات الاستخدام الأمثل المضبوط وفقاً لنصائح وتوجيهات المصنعين (manufacturers) والتأكد من أن السجلات تسمح بالتتبع والرجوع (allow traceobility)

للمصنعين في حال وجود أسئلة حول مأمونية المنتجات (الكيمياويات) وفي حال موضوعات أو قضايا رفع دعاوى قضائية (legal liability arise) . أحد فوائد استخدام الهاسب لإدارة مأمونية الأغذية هي أن هذا النظام يسمح بتحديد ومعرفة مصادر أخطار الأمراض المنقولة بواسطة الغذاء داخل منظومة السلسلة الغذائية كما يمكِّن الأعمال (التجارية الغذائية والصناعية) من تفادي أن يكونوا مسئولين (becoming accountable) عن مشاكل مأمونية الأغذية المتولدة في أجزاء أخرى من سلسلة الغذاء. وتشمل الملوثات الكيميائية التي يجب أن تولى اهتماماً وتعطى اعتباراً عند وضع وتطوير نظام هاسب التالي :

- الملوثات البيئية الموجودة طبيعياً مثل المعادن الثقيلة.
- الملوثات الصناعية مثل الديوكسينات البوليكلورينتيت بايفينايلس.
- الملوثات الناتجة من الممارسة الزراعية مثل مبيدات الآفات (مبيدات الحشرات ومبيدات الأعشاب ومبيدات الفطريات).
- الملوثات الناتجة من التداول وتخزين وتصنيع المواد الغذائية مثل مركبات معالجة (تعقيم) البذور ، ومزيتات ومشحمات الماكينات ومواد التنظيف وسموم مكافحة الآفات.
- الملوثات الناتجة من مواد التعبئة و التغليف للأغذية مثل الملدنات والمضافات الأخرى، والمواد اللاصقة، الأحبار، وآثار المعادن المتبقية من العلب.

قد تكون المخاطر الفيزيائية (الطبيعية) أيضا سبباً للمشاكل في إنتاج بعض الفواكه والخضراوات . قد تمثل هذه المخاطر مصدراً لضرر المستهلكين، حيث إنها قد تحطم الأنسجة (خارجياً وداخلياً) (externally & internally) وذلك من خلال التقريح

(laceration) وإتلاف الأسنان وقفل الممرات الهوائية (air- ways) وتشمل الأخطار الفيزيائية التالي :

- مخاطر التقطيع (slicing hazards) بشظايا الزجاج الحادة (sharp glass fragments) وشظايا البلاستيك الحادة (sharp plastic fragments) شظايا (سرائح) الأخشاب (wood splinters) والبرادات المعدنية الحادة sharp metal filings ans swarf.

المخاطر للأسنان (dental hazards) مثل أجزاء الزجاج ((glass particles و قطع أخشاب (pieces of wood) ، و قطع بلاستيك صلبة (pieces of hard plastics) و أحجار (stones) و شظايا معادن (metal fragments) وأجزاء من مواد أخرى مثل المكسرات (nuts) وأدوات الغسيل (wachers).

- مخاطر الاختناق (choking hazardS) مثل أخشاب و أحجار وشظايا معادن و خيوط (string) ومكسرات مثل الفول السوداني (peanuts).

أثناء إعداد خطة الهاسب يمكن استشارة مصادر مختلفة لتعريف وطبيعة (identity and nature) المخاطر المرتبطة بالمواد الغذائية والمنتجات والعمليات (التصنيعية) وتشمل هذه المصادر المرجعية الكتب الدراسية (text books) والمجلات العلمية (scientific journals) ومنظمات أبحاث الأغذية (food research organizations) والاستشاريين والأكاديميين (consultants & academics) والمنظمات الوطنية والمحلية الحكومية (national and local government orgnizations) المسئولة عن مأمونية الغذاء أو المعنية بها ، والمصادر المتوافرة في الإنترنت (sources on tihe internet).

openkandil.com

(٦,٦) دراسة الهاسب
The HACCP Study

كإجراء أو تدخل وقائي (preventive approach)) لضمان سلامة المستهلك (consumer safety) فإن مفهوم الهاسب لإدارة مأمونية الغذاء يتناسب مع فلسفة ضمان الجودة (QA philosophy) بصفة عامة ، ويجب أن يقع تشغيل أنظمة الهاسب ضمن نطاق إستراتيجية ضمان الجودة للمزارعين (grower's QA strategy). يجب توفير الموارد المطلوبة لتطوير وتطبيق أنظمة الهاسب والمحافظة عليها كجزء من ضمان الجودة الشامل الذي يوفره أو يحققه المزارعون (grower's over all QA provision) .بالرغم من أن المستخدمين لأي عمل تجاري (employees of a business) قد يؤثرون تأثيراً مباشراً على مأمونية المنتجات من خلال أفعالهم ، إلا أن المسؤولية التضامنية المشتركة (corporate responsibility) تقع على العمل التجاري بالكامل ، وذلك فيما يتعلق بضمان أن لا ينضر أو يتأثر المستهلك من خلال استهلاكه وأكله لهذه المنتجات من تلك الجهة التجارية (المنتجة). ويجب أن تقع المسؤولية النهائية أو المطلقة (ultimate responsibility) فيما يتعلق بمأمونية الغذاء ووقاية وحماية المستهلك (consumer protection) وفي أي عمل تجاري غذائي على قمة الإدارة (top management)) (المدير التنفيذي أو شخص في مرتبة موازية (chief executive or someone of equivalent status) والذي يجب عليه أن يكون مسئولاً عن ضمان توافر وكفاية موارد الهاسب. هذا الأمر ضروري بالرغم من أنه قد يكون للإدارة العليا قليل من الاتصال المباشر مع آليات ضمان الجودة (mechanics of QA) وإدارة مأمونية الغذاء. قد تكون عوامل عدم توافر وكفاية الموارد ممثلة في قلة الأشخاص العاملين (الموظفين) الأكفاء (qualified personnel) وقلة الموارد الطبيعية (physical resources) والوقت هي بعض المشاكل الرئيسة (key problems) التي تواجه تجارة الأغذية عند قيامها بدراسات الهاسب وإنفاذ وتشغيل والمحافظة عليها أنظمة الهاسب. وبدون الالتزام بتوفير موارد كافية يصبح من غير المجدي الاعتماد على

دراسة هاسب (embarking on HACCP-Study) وضمان هذا الالتزام وظيفة أو مسئولية أساسية من وظائف الإدارة العليا.

تعرف وتحدد دراسة الهاسب الأساس لأنظمة حماية المستهلك من مخاطر الأمراض المنقولة بواسطة الغذاء والمؤسسة من تجارة الأغذية، ومثل تلك التي يشغلها المزارعون وتتكون من عملية ذات ١٢ مرحلة (12 stage process) والتي تهدف إلى (أ) تحليل المخاطر، أي تحديد المخاطر التي غالباً ما ترتبط بمنتج معين والعملية التي يتم انتاجه بها و (ب) تأسيس نقاط التحكم الحرجة (critical control points) أي الأماكن في عملية الإنتاج (places in the production process) التي يمكن بها تطبيق طرق السيطرة على المخاطر.

(٦,٦,١) المرحلة الأولى : تكوين فريق الهاسب (وتحديد المدى والمصطلحات المرجعية للدراسة)

Stage1: Assemble the HACCP Team (and Define the Scope and Terms of Reference of the Study)

يجب تكوين فريق الهاسب كما يجب تحديد المدى والمصطلحات المرجعية للدراسة. يجب أن يتكون الفريق من تخصصات متعددة (multidisciplinary) ويضم أعضاء ذوي خبرات مطلوبة (expertise required) للتعامل مع مدى الموضوعات والقضايا التي ستنشأ أثناء الدراسة. عادة يكون اختصاصي الميكروبيولوجيا عضواً أساسيًّا في الفريق، إذ لابد من تقييم المخاطر الميكروبيولوجية (microbial hazards must be appraised) ومن المهم أيضاً، أن يضم الفريق أعضاءً ذوي خبرة في إنتاج المحاصيل ولابد من إعطاء اعتبار لعمليات ما قبل المعالجة (pretreatment operation) في الدراسة. وإذا لم يكن هناك خبراء مناسبون في منظمة ما، يصبح من الضروري الاستفادة من خدمات استشاري (a consultant). يجب أن ترتبط دراسة الهاسب بمنتج محصولي معين وبعمليات الإنتاج المرتبطة به (associated production process) وبأي عمليات مسبقة

متلاحقة، حيثما كان ذلك مناسباً. قد تكون المخاطر الناشئة عند إنتاج محصول والطريقة التي تنشأ بها مميزة لذلك المحصول (خاصة به) في مكان زراعته ولا يمكن افتراض أن العوامل المؤثرة على إنتاج محصول في مكان ما ستكون مشابهة لتلك المؤثرة على نفس المحصول في مكان آخر، أحياناً قد يوصى باستخدام خطط الهاسب العامة (generic HACCP) اختصاراً لتطوير أنظمة هاسب. قد تكون خطط الهاسب العامة مفيدة كموارد ومصادر لأفكار ومعلومات ولكن قد يكون تطبيق هذه الخطط خطراً عندما لا يتم إعطاء اعتبارا للعوامل المحلية ويتم تخطي أو تجاهل المخاطر وعليه من الأفضل والأسلم (better and safer) وضع وتطوير خطط وأنظمة هاسب محلية، مع تفادي استجلاب أخطاء ومفاهيم خاطئة (misconceptions) من خلال استخدام خطط عامة (generic plans).

ويجب تحديد نطاق الدراسة (دراسة الهاسب) مع الإشارة إلى إعطاء اعتبار في الدراسة للمحصول المنتج وتحديد عمليات الإنتاج المتضمنة (في الإنتاج) ويضع نطاق الدراسة حدوداً لخطة الهاسب المراد وضعها وتطويرها، مع تحديد بداياتها ونهاياتها. ويصبح هذا أمراً هاماً، خاصة عندما نهتم بعمليات الإنتاج المعقدة، وقد يكون أسهل (وأكثر أمانا) تجزأة (تقسيم) العمليات إلى عمليات مكوناتية (component operations) وإجراء سلسلة دراسات هاسب بأحجام صغيرة (bite-size chuks) والتي ترتبط مع بعضها البعض لاحقاً لتكّون نظام الهاسب الشامل. على سبيل المثال، قد يكون تحضير البذور ونثرها (seed preporation and propgation) دراسة هاسب واحدة حيث تكون عمليات إنتاج المحصول وحصاده، ومعاملات ما بعد الحصاد المسبقة دراسات أخرى.

عند تنفيذ دراسة الهاسب قد يكون مغرياً أو مستحثاً (tempting) أن يعطى اعتبار لمجموعات المخاطر الثلاث – الميكربيولوجية والكيميائية والفيزيائية – وفي

الوقت نفسه. قد يؤدي هذا إلى تعقيدات و لكن بتعريف المصطلحات المرجعية (terms of reference) للدراسة، يتم الاتفاق الذي يحدد الدراسة للمخاطر الميكروبيولوجية، على سبيل المثال، مع نية إعطاء اعتبار للمخاطر الكيميائية والفيزيائية لاحقاً. يمكن نقل المعرفة المكتسبة أثناء الدراسة الأساسية (الأولى) (intial) إلى دراسات لاحقة وبذلك يتم تقليل الأعباء اللاحقة.

(٦,٦,٢) المرحلة الثانية: وصف المنتج Stage 2 : Describe the product

يجب أن يعطى المنتج وصفاً كاملاً (complete description) والهدف منه هو توفير معلومات تمكن من تحديد المخاطر المرتبطة بالخواص الداخلية (intrinsic characteristics) للمنتج نفسه، أو المخاطر المرتبطة بالظروف التي تحتاج للاهتمام على سبيل المثال، تغليفه وتخزينه ونقله وتوزيعه. في تصنيع الأغذية المركبة (formulated foods) فإن عوامل الحفظ الداخلية (intrinisic preservation factors) مثل الأس الهيدروجيني (pH) والملح في المحتوى الرطوبي (salt –in-mosisture content) والنشاط المائي (water activity (a_w) كلها مهمة ومن الضروري إعطاؤها اعتباراً إذ إنها ترتبط ببقاء ونمو البكتيريا الممرضة (survival and growth of bacterial pathogens) . في حالة الفواكه والخضراوات قد تكون مثل هذه العوامل ذات قيمة منخفضة و لكن خصائص المنتج الناتجة من الحصاد وتداول وتخزين ما بعد الحصاد (post –hervesting handling) وما إلى ذلك، أكثر أهمية حيث إنها قد تكون مرتبطة بوجود أو تطور المخاطر ولابد من اعتبارها. وبالمثل، قد يحدد تغليف المنتج (packaging of the product) كجزء من المنتج النهائي (final product) كما يجب تقييمه من ناحية احتمال خطورته، على سبيل المثال، قد تشكل الأكياس البلاستيكية (plastic bags) مخاطر اختناق الأطفال (suffocation risk for young children) أو تسبب مخاطر أخرى، ويجب تقييم استخدام

الصناديق الخشبية (pallets) فيما يتعلق بهذا الجانب. ومن المهم أيضاً، قد يكون استخدام ظروف تخزين معينة محددة، مثل التخزين تحت الجو المعدل (modified atmosphere storage) هو الذي قد يسبب مخاطر، على سبيل المثال، نمو الممرضات البكتيرية اللاهوائية (anaerobic bacterial pathogens).

وعند وصف المنتج، لابد من الإشارة إلى مواصفات المنتج (product spesifications) على سبيل المثال، المواصفات المتفق عليها مع المستهلك والتي تحدد معايير ومقاييس الجودة للمنتج التي يجب أن يتم استيفاؤها (تطبيقها). وقد تؤدي طرق إنتاج المحصول إلى منتجات تحمل بقايا مبيدات آفات (pesticide residues) أو منتجات قد تكون ملوثة بالممرضات البكتيرية ويجب وضع حدود لهذه (limits be set) في المواصفات. و هناك عوامل أخرى يجب تحديدها مثل، المخاطر الفيزيائية و من أمثلتها الحجارة وشظايا الأخشاب الناتجة من عمليات الحصاد واستخدام الكيمياويات في إدارة المنتجات المحصودة (harvested product management chemicals) مثل المركبات المثبطة للتزريع (التبرعم (sprout suppressant compounds) المستخدمة في البطاطس.

(٦,٦,٣) المرحلة الثالثة: حدد الغرض من استخدام المنتج

Stage 3 : Identify the Intended Use of the product

يجب تحديد الغرض الأساسي من استخدام المنتج، و ذلك بتحديد ما إذا كانت طريقة استخدام المنتج (من قبل المُصنع أو المستهلك (by a processor or consumer) ، ستؤدي إلى مخاطر وكذلك تحديد أي المجموعات الحساسة (sensitive groups) قد يكون المنتج ضاراً بها. ومن المهم أيضاً تحديد ما إذا كانت هناك متطلبات سوق معينة يجب ملاحظتها (الاهتمام بها) على سبيل المثال، وجوب توريد المنتجات العضوية فقط (organic products) أو المنتجات غير المحورة وراثياً (genetically engineered) لأسواق معينة محددة، وكذلك يجب ملاحظة أن بعض الأسواق تتطلب أنواعاً وأصنافاً محددة

من المنتج (certain varieties produce) مثل البطاطس المناسبة لإنتاج الوجبات الخفيفة والمقرمشة الهشة (crisp and snack food production) (بالرغم من أن هذه ليست بالضرورة موضوعات لها علاقة بمأمونية الأغذية). قد تكون الفواكه المأكولة بدون غسيل قبل تسويقها والتي لم تغسل قبل الاستهلاك ضارة إذا كانت ملوثة بالبكتيريا الممرضة (pathogenic bacteria) أو ملوثة بمستويات عالية من مبيدات الآفات أو بالمركبات (الكيمياويات) الزراعية السامة (toxic agrochemical compounds) فعلى سبيل المثال قد يتسبب الخوخ (peaches) و الدراق (nectarines) المستهلكة (مأكولة) كاملة (consumed whole) بدون إزالة جلدها أو قشرتها (without removal of skin) بتسمم المستهلكين إذا ما كان سطحها ملوثاً بمواد ضارة. وبالمثل قد تشكل محاصيل السلطات (salad crops) مثل الخس (lettuce) غير المغسولة غسلاً جيداً و كافياً بواسطة المستهلكين مخاطر تسمم غذائي إذا ما كانت المنتجات ملوثة بالبكتيريا الداخلية (enteropathogenic bacteria) من خلال استخدام السماد الحيواني المعالج معالجة غير كافية (improperly composed manure) أو من خلال استخدام ماء الري الملوث بالبراز (faecally contaminated irrigation water). وفي حالة المحاصيل المراد تصنيعها، يجب أن يكون المستهلك واعياً باحتمال وجود ملوثات، ربما من خلال الاتفاق على مواصفات المنتج. وبناء عليه فعلى المستهلك مسئولية ضمان أن المخاطر في شكل ملوثات معروفة ومتحكم فيها، ومسيطر عليها. على سبيل المثال، يستخدم بعض مصنعي السلطات المعدة بأقل معاملات تصنيعية (minimally processed prepared salads) محلول كلورين (chlorinated water) لغسيل مواد محاصيل السلطات لتقليل مستويات التلوث بمقدار دورة لوغاريثمية واحدة أو دورتين (one ot two log cycles) وأن تمارس السيطرة والضبط اللازم لمنع التلوث الخلطي (cross-contamination) (Carlin and Nguyen, 1999).

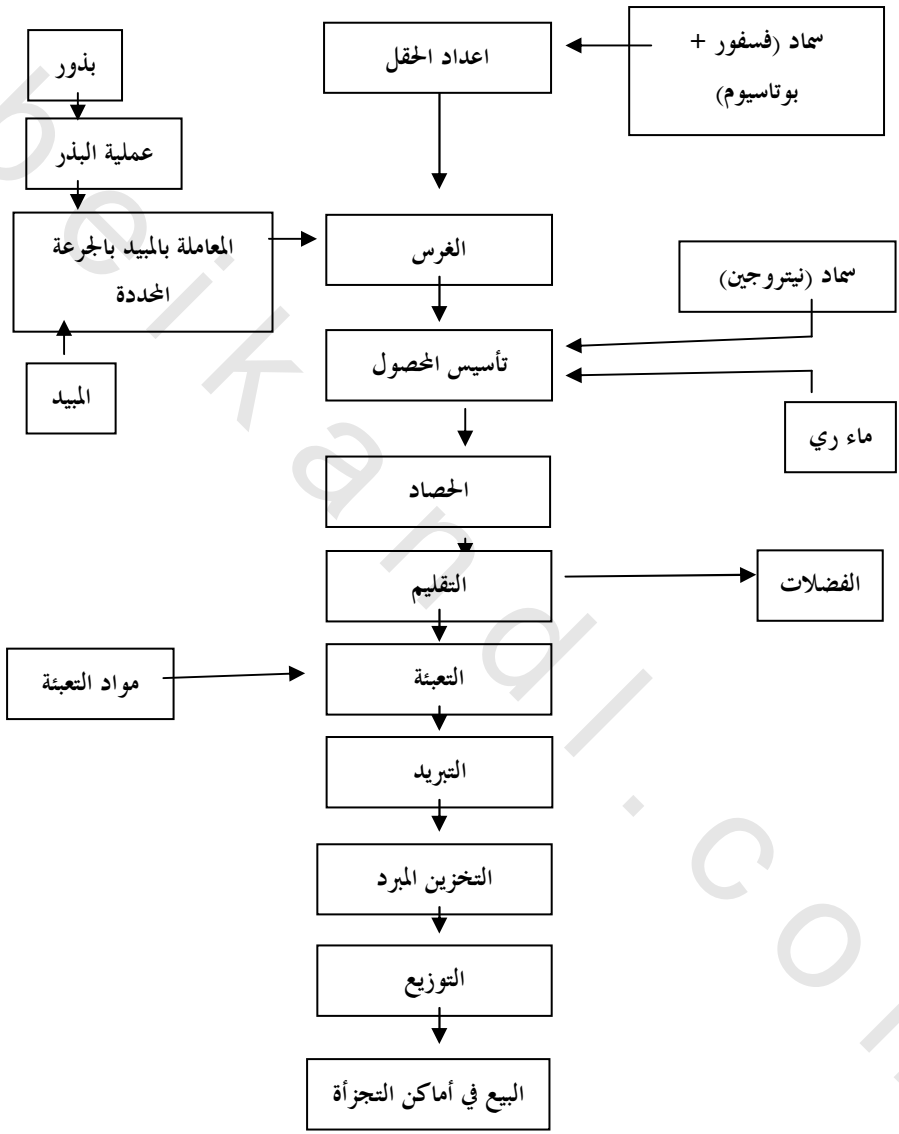
عندما تباع الفواكه والخضراوات للمستهلكين لاستخدامها في إعداد وجبات أو للاستهلاك المباشر (direct consumption)، فإن المسئولية تقع على المنتج، وكذلك على بائعي المفرق، لضمان أن المنتجات خالية من المخاطر وأن المستهلكين قد تم نصحهم وفقاً لذلك. يجب أن تضمن طرق إنتاج المحصول بأن لا تتعدى مستويات بقايا المبيدات المستويات الأدنى للبقايا (MRLs)، ولكن من أجل ثقة إضافية (additional confidence) في مأمونية منتج، و من أجل قدرة المنتج والبائع بالتجزئة (retailer) على إثبات التزامهما، فقد يكون من الأفضل غسل بعض المنتجات لخفض مستويات بقايا الكيمياويات، على سبيل المثال، في حالة بعض أنواع التفاح والبرتقال والبطاطس. وإذا لم يتم السيطرة على ذلك من قبلهم فإن مسئولية السيطرة تقع على المستهلكين ولكن في هذه الحالة يجب تحذيرهم وتوعيتهم باحتمال وجود مخاطر حتى يتمكنوا من اتخاذ الإجراءات أو المعالجات المناسبة. وهذا هو الأساس أو المبدأ الذي يتم العمل به وعلى سبيل المثال في منتجات غذائية تحتوي أو قد تحتوي على مكسرات، حيث يرفق بها بطاقات تنبه المستهلكين الذين يعانون من حساسية للمكسرات (nutallergy) أو الذين يصنفون في المجموعة الحساسة (sensetive groups) من المستهلكين و الذين قد يتضررون من خصائص المنتج و التي عادة لا تمثل مخاطر لمعظم المستهلكين. ومن الأمثلة على ذلك الأطفال، النساء الحوامل (pregnant women)، كبار السن (old people) وضعيفي المناعة، حيث يكون هؤلاء أكثر استعداداً للإصابة بعدوى أنواع معينة من البكتيريا الممرضة مثل الإيشريشيا كولاي أو ١٥٧ : اتش ٧ والليستريا مونوسايتوجينس. وكذلك بما أن الرضع (babies) يمثلون مجموعة حساسة جدا فإن الفواكه والخضراوات المنتجة لتصنيع أغذية الأطفال الصغار (baby foods) قد تحدد بدرجة أكبر مما يتم في أغراض أخرى.

(٦,٦,٤) المرحلة الرابعة: ارسم رسماً تخطيطياً (مسارياً)

Stage 4: Construct a flow Diagram

يولد وصف المنتج الغذائي وتحديد استخدامه المراد معلومات تساعد وتخدم في تحديد المخاطر المرتبطة بالمواد المستخدمة لصنعه والمرتبطة بخواصه. وقد يكون لكثير من جوانب وأوجه العملية الإنتاجية القدرة على توليد المخاطر، لذا لابد من تحليلها لضمان التحديد والتعرف على المخاطر المحتملة.

يجب إعداد مخطط مسار لخطوات العملية الإنتاجية (flow diagram of the production process) (الشكل رقم ٦.١) والذي يحدد المدخلات (inputs) والمخرجات (outputs) من العملية، كما يحدد ظروف التشغيل (operating conditions) والمواصفات المطلوبة لإنتاج المنتج. تشمل المدخلات البذور (seeds) ومواد معالجة البذور (seed treatment agents) وماء الري (irrigation water) والسماد الحيواني (manure) والأسمدة ومبيدات الآفات وكذلك الماء المستخدم، معاملات ما بعد الحصاد (postharvest opration) و العمليات المسبقة (pretreatment) مثل التبريد المائي (hydrocooling) لإزالة حرارة الحقل (field heat) والغسيل لإزالة التراب والملوثات، وما إلى ذلك. ومن الواضح أن المنتج نفسه هو المخرج الأساسي (principal output) و غيره سوى ذلك وعلى سبيل المثال المنتج الذي تم رفضه في التدريج (rejected in grading) أو نتيجة للتلف أو تدهور في الخواص أو فضلات المواد النباتية (waste botanical material) الناتجة من التشذيب (التقليم والقص (trimning)) وعمليات الإعداد الأخرى والأتربة من عمليات الغسيل (washing operation) وكل هذه السابقة إذا وجدت ظروف مواتية سيتولد عنها مخاطر. تتكون العملية نفسها من سلسلة من العمليات المختلفة تشتمل على سبيل المثال، نثر (بذر) البذور (seed propagation) والإعداد في الحقل أو الموقع (field or site preperation) وتطبيقات (إضافة) الأسمدة (fertilizer applications) والزراعة (الغرس) (planting) والإنماء (growing) والري (irrigation) وتطبيقات (إضافة) مبيدات الآفات (pesticide applications) والحصاد (harvesting) وتداول ما بعد



الشكل رقم (٦,١). مثال لرسم تخطيطي مساري لإنتاج محصول سلطة حقلي Example flow diagram for the production of field salad crop.

obeikandl.com

الحصاد (post- harvest handling) والمعالجة لما بعد الحصاد (post-harvest pretreatment) مثل النظافة (cleaning) والتشذيب (القص، التقليم (trimming)) وكذلك التخزين والنقل، كل واحدة من هذه العمليات قد تشكل مخاطر معينة. يجب أن يحدد نطاق الرسم التخطيطي بنطاق دراسة الهاسب. ويجب أن يرسم المخططي المساري (للعملية الإنتاجية) بشكل منطقي ونظامي (logically and systematically structured) مع توفير تفاصيل كافية تمكن من تحديد المخاطر المرتبطة بالعملية بدون الرجوع المستمر والدائم لتفاصيل إضافية.

(٦,٦,٥) المرحلة الخامسة : تأكيد الرسم التخطيطي

Stage 5 : Confirm the flow Diagram

يمكن إعداد الرسم التخطيطي اعتماداً على المعلومات والبيانات المتعلقة بعملية إنتاج المحصول والعمليات المختلفة التي تجرى كجزء من العملية الإنتاجية. وقد تشمل مصادر المعلومات نشرات المواصفات أو نشرات البيانات (specifications or data sheets) للبذور والأسمدة ومبيدات الآفات وما إلى ذلك، وإجراءات تحضيرات الموقع (site preparation) وإنتاج المحصول، وإجراءات الحصاد (procedures for harvesting) وإدارة المحصول لما بعد الحصاد (post- harvest crop managment) وعمليات التصنيع لما بعد الحصاد (post-harvest processing) ومواصفات التعبئة والتخزين (specifications for packaging and storage) . ومهما كانت المصادر المستخدمة في إعداده، يجب التأكد من أن الرسم التخطيطي الكامل (completed flow digram) يمثل تمثيلاً حقيقيًّا (true representation) للعملية الإنتاجية وليس انعكاساً للعملية النظرية (theoretical process) حيث إن الأخيرة تختلف عن العملية الحقيقية الفعلية وذلك ربما لحدوث تغييرات تم إرجاؤها ولم توثق، أو لم يوافق عليها. ومثالياً، يجب القيام بالتأكيد من ذلك عن طريق تتبع العملية خطوة خطوة و مقارنة المخطط بما هو واقع فعلاً. عمليًّا قد يكون من

openkanal.com

الصعب ملاحظة الدورة الكاملة للزراعة للمقارنة مع المخطط و لذا يجب الرجوع إلى الإجراءات و السجلات وخبرات العاملين لتأكيد الدقة والمصداقية.

(٦,٦,٦) المرحلة السادسة: حدد وحلل كل المخاطر المحتملة، قيِّم المخـــاطر وحدِّد الإجراءات الوقائية (أساس الهاسب الأول)

Stage 6: Identify and Analyse all potential Hazards, Assess the Risks and Identify the Preventive Measures (HACCP Principle 1)

تمثل المعلومات المجموعة الخاصة بالمنتج والمراد استخدامه والمعلومات المتضمنة في الرسم البياني التخطيطي لمسار العملية (process flow diagram) الأساس أو القاعدة لمرحلة تحليل المخاطر لدراسة الهاسب، وذلك مع أي معلومات ذات علاقة، على سبيل المثال ، الاستعراض الأولي (literature) لمخاطر الأمراض المنقولة بواسطة الغذاء (food borne hazards) المرتبطة بمنتجات فواكه وخضروات معينة. ويجب أن توضع قائمة لكل المخاطر المحتملة المرتبطة بالمدخلات لإنتاج المحصول والعملية نفسها ومخرجات العملية والمنتج ومن ثم يجب تحليل كل خطر بدوره، وفيما يتعلق بطبيعته والمخاطر المرتبطة به. والخطر هو مجموع حدة الآثار السيئة للخطر على صحة المستهلك واحتمال حدوثه، وليس بالأمر السهل أن (يحدد الخطر) كمياً. ويجب الانتباه والاهتمام بتأسيس الخطر المرتبط بالمخاطر (risk associated with hazards) لأن النتائج ستساعد على تركيز خطة الهاسب على المخاطر الأكثر أهمية لضمان سلامة المستهلكين (safety of consumers).

يجب تحديد الإجراءات الوقائية (preventive measures) لكل خطر، ذلك أنه بطبيعته، يحتاج للسيطرة من أجل سلامة المستهلكين والالتزام والتقيد بالقانون (compliance with the law). وإذا اعتبر أي خطر على أنه خطر بسيط أي أنه غير محتمل الحدوث أبداً، فقد يكون منطقياً (justifiable) أن يستثنى ولا يعطى مزيداً من الاعتبار. الإجراء الوقائي هو نشاط وإجراء أو مظهر لعملية بحيث إنه إما أن يمنع حدوث الخطر

وإما أن يبعده، أو يقلله إلى مستوى مقبول (acceptable level) . مصادر المخاطر في إنتاج المحاصيل وعمليات ما قبل ذلك متنوعة ولا يمكن استعراضها بشكل شامل هنا وتعتمد المخاطر على طبيعة المحصول وعمليات الإنتاج المتضمنة. وكما ذكر سابقاً، فقد يتم تضمينها مع المدخلات في عملية الإنتاج، أو جعلها كجزء من العملية أو قد تكون جزءاً لبعض جوانب مخرجات العملية (الإنتاجية) وبالمثل، قد تنشأ مصادر الأخطار من المنتج نفسه، فمن الممكن أن تكون بسبب حالة أو خاصية للمنتج. و كما قد تأتي مصادر الخطر من الناس أو تشتق من البيئة وقد تحدث كنتيجة من تبعات الفشل في إدارة عمليات إنتاج المحصول والعمليات المصاحبة. ويعطي الجدول رقم (٦,١) فورم (نموذجاً (form) مناسباً لحفظ سجلات تقييم المخاطر.

(٦,٦,٧) المرحلة السابعة: حدد نقاط التحكم الحرجة (الأساس الثاني للهاسب)

Stage 7: Determine the Critical Control Points (CCPs) HACCP principle 2)

نقطة التحكم الحرجة (CCP)هي مرحلة أو خطوة تتم عندها السيطرة وهي مرحلة ضرورية لمنع (prevent) أو إبعاد (eliminate) خطر من مخاطر مأمونية الغذاء أو تقليله إلى مستوى مقبول (CCFH, 1997). تطبق الإجراءات الوقائية عند نقاط التحكم الحرجة لكل خطر محدد في مرحلة تحليل المخاطر (المرحلة السادسة)، لا بد من تقييم كل مرحلة في العملية، ذلك لتحديد ما إذا كانت مرحلة العملية نقطة تحكم حرجة (CCP). ويمكن استخدام الخبرة والحكم المتعقل (judgement) لتقرير ما إذا كانت مرحلة العملية نقطة تحكم حرجة (CCP) أم لا، ولكن قد يُرجع إلى شجرة اتخاذ قرار نقاط التحكم الحرجة (الشكل رقم ٦,٢). إن إجابة الأسئلة الأربع في شجرة اتخاذ قرار نقاط التحكم الحرجة توفر مساعدة لا غنى عنها في تحديد وتوضيح نقاط التحكم الحرجة. مثلاً، الرطوبة في الفواكه ليست بخطر، إذ إنها لا تشكل ضرراً للمستهلكين. قد تمكن الرطوبة من نمو الأعفان وتطور إنتاج السموم الفطرية (mycotoxins) وهي كامنة

المخاطر (potentially hazardous) على سبيل المثال، تكون الباتولين (patulin) الناتج من نمو الاسبيرجيلوس كلافاتوس (*Aspergillus* clavatus) المتواجد أحياناً في عصير التفاح (apple juice). وعليه فإن اختيار التفاح عالي الجودة الخالي من التلف والجروح (not bruised or damaged) لتصنيع العصير والمحافظة عليه في أحسن الأحوال بما في ذلك التخزين المناسب يعتبر من ضرورات منع نمو الأعفان وإنتاج مثل هذه السموم الفطرية. إن اختيار المنتج (إجابة بنعم للسؤال الثاني a YES response to question 2) وتخزين المنتج (إجابة بلا للسؤال الرابع a NO response to question 4) كلاهما يمثلان نقاط تحكم حرجة في هذه الحالة.

ولا بد من العناية والحذر من خلق نقاط حرجة أكثر مما هو مطلوب من أجل ضمان مأمونية الغذاء، إذ إن هذا يؤدي إلى تعقيدات وتكاليف زائدة غير ضرورية للمحافظة على نظام الهاسب. وقد يجادل بأن المخاطر المحتملة من الوجود الزائد لبقايا المبيدات على الخضراوات والفواكه قد يتطلب سيطرة من خلال مختلف الإجراءات الوقائية المهمة، على سبيل المثال، تدريب العاملين (operator training) واستخدام المبيدات السليمة (use of correct pesticide) واستخدامها بالتركيزات والمعدلات الموصى بها (application of pesticide at advised concentration and rate) وصيانة ومعايرة معدات الرش (maintenance and calibration of spraying equipment). ومن كل هذه الجوانب يمكن السيطرة الظاهرية (apparent control) وعليه فإن استخدام المبيدات بالتركيزات والمعدلات الموصى بها قد يعرف ويحدد بأنه نقطة تحكم حرجة. تدريب العاملين و استخدام المبيدات السليمة وصيانة ومعايرة معدات الرش كل هذه نشاطات يجب التعامل معها ضمن الممارسة الزراعية الجيدة (GAP). ويمكن تسجيل تحديد نقاط التحكم الحرجة مع تفاصيل المخاطر في الجدول رقم (٦,١).

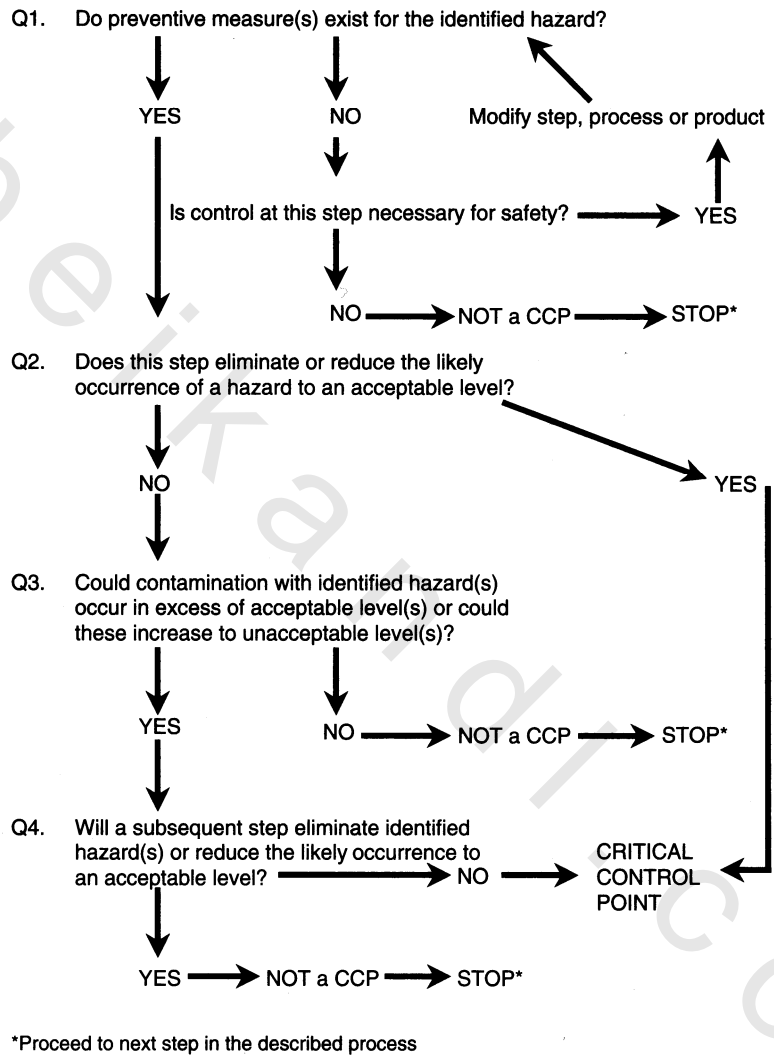
الجدول رقم (٦,١). استمارة مهام تحليل المخاطر وتحديد نقاط التحكم الحرجة.

Table 6-1 Work sheet for hazard analysis and CCP identification

خطوة العملية Process step	الخطر	الإجراءات الوقائية (إجراءات السيطرة)	السؤال الأول Q1	السؤال الثاني Q2	السؤال الثالث Q3	السؤال الرابع Q4	نقطة تحكم حرجة نعم/لا	مبررات أن تكون الخطوة نقطة تحكم حرجة Justification for being a CCP

* انظر الشكل رقم (٦,٢).

obeikandi.com



الشكل رقم (٦,٢). شجرة اتخاذ قرار نقطة التحكم الحرجة. لاحظ أن لكل خطر محدد، يجب الإجابة على كل سؤال فيما يتعلق لكل خطوة من خطوات العملية الإنتاجية.

المصدر: Source: Flair undated HACCP user Guie corted action no. 7, Food linked agro industrial research 191, Rue de Vaugtrard 75015, Paris

obeikandl.com

(٦,٦,٨) المرحلة الثامنة: أسس حدود حرجة لكل نقطة تحكم حرجة (الأساس الثالث للهاسب)

Stage 8: Establish Critical Limits for CCP (HACCP Principle 3)

الحد الحرج هو (معيار criterion) يفصل القبول (acceptability) من عدم القبول (unacceptability) (CCFH, 1997). تؤسس الحدود الحرجة مقاييس لعملية الإجراءات الوقائية عند نقاط التحكم الحرجة وكثيراً ما تهتم بالقيم الكمية (quantitative values) مثل الوقت ودرجة الحرارة والأس الهيدروجيني (pH) والنشاط المائي والتركيزات ومعدلات الإضافة أو التطبيق وما إلى ذلك. ويمكن وضع الحدود الحرجة بالنظم (اللوائح أو القوانين regulations) (مثل الحد الأدنى لبقايا المبيدات الذي يحدده القانون (pesticide MRLs defined by law))، وقد يوصى بالحدود الحرجة من قبل قوانين أو نظم الممارسة لصناعة معينة (industry codes of practice))، أو على سبيل المثال، قد يؤسسها مصنعون مالكون (proprietary agents) أو المزارعون أو الزبائن (consumers) أوبالرجوع إلى القيم المقبولة علمياً (scientifically accepted values). لا بد أن يتم ضمان مأمونية منتج حتى يتم الالتزام بالحدود الحرجة الموضوعة لنقطة تحكم حرجة، في بعض الأحيان قد توضع حدود تشغيلية عملياتية (operational limits) لبعض عناصر عمليات إنتاج المحاصيل، وذلك بتحمل منخفض (reduced tolerance) مقارنة بالحدود الحرجة لنقاط التحكم الحرجة لتوفير حدود مأمونية أعلى (safety margin) لإدارة نقاط التحكم الحرجة (management of CCPs). يجب المحافظة على تسجيلات نشاطات السيطرة (control activities) عند نقاط التحكم، وذلك للتحقق من نظام الهاسب والمحافظة عليه، وبالمثل تقديم برهان على الالتزام بإنتاج غذاء مأمون (due diligence in production of safe food).

(٦,٦,٩) المرحلة التاسعة: أسس نظام مراقبة لكل نقطة تحكم حرجة (الأساس الرابع للهاسب)

Stage 9: Establish a Monitoring Systems for Each CCP (HACCP Principle 4)

تـؤدي نشـاطات المراقبـة لتأكيـد أن الضـوابط المتخذة/المسـتخدمة (controls exercised) عند نقاط التحكم الحرجة تبقى فعالة لضمان مأمونية الغذاء. تتم مراقبة نقاط التحكم الحرجة ويجب أن تكون نشاطات الرقابة أو إجراءاتها قادرة على (ممكّنة من) اكتشاف أي خروج عن نطاق السيطرة والضبط (إذا حدث ذلك). وبصفة عامة تحتـوي الرقابـة سلسـلة ملاحظـات أو إجـراءات مخططـة (planned sequence of observations) ونتائج هذه الرقابة تعتبر أساسية (مهمة) لتوضيح مدى كفاءة عمل هذا النظام (نظام الهاسب) (operating effectively) . ويجب أن تكون طرق الرقابة بسيطة قدر الإمكان وأن تهتم بأشكال مختلفة من القياسات مثل قياس درجة الحرارة والوقت والتركيـزات والأس الهيـدروجيني ومـا إلى ذلـك، أو أنهـا قـد تعتمـد علـى ملاحظـة ومراقبة الإجراءات (observation of procedures) ومراجعة السجلات (checking of records) . يجب أن تحدد خطة الهاسب كيفية المراقبة المطلوبة لكل نقطة تحكم حرجة وتكرار أو تتابع الرقابة (frequency of monitoring) والشخص المسؤول عن ضمان أن الرقابة قد تمت. يجب المحافظة على سجلات نشاطات الرقابة و ذلك من أجل التحقق من نظام الهاسب والمحافظة عليه وبالمثل من أجل أغراض ضمان وتأكيد الالتزام (due diligence purposes) وبالرغم من أنه تقليدياً، توضح نشاطات الرقابة بأن السيطرة قد فقدت عند نقاط التحكم الحرجة، إلا أنه قد يكون مفيداً استخدام الرقابة، عندما يكون ذلك ممكنا، وذلك للإشارة إلى أن نقطة تحكم حرجة قد خرجت عن نطاق السيطرة (going out of control) بدلاً من فقدان السيطرة و التحكم ومن ثم وجوب

اتخاذ أو القيام بالأفعال التصحيحية لحل المشكلة، و عليه فمن المنطقي اتخاذ وضع وقائي لضمان الإستمرارية والمحافظة على السيطرة، بقدر الإمكان وفي كل الأوقات.

(٦,٦,١٠) المرحلة العاشرة : أسس إجراءات أفعال تصحيحية (الأساس الخامس للهاسب)

Stage 10: Establish Corrective Action Procedures (HACCP Principle 5)

في حالة اكتشاف أن نقطة تحكم حرجة خارج السيطرة من خلال الرقابة فإنه يجب اتخاذ أفعال تصحيحية، (أ) إرجاع نقطة التحكم الحرجة إلى حالة السيطرة و (ب) تحديد وإدارة أي منتج غير متوافق (مع المعايير والمواصفات (non-conforming) (غير آمن (unsafe. يجب تأسيس إجراءات أفعال تصحيحية لكل نقطة تحكم حرجة و ذلك بتحديد إجراء كامل لما يجب عمله للرجوع للسيطرة. ويجب أيضاً، تعيين متطلبات التحديد والفصل واختبار المنتج المتهم، متى ما كان ذلك مناسباً، وذلك لمنع توزيع المنتج غير المطابق إلى المستهلكين بدون قصد. و يجب أن يحدد كل إجراء فعل تصحيحي العاملين المسئولين عن اتخاذ الفعل وضبط المنتج، وبالمثال تحديد الموظفين المسئولين عن التحقق من أن ذلك الضبط قد أعيد للسيطرة. وتشمل إجراءات الفعل التصحيحي خطة الفعل التصحيحي لنظام الهاسب (corrective action plan for the HACCP system) .

(٦,٦,١١) المرحلة الحادية عشرة : أسس إجراءات تحقق (الأساس السادس للهاسب)

Stage 11: Establish Verification Procedures (HACCP Principle 6)

عندما تكتمل خطة الهاسب يمكن تنفيذها وتطبيقها (انظر القسم ٦,٧ أسفل) لنظام الهاسب و كلا الفعلين: الفعالية أو الصلاحية (Validation) والتحقق (Verification) يلزم عملهما. ضع ببساطة (ILSI, 1999) إجابة للسؤال المتعلق باهتمامات الصلاحية على النحو التالي: السؤال: هل سيعمل النظام عندما نقوم بتشغيله أي عندما نبدأ بالممارسة؟ بينما يجب أن يتم التحقق بالاجابة عن السؤال التالي: هل نقوم بـ، ونؤدي ما خططنا له؟. تعرف الصلاحية أو الفعالية

(CCFH, 1997) بـ (الحصول على البرهان أن خطة الهاسب (واعدة) بأن تكون فعالة (Obtaining evidence that the HACCP plan is (likely to be) effective) . ترتفع الفعالية إلى مستوى تقييم للمحتوى العلمي والتقني لخطة الهاسب (assessment of the scientific and (technical content of the HACCP plan) . ويعرف التحقق طبقا لـ (CCFH, 1997) بأنه تطبيق الطرق والإجراءات والاختبارات وغيرها من التقويمات (evaluations) ، بالإضافة إلى الرقابة لتحديد تفعيل الالتزام بخطة الهاسب (compliance with HACCP plan) . وفي التأثير (فعلياً) التحقق هو اختبار لكل ما تقوله خطة الهاسب بأنه واجب الأداء ، -وفي الحقيقة- بأنه قد تمت تأديته فعلياً. وكما أن الفعالية والصلاحية تعنى وتهتم باختبار أن عناصر خطة الهاسب تامة وأن القرارات (decisions) والافتراضات المتخذة أثناء دراسة الهاسب سليمة ومنطقية (sound) وأن الخطة كافية فيما يتعلق بخلق نظام إدارة مأمونية غذاء عملي وفعال (workable and effective food safety management system) و يجب أيضاً إنجاز الفعالية قبل تطبيق نظام الهاسب والتحقق. يوصي (ILSI 1999) بسلسلة من نشاطات الفعالية الهادفة لجمع براهين منطقية واقعية (objective evidence) تؤكد كفاية الخطة فيما يتعلق بالأسس السبعة للهاسب.

الأساس الأول (تحليل المخاطر hazard analysis): تأكد من أن مهارات أعضاء فريق الهاسب صحيحة ومناسبة للمهمة وأن الرسم التخطيطي مناسب لأغراض الدراسة وأن كل المخاطر الكبيرة (المعنوية) والإجراءات الوقائية قد حددت.

الأساس الثاني (حدد نقاط التحكم الحرجة): تأكد من أن نقاط التحكم الحرجة المناسبة لتفعيل السيطرة قد حددت لكل المخاطر الكبيرة (المعنوية) وأن نقاط التحكم الحرجة متخذة ومحددة عند المراحل المناسبة لكل عملية .

الأساس الثالث (**الحدود الحرجـــة**) : تأكد من أن الحدود الحرجة المناسبة قد حددت لكل خطر فيما يتعلق بنقاط التحكم الحرجة المعنية.

الأساس الرابع (**الرقابة**) : تأكد من أن طرق الرقابة وأنظمتها قادرة على إثبات فعالية إجراءات السيطرة عند نقاط التحكم الحرجة، وأن الإجراءات موجودة لمعايرة وتقييس طرق الرقابة وأنظمتها، حيثما كان ذلك مناسباً.

الأساس الخامس (**الفعل التصحيحي**): تأكد من أن إجراءات الفعل التصحيحي موجودة لكل خطر وأن نقاط التحكم الحرجة المناسبة، كافية لإرجاعها وإخضاعها للسيطرة وكافية لمنع وصول منتج غير مطابق للزبائن وأيضاً، تأكد من أن مسؤولية اتخاذ أفعال تصحيحية وصلاحية التحقق من الأفعال التصحيحية والموافقة على التخلص من منتج غير مطابق (للمواصفات) قد حددت.

الأساس السادس (**التحقق**): تأكد من أن إجراءات وخطة التحقق من نظام الهاسب قد أسست (وضعت وحددت).

الأساس السابع (**التوثيق**): تأكد من أن التوثيق (documentation) الذي يصف كل نظام الهاسب موجود وأن السجلات المطلوبة لدعم النظام قد أسست.

أساساً، لا بد من أن تبحث الفعالية عن تأكيد أن خطة الهاسب شاملة وستكون فعالة كوسيلة لحماية المستهلكين، من خلال السيطرة على المخاطر المنقولة بواسطة الغذاء (food borne hazards)، عند تنفيذها أو تطبيقها كنظام هاسب. و يجب استخدام تقنيات المراجعة (auditing techniques) مثل التي استخدمت في مراجعة أنظمة الجودة (quality systems auditing) للتأكد من الفعالية (validation).

يجب أن تؤكد نشاطات التحقق أن نظام الهاسب قد نفذ بالالتزام بخطة الهاسب كما يجب أن تؤسس الإجراءات (أي طرق أخرى أو اختبارات يُرى أنها ضرورية) من أجل هذا الغرض. ويجب أن يؤكد التحقق التالي :

openkandil.com

- أن تحليل المخاطر وتحديد الإجراءات الوقائية قد نفذا بالشكل السليم (أيضاً، اختبار في الفعالية).

- أن تحديد نقاط التحكم الحرجة ووضع حدود حرجة قد نفذا بالشكل السليم (أيضاً، اختبار في الفعالية).

- أن السيطرة على نقاط التحكم الحرجة فعالة وأن سجلات السيطرة على نقاط التحكم الحرجة موجودة ومحفوظة.

- أن طرق الرقابة فعالة وأن سجلات الرقابة موجودة ومحفوظة.

- أن إجراءات الفعل التصحيحي تعمل بكفاءة وفعالية وأن المستهلكين في حماية ووقاية من وصول منتج غير مطابق (للمواصفات) وأن سجلات الأفعال التصحيحية محفوظة.

- أن إجراءات التحقق نفسها قد نفذت بالشكل السليم.

- أن التوثيق الذي يغطي كل نظام الهاسب قد أسس وأن السجلات الداعمة للنظام قد تمت بالشكل السليم وحفظت لفترة مناسبة.

وبسبب طول دورات إنتاج المحاصيل، قد يكون مهما أن تنظم نشاطات التحقق طوال العام لتغطية الأجزاء المختلفة من العملية كما تأتي تباعا في العام، فخلال الفترة الممتدة لأمور التحقق قد يحدث بعض الأمور مثل الانحرافات التي تحدث في عمليات الإنتاج المقصودة المحددة، على سبيل المثال نتيجة للأحوال غير المنظورة مثل المناخ (weather) والآفات وما إلى ذلك، ستكون هذه ذات أهمية خاصة فيما يتعلق بإنفاذ الأفعال التصحيحية والوقائية المعنية بهذه الانحرافات. بمجرد الانتهاء من التحقق فإن نتائجه وأي معلومات مكتسبة من تجربة الانحرافات قد تستخدم لتعديل وتحسين خطة الهاسب.

(٦,٦,١٢) المرحلة الثانية عشرة : أسس توثيق متطلبات حفظ السجلات (الأساس السابع للهاسب)

Stage 12: Establish Documentation and Record Keeping Requirments (HACCP Principle 7)

هناك حاجة لمجموعة متنوعة من الوثائق (documents) والسجلات لتطوير خطة الهاسب، و هناك أيضا حاجة لمجموعة أخرى ستنتج من دراسة الهاسب.ويجب أن تولد الدراسة لوحة سيطرة (HACCP Control chart) (الجدول رقم ٦,٢) والتي تكون محورية لخطة الهاسب كما أنها تعرف تشغيل نظام الهاسب والسيطرة عليه. تشمل الوثائق الأخرى التي ستصبح جزءاً من الخطة أو التي يتم الرجوع إليها، مواصفات المنتج (product specifications) ومواصفات المنتج المشترى (purchased product specifications) (تشمل المنتجات مثل البذور seed والكيمياويات الزراعية agrochemicals ... إلخ)، والرسم التخطيطي للعملية (process flow diagram)، وإجراءات إنتاج المحصول، والإجراءات المعنية بالمعالجات الوقائية والسيطرة على نقاط التحكم الحرجة، وإجراءات الرقابة، وإجراءات الفعل التصحيحي، وإجراءات التحقق. و تشتمل أيضاً على سجلات التحكم في النقاط الحرجة وسجلات الرقابة وسجلات الأفعال التصحيحية وسجلات التحقق، كما يجب أيضا حفظ سجلات تعديلات (تنقيحات) (amendments) خطة الهاسب وتعديلات نظام الهاسب التي تنشأ من نشاطات الفعالية والتحقق.

obeikandi.com

الجدول رقم (٦,٢). نموذج خطة تحليل المخاطر بنقاط التحكم الحرجة (الهاسب) لإنتاج محصول حقلي.

مرحلة العملية	نقطة التحكم الحرجة (الرقم)	الخطـــــــر	إجراء السيطرة (الضبط)	الحـــدود الحرجة	الرقـــــابة		الفعل التصحيحي
					الإجراء	التكرار	الإجـــــــراء
تسليم البذور	١	بقايا مبيدات آفات في البذور غير مقبول	أن تستوفي البذور المواصفات	كما تحددها المواصفات	راجع شهادة التحليل عند التسليم	كل رسالة	رفض الوارد مراجعة المورد (الإمداد)
محلول مبيد آفات للغمر	٢	ممرضات ميكروبية في ماء محلول الغمر	استخدم ماء الشرب	عدم وجود ممرضات	تأكد من جودة الماء مع المورد	سنويا	اتفق على إجراءات التحسين مع المورد
تحضير الموقع	٣	التلوث بالممرضات من الزبل غير المعفن(غير المخمر)	راجع تاريخ استخدام الزبل في الموقع	أن لا يكون الزبل غير المخمر قد استخدم خلال العامين الماضيين	تأكد من تاريخ الموقع	قبل تحضير الموقع	استخدم الموقع فقط إذا كان خاليا من رواسب الزبل أو تخير موقعا آخر
الري	٤	الممرضات الميكروبية في الماء	استخدم ماء نظيف	عدم وجود ممرضات	تأكد من جودة الماء مع المورد	قبل الاستخدام	اتفق على إجراءات التحسين مع المورد أو استخدم مصدر آخر
الحصاد (السيطرة على الزجاج)	٥	التلوث بالزجاج من الماكينات	سياسة استخدام الزجاج– استخدم الزجاج فقط عند الحاجة له ولابد من الحذر عند استخدام الزجاج.	أن لا يكون هناك تلوث بالزجاج	إختبر وتأكد من عدم تكسر الزجاج	يوميا	أعزل، فرق المنتج وأفحص المنتجات المتهمة/ المشكوك فيها قبل الموافقة على استخدامها
الحصـــــاد (السيطرة علـى الأخشاب)	٦	التلوث بالأخشاب من التغليف	الحذر عند استخدام الأخشاب	أن لا يكون هناك تلوث بالأخشاب	إختبر مواد التغليف للتلف	يوميا	عزل، فرق المنتج وأفحص المنتجات المتهمة/ المشكوك فيها قبل الموافقة على استخدامها
الحصاد (السيطرة على العاملين)	٧	التلوث بالممرضات الميكروبية من العاملين	ممـــارسات النظافـــة الشخصية الجيـدة مـن قبل العاملين	إلتزام العاملين بسياسة النظافة والشئون الصحية الشخصية	مراقبة والإشـراف على العاملين	باستمرار	التعامل المناسب مع العاملين الـذين لا يتقيدون بالنظم
التخزين	٨	نمو الممرضات الميكروبية	اختيـار درجـة الحـرارة والرطوبة المناسبين لمنع النمو	درجة الحرارة والرطوبة الكـافيتين للمحافظة على جـودة المنـتج ن ولكن غير مناسبين للنمو الميكروبي	راجع درجات الحرارة والرطوبة	يوميا	أعزل/فرق المنتج وأفحص المنتجات المتهمة/ المشكوك فيها قبل الموافقة على استخدامها، صحح/ عدل درجة الحرارة والرطوبة
النقل	٩	التلوث بالممرضات الميكروبية من عربات التقل	اسـتخدم النـاقلات المسـموح باسـتخدامها فقط، أفحصها/فتشها قبل الاستخدام	أن تكون الناقلات نظيفة وصحية ومناسبة للاستخدام	راجع سجلات فحص وتفتيش الناقلات	يوميا	اتفق على إجراءات التحسين مع متعهد النقل أو تعامل مع متعهد آخر مصرح له بالعمل في النقل
	١٠	نمو الممرضات الميكروبية	اختبر درجة الحرارة والرطوبة المناسبتين لمنع النمو قبل الإرسال	درجة الحرارة/ الرطوبة المناسبتين للمحافظة على جودة المنتج، ولكن غير مناسبين للنمو الميكروبي	راجع سجلات تقييم درجة حرارة ورطوبة الناقلات	يوميا	راجع إجراءات السيطرة، اتفق على اجراءات التحسين مع متعهد النقل أو تعامل مع متعهد آخر مصرح له بالعمل في النقل

obeikandl.com

(٦,٧) التنفيذ والمحافظة على أنظمة الهاسب
Implementing and Maintaing

لا يعتبر الانفاذ والمحافظة على أسس الهاسب هما الأكثر أهمية (بالرغم من أنهما قد يكونان كذلك) وإنما التنفيذ الدقيق لخطة الهاسب والمحافظة الفعالة على نظامه هما المهمان (الحرجان) لضمان مأمونية الغذاء، حيث إن تطوير خطة جيدة لذلك هي التي تأتي في المقام الأول.

عرف وحدد مورتيمور و والس (٢٠٠١م) (Mortimore and Wallace 2001) طريقة (approach) تتكون من ثماني مراحل لذلك. و تركز هذه الطريقة على تطبيق إجراءات الوقاية أو التأكيد على مدى مناسبتها إذا هي موجودة وهذا يقود إلى عشر خطوات للعملية على النحو التالي:

١- حدد المدخل للإنفاذ أو التطبيق (determine the approach to implementation) يتطلب هذا الأمر أن ينفذ نظام الهاسب كنظام متكامل كامل، في عملية واحدة (in one go) أو أن يقسم إلى وحدات عملية يمكن إدارتها (manageable and practical units).

٢- وافق على النشاطات التي يراد تأديتها وجدولتها في جدول زمني (agree the activites to be undertaken and timetable) : يتطلب هذا الأمر أن تخضع مختلف نشاطات الإنفاذ المطلوبة لنظام الهاسب ليكون محدداً (معرفاً) وأن توكل مسئولية إتمام النشاطات لأشخاص محددين معينين (named people) ويمكن استخدام مختلف تقنيات تأسيس الجداول الزمنية للتطبيق، مثلاً استخدام جدول جانت الزمني (Gantt chart) .

٣- تأكد من وجود إجراءات وقائية كافية أو تطبيق إجراءات وقائية عند الضرورة (confirm the existence of adequate preventive measures or implement preventive measures, as necessary). في بعض الأحيان قد تكون الإجراءات الوقائية

موجودة مسبقاً كجزء من العملية التشغيلية، ولكن في أحيان أخرى قد تثبت دراسة الهاسب الحاجة لإجراءات وقائية إضافية يجب تطبيقها.

٤- نفذ تدريباً (للعاملين) في عملية تشغيل الإجراءات الوقائية أو تأكد بأن هذه العملية كافية و موجودة (conduct training in the operation of preventive measures or confirm that adequete operation exists). يجب التأكد من أن الإجراءات الوقائية تعمل بشكل مرضٍ و كاف، وفي بعض الأحيان، قد يكون تدريب العاملين في أثناء تأدية العمل ضرورياً، مثلا في حالة إجراءات وقائية جديدة.

٥- جهز طرق رقابة نقاط التحكم الحرجة (Set up CCP monitoring metheds) . يجب تأسيس طرق رقابة نقاط التحكم الحرجة.

٦- نفذ تدريباً في رقابه نقاط التحكم الحرجة (Conduct training in CCP montoring). يجب تدريب العاملين المسئولين عن أداء نشاطات رقابة نقاط التحكم الحرجة وكذلك تدريب المسئولين عن القيام بالأفعال التصحيحية عندما تظهر الرقابة وتكشف فقدان السيطرة، ويجب أن يكون تدريب المذكورين تدريباً متناسباً وجيدا يمكّنهم من القيام بواجباتهم.

٧-أكمل النشاطات التي تؤدى مرة واحدة فقط Complete once-only activities

يتطلب هذا الأمر إتمام النشاطات المطلوبة لوضع كل شيء في مكانه لتكملة نظام الهاسب، مثل كتابة الطريقة (procedure writing) وابتكار السجلات المناسبة وتأسيس أنظمة ضبط الوثائق والسجلات وهندسة العمليات (process engineering) والتعديلات (modification) وتدريب العاملين.

٨- تأكد من أن أنظمة الرقابة في مكانها Confirm the monitoring systems are in place

عندما تكون طرق رقابة نقاط التحكم في مكانها وأن العاملين نالوا حظهم **من التدريب في استخدام هذه الطرق وأن النشاطات التي تؤدى مرة واحدة قد** أكملت، عندها لابد من التأكد من أن أنظمة الرقابة في مكانها وتعمل بكفاءة.

٩- تأكد من أن التطبيق قد اكتمل وقم بتشيغل نظام الهاسب

Confirm implementation is complete and operate the HACCP system

عندما يتم التأكد من أن نشاطات التطبيق قد أكملت، فقد يكون نظام الهاسب جاهزاً للتشغيل الكامل (become fully operational)

١٠- راجع للتأكد من أن التطبيق نُفِّذَ (تم) بكفاءة

Audit to confirm adequete implementation

يجب التحقق من التطبيق الكافي لنظام الهاسب من خلال المراجعة باستخدام تقنيات مراجعة ضمان الجودة القياسية (standard QA auditing techniques) وسيكون ضرورياً تشغيل النظام لفترة متفق عليها من الوقت (agreed period of time)، و ذلك لإنشاء سجلات يمكن اختبارها لتحديد حالة التطبيق والكفاءة التشغيلية (operational effictivenes) وقد تكون هناك حاجة لدورة نمو كاملة واحدة أو أكثر لنملك ثقة كاملة في النظام .

بالرغم من أن خطة الهاسب قد تكون تشغيلية في شكل نظام هاسب، إلا أن كلاً من خطة و نظام الهاسب يحتاجان للصيانة. يجب مراجعة (استعراض) خطة الهاسب سنوياً للتأكد من أنها مازالت تفي بكل متطلبات مأمونية الغذاء. وعلى أي حال، إذا حدثت تغيرات في المنتج أو العملية والتي قد تؤثر على مأمونية الغذاء أثناء العام، يجب تضمينها في الخطة، وفي الوقت المناسب وأن تنفذ كتعديلات لنظام الهاسب. يجب القيام بمراجعات لنظام الهاسب (HACCP system audits) للتأكد من أن النظام ما زال ملتزماً ومتوافقاً مع متطلبات الخطة وأن الأفعال أو الاجراءات

التصحيحية قد اتخذت و نفذت لمعالجة عدم الإلتزام. تثبت النشاطات الأخرى استمرار الثباتية وفعالية نظام الهاسب، على سبيل المثال مراجعة (استعراض) سجلات السيطرة على نقاط التحكم الحرجة وسجلات الرقابة، ومراجعة سجلات الأفعال التصحيحية للهاسب وشكاوى الزبائن وخلافها، وقد يتخذ فعل أو إجراء لتعديل خطة ونظام الهاسب اعتماداً على نتائج هذه النشاطات. العوامل الإضافية التي قد تستدعي الحاجة لمراجعة وتعديل خطة ونظام الهاسب، هي التغيرات في مواصفات المنتج، على سبيل المثال، متطلبات الزبائن (المستهلكين) أو المتطلبات القانونية (legal requirements) و التي تسبب أو تستدعي مراجعة الحدود الحرجة، وظهور مخاطر جديدة، على سبيل المثال استدراك ممرضات بكتيرية جديدة، تثير الاهتمام.

(٦,٨) الاتجاهات المستقبلية

Future Trends

خلال العقد القادم من المتوقع ظهور كثير من التطورات المتعلقة بطبيعة واستخدام الهاسب وما يتعلق بتطبيقاته. استشعر ما يس (٢٠٠١م) (Mayes 2001) العولمة المستمرة لصناعة الغذاء العالمية (continued globalizations of the world's food industry) كإحدى القوى المحركة لزيادة استخدام الهاسب في سلسلة الإمداد الغذائي. وقد اقترح أو افترض أن الهاسب سيصبح الطريقة المثلى أو المرجعية (benchmark method) لإدارة مأمونية الغذاء، حيث إنه مؤيد وموصى به من قبل هيئة دستور الأغذية (Codex alimentarius) وأن الدول الأعضاء في منظمة التجارة العالمية (World Trade Organization (WTO) و التي تطبق مواصفات الهيئة (Codex Standards) ليس عليهم تبرير إجراءات الشؤون الصحية (sanitary measures) تحت اتفاق منظمة التجارة الدولية للشئون الصحية والشئون الصحية الزراعية (WTO Sanitery and Phytosanitary

((GPS). وهنا، يبدو أنه من المفيد العمل بمواصفات هيئة دستور الأغذية، ولكن كما أشار مايس (Mayes)، فإن القبول العالمي للهاسب كأداة قياسية لإدارة مأمونية الغذاء يظهر ويحرك الموضوعات المتعلقة بتطبيق الطرق القياسية (standardized metheds)، كما يحرك موضوعات تقييم فعالية التطبيق والمقدرة على السيطرة على المخاطر المنقولة بواسطة الغذاء.

مع تطور سلاسل الإمداد الغذائي العالمية (global food supply chains) فإن احتمالات انتقال الممرضات المنقولة بواسطة الغذاء (الأحياء الدقيقة للأمراض المنقولة بواسطة الغذاء (food borne disease organisms) والأحياء الدقيقة المسببة للتسمم الغذائي (food poisoning organisms) من قطر لآخر ترتفع، مع إمكانية زيادة مخاطر الأضرار من الممرضات القادمة ('alien' pathegens)) إلى بعض المجموعات الحساسة من السكان، أو إمكانية انتقالها لجميع السكان (المجتمع كله). ونتيجة للسرعة التي يتم بها تشجيع تدويل الإمداد الغذائي من قبل الحكومات الغربية والإنتاج الغذائي العالمي وأعمال الصناعة وشركات الأسواق التجارية الكبيرة، فإن بعض الاستعجال يبدو مبرراً فيما يتعلق بتأسيس مدخل قياسي (مضبوط) (standerdized water tight approach) لإدارة مأمونية الغذاء لجميع مستويات نظام الإمداد الغذائي العالمي. وتثبت أحداث وتاريخ كارثة التهاب الدماغ الإسفنجي (جنون البقر) في المملكة المتحدة (UK's BSE) كيف أن مهدداً عظيماً للصحة العامة قد يظهر من من دون مقدمات (from nowhere) مع تأخر وتخلف حماية المستهلك خلف حدوث الخطر الكارثي (with consumer protection lagging behind the occurance of the hazard). وفي هذا الاتجاه، فإن هذه الكارثة تثبت تعويقاً حادًّا (severe limitation) للهاسب، خاصة عندما يطبق لمأمونية الغذاء في سياق سلسلة الأمداد الغذائي العالمي الدولي.

إن فعالية أنظمة الهاسب متوقفة على تحديد المخاطر المعروفة، ويبقى (وبالتحديد) الخطر غير المتوقع و هو الخطر الذي لا نتوقعه ولا نخطط للسيطرة عليه. في السنوات القريبة أصبحنا واعين بدرجة كبيرة بمشاكل الأمراض جديدة النشأة والظهور (problem of emergent pathogens) وأنه في بعض الأحوال، نحتاج لتجميع كثير من المعرفة العلمية (body of scientific knowledge) والخبرة المرتبطة بمثل هذه الكائنات الدقيقة قبل تأسيس ضوابط مأمونية الغذاء بشكل سليم. إن التحرك الدولي للسلع الغذائية (global movement of foodstuffs) وخاصة غير المصنعة والأقل تصنيعاً، مثل الخضراوات الطازجة واللحوم المباعة من خلال المخازن التجارية الكبيرة (supermarkets)، كل هذه لها المقدرة على تعريض المستهلكين لممرضات فيروسية جديدة منقولة بواسطة الغذاء ومن المحتمل أن تكون شديدة الأثر (ضارية) (possibly virulent food borne pathegens) والتي لا تعطى اعتباراً دائماً في خطط الهاسب. وكيفية تعامل خبراء الصحة العامة العالميون (world's public health experts) مع مثل هذه المهددات يبقى في انتظار النظر (والفعل).

يعتمد تطوير أنظمة الهاسب وتطبيقها على التفسير الصحيح لأسس الهاسب السبعة. وقد يكون لمختلف الأعمال التجارية وفرق الهاسب المختلفة تفسيرات متباينة تؤدي إلى وضع أنظمة تفشل في السيطرة على المخاطر بالشكل الشامل والفعال المراد. وعلى الواحد منا أن ينظر فقط في الطريقة التي يتم التعامل بها مع متطلبات تشريع أو توجيه الاتحاد الأوروبي رقم ٤٣/٩٣ حول صحية السلع (المواد) الغذائية في تشريعات المملكة المتحدة لمأمونية الغذاء (الشئون الصحية العامة للغذاء) ١٩٩٥م (UK's Food safety general food hygiene regulation 1995) ومن ثم تفسيرها بواسطة الأعمال التجارية الغذائية وضباط (الأفراد المخولين) بتطبيق القوانين الغذائية المحلية (local food

(law enforcement officers وذلك لرؤية ومعرفة نوع الاختلافات أو الفروقات الممكنة في إدارة مأمونية الغذاء اعتماداً على التوجيهات القياسية (standard guidelines). إن تطوير تفسير قياسي لأسس الهاسب وتطبيقاتها في مختلف القطاعات الغذائية ، أمرٌ مطلوبٌ (لتفادي المشاكل والمعوقات الداخلية لخطط الهاسب العامة) كطريقة أو نموذج قياسي لتطبيق دراسات الهاسب (بما في ذلك التطبيق والمحافظة على أنظمة الهاسب وتوثيق خطط الهاسب وتدريباته). تعالج هيئة دستور الأغذية The Codex alimentarius) (commission موضوع النموذج القياسي لاستخدام الهاسب وتساعد كثير من منشورات الهيئة حول الهاسب ، على سبيل المثال ، الوثائق حول التدريب في الشئون الصحية الغذائية والهاسب (منظمة الأغذية والزراعة العالمية ١٩٩٨م (FAO, 1998) كتوجهات وإرشادات قيمة في هذا الأمر.

يأتي تقييس تقييم أنظمة الهاسب (standardizing the asessment of HACCP systems) بجانب قضية أو موضوع تقييس (نموذج قياسي) لاستخدام الهاسب (standardizing the use of HACCP) . الأعمال التجارية التي تطبق أنظمة الهاسب مسئولة بصفة عامة عن تقييم مدى مناسبة وفعالية أنظمتها. وتثار الأسئلة التي لا يمكن تفاديها حول ثباتية وفعالية إجراءات المراجعة لأنظمة الهاسب وهذا من الأمور التي من المحتمل أو في غالب الأمر أنها ستنال اهتماماً في المستقبل. والعامل الذي يمس هذا الأمر هو الطرف الثالث. في بعض الحالات الزبائن على سبيل المثال المحلات التجارية الكبيرة (supermarkets) تطلب أن تتم مراجعة أنظمة الهاسب لمورديهم (وأنظمة إدارة الجودة) بشكل منفصل. تقوم عدة منظمات تجارية معنية (على سبيل المثال LIoyds Register Quality Assurance) بتقييم أنظمة إدارة الجودة (مثل خدمات مراجعة أنظمة الهاسب للطرف الثالث) وتتم مراجعة كثير من أنظمة الأعمال التجارية الغذائية

(food business) كجزء من التقييم الشامل الكلي للجودة وإدارة مأمونية الغذاء، مقابل، على سبيل المثال، مواصفات الـ BRC والـ EFSIS ويبدو أن نمو المنظمات التي توفر خدمات مراجعة الطرف الثالث للهاسب، يتطلب تطور طرق مقبولة لقبول ومراجعة أنظمة الهاسب وطنياً وعالمياً.

أصبح استخدام الهاسب منتشرا خلال الثلاثين عاماً أو أكثر المنصرمة في مجال الصناعات الغذائية، وكانت المنظمات أو المؤسسات الأكثر نشاطاً في تطبيقه في إدارة مأمونية الغذاء هي الأعمال التجارية الغذائية الكبيرة (larger food business) . وجدت الأعمال التجارية الصغيرة والمتوسطة (small and medium sized enterprises (SMES) أن مفهوم الهاسب صعب الإدراك والفهم (difficult consept to grasp) وكثيراً ما يرجع ذلك إلى عدم توافر القدرة العلمية والتقنية داخل المؤسسة التجارية (الغذائية) وكذلك الصعوبة في تطبيق متطلبات الهاسب (و يرجع ذلك إلى عدم توافر الموارد البشرية والطبيعية) (human and physical resources). التطورات في الهاسب غالبا ما ستأخذ في عين الاعتبار الطبيعة المتغيرة للأعمال التجارية الغذائية وقدرتها المتغيرة في الاستفادة من المنهجية لهذا النظام.

ومع تطور مفهوم أنظمة الإمداد الغذائي العالمية المتكاملة المولدة لسلسلة الإمداد الغذائي المتكاملة (من الحقل إلى الشوكة (from field to fork) فإن استخدام الهاسب بواسطة كل الأعمال التجارية للأغذية في سلسلة الإمداد سيلقى تأييداً ودعماً من قبل المؤسسات المسؤولة عن الصحة العامة ومن أعمال تجارية معينة داخل سلسلة الإمداد الغذائي، فعلى سبيل المثال، ستتطلب المخازن التجارية الكبيرة من الموردين أن يستخدموا الهاسب حمايةً لزبائنهم و إظهاراً لأدائهم الملتزم عند توريدهم المنتجات (تجعلهم في صورة أنهم أدوا الواجب عليهم في تأمين هذه المنتجات من موردهم).

ستأخذ مثل هذه التطورات الهاسب إلى الشركات التجارية، التي لم تكن مهتمة بأمور مأمونية الأغذية أو الأعمال المتعلقة بسلامة البشر، وعلى سبيل المثال المزارع وشركات الأعمال للمدخلات الزراعية (agricultural inputs businesses) وذلك لأن مأمونية الغذاء قد نظر إليها سابقاً أو اعتبرت من اختصاصات المصنعين (processors and manufacturers) . لقد أكدت الحوادث مثل كارثة جنون البقر (BSE) حقيقة أن أفعال وحوادث تقع في جزء من سلسلة الإمداد الغذائي (مثلاً في إنتاج أعلاف الحيوان) سيكون له تبعات دراماتيكية وكارثية مؤثرة على أجزاء أخرى من السلسلة (مثلاً المستهلكين والمزارعين). و عليه إذاً يجب الاهتمام بضمان مأمونية الغذاء وخلال كل السلسلة الغذائية، ذلك من قبل الأعمال التجارية التي تكون نظام الإمداد الغذائي. يؤدي هذا بالطبع إلى استخدام الهاسب في كثير من الأعمال التجارية الغذائية التي لم يستخدم فيها من قبل وستظهر صعوبات في التفسير. على سبيل المثال بعد تفشي التسمم بالاي كولاي أو ١٥٧ :اتش ٧ (*E.coli* O 157:H7)في لانكيشير في عامي ١٩٩٦/١٩٩٧م أصبح تطبيق الهاسب متطلبا في المسالخ (abattoirs) ومصنعي اللحوم الخام الطازجة (raw meat processors) . و كنتيجة لذلك فقد تم إبلاغهم أو نصحهم (MLC,1999) بعدد من النقاط الحرجة CCPs للتحكم في البكتريا الممرضة (bacteria pathogens) الموجودة في مراحل العملية التصنيعية و التي تشتمل على عمليات إزالة الجلود (hide removal) وإزالة الأحشاء الداخلية (eviscerations) وتقطيع الذبيحة (carcass dressing) . وبالتحديد أن تمنع المخاطر أو تبعد eliminated)) أو تقلل (reduced) إلى مستويات مقبولة، عند نقاط التحكم الحرجة، ومن المعرفة لطبيعة العمليات في المسالخ، فإنه لا مفر من حدوث بعض التلوث في الذبائح. ومن الواضح فإن نوع عمليات السيطرة والضبط التي تجري في المسالخ لا تمنع ولا تبعد ولا تقلل الممرضات

(مثل الايشريشيا كولاي ١٥٧ : إتش ٧) إلى مستويات مقبولة. وفي الحقيقة ليس للمسالخ طرق مناسبة حتى على مراقبة مستويات التحكم في الممرضات. ومن المنطقي أن الطبخ الجيد للحم هو الطريقة أو الوسيلة المناسبة التي تتحقق بها السيطرة على الممرضات المنقولة بواسطة اللحوم (meat borne pathogens) مثل الايشريشيا كولاي ١٥٧ : إتش ٧). ويبدو أن صناعة اللحوم في المملكة المتحدة قد تم نصحها بشكل غير مناسب من خلال تفسير سيىء أو خاطئ (misinterpretation) للهاسب، بتطبيق إجراءات سيطرة ترجع للممارسة التصنيعية الجيدة (GMP) وليس للهاسب. ويمكن لمزارعي الفواكه والخضراوات أن يتعلموا من تجارب الصناعات الغذائية الأخرى، مثل المسالخ ومصانع تقطيع اللحوم وحماية أو تأمين أنفسهم من خلق أنظمة هاسب مفرطة التعقيد (over complicated) مع كل ما فيها من تكاليف تشغيل.

و كما تمت الإشارة سابقاً في هذا الجزء فإنه من المتوقع أن تتاح تحسينات في تقييس التفسير للهاسب و مثل هذه التحسينات ستتيح أو تنتج فوائد في الفهم الواضح للهاسب لأعمال تجارية لم يكن لهذا النموذج في إدارة سلامة الأغذية أي استخدام فيها. و بجانب هذه التحسينات في طرق و نماذج التقييس فإنه من المتوقع أيضا أن نرى عملا دؤوباً فيما يخص الـGMP أو الـ GAP في حالة المزارعين و المنمين) وذلك لتأسيس ممارسات إدارية جيدة و متطلبات لتطوير خطط الهاسب. وبشكل واضح فإن الـGMP أو GAP ستزود أرضية صلبة لأنظمة الهاسب، ولكن أهميتها في خلق أنظمة محسوسة يجب ألا تجعلنا نتغاضى عن أنها مكلفة في التشغيل وكذلك أننا نحتاج الى التشديد من خلال التأكيد على التكامل ما بين GMP (أو GAP) مع الهاسب. نتوقع مشاهدة تحسينات متعلقة بفهم صناعة الأغذية لكيفية التكامل المفيد بين الهاسب وأنظمة إدارة الجودة المطورة مثل أيزو ٩٠٠١ : ٢٠٠٠. و ختاماً فإنه من المهم أن نوضح موضوع تقييم المخاطر

(risk assessment). و هذا يكون واحد من أكثر المواضيع صعوبة للمنافحة عنها خلال تطوير خطط الهاسب. عندما نواجه إمكانية حدوث خطر في إنتاج الغذاء، يوضح احتمالية حدوثه و يقرر تبعاً لذلك هل هو خطر يجب التحكم فيه و مدى صعوبة ذلك والأوقات و مدى القلق منه. ونتيجة لذلك فإن خطط الهاسب غالباً عند كتابتها تأخذ في الاعتبار أي خطر محتمل بصرف النظر عن احتمالية حدوثه من عدمها. تأسيس معايير سيطرة ونقاط تحكم حرجة وأنظمة رقابة للمخاطر والتي لها احتمالية حدوث قليلة كل هذا فقط يضيف تكلفة وتعقيد عند التطبيق والصيانة والمحافظة على أنظمة الهاسب. نحتاج إلى تحسينات و خاصة لفهم المخاطر وعمل تقييم لها لأن هذا يقود لأنظمة هاسب فعالة وعملية لا تعاني من تصميم أكثر من اللازم وتعقيد غير ضروري.

(٦,٩) مصادر مزيد من المعلومات والنصائح

Sources of Further Information and Advice

(٦,٩,١) منظمات Organisations

The British Retail Consortium, 5 Grafton Street, London, W1S 4EG, UK. http://www.brc.org.uk/

Campden and Chorleywood Food Research Association (CCFRA), Chipping Campden, Gloucestershire, GL55 6LD, UK. http://www.campden.co.uk

The European Food Safety Inspection Service: EFSIS Limited, PO Box 44, Winterhill House, Snowdon Drive, Milton Keynes MK6 lAX, UK. http://www.efsis.comlindex.htm

U.S. Food and Drug Administration, 5600 Fishers Lane, Rockville, MD 20857-0001, USA. http://www.fda.gov/defaulthtm. See also: the USFDA Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook (Bad Bug Book) at http://vm.cfsan.fda.gov/-mow/intro.html

ILSI (International Life Sciences Institute) USA, One Thomas Circle, 9th Floor, Washington DC, 20005, USA. http://www.ilsi.org/

ILSI (International Life Sciences Institute) Europe, Avenue E. Mounier 83, Box 6, B-1200 Brussels, Belgium. http://europe.ilsi.org/

(٦,٩,٢) كتب Books

BLACKBURN C DE wand MCCLURE P J (eds) (2002) *Foodborne Pathogens: Hazards, Risk Analysis and Control,* Abington, Woodhead Publishing Ltd.

CCFRA (2000) *HACCP in Agriculture and Horticulture,* 2nd edition, Guideline No. 10. Campden and Chorley wood Food Research Association, Chipping Campden.
DILLON M and GRIFFITH C (eds) (2001) *Auditing in the Food Industry,* Abington, Woodhead Publishing Ltd.
MAYES T and MORTIMORE S (eds) (2001) *Making the Most of HACCP,* Abington, Woodhead Publishing Ltd.
MORTIMORE S and WALLACE C (1998) *HACCP: a Practical Approach,* 2nd edition, Gaithersburg, Aspen Publishers.
SHAPTON D A and SHAPTON N F (eds) (1993) *Principles and Practices for the Safe Processing of Food,* Abington, Woodhead Publishing Ltd.

(٦,١٠) المراجع

References

CARLIN F and NGUYEN C (1999) *Minimally Processed Produce - Microbiological Issues.* Proceedings of the International Conference on Fresh-Cut Produce, 9-10 September 1999, Campden and Chorleywood Food Research Association, Chipping Campdeq., Gloucestershire.
CCFH (1997) *Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) System and Guidelines for its Application,* Annex to CAC/RCP-1 (1969), Rev. 3 (1997). Codex Committee on Food Hygiene, in Codex A1imentarius Commission Food Hygiene Basic Texts, Food and .Agr_i.c.J.IJt.J.Ire Drganjzatj()'Q £If *t.be* UQ#e.d Natj().Qs, WDrJ.d *HeaJt.b* Drga_Qjza.tj()'Q, RD_m.e.
CHAMBERS B J (1999) *Good Agricultural Practice for Fresh Produce,* Proceedings of theInternational Conference on Fresh-Cut Produce, 9-10 September 1999, Campden andChorleywood Food Research Association, Chipping Campden, G10ucestershire.
CROSBY P B (1984) *Quality Without Tears,* New York, 'McGraw-Hill, p. 60. FAO (1998) *Food Quality and Safety Systems,* Rome, Food and Agriculture Organizationof the United Nations.
IFST (1998) *Food and Drink: Good Manufacturing Practice,* 4th edition, London,Institute of Food Science and Technology (UK).
ILSI (1999) *Validation and Verification of HACCP,* Brussels, International Life SciencesInstitute.
ISO (2000a) ISO 9000: 2000 *Quality Management System - Fundamentals and Vocabulary,* Geneva, International Organization *for* Standardization.
ISO (2000b) ISO 9001: 2000 *Quality Management System - Requirements,* Geneva, International Organization *for* Standardization.
MAYES T (2001) 'The *future* of HACCP,' in *Making the Most of HACCP,* eds Mays T andMortimore S, Abington, Woodhead Publishing.
MLC (1999) *HACCP Systems in Abattoirs and Meat Cutting Plants: Guide to Implementation,* Milton Keynes, Meat and Livestock Commission.
MORTIMORE S and WALLACE C (2001) *HACCP,* Oxford, Blackwell Science.

obeikandl.com

المحافظة على جودة الفواكه والخضراوات ما بعد الحصاد

Maintaing the post-harvest quality of fruit and vegetables

جي. أكيد، جامعة كرانفيلد بيسيلسو

J. Aked, Cranfield University at silsoe

(٧,١) مقدمة

Introduction

من أجل تحقيق جودة عالية لمنتج مصنَّع (processed product)، من المهم أيضاً أن تكون المواد الخام المستخدمة في هذا المنتج ذات جودة عالية. يركز هذا الفصل على المحافظة على جودة المنتج الطازج قبل تصنيعه. ويفترض أن المنتج قد اختير على أسس تناسب استخدامه النهائي، كما يوفر هذا الفصل نظرة (مراجعة) شاملة لكيفية المحافظة حتى مرحلة التصنيع أو الاستهلاك.

حدد المؤلف في القسم الثاني من هذا الفصل (٧,٢) المظهر (appearance) والقوام (texture) والنكهة (flavour) كصفات جودة غالباً ما تكون من أسس قبول المنتج، سواءً استهلك طازجاً أو مصنعاً. ومن ثم تم بحث ومناقشة العوامل التي تؤثر على تدهور جودة (quality deterioration) المنتج الطازج في الأقسام من (٧,٣) إلى (٧,٦). تبقى أنسجة الفواكه والخضراوات حية (alive) بعد الحصاد إلى أن تموت بِفِعْل الشيخوخة

(الهرم) الطبيعية (natural senescence) والتعفن، أو عندما تستهلك وتطبخ، أو بالمثل عندما تُصنع. تتنفس كل الأنسجة الحية (all living tissues respire) مما يزيد من صعوبة المحافظة على الجودة وإطالة فترة الصلاحية لهذه المنتجات إلى أقصى حد ممكن. قد تبطئ العوامل التي تبطئ التنفس (respiration)، الشيخوخة وتحافظ على الجودة؛ وعلى أي حال، لابد من استمرار التنفس ولو بمعدل بسيط، وإلا ستشيخ المنتجات بسرعة ثم تموت. قد يبطئ تبريد المنتج كثيرا من التغيرات غير المرغوبة، في الفواكه والخضراوات ، ولكن لا تتحمل كثير من السلع الطازجة درجات الحرارة المنخفضة (intolerant of low temperature). لذا، فإن فهم فسيولوجيا المنتجات الطازجة يعد من أسس فهم ثباتيتها وربما ثبات فترة صلاحيتها (shelf-life).

وسيكون مفيداً جداً أن تدار جودة منتج طازج إذا أمكن التنبؤ بفترة صلاحيته بدرجة كبيرة بشكل صحيح ودقيق (accurated predicted) . وعملياً، يصعب أن تدار جودة منتج طازج وبدرجة كبيرة، وذلك بسبب الفروقات المتأصلة الفطرية (inherent variability) الموجودة في الفواكه والخضراوات الطازجة. في القسم (٧,٧) تمت مناقشة الاستخدام التجاري لاختبار فترة صلاحية الفواكه والخضراوات ، وإمكانية تحقيق ذلك. وستتم مراجعة (استعراض) الطرق العامة (الشائعة) لقياس جودة المنتجات الطازجة.

يحرك ويدفع الطلب على الفواكه والخضراوات على مدار السنة (all-year-round) وبمستوى جودة عالية ودائمة (ever- higher quality standards) إلى تطوير إستراتيجيات إدارية وتقنيات جديدة. وبالرغم من احتمال بقاء التبريد خلال سلسلة التبريد كأهم تقنية يمكن أن تحافظ على الجودة، إلا أن هناك مدى واسعاً من التطبيقات التي يتزايد استخدامها، مثل البيئة المعدلة (أو المناخ المعدل) (modified atmospheres)

أثنـاء النقـل والتخـزين وفي أغلفـة المنتجـات الفرديـة. سـيتم اسـتعراض المـدى الواسـع لتقنيات ما بعد الحصاد المستخدمة للمحافظة على الجودة وإطالة فـترة صـلاحية الفواكـه والخضراوات الطازجة. وبشكل مختصر، في الأقسام مـن (٨-٧) إلى (١٢-٧). وأخـيراً في القسـم (١٣-٧)، تم اقـتراح بعـض التقنيـات الـتي يُرجـى أن تتـوافر أو تصـبح ذات أهميـة متزايـدة لصـناعة المنتجـات الطازجـة، في المسـتقبل القريـب. وأحـد الاتجاهـات الواضحة أن مزيداً من المنتجات الطازجة ستستهلك في أشكال مصنعة بأقل درجـة مـن التصنيع (minimally processed)والتي تعد إعداداً جزئياً أو كلياً للاستهلاك. وكـثيراً مـا تقل فترة صلاحية هذه المنتجـات (المصـنعة) بدرجـة كـبيرة مقارنـة بفـترة صـلاحية المنـتج التام (الأصلي الكامل intact product). ويتوقع المؤلف أن يكون لاختبارات الجودة غـير المحطمـة (غـير المتلفـة) في خـط الإنتـاج (Non-destructive ion-line quality testing)، ولتوسع السيطرة غير الكيميائية على أمراض واعـتلالات المنتجـات الطازجـة، ولتـوافر المحاصـيل المحـوَّرة وراثيـاً (genetically modified crops) الأثـر الأكـبر علـى أداة الجـودة في السنوات القادمة.

(٧,٢) معايير الجودة للمنتجات الطازجة: المظهر والقوام والنكهة والرائحة

Quality Criteria For Fresh Produce: Appearance, Texture, Flavor and Aroma

(٧,٢,١) مقدمة Introduction

تعتمد الخواص (الجيدة) المحددة، التي يجب أن تكون في الفواكه والخضراوات ، علـى الاسـتخدام النهـائي لهـا (end-use)، ويعتـبر اختيـار الأصـناف الزراعيـة المناسـبة (appropriate cultivars) لمنتجات معينة من الأمور المهمة جداً. وتتأثر جـودة منـتج فـردي علـى تجاربـه (معاملاتـه) المحـددة عليـه قبـل حصـاده (specific pre harvest experience). وعلى سبيل المثال، فإن وضع الفاكهة في الشجرة هو الذي يحدد حالتها الغذائيـة (حالـة

عناصرها الغذائية) وحالتها المائية (nutrient and water status) وتعرضها للعوامل البيئية، مثل ضوء الشمس (sunlight) أو الآفات (pests) والأمراض (diseases). وقد تؤثر كل هذه العوامل، في نهاية الأمر، على فترة صلاحية الفاكهة والخضراوات بعد الحصاد (post- harvest shelf-life) (Hofman and Smith, 1994, Sharples, 1984). وقد تمكن خبرة الذين يتداولون أنواعاً معينة من المنتجات بشكل منتظم من التنبؤ بالفروق في فترة صلاحية المنتجات من مصادر مختلفة، على سبيل المثال، اعتماداً على نوع التربة أو عوامل الطقس قبل وأثناء الحصاد.

لا تعتبر الفواكه والخضراوات منتجات تواجه مخاطر كبيرة فيما يتعلق بمأمونية الغذاء؛ إذ إنها، طبيعياً أو عادياً، تصبح غير مرغوبة تماماً للاستهلاك بوقت طويل قبل تطور أو ظهور أي أحياء دقيقة خطيرة أو سموم. وعلى أي حال، توجد براهين على أن تغليف الفواكه الطازجة في أغلفة معدلة الجو (modified atmosphere packaging) مقفلة باللحام (sealing) قد يطيل فترة الصلاحية، بينما لا يزال (هذا التغليف) يسمح بنمو البكتريا الممرضة، وبصفة خاصة أنواع *الليستريا والايشريشيا كولاي أو ١٥٧* (Phillips, 1996). ولمعظم الإنتاج الطازج، فإن أحسن وصف لفترة الصلاحية هو أنها الفترة التي يحتفظ المنتج خلالها بجودة مقبولة (acceptable quality) تمكن من تسويقه للمصنعين أو المستهلكين. ومن الضروري، إذاً، تحديد ماذا تعني الجودة المقبولة قبل اتخاذ قرار بالنقطة التي عندها يصبح المنتج غير مُسْتَوْفٍ لتلك التوقعات (الجودة المطلوبة).

ولأسواق المنتجات الطازجة (fresh produce market)، توجد مواصفات معينة بالحد الأدنى للجودة (specific minimum quality standard) في كثير من الأقطار؛ وعلى أي حال، وفقاً للطبيعة العالمية لأسواق المنتجات الطازجة (international nature of the

(fresh produce market)، فـإن هنـاك اتجاهـاً نحـو التقيـيس العـالمي لـدرجات الجـودة (international standardisation of quality grades). وتعـد الهيئـة الأوربيـة (European commission) إحـدى أولى المنظمـات الـتي وضـعت وطـورت مواصـفات للفواكـه والخضـراوات الطازجـة (MAFF, 1996 a-c). وقـد تم تـبني كـثير مـن هـذه المواصـفات بواسطة منظمة التعاون والتطوير الاقتصـادي [organization for Economic cooperation and Development ((OECD)].

وعادة، تكون المواصفات المطلوبة لمنافذ (multiple retail outlets) البيـع بـالمفرق، المتعـددة، أكثـر وضـوحاً وبدرجـة كـبيرة مقارنـة بمواصـفات الجـودة الأدنـى المحـددة، وستعرف وتحدد للمورد بواسطة البائع بالتجزئة. تفي مواصفات الجودة، بالعوامل التي تحدد أثر التخـزين وفـترة الصـلاحية وتقـع في المجموعـات أو التصـنيفات التاليـة: المظهـر والقوام والنكهة/الرائحة. وفيمـا يتعلـق بالصـناعة، فـإن لكـل شـركة (صـناعية) معـايير جودة خاصة بها محددة بعناية اعتماداً على طبيعة العملية (التصنيعية) المستخدمة. ويـتم الاتفاق مسبقاً على هذه المعايير مع المورد.

(٧,٢,٢) المظهر Appearance

المظهـر هـو العامـل المفتـاحي (الأساسـي) للمسـتهلكين عنـد اتخـاذ قـرار شـراء المنتجات الطازجة (purchases of fresh produce). وإذ إن قطاع البيع بالتجزئة المتعـدد قـد سيطر علـى تجـارة الأغذيـة بالتجزئـة في كـثير مـن الأقطـار، فالمسـتهلكون يتوقعـون أن تكون المنتجات الطازجة ذات مظهر بصـري أقـرب مـا يكـون إلى الكمـال (near perfect visual appearance). تصـنف الفواكـه والخضـراوات المعروضـة بانتظامهـا في الحجـم والشـكل واللـون (uniformity of size shape, and color). وتشـمل مكونـات الجـودة البصرية المهمة (vital components of visual quality)) اللون وانتظامـه (color uniformity)

واللمعان (glossiness) وعدم وجود عيوب في الشكل والجلد الخارجي (القشرة) وخلوها من الأمراض.

وتعتمد أهمية المظهر للصناعة على الجزء المستخدم من المنتج الطازج في إنتاج منتج (مصنع)، وما إذا كان من الممكن تحسين المظهر بسهولة أثناء التصنيع، على سبيل المثال، باستخدام مضافات الملونات الطبيعية (natural coloring additives). تزال القشرة (peel) من المحصول الطازج، وعليه سيكون تأثير العيوب في السطح المصقول بصفاء (أي الصقل الواضح) محدوداً. وعادة ما يكون لون اللب (اللحم) الداخلي هو الأهم مقارنة بلون القشرة (peel color). قد تكون صفات الحجم والشكل مهمة جداً عندما تكون العمليات التصنيعية أوتوماتيكية (آلية، automated) فضلا عن كونها يدوية (manual)؛ وعلى أي حال، فإن لهذه الخواص الموجودة في بعض المنتجات، أهمية أقل، مثلاً لاستخلاص العصير (juice extraction).

تحدث لكثير من الفواكه والخضراوات تغيرات لونية (color changes) كجزء من عملية النضج (ripening process). عادة ما تكون الفواكه غير الناضجة خضراء، ويعرف هذا باللون الأساسي (so-called ground color). وفي كثير من الأنواع، يخف اللون الأخضر أثناء النضج (ripening & maturation)، نتيجة لتحلل الكلوروفيل (breakdown of chlorophyll)، على سبيل المثال، في التفاح والعنب والباباي (papaya). ويكشف هذا الصبغات التحتية الصفراء والحمراء (underlying yellow & red pigments) (Tucker, 1993). أحياناً أو كثيراً ما تحدث تغيرات مختلفة لألوان القشرة واللب، كما في التفاح والموز (bananas). في بعض الأحيان يكون لون الفاكهة مؤشراً قوياً (strong indicator) للجودة الغذائية (eating quality) وفترة الصلاحية، على سبيل المثال، كما في الطماطم والموز، بينما لا يكون الأمر كذلك في حالات أخرى. قد تؤثر كثير من عوامل ما قبل الحصاد في لون الفاكهة بشكل منفصل أو مستقل عن خواص النضج

الأخرى. وعلى سبيل المثال، فإن قشرة البرتقال المنمى في الأقاليم الاستوائية (tropical regions) قد تبقى خضراء بالرغم من بلوغها جودة أكل مقبولة (acceptable eating quality).

إن اصفرار الخضراوات الخضراء (yellowing of green vegetables) مثل البروكلي والسبانخ يقلل جودتها كما يفعل اسمرار الأنسجة المقطوعة (browning of out tissues)، وعلى سبيل المثال، نهاية براعم بروكلي بروكسل (bull-ends of Brussels sprouts). تشمل الجوانب الأخرى للمظهر التي تقلل الجودة، فقدان الطزاجة (loss of freshness)، مثل المحاصيل الورقية wilting of leafy crops وفقدان لمعان السطح (loss of surface gloss) أو تجلد الجلد (القشرة، (skin wrinkling)) وتطورات العيوب الداخلية والخارجية التي تسببها إما الشيخوخة (القدم) الطبيعية (natural senescence) والاعتلالات الفسيولوجية (physiological disorders) وإما نمو الكائنات الممرضة (disease organisms).

(٧,٢,٣) القوام Texture

تشمل جودة الأكل خواص قوام معقدة (complex textural properties) والتي لا يسهل تحديدها (تعريفها) وقياسها. بصفة عامة، تفضل الأنسجة الصلبة الهشة (crisp firm tissues) في محاصيل الخضراوات ؛ وعلى أي حال، لا يقبل تطور الألياف الخشنة أثناء التخزين أبداً، وذلك في المحاصيل الجذعية (stem crops) مثل (asparagus). ويمكن الحكم على بعض جوانب القوام بصرياً كما وصف من قبل، على سبيل المثال، عندما يبدأ المنتج في الذبول (wilt or shrivel). وبالرغم من الحاجة لدرجة من التليين (softening) لتحقيق جودة مثلى للفواكه، إلا أن الإفراط في التليين (over-softening) غير مرغوب فيه، كما أنه علامة على الشيخوخة أو التلف (التعفن) الداخلي (internal decay). وكثيراً ما تكون المحافظة على جودة القوام أمراً حرجاً (مهماً) في عمليات تصنيع معينة، على سبيل المثال، في التعليب (canning) والتجميد (freezing).

(٧,٢,٤) النكهة والرائحة Flavour and Aroma

النكهة هي معقد مكونات المذاق والرائحة (complex of taste and aromatic components). ونادراً ما يتم تقييم النكهة الكلية (total flavour) بواسطة المستهلك قبل الشراء، ولكن ذلك مهم في معاودة الشراء لمنتج معين أو منتج لصنف معين (product cultivar). ومكونات المذاق المفتاحية (الأساسية key taste components) في المنتجات الطازجة هي الحلاوة (sweetness) والحموضة (acidity) والطعم القابض (astringency) والمرارة (bitterness). قد ترتفع حلاوة بعض الفواكه بشكل دراماتيكي أثناء النضج، ذلك بسبب تحول النشا إلى سكر، على سبيل المثال، في التفاح والموز والمانجو والكمثرى. في نفس الوقت، فإن العوامل القابضة (التانينات tannins) ستختفي (Tucker, 1993). كثيراً ما تقاس مستويات سكر الفواكه لتحديد هل بلغ المنتج درجة النضج المطلوبة للتسويق. وعادة، لا تنخفض مستويات السكر بدرجة كبيرة (ممتازة) أثناء التخزين؛ وعلى أي حال، فإن المحافظة على التوازن بين السكر(الطعم الحلو) والحموضة قد يكون أمراً مهماً لتوازن نكهة الفاكهة، على سبيل المثال، في أنواع الحمضيات (citrus species) والعنب. وبصفة عامة، تقل مستويات الحموضة أثناء التخزين. وإذا انخفضت أو قلت نسبة الحموضة للسكر بدرجة كبيرة، فقد يصبح المنتج باهتاً (فاقد للنكهة bland) ويفقد الجودة التي تجعله غير مستساغ للأكل (acceptable eating quality). وسيكون هذا مهماً أيضاً في المنتجات المصنعة التي لم تضف إليها سكريات وحوامض زائدة. قد تتكون مكونات المرارة (bitter components) في مختلف الفواكه والخضراوات تحت ظروف تخزين معينة (انظر الاعتلالات الفسيولوجية في القسم ٧,٦,١) أو عندما تصاب بعدوى ممرضات محددة.

يمكن تقدير الرائحة بدرجة ما قبل الشراء، بواسطة المستهلك، ولكنها تميل إلى أن تكون مهمة كعامل إيجابي فقط في المنتجات شديدة الرائحة (highly aromatic) مثل

بعـض أصـناف بطـيخ ومـانجو معينـة (certain cultivars of melons and mangoes). ومـع التركيـز علـى الجـودة البصـرية (visual quality) السـائدة في البيـع بالتجزئـة (dominated retailing)، فقد تم ادعاء أن النكهة والرائحة قد فقدا مـن كـثير مـن المنتجـات الطازجـة ؛ لأن التهجين قد ركز علـى الأصـناف الـتي تتحمـل تـداول مـا بعـد الحصـاد بشـكل كـبير (rigors post-harvest handling) دون فقـدان الجـودة البصـرية وجـودة القـوام (textural quality). ويميـل التبريـد إلى أن يحـد مـن تطـور الرائحـة والنكهـات الطيـارة (aroma volatiles) في الفواكه الناضـجة. وقـد تـتغير مسـتويات الرائحـة/ النكهـة (aroma profile) بدرجـة دراماتيكيـة أثنـاء بقـاء المنـتج الطـازج بعـد الحصـاد، وبصـفة خاصـة في الفواكـه (climacteric fruits) التي قد يكون فيهـا المركـب الطيـار السـائد dominant volatile مختلفـاً جداً في مرحلة الفاكهة غـير الناضـجة عنـه في الفاكهـة الناضـجة والفاكهـة زائـدة النضـج (over-ripe) أو الفائحـة النكهـة (senescing fruit) (Morton & Macleal, 1990). قـد تتطـور النكهة/ الروائح غير الطيبة (unpleasant aromas) نتيجة لعدد من الأسـباب الموصـوفة في القسمين اللاحقين (٢,٣ و ٧ و ٥ و ٧).

قـد تجعـل الرائحـة غـير المتوقعـة أو غـير الطيبـة المنـتج غـير قابـل للتسـويق (unmarketable) حتى لو كانت خواص وعوامل الجـودة الأخرى مقبولـة بدرجـة كـبيرة. لذا، فإن الرائحة قد تكون عاملاً مهماً في تخزين وفترة صلاحية المنتج الطازج.

(٧,٣) تدهور جودة المنتجات الطازجة: التنفس والإيثلين والشيخوخة وانحلال أو كسر فترة السكون

Quality Deterioration of Fresh produce: Respiration, Ethylene, Senescence and Breaking of Dormancy

(٧,٣,١) مقدمة Introduction

قد تقود وتـؤدي كـثير مـن العوامـل إلى فقـد جـودة المنـتج/ المنتجـات الطازجـة، ومن ذلك كان الوصف العام لهذه المنتجات بأنها "معرضـة للتلـف (perishable)". بعـض

هذه العوامل جزء من دورة حياة (life cycle) المنتج الحي (living produce)، ومن ذلك، النضج الزائد للفواكه أو تجذر المحاصيل الجذرية واللبية (sprouting in root & bulb crops)، وعوامل أخرى تكون تبعات لعملية الحصاد. بمجرد فصل جزء من النبات الأم (mother plant)، فإن هذا الجزء النباتي يحرم من مصدر الماء (source of water) والعناصر التغذوية وهرمونات مقاومة الهرم (anti- senescent hormones). ونتيجة لذلك، تؤدي العوامل الطبيعية (العادية normal) مثل النتح والتنفس، في نهاية الأمر، إلى فقد الماء وشيخوخة المنتج (senescence of product). إن نمو الممرضات أو الإتلاف الفيزيائي (الطبيعي، (physical damage) يسبب فقدا مباشرا لجودة المنتج من خلال تأثيراته البصرية (visual impact) ولكنهما يستحثان الشيخوخة. زيادة على ذلك، فإن بيئة أو مناخ التخزين (storage environment) ستلعب دوراً مهماً جداً في تحديد سرعة كل تغيرات الجودة.

(٧,٣,٢) التنفس Respiration

الفواكه والخضراوات سلع حية (living commodities) وسرعة أو معدل تنفسها ذو أهمية مفتاحية (أساسيةkey importance) في المحافظة على الجودة. وقد لوحظ، بشكل عام، أنه كلما زاد أو ارتفع معدل تنفس (the greater the respiration rate) المنتج، قلت فترة صلاحيته (the ahorter the shelf-life). تميل المنتجات غير الناضجة immature مثل البازلاء peas والفاصوليا beans إلى أن تتنفس بمعدلات عالية (higher respiration rates) وأن يكون لها فترات صلاحية قصيرة تسببها الشيخوخة الطبيعية، بينما يكون العكس هو الصحيح فيما يتعلق بالأعضاء الناضجة التخزينية (mature storage organs) مثل البطاطس والبصل.

التنفس عملية أيضية (metabolic process) تحول الخلايا بواسطتها الطاقة من نوع التركيب الكيميائي إلى شكل آخر أكثر فائدة للخلايا لتحريك التفاعلات الأيضية. وفي الأحوال العادية، يتنفس المنتج الطازج تنفساً هوائياً (aerobic respiration)، والذي

يستهلك الأكسجين والجلوكوز أثناءه، بينما ينتج ثاني أكسيد الكربون والماء والحرارة (keys, 1991). يوجد القليل من الطاقة الاحتياطية في الأنسجة غير التخزينية (non-storage tissues)، وعلى سبيل المثال في المحاصيل الورقية (leafy crops) مثل الخس والسبانخ أو المحاصيل الوردية غير الناضجة (immature flower crops) مثل البروكلي، وعليه سيؤدي التنفس، في النهاية، إلى الانهيار الأيضي (metabolic collapse). ستتحلل الأغشية الخلوية وتسمح بتسرب المحتويات (contents to leak out). قد تنمو البكتيريا الإعفينية (saprophytic bacteria) في هذه الأنسجة وتنتج الروائح غير المرغوبة (off-odors). وقد تظهر الأعراض البصرية (visible symptoms) لانهيار الأنسجة والاصفرار الذي يسببه انحلال الكلوروفيل نتيجة للشيخوخة (senescence breakdown of chlorophyll) في الكلوروبلاستات (chloroplasts). بدون تبريد كاف، تؤدي الحرارة التنفسية (respiratory heat) إلى مزيد من استحثاث التنفس الذي يؤدي إلى تدهور سريع جداً.

يمكن حصاد أنواع معينة من الفواكه الكلايمكتيريكية(مرتفعة معدل النشاط التنفسي لوقت معين في الثمار بعد قطافها، climacteric) وهي غير ناضجة (unripe) ثم إنضاجها صناعياً (artificially ripened) في مرحلة لاحقة (مثلاً الأفاكادو (avocados) والموز والمانجو والطماطم). أثناء النضج، فإن تنفس هذه الفواكه يرتفع بشكل دراماتيكي خلال فترة قصيرة من الوقت (Biale, 1960). وبدون سيطرة جيدة على درجة الحرارة، فإن الفواكه ستنضج بسرعة نضجاً مفرطاً (over-ripen) وتشيخ مما يؤدي إلى تحلل الأنسجة الداخلية (internal tissue breakdown) وإنتاج المواد الطيارة (volatiles) المميزة للفواكه في مرحلة النضج الزائد. أيضاً، قد يرفع الفشل في السيطرة على حرارة التنفس فقد الماء من المحصول، وزيادة على ذلك، فإن زيادة الدفء (increased

(warmth وزيادة مستويات الرطوبة، والتي قد تحدث أثناء التخزين، محفزان قويان لتطور العدوى البكتيرية والفطرية (bacterial and fungal infection).

(٧,٣,٣) الإيثلين Ethylene

الإيثلين هرمون نباتي (plant hormone) يلعب دوراً أساسياً في النضج وشيخوخة الفواكه والخضراوات (Reid, 1992). تنتج كل الخلايا النباتية مستويات منخفضة من الإيثلين؛ وعلى أي حال، فإن أي شيء يسبب إجهاداً أو ضغطاً على الأنسجة النباتية سيستحث تصنيع الإيثلين (ethylene synthesis). قد يشمل المجهدات (stressors) والفقد الزائد للماء والإتلاف الفيزيائي (physical damage) أو الإصابة المرضية (pathogenic attack). تنتج الفواكه الكلايمكتيريكية مستويات عالية من الإيثلين أثناء بدء النضج، ويعتقد بأن هذا الهرمون يستحث وينسق التغيرات الفسيولوجية و[البيوكيميائية (physiological & biochemical changes)] التي تحدث أثناء النضج. قد يؤدي التعرض للإيثلين الخارجي (exogenous ethylene) إلى الإسراع بالنضج والشيخوخة، على سبيل المثال، تفقد الخضراوات الخضراء (green vegetables) كلورفيلها بسرعة أكبر، وقد تكثر الألياف الغليظة (thickened fibers) في الهليون (asparagus)، وقد يحدث النضج المبكر (premature ripeing) في الفواكه غير المستوية (الناضجة)، وقد يفقد الملفوف وتفقد الزهرة (cauliflowers) أوراقه/أوراقها من خلال انفصالها السريع وسقوطها (accelerated leaf abscission).

(٧,٣,٤) الشيخوخة Senescence

الشيخوخة تقدم طبيعي في العمر (natural ageing) للأنسجة النباتية، ويستحثها وجود الإيثلين وأي شيء آخر يمكن أن يسرع بمعدلات التنفس كما وصف سابقاً. تؤثر الشيخوخة، في نهاية الأمر، على كل جوانب الجودة، وتنتهي بموت المنتج. قد تؤثر

بعض تغيرات الشيخوخة، بشكل محدد، على أنواع معينة من عمليات تصنيع المنتجات الطازجة، على سبيل المثال، تغيرات التراكيب الكيميائية والفيزيائية لجدران الخلايا (Jimenez *et al.*, 1997). وبالرغم من أن قوام المحاصيل الطازجة، يعتمد اعتماداً كبيراً على اكتناز الخلايا (cell turgor) (انظر القسم ٧,٤ أسفل)، فإن تمام (سلامة integrity) جدران الخلايا مهم لقوام بعض المنتجات المصنعة (Femenia *et al.*, 1998). في بعض الفواكه والخضراوات (مثلاً التفاح والطماطم) يؤدي انحلال التصاق ما بين الخلايا (breakdown of intercellular adhesion) إلى حالة تُعرَف بالتحلل، والتخشن (mealiness) والتي تدرك بصفة عامة، كفقد لجودة القوام (loss in textural quality) (Van der Valk & Donkers, 1994). في البطاطس، يحدث ما يعرف بحلاوة الشيخوخة (senescence sweeting) وهو تحول النشا المخزن (storage starch) تدريجياً إلى سكريات، عبر الوقت. قد تسبب تركيزات السكريات المختزلة (reducing sugars) التي تفوق ١٪ في أنسجة البطاطس المصنعة شيبس ورقائق (chips & crisps)، التلون البني (browning) أو الاسوداد (blackening) في المنتجات أثناء الطبخ (Van der Plas, 1987).

(٧,٣,٥) كسر السكون Breaking of dormancy

للمحاصيل الجذرية والدرنية واللبية (root, tuber and bulb crops) فترة سكون طبيعية (natural dormancy period) ويمكن تمديدها لفترة معتبرة (أطول) تحت ظروف التخزين المناسبة. كثيراً ما يحد انكسار فترة السكون فترتي التخزين والصلاحية. وبصورة أكثر شيوعاً، يرى ذلك كنمو للبراعم (growth sprouts)، كما في البصل والبطاطس على سبيل المثال. وقد يحدث في ظروف الرطوبة العالية، تطور الجذور. ولا تقبل البراعم ولا الجذور في المنتجات المسوقة (marketed produce) (Schouten, 1987). وبالرغم من إمكانية تقليم الجذور والبراعم أثناء التصنيع، إلا أن الجودة الداخلية

للمنتجات تتدهور، بصفة عامة، أثناء انحلال فترة السكون، وذلك بسبب تحول النشا المخزن (stored starch) إلى سكريات يتم نقلها إلى النقاط (المواقع) النامية (growing points).

(٧,٤) تدهور جودة المنتج الطازج: فقدان الماء

Quality deterioration of fresh produce: water loss

تغطى الأنسجة النباتية بأنسجة واقية (protective tissues) تعمل على وقاية النبات من الحشرات والممرضات والضرر، الرضح (الجروح الفيزيائية، physical injury) وفرط فقدان الماء (excessive water loss). إن الطبقة الأساسية الواقية هي الأدمة (طبقة قشرية epidermis)، ولكن إذا نما العضو النباتي نمواً ثانوياً (secondary growth)، فقد تتطور طبقة الأدمة المحيطية المتعددة الطبقات (multi layered periderm)، على سبيل المثال، في التفاح أو في البطاطس. تغطى طبقة القشرة بطبقة شمعية من الكيوتين (waxy cuticle of cutin) بينما بصفة عامة، تصبح جدران خلايا أنسجة الأدمة المحيطية (البيريدرم، (periderm)) متشربة بالسوبيرين (suberin). ويمكن لكل من الكيوتين والسبويرين أن يقلل فواقد الماء من سطوح النبات؛ وعلى أي حال، لا فكاك من بعض الفقد المائي. قد ينفذ بخار الماء من الكيوتيكل وأيضاً يفقد من خلال المساحة العدسية (lenticels) وهي فتحات أو فراغات (gaps) في الأدمة المحيطية التي تتكون لتمكن من تبادل الغاز أثناء التنفس. إذا تم إتلاف أو تحطيم طبقة القشرة الخارجية أو الطبقة المحيطية، فقد يكون فقد الماء بالغاً وبكميات كبيرة.

تكون بعض أعضاء النبات الناضجة مثل السُّوق والجذوع (stems) والجذور (roots) وبعض الثمار، أنسجة تقوية (strengthening tissues) مثل النسيج الغروي (الكولينشايما (collenchymas)) أو النسيج الخشبي اللجنيني (الإسكلرينشايما (lignified schlerenchyma)) وذلك للمحافظة على تراكيبها. إن المكونات الليفية القاسية (صلبة

tough fibrous components) غير مرغوبة في المنتجات (المحاصيل) الطازجة، ولذلك فإن كثيراً من محاصيل الخضراوات تحصد وهي غير ناضجة. كما أن تركيب ومن ثم خواص القوام (textural properties) للمحاصيل الطازجة تعتمد، وبشكل كامل وفي غالب الأمر، على الحفاظ على ضغط اكتناز خلوي كاف (adequate cell turgor pressure) أي، القوة المتولدة عندما تضغط الحويصلات الممتلئة بالمادة المذابة (solute filled vacuole) على جدران الخلايا غير المرنة نسبياً (relatively inelastic cell wall). وإذا كان فقد الماء من الأنسجة كبيراً، سينخفض ضغط الاكتناز مؤدياً إلى ذبول المنتج (wilting or shrivelling).

تعتمد سرعة فقد الماء بعد الحصاد (post-harvest water loss)، وبشكل أساسي، على نقص ضغط البخار الخارجي (external vapor pressure deficit)؛ وعلى أي حال، تؤثر عوامل أخرى على الحالة. ستفقد المنتجات التي لها نسبة سطح/ للحجم عالية، مثل المحاصيل الورقية، نسبة أكبر من مائها وبسرعة أكبر مما تفقد الفواكه الدائرية الشكل الكبيرة (large spherical fruits). ويبدو أن التركيب المحدد للطبقة الشمعية ومدى تكون السبويرين (suberisation) في الأدمة المحيطية، أهم من السمك thickness فيما يتعلق بتحسين مقاومة حركة بخار الماء. تختلف المنتجات في نسبة الماء الذي يمكن أن يفقد(اللازم فقدها) قبل أن تنخفض الجودة بدرجة كبيرة وملحوظة. قد تفقد الثمار ذات القشرْ السميك (thick peels) كميات كبيرة من الرطوبة من الجلد دون التأثير البالغ على جودة الأكل (without compromising edible quality)، وعلى سبيل المثال أنواع الحمضيات (citrus species) والموز. إن مظهر الفاكهة، قد يتدهور بشكل ثابت ومطرد (steadily) مع تزايد فقد الماء. وتكون الفواكه الأخرى خفيفة القشرة (خفيفة الجلد thin-skinned fruits) أكثر عرضة لفقد الماء، على سبيل المثال عنب الطاولة (table grapes)

(Ben Yehoshua, 1987). زيادة على ذلك، فإن جفاف المنتجات قد يستحث إنتاج الإيثلين (كما وصف سابقاً).

(٧,٥) تدهور المنتجات الطازجة: الممرضات الفطرية والبكتيرية
Quality Deterioration of Fresh Produce: Fungal and Bacterial Pathogens

تعد الفطريات (fungi) أهم كائنات دقيقة تسبب فساد وخسائر المحاصيل الطازجة ما بعد الحصاد. وهذا صحيح تماماً فيما يتعلق بالفواكه، حيث تميل الأحوال الحامضية نسبياً، لتثبيط النمو البكتيري. وعلى أي حال، قد تعاني الخضراوات ذات الأس الهيدروجيني العالي، من فواقد وخسائر بسبب العدوى البكتيرية. وصفت أهم ممرضات الفواكه والخضراوات من قبل عدد من الباحثين (Beattie *et al.*, 1989; Coates *et al.*, 1995; Dennis, 1983; Snowdon, 1990; 1991). وتعتمد معظم الممرضات على الأنسجة المتلفة للتمكن من الدخول داخل المنتج الطازج (جروح ومواقع الجروح الفسيولوجية wounds or sites of physidogical injury). وعلى سبيل المثال، فإن أنواع *البينيسيليوم* (*penicillium* spp.) التي تسبب العدوى الفطرية الزرقاء والخضراء (blue and green mould infections) لمحاصيل الحمضيات وغيرها من الفواكه، ممرضات مسببة للجروح تقليدية (classic wound pathogens) غير قادرة على اختراق ثمار غير متلفة (غير محطمة). والمنتج السليم الطازج مقاوم لمعظم الممرضات الكامنة (majority of potential pathogens). تمثل الحواجز الفيزيائية المتمثلة في الجلد (القشرة) ووجود المركبات المضادة للميكروبات (antimicrobial compounds) في الجلد واللحم وقاية كافية (sufficient protection).

قد تستطيع بعض الممرضات الدخول من خلال الفتحات الطبيعية (natural openings) مثل الفتحات الثغيرية (stomata) والفتحات العدسية (lenticels). قد تستخدم

البكتريا طرق الاختراق هذه. وأكثر مجموعة شائعة من البكتريا المسببة لخفض ملحوظ في فـترة الصـلاحية هـي الأنـواع المسـببة للـتعفن النـاعم (soft rotting species) مـن جـنس *الإروينيا* (*Erwinia*). وفي الظروف المناسبة من الدفء (warmth) ووجود المـاء الحـر (free water)، يمكن للبكتريا أن تنمو وتستعمر المحصول، مثل البطـاطس، وبسـهولة، وذلـك من خلال الفتحات العدسية (lenticels). وتنـتج هـذه كميـات كـبيرة مـن إنزيمـات خـارج الخلايا (extra cellular enzymes) التي تعمل على تطرية الأنسـجة بـالنقع (macerate the tissues). أحياناً يصاحب التعفن اللين (soft rots) نمو البكتريا الإعفينية (المسببة للـتعفن، (saprophytic bacteria)) والتي تسبب روائح كريهـة جـداً (highly unpleasant off-odors) (Lund, 1983).

يتمكن عدد قليل من الممرضات الفطرية، فقط، مـن الاخـتراق المباشـر (direct penetration) لجلد (قشرة) المحصول الطازج غير المتلف، وبشكل عام، هذه الممرضات الأخيرة مصـدر لمشـاكل خاصـة، وذلـك بسـبب حقيقـة، أنهـا قـد تعـدي المحصـول قبـل الحصـاد، ولكـن تبقـى سـاكنة (remain quiescent) في الأنسـجة حتـى تتحسـن الأحـوال الـتي تمكّنهـا مـن النمـو. تُـرى هـذه الظـاهرة كـثيراً في الفواكـه، حيـث يحـدث التطـور الأساسـي الأولـي للممرضـات initial pathogen development ومـن ثـم السـكون في الفواكه غير الناضجة. ومـع نضـج الفاكهـة ينحـل السـكون وتسـتعمر الممرضـات نسـيج الفواكـه (Swinburne, 1983). *والكوليتوتريكـوم جلويواسبوريويديس* (*Colletotrichum gloeosporioides*) ممرض شـائع يظهـر هـذه الحالـة أو هـذا السـلوك في عـدد مـن الفواكـه الاستوائية، مثل المانجو والباباي (papaya). الأعراض النموذجية على الفاكهة الناضـجة المستوية هي جروح غائرة تشبه العدسـة في شـكلها (lens-shaped lesions sunken) والـتي قـد تكـون تراكيـب جرثوميـة بلـون السـالمون (أحمـر) (salmon-colored sporing

(structures). (تسبب *الكوليتوتريكوم موساي* (*Colletotrichum muse*) أعراضاً مشابهة على الموز). وقد تظهر *البوتريتيس سينيري* (*Botrytis cinerea*) سلوكاً ساكناً (quiescent behavior) على بعض الفواكه، على سبيل المثال، في الفراولة (strawberries) تلوث الجراثيم الفطرية (fungal spores) الأزهار وتنبت (germinate) ومن ثم تنمو الخيوط الفطرية (القصيبات، الغصينات(hyphae)) في الفاكهة المتطورة، حيث تبقى بدون أعراض (symptom less) حتى تنضج الفاكهة نضجاً تامًّا. وقد يكون تطور المرض التالي سريعاً جداً وتستعمر الثمرة بكاملها وتغطى بميسيليا، مشيجة فطرية رمادية متجرثمة (grey, sporulating mycelium)، ويحدث ذلك خلال أيام قلائل على ٢٠°م.

قد تبقى أمراض الجلد (القشرة) سطحية خارجية (superficial) ولكن تسبب فواقد تجارية كبيرة نتيجة للمظهر المشوه والعيب الظاهري الطفيف (blemished appearance) للمنتجات. لصناعة البطاطس مشاكل رئيسة بسبب عدد من الأمراض الجلدية (skin diseases)، مثل مرض الهبرية (القشرة السوداء (black scurf)) (*الريزوكتونيا سولاني* (*Rhizoctonia solani*) والنقطة السوداء (black dot) (*الكوليتوتريكوم كوكوديس* (*Colletotrichum coccodes*) والهبرية، القشرة النحاسية (sliver scurf) (*الهيلمينثوإسبوريوم سولاني* (*Helminthosporium solani*) والجرب الشائع (common scab) *الإستريبتومايسيس إسكابيس* (*streptomyces scabies*) والتي قد تنتشر بسرعة على الدرنات (tubers) بعد ارتفاع درجات الحرارة في منافذ البيع بالتجزئة (Snowdon. 1991).

بشكل عام، تُسْتَحث العدوى الفطرية البكتيرية في ظروف الرطوبة العالية، وبصفة خاصة في وجود الماء الحر. تختلف ممرضات الفواكه والخضراوات فيما يتعلق بقدرتها على النمو والتكاثر على درجات حرارة مختلفة؛ وعلى أي حال، فمعظمها ينمو في مدى درجات حرارة تتراوح بين ٦ و ٣٥°م. تبقى بعضها حية وحتى تنمو، ولكن ببطء عند درجات حرارة منخفضة تصل إلى ١°م، على سبيل المثال، الـ بي

سينيريا (B. cinerea). إذاً، فإن حوادث أنواع معينة من الممرضات تتأثر بكل من أحوال ما قبل وما بعد الحصاد. وعليه، وعلى سبيل المثال، فإن *البي سينيريا* (*B. cinerea*) مهمة وبصفة خاصة في المحاصيل التي تزرع في المناخات الباردة المعتدلة (cool temperate climates)، بينما تسبب العدوى التي تسببها *البوتريوديبلوديا ثيوبروماء* (*Botryodiplodia theobromae*) و*الاسبيرجيلس نيجر* (*Aspergillus niger*) فواقد خطيرة في المناطق الدافئة.

وقد تؤثر ممرضات معينة بشدة، على عمليات صناعة المحاصيل الطازجة: على سبيل المثال، قد يؤدي فقط قليل من الحمضيات المصابة بعفن *الألترناريا* (*Alternaria* rot) في إرسالية (بضاعة) إلى إنتاج عصير بروائح غير مرغوبة (off-flavoured juice) (Patrick and Hill, 1959). إن وجود إنزيمات محللة لجدران خلايا معينة (certain cell wall degrading enzymes) من ممرضات معدية، على سبيل المثال أنواع *الريزوبس* Rhizopus spp.، قد يسبب تليين مستمراً (continuing softening) للمنتجات المعلبة حتى بعد قتل الفطر أثناء عملية التعقيم (Harper *et al.*, 1972).

(٧,٦) تدهور جودة المنتجات الطازجة: الاعتلالات الفسيولوجية والأضرار الفيزيائية

6 Quality Deterioration of fresh Produce: Physiological Disorders and physical injury

(٧,٦,١) الاعتلالات الفسيولوجية Physiological Disorders

الاعتلالات الفسيولوجية تغيرات سيئة تحدث لجودة المنتجات الطازجة، وذلك بسبب الاضطرابات الأيضية. وقد تكون هذه الاضطرابات بسبب العوامل الداخلية، مثل عدم توازن المعادن (الأملاح) أو قد تكون بسبب العوامل البيئية غير المواتية (غير المناسبة أو غير المثلى)، مثل درجات حرارة التخزين غير المناسبة أو التركيب المناخي (atmosphere composition). قد تكون الأعراض متميزة ومتفردة أو خاصة بظروف أو حالة معينة في نوع منتج معين؛ وعلى أي حال، تكون الأعراض متشابهة في مدى من الأحوال ذات الأسباب التحتية المختلفة (differing underlying causes). كثيراً ما تكون

الأعراض البسيطة مقصورة على الأنسجة السطحية الخارجية والتي قد لا تكون مهمة جداً إذا كان المحصول سيصنع، ولكنها قد تقلل تسويق المنتجات الطازجة نتيجة للتشويه البصري (visual disfigurement). زد على ذلك، قد ترفع الاعتلالات الفسيولوجية قابلية المنتجات للإصابة بالممرضات أو غزو الممرضات (invasion by pathogens). إن بدء الاعتلالات قد يحدد بأحوال ما قبل الحصاد والصنف (cultivar) والنضج، أو مرحلة الاستواء والنضج (stage of ripeness).

إن سوء التغذية قد يؤدي، بصورة عامة، إلى نمو حقلي ضعيف وأمراض حقلية (field symptoms). وعلى أي حال، يوجد كثير من عدم التوازن التغذوي (nutritional imbalances) والذي ليس له أهمية واضحة قبل الحصاد، ولكنه هو الذي يؤدي إلى ظهور أعراض أثناء تخزين ما بعد الحصاد. أحد أهم العناصر التغذوية في هذا المنحنى هو الكالسيوم الذي يلعب دوراً مهماً في المحافظة على ثبات جدران الخلايا (Cell wall stability). والمثال التقليدي هو البثور المرة "bitter pit" في التفاح الذي تظهر عليه، وهي بثور قاسية وصلبة بنية غائرة (hard, sunken brown pits) في كل من الجلد (القشرة) وداخلياً، ويكون للأنسجة المتأثرة مذاقٌ مُرٌّ مرارة بسيطة (slightly bitter taste).

هناك مدى واسع من الاعتلالات المرتبطة بتعرض المحاصيل لدرجات حرارة عالية أو منخفضة جداً. قد تسبب درجات الحرارة العالية، التي يسببها التعرض الزائد للشمس أو التعرض للمعاملات الحرارية غير المناسبة بعد الحصاد (Post-harvest heat treatments)، إتلاف الجلد (القشرة) وعدم استواء النضج (uneven fruit ripening). وقد تبقى فقط أنواع أو سلع قليلة معدة للاستهلاك الطازج (fresh consumption) وتتحمل التجميد الخفيف (mild freezing)، على سبيل المثال، الجزر الإفرنجي (الأبيض) (parsnip) والبصل، وعلى أي حال، لا تستطيع معظم الخضراوات والفواكه التي تستهلك طازجة تحمل أي تجميد بالمرة.

تتكـون بلـورات ثلجيـة داخـل الخلايـا مؤديـة إلى تمـزق الأغشـية (membrane rupture) وبالتالي تحطم الأنسجة (tissue collapses) عند تسييح الثلج (defrosting) مما يؤدي إلى تغيرات قوام غير مقبولة (unacceptable textural changes). وهذه التغيرات أقل وضـوحاً للمسـتهلك، عنـدما تكـون في المنـتج قليـل محتـوى المـاء و/أو الـذي سـيطبخ قبـل الاسـتهلاك، علـى سـبيل المثـال، البـازلاء (peas) والـذرة الحلـوة (sweet corn) والجـزر (parsnips) والبطاطس والجزر الأفرنجي (carrots) والبروكلي والسبانخ.

ضرر التبريد (chilling injury) واضح جداً ومتميز عـن ضـرر التجميـد (freezing injury)، وقد يحدث عند درجات الحرارة فوق درجة حرارة التجميـد مباشـرة (Saltveit and Marries, 1990) (well above freezing point).

المنتجـات الاسـتوائية (tropical commodities) وشـبه الاسـتوائية (subtropical) عرضـة، بصـفة خاصـة، لضـرر التبريـد، بـالرغم مـن وجـود فروقـات في الحساسـية لـه (chilling sensitivity) بـين الأصـناف وبـين المنتجـات الناضـجة وغـير الناضـجة. وتشـمل الأعـراض البثـور المائيـة (water soaking) والحفـر السـطحية (surface pitting) والتلـوث الـداخلي (internal discoloration) والفشـل في النضـج (failure to ripen) والشـيخوخة المبكـرة السـريعة (accelerated senescence) وزيـادة القابليـة للنخـر (الـتعفن والتحلـل decay). وقد لا تكون الأعراض واضحة حتى ترتفع درجة حـرارة المنـتج إلى مسـتويات درجة حرارة غير حرارة التبريد (non-chilling levels). عند درجات حرارة تقـل عـن ٨- ١٠°م وبحـد أقصـى إلى ٢°م تكـون البطـاطس الأيرلنديـة (Irish potatoes) قابلـة لحـلاوة رجعية، في درجات الحرارة المنخفضة (reversible low temperature sweeting) (Burton, 1989). تسبب السكريات المختزلة (reducing sugars) التي تنتج مشاكل لقطـاع الصـناعة (انظر القسم ٣و ٤ و ٧ سابقاً).

إذا تم تخزين المحصول في مناخ ناقص فيه الأكسجين أو زائد فيه ثاني أُكسيد الكربون، على سبيل المثال في المخازن سيئة التهوية (poorly ventilated stores)، فقد يتسبب ذلك في الاعتلالات التنفسية (respiratory disorders). في درجات حرارة عالية، يؤدي تنفس المحصول بسرعة أكبر إلى حدوث مناخ غير مناسب، وبسرعة. وتعتمد الأعراض على المنتج المعني، فقد تظهر، على سبيل المثال، على البطاطس مراكز سوداء (black centre) بينما قد تكون في أوراق الخس مناطق وسطى باهتة (pale midribs). تعاني بعض أصناف التفاح من الأضرار الخارجية وتظهر على أخرى تلون بني داخلي (internal browning) بسبب زيادة ثاني أكسيد الكربون في الأنسجة، وقد تؤدي مستويات الأكسجين المنخفضة جداً إلى تخمر كحولي (alcoholic fermentation) مع روائح كريهة (off-odors) مصاحبة. مستويات التحمل مختلفة، فعلى سبيل المثال، تتحمل بعض أصناف التفاح مستويات منخفضة تصل إلى أقل من ١٪ أكسجين، بينما تكون البطاطس الحلوة شديدة الحساسية، وقد يبدأ تخمرها إذا انخفضت مستويات الأكسجين إلى أقل من ٨٪. وتشجع الظروف اللاهوائية نمو البكتيريا المسببة للعفن الناعم (soft-rotting) في البطاطس.

يعزى مدى من الأعراض المعينة في الفواكه والخضراوات المخزنة للتعرض للإيثلين (Kader, 1985). وتشمل بعض الأمثلة التبقع الصدئي (russet spotting) للخس (عند تركيزات أكثر من ٠,١ في المليون) والذي يرتبط بزيادة نشاط الفينايل ألانين أمونيوم لاييز (phenylalanine ammonium lyses (PAL)) وبالمحتوي الفينولي (phenolic content) وبتكون سم البيساتين (pisatin) في البازلاء، وبإنتاج الفينولات في البطاطس الحلوة والجزر. في الجزر يعطي الايسوكومارين الفينولي (phenolic isocoumarin) نكهة مرة (لاذعة) bitter flavor كما لوحظت النكهات المرة في الشمندر، البنجر (beetroot).

وهنـاك، أيضـاً، عـدد مـن الاعـتلالات الأخـرى المحـددة تحديـداً تامـاً لمنتجـات طازجة معينـة والـتي تعتبر خـارج نطـاق هـذا الكتـاب. ويمكـن الاطـلاع علـى مزيـد مـن المعلومات في كتب اسنودون (Snowdon, 1990, 1991).

(٧,٦,٢) الجروح الفيزيائية Physical Injury

يعتبر الأذى الفيزيائي (الجروح) أهم سبب مؤدٍّ لفقد المحاصيل الطازجة. وليس ذلـك بسـبب الفواقـد المباشـرة، بـالرغم مـن أنهـا قـد تكـون كـبيرة وملحوظـة في بعـض المحاصيل، لكنها بسبب الآثار غير المباشرة المتمثلة في إحداث جروح في سطح المنتجات. وهذه الجروح نقاط دخول مثالية لكثير من ممرضات ما بعد الحصـاد كمـا ذكـر مـن قبـل. أيضاً، تمكن الجروح من فقد الماء والذي يُعـرِّض جـودة المنـتج للتـدهور (compromises the qualily of the produce). زد على ذلك، تستحث الجروح الفيزيائية إنتاج الإيثلين في أنسجة النبات والذي بدوره (إنتاج الإيثلين) قد يؤدي إلى الاصفرار المبكـر (pre mature yellowing) أو النضج المبكر للسلع الزراعية.

قد تحدث الجروح الفيزيائية في أي مرحلة مـن مراحـل حيـاة المحصـول، مـن أذى الحشـرات (insect injuris) في الحقـل إلى سـوء التـداول مـا بعـد الحصـاد (post-harvest handling). تغزو كثير مـن الفطريـات مـن خـلال نهايـة الجـذع (stem end) حيـث تم أخـذ المحصول مـن النبـات الأم (mother plant). قـد يسـبب التغليـف السـيئ (poor packaging) مشـاكل مـن القطـع الـذي تسـببه الحـواف الحـادة (sharp edges) أو الأجـزاء القاسـية للمحاصيل المجاورة، على سبيل المثال، أكاليـل (ثمـار) الأنانـاس (pineapple crowns)، إلى الكشط والسحج (graze) الذي يسببه عدم وجود لباد (حشاوٍ) (lack of padding) أو حشاوٍ تحتية من الكرتـون (under filling of cartons) ممـا يتسـبب في حركـة المحصـول أثنـاء النقل والتداول. قـد يحـدث الخـدش والكـدمات (bruises) مـن السـقوط (dropping)، أو يحـدث خـدش الضـغط (compression bruising) إذا رص المحصـول إلى مسـتويات عاليـة (stacked too high) أو بسبب الإفراط في مـلء العبـوات (packs are over filled). وتحـدث

فواقد (wastages) في صناعة البطاطس نتيجة للخدش الداخلي (internal bruising) لدرنات البطاطس أثناء التخزين والتداول (Balls et al., 1982). إن فترة صلاحية كثير من المحاصيل الطازجة تقل، بدرجة ملحوظة، بسبب الإتلاف الفيزيائي الذي يسببه التداول الخشن (rough handling) أثناء البيع بالتجزئة، وبخاصة عندما يكون المحصول غير مربوط بإحكام (loose) وقابلاً للعزل والاختيار من قبل الزبائن (picked-over' by potential customer).

(٧,٧) كيف تقاس جودة الفواكه والخضراوات : المظهر والقوام والنكهة

How Quality of Fruits and Vegetables is Measured: Appearance, Texture and Flavour

(٧,٧,١) مقدمة Ontruduction

من الضروري مراقبة تغيرات الجودة أثناء التخزين لضمان جودة مناسبة ومثلى (optimal quality) لمحصول يُسوِّق للاستهلاك الطازج أو للتصنيع. مثالياً، يرغب الذين يديرون سلسلة المحاصيل الطازجة في أن يقدروا على التنبؤ بفترة الصلاحية لمنتجاتهم. قد تحتاج بعض المنتجات نقلاً سريعاً خارج الموسم. على سبيل المثال، خارج الموسم، تحتاج المنتجات القابلة للفساد بسرعة إلى نقل جوي (air freighted) عوضاً عن النقل البحري بالبواخر من وراء البحار (overseas). ويمكن تخزين المنتجات الأخرى ذات فترة الصلاحية الطويلة وتصريفها أو عرضها للبيع وفقاً لمتطلبات السوق.

عادة، يتم القياس التجاري لفترة صلاحية المنتجات بواسطة موظفي ضبط الجودة (quality control staff) أو شركات إمداد البيع بالتجزئة (retail supply componies) (الموردون ومراكز التوزيع importers and distibution centres) ويعتبر هذا الأمر (القياس) جزءاً من إجراءات الالتزام الملزم (due diligence) المتوقعة من قبل الزبائن. يتم عزل (أخذ) عينات من المنتج من خط التعبئة (packging line) وتوضع في

غـرف التخـزين لدراسـة الصـلاحية (shelf-life rooms) علـى درجـات حـرارة تعكـس أو تماثل أحوال درجات حرارة البيع بالتجزئة. ويتم تقييم تغيرات جودة المنتج عبر فترة من الزمن الذي يغطي فترة الصلاحية المتوقعة لمنتج معين زائداً عـدة أيـام أخـرى، مـن قبـل تـاجر التجزئـة. تمـلأ اسـتمارات تقيـيم معينـة (commodity specific evaluation sheets) خاصة بالأصـناف وتوضـع في أرشـيف (archived). تسـتخدم اختبـارات فـترة الصـلاحية (shelf-life test) للإخطـار أو الإخبـار بمشـاكل الجـودة المحتملـة ومـا يمكـن مـن اتخـاذ الإجـراءات العاجلـة (action to be taken promptly) لتحديـد المشـكلة والحـد منهـا ومعالجتها، وتوفر هذه الاستمارات مراجـع comeback لتجـار التجزئـة إذا كانـت هنـاك مشاكل قد حدثت منذ خروج المنتج من المورد (produce left the supplier). للمؤسسـات الكبيرة التي توفر منتجات معينـة طـوال العـام، قـد تكشـف اختبـارات لفـترة الصـلاحية (وما يعرف بدراسـات الحفـظ) الأنمـاط المؤقتـة للجـودة (temporal patterns in quality)، ويمكن استخدامها في اتخاذ القرارات مثل: متى يجب تغيير مصدر الإمداد.

للحظة كتابة هذا الكتاب، حقاً، لم يكن التنبؤ الدقيق الصـحيح بفـترة صـلاحية المنتجـات الطازجـة أمـراً ذا جـدوى (not really feasible). لقـد وصـفت المجهـودات والمحاولات التي اتخذت لتطـوير نمـاذج تتنبـأ بفـترة صـلاحية المنتجـات الطازجـة اعتمـاداً على كل من عوامل الجودة الداخلية والعوامل البيئية، في الأدبيات العلمية (Polderdijk *et al.*, 1998) (scientific literature)؛ وعلى أي حـال، فقـد بقـي النجـاح في هـذا الحقـل محيراً. وأسـاس المشـكلة هـو الاخـتلاف المتأصـل (inherent variability) في عوامـل جـودة الفواكه والخضراوات التي قد تستخدم لتحديد فـترة الصـلاحية. وحتـى إذا كـان قيـاس بعـض الخصـائص يمكننـا مـن التنبـؤ بفـترة الصـلاحية بشـكل سـليم، فـإن الاخـتلافـات الفردية في المنتجات أو المحاصيل يعني، وبشكل مثالي، أن كـل صـنف بمفـرده يحتـاج أو

يتطلب تقييماً، كما يجب أن تكون الاختبارات سريعة جداً. للحظة تأليف هذا الكتاب، السبب كثير من الاختبارات المستخدمة إتلافاً للمنتجات؛ وعليه، يمكن استخدامها فقط في عينات صغيرة من المنتجات.

في كثير من المنتجات المصنعة، على سبيل المثال، العصائر والهريس purees والمنتجات المقطعة المعلبة (chopped canned) أو المجمدة، يمكن تخفيض أثر مشاكل اختلافات المنتج الخام، وذلك عندما تخلط المحاصيل أو المنتجات مع بعضها البعض. وعلى أي حال، فمما يستحق التركيز والاهتمام أيضاً، هو أن المنتجات عالية الجودة (top quality products) لا تنتج إلا من مكونات خام عالية الجودة (top quality raw ingredients)، وعليه، فإن القدرة على قياس جودة المنتجات الخام لا تقل أهمية في العمليات الصناعية عمَّا يحدث في قطاع المنتجات الطازجة.

(٧,٧,٢) المظهر Appearance

اللون Colour

استعرض فرانسيس عام ١٩٨٠ (Francis, 1980) قياس اللون في المحاصيل البستانية (hortiultural crops). تستخدم صناعة المحاصيل الطازجة (fresh produce industry) لوحات ألوان قياسية لمقارنة ألوان منتجات معينة (produce- specific colour matching charts) وللمساعدة في التدريج وتقييم فترة صلاحية كثير من الفواكه. هذه اللوحات رخيصة وسهلة الاستخدام في تدريب الموظفين (for training personnel). في أماكن التعبئة الكبيرة (larger pack houses) قد يتبعان فراغ التقنيات (الأجهزة) الضوئية الكهربائية (photoelectric techniques) لتصنيف المنتجات شديدة التلوين (sort strongly coloured products) في ثلاث درجات على الأقل. من أجل الأغراض البحثية (research purposes)، بصفة عامة، يقاس اللون باستخدام مقياس فروقات اللون السطحية surface colour difference meter (أي المصنعة بواسطة مينولتا

أو هـنتر minolta or hunter). يقـيس هـذا النـوع مـن الأجهـزة (instruments) خصـائص الضـوء المـنعكس مـن سـطح المنـتج (reflected from the surface). يـتم معاملـة المخـرج (output is processed) ليعطي بيانـات قياسـية (standard data) اعتمـاداً علـى نظـام ثلاثـي الاستحثاث (tri-stimulus system)، على سبيل المثال، أعداد أو قيم لتدرج اللون (hue) وصـفاء أو كثافـة اللـون (chroma) والإشـراق (قـوة إضـاءة اللـون أو مـدى الرماديـة في اللـون) (lightness) والـتي تصـف مـع بعضـها الـبعض لـون الشـيء المـراد معرفـة لونـه (Minolta. Ltd, 1994). إن العامل المعـوق لقيـاس اللـون التحديـدي بهـذه الطريقـة (spot colour measurement) هـو عـدم انتظـام (lack of uniformity) المنتجـات أو المنـتج نفسـه. على سبيل المثال، قد يكون لون تفاحة أو حبة مانجو في جهة منها مختلفـاً اختلافـاً كـاملاً مقارنة بلونها في جهة أخرى.

العيوب الخارجية والداخلية External and Internal defects

يجـرى تقيـيم العيـوب البصـرية (visual defects) مثـل تشـوهات الجلـد (القشـرة) (skin blemishes) أو التلـوث بـاللون الأخضـر في المحاصـيل الجذريـة، بشـكل كـبير، بواسطة عمال تشغيل يـدوي (manual operators). يمكـن إبعـاد المحصـول إذا كانـت نسـبة السـطح المغطـى بالتشـوهات أكـبر مـن النسـبة المحـددة وفقـاً لمعـايير الجـودة (set quality standards). توجد بعض التطبيقات التجارية (commercial applications) لتقنيات تصوير الفيـديو (الرؤيـة الآليـة machine vision). علـى سـبيل المثـال، تسـتخدم بعـض المصـانع التصـنيف المعتمـد علـى الرؤيـة الآليـة machine vision-based sorting، لعـزل الـدرنات الخضـراء والسـوداء أو غـير المقشـرة (green, black or unpeeled tubers) مـن البطـاطس المعدة للتصنيع (larke, 1996). الطريقة الوحيدة المستخدمة تجارياً لتحديـد وجـود عيـوب داخلية، للحظة تأليف هذا الكتاب، هي القطع وفتح عينات من المنتج مـن كـل رسـالة

وإزالة عينات في فترات منتظمة (reguler intervals) من خط التعبئة (pack line) وتسجيل وجود أي تلوث، ووجود حفر، وتجاويف (cautation) أو وجود عيوب أخرى.

(٧,٧,٣) القوام Texture

الصلابة Firmness

صلابة المنتج، في كثير من الأحيان، مؤشر جيد لخواص القوام (textural properties) كما أنها سهلة القياس آلياً، نسبياً (relatively easy to measure mechanically). يمكن تقييم الصلابة بصرياً بدرجة ما. على سبيل المثال، سواءً ظهر المنتج ذابلاً (shrivelled) أو رخواً (flaccid). ما زالت المقاومة للضغط اليدوي الخفيف (light manual pressure) طريقة شائعة لتقييم الصلابة، بالرغم من أن هذا، وبوضوح، أمر افتراضي بدرجة كبيرة (highly subjective) مع الحاجة لخبرة كبيرة للتقييم الصحيح. أكثر طرق تقييم الصلابة شيوعاً هي استخدام جهاز قياس الاختراق (penetrometer) مثل جهاز ماجنيس- تايلور لاختبار الصلابة (Magness- Taylor firmness tester) أو جهاز إيفيجي لقياس الاختراق (Effegi penetrometer). تقيس هذه الأجهزة القوة الكلية (total force) المطلوبة لخرق جزء معين من الفاكهة أو الخضار (puncture through a given portion of the fruit or vegetables) إلى عمق قياسي (standard depth) باستخدام مسبار قطري عياري (standard diameter probe). يمكن إجراء الاختبار من خلال القشرة (peel)، أو قد يزال جزء منها وتقدر صلابة اللحم (اللب) فقط (flesh firmness only). تتوافر أدوات اختبار ضغطية غير متلفة (non-destructive compression testers) في السوق ويمكن استحداثها ببساطة من أجهزة قياس الاختراق (penetrometer devices) (Macnish *et al*., 1997). تستخدم معدات القطع (shear instruments) لقياس طراوة (tenderness) البازلاء والفاصوليا (broad beans) المعدة للتصنيع. على سبيل المثال،

جهـاز قيـاس الطـراوة tenderometer الـذي يسـتخدم منظـومتين أو وحـدتين (شـبكات قضـبان مقاضـبة) بمفصـلات (hinged grids) تشـابه حركتهـا حركـة الفـك الـذي يمضـغ (chewing jaws) (Salunkhe *et al.*,1991).

أيضاً، يمكن تقييم الصلابة باختبارات الاهتزاز (vibration tests). إذا نقر أو قرع المنتج بحدة (tapped sharply)، تنتشر موجات صوتية خلال أنسجته، ويمكن التقاطها بواسطة ميكرفون (microphone) أو جهاز إحساس كهرو ضغطي أو كهرو إجهادي (piezoelectric sensor). إن خصائص الموجات الصوتية هذه تختلف اعتماداً على صلابة تيبس الأنسجة (stiffness of the tissues) (من بين عوامل أخرى) وقد أظهرت ارتباطات جيدة مع صلابة الفاكهة. بالرغم من أن الأسس الفيزيائية وراء (underlying physical principles) هذه الاختبارات قد عرفت وفهمت منذ وقت بعيد، إلا أنها فقط حديثاً (نسبياً) قد طبقت تجارياً. تنتج شركة إسرائيلية (ايشيت إيلون Eshet Eilon) جهاز اختبار صلابة منضدى غير متلف (للفواكه والخضراوات) (non-destructive bench top firmness tester) باسم فيرمالون (firmalon)، اعتماداً على الرنين الصوتي (acoustic resonance) للاستخدام مع مختلف الفواكه، مثل التفاح والكمثرى (pears). أيضاً يتوافر جهاز بيليج لاختبار الصلابة ('the 'Peleg firmness tester) من شركة تخنيون (technion) الإسرائيلية. لقد طور جهاز رنين صوتي لاختبار الصلابة باسم افواسكان (Avoscan) بواسطة شركة آليات (ماكينات) مقيمة في بريطانيا UK-based machinary company (شركة سينكلير العالمية بنورج Sinclair International, Norwich) اعتماداً على أبحاث لبيليج وآخرين (Peleg *et al.*, 1990). وقد استخدم هذا الجهاز تجارياً لتصنيف الفواكه مثل الأفاكادو إلى أصناف متفرقة للبيع بالتجزئة (seperate retail categories) (على سبيل المثال، جاهز للأكل (ready to eat) مع فترة صلاحية قصيرة متوقعة).

عوامل قوام أخرى Other textural factors

تستخدم تجهيزات الاختبار الشاملة العالمية (universal tcsting machines) (التي صنعتها شركة أنسترون Instron) استخداماً شائعاً، في المختبرات، وذلك لتقييم مختلف مكونات قوة الأنسجة النباتية (strength plant tissues) والتي تتغير أثناء التخزين. على سبيل المثال، التحبب والخشونة (القوام الطباشيري mealiness) عيبان في القوام وشائعان في بعض أنواع التفاح والبطاطس عندما يتقدم بها العمر. إن تطوير فك صناعي (artificial jaws) مرتبط بمقياس قوة (force gauges) قد يشابه عملية العض (bite action) وسيقيم، وبشكل أفضل، خصائص القوام مثل القوام الطباشيري والذي يحد من فترة الصلاحية فيما يتعلق بجودة الأكل (eating quality). وتستخدم هذه الأنواع من القياسات، فقط، في البحوث، وأما في الاستخدامات التجارية المناسبة (suitable commericial applications) فلم يتم تطبيقها/استخدامها بعد.

(٧,٧,٤) النكهة Flavour

مكونات المذاق Taste components

المذاق الحلو (sweetness) مكون مهم من مكونات جودة الفواكه الطازجة ويُعطي مؤشراً جيداً لحالة النضج (state of fruit ripeness) ثم لفترة الصلاحية المحتملة (potential shelf-life). في قطاع المحاصيل الطازجة تقاس الحلاوة، عادة، في شكل محتوى الجوامد الكلية الذائبة((total soluble solids (TSS) بالبركس (Brix). في معظم الفواكه والخضراوات ، السكر هو المكون الأساس للجوامد الكلية الذائبة والتي بذلك تكون مؤشراً معقولاً لنسبة مستويات السكر. تقاس الجوامد الكلية الذائبة باستخدام جهاز الرفراكتوميتر (refractometer) أو جهاز الهيدرومتر (hydrometer). يعمل الجهاز الأول على أساس انكسار الضوء الذي تسببه عينة العصير، ويعتمد انكسار الضوء

على كثافة العصير (density of juice). ويرتبط انكسار الضوء في الأشعة تحت الحمراء القريبة (near infrared) ارتباطاً وثيقاً بالجوامد الكلية الذائبة، كما تم الارتباط بنجاح في عدة سلع (عصائر). لقد طورت هذه الخاصية كطريقة غير متلفة (non-destructive method) لقياس مستويات السكر في المحاصيل مثل الشمام (melons).

بصفة عامة، تقاس الحموضة بالمعايرة (titration) مع محلول قلوي مناسب مثل هيدروكسيد الصوديوم (sodium hydroxide). تعتمد معايير أو مواصفات نضج أنواع الحمضيات على نسبة قياس البيركس إلى الحموضة (Brix- to- acid ratios). وكل من الجوامد الكلية الذائبة والحموضة من القياسات المهمة لجودة عنب الطاولة (table grape quality). لا توجد طريقة واقعية سريعة (rapid objective method) لقياس الطعم المر (bitterness) أو غيرها من الروائح غير المرغوبة وغير المقبولة في الفواكه والخضراوات. التقييم الحسي (sensory evaluation) هو الاختبار التجاري الوحيد المستخدم في قطاع المحاصيل الطازجة. في المختبر يمكن استخلاص مكونات الطعم المر أو الطعم القابض astringent الذي تسببه، عادة، المركبات الفينولية (phenolic compouds) ويتم قياسها بطريقة تحليلية مختلفة (varicus analytical procedures)، على سبيل المثال، كروموتوغرافيا السوائل عالية الأداء ((high performance liquid chromatography (HPLC).

مكونات الرائحة Aroma compenents

يقيم قياس الرائحة (measurement of arama) حالياً بواسطة الصناعة على أساس غير نظامي (informal basis)، اعتماداً على الروائح غير المقبولة (off-odour) في عينات فترة الصلاحية التي يلاحظها مدراء جودة المحاصيل (produce quality managers). لقد أجريت القياسات المختبرية تقليدياً بواسطة تحليل الفراغ القمي (أي الفراغ الموجود في أعلى العبوة headspace) باستخدام كروموتوغرافيا الغاز (gas

(Wehner and kohler,1992) chromatography). ويمكن تحديد المكونات المفصولة (seperated components) بشكل إيجابي وفعلي (objectively) (كيميائياً chemically) بوسائل مختلفة (various means) أو تحديدها افتراضياً (subjectivety) باستخدام أجهزة قياس الرائحة (odourmeters).

التقييم الحسي Sensory evaluation

نسبياً، توجد اختبارات قليلة تجرى بالأجهزة (instrumental tests) يمكن أن تعطي نتائج تتماثل جيداً مع تقييم المستهلك لجودة المحاصيل الطازجة. قياس اللون أحد الاستثناءات القليلة. والطريقة الأشمل لتقييم الجودة الشاملة (overall quality) هي استخدام التحكيم الحسي (use panels) أي التقييم الحسي (sensory evaluation) للمنتجات. يمكن تدريب أعضاء فريق التحكيم في تحكيم مكونات جودة معينة (cartain quality components)، وذلك في نمط كمي إحصائي (statistically quantitative fashion) (Lawless and Heymann, 1998). وبديلاً لذلك، يمكن إشراك فريق تحكيم (panel) من المستهلكين أنفسهم (consumer panel). وفي حالة فريق التحكيم من المستهلكين، يكون التقييم هيدونك تفضيلي(hedonic assessment)) وهو مصطلح يستخدم في الاختبارات والمسح الحسي بحيث يشير المشارك في التحكيم إلى مدى درجة رغبته أو عدم رغبته في الغذاء الذي يتم تقييمه حسياً، أي ترتيب المادة الغذائية وإعطاء درجات لصفاتها الحسية حسب درجة تقبلها أو تفضيلها، أي التقييم وفقاً للتفضيل الشخصي (in terms of personal preference). في قطاع المحاصيل الطازجة، ببساطة، قد يقوم بالاختبارات الحسية ضابط الجودة (أو مدير الجودة quality controller) الذي يعمل كخبير تذوق وحيد (single expert taster). بديلاً لذلك، قد تجرى اختبارات تذوق محكمين غير نظامية (informal taste panels)، ولو مرة في الشهر، ويضم فريق التحكيم ١٥ عضواً

مـن المـوظفين الـذين قـد لا يكونـون أعضـاء منـتظمين (regular members) في فريـق التحكيم. شجعت مبادرات تجار البيع بالتجزئة الحديثة (recent initiatives by retailers) خاصة في المملكة المتحدة، الصناعة على تقييس أو معايرة (standardise) استخدام فرق تحكيم حسي مدربة لتقوم بقياس خصائص الجودة (تقييم الجودة).

(٧,٨) المحافظة على جودة المحاصيل الطازجة: التبريد المسبق

Maintaining the Guality of Fresh Produce: Precooling

(٧,٨,١) مقدمة Introduction

يقدم الجدول (٧,١) بعض أمثلة اختلافات ظروف التخزين التجاري (varration in commercial storage conditions) وفترات الصلاحية المتوقعة (expected shelf-life) لبعض الفواكه والخضراوات الممثلة (representative fruit & vegetables). إن انتشار الإتلاف الفيزيائي (الرضح) (prevelence of physical damage) أو وجود الممرضات، وعلى أي حال قد يعوق التنبؤات بفترات الصلاحية (sheif-life predictions). وصفت العوامل الأساسية المسببة لتدهور المحاصيل الطازجة في الأقسام (٧,٣) إلى (٧,٦). وعليه، فإن المحافظة على الجودة تتطلب العمل للحد من هذه العوامل. في بعض الحالات، توجد إجراءات وقائية، على سبيل المثال، توفير تغليف مناسب لمنع الإتلاف الفيزيائي. على أي حال، لابد من تطبيق مدى واسع من التقنيات الفعالة، (فائقة الأداء proactive technologies)، ذلك لإطالة فترة صلاحية السلع (سريعة التلف perishable commodities) ومن الأمور ذات الأهمية الأساسية: خفض تنفس المحاصيل وخفض فقد الماء وخفض نمو الممرضات. ومن هذا يسود التبريد (باستخدام الثلاجات refrigeration dominate) كطريقة أولية سابقة (most fundamental) مقارنة بكل تقنيات ما بعد الحصاد.

(٧,٨,٢) التبريد المسبق Precooling

التبريد المسبق لإزالة حرارة الحقل (field heat) بأسرع ما يمكن بعد الحصاد من ضروريات إبطاء سرعة تدهور المنتجات سريعة التلف. وتحدد الطريقة المختارة بدرجة كبيرة، بنوع المنتج المعني وبتكاليفه وبنسبة التكلفة للفائدة (العائد المادي) (cost to benefit ratio) (kasmire and Thompson, 1992, Mitchell, 1992).

التبريد الغرفي والتبريد بالهواء المدفوع Room and forced air cooling

في التبريد المسبق في الغرف (room precooling)، يتم وضع المحصول المحصود في منطقة مبردة (refrigerated area). نموذجياً، ينفخ الهواء المبرد (refrigerated air is blown) أفقياً (horizentally) تحت السقف مباشرة (just below the ceiling)، ويتخلل من خلال آنية المحصول الموجودة أسفل. وعند الوصول إلى السطح الأرضي (floor)، يتحرك أفقياً إلى منفذ الرجوع (return vent) ليعاد تدويره (to be recycled). يتحقق التبريد السريع بالهواء المدفوع، أو بالتبريد المسبق بالضغط (pressure precooling)، في هذه الحالة، يضغط الهواء المبرد في مسار فرق الضغط (along pressure gradient) من خلال كل عبوة (each package). ويتحقق هذا بوضع رصات الحاويات في خط متصل (lining up stacks of containers) (أي طبليات محملة أو كراتين فردية (pallet loads or individual cartons) في كل جانب من جانبي مروحة شفط (exhaust fan) وذلك لإعطاء غرفة منضغطة بالهواء (أي ممتلئة بالهواء (air plenum chamber). ويمنع الهواء من التحرك إلى أسفل بين أحمال الطبليات أو بجوانب الكراتين؛ وذلك بقفل الفراغات (gaps) بواسطة عوارض أو حواجز مرنة (flexible baffles). عليه، على الهواء البارد في الغرفة أن يمر من خلال فتحات (holes) الأغلفة، والعبوات وحول المحصول، بداخلها. ويسرع هذا بزمن التبريد من ربع إلى عشر ما يحدث في التبريد الغرفي التقليدي.

التبريد المائي Hydrocooling

المـاء أفضـل مـن الهـواء في نقـل الحـرارة. ويمكـن تبريـد كـثير مـن أنـواع المحاصـيل بجعلـها تلامـس المـاء البـارد الجـاري (flowing cold water) أي التبريـد المـائي (hydrcooling). يحـد التغليف من حركة الماء ويقلل كفـاءة التبريـد (cooling efficiency) بدرجـة كـبيرة ؛ لـذا، يتم تبريد المحصول مائياً في صوامع كبيرة صهريجية (bulk bins)، ونادراً ما يستخدم بعـد التغليـف. تستخدم هـذه الطريقـة بشـكل شـائع للخضـروات الجذعيـة (stem vegetable) ولكثير من الخضراوات الورقية وبعض الفواكه، مثل الطماطم والبطيخ. لا يمكن تبريـد بعض المحاصيل بهذه الطريقة، على سـبيل المثـال الفراولـة، وذلـك لأن المـاء الحـر علـى السـطح يرفـع مخـاطر الإصـابة بـالأمراض، بدرجـة كـبيرة. تطهـير المـاء بالشـكل السـليم (عادة بالكلورة usually by chlorination) من الإجراءات المطلوبة لمنع تكـاثر البكتيريـا في الماء والتلوث اللاحق للمحاصيل.

التثليج Icing

قد يكـون اسـتخدام الـثلج المجـروش (crushed) في تبريـد بعـض المحاصـيل معالجـة مناسبة. وبصفة عامة، يستخدم هـذا في التبريـد المؤقـت (temporary cooling) أثنـاء نقـل المحاصـيل مـن الحقـل، علـى سـبيل المثـال، نقـل الخضـراوات الورقيـة (leafy greens)، ويسـتخدم التثلـيج التغليفـي (package icing) أثنـاء النقـل إلى منافـذ البيـع بالتجزئـة (shipment to retail outlets) وفي عـرض المحاصـيل للبيـع بـه، علـى سـبيل المثـال، الخضـراوات الجذريـة والجذعيـة (root and stem vegetabls)، وكرنـب بروكسـيل (brussels sprouts) وبعـض الخضـراوات الزهريـة (flower-type vegetables) مثـل البروكلي. إن العيب الأساس في هذا هو الوزن الإضافي في النقل.

الجدول رقم (٧,١). مدى فترات تخزين فواكه وخضروات مختارة في ظروف تخزين نموذجية، لـــدرجات الحرارة والرطوبة النسبية.

السلعة	درجة الحرارة (مئوية)	الرطوبة (٪)	فترة التخزين
تفاح	-١-٤	٩٠-٩٥	١-٨ شهور
باذنجان	٨-١٢	٩٠-٩٥	١-٢ أسبوع
أفوكادو (غير ناضجة)	٤,٥-١٣	٨٥-٩٠	٢-٥ أسابيع
(ناضجة)	٢-٥	٨٥-٩٠	١-٢ أسبوع
موز (أخضر)	١٣-١٥	٨٥-٩٠	١٠-٣٠يوم
(ناضج)	١٣-١٦	٨٥-٩٠	٥-١٠أيام
فاصوليا	٧-٨	٩٥-١٠٠	١-٢ أسبوع
بروكلي	صفر-١	٩٥-١٠٠	١-٢ أسبوع
ملفوف (أخضر)	صفر-١	٩٥-١٠٠	٣ شهور
(أبيض)	صفر-١	٩٥-١٠٠	٦-٧ شهور
جزر (غير ناضج)	صفر-١	٩٥-١٠٠	٤-٦ أسابيع
(ناضج)	صفر-١	٩٥-١٠٠	٤-٨ شهور
زهرة	صفر-١	٩٥-١٠٠	٢-٤ أسابيع
كرفس	صفر-١	٩٥-١٠٠	١-٣ شهور
حمضيات (سهلة التقشير)	٤-٨	٩٠	٣-٨ أسابيع
كوسة	٨-١٠	٩٠-٩٥	١-٢ أسبوع
خيار	٨-١١	٩٠-٩٥	١-٢ أسبوع
ثوم	صفر	٧٠	٦-٨ شهور
قريب فروت	١٠-١٥	٩٠	٤-١٦ أسبوع
عنب	-١- صفر	٩٠-٩٥	١-٦ شهور
كيوي	-٠,٥-صفر	٩٠-٩٥	٢-٣ شهور
كراث	صفر-١	٩٥-١٠٠	١-٣ شهور
ليمون	١٠-١٤	٩٠	٢-٦ شهور

obeikandl.com

تابع الجدول رقم (٧,١).

السلعة	درجة الحرارة (مئوية)	الرطوبة (٪)	فترة التخزين
خس	صفر -١	٩٥-١٠٠	١-٤ أسابيع
مانجو	٥,٥-١٤	٩٠	٢-٧ أسابيع
بطيخ شمام	٤-١٥	٨٥-٩٠	١-٣ أسابيع
مشروم	صفر	٩٠-٩٥	٥-٧ أيام
بصل	-١-صفر	٧٠-٨٠	٦-٨شهور
برتقال	٢-٧	٩٠	١-٤ شهور
كمثرى	-١-صفر	٩٠-٩٥	١-٦ شهور
خوخ	صفر-١	٩٥-١٠٠	١-٣ أسابيع
بطاطس (غير ناضجة)	٤-٥	٩٠-٩٥	٣-٨ أسابيع
(ناضجة)	٤-٥	٩٠-٩٥	٤-٩ شهور
فواكة طرية	-١-صفر	٩٠-٩٥	٢ -٣ أيام
سبانخ	صفر-١	٩٥-١٠٠	٣ أسابيع
فواكه حجرية	-١-١	٩٠-٩٥	١-٢ أسبوع
فلفل حلو	٧-١٠	٩٠-٩٥	١-٧ أسابيع
طماطم (خضراء)	١٢-١٥	٩٠	١-٣ أسابيع
(ناضجة)	٨-١٠	٩٠	١-٢ أسبوع

التبريد بالتفريغ Vacum Cooling

إن أسـرع طـرق التبريـد وأكثرهـا انتظامـاً (rapid and uniform) طريقـة التبريـد التفريعي. ويتضمن خفض الضغط المحيط بالمحصول إلى النقطة الـتي يـتم عنـدها خفـض درجة غليان المـاء (boiling point of water). يمـتص التبخـر اللاحـق للمـاء الحـرارة. وهـذا أكثر كفاءة مع المحاصيل التي لها نسبة مساحة سطح كـبيرة للحجـم large sunface area)

obeikandl.com

(to volume)، مثل المحاصيل الورقية كالخس والسبانخ والكرنب الملفوف. وعادة، يمكن تحقيق التبريد الكافي بفاقد ماء لا يزيد عن ٣٪، ولكن يمكن خفض هذا برش سطح المحصول بالماء قبل التبريد.

(٧,٩) المحافظة على جودة المحصول الطازج: معاملة ما قبل التخزين
Maintaining the Quality of Fresh Produce: Prestorage Treatments

(٧,٩,١) التغطية السطحية واللفائف Surface coatings and wraps

تستفيد كثير من الفواكه والخضراوات من التغطية السطحية التي قد تبطئ من فقد الماء (Kester and Fennema, 1986). وهذا صحيح تماماً، وبخاصة للمحاصيل التي تغسل؛ لأن الماء الساخن أو استعمال منظفات قد يزيل الشموع الطبيعية من سطح الفواكه. أيضاً، قد تقلل التغطية من حركة الأكسجين (O_2) وثاني أُكسيد الكربون (CO_2) إلى داخل الفاكهة ومنها للخارج، على التوالي. قد يبطئ هذا التعديل للمناخ الداخلي (internal atmosphere) من التنفس؛ وعلى أي حال، يجب ألا تكون الطبقة سميكة بدرجة كبيرة، وإلا ستقل مستويات الأكسجين بنفس الدرجة إلى مستويات منخفضة مؤدية إلى مشاكل التخمر (fermentation problems). تأتي كثير من الأغطية المستخدمة من المستخلصات النباتية (plant extracts)، على سبيل المثال الكارنوبا ((carnuba) شمع نخلة الشمع البرازيلية) أو شمع قصب السكر (suger cane waxes) أو بوليميرات استرات السكر (polymers of suger esters)؛ وعلى أي حال، يمكن إضافة المنتجات المعتمدة على البترول (كمكون، (petroleum- based products) مثل شمع البرافين (paraffin wax)، وذلك لتحسين السيطرة على فقد الماء (منع الفقد) (water loss control). الطريقة أو الحل البديل للسيطرة على فقد الماء في المحصول الطازج هو التغليف اللفائفي الانكماشي (shrink wrap) للمنتج فردياً في أفلام بلاستيكية (plastic

(films. أفلام (أغلفة) البولي إيثلين عالي الكثافة ((high density polyethelene (HDPE) مناسبة جداً لهذا الغرض، إذ يمكن استخدامها في طبقة رقيقة جداً (very thin layer)، وهي حاجز جيد لبخار الماء (water vapour barrier) ولكن لا تؤثر على حركة غازات التنـفس (respiratory gases) وخطورة تكوُّن الروائح غير المرغوبـة وغير المقبولة (Ben Yehoshua, 1987).

(٧,٩,٢) معالجة الجذور والدرنات Curing of Roots and Tubers

تحتفظ بعض محاصيل الجذور والدرنات، مثل البطاطس الحلوة والبطاطس الأيرلندية (Irish potato)، بقدرة على البرء من الجروح البسيطة (heal minor wounds) بعد الحصاد شريطة أن تكون الظروف صحيحة وسليمة (Burton *et al.*, 1992, Morris and Mann, 1955). ويتضمن هذا تطور أو تكون طبقة البيريديرم periderm layer في مواقع الجروح (wound site). وإذ إن هذه المحاصيل عرضة للجروح الفيزيائية أثناء الحصاد والتداول، فمن المفيد وبصفة عامة، تشجيع البرء والشفاء من الجروح قبل التخزين. وتعرف هذه العملية بالمعالجة (علاج الجروح curing) وتتطلب أن يحفظ المحصول في درجات حرارة مرتفعة (elevated temperatues) وفي درجة رطوبة نسبية عالية (relative humidity RH) لفترة من الوقت. وتعتمد الظروف الفعلية المستخدمة على احتمالات حدوث الأمراض. في درجات حرارة عالية، يكون العلاج أسرع، ولكن تصبح العدوى البكتيرية أكثر احتمالاً. نموذجياً، تم علاج درنات البطاطس الأيرلندية (Irish potato tubers) في ١٥-٢٥°م وفي رطوبة نسبية (RH) تبلغ ٨٥-٩٨٪ لمدة ٧-١٥ يوماً. وعلى أي حال، هناك براهين على أن العلاج عند درجات رطوبة منخفضة قد يقلل حدوث العدوى الخارجية السطحية (Hide (superficiel infection)

and caley, 1987). نموذجياً، تعالج جذور البطاطس الحلوة (sweet potato roots) عند ٢٩-٣٢°م ورطوبة نسبية ٨٥-٩٨٪ لمدة ٤-٨ أيام.

(٧,٩,٣) تجفيف (معالجة) المحاصيل اللبية Dehydration ('curing') of Bulb Crops

تختلف المحاصيل اللبية، أي البصل والثوم، عن الفواكه والخضراوات في أن فقد الماء فيها مرغوب جداً لإعدادها للتخزين. تعرف عملية التجفيف هذه بالمعالجة (as curing) ولكنها عملية مختلفة جداً عن عملية معالجة الجذور والدرنات. الفرض في هذه المعالجة للمحاصيل اللبية هو إزالة الماء من القشور الخارجية (outer scales) وبقايا السوق (stalk reminant). في المناخات المعتدلة (temperate climales)، قد تتم، غالباً، المعالجة الاصطناعية (artrficial curing) (بالرغم من الاستمرار في القيام بالمعالجة الحقلية (field curing) في بعض الأقطار). يوضع البصل فوق بعضه البعض (topped) ويوضع في المخزن، وينفخ الهواء الساخن فوقه (hot air is blasted over them)، ودرجة الحرارة الابتدائية هي ٣٠°م، حتى تجف القشور الخارجية، ثم تخفض درجة الحرارة إلى ٢٧°م لمدة ما يقرب من ٤ أسابيع قبل تخزين اللب على درجات حرارة منخفضة (O'Connor, 1979).

(٧,٩,٤) السيطرة الكيميائية على الممرضات الفطرية والبكتيرية

Chemical Control of Fungal & Bacterial Pathogens

في كثير من الأحوال، يغسل المحصول الطازج قبل تدريجه (grading) وتصنيعه وتغليفه. إن جودة الماء مهمة جداً، خاصة إذا تم تدويره. يمكن أن تتكون الجراثيم البكتيرية والفطرية في الماء وتصبح مصدراً ممتازاً للقاح (المعدى) (inoculum) ما لم تتم السيطرة عليها. أكثر طرق السيطرة شيوعاً هي إضافة الكلور بمستوى يجعله نشطا؛ يتراوح بين ٥٠- ٢٠٠ جزء في المليون، وأيضاً، تم استخدام الأوزون في بعض الصناعات الأخرى (Beuchat, 1992).

وكما جاء في الوصف في القسم (٧,٥)، فإن عـدداً مـن الممرضـات الـتي تسـبب فواقد كبيرة في المحصول الطازج بعد الحصـاد أصـلها في مـا قبـل الحصـاد (pre-harvest in origin) وهناك عدة وسائل للحد من عدوى ما قبل الحصاد، ولكنها خـارج نطـاق هـذا الكتاب. وعلى أي حال، فإن استخدام الأصناف المقاومة والنظافة الجيـدة للمحصـول والإجـراءات الـتي تحـافظ علـى حيويتـه (measures which maintain crop vigour) والمقاومـة الطبيعيـة natural resistence للعـداوى واسـتخدام مبيـدات الفطريـات (fungicides)، تعمل كل هذه، على تقليل مشـاكل أمـراض مـا بعـد الحصـاد. اسـتخدام المضادات الحيوية (antibiotics) للسيطرة على البكتيريا في المحاصيل، ممارسة غـير مقبولـة في كـثير مـن الأقطـار، وذلـك بسـبب المخـاوف مـن احتمـال انتقـال مقاومـة الممرضـات الحقليـة للمضـادات الحيويـة والـتي تنتقـل مـن الاسـتخدامات الحقليـة إلى الممرضـات البشرية (human pathgens) (Lund, 1983).

تعـالج كـثير مـن المحاصـيل الـتي تخـزن بعـد الحصـاد بواحـد أو أكـثر مـن مبيـدات الفطريات. وهناك حوالي ٢٠ نوعاً مـن هـذه المبيـدات مصـرح باسـتخدامها في المحاصـيل الطازجة (Eckert and Ogawa, 1990)، بالرغم من اختلاف التصـريح مـن قطـر إلى آخـر. إن مقاومة الفطريات (fungal resistance) لمبيدات الفطريات المعتمدة على البينزيميدازول (benzimidazole-based fungicides) مثـل البينومايـل (benomyl) والثيابينـدوزول (thiabendozole) والثيوفاثانـات ميثايـل (thiophthanate methyl) والبيترتـانول...إلخ (bitertanol) واسعة الانتشـار، قـد قـادت إلى زيـادة اسـتخدام مثبطـات التخليـق الحيـوي للإرجياستيرول ((ergesterol biosynthesis inhibitors (EBIs) مثـل الإمازاليـل (imazalil) والإتـاكونيزول (etaconizole) والبيترتـانول (bitertanol) ...إلخ. تعتمـد طـرق الاسـتخدام بدرجـة كـبيرة، علـى نـوع المبيـد ونـوع المحصـول. غالبـاً مـا تـرش الفواكـه، مثـل التفـاح

والكمثرى والمانجو والموالح، والمحاصيل الجذرية، بمحاليل مبيدات الفطريات، أو تغطس في حمام من هذه المبيدات (fungicide baths). يمكن تضمين بعض مبيدات الفطريات في شموع للاستخدام السطحي (surface application)، كما في الحمضيات، مثلاً. وحيث يكون غير مرغوبٍ أن يبلل المنتج، يمكن استخدام التبخير/ المبخرات (fumigants)، على سبيل المثال، يمكن تبخير البطاطس بـ ٢- أمينوبيوتان (2-aminobutane) للسيطرة على التعضّن (موت بعض الأنسجة) (النكرزة/النخر (gangrene)) وتبقع الجلد (skin spot)، ويستخدم ثاني أُكسيد الكبريت (sulphur dioxide) للسيطرة على الأعفان الرمادية (grey mould) في عنب المائدة (Eckert and Ogawa, 1988). لا تعالج كثير من المحاصيل مثل الفراولة بأي مادة كيميائية بعد الحصاد بالرغم من قابليتها العالية للتلف الذي تسببه الممرضات.

(٧,٩,٥) مثبطات التبرعم للمحصولات الجذرية والدرنية واللبية

Sprouting Suppressants for Roots, Tuber and Bulb Crops

يمكن السيطرة على التبرعم في المحصولات الجذرية واللبية باستخدام الماليك هايدرازايد (maleic hydrazide) كمعاملة قبل الحصاد. يجب استخدام المركب على الأغصان بفترة ٣-٦ أسابيع قبل الحصاد. يمكن أيضاً، معالجة المحاصيل الجذرية بعد الحصاد، بمختلف مثبطات التبرعم (Burton *et al.*, 1992)، على سبيل المثال، البروفام/ كلوربروفام ((propham/chlorpropham(IPC/CIPC) والذي يستخدم، عادة، كخليط بمعدل حوالي ١٠ جرامات/ لتر (10g/ t). يجب استخدام هذه المركبات بعد شفاء الجروح، حيث إنها تثبط الشفاء والتئام الجروح (supress wound healing). بصفة شائعة، يستخدم التيكنازين (Tecnazene (TCNB) كبديل، وله ميزات على الـ IPC/ CIPC في أن له أثراً بسيطاً في شفاء الجروح، كما أن له خصائص إبادة للفطريات (fungicidal properties). معدل الاستخدام حوالي ١٣٥ ملجرام مركب نشط فعال

(active ingredient) لكل كيلو جرام. هناك مدى واسع من الكيميائيات البديلة التي لها خصائص تثبيط للبراعم (sprout- supressant propeoties) ولكن لها كلها قصور (limitations) مقارنة بالمركبات التقليدية (conventional compounds) الموصوفة سابقاً (Prange *et al.*, 1997).

(٧,٩,٦) المعاملات الكيميائية بعد الحصاد لخفض الاعتلالات

Post-Harvest Chemical Treatments to Reduce Disorders

القشور السطحية (superficial scald) عبارة عن اعتلال جلدي α(skin disorder) لأصناف تفاح معينة والتي تتكون أو تحدث أثناء التخزين نتيجة لأكسدة مركب طبيعي في الجلد (القشرة) يعرف بالألفا- فارنيسين (α-farnesene). تجارياً، يمكن استخدام المركبات المضادة للأكسدة ؛ الدايفينايل أمين (diphenylamine) والإثوكسيكوين (ethoxyquen) كمحلولي تغطيس (dip) بعد الحصاد، للسيطرة على هذا الاعتلال (بمعدل ٠,١-٠,٢٥٪ و٠,٢- ٠,٥٪، على التوالي). ويمكن استخدام الدايفينايل أمين في تراكيب شمعية (wax formulation) أو في لفافات مشربة (منقوعة بالمركب)(impregnated wraps) (Snowdon, 1991).

المعالجة بالكالسيوم هي معالجة أخرى مهمة للتفاح، ما بعد الحصاد ؛ وتتم إما بالرش قبل الحصاد (pre-harvest spray) أو كمحلول تغطيس بعد الحصاد (post-havvest dip) للسيطرة على اعتلال التخزين (storage disorder) المعروف بالنواة المرة اللاذعة (bitter pit) (Anon, 1984). بالرغم من أن المعالجة بالكالسيوم قد تحسن جودة تخزين (storage quality) كثير من الفواكه الأخرى، إلا أنها لم تتطور بسبب المشاكل المتمثلة في وصول الكالسيوم للأنسجة بمعدلات كافية بالتخلل والتسرب (infiltration) بدون التسبب في إتلاف الفواكه.

(٧,٩,٧) التشعيع Irradiation

لقد تم توضيح فوائد استخدام التشعيع التأيني (الإشعاع lonising radiation) [أشعة إكس x-rays وأشعة جاما (γ-rays) أو الإليكترونات عالية الطاقة high energy) (electrons في المحاصيل الطازجة، ويشمل ذلك تثبيط التبرعم في المحصولات الجذرية والدرنية واللبية، والسيطرة على بعض الأمراض الفطرية وزيادة فترة التخزين من خلال تأخير عملية نضج الفواكه (ripening proases of fruits) (Dennison and Ahmad, 1975). لقد تم السماح باستخدام مدى من المعالجات/ المعاملات في كثير من الأقطار، منها المملكة المتحدة؛ وعلى أي حال، فقد أظهر المستهلكون اعتراضاً أو رفضاً شديداً (reluctance) للأغذية المشعة (irradiated food) (Foster, 1991). وعملياً، يشعع قليل جداً من المحاصيل الطازجة، ذلك بسبب كل من تحفظات المستهلكين المذكورة سابقاً والقيود القانونية (legislative restrictions).

(٧,١٠) المحافظة على جودة المحصول الطازج: التخزين المبرد
Maintaining the Quality of Fresh Produce: Refrigerated Storage

(٧,١٠,١) مقدمة Intruduction

وكما جاء في المناقشة في القسم (٧,٨,٢)، يمكن تمديد فترة صلاحية المحاصيل الطازجة المخزنة، بدرجة كبيرة، إذا أمكن إبطاء التنفس باستخدام التبريد. وتوجد قوائم بظروف التخزين الموصى بها (recommended storage conditions) لمدى واسع من الفواكه والخضراوات في عدد من المنشورات (publications) (kader, 1992; Snowdon and Ahmed, 1981 Thompson, 1996; بعد التبريد المبدئي (pre cooling)، من المهم المحافظة على سلسلة التبريد (cold chain) طوال فترة حياة المنتج (المخزن). ويعني هذا أن يتم التبريد خلال النقل (transportation) (Eksteen, 1998) والتخزين، ويفضل

المحافظة عليه (التبريد) أثناء البيع بالتجزئة (retailing) وفي منازل المستهلكين. نموذجياً، تكون حاويات النقل البري والبحري (road & sea containers) مبردة، كما الوحدات التخزينية (storage units) الموجودة في مراكز المصدرين والموردين وموزعي البيع بالتجزئة (exporters, importers and retail distrbution centers). نادراً ما يبرد النقل الجوي (air freight) ويعتمد على التبريد المسبق (المبدئي precooling) والتعبئة والتغليف الجيد المعزول (good pack insulation) وسرعة النقل ؛ للمحافظة على جودة كافية ومعقولة (adequate quality) (Frith, 1991). وتميل سلسلة التبريد للانقطاع (to be broken) في مخازن البيع بالتجزئة (retail store) حيث نادراً ما تعرض الفواكه والخضراوات في كبائن مبردة (chilled cabinets).

(٧,١٠,٢) السيطرة على (ضبط) الرطوبة Control of Humidity

تبرد معظم مخازن التبريد (cool stores) أو الحاويات المبردة (refrigeratsd containes) بأنظمة التمدد المباشر (direct expansion system) (Thompson, 1992). عادة، المراوح مهمة لتدوير هواء التخزين/المخزن (storage air) فوق سلسلة أنابيب التبخير الملفوفة (evaporator coils) ومن ثم خلال المحصول في حيز التبريد (cooling space). تزال الحرارة من حيز التبريد عندما يسمح لغاز التبريد (refrigerant gas) بالتمدد في أنابيب التبخير الملفوفة. يصاحب انحدار (الفرق في) الحرارة (temperature gradient) بين الأنابيب الملفوفة والمحصول نقص في ضغط البخار (vapour pressure deficit)، والذي يرفع فقد الماء من المحصول. ولتقليل فاقد الماء أثناء التخزين لفترات طويلة، من المهم أن يكون الفرق في درجة حرارة الأنابيب الملفوفة ودرجة حرارة تخزين المحصول بسيطاً قدر المستطاع. للمحاصيل المعرضة لفقد الماء بصفة خاصة، مثل الخضراوات الورقية، قد يستخدم نظام تبريد غير مباشر (indirect cooling system). يبرد هواء التخزين

(storage air) إلى حوالي ١-٢°م ويرطب إلى رطوبة نسبية (RH) أعلى من ٩٨٪ بتمريره خلال دش (shower) ماء بارد (cold water) قد سبق تبريده بالتبريد الميكانيكي/ الآلي (mechanical refrigeration).

(٧,١٠,٣) السيطرة على الإيثلين Control of Ethylene

قد يستحث الإيثلين الشيخوخة ويكون سبباً لظهور عدد من الاعتلالات كما هو موصوف في القسم (١. ٦. ٧). الإدارة الجيدة للمخازن مهمة لضمان عدم تخزين الفواكه التي تكون في مرحلة النضج مع الفواكه غير الناضجة أو غيرها من المحاصيل الحساسة للإيثلين (Dover, 1989). تحتوي غازات العادم (exhaust gases) من المركبات على الإيثلين، وعليه، يجب أن تحفظ جيداً، كما يجب إبعاد هذه المركبات عن مخازن المحاصيل. للفواكه والخضراوات التي تنتج فقط، قليلاً من الإيثلين، تكون التهوية الكافية (adequate ventilation) من مصدر هواء نظيف، عادة، كافية لحفظ الإيثلين بمستويات مأمونة (safe levels). وعندما تكون التهوية غير كافية للمحافظة على مستويات الإيثلين، يمكن إتلاف الإيثلين بالأكسدة. يمكن تمرير الهواء المخزن فوق مركب الأكسدة (oxidizing compound) مثل بيرمينجنات البوتاسيوم (potassium permanganate) المحمولة على مادة خاملة (inert substrate). وعوضاً عن ذلك أو بدلاً من ذلك، تستخدم الأشعة فوق البنفسجية (ultraviolet (uv) light) تجارياً لإتلاف الإيثلين. تولد الأشعة فوق البنفسجية الأوزون (ozone)، ويعتقد أن الإيثلين يتلف بمركبات وسيطة نشطة (active intermediates)، والتي تنتج أثناء تكون الأوزون (Reid, 1992). و أيضاً، يمكن إتلاف أو تحطيم الإيثلين باستخدام محولات تحفيزية (catalytic converters) بتسخين الهواء إلى ما فوق ٢٠٠°م في وجود مادة محفزة للتفاعل مناسبة (suitable catalyst) مثل البلاتينوم (knee *et al.*, 1985).

(٧,١٠,٤) ضبط أضرار (اعتلالات) التبريد وتعرق درجة الحرارة المنخفضة
Control of Chilling Injury and Low Temperature Sweetening

بدرجة كبيرة، قد تحد أضرار التبريد في المحاصيل الاستوائية وشبه الاستوائية (tropical & sub-tropical crops) من استخدام التبريد بدرجات حرارة أعلى من درجة التجميد (well above freezing). تعتمد أضرار التبريد ليس فقط على درجة الحرارة، ولكن على طول فترة التعرض لدرجة الحرارة تلك. يعتقد بأن المراحل الأولى من تأثيرات التبريد الضارة، عكسية (reversible)، حيث تستطيع بعض المحاصيل تحمل درجات حرارة التبريد لفترات قصيرة بدون ظهور أعراض. وتوجد عدة طرق للحد من أضرار التبريد (Wang, 1991). وتشمل هذه خفضاً تدريجياً في درجات حرارة التخزين، أو التدفئة المتقطعة (intermittent warming) أثناء التخزين (مثل الخوخ والنكتارين/الدراق nectarines and peaches). قد تصبح بعض الفواكه، مثل المانجو والأفكادو، أقل عرضة للبرودة عندما تحفظ في جو معدل ومناسب (appropriate modified atmosphere).

(٧,١١) المحافظة على جودة المنتجات الطازجة: التخزين في جو متحكَّم فيه
Maintaining the Quality of Fresh Produce: Controlled Atmosphere (CA) Storage

يمكن السيطرة على التنفس في كثير من المحاصيل بخفض مستويات الأكسجين في المخزن و/ أو برفع مستويات ثاني أوكسيد الكربون. ويعرف هذا بالتخزين في جو متحكم فيه (controlled atmosphere (CA) storage) وقد تمت مراجعة استخدام هذا التخزين مع الفواكه والخضراوات من قبل ثمبسون (Thompson, 1998). وتوجد في كثير من الاستعراضات الأدبية العلمية قوائم بتوصيات أحوال وظروف التخزين في جو متحكم فيه لمدى واسع من المحاصيل (Kader, 1997, Meheriuk, 1990). وقد كان الـ CA قيد الاستخدام منذ

وقت بعيد كوسيلة لإطالة فترة تخزين (صلاحية) التفاح لأوقات أطول مما يتحقق بالتبريد فقط، حيث قد تصل إلى ١٠ شهور لبعض الأصناف، مثل صنف الجراني سميث (Grany Smith) (Meheriuk, 1990). ويكون التخزين في جو متحكم فيه (CA) مفيداً لتبريد المحاصيل الحساسة، فقد لا يعطي التبريد بمفرده عمراً تخزينياً كافياً (فترة صلاحية كافية). يتزايد الآن ترحيل الموز في جو متحكم فيه (نموذجياً ٣٪ أكسجين و٥٪ ثاني أكسيد كربون) مما يحقق خفض معدلات النضج المبكر والسيطرة على (منع) مرض عفن التاج (crown rot disease). يمدد التخزين في جو متحكم فيه فترة تخزين البصل بشكل كبير، وذلك لآثاره المثبطة للتبرعم (inhibitory effect on sprouting). وعلى أي حال، إنشاء هذه التقنية مكلف جداً ويتطلب تقنيين جيدي التدريب (well trained technical staff) لتشغيلها بشكل فعال (operated effectively).

قد يكون لمستويات ثاني أكسيد الكربون أثر مثبط مباشر على ممرضات معينة. ويعتمد الحد الأعلى لمستويات ثاني أكسيد الكربون على حساسية المحصول (sensitivity of the crop). لكثير من محاصيل العناب أو التوت (berry crops) قدرة تحمل عالية (high tolerance) لثاني أكسيد الكربون، على سبيل المثال، يحفظ الكشمش الأسود المعد للتصنيع أو المراد تصنيعه عصيراً، في جو ثاني أكسيد كربون ٤٠٪. تقلل المستويات الأعلى من ١٥٪، حدوث العفن الرمادي (grey mould) في الفراولة وتوت العليق (raspberry) والكرز والعنب بدرجة ملحوظة ومعنوية (Kader, 1997)، ويتزايد الآن استخدام تركيبات التخزين في جو متحكم فيه بحجم صغير (small scale CA storage structures) في هذه المحاصيل.

(٧,١٢) المحافظة على جودة المحاصيل الطازجة: التغليف
Maintaining the Quality of Fresh Produce: Packaging

(٧,١٢,١) العبوات التقليدية Conventional Packs

من المهم تقليل الإتلاف الفيزيائي للمحاصيل الطازجة إذا رغب في أن يكون لها فـترة صـلاحية مثلـى (optimal shelf-life). إن اسـتخدام التغليـف المناسـب (suitable packaging) أمـر حيـوي وفي غايـة الأهميـة فيمـا يتعلـق بفـترة الصـلاحية (Thompson, 1996). إن أكثر أنـواع التغليـف شـيوعاً في هـذا القطـاع هـو اسـتخدام كـراتين الفيبربـورد كراتين الرقائق الليفية (fibreboard cartoon)، وعلـى أي حـال، تحتـاج معظـم المحاصـيل لتغليـف داخلـي إضـافي (additional internal packaging)، علـى سـبيل المثـال، لفـائف مناديـل ورق (tissue paper wraps) وأطبـاق (trays) وكاسـات (cups) أو وسـائد (pads)، ذلك لتقليل الإتلاف بسبب الكشط، والاحتكاك (abrasion). وللفواكه الناعمـة الرقيقـة جـداً (delicate fruits)، تسـتخدم أغلفـة رقيقـة ذات طبقـات أقـل نسـبياً مـن الفاكهـة، لتقليـل الإتـلاف بالضـغط (compression damage). يمكـن اسـتخدام أطبـاق مقولبـة (بأشكال) (moulded trays) والتي تفصل القطع الفردية للمحاصيل عن بعضها البعض. ويمكـن تغليـف (لـف) الفاكهـة فرديـاً (منفصـلة) في مناديـل أو أوراق شمعيـة (waxed paper). يحسـن مثـل هـذا التغليـف الوقايـة الفيزيائيـة (physical protection)، وكـذلك، يقلـل مـن انتشـار الكائنـات الممرضـة داخـل العبـوة. يوجـد وصـف مفصـل لتصـميمات الصناديق (detailed box designs) في الـ (ITC (1988).

(٧,١٢,٢) التعبئة تحت الجو المعدل Modified Atmosphere Packaging (MAP)

اسـتخدمت الأفـلام المبلمـرة (polymeric films) لتغليـف المحاصـيل الطازجـة لأكثـر مـن ٣٥ سـنة، وقـد حقـق ذلـك عـدة فوائـد تشـمل السـيطرة علـى فقـد المـاء والوقايـة مـن الاحتكاك/السـحج الجلـدي (skin abrasion) وتقليـل تلـوث المحصـول

أثناء التداول. وأيضاً، توفر الأفلام حاجزاً يمنع انتشار العفن (decay) من وحدة إلى أخرى (Kader, *et al.*, 1989).

وتمكن هذه الأفلام، أيضاً، من حركة غازات التنفس، ويعتمد ذلك على نفاذية الفيلم النسبية (relative, permeability of the film). وقد يؤدي هذا إلى خفض الأكسجين وزيادة ثاني أكسيد الكربون داخل العبوة. وكما في التخزين في جو متحكم فيه (CA storage)، فإن هذا يقلل تنفس المحصول ويمدد فترة الصلاحية. يتم ترحيل الموز، عادة، في أكياس بولي إثايلين مغلقة (sealed polyethylene bags). وقد ذكر أنه إذا ما تحقق محتوى غاز بنسب ٢٪ أكسجين و٥٪ ثاني أكسيد كربون، فإن فترة الصلاحية ستمدد خمسة أضعاف (extended five-fold) (Shorter *et al.*, 1987).

يمكن خلق جو معدل داخل العبوة بطريقتين. الطريقة الأولى: التعديل النشط (active modification) ويتضمن تكوين تفريغ بسيط (light vacuum) داخل العبوة، ومن ثم استبدال الجو بخليط الغاز المطلوب أو المرغوب (desired gas mixtures)، ويمكن إضافة ممتصات الأكسجين وثاني أكسيد الكربون أو الإيثلين داخل العبوة للسيطرة على تركيز هذه الغازات. الطريقة الثانية: في أنظمة التعديل غير المباشرة (passive modification)، يتم الحصول على الجو (المطلوب) من خلال تنفس المنتج داخل العبوة. يعتمد الجو المتوازن النهائي (final equilibrium atmosphere) على خصائص المنتج ومادة التغليف (Kader *et al.*,1989). السيطرة على درجة الحرارة مهمة جداً مع التغليف في جو معدل (MAP)، إذ إن ذلك سيؤثر على نفاذية الفيلم للغاز (gas permeability)، وبالمثل يؤثر على معدل تنفس المنتج. وأحد عيوب أو مساوئ الـ MAP هو احتمال انخفاض مستويات الأكسجين بدرجة كبيرة مما يسبب إنتاج روائح غير مرغوبة وغير مقبولة بسبب تخمر الأنسجة.

(٧,١٣) الاتجاهات المستقبلية

Future Trends

(٧,١٣,١) المنتجات المحدودة التصنيع والتعبئة في الجو المعدل

Minimally Processed Products and MAP

من أكثر الاتجاهات أو التوجهات نمواً في بيع الأغذية بالتجزئة التوجه نحو الأغذية مسبقة الإعداد (ready prepared foods). يلاحظ هذا في قطاع المحاصيل/ المنتجات الطازجة، في تزايد ونمو مبيعات (growing sales) ما يعرف بالسلطات المقطعة وهي في حالتها الطازجة (fresh cut) أو الأقل تصنيعاً (fresh cut or minimally processed salads). وهناك حاجة لتطورات جديدة في التغليف في جو معدل لمنع التدهور السريع الذي يحدث بمجرد تقطيع المنتج لفتحه (cut open) (Day, 1996, Day and Gorris, 1993). وحتى الآن، بقيت تطورات الحلول الجديدة للتغليف في جو معدل، كنوع من الفن (something of an art)، مع الاختيار المعتمد على التجربة والخطأ. قادت محاولات وضع تصميمات للتغليف في جو معدل، على أساس نظري، في أكثر الأحوال (more theoretical basis)، إلى تطوير عدد من النماذج (الموديلات). وعلى أي حال، يعتبر التطبيق العام لهذه النماذج محدوداً بسبب تعقيدات الأنظمة المستخدمة (Kader *et al.*, 1989). مع التوسع المستمر في قوى الحساب الآلي، أي قوى الحسابات الرياضية المتوافرة (computing power available)، سيتم تطوير نماذج رياضية يمكن استخدامها بنجاح تنبئ بحلول للـMAP مناسبة، في نهاية الأمر.

ستسرع التطورات في الـMAP نتيجة لتوافر أفلام تجارية لما يعرف بالتغليف النشط (active packaging)، على سبيل المثال، أفلام البوليمر (polimer films) التي أصبحت أكثر نفاذا لغازات التنفس عندما تكون درجات الحرارة عالية (Day and Gorris, 1993). قد يشمل التغليف مكونات تبعد الرائحة (aroma) أو الروائح غير المقبولة وتكسح الأكسجين (O_2 scavenge) والإيثايلين أو بخار الماء، أو تنفث (emit)

ثاني أكسيد الكربون أو أبخرة مواد حافظة أخرى (Robertson, 1991, Wills *et al.*, 1998) (other preservative vapours). قد يكون لتركيبات الغازات الابتكارية (الجديدة novel gas) (combinations) مثل الأكسجين والأرجون (argon) أو النيون (neon) استخدامات مفيدة في هذا الحقل (Day, 1996).

(٧,١٣,٢) تقنيات على خط الإنتاج للتدريج غير المتلف وتقييم فترة الصلاحية

On-line Technologies for Non-Destructive Grading and Shelf-Life Evaluation

سوق آخر ذو أهمية متعاظمة هو سوق (المأكولات) الجاهزة للأكل (ready-to-eat market) حيث تقود/توجه بطاقة المنتج (product label) المستهلك ليتوقع فاكهة ناضجة نضوجاً تاماً وصالحة للاستهلاك الفوري (immediate consumption). ولضمان جودة (تجعل المنتج) منتجا جيدا للأكل (good eating quality) مع تقليل فواقد ما بعد الحصاد، يلزم تطوير أجهزة اختبار جودة غير متلفة وعملية (robust non-destructive quality testing equipment) لتستخدم في خطوط التعبئة والتغليف. سيستخدم هذا النوع من الأجهزة للكشف عن العيوب الخارجية والداخلية، أيضاً، وبذلك، يتم تقليل تكاليف العمالة (Labor costs) في بيت (مصنع) التعبئة (packhouse).

العلوم الفيزيائية التي تقف خلف كثير من التقنيات غير المكلفة، لتقييم الجودة الداخلية للمحاصيل الطازجة، مثل استخدام الأشعة تحت الحمراء القريبة (near infrared) وتشتت أشعة إكس (x-ray scattering) والرنين الصوتي (acoustic resonance) ... إلخ، تعتبر مفهومة جيداً (Chen and Sun, 1991). إن الهدف من تحويل العلوم إلى تقنيات قابلة للاستخدام التجاري داخل قطاع المحاصيل الطازجة قد أثبت أنه أمر محير وصعب (غير قابل للتحقيق). قد تقاس عوامل النكهة، مثل محتوى السكر في النهاية وبشكل روتيني، باستخدام الأشعة القريبة تحت الحمراء (Peiris *et al.*, 1999). قد يتم تقييم مستويات رائحة/ نكهة (aroma profiles) الفواكه باستخدام تقنية الأنف

الإلكترونـي (electronic nose technology) اعتمـاداً علـى التحاليـل الإلكترونيـة (البوليميرية (polymer arrays)) الـتي لهـا حساسية للمركبـات الطيـارة (sensitive to volatile compound) (Russell, 1995). في أوقـات تـأليف هـذا الكتـاب، كـان وقـت استجابة (response time) هذا الجهاز بطيئاً جداً، مما يجعله غير عملي الاستخدام (to be of practical use)، بمعنى آخر، أنه يعمل في حدود دقائق عوضاً عن أن يكـون عملـه في ثـوانٍ. يمكـن تضـمين بعـض هـذه المعلومـات الإضـافية في البطاقـة الموجـودة علـى خـط الإنتاج (on-line)، ربما الإفادة عن فترة الصلاحية المتوقعة والنسبة المئوية لمحتوى السكر لكل منتج بمفرده.

تتطـور تطبيقـات (اسـتخدامات) الرؤيـة الآليـة (machine vision application) للكشـف عـن التشـوهات الخارجيـة بـاطراد لتصـبح تجاريـة (Tillett, 1991, Yang, 1992) (toward commercialization). ومن بين التقنيات الجديدة الـتي تم تطويرهـا للكشـف غـير المتلـف، عـن العيـوب الداخليـة تومـوغرافيـا أشـعة إكـس (التصـوير المقطعـي بأشـعة X) المعتمـدة أو المدعومـة بالحاسـب الآلـي (computer-aided x-ray tomography) والتصـوير بالرنين المغناطيسي الذري (nuclear magnetic resonance (NMR) imaging). وتعتمد هذه التقنيـات علـى قيـاس الفروقـات في كثافـة الأنسـجة أو حركـة البروتونـات (proton mobility)، علـى التـوالي. ويمكـن أن تسـتخدم، علـى سـبيل المثـال، للكشـف عـن التجـاويف cavities، أو تمـزق (انفجـار) الأنسـجة (tissues disruption) الـذي تسـببه الحشـرات، أو تطـور الأمـراض، أو الاعـتلالات في أطوارهـا المتـأخرة (developmental disorders) (Wills *et al.*, 1998).

(٧,١٣,٣) استبدال المواد الكيميائية ما بعد الحصاد

Replacements for Post-Harvest Chemicals

يوجد في كثير من الأقطار اتجاه قوي نحو خفض أو تقليل اسـتخدام الكيميائيـات في البسـتنة (horticulture)، بمـا في ذلـك اسـتخدام مبيـدات فطريـات مـا بعـد الحصـاد

ومثبطات التبرعم ومضادات الأكسدة للسيطرة على مرض السفح أو الاحتراق (scald control). ويتزايد استعداد المستهلكين لدفع مبالغ أكبر للمنتجات العضوية (organic products)، ويشجع قطاع البيع بالتجزئة هذا التوجه (Geier, 1999). وعامل آخر، وربما الأهم في توجه خفض استخدام كيميائيات ما بعد الحصاد، هو تصاعد (زيادة) تكاليف صناعة الكيميائيات الزراعية فيما يتعلق بتسجيل (registration) مبيدات الآفات الجديدة (new pesticides) أو إعادة تسجيل (re registration) المبيدات المستخدمة حالياً (Crossley and Mascall, 1997). يعتبر سوق استخدام مبيدات آفات ما بعد الحصاد للفواكه والخضراوات سوقاً صغيراً جداً مقارنة باستخدامات ما قبل الحصاد لمحاصيل العالم الرئيسة (major world crops) مثل الحبوب (cereals) والحبوب الزيتية (oilseed crops). ألغى كثير من المنتجين اختيارياً (voluntarily deregistered) كثيراً من منتجاتهم المسجلة للاستخدام ما بعد الحصاد، و تم إلغاء تسجيل منتجات أخرى من قبل الجهات النظامية (regulatory bodies)، على أساس البيانات الصحية وبيانات المأمونية الجديدة (new health and safety data). في عام ١٩٩٤م بدأ الاتحاد الأوروبي (EU) عملية الاتفاق (harmonizing) على تحديد أقصى مستويات البقايا (maximum residue levels (MRLs)) كتوليفة لكل محصول/ مكون نشط مبيدات (crop/ pesticide active ingredient) يتم استخدامه عبر أقطار الاتحاد. وحيث توجد كيميائيات خارج التسجيل (الترخيص) (out of patent) ولا ترغب الشركة المنتجة للمادة الكيميائية (chemical company) في دفع تكاليف متطلبات البيانات الجديدة، فإن المكون/ المكونات الفعالة (active ingredient) قد تم منعها (banned). إن تبعات أوضاع استخدام هذه المبيدات في أوروبا (implications of this pesticide harmony in Europe) أمر جدي وشديد الخطورة للصناعة البستانية الأوروبية (European horticulture industry) وبالمثل للمزارعين الدوليين (International growers) المصدِّرين لأوروبا (Exporting to Europe) (Aked and Handerson, 1999).

ومـن الواضـح أن قطـاع المحاصـيل الطازجـة يحتـاج، بشـكل عاجـل، بـدائل لكيميائيات ما بعد الحصاد، وإن تطورات هـذه التقنيـات سـتنمو في المسـتقبل. ومـن بـين التقنيات المستخدمة حالياً (أو التي تتطور) تقنيـة التخـزين في جـو معـدل (MAP)، علـى سبيل المثال، معالجة مرض السفح في التفاح (scald apples) (Dover, 1997)، والمعالجات الفيزيائية مثل الحرارة (Barkai- Golan and Phillips, 1991)، واستخدام عوامل السيطرة الحيويـة (biocontrl agents) (koomen, 1997) والكيميائيـات الطبيعيـة (natural chemicals)، مثـل المستخلصـات النباتيـة (plant extracts) وطـرق اسـتحثاث المقاومـة الطبيعية لأمراض (natural disease resistance) المحاصيل، مثل تطبيقـات الأشـعة فـوق البنفسجية (Joyce and Johnson, 1999).

أحد الكيميائيات الجديدة، والذي سيحصل على موافقة باسـتخدامه مسـتقبلاً، على المحاصيل الطازجة، هو المثبط الغـازي (gaseous inhibitor) لتـأثير الإيثلين، أي الـ ١- ميثايـل سـايكلوبروبين ((I-MCP) 1-methylcyclopropene). يثبط الـ I-MCP إنضـاج الفواكه اللكليماكترية (التي تكون في مرحلة تحـول حرجـة، (climacteric fruit)) وشـيخوختها المحفزة بالإيثلين (ethylene-stimulated senescence)، ويكـون هـذا المركـب فعـالاً عنـد تركيـزات منخفضة جداً (جزء من البليون) (Serek *et al.*, 1995).

(٧,١٣,٤) زيادة التركيز (الاهتمام) بالجوانـب الصـحية لاسـتهلاك المحاصـيل الطازجـة

Increased Emphasis on Health Aspects of Fresh Produce Consumption

شجع المستشارون التغذويون الحكوميون المستهلكين، منـذ وقـت بعيـد، علـى زيادة استهلاك المحاصيل الطازجة، استناداً إلى أن هـذه الأغذيـة مصـادر غذائيـة حيويـة لعناصر معدنية وفيتامينات معينة. وعلى أي حـال، يُعتقـد الآن علـى نطـاق واسـع، أن

استهلاك مستويات عالية من المحاصيل الطازجة قد يمنع أمراضاً قاتلة، مثل السرطان وأمراض القلب (Joshipura *et al.*, 2001, Wallstorm *et al.*, 2000).

وحيث إن مزيداً من التطورات والتقدم قد تم في فهم العلاقة بين الغذاء والمرض، فمن المحتمل أن تصبح القيمة التغذوية للفواكه والخضراوات عامل جودة مهماً. وعليه، فإن المحافظة على المكونات الكيميائية المفتاحية (الأساسية) التي لها فوائد صحية معينة، خلال كل فترة التخزين، يشكل تحديات إضافية لتقنيي ما بعد الحصاد (post-harvest technologist).

(٧,١٣,٥) الفواكه والخضراوات المحورة وراثياً

Genetically Modified (GM) Fruit and Vegetables

بالرغم من تحفظات الجمهور فيما يتعلق بتقبلهم للمحاصيل المحورة/المهندسة وراثياً، إلا أنه من المنظور والمحتمل أن تتوافر المنتجات المحورة وراثياً (مثل المتغير لونها (altered color) ونكهتها أو خصائصها التغذوية) في الأسواق في المستقبل. قد تتغير الخواص الجديدة في منتج ما لاستجابته للتخزين مما يتطلب معالجات جديدة للمحافظة على جودته. وقد وجهت التغيرات الوراثية مسبقاً، نحو خفض تغيرات الجودة غير المرغوبة. إن أول منتج محور وراثياً تم تسويقه هو طماطم الفلافرسافر (Flavrsavr tomato) والذي تمت هندسته باستخدام تقنية الآر إن أ (غير المحسوسة) (antisense RNA technology)، وذلك من أجل خفض مستويات عديد الجالاكتيورينيز (polygalacturonase) (Fuchs and Perlak, 1992). وقد أدى هذا التحوير إلى إطالة فترة صلاحية الطماطم بمنع التليين الزائد (excessive softening) الذي يصاحب النضج المفرط الزائد (over-ripening). وقد عولجت فواكه أخرى، مثل الطماطم والبطيخ، لخفض تصنيع الإيثلين.وقد يكون لهذه الفواكه فترات صلاحية ممتدة بدرجة كبيرة. وقد عولجت قابلية الفواكه للتلف واعتلالات ما بعد الحصاد في كثير من المحاصيل، على

سبيل المثال، فقد تم خفض نشاط أنزيم البولي فينول أُكسيديز (polyphenol oxidase activity) في الطماطم (Bachem *et al.*, 1994) وإزالة الحساسية (القابلية) للخدش (removing sinsitivity to bruising). وتسعى أبحاث أخرى حول العالم لنفس الفعل في مدى واسع من المحاصيل، تشمل الأناناس (pineapples) والتفاح والخس والعنب، وذلك لمنع مدى من تفاعلات الاستمرار (range of browning reactions) التي تصاحب الجروح الفيزيائية والفسيولوجية (Thwaites, 1995). وهناك طرق أخرى يمكن بها تمديد فترة صلاحية المحاصيل الطازجة، وراثياً، على سبيل المثال، بتحفيز تصنيع المركبات المضادة للميكروبات (synthesis ant microbial compounds).

(٧,١٤) الاستنتاجات
Conclusions

قطاع المحاصيل الطازجة سوق نامٍ تحركه تحسينات الجودة والتنوع والتوافر طوال أيام السنة. على الصناعة أن تلبي، بصفة دائمة، متطلبات الجودة العالية، وأن يترافق ذلك مع تكاليف العمالة (labor cost) العالية والاهتمام بخفض المدخلات الكيميائية (chemical inputs)، وذلك في حالة ما قبل وما بعد الحصاد ومتطلبات السوق للمنتجات المحضرة الجاهزة (ready prepared products). ومن أجل استمرار النمو، على الصناعة أن تكون مستعدة لتطبيق مدى واسع من التقنيات لتمكنها من تمديد فترة صلاحية (المنتجات) مع المحافظة على الجودة؛ لذا، هناك حاجة للأبحاث والتطوير المستمرين وعلى نطاق العالم، وذلك لإيجاد طرق محسنة لزيادة ثباتية وفترة صلاحية الفواكه والخضراوات. وقد يتحقق كسب ثقة المستهلك، وقد يكون التحوير الوراثي (الهندسة الوراثية) مفتاح التغيرات الدراماتيكية في معالجات فترة صلاحية المنتجات الطازجة في المستقبل.

ويمكن استنتاج أن الذين يرغبون في تحسين السيطرة على جودة المنتجات الطازجة يحتاجون لقاعدة واسعة من المعرفة والعلم، تشمل جوانب فسيولوجيا البستنة (horticulture physiology) والكيمياء الحيوية وأمراض النبات (plant pathology) والبيولوجيا (الأحياء) الجزيئية (molecular biology). ويحتاجون، أيضاً، أن يعتادوا على مدى واسع من التقنيات والإستراتيجيات الإدارية (management strategies) تتراوح من خيارات التعبئة والتغليف (packaging options) إلى إدارة سلاسل التبريد (cool chain management). وما زالت المحافظة على جودة المنتجات الطازجة باقية كتحدٍّ لكل من أسواقها وصناعاتها، ولكن في نفس الوقت باقية كنشاط فاتن ساحر (رائع) (fascinating activity).

(٧,١٥) مصادر المعلومات المستقبلية والنصح
Sources of Future Information and Advice

(٧,١٥,١) المنظمات (المؤسسات) البحثية Research Organization

بسبب العدد الكبير للمنظمات التي تجري أبحاثاً في جودة المنتجات الطازجة على نطاق العالم، فقد حد المؤلف المراجع بالمؤسسات البريطانية فقط (UK. establishments). والمنظمات التالية مهتمة ومشغولة بالأبحاث المتعلقة بالتخزين وفترة صلاحية المحاصيل الطازجة. وقد تقدم المنظمات التي ما زالت في القطاع العام (public sector) (يصرف عليها بدرجة ما)، بعض النصائح والمعلومات مجاناً. وأما تلك التي تصرف عليها الصناعة بدرجة كبيرة، فإنها عادة ما تقدم المعلومات بالمقابل المادي، وقد تقدم البيانات العلمية للذين يدفعون من الأعضاء: Campden and Chorleywood Food Research Association, Chipping Campden, Glouces Tershire GL 55 6 LD, UK: تقدم هذه المنظمة البحثية التي ترعاها الحكومة والصناعة، برامج

أبحاث وتدريب في جوانب تعبئة وتغليف المحاصيل الطازجة في جو معدل (MAP) وجوانب الهاسب HACCP.

Institute of Food Research, Norwich Research Park, Colney, Norwich HR4 7UA, UK: وهذه منظمة أبحاث تتلقى هبات (grants) من مجلس الأبحاث العلمية الحيوية والتقنية الحيوية (Biotechnology and Biological Sciences Research) Council، تقوم بإجراء أبحاث أساســـــية وإستراتيجية في قضايا مأمونية الأغذية (food safety) والجودة والتغذية والكيمياء.

منظمة أبحاث البساتين العالمية (المكتب الرئيسي) ويليسبورن Horticulture: Research International (Headquarters), Wellesbourne هذه منظمة أبحاث حكومية متعددة المواقع (multisite) لها عدة مجموعات تجري أبحاثاً لزيادة وتمديد قدرة تخزين فواكه وخضروات المملكة المتحدة.

جمعية ليذرهيد لأبحاث الأغذية (لجنة الفواكه الخضراوات) Leatherhead Food Research Association (Fruit and Vegetable Panel) Randalls Road, Leatherhead, Surrey KT22 7RY, UK: هذه منظمة أبحاث ترعاها الصناعة، ولها لجنة لمنتجات الفواكه والخضراوات وبعض برامج جمعية أصحاب الشحن المبرد لأبحاث التدريب المتعلقة بصناعة المحاصيل الطازجة.

Ship owners Refrigerated Cargo Research Assocation, 140 Hewmarket Road, Cambridge CB5 8HE, UK: وهذه جمعية ترعاها الصناعة وتجري أبحاثاً في السلع المشحونة التي تشمل المحاصيل الطازجة.

معهد سيلسو للأبحاث Silsoe Research Institute, Wrest Park, :Silsoe, Bedford MIC45 4HS, UK ويتم الصرف على هذا المعهد من قبل الحكومة، ويجري أبحاثاً متعلقة بالخواص الفيزيائية للمحاصيل الطازجة وتقنيات الاختبارات غير المتلفة

(nondestructive testing techniques) وتقنية الرؤية الآلية (machine vision technology) للحصاد، وتدريج المنتجات البستانية.

منظمات القطاع الجامعي (University Sector Organization): معروفة للمؤلف أنها تجري أبحاثاً و/ أو تقدم تدريباً في جوانب تمديد فترة صلاحية المنتجات الطازجة:

Grandfield University at Silsoe (Post Harvest Technology Laboratory) Silsoe, Bedford MK45 4DT, *Natural Resources Institute* (Postharvest Horticulture Group), University of Greenwich, Chatham, kent ME4 4TB, *Notingham University* (plant sciences Division), Sutton Ponnington Campus, loughborough LE12 5RD; *Reading University* (Department of Agricultural Botany), Reading, Berkshire RG6 6AS; *Scottish Agricultural Collage* (Food Systems Division), Craibstone Estate, Buckburn, Aberdeen AB21 9YA; *Writtle College*, University of Essex, Chelmsford, Essex CMI 3RR; *Wye college*, University of London (Department of Agriculture and Horticulture), Ashford, kent TH25 5AH.

(٧,١٥,٢) مصادر مكتوبة وإلكترونية Written and Electronic Sources

يجب الرجوع للكتب التالية للاسترجاع والنظر في بيولوجيا المحاصيل الطازجة وتقنيات ما بعد الحصاد المناسبة، للفواكه والخضراوات.

Kader, 1992; kays, 1991; Thompson, 1996, Weichmann, 1987, Wills *et al.*, 1998.

تنشر مجلات الـ *Post Harvest Biology and Technology* والـ *Scientia Horticulture* (Elsevier) والـ *Postharvest News and Information* (CABI Publishing) أوراقاً علمية في المحاصيل البستانية (horticultural produce). ويمكن إيجاد أوراق استرجاعية ومستخلصات لأوراق مناسبة (للموضوع) في منشورات الـ سي أب العالمية (CAB International publication) ومنشورات الـ *Postharvest News and Information* Center.

أنشأ الـ Postharvest News and Information Center، Department of Pomology, University of California, Davis, CA, USA. موقع الشبكة (الموقع الإليكتروني) التالي، والذي يوفر/يقدم حقائق حول المنتجات (المحاصيل) (produce fact sheet)، وحول خصائص تخزين الفواكه والخضراوات الطازجة وظروف تخزينها الموصى بها، ونشر

حقائق (fact sheets) حول الاعتلالات الفسيولوجية للفواكه والخضراوات . والموقع هو : http://postharvest. ucdavis. edu/.

وقد تم وضع كثير من المعلومات حول ما بعد الحصاد في الموقع الإليكتروني للفاو (FAO website) : http://www.fao.org/inpho/. يمكـن للمشـتركين في قائمـة بريـد مجلـة مـا بعـد الحصاد (Subscribers to Postharvest Mailing List) أن يتبادلوا المعلومات مع غيرهم من مستخدمي الموقع. والتواصل مع posth@ hra.marc.cri.nz.

(٧,١٦) المراجع

References

AKED J and HENDERSON D (1999) 'Responding to the pesticide challenge', *Fresh Produce J*, 18 December, 6.

ANON (1984) 'Bitter pit development and control in apples' , *Deciduous Fruit Grower*, 34, 61-3.

BACHEM C W B, SPECKMANN G-J, VAN DER LINDE P C G, VERHEGGEN F T M, HUNT M D, STEFFENS J C and ZABEAU M (1994) 'Antisense expression of polyphenol oxidase genes inhibits enzymatic browning in potato tubers', *Bio-Technology*, 12,1101-5.

BALLS R C, GUNN J S and STARLING A J (1982) *The National Potato Damage Awareness Campaign*, London, UK, Potato Marketing Board, 32 pp.

BARKAI-GOLAN R and PHILLIPS D J (1991) 'Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control', *Plant Disease*, **75** (11),1085-9.

BEATTIE B B, MCGLASSON W B and WADE N L (1989) *Postharvest Diseases of Horticultural Produce, Volume* 1. *Temperate fruit*, Melbourne, Australia, CSIRO Publications, 84 pp.

BEN YEHOSHUA S (1987) 'Transpiration, water stress and gas exchange', in *Postharvest Physiology of Vegetables*, ed Weichmann J, New York, Marcel Dekker, Chapter 6, 113-70.

BEUCHAT L R (1992) 'Surface disinfection of raw produce', *Dairy Food and Environ Sanitation*, **12** (1), 6-9.

BIALE J B (1960) 'Respiration of fruits', *Encyclopaedia Plant Physiol*, 12, 536-92.

BURTON W G (1989) *The Potato*, 3rd edition, Harlow, UK, Longman Group, 742 pp.

BURTON W G, VAN ES A and HARTMANNS K J (1992) 'The physics and physiology of storage', *The Potato Crop*, ed. Harris P, London, Chapman and Hall, Chapter 14, 608-727.

CHEN P and SUN Z (1991) 'A review of non-destructive methods for quality evaluation and sorting of agricultural products' *J Agric Eng Res*, 49, 85-98.

CLARKE B (1996) 'Packhouse operations for fruit and vegetables', in *Postharvest Technology of Fruits and Vegetables*, ed Thompson A K, Oxford, Blackwell Science, Chapter 7, 189-218.

openkanal.com

COATES L, COOKE T, PERSLEY D M, BEATTIE B B, WADE N and RIDGEWAY R (1995) *Postharvest Diseases of Horticultural Produce, Volume* 2: *Tropical Fruit*, Brisbane, Australia, Queensland Department of Primary Industries, 86 pp.

CROSSLEY S J and MASCALL R P (1997) 'Pesticide residues - UK and EC legislation', *Postharvest News and Information*, 8 (3), 23-6N.

DAY B (1996) 'Novel MAP for fresh prepared produce', *Eur Food Drink Rev*, Spring, 73-80.

DAY B and GORRIS L G M (1993) 'Modified atmosphere packaging of fresh produce on the West-European market', *Internat Food Manufact, ZFL*, **44** (1/2), 32-7.

DENNIS C (1983) *Post-harvest Pathology of Fruits and Vegetables*, London, Academic Press, 264 pp.

DENNISON R A and AHMED E M (1975) 'Irradiation treatment of fruits and vegetables' , *Symposium: Postharvest Biology and Handling of Fruits and Vegetables*, Westport, Connecticut, AVI Publishing Company, 118-29.

DOVER C J (1989) 'The principles of effective low ethylene storage', *Acta Horticulturae*, 258, 25-36.

DOVER C J (1997) 'Strategies for control of scald without the use of chemical antioxidants' , *Postharvest News and Information*, 8 (3), 41-3N.

ECKERT J W and OGAWA J M (1988) 'The chemical control of postharvest diseases: Deciduous fruits, berries, vegetables and root/tuber crops', *Ann Rev Phytopathol*, 26, 433-69.

ECKERT J W and OGAWA J M (1990) 'Recent developments in the chemical control of postharvest diseases', *Acta Horticulturae*, 269, 477-94.

EKSTEEN G J (1998) 'Transport of fruit and vegetables', in *Food Transportation*, eds Heap R, Kierstan, M and Ford G, Glasgow, Blackie Academic and Professional, Chapter 6, 111-28.

FEMENIA A, SANCHEZ E S and ROSSELLO C (1998) 'Effects of processing on the cell wall composition of fruits and vegetables', *Recent Res Developments in Nutrition Res*, 2, 35-46.

FOSTER A (1991) 'Consumer attitudes to irradiation', *Food Control*, 2,8-12.

FRANCIS F J (1980) 'Colour quality evaluation of horticultural crops', *Hortic Sci*, 15, 58.

FRITH J (1991) *The Transport of Perishable Foodstuffs*, Cambridge, Shipowners Refrigerated Cargo Research Association, 55-6.

FUCHS R L and PERLAK F J (1992) 'Commercialization of genetically engineered plants', *Curr Opinion in Biotechnol*, 3, 181-4.

GEIER B (1999) 'Organic trade is a growing reality', *Food and Drink Exporter*, 10, 12.

HARPER K A, BEATTIE B B, PITT J I and BEST D J (1972) 'Texture changes in canned apricots following infection of the fresh fruit with *Rhizopus stolonifer', J Sci Food Agric*, 23,311-20.

HIDE G A and CALEY G R (1987) 'Effects of delaying fungicide treatment and of curing and chlorpropham on the incidence of skin spot on stored potato tubers' , *Annal Appl BioI*, 110,617-27.

HOFMAN P J and SMITH L G (1994) 'Preharvest effects on postharvest quality of subtropical and tropical fruit', in *Postharvest Handling of Tropical Fruits*, International Conference, eds Champney BR, Highley E and Johnson G I, Canberra, Australia, ACIAR, 261-8.

ITC (1988) *Manual on the Packaging of Fresh Fruits and Vegetables*, International Trade Centre, UNCTAD/GATT Geneva.

JIMENEZ A, GUILLEN R, FERNANDEZ-BOLANOS J and HEREDIA A (1997) 'Factors affecting the "Spanish green olive" process: their influence on final texture and industrial losses', *J Agric Food Chem,* 45, 4065-70.

JOSHIPURA K J, HU F B, MANSON J E, STAMPFER, M J, RIMM E B, SPEIZER F E, COLDITZ A U, ASCHERIO A, ROSNER B, SPIEGELMAN D and WILLETT W C (2001) 'The effect of fruit and vegetable intake on risk for coronary heart disease' , *Annal Int M ed,* 134, 11 06-14.

JOYCE D C and JOHNSON G I (1999) 'Prospects for exploitation of natural disease resistance in harvested horticultural crops', *Postharvest News and Information,* 10 (3), 45-8N.

KADER A A (1985) 'Ethylene induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops', *HortScience,* 20, 54.

KADER A A (1992) *Postharvest Technology of Horticultural Crops,* University of California, Publication 3311, 296 pp. KADER A A (1997) 'A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than apples and pears', *7th International Conference Controlled Atmosphere Research CA* '97, *Volume* 3: *Fruits other than apples and pears,* Davis, California, USA, 1-34.

KADER A A, ZAGORY D and KERBEL E L (1989) 'Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables', *Crit Rev Food Sci Nutr,* 28 (1), 1-30.

KASMIRE R F and THOMPSON J F (1992) 'Selecting a cooling method', in *Postharvest Technology of Horticultural Crops,* ed Kader AA, University of California, Publication 3311, Chapter 8 (III), 63-8.

KAYS S J (1991) 'Metabolic processes in harvested products' in *Postharvest Physiology of Perishable Plant Products',* New York, Van Nostrand Reinhold, 75-142.

KESTER J J and FENNEMA 0 R (1986) 'Edible films and coatings: a review', *Food Technol,* **40** (12), 47-59.

KNEE M, PROCTOR F J and DOVER C J (1985) 'The technology of ethylene control: use and removal in postharvest handling of horticultural commodities', *Annal Appl Biol,* **107** (3), 571-80.

KOOMEN I (1997) 'Biological control of postharvest diseases on fruit', *Postharvest News and Information,* 8 (3), 33-7N.

LAWLESS T H and HEYMANN H (1998) *Sensory Evaluation of Food - Principles and Practices,* London, Chapman & Hall.

LUND B M (1983) 'Bacterial spoilage', in *Post-harvest Pathology of Fruits and Vegetables,* ed Dennis C, Academic Press, Chapter 9, 219-57.

MACNISH A J, JOYCE, DC and SHORTER A J (1997) 'A simple non-destructive method for laboratory evaluation of fruit firmness', *Austral J Exp Agric,* **37,** 709-13.

MAFF (1996a) *EC Quality Standards for Horticultural Produce: Vegetables.*

MAFF (1996b) *EC Quality Standards for Horticultural Produce: Fresh Salads.*

MAFF (1996c) *EC Quality Standards for Horticultural Produce: Fresh Fruit.* MEHERIUK M (1990) 'Controlled atmosphere storage of apples: a survey', *Postharvest News and Information,* 1 (2) 119-21.

Minolta Co. Ltd. (1994) *Precise Colour Communication,* Minolta, Osaka 564, Japan, 49 pp.

MITCHELL E G (1992) 'Cooling methods', in *Postharvest Technology of Horticultural Crops,* ed Kader AA, University of California, Publication 3311, Chapter 8 (II), 56-62.

MORRIS L L and MANN L K (1955) 'Wound healing, keeping and compositional changes during curing and storage of sweet potatoes', *Hilgardia,* **24,** 143-83.

MORTON I D and MACLEOD A J (1990) 'Food flavours', in *The Flavour of Fruits,* Amsterdam, Elsevier, part C, 360 pp. O'CONNOR D (1979) *Onion Storage,* Grower Guides no. 2, London, Grower Books.

PATRICK R and HILL E C (1959) 'Microbiology of citrus fruit processing', *Bull Florida Agric Exp Station,* **618,** 62 pp.

PEIRIS K H S, DULL G G, LEFFLER R G and KAYS S J (1999) 'Spatial variability of soluble solids or dry-matter content within individual fruits, bulbs or tubers: Implications for the development and use of NIR spectrometric techniques', *HortScience,* **34,** 114-18.

PELEG K, BEN-HANAN U and HINGA S (1990) 'Classification of avocado by firmness and maturity', *J Texture Studies,* **21,** 123-39.

PHILLIPS C A (1996) 'Review: Modified atmosphere packaging and its effect on the microbiological quality and safety of produce', *Intemat J Food Sci Technol,* **31,** 463-79.

POLDERDIJK H W, TIJSKENS L M M, ROBBERS J E and VAN DER VALK H C P M (1993) 'Predictive model of keeping quality of tomatoes', *Postharvest Biol Technol,* **2,** 179-85.

PRANGE R, KALT W, DANIELS-LAKE B, LIEW C, WALSH J, DEAN P, COFFIN R and PAGE R (1997) 'Alternatives to currently used potato sprout suppressants', *Postharvest News and Information,* **8,** 37N-41N.

REID M S (1992) 'Ethylene in postharvest technology', in *Postharvest Technology of Horticultural Crops,* ed Kader AA, University of California, Publication 3311, Chapter 13, 97-108.

ROBERTSON G L (1991) 'The really new techniques for extending shelf-life', in *6th International Symposium, Controlled/Modified Atmosphere/Vacuum Packaging,* Princeton, NJ, USA, Schotland Business Research Inc, 163-81. RUSSELL P (1995) 'Sensory analysis', *Milk Ind Intemat,* **97** (5),11-12.

SALTVEIT M E and MORRIS L L (1990) 'Overview on chilling injury of horticultural crops', in *Chilling Injury of Horticultural Crops,* ed Wang C Y, Boca Raton, Florida, USA, CRC Press, 3-15.

SALUNKHE D K, BOLIN H R and REDDY N R (1991) 'Sensory and objective quality evaluation', in *Storage, Processing and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables. Volume I: Fresh Fruits and Vegetables,* Boston, CRC Press, Chapter 9, 181-204.

SCHOUTEN S P (1987) 'Bulbs and tubers', in *Postharvest Physiology of Vegetables,* ed Weichmann J, New York, Marcel Dekker, Chapter 31, 555-81.

SEREK M, SISLER E C and REID M S (1995) 'Methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruits, cut flowers and potted plants', *Acta Horticulturae,* 394, 337-45.

SHARPLES R 0 (1984) 'The influence of pre-harvest conditions on the' quality of stored fruits', *Acta Horticulturae,* 157, 93-104.

SHORTER A J, SCOTT K J and GRAHAM D (1987) 'Controlled atmosphere storage of bananas in bunches at ambient temperatures', *CSIRO Food Research,* 47 (3), 61-3. SNOWDON A L (1990) *A Colour Atlas of Post-Harvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables, Volume 1: General Introduction and Fruits,* Barcelona, Wolfe Scientific, 302 pp.

SNOWDON A L (1991) *A Colour Atlas of Post-Harvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables, Volume* 2: *Vegetables,* Barcelona, Wolfe Scientific, 416 pp.

SNOWDON A L and AHMED A H M (1981) *The Storage and Transport of Fresh Fruits and Vegetables,* UK, National Institute of Fresh Produce, 32 pp.

SWINBURNE T R (1983) 'Quiescent infections in post-harvest diseases', in *Post-harvest Pathology of Fruits and Vegetables*, ed Dennis C, London, Academic Press, Chapter 1, 1-21.

THOMPSON A K (1996) *Postharvest Technology of Fruits and Vegetables*, Oxford, Blackwell Science, 410 pp.

THOMPSON A K (1998) *Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables*, Wallingford, CAB International, 278 pp.

THOMPSON J F (1992) 'Storage systems', in *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, ed Kader AA, 2nd edition, University of California, Publication 3311, Chapter 9,69-78.

THWAITES T (1995) 'Wave goodbye to disco1oured fruit', *New Scientist*, 21 January, 24.

TILLET R D (1991) 'Image analysis for agricultural processes; a review of potential opportunities', *J Agric Eng Res*, 50, 247-58.

TUCKER G A (1993) 'Introduction', in *Biochemistry of Fruit Ripening*, eds Seymour G B, Taylor J E and Tucker G A, London, Chapman and Hall, 53-81.

VAN DER PLAS L H W (1987) 'Potato tuber storage: Biochemical and physiological changes', in *Potato. Biotechnology in Agriculture and Forestry* 3, ed Bajaj Y P S, Berlin, Springer Verlag, 109-35.

VAN DER VALK H C P M and DONKERS J W (1994) 'Physiological and biochemical changes in cell walls of apple and tomato during ripening', *6th International Symposium of the European Concerted Action Programme*, COST94, Oosterbeek, The Netherlands, 19-22.

WALLSTROM P, WIRFALTE E, JANZON L, MATTISSON I, ELMSTAHL S, JOHANSSON U and BERGLUND G (2000) 'Fruit and vegetable consumption in relation to risk factors for cancer: a report from the Malmo Diet and Cancer Study', *Public Health Nutr*, 3 (3), 263-71.

WANG C Y (1991) 'Reduction of chilling injury in fruits and vegetables', *Postharvest News and Information*, 2 (3), 165-8.

WEHNER wand KOHLER T (1992) 'A simple desorption device for gas chromatographic aroma analysis using the dynamic headspace technique', *Gartenbauwissenschaft*, 57 (3), 126-9.

WEICHMANN J (1987) *Postharvest Physiology of Vegetables*, New York, Marcel Dekker, 597 pp.

WILLS R, MCGLASSON B, GRAHAM D and JOYCE D (1998) *Postharvest. An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetable and Ornamentals*, Wallingford, CAB International, 62 pp.

YANG Q (1992) 'The potential for applying machine vision to defect detection in fruit and vegetable grading', *Agric Eng*, 47, 74-9.

obeikandi.com

obeikandl.com

الفصل الثامن

قياس جودة الفواكه والخضراوات الطازجة: الطرق البصرية المتقدمة

Measuring Fresh Fruit and Vegetable Quality: Advances Optical Methods

أر. كوبدو. آى. بفري. بي. تاروني و آى تبريسللي

R. Cubeddu, A. Puffery, P. Taroni and A. Tprricelli, politecnico diMilano

(٨,١) مقدمة

Introduction

لقد تم دراسة أو بحث قياس المطيافية بمعامل الانعكاس الإبصاري المنحل عبر الوقت [Time-resolved reflectance (TRS) spectroscopy] كتقنية جديدة غير مسبوقة وغير متلفة لتقييم جودة الفواكه، وكما أنها تستخدم على نطاق واسع للاختبارات غير المتلفة للفواكه والمنتجات الزراعية، تنتج الـ TRS عكس الطرق البصرية التقليدية تصنيفاً بصرياً تاماً (complete optical characterization) للعينة المختبرة من خلال تقدير آني لمعامل الامتصاص (absorption coefficient) ومعامل (التشتت) الانتقالي للضوء (transport scattering coefficient). ويتم هذا بتحليل الإضعاف والتخفيف (attenuation) والتوسيع (broadening) الذي يحدثه نبض ليزر قصير (short laser pulse) مع نموذج نظري مضبوط (proper theoretical model) ينتقل ويهاجر في وسط انتشاري

(diffusive medium) كما في معظم الفواكه. تمثل الخواص البصرية للفواكه نظاماً معقداً (complex system) ؛ لذا يتأثر الضوء (الإشعاع الكهرومغنطيسي electro magnetic radiation) بعوامل كثيرة عند تفاعله مع نسيج الفواكه. ويعتبر الامتصاص و(التشتت) تأثيرين معقدين (complex effects). وعلى أي حال، لتقريب أولي، فإن مؤشر أو عامل الامتصاص (absorption coefficient) يعتمد أساساً على المكونات النسيجية (tissue components) (الماء والكلوروفيل والسكريات)، بينما يعتمد مؤشر التشتت الانتقالي على التركيب النسيجي المجهري (tissue microscopic structure) أي الخلايا والألياف (cell & fibers). بالإضافة إلى ذلك، فإن المميزات المفتاحية (الأساسية) بمعامل للانعكاس المنحل عبر الوقت (TRS) المطبقة على الفواكه والخضراوات تشمل عدم الحساسية (insensitivity) للون القشرة وخواصها واختراق اللب والفواكه إلى عمق يفوق الـ ٢ سم.

يقدم القسم (٢. ٨) إلى (٦. ٨) الانتشار الضوئي (light propagation) في وسط انتشاري، كما يقدم أو يتحدث عن أسس قياس المطيافية للانعكاس الإبصاري المنحل عبر/ خلال الوقت (الـ TRS). إن وصف الأجهزة وتحليل البيانات لقياس المطيافية بمعامل الإنعكاس الإبصاري المنحل عبر الوقت (TRS) من الأمور المفيدة لفهم هذه التقنية الجديدة فهماً تاماً وكاملاً. ويعرض القسم (٧ و ٨) التصنيف البصري غير المتلف (non-destructive optical characterization) للفواكه.

تتواجد معلومات حول الطيف الامتصاصي والتشتتي (absorption and scattering spectra) لمختلف الفواكه. تمت دراسة المكونات النسيجية والتركيب النسيجي بتحليل الطيف الامتصاصي والطيف التشتتي بنظرية لامبيرت بيير Lambert-Beer theory وميى (Mie theory)، على التوالي. يعرض القسم (٨- ٨) التطبيقات الأولية

(preliminary applications) لهذه التقنية الجديدة. إن مراقبة النضج وتحديد/ التعرف على العيوب في الفواكه التامة (Intact fruits) يوضحان مقدرة الانعكاس المنحل عبر الوقت. ويناقش القسم (٩,٨) العلاقة بين الانعكاس المنحل عبر الوقت والاختبارات الآلية- الكيميائية القياسية (standard mechanical- chemical tests) لتقييم جودة الفواكه وإمكانية وضع مؤشر/ معامل للجودة البصرية (optical quality index). أخيراً، يعطي القسم (١٠,٨) مسحاً للأوراق العلمية وإصدارات المؤتمرات conference proceeding ومواقع الشبكة العنكبوتية (الإنترنت web sites) ذات العلاقة والأهمية.

(٨,٢) مميزات الطرق البصرية عبر الوقت
Advantages of Time-Resolved Optical Methods

عادة، تقييم الجودة الداخلية للفواكه والخضراوات باستخدام تقنيات متلفة، اعتماداً على تقييم الخصائص الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية (الآلية)، مثل الحموضة أو الجوامد الذائبة (soluble solids) (السكريات) والصلابة (firmness)، على التوالي. وبالضرورة يفرض هذا أن عينات قليلة قد تختبر، ومن ثم يمكن أن تعمم المعلومة المشتقة إلى دفعة الفواكه كلها. يمكن استخدام الطرق غير المخترقة (non-invasive methods) لتقييم الجودة على كل نوع بمفرده، حتى لو كان ذلك تكراراً، إذا اقتضت الضرورة، مع المميزات التجارية الواضحة. وبالتالي يزداد الاهتمام بالتطور واستخدام الطرق غير المتلفة لتقييم الجودة الداخلية وينمو باطراد، ليس فقط على نطاق مستوى البحوث الأساسية، ولكن بين الناس المنشغلين بالتوزيع في السوق، أيضاً.

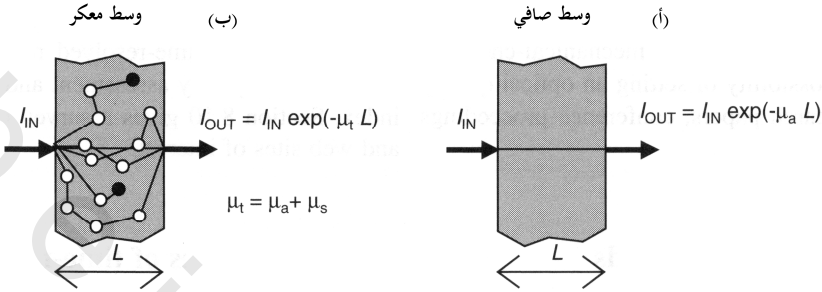
ولقد اقترحت مختلف التقنيات للإشارة إلى مختلف العوامل المرتبطة بالجودة في الفواكه[1]. على سبيل المثال، فقد تم التعرف على الأنثوسيانينات في الفراولة بتقنيات

التصوير الضوئي (photo acoustic techniques)[٢]. ولقد أثبتت الأنف الاصطناعية (artificial nose) مقدرتها على اكتشاف الكميات البسيطة من الكيميائيات المفرزة وفائدتها فيما يتعلق بجوانب الجودة المرتبطة بإنتاج الروائح (aroma producing)[٣] بالرغم من ندرة توافر المعلومات حول التطبيقات حالياً. لا تستطيع الموجات الصوتية أن تتغلغل عميقاً في لب معظم الفواكه، ذلك بسبب طبيعة الأنسجة المنفذة (porous nature of tissue)، ولكن يمكن الحصول على بعض النماذج الواعدة باستخدام الموجات الصوتية منخفضة التردد (low frequency ultrasounds)[٤]. ويبدو أن التصوير المغناطيسي الذري nuclear magnetic resonance واعد فيما يتعلق بالتخصصية (التحديدية specificity) و spatial resolution، [٥] ولكنه غير مناسب للاستخدام الحقلي (in-the-field) أو الإنتاج الكبير (mass application). لقد صممت تقنيات أخرى تستخدم الأشعة فوق البنفسجية ٤- ٤٠٠ نانوميتر (uv, 4-400 nm) أو الأشعة المرئية (VIS, 400- 700) والأشعة تحت الحمراء (near-infrared NIR, 700- 2500nm) وهي تقوم على قياس الإشارات المنعكسة من الأشعة المنتشرة كلياً من مختلف الأطوال الموجية (quality diffusely reflected signal at different wave lengths). وعلى سبيل المثال، استخدم uv/ vis لمركبات الكلوروفيل لدراسة نشاط التمثيل الضوئي (photosynthetic activity) إذ إن محتوى الكلوروفيل والقدرة الاصطناعية لعملية التمثيل الضوئي كثيراً ما ترتبط بالنضج أو العيوب. في الموقع المرئي في الطيف (الضوئي) (visible region of the spectrum)، استخدم قياس اللون colorimetry لتقدير لون قشرة الخوخ (peaches)[٦]، وفي منطقة الأشعة تحت الحمراء، فإن طيف الضوء- المعاد الابتعاث (re-emitted light) قد درس، أساساً، لتقدير المحتوى الكلي للسكر[٧].

وبالإشارة إلى التقنية الضوئية (optical technique)، فإن المعوق الأساسي هو أن كثافة قوة الضوء المبتعث انتشاراً تعتمد بقوة على لون القشرة؛ وبذلك تغطي على

المعلومات عن اللب. وبصفة خاصة، فإن الكثافة الكلية المعكوسة (total reflected intensity) تقدر بكل من خصائص الامتصاص والتشتت، وبطريقة أخرى، فإنه ليس من السهل فصل تأثيرات هذه الخصائص. للامتصاص والتشتت معلومات مميزة في الوسط. يقاس الامتصاص بالصبغات (pigments) ومكونات اللب التي تنتج ظواهر طيفية مميزة في منطقة الطيف المرئية ومنطقة الطيف للأشعة تحت الحمراء، على عكس ذلك، فإن الانتشار ناتج أو ينتج من تفاوت موضعي أو محلي للثابت الكهربي الثنائي (Local variation dielectric constant) داخل الوسط. تحول التغيرات الميكرسكوبية (المجهرية) في مؤشر الانكسار الضوئي (refractive index) الذي تسببه الأغشية والحويصلات الهوائية (air vacuoles) أو الجسيمات (organelles) مسارات الفوتون (photon paths)، وهي المسئولة في النهاية عن انتشار الضوء.

عند النظر أو إعطاء اعتبار لقياسات المطيافية الامتصاصية التقليدية في الهندسة التسديدية التوازنية (تسديد خط البصر في التلسكوب وجعله موازياً) (collimated geometry)، فإن النتائج ستواجه بحقيقة استحالة التمييز بين مظاهر الامتصاص والتشتت. إن الكثافة المارة (transmitted intensity) خلال وسط نقي صاف (clear medium) قد تربط بقانون لامبيرت (Lambert law to the absorption coefficient µa) حيث إن المسافة التي يقطعها الضوء في الوسط تساوي مسافة المصدر– المسافة المحددة إلـ (source-detector distancel) (انظر الشكل رقم ٨,١).



الشكل رقم (٨,١). امتصاص بالمطياف الضوئي في (أ) وسط صافي و (ب) وسط معكر: تشتت مسارات الفوتونات (O) ومراكز امتصاص (●).

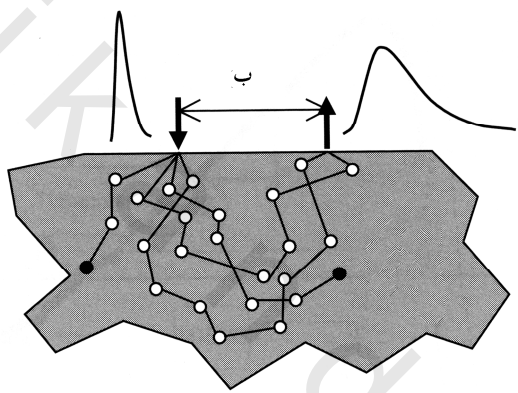
على عكس ذلك، فإن قياس كثافة في وسط انتشاري يولد معامل إضعاف attenuation coefficient μt المساوي لـ $\mu_a + \mu_s$ الذي يرمز لفقدان الفوتون بسبب الامتصاص والتشتت للفوتونات في اتجاهات تختلف عن الاتجاه الملاحظ.

يمكن أخذ تأثيرات التشتت في الاعتبار تماماً بالقياس المباشر لأطوال مسارات الفوتون (photon path length)، وحيث إن أطوال مسارات الفوتون ترتبط مباشرة بوقت العبور (time-of-flight) في الوسط، فإن الخيار الطبيعي هو إجراء القياسات البصرية مع الوقت (time-resolved measurements).

(٨,٣) أساس طريقة الانعكاس الإبصاري عبر الوقت
Principles of Time-Resolved Reflectance

لو نظرنا إلى حقن نبض قصير من الضوء أحادي الطول الموجي (monochromatic light) من خلال وسط انتشاري. وباستخدام وصف مبسط، قد يعتبر الوسط مكوناً من مراكز تشتتية (scattering centers) ومراكز امتصاصية (absorbing

centers) ويمكن اعتبار النبض الضوئي كحزمة من الجسيمات (stream of particles) المسماة فوتونات والمتدفقة بقوة (ballistically) من خلال الوسط. ومتى ما يقع الفوتون على مركز تشتتي فإنه يتغير في الاتجاه trajectory ويستمر في الانتشار في الوسط، حتى يعاد ابتعاثه (re-emitted) عبر الحدود (boundary)، أو أنه، في نهاية الأمر، يتم حجزه بواسطة مركز امتصاص (انظر الشكل رقم ٨,٢).



الشكل رقم (٨,٢). هجرة الفوتون في وسط عكر: طرق الفوتون، مراكز تشتتية (O) ومراكز امتصاصية (●).

إن القياسات المميزة لانتشار الضوء خلال الوسط الانتشاري هي طول الاستطارة أو التشتت الـ إس (scattering length ls) وطول الامتصاص (absorption length la) (واللذان يتم التعبير عنهما فعلياً أو نموذجياً بوحدات ملم (mm) أو سم (cm)، والتي تمثل متوسط المسار الحر للفوتون بين مرات حدوث تعاقب التشتت والامتصاص، على التوالي (photon mean free path between successive scattering events and absorption events, respectively). ويعادل ذلك، وهو الأكثر استخداماً، يمكن إدخال مؤشر أو معامل الاستطارة أو التشتت (scattering coefficient μs) الذي

يساوي ٨/ ls (أي الـ µs= (ls)$^{-1}$) ومعامل الامتصاص الذي يساوي ١/ la (أي الـ µs= (ls)$^{-1}$ absorption coefficient Ma) (والذي يعبر عنه نموذجياً بوحدات mm^{-1} أو cm^{-1}) ليرمزان أو يشيران لاحتمال التشتت/ في وحدة طولية واحتمال الامتصاص في وحدة طولية، على التوالي. ولإعطاء اعتبار لانتشار الفوتون غير- موحد الخواص (non-isotropic propagation of photons)، يستخدم معامل التشتت الفعال µs يساوي (١ – g) us (g =Hs (ua= (l- g) us) بصورة شائعة، حيث تمثل الـ g معامل تباين الخواص anisotropy factor أي متوسط جيب التمام (mean cosine) لزاوية التشتت.

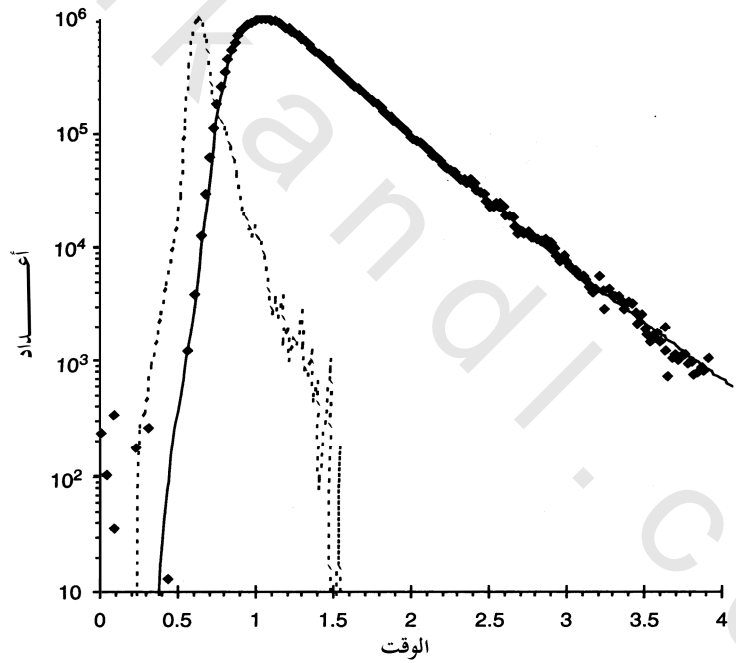
في وسط انتشاري (diffusive medium) يتكون تشتت الضوء في منطقة الطيف المرئي والقريب من الأشعة تحت الحمراء visible and near infrared spectral أقوى طبيعياً من امتصاص الضوء، حتى إذا لم يكن بالإمكان تجاهل الأخير. ويلزم هذا بأن يحدث للضوء تشتت عدة مرات قبل أن يمتص، أو يتم إعادة ابتعاثه من الوسط. ولذا، فإن هذه الظاهرة تعرف بتعدد تشتت الضوء (multiple scattering of light). وتعطى هذه الظاهرة في وسط انتشاري عدم التأكد أو الثقة في طول المسار (path length) المهاجر بواسطة الفوتونات في الوسط. لذا يعبر عن انتشار الضوء في الوسط عكر (turbid medium) بمصطلح هجرة الفوتونات[٨] (photon migration).

بعد حقن الموجات النبضية الضوئية (injection of light pulse) في وسط عكر، فإن التوزيع المؤقت (temporal distribution) للفوتونات المعادة الابتعاث على مسافة ب (ρ) (انظر الشكل رقم ٨,٢) من نقطة الحقن سيتأخر، ويتوسع (broadened) ويضعف (attenuated).

ويوضح (الشكل رقم ٨,٣) منحنى نموذجياً لانعكاس إبصاري منحل عبر الوقت typical time-resolved reflectance curve. وللتقريب الأولي (first approximation)،

openkanal.com

فإن التأخير يكون نتيجة للوقت المحدد (finite time) الذي يأخذه الضوء ليهاجر (أو يقطع) المسافة بين المصدر والكاشف (distance between-source & detector). ويكون التوسع، أساساً، بسبب المسارات المختلفة التي تتخذها الفوتونات نتيجة للتشتت المتعدد. وأخيراً، يكون الإضعاف؛ لأن الامتصاص يقلل من احتمالية الكشف عن الفوتون، ويقلل الانتشار في اتجاهات أخرى خلال الوسط من عدد الفوتونات المكتشفة في الاتجاه المعني أو تحت الاختيار.



الشكل رقم (٨,٣). منحنى (TRS) التجريبي (المعين)، منحنى IRS (الخط المتقطع) ومنحنى أفضل محاكاة رياضية لنظرية الانتشار (الخط السميك).

(٨,٤) الأجهزة واستخداماتها Instrumentation

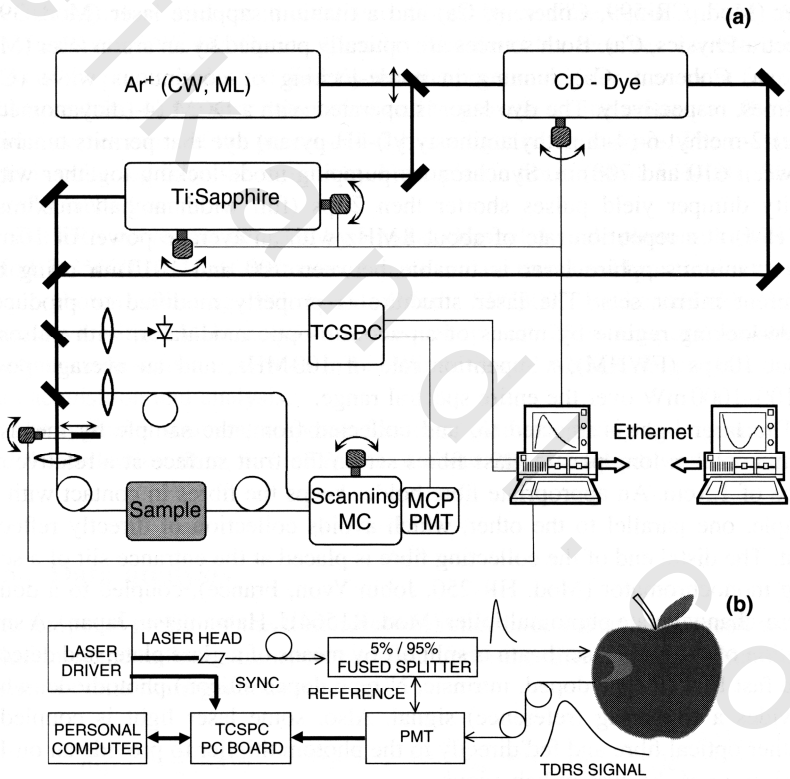
(٨,٤,١) هجرة الفوتونات Photon Migration

يعتمد قياس هجرة الفوتونات في حقل (حيز) الوقت (time domain) على القدرة على استخلاص المعلومات المرمزة (المشفرة) في التوزيع المؤقت للضوء معاد الابتعاث بعد حقن موجات نبضية أحادية الطول الموجي في وسط انتشاري. تحدد القيم النموذجية للقياسات الضوئية في الجزء الأحمر، والجزء القريب من الأشعة فوق الحمراء للطيف الكهرومغناطيسي، التدريج الزمني timescale لإحداث هجرة الفوتونات في مدى ١- ١٠ إن إس (ns) وبمعدل ثابت للمكتشف لحقن الطاقة (ratio of detected to injected power) عند حوالي ٨٠ دي ب (٨٠ dB).

إن الأساسيين الرئيسيين في تصميم نظام لقياسات الإبصار المنحل عبر الوقت TRM هما الإظهار (التبيان) المؤقت (temporal resolution) والحساسية العالية (high sensitivity). ويتأثر الإظهار المؤقت، أساساً، بعرض موجات الضوء النبضية وباستجابة آلة الكشف (المكتشف) detection apparatus. يتوافر في الوقت الحاضر النبض الليزري (pulsed lasers) الذي ينتج موجات نبضية قصيرة ١٠- ١٠٠ ب إس (١٠- ١٠٠ ps) وموجات فائقة القصر (10 (ultra-short- ١٠٠ إف إس (١٠- ١٠٠ fs) بتكرار ذبذبات تصل إلى ١٠٠ ميجاهرتز (١٠٠ MHz)، كما تتوافر أنظمة كشف فوتونات ذات إظهار مؤقت في مدى ١٠٠- ٣٠٠ ب إس (١٠٠- ٣٠٠ ps). وفيما يتعلق بالحساسية فإنه يجب الاهتمام بتثبيت قوة الموجات النبضية الضوئية المحقونة عند قيم مناسبة، وذلك لتفادي الإتلاف المحتمل للعينة أو إلحاق أضرار بها. وفي حالة الأنسجة البيولوجية (الحيوية)، فإن نظم المأمونية[٩] safety regulations، تضع (تحدد)

القيمة الأعلى المسموح بها $2mwmm^{-2}$ لموجات النبض الليزري في مدى طول موجات ٦٠٠- ١٠٠٠ نانوميتر (nm).

وفي الشكل رقم (٨,٤) تم توضيح نظامين مختلفين لقياسات معامل الانعكاس الإبصاري المنحل عبر الوقت، وهما يعتمدان على تقنية حساب الفوتون الأحادي، المرتبطة بالوقت[١٠] [time-correlated single-photon counting (TCSPC)]:



الشكل رقم (٨,٤). رسومات النظام المعملي (a) والنوع النموذجي المصمت (b) لقياسات TRS (تي آر اس).

النظام الأول نظام معملي laboratory set-up لامتصاص نطاقات الذبذبات أو الأطوال الموجبة العريضة broad band absorption ولقياس مطيافية التشتت بمعامل الانعكاس الإبصاري المنحل عبر الوقت (TRS)، والذي يُستخدم، أساساً، للدراسات الأساسية لمكونات وتراكيب الأنسجة (tissue components and structures). والنظام الثاني لعمل جهاز مصمم compact device ليعمل على أطوال موجات مختارة يمكن تحريكها بسهولة؛ ولذا يستخدم في الحقل. وسيتم عرض النتائج من هذين الجهازين لاحقاً.

(٨,٤,٢) جهاز المطياف للإبصار الوقتي للمطيافية الامتصاصية والتشتت في الوسط الانتشاري

Time-Resided Spectrometer for Absorption and Scattering Spectroscopy in Diffusive Media

يمكن تحقيق التبادل الأمثل بين الحساسية والإبصار المؤقت في نظام مطيافية الإبصار عبر الوقت TRS باستخدام نظام ليزري مغلق (mode-locked lasers) كمصدر للضوء وعد الفوتونات المرتبطة بالوقت (TCSPC) للكشف. والمصادر المتوافرة هي ليزر ملون (dye laser) (Mod. CR- 599, Coherent, ca) وليزر تايتانيوم: صفير (titanium: sapphire laser) (Mod. 3900, spectra- physics, ca).

يتم ضخ المصدرين بصرياً (ضوئياً) optically pumped بليزر أرجون argon laser (Mod. Innova, coherent, ca) يجري في موجة متصلة أو متصل [(continuous wave (CW)] في نظام مغلق (mode- locking)، على التوالي. يشغل الليزر الملون بصبغة:

DCM (4-dicyanomethylene) -2- methyl -6- C4- Dimethyla- minostyryl)- 4H-pyran dye .

والذي يسمح بالإيقاعية (التناغم) Tenability بين موجات ٦١٠ و٧٠٠ نانوميتر. ينتج الضخ المتزامن بالنظام المغلق (synchronous pumping mode-locking) مع التفريغ المجوف (cavity dumper) نبضات أقصر من ٢٠ ب إس (20 ps) (عرض كامل عند نصف

الحد الأقصى) [full width at half maximum (FWHM)] عند معدل تكرار (معدل (تردد) repetition rate) يبلغ ٨ ميجا هيرتز (8MHz) مع طاقة متوسطة تبلغ ١٠ مل واط (10mW). ليزر اليتثانيوم: الصفير [ياقوت أزرق اللون (titanium: sapphire laser)] متناغم بين ٧٠٠ و١٠١٠ نانوميتر باستخدام منظومتي مرآة مختلفتين (2 Different mirror sets). يُعدل تركيب الليزر تعديلاً سليماً مضبوطاً لإنتاج (نظام) معلق بواسطة معدل (تردد) الموجات الكهربائية بأن يسلط عليها موجات أخرى ذات تردد أكثر بطئاً، عادة، ينتقل من نَغْميّة إلى أخرى صوتية بصرية (acousto-optic modulator) ذات نبضات تبلغ حوالي ١٠٠ ب إس (FWHM)، ومعدل تكرار (تردد) يبلغ ١٠٠ ميجا هيرتز (100 MHz)، ومتوسط طاقة تبلغ ١٠٠–١٠٠٠ ملي واط (100- 100 mW) عبر كل مدى الطيف (entire spectral range).

يحقن ضوء الليزر في العينة ويجمع منها بواسطة ألياف بلاستيكية- زجاجية طول متر (Im) ومحيط ١ملم (1mm) (Imm core Im long plastic-glass fibers) توضع على سطح الفاكهة بمسافة تقريبية تبلغ وسم (1.5cm). ويمكن ماسك الألياف المناسب (fiber holder) من بقاء الألياف في اتصال مع العينة، كل ليفة موازية للأخريات، مما يمنع اجتماع الضوء المعكوس مباشرة. توضع النهاية الخلفية لليف التجميعي Collecting fiber في فتحة مدخل entrance slit اسكانر أحادي طول الموجة موديل (Mod. HR-250, Jobin yron, France) مقترناً مع شاحن ضوئي ذي قناة دقيقة متعددة، (double micro-channel plate photomultiplier) موديل (Mod. R1564U, Hamamatsu, Japan). يتم شق جزء بسيط من شعاع الليزر الرئيس (main laser beam) بواسطة لوح زجاج (glass plate) ويتم تحسسه بواسطة دبوس صمام ثنائي ضوئي (PIN) (النوع P-type doped, intrinsic, N-type doped silicon) (photodiode) والذي يوفر إشارة منبهة (مرجعية reference) (triggering signal).

أيضاً يقرن بعض ضوء الليزر بليف ضوئي آخر (another optical fiber) ويغذى مباشرة إلى شاحن ضوئي (photomultiplier) لتوفير تتبع آني لسلوك النظام (on-line monitoring of the system behavior).

ومن ثم تقوم سلسلة إلكترونية (electronic chain) للعد الأحادي للفوتونات المرتبط بالوقت (TCSPC) بتشغيل كل من إشارة الشاحن الضوئي والإشارة المنبهة. تؤخر الإشارات أولاً بمراحل ومن ثم يسبق تشكيلها (preformed) بتمييز جزئي ثابت (constant fraction discriminators) باستخدام موديل (Mod. 2126, Canberra, co). لذا يتم تحويل التأخير النسبي بين الإشارات إلى إشارات فلطية (القوة المحركة الكهربائية) (voltage signal) عبر الوقت إلى محول (amplitude converter) موديل أو نوع (Mod.TC862, oxford, TN) ، والذي يُشغل بمحلل عديد القنوات multichannel analyser موديل أو نوع (Mod. Varro, Silena, Italy). إن العرض المؤقت temporal width لوظيفة التحويل الجهازية (instrumental transfer function) هو أقل من ١٢٠ ب إس (< 120 ps) (FWHM) كما هو مقاس بتوصيل ألياف الحقن والتجميع (injection and collecting fibers).

يشغل النظام الكامل للقياسات بالحاسوب الشخصي الذي يتم التحكم به أوتوماتيكياً على إيقاعات تناغم نبضات الليزر laser tuning وإضعاف الضوء light attenuation ومسح (scan) للضوء أحادي الموجة (scanning of the monochromator) وتحويل البيانات من المحلل عديد القنوات ورؤية البيانات (data visualization) وفي نهاية الأمر تخزين البيانات (data storage) ، وذلك للمزيد من المعالجة (للبيانات).

(٨,٤,٣) النموذج الأصلي المدمج المحكم، الطراز البدئي لقياسات الانعكاس البصري المتبين عبر الوقت

Compact prototype for Time-Resolved Reflectance Measurements

يستخدم هذا النظام ليزرين نابضين بصمام ثنائي (pulsed diode lasers) الموديل والنوع (Mod. PDL 800, Pico Quant GmbH Germany) عند موجة ٦٧٢ و٨٠٠ نانوميتر

بفترة نبض تبلغ حوالي ١٠٠ ب إس (100ps) ومعدل تردد يصل إلى ٨٠ ميجا هيرتز (80MHz) ومتوسط طاقة أو طاقة متوسطة تبلغ ١ ملي واط (1mW). يقترن الليزر النابض ثنائي الصمام بليف ذي مؤشر–مدرج عديد التفاعل (multimode graded-index fiber) من النوع (Mod. MMF- IRIVIS- 50/ 125, O2 optics, Canada).

من ثم تشق الإشارة إلى ليفتين بواسطة فالق ضوئي (fiber optic splitter) من النوع (Mod. FUSEDIRVIS 5/ 95, OZ optics, Canada).

يستقبل الليف الأول جزءاً صغيراً (٥٪) من الطاقة يغذى مباشرة إلى الشاحن الضوئي (photomultiplier) لحساب التيارات الوقتية (time reference). توفر النهائية للجهاز مرجعاً وقتياً (time reference). تستقبل الألياف الأخرى معظم الطاقة وتوفر ضوءاً للعينة. يجمع الضوء معاد الابتعاث من العينة بواسطة أليافٍ بلاستيكية ١ملم النوع (Mod. EH4001, ESKA) في شكل هندسي منعكس (reflectance geometry).

يتم اكتشاف منحنيات مطيافية الانعكاس الإبصارية عبر الوقت (TRS) بواسطة قناة معدنية شاحن ضوئي دينودي (الدينود إلكترود في الصمام الإلكتروني يقوم بإصدار ثانوي للإلكترونات) (Metal- Chanel dynode photomultiplier tube) (النوع Mod. R55600..., L16, Hamamatsu, Japan) وتقاس هذه المنحنيات بواسطة لوح ب سي PC للعد الأحادي للفوتونات المرتبط بالوقت (TCSPC) من النوع (Mod. SPC300, Becker & Hickl GmbH, Germany) مع التمكين من تردد يبلغ ١ ميجا هيرتز 1MHz وإبصار مؤقت يبلغ ٢٥ ب إس (25ps). تم وضع برامج حاسب آلي (مواد معدة للاستخدام مع الأجهزة السمعية البصرية software) مكتوبة في منافذ معملية (lab windows) ولغة ANSIC ، والتي تضبط الحصول على المعلومات والتحليل.

إن الوظيفة الاستجابية الجهازية النموذجية (typical instrument response function) المتحصل عليها في مقابل الليف الحقني والليف التجميعي FWHM تبلغ حوالي ٢٠٠ ب إس (200ps) للطولين الموجيين (both wave lengths).

(٨,٥) تحليل البيانات

Data Analysis

يتم تحليل الصورة المؤقتة (temporal profile) لمنحنى الانعكاس الإبصاري الوقتي باستخدام حل معادلة النقل الإشعاعي (solution of the radiative transport equation) تحت تقريب الانتشار diffusion approximation لوسط متجانس شبه مطلق[١١، ١٢] (semi-infinite homogeneous medium).

(٨,١)
$$R(\rho,t)=\frac{1}{2}(4\pi v)^{-3/2}t^{-5/2}e^{-\mu_a vt}e^{-\frac{\rho^2}{4Dvt}}\left(z_0e^{-\frac{z_0^2}{4Dvt}}-(z_0+2z_e)e^{-\frac{(z_0+2z_e)^2}{4Dvt}}\right)$$

حيث إن R (ρ, t) هو عدد الفوتونات/ في وحدة وقت (t) (per unit time) والمنطقة معادة الابتعاث من النسيج على مسافة ρ من نقطة الحقن.

ρ هي مسافة المصدر–الكاشف (source- detector distance) أو المسافة بين الألياف (Inter fiber distance)، و v= c/n هي سرعة الضوء في الوسط، والـ n هي مؤشر انكسار الضوء (refraction index)، والـ $D=(3\mu_s)^{-1}$ هي مؤشر الانتشار (Diffusion coefficient)، و$Zo=(\mu_s)^{-1}$ هي الطول موحد الخواص (Isotropisation length)، و Ze هي المسافة المقدرة استقرائياً (extrapolated distance) التي تعطى اعتباراً لعدم تناغم أو تطابق مؤشر انكسار الضوء عند السطح (mismatch at the surface).

يتم استخدام موديل رياضي للمنحنى التجريبي تستخدم فيه الوظيفة النظرية (convolution of theoretical function) مع الوظيفة الاستجابية الجهازية (IRF). أفضل تطابق أو تكييف رياضي يتم الوصول إليه يعمل على تقليل الـ X^2 بتغيير كل من الـ μ_a و μ_s باستخدام طريقة Levenberg –Marquardt التكرارية (iterative). ونسبة للدقة المتدنية للنماذج في الأوقات المبكرة (النماذج القديمة)، فإن مدى التكييفات يشمل كل النقاط في المنحنى التجريبي (experimental curve) مع عدد من النسب أعلى من ٨٠٪ للقيمة

العليا/ القمة (peak value) الحد/ الخط المرتفع الطابع للمنحنى (rising edge) و١٪ للقيمة العليا/ القمة الحد/ الخط النازل (falling edge).

يوضح الشكل رقم (٨,٣) أفضل تكييف للمنحنى التجريبي النموذجي، وتم توضيح الوظيفة النقلية للجهاز (Instrumental transfer funxtion) للمقارنة (الخط المتقطع).

تمكن طريقة التكييف fitting produce من التحليل الآلي دفعة كاملة من المنحنيات التجريبية باستخدام حاسوب شخصي على الخطوط الإنتاجية من PC قياسي (Atnlon AMD, 1GHz) بسرعة ١٠ منحنيات/ الثانية.

تمكن مزامنة التحليل مع قياس الـ PC_s (network) من معالجة بيانات التجربة على الحاسب on-line بحيث يتم توضيح معامل الامتصاص ومعامل التشتت على الشاشة (screen) في الوقت الحقيقي الأصلي أثناء الاستمرار في القياس.

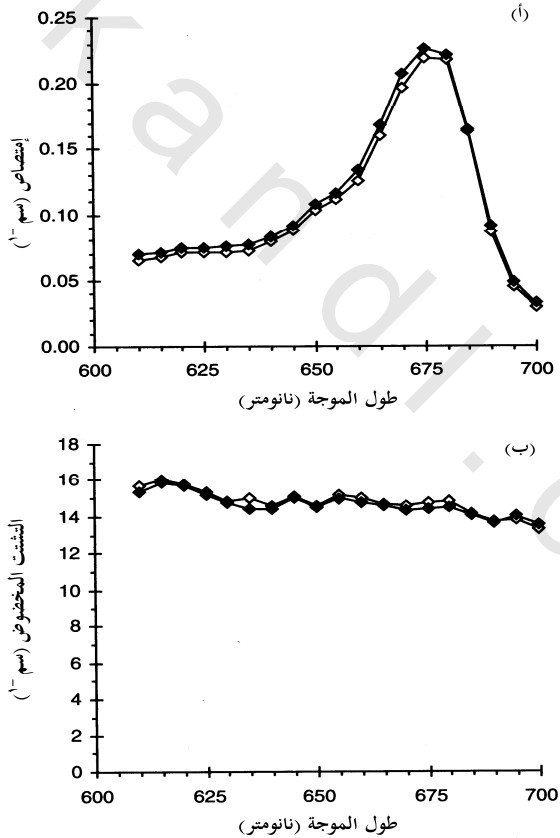
(٨,٦) تأثير الجلد (القشرة) وعمق الاختراق
Effect of Skin and Penetration Depth

(٨,٦,١) القشرة Skin

أجريت قياسات على التفاح لمن أصناف جولدن دليشص (Golden Delicious) والجراني إسميث (Granny Smith) والستاركنج دليشص (Starking Delicious)] وعلى الخوخ (peaches) وعلى النيكتارين صنف الخوخ ناعم القشرة عديم الزغب nectarine والكيوي (kiwifruit) والشمام (melons). وقد أثبتت الاختبارات أن مطيافية الانعكاسية الإبصارية المنحلة عبر الوقت (TRS) تمكّن من تقييم الخصائص البصرية الداخلية (Internal optical properties) وأن الخصائص البصرية للقشرة لا تمنع تقييم البيانات/ المعلومات في الكتلة الكلية (bulk)، وعلى الأقل للفواكه ذات القشرة الرقيقة.

في التفاح، لم تحصل تغيرات معنوية في الخصائص البصرية المقاسة (في كل من الامتصاص والتشتت) بسبب إزالة القشرة. وقد أثبت ذلك بالنتائج التجريبية، حيث إنه لم

تؤدِّ إزالة القشرة في أي من الحالات المعتبرة إلى تغيير معنوي في النتائج، بالرغم من اختلاف الخواص البصرية للقشرة في كل حالة مختلفة ومتميزة، وعلى سبيل المثال، مقارنة التفاح ذي القشرة الصفراء صنف جولدن دليشص [yellow-skinned apple (Golden Delicious)] مع التفاح ذي القشرة الحمراء صنف الستاكنج دليشص [red-skinned (starking Delicious)]، كما هو في الشكل رقم (٨,٥). وقد تم الحصول على نتائج متشابهة من قياس الخوخ والنيكتارين (لم توضح البيانات). لم يغير التقشير النتائج بدرجة ملحوظة، مما يؤكد أن مطيافية الانعكاس الإبصارية TRS هي الطريقة الأكثر حساسية للمظاهر الداخلية.



الشكل رقم (٨,٥). تأثير الجلد (القشرة) على قياس المطياف الضوئي TRS امتصاص (a) وتشتت نقلي (b) طيف لتفاح استاركينج ديليشوص قبل (علامات مغلقة) وبعد (علامات مفتحة) التقشير.

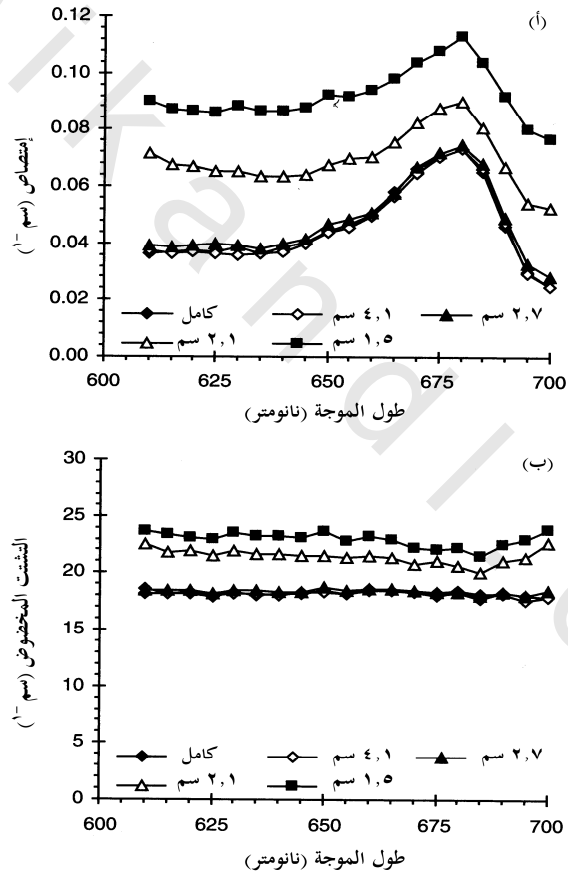
تختلف الحالة في الفواكه ذات القشرة السميكة (thick-skinned). بصفة خاصة، في فاكهة الكيوي، حيث أدى التقشير إلى زيادة في معامل الامتصاص بنسبة ٢٠-٢٥٪ عبر كل مدى الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) المختبرة (٧٢٠-٨٤٠ نانوميتر). وعلى أي حال، فإن هذا التأثير يهم، فقط، التقدير المطلق للخصائص البصرية (estimate of optical properties). إن شكل الخط الطيفي (spectral line shape) لم يتغير بدرجة كبيرة. وبالتالي، فبالرغم من أن القشرة تؤثر على النتائج، إلا أنها لا تجعل بالضرورة قياسات مطيافية الانعكاس الإبصاري TRS غير مناسبة لتقييم الجودة الداخلية للفواكه سميكة القشرة. ففي الشمام (melons, cantaloupe) المقاس في منطقة الحشية (bed region)، أدت إزالة القشرة، إلى تقليل امتصاص الكلوروفيل بدرجة ملحوظة، بينما لم يوجد لها تأثير بالغ على امتصاص الأشعة تحت الحمراء القريبة. وفي كلا الطولين الموجيين، فقد لوحظ انخفاض بنسبة ١٥-٢٥٪ في القيم المقاسة للتشتت.

(٨,٦,٢) عمق الاختراق Penetration Depth

في تجربة لاحقة، تم تحديد عمق الاختراق لقياس مطيافية الانعكاس الإبصاري (TRS). ومن المعروف جيداً أن الحجم المسير/ المخترق (probed) بقياس الـ TRS بأخذ منطقة بشكل الموز (banana shape region) تربط نقاط الحقن والتجميع (injection & collection point)[5]. وليس من السهل تحديد حجم القياس، إذ إن مسارات الفوتونات تتكدس بكثافة في منطقة شكل الموز، ولكن بالإمكان توزيعها في كل الوسط. لقد جرت محاولات لتحديد العمق الأقصى في اللب والذي يساهم مساهمة يمكن اكتشافها في منحنى الـ TRS. لقد أجريت سلسلة من القياسات على التفاح الستاركنج حيث قطعت شرائح اللب من جوانب متقابلة لموقع القياس. أخذ الطيف (spectra) لكل

التفاحة ومن ثم أخذ ذلك للشرائح للحصول على سمك كلي يبلغ ١ ، ٤ و٧ ، ٢ و١ ، ٢ و٥ ، ١سم.

يوضح الشكل رقم (٨,٦) الامتصاص المتوائم والمتوافق مع الطيف المشتت. لقياس الامتصاص لم يتغير الـ μ_a مع الانخفاض في السمك حتى وصول سمك الشرائح



الشكل رقم (٨,٦). طيف امتصاص (a) وتشتت (b) تفاح استاركينيج ديليشوص. مختلف المنحنيات تقابل قياسات في كل التفاحة وقياسات شرائح من نفس التفاحة تم الحصول عليها بقطع الفاكهة في الجهة المقابلة لمكان في القياس.

openkanal.com

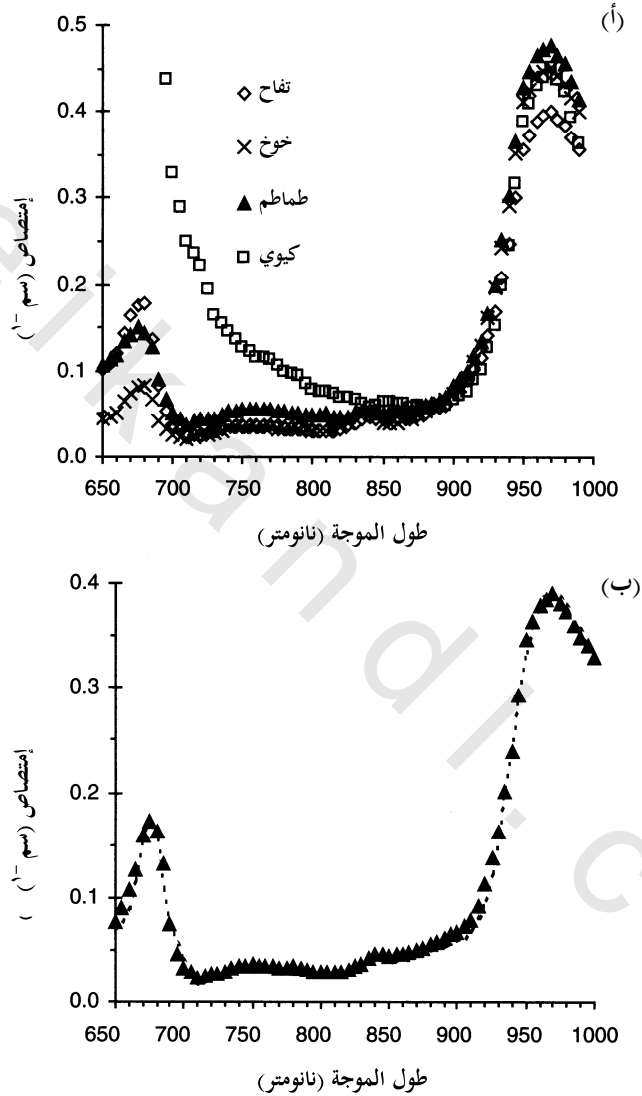
إلى ٢ ، ٧سم. وللشرائح سمك ٢ ، ١سم ، يبدأ الـ μ_a في الانحراف من قياس كل التفاحة مع اختلاف يبلغ ٢٥٪ على موجة ٦٨٠ نانوميتر، بينما لسمك ١ ، ٥سم زاد الاختلاف وارتفع إلى ٥٠٪. لوحظت أعلى فروقات في ذيول الطيف ، حيث يكون الامتصاص منخفضاً. وتوضح نتائج معامل التشتت سلوكاً مشابهاً ، مع عدم وجود تغيرات تقريباً حتى الوصول لسمك ٢ ، ٧سم وكانت الاختلافات ١٥٪ و٢٥٪ لسمك ٢ ، ١ و١ ، ٥سم ، على التوالي. وبصفة عامة ، فإن هذه البيانات توضح أن قياس الـ TRS يسير عمقاً حتى يصل إلى ٢سم على الأقل داخل اللب. وبالطبع ، فإن هذا تقدير تقريبي ، ولكن بالرغم من ذلك يؤكد أن قياس الـ TRS لا ينحصر في سطح الفاكهة. زد على ذلك ، يمكن أن يعتمد عمق الاختراق ، نوعاً ما ، على الخواص البصرية ، والاختراق الأعمق متوقع في الفاكهة الأقل امتصاصاً و/ أو الأقل تشتتاً (للأشعة).

(٨,٧) الخواص البصرية للفواكه والخضراوات

Optical Properties of Fruits and Vegetables

(٨,٧,١) الامتصاص ومكونات النسيج Absorption and Tissue Components

تم توضيح طيف الامتصاص النموذجي لمختلف الفواكه (التفاح صنف الستاركنج والخوخ الأصفر (yellow peach) والطماطم وفاكهة الكيوي) في الشكل رقم (٨,٧أ). يسود طيف امتصاص التفاح القمة المائية (water peak) التي تتركز حول ٩٧٠ نانوميتر، بقيمة مطلقة حوالي ٠,٤ سم$^{-1}$. يتم اكتشاف ظواهر امتصاص بسيطة للماء حول ٧٤٠ و٨٣٥ نانوميتر، عندما يكون معامل الامتصاص منخفضاً (٠٥و سم$^{-1}$). وجدت قمة امتصاص معنوية (١٢و٠–١٨و٠ سم$^{-1}$) على ٦٧٥ نانوميتر مقابلة للكلوروفيل أ. كل من الشكل الخطي (line shape) والقيمة المطلقة لطيف الامتصاص للخوخ والطماطم.



الشكل رقم (٨,٧). (أ) طيف امتصاص التفاح والخوخ وفاكهة الكيوي. (ب) أفضل ملاءمة ومطابقة للكلوروفيل – أ و شكل خط الماء لطيف الامتصاص لتفاح الاستاركينج.

obeikandl.com

الجدول رقم (٨,١). الكلوروفيل أ ومحتوى مختلف الفواكه من الماء.

الفاكهة	الكلوروفيل–أ (μ^m)	الماء (٪)
تفاح ستاركنج دليشص	٠.٩٦	٨٢. ٦
خوخ	٠. ٤٩	٩٣. ٨
طماطم	٠. ٥٢	٩٥. ٠
فاكهة الكيوي	٦. ٩١	٩٨. ٨

متشابه بدرجة كبيرة لما هو موجود في التفاح من هذه الصفات. وعلى أية حال، للكيوي، كما هو متوقع من المظهر البصري للب هذه الفاكهة، امتصاص كلوروفيل–أ معتبر، بقيمة قصوى تصل إلى ٢ أو٣ أضعاف أقصى امتصاص للماء (water maximum) في الأشعة تحت الحمراء.

يمكن الحصول على المعلومات حول محتوى الماء بالنظر إلى القيم المطلقة للامتصاص عند ٩٧٠ نانوميتر، واتفاقاً مع اختلاف نسبة الماء/ الألياف في الأصناف المميزة، فقد تم اكتشاف امتصاص أعلى في الطماطم (حوالي ٥ ،٠سم$^{-١}$) مقارنة مع ما في الخوخ والكيوي (حوالي ٤٥ ،٠سم$^{-١}$)، وفي التفاح (حوالي ٤ ،٠سم$^{-١}$). يوفر الامتصاص عند موجة ٦٧٥ نانوميتر معلومات عن محتوى الكلوروفيل–أ وتفيد البيانات الأولية المتحصل عليها من التفاح بأن ذلك قد يكون مقياساً مفيداً لاختبار مرحلة النضج. وأوضحت سلسلة قياسات أجريت على نفس الفواكه انخفاضاً مضطرداً في الامتصاص الأحمر (red absorption) مما يتفق مع الانخفاض التدريجي في محتوى الكلوروفيل مع مرحلة نضج ما بعد الحصاد[١٤].

ومن أجل تحديد الحجم النسبي المئوي للماء ومحتوى الكلوروفيل- أ كميا في كتلة الفاكهة (الكاملة)، فقد تم إجراء أفضل مواءمة لطيف الامتصاص مع الشكل الخطي للماء[١٥] والشكل الخطي للكلوروفيل–أ[١٦]. ولإعطاء اعتبار أو حساب لوجود

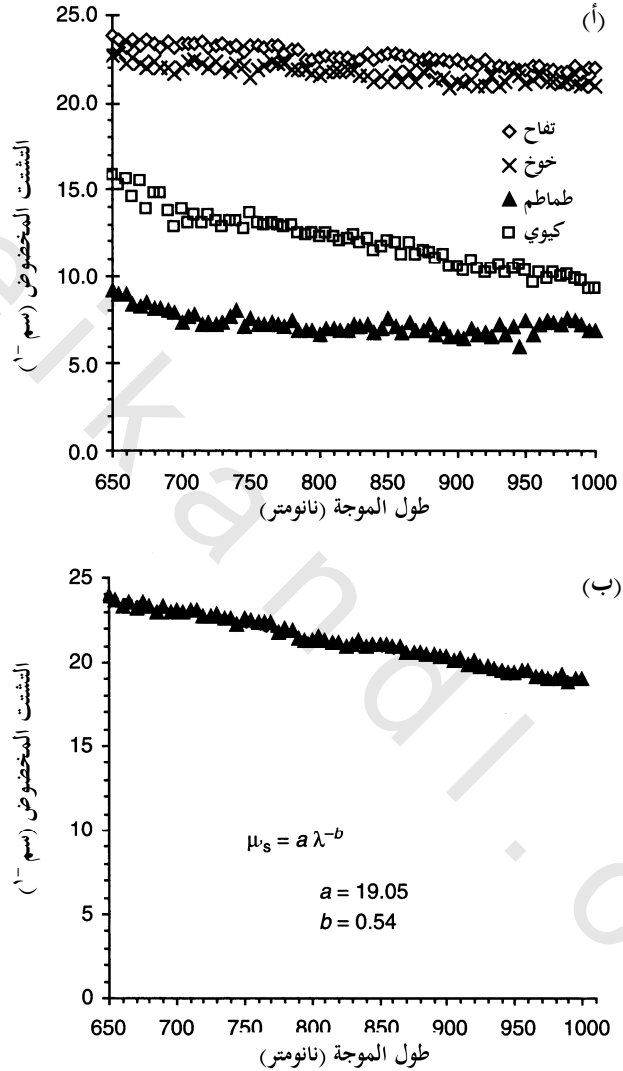
حـــاملات أصـــباغ chromophores أخـــرى في الفواكـــه ، مثـــل الكاروتينويـــدات والإنثوسيانينات ، والتي تظهر قمماً مميزة عند أطوال موجبة أقصر من ٦٥٠ نانوميتر، تم استخدام طيف خلفي مستوٍ (flat back-ground spectrum) لـ arbitrary amplitude كقياس حر في المواءمة.

يوضح الشكل رقم (٨,٧ ب) مثالاً نموذجياً لمواءمة طيف الامتصاص للتفاح صنف ستاركنج للشكل الخطي للماء والكلوروفيل-أ. ويورد الجدول رقم (٨,١) محتوى الكلوروفيل-أ والماء في مختلف الفواكه. في كل الحالات أضيفت مساهمة تبلغ ٠.٠٢ -٠.٠٣سم$^{-1}$ بالطيف الخلفي المستوي.

(٨,٧,٢) التشتت وتركيب النسيج Scattering and Tissue Structure

لم توضح خواص التشتت لكل الأنواع المعتبرة المذكورة (هنا) ظواهر طيفية خاصة. انخفضت قيمة معامل التشتت المنتقل (transport scattering coefficient) باضطراد مع زيادة الطول الموجي. وتوضح الأمثلة النموذجية في الشكل رقم (٨,١ أ) للتفاح صنف ستاركنج والخوخ والطماطم والكيوي. طيف التش، تت النقلي للكيوي أكثر ضجة (noisier) من طيف الفواكه الأخرى ، وبصة خاصة في منطقة الموجة ٦٧٥ نانوميتر، حيث يقلل الامتصاص العالي للكلوروفيل دقة تقييم التشتت النقلي بقياس مطيافية الانعكاس الإبصاري (TRS).

وبالرغم من ملاحظة اختلافات ظاهرة في القيم المطلقة ، اعتماداً على الأنواع والنضج ، فقد تميزت الكيوي والطماطم بتشتت منخفض ، أقل مما في الأنواع الأخرى.



الشكل رقم (٨,٨). (أ) طيف التشتت للتفاح والخوخ والطماطم وفاكهة الكيوي (ب) أفضل ملاءمة ومطابقة لنظرية ميلي لطيف التشتت لتفاح الاستاركينج.

obeikandl.com

الجدول رقم (٨,٢). القياسان أ وب لمختلف الفواكه.

الفاكهـــــة	(a)أ (سم$^{-1}$)	(b)ب (سم$^{-1}$)	آر (ميكرومول)
تفاح ستاركنج دليشص	١٧.٤	٠.١٢	٠.٧٥٩
خوخ	١٤.٤	٠.٢٠	٠.٧٤٠
طماطم	٠٢.٩	٠.٤٨	٠.٥٩١
كيوي	٠٤.٥	٠.٩٥	٠.٢٦٦

يمكن الحصول على مزيد من المعلومات بتفسير طيف التشتت النقلي بنظرية ميي (Mie theory). ولكرة متجانسة لقطر آر (homogeneous sphere of radius r) ، فإن نظرية ميي تتنبأ باعتمادية الطول الموجي للتشتت والعلاقة بين التشتت وحجم الكرة. ووفقاً للنظرية فإن مراكز التشتت هي كرات متجانسة سلوكها فردي ، وأن العلاقة بين الـ μ_s وطول الموجة (λ) يمكن وصفها تجريبياً كالتالي :

$$\mu'_s = ax^b \qquad (٨,٢)$$

حيث إن مقياس الحجم X يعرف/ يحدد $x = 2\pi r n_m \lambda^{-1}$, مع معامل انكسار ضوئي لوسط nm اختير ليكون ١.٣٥ و a و b قياسات حرة. وبصفة خاصة ، a متناسبة مع كثافة مراكز التشتت وتعتمد b على حجمها (حجم المراكز).

زد على ذلك ، يمكن أن يعبر عن b تجريبياً كعامل متعدد الحدود (polynomial function) (آر)(r) لذا فإن تقدير b قد ينتج قطر الكرة آر (r)[١٨].

يوضح الشكل رقم (٨,٨ ب) طيف تشتت نقلي نموذجي للتفاح ستاركنج دليشص والموائم أفضل مواءمة لنظرية ميي.

إن الحجم المتوسط المقدر لمراكز التشتت في مختلف الفواكه موضح في الجدول رقم (٨,٢). وقد لوحظ بأن a وb قد اختلفتا في مدى ٢.٩-١٧,٤سم$^{-1}$ و٠.١٢-٠.٩٥ سم$^{-1}$ ، على التوالي. ويفيد هذا بأن لمختلف الفواكه كثافات مختلفة وأبعاداً

obeikandl.com

متوسطة لمراكز التشتت (مدى آر= ١٥ .٠ –٧٨ .٠ ميكرومول). وجدير بالذكر، وحيث إن الأنسجة لها توزيع معقد للخلايا والألياف، فإن هذه القياسات لا تقيم الحجم الحقيقي لمراكز التشتت في النسيج، بل إنها، عوضاً عن ذلك، قياسات متوسطة مكافئة، يمكن في النهاية أن ترتبط بالخواص الكيميائية أو الفيزيائية للفاكهة، مثل الصلابة (firmness) أو محتوى السكر.

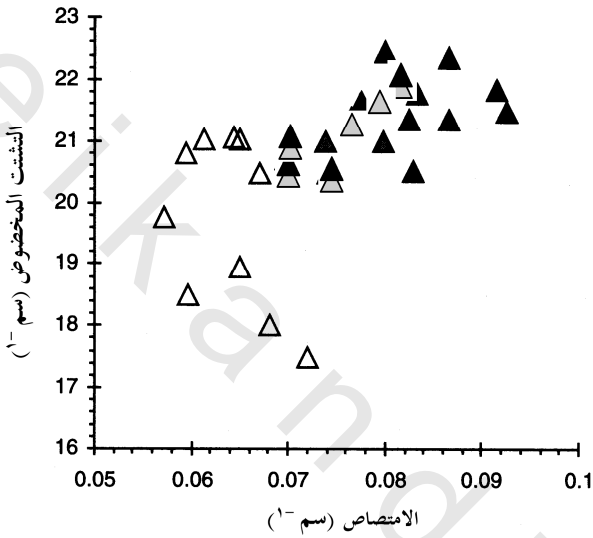
(٨,٨) التطبيقات: تحليل نضج الفاكهة وعيوب الجودة

Applications: Analyzing Fruit Maturity and Quality Defects

(٨,٨,١) تجربة موعد القطف Picking date experiment

للبرهان على صلاحية التقنية للتطبيق في التطبيقات الحياتية الحقيقية، فإن النموذج الأصلي لقياس مطيافية الانعكاس الإبصاري قد أرسل لمراكز أبحاث البساتين العالمية (Horticulture Research Intern) وهناك تم اختباره في تجربة موعد القطف وفحص تتبع مراحل النضج في التفاح[١٤]. ثم حصاد تفاح صنف الجالا Gala من نفس البساتين في ثلاثة مواعيد للقطف (القطف الأول= ١٥ سبتمبر، القطف الثاني= ٢٥ سبتمبر، القطف الثالث= ٩ أكتوبر) وخزنت تحت مناخ متحكم فيه على ٥ .١ °م لمدة ٧ شهور، ومن ثم قيست كلها باستخدام النموذج المرسل. لكل فاكهة، قيست أربعة مواقع متساوية التباعد في دائرة استوائية (equatorial plane) ثم أخذ المتوسط. يوضح الشكل رقم (٨,٩) النتائج حيث رُمز لكل فاكهة بـ μ_a و μ_s الخاصة بها عند ٦٧٢ نانوميتر. انخفضت إلى μ_a المقاسة من القطف الأول (المثلث الأسود) إلى القطف الثاني (المثلث الرمادي) والقطف الثالث (المثلث الأبيض)، مما يشير إلى انخفاض في محتوى الكلوروفيل (GHL). وأيضاً ارتبط معادل التشتت، نوعاً ما، بتاريخ القطف مع انخفاض عام في آخر حصاد.

وجدت نتائج مشابهة للخوخ. هذه التقنية ليست فقط قادرة على التفريق بين الدفعات المختلفة للفاكهة، بل يمكن أن تستخدم لمراقبة الاختلافات (التغيرات) البسيطة الناتجة عن فترة صلاحية التخزين (shelf-life storage).



الشكل رقم (٨,٩). منحنى قياسات الامتصاص والتشتت لـ ٣٠ تفاحة أخذت من صنف الجالا في تواريخ حصاد متتالية: قطفة ١(المثلث المظلم)، قطفة ٢ (المثلث الرمادي) وقطفة ٣ (المثلث الأبيض) وقد قيست كلها مع بعض بالجهاز النموذجي بعد ٧ شهور من التخزين تحت مناخ متحكم فيه.

(٨,٨,٢) اكتشاف العيوب Detection of Defects

تم الحصول على نتائج مشجعة باستخدام الـ TRS في عيوب الفواكه غير (مهاجمة الميكروبات) الاختراقية (non-invasive detection defects of fruits). أوضحت القياسات المبدئية بأن الـ TRS يمكنها فرز التحبب (mealiness)[١٩] واللب المائي (water core) والكدمات والرض (bruise) في التفاح والقلب البني في الكمثرى (pears).

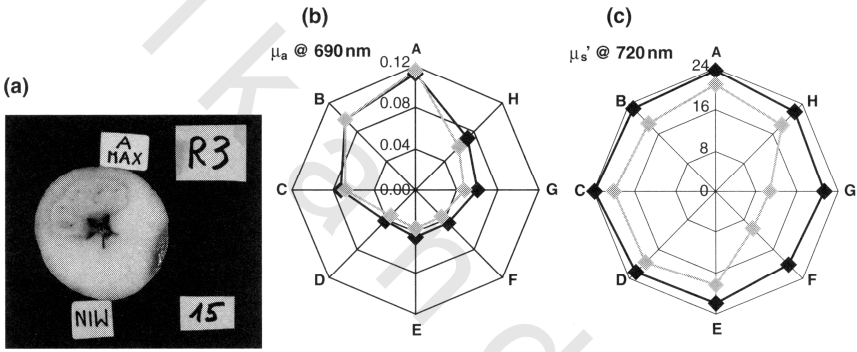
تلون القلب البني (الأسمر) [brown heart (BH)] اعتلال داخلي يظهر، في بعض الأحيان، في الكمثرى أثناء التخزين في جو متحكم فيه storage (CA). ولا يمكن بأي طريقة إدراك الأعراض من المظهر الخارجي للفاكهة، وتكون واضحة فقط بعد القطع. وهدف هذا العمل هو اختبار طريقة الـ TRS لتحليل الكمثرى المعرضة لمخاطر الإصابة بالقلب البني (الأسمر) (BH)، وذلك من أجل إمكانية كشف الاسمرار الداخلي في الفاكهة (بدون فتحها أو قطعها) بوسائل غير متلفة أو محطمة.

قيست فاكهة الكمثرى صنف المؤتمر ('conference' pear fruits) المعرضة لمخاطر اسمرار القلب (BH) بدرجة بسيطة (low risk) [حصاد مبكر وانخفاض ثاني أكسيد الكربون وتخزين في جو متحكم فيه CA storage] والمعرضة لمخاطر الـ BH بدرجة عالية (حصاد متأخر وارتفاع ثاني أكسيد الكربون مع تخزين في جو متحكم فيه) والـ TRS عند موجة ٦٩٠ نانوميتر وموجة ٧٢٠ نانوميتر في ثماني نقاط حول خط الاستواء/ الاعتدال (equator) للفاكهة. تم اكتشاف اسمرار القلب BH في الكمثرى بزيادة ملحوظة وكبيرة لمعامل الامتصاص μ_a عند موجة ٧٢٠ نانوميتر. استجابة معامل الامتصاص μ_a عند طول موجة ٦٩٠ نانوميتر لكل من الزيادة في حدوث اسمرار القلب في الفاكهة المتأثرة والانخفاض فيه مع نضج الفاكهة السليمة (sound fruit)، تفيد بأنه لا يمكن إيجاد تفسير متفرد له.

يُمكِّن أن يعزى انخفاض معامل الامتصاص μ_a عند موجة ٦٩٠ نانوميتر في الفاكهة السليمة لهدم الكلوروفيل، الذي له قمة امتصاص عند طول موجة ٦٧٥ نانوميتر. تأثر معامل التشتت μ_s عند موجة ٧٢٠ نانوميتر بشفافية (translucency) الأنسجة التي تبدو منقوعة (soaked looking)، كما في الفاكهة ذات النضج الزائد (overripe) وفي مناطق الرض (الكدمات). تمكن هذه التقنية من وصف المظهر الفعلي للنسيج الداخلي في الفاكهة

المعتمدة (السليمة) وبعمق ٢سم ووصف العيوب الموجودة وموقعها داخل الفاكهة، كما في حالة تأكيدها بصرياً فقط بعد قطعها.

ويتضح المثال في الشكل رقم (٨,١٠) حيث يقارن الرسم البياني (plot) معامل الامتصاص عند ٦٧٢ نانوميتر ومعامل التشتت عند ٧٢٠ نانوميتر مع صورة فوتوغرافية (photograph) لكمثرى مصابة باسمرار القلب (BH) جزئياً.



الشكل رقم (٨,١٠). معامل الامتصاص عند ٦٩٠ نانوميتر (b) ومعامل التشتت النقلي عند ٧٢٠ نانوميتر (c) كدالة للموقع حول خط استواء كمثرى BH مقطوفة جزئياً في آخر الحصاد. تمت القياسات المذكورة في نهاية التخزين (المعين الأسود) وفي نهاية فترة الصلاحية (المعين الرمادي) و (a) صورة فوتوغرافية للمقطع الاستوائي للفاكهة، وحدات الامتصاص والتشتت بالسم [١].

(٨,٩) الاتجاهات المستقبلية

Future Trends

ما زالت هناك حاجة للبحث في استخدام الخصائص البصرية للب الفواكه والخضراوات لتقييم جودتها الداخلية. وهناك حاجة لمزيد من الدراسات لمقارنة وربط الخصائص البصرية المقاسة مع القياسات الكيميائية أو الفيزيائية الأخرى للفواكه، مثل المواد الصلبة الذائبة (السكر) أو الحموضة أو الصلابة (firmness)، وحيث إن قياس الـ

TRS يسمح بقياس طيف امتصاص اللب مستقلاً عن خواص التشتت، فمن الممكن اكتشاف المواد الممتصة، مثل الكلوروفيلات والإنثوسيانينات، في الطيف المرئي، أو السكر والماء في طيف الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR region). قد تكون هذه التقنية مناسبة لتتبع عملية النضج قبل الحصاد، أو لمراقبة تغيرات الفاكهة أثناء التخزين لفترات طويلة.

السبب الرئيس للتشتت داخل الفاكهة هو عدم تطابق معامل الانكسار (refractive index mismatches) بين السوائل والأغشية. وعليه، فإن متوسط معامل التشتت قد يوفر معلومات حول التركيب الداخلي كما تفيد دراسة على الكيوي. اتضح من عملنا، ارتباط التغيرات في معامل التشتت بمرحلة النضج وبعملية النضج، وقد يساهم ذلك في تتبعهما.

ومن الواضح، أن كثيراً من الجوانب التقنية تحتاج إلى حلول قبل أن يتم التطبيق الصناعي. والأهم من كل شيء، يجب مقارنة تصنيف الفاكهة فيما يتعلق بالخصائص البصرية للب مع تقديرات جودة الفاكهة الحالية المقبولة، أي محتوى السكر والحموضة والصلابة.

هناك نقد محتمل لفائدة الـ TRS التطبيقية في الزراعة، ويتعلق هذا النقد بالتكلفة وتعقيدات الأجهزة (المستخدمة)، خاصة عندما تكون هناك حاجة لأكثر من طول موجي واحد. وعلى أي حال، فإن التطور السريع في الإلكترونيات الضوئية (optoelectronics) خاصة في الاتصالات الهاتفية (telecommunications) قد أدى إلى نمو كبير في استخدام الأجهزة في القياسات عبر الوقت (time-resolved measurements)، بحيث أصبح تطور أو إنتاج جهاز قياس عبر الوقت وقليل التكلفة (low- cost time- resolved instrument) أمراً ذا جدوى اقتصادية (feasible). إن أول نموذج أصلي يعمل بليزر شبه

موصل (semiconductor lasers) وهو متعدد ضوئي (photomultiplier) وجهاز ضوئي كامل الألياف (all-filore optics) يمكن استخدامه كجهاز محمول وحيد (في الساحة) (stand alone portable instrument)، قد تمَّ تركيبه في مختبرنا. يتميز النموذج الأصلي بسهولة الاستخدام وسهولة النقل portability ورخص ثمنه نسبياً (يكلف حوالي ٢٠.٠٠٠ يورو قبل التركيب).

يستخدم في اختبار الفواكه بعد الحصاد على المستوى الصناعي ماكينات آلية (automated machine) للتدريج وتصنيف الفواكه، اعتماداً على القياسات الخارجية (اللون والحجم) والوزن. السرعة النموذجية أو الفعلية للتحليل على الخط الإنتاجي (in-line analysis) ٥ حبات فاكهة في الثانية. وقد يكون وقت حيازة إنجاز قياس (acquisition time) الـ TRS منخفضاً بدرجة ٥٠٠ إم إس (ms) لكل نقطة عند طول موجة ٧٠٠–٨٠٠ نانوميتر لمعظم الفواكه. وفي هذا السياق فإن قياسات الـ TRS ليست بعيدة عن التطبيق للتحليل على الخطوط الإنتاجية على الإنترنت.

وعلى أي حال، وعلى ضوء التطبيق الممكن لتقنية الـ TRS على المستوى الصناعي، فمن المهم دراسة كثير من العوامل، مثل وقت الإنجاز، وعدد نقاط القياس، واستخدام حيازة متعددة القنوات (multichannel acquisition) والتلامس بين الفاكهة والمسبار الضوئي (optic probe). إن اكتشاف اعتلال داخلي قد يتطلب في الحقيقة رسم خريطة للفاكهة لتحديد موقع/ مكان العيب (localize the defect). زد على ذلك، فإن إجراء قياس بدون تلامس (non-contact measurement) يؤدي إلى تسريع وقت القياس، ولا بد من العناية بالإلغاء الضوء الخلفي (back ground light) وكذلك تحفيز الإشارة (signal). وفي المقابل، قد تكون تقنية الـ TRS مفيدة في الحقول (البساتين)، وفي

أماكن التعبئة (packing house) أو في سلسلة التسويق (marketing chain) كوسيلة مكملة للتصنيف غير المتلف/ المحطم للفواكه.

(٨,١٠) مصادر معلومات إضافية ونصائح
Sources of Further Information and Advise

تعد دراسة انتشار/ تشتت الضوء (light propagation) في وسط انتشاري (diffusive media) أو هجرة الفوتونات من الحقول الحديثة والمفتوحة في الفيزياء وعلوم الضوء (optics). وقد تناولت أعداد محدودة من الكتب هذا الموضوع، ويمكن إيجاد مواد داعمة في الاستعراضات الأدبية العلمية، أي في المجلات ونتائج مستخلصات المؤتمرات (conference proceedings). وتقع معظم الاستخدامات لهذه التقنية داخل التطبيقات البيولوجية (الحيوية) والطبية (medical) والإكلينيكية (السريرية clinical) لليزر والضوئيات؛ لذا يجب أن تكون المجموعات البحثية والمهتمة بهذه التقنية من داخل هذه التجمعات.

(٨,١٠,١) قائمة الكتب List of Book

8.10 Sources of further information and advice

The study of light propagation in diffusive media, or photon migration, is a recent and open field of physics and optics. A limited number of books deal with this issue and most of the support material should be found in the scientific literature, that is in journal and conference proceedings. Most applications fall within the biological, medical and clinical application of lasers and optics, therefore research and interest groups are to be found in these communities.

8.10.1 List of books

Chance B (ed) (1989), *Photon Migration in Tissues*, New York, Plenum Press. van de Hulst H C (1980), *Multiple Light Scattering*, Volumes 1 & 2, Academic Press, New York.
Ishimaru A (1978), *Wave Propagation and Scattering in Random Media, Vol.* 1 *Single Scattering and Transport Theory*, New York, Academic Press.
Welch A **J,** Matin J C and Van Gernert M J C (eds) (1995), *Optical-thermal Response of Laser-irradiated Tissue (Lasers, Photonics and Electro-Optics)*, New York, Plenum Press.

8.10.2 List of journals

Optical Society of America (OSA): *Applied Optics - OT & BO division, Optics Letters, Optics Express, Journal of the Optical Society of America A* (http://www. opticsinfobase.org/)
The International Society for Optical Engineering (SPIE): *Journal of Biomedical Optics* (http://ojps.aip.org/journals/doc/JBOPFO-home/)
Institute of Physics (lOP): *Physics in Medicine and Biology* (http://www.iop.org/ Journals/pb).

8.10.3 List of Conference Proceedings

Trend in Optics and Photonics OSA (http://www.osa.org/pubs/tops/) *Proceedings of the SPIE* (http://bookstore.spie.org/publications).

8.10.4 List of web sites

www.osa.org
www.spie.org

(٨,١١) المراجـــع

References

(1) ABBOT J A, 'Quality measurement of fruits and vegetables', *Postharvest BioI Technol*, 1999 **15207-25.**
(2) BERGEVIN M, N'SOUKPOEKOSSI C N, LEBLANC R M and WILLEMOT c, 'Assessment of strawberry maturity by photoacoustic spectroscopy', *Appi Spectrosc*, **199549397-9.**
(3) BENADY M, SIMON J E, CHARLES D J and MILES G E, 'Fruit ripeness determination by electronic sensing of aromatic volatiles', *Trans ASAE*, **199538** (1) 251-5.
(4) MIZRACH A, 'Nondestructive ultrasonic technique for fruit quality determination', *Acta Horticulturae*, 2001 **553** (2) 465-70.
(5) CHEN P, MCCARTHY M J, KAUTEN R and SARIG Y, 'Maturity evaluation of avocados by NMR methods', *J Agric Eng Res*, 199355 (3) 177-85.
(6) DELWICHE M J, TANG S and RUMSEY J W, 'Color and optical properties of clingstone peaches related to maturity', *Trans ASAE*, 198730 (6) 1873-9.
(7) GUNASEKARAN S and IRUDAYARAJ J, 'Optical methods: visible, NIR, and FTIR spectroscopy', *Food Sci Technol*, 2001105 1-38.
(8) YODH A and CHANCE B, 'Spectroscopy and imaging with diffusing light', *Phys Today*, 1995 48 34-40, and references therein.
(9) *Compliance Guide for Laser Products*, HHS Publication FDA86-8260, US Department of Health and Human Services, FDA, MD, 1995.
(10) O'CONNOR D V and PHILIP D, *Time-correlated Single Photon Counting*, London, Academic Press, 1984.
(11) PATTERSON M S, CHANCE B and WILSON B C, 'Time-resolved reflectance and transmittance for the noninvasive measurement of tissue optical properties', *Appl Optics*, 1989 282331-6.

obeikandi.com

(12) HASKELL R C, SVAASAND L 0, TSAY T T, FENG T C, MCADAMS M S and TROMBERG B J, 'Boundary conditions for the diffusion equation in radiative transfer', *J Optical Soc Am A,* 199411 2727-41.
(13) FENG S, ZENG F A and CHANCE B, 'Photon migration in the presence of a single defect: a perturbation analysis', *Appl Optics,* 1995343826-37.
(14) CUBEDDU R, D'ANDREA C, PIFFERI A, TARONI P, TORRICELLI A, VALENTINI G, RUlZALTISENT M, VALERO C, ORTIZ C, DOVER C and JOHNSON D, 'Time-resolved reflectance spectroscopy applied to the non-destructive monitoring of the internal optical properties in apples', *Appl Spectrosc,* 2001 55 (10) 1368-74.
(15) HALE G M and QUERRY M R, 'Optical constants of water in the 200 nm to 200 mm wavelength region', *Appl Optics,* 1973 12555-63.
(16) SHIPMAN L L, COTTON T M, NORRIS J R and KATZ J J, 'An analysis of the visible absorption spectrum of chlorophyll a monomer, dimer and oligomer in solution', *JAm Chem Soc,* 1979 98 (25) 8222-30.
(17) MOURANT J R, FUSELIER T, BOYER J, JOHNSON T M and BIGIO I J, 'Predictions and measurements of scattering and absorption over broad wavelength ranges in tissue phantoms', *Appl Optics,* 199736949-57.
(18) NILSSON M K, STURESSON C, LIU D L and ANDERSSON-ENGELS S, 'Changes in spectral shape of tissue optical properties in conjunction with laser-induced thermotherapy', *ApplOptics,* 199837 1256-67.
(19) VALERO C, BARREIRO P, ORTIZ C, RUIZ-ALTISENT M, CUBEDDU R, PIFFERI A, TARONI P, TORRICELLI A, VALENTINI G and JOHNSON D, 'Optical detection of mealiness in apples by laser TDRS', *Acta Horticulturae,* 2001 553 (2) 513-18.
(20) ZERBINI P, GRASSI M, CUBEDDU R, PIFFERI A and TORRICELLI A, 'Nondestructive detection of brown heart in pears by time-resolved reflectance spectroscopy', *Postharvest BioI Technol,* 2002 25 87-97.'

obeikandl.com

استخدام الأجهزة المتقدمة: النشوية (تدهور قوام الفواكه، القوام الطباشيري الخشن سهل التفتت)

Applying advanced instrumental methods: mealiness in fruit.

جي لا ميرتيان، كاثوليكي يونيفيرستات ليوفين، بي إي. فيرليندين، فلا ندرس سنتر، مركز تقنية ما بعد الحصاد وبي. إم ينكولاي، كانوليكي يونيفيرستات ليوفين.

Jl ammertyn, katholieke uneversiteit Leuven, B. E. Verlinden, Flanders Ceutre of Postharvest Technology and B. M. Nicolai, kath olieke uneversiteit Leuven.

(٩,١) مقدمة: تعريف التدهور في قوام الفاكهة

Introduction: Defining Mealiness in Fruit

تُوجَّه كثير من الجهود حالياً نحو زيادة استهلاك الفواكه لفوائدها الصحية. وتتأثر جاذبية الفواكه فيما يتعلق بالسلوك الشرائي (Purchasing behavior) للمستهلكين بالمظهر المرئي، ولكن الجودة الداخلية المتوقعة لا تقل أهمية. ويعتبر تدهور القوام صفة ممثلة لقياسات الجودة الداخلية المهمة، وتتميز هذه الخاصية بتدهور قوام الفاكهة أثناء التخزين غير المناسب، مما يؤدي إلى ليونة/ رخاوة، وجفاف وتدهور في قوام الفاكهة. وهذه الظاهرة مهمة بصفة خاصة في الفواكه، مثل التفاح والخوخ والنكتارين والطماطم التي

تتميز بأنها عصيرية عندما تكون طازجة. وفي هذا الفصل سيتم مناقشة التفاح فقط بشكل موسع.

يستخدم مصطلح تدهور القوام استخداماً شائعاً من قبل المستهلكين، ولكن لم يعرف تعريفاً جيداً في الاستعراضات الأدبية، إذ إن التعريف العام الشائع المفيد مطلوب، فقد تمت دراسة إدراك المستهلك لهذه الظاهرة (الصفة) في القسم (٩,٢). وسيؤسس هذا لكيفية معرفة المستهلكين لتدهور القوام، وعما إذا كان هناك إدراك عام لهذه الصفة عبر عدة دول أوروبية. تهتم أو تتحدث الأقسام من (٩,٣) إلى (٩,١١) عن التقنيات الجهازية لقياس هذه الظاهرة. وتتراوح هذه التقنيات بين التحاليل الهستولوجية (النسيجية histological) لهذه الظاهرة بواسطة المجهر الضوئي (light microscopy) والتحاليل الأكثر تطوراً، مثل انتشار الموجات فوق الصوتية (ultrasonic wave propagation) والتصوير بالرنين المغناطيسي (magnetic resonance mapping tomography). وسيعرض نموذج ديناميكي (dynamic model) في القسم (٩,١٢)؛ ليربط الخواص المرتبطة بالتدهور في القوام، مثل الهشاشة (crispiness) والصلابة (hardness) والعصيرية (juiciness) بالخواص الفسيولوجية، مثل حالة الماء. ولوصف تطورها كدالة وظيفة أو معامل للزمن (function of time). وسيتم هذا الفصل بالإشارة إلى بعض الاتجاهات اللاحقة في حقل هذه الأبحاث، مع مصادر معلومات إضافية ونصائح.

(٩,٢) التقييم الحسي وتوقعات المستهلك

Sensory Evaluation and Consumer's Expectations

بالرغم من الوعي بالقوام الذي يبدو حاضراً بمستوى وعي متدنٍّ (subconscious level)، إلا أن ذلك يلعب دوراً مهماً في تحديد شعور الناس نحو الأغذية. وكثيراً ما تغطي النكهة (flavor) على القوام عند مستوى الإدراك العادي، وببساطة، يأخذ الناس قوام الأغذية كأمر مُسلَّم به معتبرين أنه جزء أساسي من طبيعة

الغـذاء. ولا يـدرك النـاس أن قـوام الغـذاء يعتـبر خاصـية منفصـلة ومتميـزة. وينعكس شعورهم أو إدراكهم هذا في ضعف ومحدودية مقدرتهم في التعبير (verbalize) عندما يتحدثون تلقائياً عن القوام. يتزايد الإدراك والوعي بالقوام عندما تتعرض توقعاتهم للفشل (لا تلبي متطلباتهم) وتكون الارتباطات مع المواد غير الغذائية أو الإحساسات الفمية غير المبهجة (السيئة). لاحظ زكزيسنياك (١٩٧١) Szczesniak أن الجنس والمجموعة الاجتماعية/ الاقتصادية عوامل تؤثر على الوعي بالقوام. وبصفة عامة، النساء أكثر إدراكاً ووعياً بالقوام مقارنة بالرجال. والناس الأكثر تعليماً أكثر وعياً بالقوام ويُظهرون تفهماً أفضل لفكرة القوام، ذلك لعلمهم وتعلمهم الأفضل وخبراتهم في التعامل مع المفاهيم العامة وتطبيقهم لخلاصات الأفكار في الحالات المعيشية الحقيقية.

عرف التقييم الحسي كمعرفة علمية (scientific discipline) تستخدم لاستخراج قياس وتحليل وتفسير تفاعلات لخصائص الغذاء والمواد كما هي مدركة بخواص النظر (sight) والشم (smell) واللمس (touch) والسمع (hearing) (Andani, 2000). لخص بيورني ١٩٨٢ (Bourne) التقييم الحسي بالقول "لا يوجد جهاز تتوافر له صفات التطور (sophistication) والروعة (elegance) والحساسية (sensitivity) ومدى الحركة الآلية (range of mechanical motions) كالفم، أو يمكنه أن يغير، وبشكل فوري، سرعة ونمط المضغ استجابة للأحاسيس المدركة أثناء المضغة السابقة (previous chew). وقد وجد أن القوام هو صفة الغذاء التي تدرك بوضوح. ومعظم نتائج التقييم الحسي للتفاح التي نشرت اعتمدت على الاختبارات التفضيلية أو التفريقية (preference or difference testing)، والتي ترتبط بالبهجة والقبول، عوضاً عن اعتمادها على كثافة أو قوة خواص محددة (Lapsley, 1989).

ويمكن إجراء التحليل الحسي بمستويات مختلفة، ويؤدي أي مستوى إلى الخروج بمعلومات محددة حول خواص جودة الفواكه، مثل القوام والنكهة. توفر جماعة أو هيئة الاختبارات/ التحاليل الحسية (analytical sensory panel) المدربة في التحاليل الوصفية الحسية (descriptive sensory analysis) معلومات مفصلة حول الخواص الحسية للمنتج. في اختبارات المستهلك التفصيلية، تدرس إدراكات المستهلك للجودة الوصفية العامة (general descriptive quality perceptions of consumer). يمكن تفسير الطرق الشبكية المجموعية (repertory grid methods) كتقنية وسيطة (intermediary technique). وباستخدام نظرية توقعات المستهلك (consumer expectation theory)، يمكن جمع المعلومات حول ما يتوقعه المستهلك من المنتج، وكيف يؤثر هذا التوقع على قرار شرائه/ شرائها (للمنتج). يوفر كل من هذه الطرق إجابات لمختلف الأسئلة، كما سيتم توضيحه لاحقاً. لكل نوع من أنواع الاختبارات، سيناقش مثال في شبكة القوام والتدهور في مختلف أنواع التفاح.

(٩,٢,١) هيئة/ مجموعة التحليل (التحكيم) الحسي Analytical Sensory Panel

في أوائل السبعينيات طور سيفيلي وسزسزنيك (Civille and Szczensiak) أداة لوصف خواص قوام الأغذية وقياسها كمياً. ولم تكن هذه التقنية تقنية جهازية، ولكنها تضمنت مجموعة أشخاص مدربين على تقييم القوام. لخص نيكوت (Nicot, 1992) كل الجوانب العلمية التي يجب اعتبارها عندما نجري دراسة حسية (sensory study) بواسطة مجموعة مقيِّمين/محكِّمين مدربة. يعتمد تصميم التجربة (experimental design) على طبيعة المنتج والعوامل البيئية التي يجب التحكم فيها، أي السيطرة عليها، في الغرفة التي تجرى فيها الاختبارات والطريقة التي تحضر بها العينات لمجموعة التقييم وكيف يتم ترميزها (Williams and Carter, 1997, Durr, 1979). وهناك مشاكل كثيرة ترتبط بأخذ

عينات الفواكه ، مثل الاختلافات بين نفس نوع الفاكهة وبين فاكهة من نفس الدفعة (fruits of the same batch). ويزاد على ذلك ، قد تكون هناك اختلافات كبيرة بين الأشخاص الذين يُقيِّمون العينات (rate the samples). إن الاختلاف بين البشر والذي ينعكس ، على سبيل المثال ، في المعدات المتوافرة لهم لإجراء عملية المضغ (process of chewing) وفسيولوجيتهم العصبية (neurophysiology) لنقل المعلومات إلى أمخاخهم وقدرتهم على وصف خبراتهم وتجاربهم للباحث ، ويجب أن تؤخذ كل هذه العوامل في الاعتبار أو يعدل لها وتصحح أثناء تحليل البيانات. مصدر آخر للاختلاف هو استجابة المحكمين والطريقة المستخدمة من قبل الباحث لاستنباط وتسجيل الاستجابة. لا يمكن تفادي بعض الاختلافات الفردية ، بينما تكون أخرى تحت سيطرة القائمين بالتجربة ، بدرجة ما.

وفي نطاق أو إطار مشروع أوربي (Eu FAIR CT95- O352) درس تدهور قوام الفواكه ، دربت مجموعة تقييم في معهد أبحاث الأغذية (بردينج بإنجلترا). (Institute of Food Research Reading, Uk) وبالأياتا (بفالينسيا ، أسبانيا) IATA (Valencie, spain) لتقييم تدهور قوام التفاح (Nicolai *et al.*, 1999). وقد تم إحداث التحبب (تدهور القوام) بدرجات مختلفة ، بتخزين أصناف التفاح ؛ جراني اسميث (Grany Smith) والجولدن دليشص (Golden delicious) والأحمر (Late top Red) والكوكس جوناجولد (Cox Jonagold) والبوسكووب (Boskoop) في الهواء ورطوبة نسبية ٩٥٪ على ٢٠°م ، لمدد مختلفة. وقد عقدت حلقة نقاش (discussion session) لاختيار/ انتقاء أشخاص يقدرون على الوصف يمكنهم أن يصنفوا العينات. وبشكل ملحوظ ، لم يكن تدهور القوام أحد الأوصاف المستخدمة بواسطة هيئة المقيِّمين المدربة إذ إنها ليست بمصطلح يمكنهم استيعابه (فهمه/ إدراكه). وقد قيم مقدار أثر القشر على الإدراكات ،

أولاً. لإزالة القشرة بعض التأثير على الخواص المرتبطة بالمذاق، ولكن لا يبدو أن لهذه الإزالة تأثيراً على تدريج الخواص المرتبطة بالقوام. وقد تقرر إجراء المزيد من التقييم الحسي للعينات المقشرة. أفادت الدرجات الملاحظة لخواص القوام: لبي (pulpy) ومتحبب.(granular) ودقيقي (floury) وعصيري (Juicy) وصلب (hard) وهش (crispy) لمختلف الأصناف وبأحوال التخزين المختلفة، أن هذه الأوصاف قد استخدمت لوصف مختلف درجات تدهور القوام. وعليه، لم يدرك تدهور القوام كقياس أحادي الأبعاد (one dimensional parameter)، ولكن كمصطلح غطائي أو مظلي (umbrella term) والذي يحتوي داخله أوصاف الدقيقي والمتحبب. وجدت الخواص الأخيرة لتكون مرتبطة سلبياً بالخواص الأخرى مثل الصلابة والهشاشة والعصيرية (Nicolai *et al.* 1999).

(٩,٢,٢) أنماط تفضيلات المستهلك Consumer Preference Patterns

في مقابل مجموعة التحليل المدربة، كثيراً ما لا يملك المستهلكون مفردات تمكنهم من وصف ما يدركون بشكل علمي واقعي إيجابي (objectively) عند تقييمهم لخواص منتج ما، وعوضاً عن وصف إدراكهم بخواص المنتج المحددة، نتيجة لمحدودية المفردات/ المصطلحات لديهم، فإنهم يستخدمون مصطلحات معتمدة على المتعة أو اللذة (الاستمتاع بالمنتج وتلذذه) (hedonically based terms) مثل لذيذ (nice) وذي مذاق مستساغ (tasty) للتعبير عن أحاسيسهم، (Andani 2000).

درس أنداني (Andani, 2000) ما إذا كان المستهلكون يدركون تدهور قوام التفاح كخاصية جودة سالبة، وسواء كانت أنماط تفضيلاتهم تعتمد على التفاح الطازج أكثر من اعتمادها على التفاح المتدهور (mealy apple). أُعطي المشاركون ثلاثة أصناف من التفاح الكوكس والجوناجولد والبوسكووب، في ثلاث مراحل مختلفة من التدهور

(طازج وفي النقطة الوسطى (mid-point) ومتدهور (mealy)). وللحصول على هذه المراحل خُزِّ التفاح في ظروف مسببة للتدهور (mealiness inducing conditions) (٢٠°م و ± ٩٠٪ رطوبة نسبية) لمدة معينة اعتماداً على مستوى التدهور المطلوب. وقد طلب من كل من الـ ١٥٠ شخصاً تدريج التفاح في نموذج تدريج تذوقي من ٩ نقاط (٩ درجات (nine-point hedonic box)) على أساس تقبلهم له، وتتراوح هذه الدرجات بين غير مقبول بدرجة قصوى (dislike extremely) ومقبول بدرجة قصوى (like extremely)، ومن أجل تحليل ورؤية تركيب بيانات التفضيل، فقد استخدمت طريقة خريطة التفضيل (preference mapping methoddogy) (Carroll 1972, Greenhoff and MacFie, 1994) . توفر الطبيعة متعددة الأبعاد لتقنية خريطة التفضيل عدداً من المميزات التي تفوق التحليل الحسابي أحادي التغاير (univariate analysis algorithnas) أخذت المعلومات المبلغة من كل مشارك ولكل المنتجات المقيَّمة في الاعتبار، عند التحليل، ولم تؤخذ متوسطات للدرجات التي أعطيت للمنتجات من قبل المستهلكين، ولكن تم تمثيل كل فرد (كل تقييم فردي) في الخريطة (Earthy, 1996). وعليه، لم تفقد أي معلومات بسبب أخذ المتوسطات، وقد تم توضيح التوزيع الطبيعي للمستهلكين في الخريطة (McEwan, 1988/9).

اعتماداً على طريقة خريطة التفضيل هذه، لاحظ الباحث فصلاً عبر البعد التفضيلي الأول (first preference dinension) بين أصناف الجوناجولد والكوكس من جانب، وبين البوسكووب من جانب آخر، وكان لصنف البسكووب قبول متدنٍّ أو مستوى تفضيل متدن. وتفيد البيانات بأن التفضيل قد قاد إلى الرفض (عدم القبول dislike لصنف البسكووب أكثر مما لقبول صنفي الجاناجولد والكوكس. وقد اختيرت نفس عينات التفاح بواسطة مجموعة المحكِّمين المقيِّمين لتحديد خواص المنتج المحددة

التي تسبب توزع/تفرق أي اختلاف في تفضيل المستهلك (prefernce segmentation)). وقد وجد أن سبب عدم قبول صنف البسكووب هو النكهة المرة والحامضية وغير الناضجة (bitter acid and unripe flavor)، مما يفيد بأن هذا الرفض يرتبط أكثر بالنكهة من ارتباطه بالقوام، وبالرغم من أنه أقل توزيعاً في الأصناف (النكهة)، فإن أنماط تفضيل المستهلكين تعتمد أكثر على التفاح غير متدهور القوام، مما يشير إلى أن المستهلكين أدركوا أن تدهور القوام خاصية جودة سالبة. ذكر أنداني (Andani 2000) أن كثيراً من العينات متدهورة القوام، قد كان لها قوام متحبب (granuler texture) وعليه، فإن النتائج قد دعمت النظرية التي تقول بأن المستهلكين قد يدركون تدهور قوام التفاح كخاصية جودة سالبة، ويظهرون تفضيلاً وقبولاً بدرجة أكبر للفاكهة الطازجة مقارنة بقبولهم للمتدهورة. لنفس الأصناف الثلاث نظر جايجر وآخرون (١٩٩٨) (Jaeger *et al.*) إلى الاختلافات بسبب الثقافات (cross-cultural difference).

بيّن المستهلكون البريطانيون والدنماركيون ما يتعلق بتفضيل التفاح الطازج والتفاح القديم. وكانت أنماط تفضيل المستهلكين البريطانيين والدنماركيين متشابهة وعكست عدم وجود اختلافات بسبب الثقافات (Jaeger et *al.* 1998).

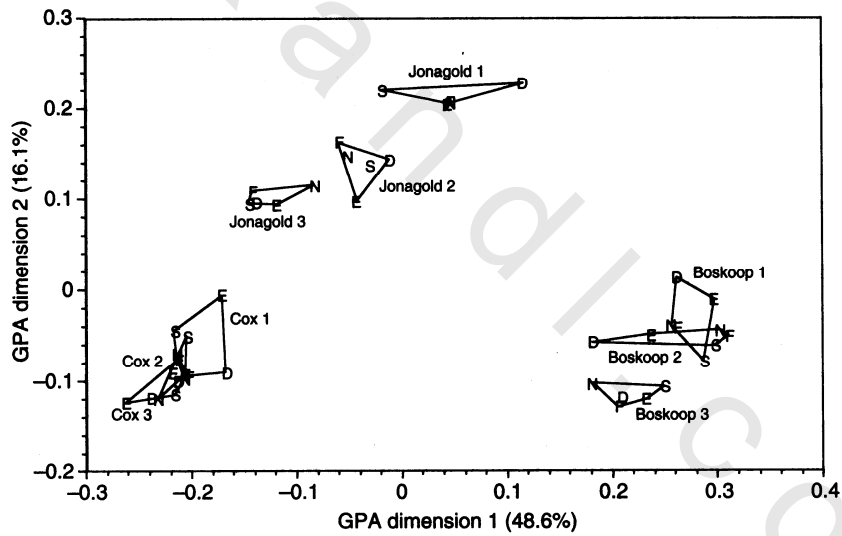
في دراسة للمستهلكين الأسبان القاطنين مدينة مدريد (Madrid)، وجد أن المستهلك، بصفة عامة، ينظر إلى تدهور القوام كخاصية سالبة (lopez et al 1996) وقد اعتبرت النكهة أكثر أهمية من المظهر. ويفضل الرجال التفاح الحلو بدرجة أكبر، بينما بصفة عامة، تفضل النساء الفاكهة الحامضية. وأيضاً، يفضل الصغار أكل الفواكه الحامضية.

(٩,٢,٣) الطريقة الشبكية المجموعية Repertory Grid Method

استكمالاً لإدراك المستهلكين، تستخدم هنا أيضاً تقنية أخرى لتقييم خواص المنتج، مثل تدهور قوام التفاح. تستخدم هذه التقنية لجمع معلومات المستهلكين/الاستهلاك حول المنتجات عند مستوى بين مجموعة التحكيم المدربة وتفضيلات المستهلك وحكمه القبولي (acceptability judgment) كان كيلي (kelly, 1990) هو أول من استخدم الطريقة الشبكية المجموعية. وقد اخترع أو طور كيلي هذه التقنية لتحديد الترتيب أو النظام الذي يستخدمه الناس لتشكيل إدراكهم وإحساسهم بالعالم الاجتماعي، طلب من الناس المشاركين أن يحددوا الكيفية التي يكون بها مستحثان متشابهين، ولكن مختلفين عن مستحث ثالث، ويتم تكرار العملية حتى لا يستطيع الشخص معرفة أي شيء جديد بالمرة. في عام ١٩٨١م استخدم أولسين Olsen لأول مرة، هذه التقنية في دراسة لتقبل الغذاء. وقد أضاف جزءاً ثانياً إلى الطريقة ؛ بالطلب من الشخص أن يحدد تدريجاً (scale) لقياس كمية كل نظام/ترتيب تم إدراكه/إحساسه في الشيء. وعليه، يستخدم كل شخص نظامه الخاص به وتدريجه لتقييم الأشياء.

أجريت دراسة الشبكية المجموعية لمستهلكين من أربعة أقطار مختلفة : بلجيكا (Belgium) والمملكة المتحدة (UK) وإسبانيا (Spain) والدنمارك (Denmark)، وبخمس لغات مختلفة (الهولندية (Dutch) والفرنسية (French) والإنجليزية (English) والإسبانية (Spanish) والدنماركية (Danish) (De Smedt, 2000; Andani 2000). أُعطي المشاركون تفاحاً (أصناف كوكس) و بسكووب جوناجولد وبثلاث درجات مختلفة من التدهور في القوام (غير متدهور وبحالة متوسطة(بين عدم التدهور والتدهور) ومتدهور). وحللت معلومات هذه الدراسة باستخدام التحليل البركاستي العام (GPA). وهذا التحليل عضو من أعضاء عائلة الطرق المهتمة بتحليل البيانات الناشئة أو المخرجة من عدة أفراد. والهدف، والغرض أن يتم التعرف على كيفية اختلاف الأفراد، وبالمثل

معرفة مدى اتفاقهم في إحساسهم وإدراكهم لنفس الظاهرة. تحليل الـ GPA تقنية إحصائية تجريبية تسمح للباحث أو تمكنه من الربط في فضاء متعدد التغاير (multivariate space) بين مختلف منظومات الخواص، أو التشكيلات المخرجة من قبل مختلف المستهلكين مع العينات المختبرة. وأيضاً، تتعامل هذه التقنية مع المشكلة /المشكلات الفردية لهيئة التحكيم الذين، قد يرفعون أو ينقصون بصفة دائمة درجات خاصية (خاصية جودة) ما (Dijbste huis and Gower, 1991) ويعطي الشكل رقم (٩,١) رسماً بيانياً لحل توفيقي جماعي Consensus solusion للـ GPA. يفصل البعد الأول تفاح



الشكل رقم (٩,١). الشكل الإجماعي لتحليل بروكوستس المعمم (GPA consensus) موضحا الفروقات بين مختلف مجموعات المستهلكين (تحليل بروكوستس المعمم GPA consensus بالتدريج متساوي موحد الخواص) لثلاثة أصناف تفاح (الكوكس والجوناجولد والبوسكووب) في ثلاث مراحل تحبب/تدهور قوام ١: طازج، ٢: مرحلة متوسط، ٣: متدهور القوام. المفتاح: D: دنماركي E إنجليزي و S :أسباني، وN: هولندي، و F: فرنسي. (المصدر: انداني، ٢٠٠٠).

البسكووب من الأصناف الأخرى ويسير من القاع الأيمن bottom right إلى القمة اليسرى (top left). يسير البعد الثاني من القمة اليمنى (top right) إلى القاع الأيسر (bottom left) يتماشى ويتوافق (aligns) جيداً مع درجة تدهور القوام. في الرسم البياني الاتفاقي (consensus plot) يمكن أن يرى توزيع متوسط العينات (distribtion of sample means) لكل مجموعة مستهلكين حول متوسط العينات العالمية. ويمكن استخلاص أنه لا توجد أي مجموعة مستهلكين واحدة تختلف اختلافاً معنوياً عن المجموعات الأخرى عند وصف إدراكهم للعينات ؛ إذ إن وضع المجموعات حول العينة محكم نوعاً ما (rather tight).

ومن هذه الدراسة يمكن استخلاص وجود اتفاق/إجماع بين مختلف مجموعات المستهلكين على الطريقة التي يدركون/يحسون بها تدهور القوام. وعلى أي حال، تختلف الطريقة التي يصف بها مختلف المستهلكين إدراكهم، اختلافاً كبيراً. يستخدم الفليميش (Flemish) (البلجيك الذين يتحدثون الهولندية (Dutch speaking Belgians) والوالونس (Walloons) البلجيك الذين يتحدثون الفرنسية (French speaking Belgians) والدانيس Danes والإسبانياردس (Spaniards) ترجمة لكلمة متدهور mealy. ومع هذا، لهم جميعاً خواصهم الخاصة بهم التي يستخدمونها لوصف تدهور القوام. وفي المقابل، لا يستخدم المستهلكون الإنجليز (English consumers) مصطلح متدهور mealy وليس هذا المصطلح بمصطلح مفهوم لديهم. ويصفون التدهور بالخشن (coarse) والأسفنجي (spongy) والجاف (dry) والمقرمش (crumbly). ولا يوجد فرق واضح بين المستهلكين الفليميش والوالون في بلجيكا فيما يتعلق بمقدرتهم على وضع أوصاف، وكلتا المجموعتين وضعت نفس العدد تقريباً من الأوصاف، يستخدم المستهلكون الفليميش تصنيف التدهور (mealiness category) بشكل أكثر اتساعاً من استخدام

الوالون له. وبصفة عامة ، يدرك المستهلكون من مختلف الأقطار الاختلافات بين العينات بشكل متساو، مما يعني أن هناك اتفاقاً/إجماعاً عبر كل الثقافات فيما يتعلق بإدراك تدهور القوام.

(٩,٢,٤) توقعات وقبول المستهلكين

Consumer Expectations and Acceptability

للمستهلكين توقعات مسبقة (prior expectations) تدعمها خبرات سابقة (previcus experiences) عن خواص جودة المنتجات (Deliza and MacFie, 1996). للفواكه، تعتمد هذه التوقعات، بدرجة كبيرة، على المظهر الخارجي والإدراك/الإحساس اليدوي للقوام (manual texture perception) والرائحة (aroma) (Christensen, 1983, Cardello and Segars, 1989) والذي قد يستخدمه المستهلك كمرشد للطزاجة (Freshness)، والنضج (Ripeness) والجودة والتنوع (Variety) (Rishardson-Harman *et al.* 1998). اقترحت نظريات توقعات مختلفة (different expectaion theories) في الاستعراضات الأدبية (Reliza and MacFie, 1996) وذلك لتحليل توقعات المستهلكين.

نظمت تجارب في كل من المملكة المتحدة (UK) وأسبانيا (Spain) لتقييم الظواهر الخارجية للتفاح التي تؤثر على الإحساس المتوقع بالخواص الحسية تقييماً كمياً (Andani, 2000, Nicolai *et al.*, 1999). الظواهر هي/ لون القشرة (skin colour) والكثافة (density) والقوام باللمس (texture to touch). أعطى المشاركون وزناً أكبر لما أحسوه في الفم عوضاً عن إحساسهم بالظواهر الخارجية للتفاح. ومن دراسات أخرى أيضاً، وجد أنه من غير الممكن تداول تفسير إحساس الأشخاص. وقد تم التأكيد أيضاً بواسطة دراسات الاستهلاك، أنه على الأقل في أسبانيا، يوجد، وبشكل واضح، سوق قطاعي (market segment) يفضل التفاح متدهور القوام.

درس أنداني (Andani 2000) العلاقة بين الجنس (gender) وأهمية قوام التفاح. وقد أفادت نتائجه بأن القوام أكثر أهمية لدى النساء (٩٢٪) مقارنة بإدراك الرجال لهذه الخاصية (٦١٪). وقد أفادت أكثر من ٩٩٪ من الإناث أن القوام مهم جداً مقارنة بـ ٤٩٪ من الذكور. ولم يحكم أي من الجنسين على عدم أهمية القوام أو أنه غير مهم جداً، مما يؤكد أهميته، وعليه تدهور القوام، عند المستهلك.

(٩,٣) الطرق الجهازية
Instrumental Methods

ترجع محاولات ربط القياسات الحسية(الافتراضية) بقياسات الأجهزة الفعلية الموضوعية (objective instrumental measurements)، إلى بدايات القرن. وقد رغب الباحثون دوماً في ربط ما يحسه الشخص من المتغيرات الفيزيائية التي يمكن قياسها بما يعرف بالطرق الفعلية الموضوعية (objective means) (Moskowitz 1983). ربط أو قارن سيزسيزيسنياك والكر (Szczesniak and IIiker 1988) وكاسيوت (Casutt 1994) الإدراك الحسي للعصيرية مع القياسات التجريبية. وقد وجدوا أن العصيرية خاصية متعددة العوامل (multifactorial) ترتبط إيجابياً بكمية العصير الموجودة في الغذاء. وترتبط العصيرية المدركة حسياً سلبياً مع التدهور في القوام. استخدم فايني (Finney 1971) الاختبارات الحسية والجهازية لتقييم صنف التفاح الدليشص الأحمر. وقد لاحظ فايني أن الصلابة الحسية ارتبطت بشكل أفضل مع صلابة ماجنيس تايلور (Magness-Tayler firmness) مما مع قياسات الصلابة الصوتية (sonic firmnesc measurement). وقد خلص ديياهل وهامان (Diehl and Hamann 1979) من دراساتهما الحسية والجهازية على التفاح الدليشص الأحمر، إلى أن الهشاشة الحسية (sersory crispiness) ترتبط مباشرة مع القيم المعاملية/المؤشرية (modulus values) من اختبارات الضغط أحادية المحور (uniaxial

(compression tests واختبارات التمزق (torsion tests) بينما يرتبط التبلر/التحبب (graininess) وقياس تدهور القوام (mealiness) عكسياً بالقيم المعاملية وقوة القطع sheer stress عند فشل التمزق (failure in torsion). وبصفة عامة، التبلر/التحبب (graininess) قياس للقوام وله ارتباطات سلبية مع القياسات الحسية الأخرى التي تستخدم لوصف التفاح. وجد هاركر وآخرون (Harker *et al.* 1997) علاقة بيانية خطية (curvilinear relationship) بين الصلابة المحسوسة وقوة الشد/التوتر (tensile strength) وقوة الحزم/الثقب puncture strength وقوة القص (shear strength) لتفاح الرويال جالا (Royal Gala apples). حاول باوليتي وآخرون (Paoletti *et al.*, 1983) التفريق بين أصناف التفاح ومختلف مستويات الجودة وخواصها الميكانيكية (الآلية) وخواص قوامها بالطرق الحسية والجهازية والحسية التي أجريت. وقد وجدوا قيم ارتباط عالية بين معظم العوامل المقاسة حسياً وباستخدام الأجهزة.

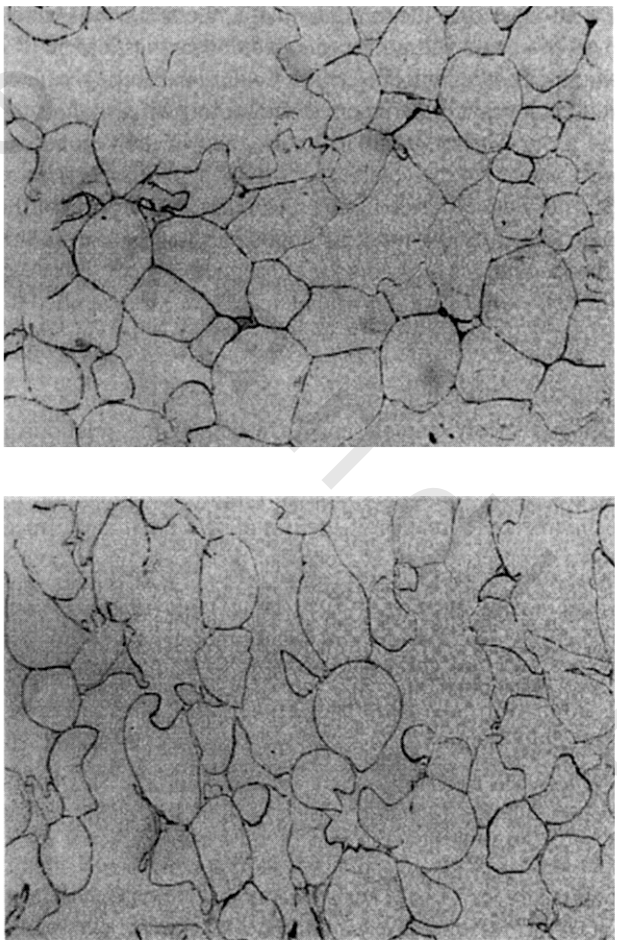
إن قدرات معظم التقنيات الجهازية على دراسة تدهور قوام التفاح ستناقش لاحقاً. أولاً ستقارن الصور المجهرية للنسيج متدهور القوام مع صور النسيج غير المتدهور. ومن بعد سيوصف اختبار الضغط المحصور (confined compression) كتقنية قياس محطمة لقياس تدهور القوام. في نهاية الأمر، ستقيم قدرات كثير من التقنيات غير المحطمة على قياس تدهور القوام: انتشار الموجات فوق الصوتية والتصوير وقياس الارتخاء بالرنين المغنطيسي (magnetic resonance relaxometry and imaging) ومطيافية الانعكاس الضوئي بالأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR reflectance spectoroscopy) وتحليل الرائحة (aroms aralysis) وتقنيات الاستجابة النبضية السمعية (acoustic impulse response technique) والمعاوقة الكهربائية (Electrical impedance).

(٩,٤) التصوير المجهري
Microscopic Imaging

من المقبول، بصفة عامة، أن تدهور القوام يرتبط بالقوة النسبية لجدران الخلايا مقارنة بما بالطبقة الوسطى (middle lamella) (Harker and Hallett, 1992) . إذا كانت جدران الخلايا أقوى من الطبقة الوسطى، فسينتج النسيج بين الخلايا، ولا يمكن تحرير محتويات الخلايا أثناء المضغ (mastication). إذا كانت جدران الخلايا أضعف من الطبقة الوسطى، فسيكون الإنتاج خلال الخلايا ونتيجة لذلك، يفرز محتوى السائل. في الحالة السابقة فإن الإحساس الإدراكي الحسي هو الشعور بالقوام الجاف الطباشيري chalky المحبب، وفي الحالة الثانية سيكون إحساساً بعصيرية المنتج. وقد ربطت التغيرات في قوة الشد لنسيج التفاح بالطريقة التي يتم بها الفصل بين الخلايا. أدى تطبيق اختبار الشد بعد التخزين المبرد للتفاح منخفض النضج إلى تمزق الخلايا الفردية في سطح الكسر (fracture surface) ومن بعد ذلك إفراز محتويات الخلايا وانهيار (تهدم) جدرانها. وعلى أي حال، عندما تجرى اختبارات الشد للفاكهة الأكثر نضجا والمخزنة مبردةً، فإن الخلايا المتقاربة تشد وتتفرق (pulled apart) تاركة خلايا غير محطمة على السطح.

صور دي اسميدت وآخرون (De Smedt *et al.*, 1998) صوراً مجهرية لرؤية الفرق بين التفاح الطازج والتفاح متدهور القوام، ولتأسيس العلاقات بين الاختبارات الآلية والملاحظات المجهرية لثلاثة أصناف بلجيكية تجارية مهمة: البسكووب والكوكس البرتقالي بايبين (Cox Orange Pippin) والجوناجولد في الشكل رقم (٩,٢ أ) و(٩,٢ب)، تم توضيح صور مجهرية ضوئية لأنسجة تفاح الجوناجولد الطازج والمتدهور القوام، على التوالي. ومن الواضح أن الأنسجة المحببة تحتوي مزيداً من الفراغات الهوائية (air voids) وترتبط خلاياها مع بعضها البعض ارتباطاً خفيفاً (loosely interconnected). للثلاثة أصناف، وجد أن في التفاح الطازج، تميل الخلايا للتكسر والتحلل عندما يتم

تعريضها لقوة، بينما في التفاح متدهور القوام، تميل الخلايا لتنفصل عوضاً عن أن تتكسر.



(أ)

(ب)

الشكل رقم (٩,٢) . صور مجهرية ضوئية لأنسجة تفاح جونا جولد طازج (أ) محبب (ب). تحتوي الأنسجة المحببة على فقاعات هواء أكثر والخلايا فاقدة الاتصال الداخلي.

(المصدر : دي اسميديت، ٢٠٠٠).

وباستخدام أربعة معايير قياسية لأشكال خلايا: المساحة (area) والمحيط (perimeter) وقياسي دائرتين (two roundness parameters)، استخدم دي أسميدت وآخرون ١٩٩٨م تقنية تحليل التفريق والمكون الأساسي (discriminant and principal component analysis) للتفريق بين التفاح الطازج ومتدهور القوام من أصناف البسكووب والكوكس البرتقالي بايبين، ولكن ليس بين التفاح الطازج ومتدهور القوام من صنف الجوناجولد. ويؤكد هذا، النتائج الحسية التي تشير إلى زيادة صعوبة أو عدم سهولة تدهور قوام صنف الجوناجولد مقارنة بما يحدث لصنف الكوكس.

(٩,٥) اختبار الضغط الحصري
Confined Compression Test

لقد حدد تدهور القوام بأنه قياس متعدد الأبعاد يجمع قلة الهشاشة (lack of erispiness) والصلابة والعصيرية (De Smedt, 2000). يمكن قياس الهشاشة من خلال اختبار التمزق بالقطع (Shear-rupture) أو اختبار قوة الشد، والصلابة والعصيرية من خلال اختبار الضغط الحصري (Barreiro *et al.*, 1998c). في الاختبار الأخير المذكور ضغطت عينة في مسبار أسطواني (cylindrical probe) وقيست قوة الكسر ومساحة العصير (juice area) للبقعة (spot) المتجمعة في ورقة الترشيح تحت المسبار. وبالاعتماد على القياسات الجهازية للهشاشة والصلابة والعصيرية، فقد طور/وضع باريرو وآخرون (Barreiro *et al.*, 1998c, 1998a) تدريجاً من تسع فئات لتدهور قوام التفاح الأحمر الفاخر (Top-Red apples). قَيّم دي أسميدت (De smedt 2000) هذا التدريج لمختلف أصناف التفاح (الجولدن/الذهبي والكوكس). وقد تم استنتاج أن التدريج مناسب فقط لتصنيف التفاح متدهور القوام تدهوراً شديداً أو غير المتدهور بالمرة. ويزاد على ذلك، لوحظ أن المستهلكين غير قادرين على تصنيف التفاح في تسع فئات؛

لذلك فقد وضع دي أسميدت (٢٠٠٠) نظام تصنيف من ثلاث فئات (طازج ومتوسط التدهور ومتدهور) رابطاً القياسات الحسية مع القياسات الجهازية التحطيمية الموضوعية للصلابة والعصيرية، وبهذا التصنيف، فقد نجح دي أسميدت (٢٠٠٠) في تصنيف ١٠ دفعات من ١٢ دفعة، وبشكل صحيح.

(٩,٦) انتشار الموجات فوق الصوتية
Ultrasonic Wave Propagation

خلال الخمسين سنة الماضية، استخدمت الموجات فوق الصوتية من وقت لآخر في الصناعة الغذائية. تنتج الموجات الصوتية (Sound wave) نتيجة للاهتزازات الميكانيكية (mechanical vibrations) لجزيئات وذرات مادة ما، حول مواقع توازنها (equilibrium positions). وبمجرد إزالة الاستحثات/التنبيه (excitation) تتفرق الطاقة المخزنة كموجات فوق صوتية وترجع الجزيئات إلى وضع توازنها. قد يدعم أي منتج غذائي له مرونة انتشار الموجات الصوتية (Galili *et al.*, 1993). قيم دي أسميدت (٢٠٠٠) إمكانية انتشار الموجات فوق الصوتية لقياس تدهور القوام. وقد أعطى اعتباراً لكل من سرعة/المرور (trarsmission velocily) والتوهين/تخفيض الموجات (attenuation) في قياس تدهور القوام. وبالرغم من أن انتشار الموجات فوق الصوتية أساساً ليس بتقنية محطمة، إلا أن التوهين حتى عند ٥٠كيلوهيرتز وجد كبيراً بما فيه الكفاية لإجراء قياسات عينات الفاكهة. استخدم دي أسميدت (٢٠٠٠) مهيأ زجاجياً (plexiglas adaptor) لتركيز الموجة والحصول على إشارة مدخلة عالية (higher input signal) كونه يحمل جهاز الموجات فوق الصوتية في ماكينة اختبار عامة (universal testing machine) تستخدم قوة ثابتة بالمسابير إلى العينات، وبهذه الطريقة يتم الحصول على قراءة توهين أكثر ثباتاً. وقد لوحظ تجريبياً أن الصوت يتفرق بسرعة من خلال

عينات قطرية (radial) فضلاً عن كونه من خلال عينات طولية (longtidinal). وقد أوضح قياس السرعة أثناء تخزين أربعة أسابيع ، أن هذه الخاصية المميزة انخفضت بشكل معنوي مع الوقت. وبالرغم من وجود قيم ارتباط متوسطة بين السرعة وإضعاف/توهين الصوت ، والخواص الحسية لتدهور القوام ، فقد خلص دي أسميدت (٢٠٠٠) إلى أن الموجات فوق الصوتية لا يمكن اعتبارها تقنية القياس الأكثر مناسبة لتقييم تدهور القوام.

إن السرعة ، وبدرجة أقل ، حجم الموجات فوق الصوتية ، يعتبران دالة لصلابة الفاكهة و يفسر هذا ، العلاقة التي وجدت بين تدهور القوام الحسي وقياسات الموجات فوق الصوتية ، حيث إن التفاح متدهور القوام ، وبصفة عامة ، لين أوطري.

(٩,٧) التصوير وقياس الاسترخاء بالرنين المغنطيسي النووي
Nuclear Magnetic Resonce Relaxometry and Imaging

قيم التصوير وقياس الاسترخاء بالرنين المغنطيسي النووي كتقنية لقياس تدهور القوام. استخدم باريرو وزملاؤه تقنيات الرنين المغنطيسي لتقييم تدهور قوام التفاح (Barreiro *et al.*, 1999) والخوخ (Barreiro *et al.*, 1998b) وتعتمد هذه التقنية على الخواص المغناطيسية لبعض الأنوية الذرية (atomic nuclei). عندما توضع جزيئات الأنوية ثنائية الاستقطاب المغنطيسية الطبيعية (natural magnetic dipoles nuclei) في حقل مغنطيسي (magnetic field) فإنها تعيد تنظيم نفسها في مسار على طول هذا الحقل. وبعد الاستحثاث/التنبيه ترجع هذه الجزيئات إلى موقعها التوازني (quilibrium postion). ويمكن توضيح المعدل الذي تحدث به هذه التوازنات بزمني استرخاء (relaxation times) (تي١ و تي٢ T_1 and T_2) وهما دالة لقوام المادة (Smith and Lange, 1998). وجد باريرو وآخرون ١٩٩٩م أن اختلافات قيم الـ تي٢ داخل تفاحة واحدة كانت أكبر مما بين

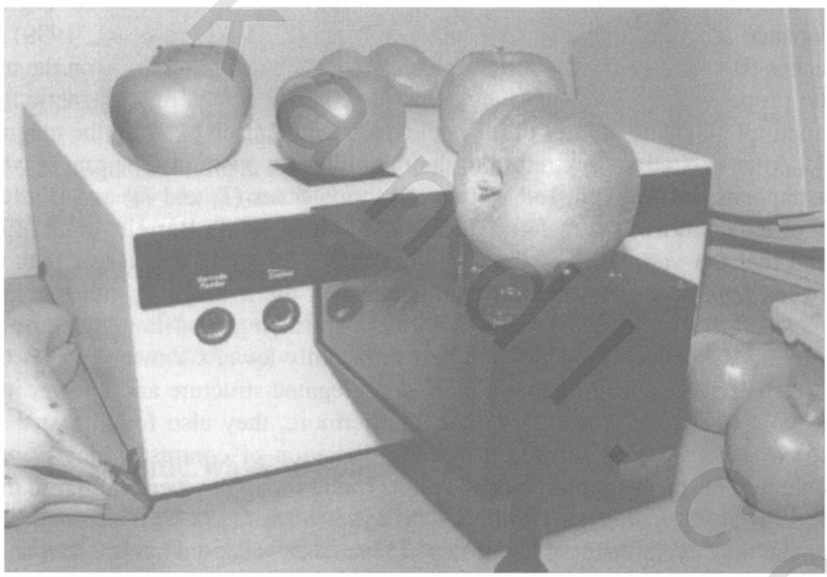
التفاح. وعلى أي حال، فقد وجد فرق في متوسط قيمة تي٢ للتفاح الطازج ومتوسط قيمة تي٢ للتفاح المخزن في الظروف المحفزة لتدهور القوام؛ وقد تم توضيح أن القيم الأدنى للـ تي ٢ (minimum t_2 values) للتفاح متدهور القوام منخفضة بدرجة أكبر من انخفاض هذه القيم للتفاح الطازج، مما يشير إلى أن التركيب الأكثر تجميعاً (desegregated structure) وقله العصيرية يؤديان إلى انخفاض قيم الـ تي٢. زيادة على ذلك، فقد وجدوا أن خرائط الـ تي٢ (T_2 maps) للتفاح متدهور القوام قد أظهرت اختلافات مكانية للتغاير (regional variation of contrast) لم يظهرها التفاح غير متدهور القوام. ولم تكن كل نتائج التفاح مساوية لنتائج الخوخ (Barreiro *et al.*, 1999, Barreiro *et al.*, 2000). وقد يشير هذا إلى أن تطور تدهور قوام الفاكهتين سببه التغيرات الفسيولوجية المختلفة. أيضاً، أظهرت صور التصوير بالرنين المغنطيسي للتفاح متدهور القوام اختلافات مكانية للمتغاير، والأمر ليس كذلك للتفاح غير المتدهور (Barreiro *et al.*, 2000). إن اختلاف التغاير كان مشابهاً لصور الـ NMR للتفاح ذي التحلل الداخلي بالرغم من أن التغاير كان بسيطاً.

(٩,٨) مطيافية انعكاس (الأشعة) تحت الحمراء القريبة

Near-Infrared Reflectance Spectroscapy

تم تقييم مطيافية الأشعة تحت الحمراء القريبة، في الماضي كتقنية قياس ليست محطمة، لقياس خواص جودة تفاح الجوناجولد، مثل الجوامد الذائبة و الـ pH والصلابة (Lammertyn *et al.*, 1998). أشارت التجارب بمطيافية انعكاس الأشعة تحت الحمراء القريبة بإمكانية قياس تدهور القوام بطريقة غير محطمة (Nicolai *et al.*, 1999). وتُسهَّل أو تمكَّن وحدة قياس عينة معروضة مثبتة بصفة معينة (special fixed sampler presentation module) ومطورة لجهاز قياس الطيف (المطياف (spectrophatomenter)

الموجود (الشكل رقم ٩,٣)، من الحصول على طيف انعكاس منتشر. (diffuse reflectance spectra)، وذلك بوضع التفاح غير المقشر أو غيره من الفواكه على سطح نافذة ضوئية (optical window) مدعومة بآليات ذاتية التمركز (self-centring mechanics). وعلى أي حال، وكما نُشر في بحث نيكولاي وآخرين ١٩٩٩ (Nicolai *et al.*, 1999) تحتوي نماذج المعايرة (calibration models) على مكونات أساسية كثيرة وتتطلب مزيداً من التحسين للتنبؤ بحدوث تدهور القوام.



الشكل رقم (٩,٣). مطياف الأشعة تحت الحمراء القريبة مع اكسسوار عرض عينة.

(٩,٩) تحليل الرائحة والسكر والحموضة

Aromo, Sugar and Acid Analysis

لأن خلايا الأنسجة متدهورة القوام لا تتكسر أثناء المضغ، فإن مكونات النهكة لا يتم تحريرها، وقد يفسر هذا حقيقة أن رائحة التفاح متدهور القوام قد أُدركت من

قبل المحكمين الحسيين بأنها بتركيز منخفض مقارنة برائحة التفاح الطازج. وعلى أي حال، فإن قياسات كرموتوجرافيا الغاز للفراغ القمي (head space) عند دراسة مركبات الرائحة لتفاح الكوكس وتفاح الجوناجولد قد كشفت أن تركيزات مركبات الرائحة في الفراغ القمي الاستاتيكي الثابت قد زادت حتى في التفاح متدهور القوام بينما انخفضت الرائحة المقدرة بواسطة لجنة التحكيم الحسي. تم قياس السكريات والأحماض العضوية بكروموتوغرافيا السائل عالية الأداء (HPLC)، لكل من التفاح متدهور وغير المتدهور القوام، وقد لوحظ وجود علاقة خطية بين محتوى حمض الماليك وتدهور القوام المحسوس (Nicolai *et al.*, 1999).

(٩,١٠) تقنية استجابة النبضات الصوتية
Acoustic Impulse Response Technique

يمكن قياس صلابة أو قساوة التفاح باستخدام تقنيات استجابة النبضات الصوتية (Chen and De Baerdemaeker, 1993). يتم رص الفاكهة (impacted) وتسجل إشارة الاستجابة (respone signal). يتم حساب طيف التردد (frequency spectrum) بواسطة تحويل فورير (Faurier transformation). ومن ثم يتم حساب الصلابة من الكتلة وتردد الرنين الأول (first resorance frequency) (Langenakens *et al.*, 1997).

أظهر قياس صلابة التفاح عن طريق تقنية استجابة النبضات الصوتية ارتباطاً معنوياً مع الخواص الحسية للعصيرية (De Smedt 2000). أظهرت الصيغة الحسية المعرفة (بدقيقي floury) ارتباطا بالخواص الحسية المرتبطة بالعصيرية. ويؤكد هذا حقيقة أن الإحساس بالقوام الدقيقي في الفم هو محصلة الفقد في القوام والعصيرية.

أسست دي أسميدت (٢٠٠٠) نموذجاً إحصائياً بين تقييم الخواص الحسية الهشاشة والدقيقية (floury) والعصيرية عند أول قضمة وأثناء المضغ، وارتباطها

بالقراءات المتحصل عليها من اختبار الضغط الحصري ومن تقنية استجابة النبضات الصوتية. وقد بلغت قيم معاملات الارتباط المناسبة ٠,٨٥٠ و٠,٧١ لكل من العصيرية والهشاشة، على التوالي. وبالرغم من أنها (أي أسميدت) قد خلصت إلى أن النماذج الإحصائية لا تسمح بالتنبؤ المستمر بالخواص الحسية التي تصف تدهور القوام، إلا أن القياسات الجهازية المعنية يمكن استخدامها لتحديد مختلف مراحل تدهور القوام التجارية (different commercial mealiness stages).

(٩,١١) المعاوقة (المقاومة) الكهربائية
Electrical Impedance

استخدم هاركر ومايندونالد (Harker and Maindonold, 1994) المعاوقة الكهربائية لدراسة نضج فاكهة النكتارين (nectarine). خلال قياسات النضج، تنخفض مقاومة جدران الخلايا والحويصلات وتقل سعة الأغشية (capacitance of the membranes). وقد لوحظت مقاومة أعلى لجدران الخلايا عند تبريد الفواكه المجروحة (chilling injured woolly fruits) مقارنة مع مقاومة الفواكه الناضجة طبيعياً. أجرت فارلان (Varlan 1997) قياسات المقاومة الكهربائية على التفاح وقد وجدت فروقاً كبيرة في هذه القياسات. وبالرغم من صعوبة الخروج بخلاصات، إلا أنها لاحظت بعض الاتجاهات العامة في قياسات المعاوقة الكهربائية أثناء النضج: زيادة في المقاومة ذات التردد المنخفض (low frequency resistance) وزاوية الطور الثابت (constant phase angle) في جانب وانخفاض في المقاومة ذات التردد العادي وذات التردد العالي في الجانب الآخر. وهناك حاجة لمزيد من الأبحاث لإيجاد علاقة ممكنة بين التدهور في التفاح ونتائج قياسات المعاوقة الكهربائية.

(٩,١٢) نمذجة تدهور القوام
Modelling Mealiness

حتى الوقت الحالي، تتوافر معلومات كيفية فيما يتعلق بتطور تدهور قوام التفاح كدالة لظروف التخزين (Harker and Hallet 1992; De Smedt *et al.*, 1998, Andani *et al.*, 1999). وضعت دي أسميدت (٢٠٠١) نموذجاً ميكانيكياً (آلياً) شاملاً لأغراض التنبؤ الكمي (quantitative prediction purposes). يصف هذا النموذج التغيرات في الطبقة الوسطى، ونقل الماء خلال الأنسجة وتفاعلاتها على مستوى الخلية (Celluler level) وعلاقة ذلك بتأثير الرطوبة النسبية لكل من التخزين في وجود الهواء أو التخزين في جو منخفض الأكسجين (low oxygen storage). ويفسر النموذج اعتمادية صلابة وقوة شد وعصيرية أنسجة التفاح على الوقت. وقد تم توضيح أن هذه القياسات الآلية ترتبط مباشرة بتدهور القوام كما هو مدرك من قبل المحكمين الحسيين (Barreiro *et al.*, 1998b, De Smedt, 2000).

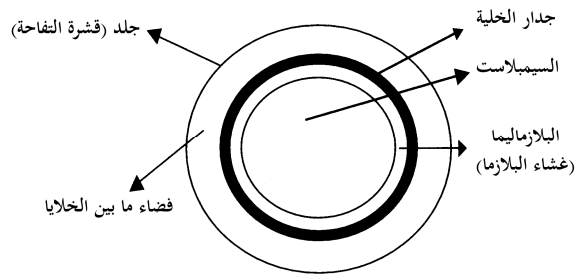
تتأثر خواص قوام التفاح مثل تدهور القوام بالخواص الكيميائية والميكانيكية لجدران الخلايا والطبقة الوسطى وبحالة الماء (water status) وبصفة خاصة بضغط الخلايا الانتفاخي (turgor pressure of cell). تتغير هذه الخواص بدرجة كبيرة أثناء تخزين ما بعد الحصاد وتؤثر على بعضها البعض. على سبيل المثال، التحول الأساسي في التفاح هو تحلل البكتين (hydrolysis of pectin) الذي يتطلب الماء كمادة تفاعل. ويتوافر الماء من داخل الخلايا، وأيضاً ينتج خلال التنفس. لذا، قررت دي أسميدت وآخرون (٢٠٠١) تضمين الظواهر العامة التالية في النموذج.

- التنفس.
- تغيرات الطبقة الوسطى.
- نقل الماء في التفاح.
- العلاقات بين خواص قوام الفاكهة وانتفاخ الطبقة الوسطى والخلايا.

obeikandi.com

وقد افترضوا إمكانية اعتبار التفاح جسماً متجانساً (homigeneous object). والمتغير المستقل الوحيد (Independent variable) الباقي هو الوقت، ولذا، تكفي المعادلات التفريقية العادية (ordinery differential equations) لتحديد تركيب النموذج. أفادوا، أيضاً، بضرورة اعتبار هذا النموذج تقريباً مبسطاً للحقيقة (crude approximation of the reality).

وقد اعتمد النموذج على تبسيط التركيب النسيجي/للتفاح (histological structure) (الشكل رقم ٩,٧). ويفترض الباحثون أن التفاح يتكون من غرفتين (جزأين (compartments) الجزء البسيط (symplest) المحتوي على كامل شبكة السايتوبلازم والمرتبطة تداخلياً (interconnected) بالبلاسموديسماتا (plasmodesmata) والأبوبلاست (apoplast) المحتوي على نظام جدران الخلايا وفضاء ما بين الخلايا (intercelluler space) (Taiz and zeiger 1998). يُفصل السيمبلاست عن الابوبلاست بغشاء شبه منفذ (semi-permiable) هو البلازماليما (plasmalema). و يمكن للماء أن ينتقل انتقالاً سالباً (انتشارياً) بين الغرفتين من خلال غشاء البلازماليما. ويمكن للأبوبلاست أن تتبادل الماء مع البيئة بالنقل عن طريق القشر (من خلال القشرة/الجلد) (epidermal). إن جلد/قشرة التفاح مع طبيعتها الشمعية الواقية (prote tive wax layer) هي الحاجز الرئيس لهذا النقل. تبلغ نسبة فقد الماء من تفاح الكوكس أثناء التخزين التجاري (لمدة ٦ شهور على ٣°م و ٩٠٪ رطوبة نسبية) ٥٪ أو أكثر.

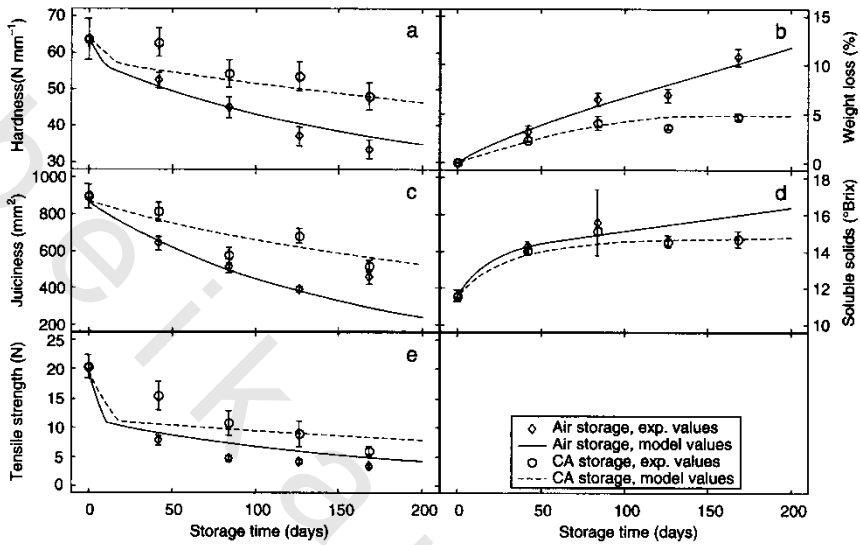


الشكل رقم (٩,٤). عرض تخطيطي لتفاحة (من دي أسميدت وآخرين ٢٠٠١م، بإذن من السيفير العلمية).

يمكن اعتبار الرطوبة النسبية خاصية من خواص البيئة التي تؤثر على سلوك التفاح. وهي متغير داخلي input varible للنموذج ومتاح لتقنيي ما بعد الحصاد لتعديل عملية التخزين. في جزء الخلية، تمت نمذجة عملية التنفس بتفاعلين كيميائيين: تحلل النشا إلى وحدات سداسية (هكسوس (hexose)) وماء، وأكسدة هذه الوحدات السداسية إلى ماء وثاني أُكسيد كربون. وفي فضاء ما بين الخلايا فإن ذوبان البكتين قد تمت نمذجته بتفاعل التحلل البسيط (simple hydroysis reaction) .

خرجت دي أسميدت (٢٠٠١) بتحديد توازنات كتلية (mass balances) وافتراض حركيات كيميائية بسيطة (simple chemical kinetics) إلى اشتقاق منظومة من ست معادلات تفريقية والتي تصف تغيرات تركيزات الماء في الخلايا وفي فضاءات ما بين الخلايا، وبالمثل تصف التغيرات في تركيزات الوحدات السداسية والنشا داخل الخلايا والبكتين في الطبقة الوسطى. ربطت هذه المتغيرات/الفروقات (state variable) عن طريق علاقات حسابية جبرية بسيطة (simple algebraic) بكميات قابلة للقياس مثل العصيرية والهشاشة وصلابة الضغط، وبالمثل ربطت بالقيم المتحصل عليها تجريبيا للتفاح المخزَّن في هواء طبيعي والمخزَّن في مناخ متحكَّم فيه.

يوضح الشكل رقم (٩,٥) بيانات التجارب لخمسة متغيرات مخرجة قيست بواسطة دي أسميدت وآخرين (٢٠٠١)، وهي موضحة كدالة لوقت التخزين مع قيم نموذج المحاكاة (simulated model values). تشير الرموز لمتوسط ٢٠ قياس أعطيت فواصل ثقة ٩٥٪ للمتوسط (95% confidence intevals of the mean) بأشرطة عمودية (vertical bars). وباختبار الشكل رقم (٩,٥)، يمكن رؤية أن نموذج المحاكاة يوافق البيانات موافقة جيدة، بالرغم من أن النموذج يقلل قيمة قوة الشد (الهشاشة) بدرجة بسيطة في حالة التفاح المخزن في الهواء (الشكل رقم ٩,٥إي، (5-9e)). قدرت العصيرية والصلابة بشكل أكبر وأكثر كفاية (الشكل رقم ٩,٥ ج وأ (9-5c and a)).



الشكل رقم (٩,٥). التغير في نواتج المتغيرات المقاسة أثناء التخزين. ترمز أعمدة الخطأ إلى فترات الثقة ٩٥٪ لمتوسط ٢٠ قياساً (لاحظ أن قيمة المواد الصلبة الذائبة بعد ٨٤ يوماً في التخزين في الهواء هي متوسط فقط لثلاث قياسات) (أعيد النشر من قبل دي اسميت، ٢٠٠٠) مع إذن خاص من السيفر ساينس Elsevier Science.

ووفقاً للنموذج، فإن الجوامد الذائبة للتفاح المخزن في مناخ هواء طبيعي تبقى متزايدة بعد ١٠٠ يوم، بينما وصل التفاح المخزن في ظروف متحكم فيها، إلى قيمة نوعا ما ثابتة (الشكل رقم ٩,٥أ)، ويمكن أن لا يتم التحقق من هذا بالقياسات التجريبية ؛ لأن تقنية القياس لا تمكّن من أخذ أي عصير بمجرد تدهور قوام التفاح نوعا ما، في ظروف التخزين الهوائي الطبيعي. وعلى أي حال، فإن هذا التوقع مقبول أو جدير بالتصديق بسبب تأثير التركيز الذي قد يتوقع بسبب نقص الوزن الكبير (الشكل رقم ٩,٥ب) ويوافق النموذج نقص الوزن موافقة جيدة.

أوضحت التجارب الحسية أن التفاح المخزن في هواء طبيعي أكثر تدهوراً في القوام من ذاك المخزن في مناخ متحكم فيه (Andani, 2000). ووفقاً لهذا النموذج، يمكن تفسير ذلك من خلال تدهور سريع للنشا والسكر وذوبان بالغ وواضح للطبقة الوسطى.

يمكن استخدام نموذج دي أسميدت وآخرين (٢٠٠١) بشكل مفيد، لتقييم تأثير تغيرات ظروف التخزين بغير قصد أو قصدا، وتأثير خصائص الفاكهة مثل الحجم والنضج، على تطور تدهور القوام، وذلك من أجل أغراض إدارة التخزين المبرد.

(٩,١٣) الاتجاهات المستقبلية

Future Trends

وإذ يمكن الاستخلاص من نتائج التجارب المعروضة سابقاً، فإن تقييم تدهور القوام بالأجهزة غير المتلفة/غير المحطمة، أمر صعب نوعا ما، عند هذه اللحظة. وأفضل بديل، ولكنه مكلف، هو استخدام محكمين حسيين. ولتقليل التكاليف في المستقبل، يجب تأسيس علاقة بين درجات التحكيم الحسي والقياسات المتلفة /المحطمة من اختبارات الضغط الحصرية والاختبارات الميكانيكية ذات العلاقة بمختلف أصناف التفاح، وقد تم ذلك مسبقاً من قبل باريرو وآخرين (١٩٩٨أ و ١٩٩٨ب) لتفاح الأستاركنج، ومن قبل دي أسميدت (٢٠٠٠) لتفاح الكوكس.

ويجب أن تركز مزيد من الأبحاث على تطوير التقنيات الجهازية غير المتلفة/غير المحطمة لاكتشاف تدهور القوام أو الخواص المرتبطة به. وحيث إن تدهور القوام يكون في المستوى الهستولجي/النسيجي، فهناك الكثير المتوقع من التقنيات، مثل التصوير وقياس /الاسترخاء بالرنين المغناطيسي، إذ إن هذه التقنيات تمكّن من سبر التركيب الدقيق للأنسجة (microstructure of tissue).

إن النموذج الميكانيكي لدى أسميدت وآخرين (٢٠٠١) والذي تمت مناقشته سابقاً، يمثل فقط، تقريباً عاماً للحقيقة، إذا افترض التجانس. القياسات النموذجية مستقلة وغير معتمدة على الموقع في التفاح. على ذلك، يجب إذاً أن يكون النموذج نقطة بداية لنمذجة التغيرات التي تحدث أثناء تدهور قوام التفاح. إن الاتجاه المستقبلي في نمذجة تدهور القوام، يقع بالتأكيد عند المستوى المجهري. عليه، يجب قياس الخواص الميكانيكية الدقيقة (micromechenical properties) والتركيب الكيميائي لجدران الخلايا، ولكن أيضاً، قياس ضغط الانتفاخ وكثير من القياسات الفسيولوجية الأخرى، بشكل سليم مضبوط، على المستوى الخلوي (cellular level). قد يؤدي نموذج معتمد على هذه الملاحظات إلى فهم أعمق وأفضل (better insight) للعمليات الفسيولوجية التي تسبب تطور تدهور القوام.

(٩,١٤) مصادر لمزيد من المعلومات والنصائح
Sources of Further Information and Advice

في عام ١٩٩٦م أنشئ مشروع أوروبي، بالرقم FAIR C T95-0302، ذو أهداف شاملة ترمي إلى تحسين جودة الفواكه الطازجة لدى المستهلك، وذلك بمنع أو إبعاد المنتجات متدهورة القوام من خلال المعاملة الحسنة واستخدام القياسات الجهازية الموضوعية وتقنيات المراقبة/المتابعة. شمل الكونسرتيم (الاتحاد (consortium)) خمسة أقطار وشمل سبعة شركاء (parteners) منها جامعتان ومعهد خاص وثلاثة معاهد عامة وشركة تجارية واحدة. إن الجزء الأكبر من النتائج التي عرضت في هذا الفصل قد جمع ضمن إطار هذا المشروع الأوروبي (Nicolai *et al.*, 1999). وفضلا عن الأوراق التي تم استعراضها في المجلات العلمية المحكمة ومحاضر المؤتمرات (conference proceedings) ومساهمات المجلات التجارية ورسالتي دكتوراه (Andani 2000 De Smedt 2000PhD)

(theses حول هذه الموضوعات البحثية. ونلفت نظر القارئ إلى هذا الاستعراض الأدبي ليجد وصفاً مفصلاً لكل الموضوعات التي نوقشت باقتضاب في هذا الفصل.

(٩,١٥) المراجـــــع

References

ANDANI Z (2000) *Mealiness in Apples: Consumer Perception and Structure,* PhD thesis, Institute of Food Research, Reading, UK.

ANDANI Z, BARREIRO P, DE SMEDT V, ORTIZ C, RUIZ-ALTISENT M and NIcOLAI B (1999) 'Instrumental assessement of mealiness in apples', *Food Sci Technol Today,* 201-2.

BARREIRO P, ORTIZ C, RUIZ-ALSISENT M, RECASENS I and ASENSIO M A (1998a) *Identification of Mealy Apples by Instrumental Means. Extraction of Storage Features,* AgEng Paper No. 98-F-073, European Society of Agricultural Engineers, EurAgEng, Oslo, Norway, Aug 24-27.

BARREIRO P, ORTIZ C, RUIZ-ALTISENT M, RECASENS I, ASENSIO M, RUIZ-CABELLO J and FERNANDEZ-VALLE M E (1998b) *Mealiness Assessment in Apples and Peaches using MRI (Magnetic Resonance Imaging) Techniques,* AgEng Paper No. 98-F-074, European Society of Agricultural Engineers, EurAgEng, Oslo, Norway, Aug 24-27.

BARREIRO P, ORTIZ C, RUIZ-ALTISENT M, DE SMEDT V, SCHOTTE S, and ANI Z, WAKELING I and BEYTS P K (1998c) 'Comparison between sensory and instrumental measurements for mealiness assessment in apples: a collaborative experiment', *J Texture Studies,* 29, 509-25.

BARREIRO P, CABELLO J, FERNANDEZ-VALLE M E, ORTIZ C and RUIZ-ALTISENT M (1999) 'Mealiness assessment in apples using MRI techniques', *Magnetic Resonance Imaging,* 17 (2), 275-81.

BARREIRO P, ORTIZ C, RUIZ-ALTISENT M, RUlZ-CABELLO J, FERNANDEZ-VALLE M E, RECASENS I and ASENSIO M (2000) 'Mealiness assessment in apples and peaches using MRI techniques', *Magnetic Resonance Imaging,* 18 (9), 1175-81.

BOURNE M C (1982) *Food Science and Technology, a Series of Monographs, Food Texture and Viscosity, Concept and Measurement,* London, Academic Press.

CARDELLO A V and SEGARS R A (1989) 'Effect of sample size and previous mastication on texture judgement', *J Sensory Studies,* 13, 177-215.

CARROLL J D (1972) 'Individual differences and multidimensional scaling', in *Multidimensional Scaling: Theory and Applications in the Behavioural Sciences,* Vol II, eds Shephard R N, Romney A K and Nerlove S B, New York, Seminar Press.

CASUTT M M, GENNER-RITZMANN R L and ESCHER F (1994) 'Sensory evaluation of juiciness of fresh apples', in *The Postharvest Treatment of Fruits and Vegetables, Quality Criteria,* Proceedings of the Cost 94 workshop, Bled, Slovenia, 117-23.

CHEN H and DE BAERDEMAEKER J (1993) 'Effect of apple shape on acoustic measurements of firmness', *J Agricultural Eng Res,* 56, 253-66.

CHRISTENSEN C M (1983) 'The effects of colour on aroma, flavour and texture judgements of food', *J Food Sci,* 48, 787-90.

CIVILLE G V and SZCZESNIAK S A (1973) 'Guidelines to training a texture profile panel', *J Texture Studies,* 4, 204-23.

DELIZA Rand MACFIE H J H (1996) 'The generation of sensory expectations by external cues and its effect on sensory perception and hedonic ratings: a review', *J Sensory Studies,* 11, 103-28.

DE SMEDT V (2000) *Measurement and Modelling of Mealiness in Apples,* PhD thesis, Catholic University Leuven.

DE SMEDT V, PAUWEL E, DE BAERDEMAEKER J and NICOLAI B (1998) 'Microscopic observation of mealiness in apples: a quantitative approach', *Postharvest Biol Technol,* 14, 151-8.

DE SMEDT V, BARREIRO P, VERLINDEN B E, VERAVERBEKE E A and NICOLAI B M (2001) 'A mathematical model for the development of mealiness in apples', *Postharvest Biol Technol,* in press.

DIEHL K C and HAMANN D D (1979) 'Relationships between sensory profile parameters and fundamental mechanical parameters for raw potatoes, melons and apples', *J Texture Studies,* 10,410-20.

DIJKSTERHUIS G B and GOWER (1991) 'The interpretation of generalised procustes analysis and allied methods', *Food Quality and Preference,* 3 (2), 67-87.

DURR P (1979) 'Development of an odour profile to describe apple juice essences', *Lebensm Wiss Und Technol,* 12, 23-6.

EARTHY P J (1996) *Context Effects on Preference and Preference Mapping,* PhD thesis, University of Reading, UK.

FINNEY E E (1971) 'Dynamic elastic properties and sensory quality of apple fruit', *J Texture Studies,* 2, 62-72.

GALILI N, ROSENHOUSE G, SHMULEVICH I, MIZRACH A, GAN-MOR S, AHARONI Y, HAUGH C G, DIELH K C and CHENG Y (1993) *Non-Destructive Quality Control in Fruit and Vegetables through Dynamic Response to Acoustic Excitation,* Final report, BARD project. No. IS-1272-87.

GREENHOF K and MACFIE H J H (1994) 'Preference mapping in practice', in *Measurement of Food Preferences,* eds MacFie H J H and Thomson D M H, Glasgow, Blackie Academic and Professional, 137-66.

HARKER F R and HALLETT I C (1992) 'Physiological changes associated with development of mealiness of apple fruit during cool storage', *HortScience,* 27 (12), 1291-4.

HARKER F H and MAINDONALD J H (1994) 'Ripening of nectarine fruit: changes in the cell wall, vacuole, and membranes detected using electrical impedance measurements', *Plant Physiol*, 106 165-71.

HARKER F R, STEC M G H, HALLETT I and BENNETT L (1997) 'Texture of parenchymatous plant tissue: a comparison between tensile and other instrumental and sensory measurements of tissue strength and juiciness', *Postharvest Biol Technol*, 11, 63-72.

JAEGER S, BHANJI Z, WAKELING I and MACFlE H J H (1998) 'Consumer preferences for fresh and aged apples: cross-cultural differences', *Food Quality and Preference*, 9 (5), 355-66.

KELLY G A (1955) *The Psychology of Personal Constructs*, New York, Norton.

LAMMERTYN J, NICOLAI B, OOMS K, DE SMEDT V and DE BAERDEMAEKER J (1998) 'Non-destructive measurement of acidity, soluble solids, and firmness of Jonagold apples using NIR-spectroscopy', *Trans ASAE*, **41** (4), 1089-94.

LANGEN AKENS J J, VANDEWALLE X and DE BAERDEMAEKER J (1997) 'Influence of global shape and internal structure of tomatoes on the resonant frequency' , *J Agricultural Eng Res*, 6641-9.

LAPSLEY KG (1989) *Texture of Fresh Apples - Evaluation and Relationship to Structure*, PhD thesis, Zurich, Swiss Federal Institute of Technology, Switzerland.

LOPEZ J L, VALERO M M, RUIZ-ALTISENT M and BARREIRO P (1996) 'Harinosidad en manzana y melocoton: sondeo a los consumidores de Madrid', *Fructicultura Profesional*, 81 20-31.

MCEWAN J A (1988/9) *Statistical Methodology for the Analysis and Interpretation of Sensory Profile and Consumer Acceptability Data*, Campden Food and Drink Research Association: Technical Memorandum 536. MAFF project 1843.

MOSKOWITZ H R (1983) 'Correlating sensory ratings with objective measurements of foods', in *Product Testing and Sensory Evaluation of Foods, Marketing and R&D Approaches*, Westport, Connecticut, Food and Nutrition Press, 524-66.

NICOLAI B, ANDANI Z, IZQUIERDO L, GRUMMISCH U, RUIZ-ALTISENT M, VAN DIJK C and VERLINDEN B E (1999) *Mealiness of Fruits. Consumer Perception and Means for Detection*, FAIR project CT95-0302, Final consolidated report January '96-April '99, 237pp.

NICOT H (1992) 'Aspects pratiques de l'evaluation sensorielle', in *Evaluation Sensorielle: Semina ire Europeen*, CERIA (Brussels), ENITIAA (Nantes), 22-33.

OLSEN J C (1981) 'The importance of cognitive processes and existing knowledge structures for understanding food acceptance', in *Criteria of Food Acceptance*, eds Solms J and Hall R L, Zurich, Forster Verlag, 69-81.

PAOLETTI F, MONETA E, BERTONE A and SINESIO F (1993) Mechanical properties and sensory evaluation of selected apple cultivars' , *Lebensm- Wiss Und Technol*, 26, 264-70.

RICHARDSON-HARMAN N, PHELPS T, MCDERMOTT S and GUNSON A (1998) 'Use of tactile and visual cues in consumer judgements of apple ripeness', *J Sensory Stud*, 13 121-32.

SMITH R C and LANGE R C (1998) *Understanding Magnetic Resonance Imaging*, LLC, Florida, USA, CRC Press.

SZCZESNIAK A S (1971) 'Consumer awareness of texture and other food attributes II', *J Texture Studies*, 2, 196-206.

SZCZESNIAK A S and ILKER R (1988) 'The meaning of textural characteristics - juiciness in plant foodstuffs', *J Texture Studies*, 1961-78.

TAIZ L and ZEIGER E (1998) *Plant Physiology*, 2nd edition, Sunderland, Massachusetts, Sinauer Associates, 69.

VARLAN A (1996) *Impedimetric Measurements and Microsensors for Biological Applications*, PhD thesis, Catholic University Leuven.

WILLIAMS A A and CARTER C S A (1977) 'Language and procedure for the sensory assessment of Cox's Orange Pippin apples', *J Sci Food and Agriculture*, 28 1090-104.

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل العاشر

رفع جودة الفواكه والخضراوات المصنعة حرارياً لأعلى حد

Maximising the Quality of Thermaly Processed Fruits and Vegetables

إتش إس رماسوامي وسي. آر. شن، جامعة مك جيل

H. S. Ramaswamy and C.R. chen, McGill university

(١٠,١) مقدمة: تطور التصنيع/الحراري

Introduction: The Development of Thermal Processing

التصنيع الحراري أحد طرق الحفظ التقليدية والتي تضمن سلامة (مأمونية) الأغذية المصنعة وبقاءها صالحة (للاستهلاك) على الرف (shelf-stable). يرجع تاريخ أصل العمليات الحرارية التجارية إلى عام ١٨٠٩م عندما منح العالِم الفرنسي نيوكولاس أبيرت (Nicholas Appert) جائزة الحكومة الفرنسية لتطويره طريقة ناجحة لحفظ الأغذية، الطريقة التي في نهاية الأمر عرفت بالتعليب (canning). وجد أبيرت طريقة جديدة وفعالة لحفظ الأغذية، ولكنه لم يفهم لماذا منعت هذه الطريقة فساد الأغذية (food spoilage). وفي عام ١٨٦٤م فسر لويس باستور (Louis Pasteur) العالم الفرنسي الآخر أن العملية الحرارية تقتل (أو تثبط) الأحياء الدقيقة (microorganisms) التي تحد من فترة صلاحية الأغذية. قاد هذا (الكشف) إلى أسس/قواعد التطور والتقدم في

obeikandi.com

طرق التعليب والتي قادت إلى الثورة الصناعية (revolutionized the Industry). وفي تسعينيات القرن (1890)، أسس بريسكوت Prescott واندروود (Underwood) العلاقة بين البكتيريا المحبة للحرارة (thermophilic) وفساد الذرة المعلبة (canned corn) وفي الوقت نفسه تقريباً، اكتشف نفس نوع الفساد في البازلاء المعلبة بواسطة روسيل (Russell) في وسكونس (Wisconsin) وبارلو (Barlow) بولاية إلينويس (Illinois). وفي أوائل القرن التاسع عشر (1910, 1920) حددت الخواص الحيوية والسمية الأساسية لبكتيريا *الكلوستريديوم بوتشيلينيوم* (*Clostridium botulinum*) لأول مرة بواسطة عدد من الباحثين الأمريكيين. وقد أصبح واضحاً أهمية السيطرة على *C. botulinum* في الأغذية المعلبة، ومن ثم وضعت أسس السيطرة عليها. طور بيجيلو وآخرون (Bigelou *et al.*, 1920) لأول مرة الطريقة المؤسسة علمياً، لحساب عمليات التعقيم الآمن الأدنى (minimum safe sterilizaion processes) للأغذية المعلبة. وأصبحت هذه الطريقة تعرف بالطريقة (الأصلية original) أو الرَسْمية البيانية (graphical). ومن بعد ذلك، طوَّر بال (Ball, 1923) طرقاً نظرية لتقدير العمليات الحرارية. طور شولتز Schultz وأولسون (Olson) عام ١٩٤٠م طريقة حصرية دراسية معنية بهذا الحقل (nomographic) لتقديرات العملية. اعتمدت معظم التطويرات والاختراعات التالية، في هذا الحقل، على هذه المفاهيم المبكرة. طور استمبو (Stumbo, 1949) إجراءات لطرق حساب عمليات التعقيم اعتماداً على تكامل قيم القتل (leathality values) عبر كل حجم الإناء (container).

وقد طور هايا كاوا (Hayakawa) في ١٩٦٨م الطرق الرياضية الأكثر تطوراً وتقدماً والتي أبعدت أخطاء معينة بسيطة نسبياً، موجودة في الطرق الحسابية السابقة. ومنذ حوالي عام ١٩٧٠م، ساهم بال Ball واستمبو وهاياكاوا وعدة باحثين في مزيد

من صقل النماذج الرياضية (mathematical models) للعمليات الحرارية التصنيعية. وقد قادت الأعمال اللاحقة المتأخرة لـ (Telixeira *et al.*, 1969, Purohit and Stumbo, 1972 Lenz and Lund, 1977, Tung and Garland, 1979 etc) لاستخدام الحاسبات الآلية في الحسابات الدقيقة/الصحيحة والسريعة للعمليات الحرارية الروتينية، ولمراقبة/متابعة العمليات الحرارية وبسيطرة عليها بقياس مقدرة القتل المحددة على الخطوط الإنتاجية (on-line measurement).

(١٠,٢) أنواع العمليات الحرارية
Types of Thermal Process

يمكن تحقيق التصنيع الحراري للفواكه والخضروات بعدة تقنيات: استخدام الماء الساخن أو البخار (الطبخ (cooking)، السلق (blanching)، والبسترة (pasteurization)، والبثق (extrusion)) أو بالهواء الساخن، التجفيف (drying) والطاقة الإشعاعية (irradiated energy) (الميكروويف (microwave)، والأشعة تحت الحمراء (infrared radiation)، والأشعة المتأينة (ionising radiation)) والتي سيتم وصفها لاحقاً.

(١٠,٢,١) الطبخ (الطهي) Cooking

الطهي/الطبخ هو تقنية تصنيعية حرارية (heat-processing technique) هدفها الأساسي هو تحسين استساغة الغذاء. ويمكن اعتبارها شاملة لعدة عمليات (operations) تجرى بصفة شائعة في المنزل كالغلي (boiling) والخبز (baking) والشواء (broiling) والتحميص (roasting) والقلي (frying) واليخن الغلي البطئ بالماء أو المرق (stewing) وتختلف كل هذه العمليات عن بعضها البعض في طريقة تطبيق المعاملة الحرارية/طريقة استخدام الحرارة. تتم عمليتا الغلي واليخن(الغلي البطيء) بوضع المنتج في ماء يغلي (أو البخار)، ويتطلب الخبز والشواء والتحميص حرارة جافة حيث تجرى هذه

العمليات في أفران الهواء الساخن لتحسين وتغيير جودة أكل الأغذية (eating quality of foods).

يمكن اعتبار الطبخ تقنية حفظ ؛ لأن كثيراً من الأغذية المطبوخة يمكن تخزينها لأوقات طويلة تحت ظروف التبريد، مقارنة بوقت تخزين غيرها من الأغذية غير المطبوخة، إذا ما تم تقليل إعادة التلوث. يؤدي الطبخ إلى تحطيم أو خفض الحمل الميكروبي وتثبيط الإنزيمات غير المرغوبة، وهذه هي المتطلبات المهمة لتقنيات الحفظ. وكما يمكن للطبخ أن يثبط السموم الموجودة طبيعياً أو المنتجة من خلال التلوث الميكروبي (في الأغذية الطازجة أو المصنعة)، ويحسن الهضم (digestibility) ويغير اللون والنكهة والقوام لمقابلة متطلبات المستهلك. مرة أخرى، فبالرغم من أن الطبخ يحقق هذه الآثار المرغوبة، إلا أنه يؤدي أيضاً إلى فقد بعض العناصر الغذائية المعينة غير الثابتة حرارياً .

(١٠,٢,٢) السلق Blanching

السلق معاملة حرارية خفيفة (mild heat treatment) تستخدم لتثبيط إنزيمات الأكسدة/ الإنزيمات المؤكسدة (oxidative enzymes) في الفواكه والخضراوات قبل عمليات التصنيع (التعليب والتجميد والتجفيف)، والتي من غير ذلك ستؤدي إلى تغيرات غير مرغوبة في اللون والنكهة والقيمة التغذوية للمنتجات أثناء تداولها وتخزينها. بجانب تثبيط الإنزيمات، يؤدي السلق وظائف إضافية متعددة : يزيل غازات الأنسجة (tissue gases) (لتحقيق فراغ أفضل في العلب (better vacuum in cans) وخفض الضغط عند قفل العلب (reduce the strain on can closures)) أثناء التصنيع وخفض مستويات الأكسجين في العلب)، ويرفع معظم درجة حرارة الأنسجة (bulk temperature of the tissue) وينظف الأنسجة ويسبب ذبول الأنسجة (wilts the tissues)

ليسهل التعبئة، وفي بعض الأحيان، يساعد على تحسين (تثبيت fixing) لون الخضراوات الخضراء.

من أنظمة الإنزيمات المؤكسدة ، يعتبر إنزيم البيروأُكسيديز (peroxides) هو الأكثر مقاومة للحرارة (most heat resistant)، وعليه، فقد استخدم تثبيط هذا الإنزيم تقليديا كمؤشر (index) لكفاية وفعالية السلق. السلق بالبخار والسلق بالماء الساخن هما تقنيتا السلق الأكثر شيوعاً واستخداما، وهما من العمليات البسيطة السهلة وغير المكلفة، ولكنهما يتطلبان طاقة مكثفة (energy intensive)، ويؤديان إلى تسرب (leaching) بالغ للمكونات الذائبة (والذي يحدث أثناء كل من التسخين والتبريد) وأيضاً، يُنتجان كميات كبيرة من ماء الصرف المتدفق.

لخص فيلوس (Fellows, 2000) ميزات وعيوب هذه التقنيات التي ستناقش لاحقاً.

التكاليف الرأسمالية للسلق التقليدي بالماء (conventional water blanching) منخفضة (lower capital cost) وله كفاءة طاقة أفضل (better energy efficiency) مما للبخار، ولكنه يؤدي إلى فواقد كبيرة للمكونات الذائبة في الماء (water-soluble components) تشمل فيتامينات وعناصر معدنية وسكريات. وأيضا يؤدي السلق بالماء إلى كميات كبيرة من ماء الصرف ومخاطر التلوث بالبكتريا المحبة للحرارة. باستخدام السلق بالبخار، فمن الممكن خفض حجم ماء الصرف بشكل كبير وبالمثل تقليل فواقد التسرب إذا ما تم استخدام التبريد الهوائي(air cooling) بديلا للتبريد بالماء. وعلى أي حال، قد لا يكون السلق منتظما وكاملا (uneven blanching) إذا سلق الغذاء في أكوام متعددة الطبقات (multilayer piles). تقنية السلق السريع الفردية (individual quick blanching (IQB)) (lazar *et al.*, 1971) تقنية مبتكرة (inovation based)، وتعتمد على

أساس ، مرحلتي تسِّخين وحفظ للحرارة (two stage heat-hold principle)، وقد ثبت أو أُثبت أنها تحسِّن الاحتفاظ بالعناصر الغذائية بدرجة معنوية (كبيرة). قادت الجهود البحثية والهندسية إلى تطوير/إنتاج معدات السلق المحسنة التي يستخدم فيها البخار(المشبع (saturated) أو فائقة التسخين (superheated)) وإعادة تدوير((recirculation)) الماء الساخن لتحسين الاحتفاظ بالعناصر الغذائية وتقليل فواقد التسرب وتحسين كفاءة الطاقة (Cumming et al. 1984).

تستحدم طرق السلق غير التقليدية الأخرى الغاز الساخن المرطب (moiturized hot gas) والميكروويف وتقنيات التسخين بالمقاومة الكهربائية (ohmic heating techniques) مع التبريد الهوائي لخفض التسرب. يعتمد الوقت اللازم للسلق عادة (١٠ثواني- ١٥ دقيقة) على نوع وحجم الفاكهة والخضار ونوع السلق (الماء أو البخار أو الغاز الساخن أو الميكروويف) ودرجة حرارة وسط التسخين (heating medium) وبالمثل على طريقة التسخين.

(١٠,٢,٣) البسترة Pasteurization

البسترة معاملة حرارية خفيفة ،أيضاً ، وتجرى على الأغذية لتحطيم الكائنات الدقيقة النامية (الخضرية (vegetative microorganisms) خاصة الممرضات (pathogens) ولتثبيط الإنزيمات. ولأن العملية ليست قاسية بدرجة كافية لقتل مكونات الجراثيم (spore formers) ، يجب تخزين أو حفظ الأغذية المبسترة مبردة في الثلاجة مثلاً ، وذلك لتقليل الفساد الميكروبي. وأيضاً ، نتيجة لاستخدام معاملة حرارية بسيطة ، فإن الخواص الحسية والتغذوية للأغذية المبسترة لا تتأثر كثيرا. وتعتمد درجة شدة المعاملة الحرارية ومدة التخزين على طبيعة المنتج وأحوال الأس الهيدروجيني (pH conditions)

ومقاومة الكائنات الدقيقة المختبرة أو / والإنزيم وحساسية المنتج ونوع الحرارة المستخدمة (Fellows 2000 , Holdsworth,1997).

(١٠,٢,٤) التعقيم Sterilization

يتضمن التعقيم معاملة حرارية أكثر شدة تهدف إلى تحطيم (قتل) المرضات والكائنات الدقيقة المسببة للفساد (spoilage causing) في غذاء معبأ في بيئة محكمة الإغلاق (hermetically sealed enviorment) لمنع إعادة التلوث (recontamination). وتأخذ العملية في حسابها المقاومة الحرارية لمكونات الجراثيم بالإضافة إلى حساسية نموها (growth sensivity) للأكسجين والأس الهيدروجيني ودرجة الحرارة. يمنع وجود التفريغ في العلب نمو معظم الكائنات الدقيقة الهوائية (aerobic microorganisms) وإذا حفظت العلب على حرارة تبريد تقل عن ٢٥°م، فستسبب محبات الحرارة (heat resistant thermopiles) مشاكل بسيطة أو لا تشكل أي مشاكل بالمرة. ومن منظور الصحة العامة (public health perspective)، فإن أهم الكائنات الدقيقة في الأغذية قليلة الحموضة (pH 4,5) هي *الكوليستريديوم بتشيلينيوم* (C.botulinum) وهي ممرضة مقاومة للحرارة مكونة للجراثيم ولاهوائية، والتي إن بقيت بعد التصنيع (survives processing)، فقد تتمكن من النمو وتنتج سم البوتيوليزم المميت (botulism) في الأغذية. ولأن *الـ C.botulinum* ومعظم مكونات الجراثيم لا تنمو في وسط يقل فيه الأس الهيدروجيني عن ٤,٥ (أغذية حامضية ومتوسطة الحموضة (acid and medium-acid foods)، فإن معيار التصنيع لهذه الأغذية هو تحطيم الكائنات الدقيقة الخضرية المقاومة للحرارة أو الإنزيمات.

(١٠,٣) أسس التصنيع الحراري
Principles of Thermal Processing

الأغذية المعلبة التي تتعرض للتصنيع / المعاملة الحرارية ليست معقمة وعمليات التصنيع غير مصممة لتجعل تلك الأغذية معقمة. ولا يعتمد نجاح هذه

العمليات الحرارية على التحطيم الكامل لكل الكائنات الدقيقة مما يؤدي إلى تدني جودة المنتجات بسبب إطالة فترة التسخين كمتطلب. ولكن عوضا عن ذلك، تقتل كل الممرضات ومعظم مسببات الفساد من الكائنات الدقيقة الموجودة في عبوات محكمة الغلق، كما يهيئ ذلك بيئة داخل العبوة لا تساعد على نمو الكائنات الدقيقة المسببة للفساد وجراثيمها. وحقا، فإن طبيعة الأس الهيدروجيني للغذاء والبيئة (التفريغ) والقفل المحكم ودرجة حرارة التخزين والمعاملة الحرارية المعينة، جميعها، تمنع نمو الكائنات الدقيقة المسببة للفساد وتفي بمتطلبات واهتمامات الصحة العامة (public health concerns). عليه، لتحديد مدى المعاملة الحرارية، يجب معرفة عدة عوامل (Fellows.2000) : النوع والمقاومة الحرارية للكائنات الدقيقة المستهدفة (target microorganism) والجراثيم الموجودة أو الإنزيم الموجود في الغذاء، والأس الهيدروجيني للغذاء ؛ وظروف التخزين بعد العملية ؛ وظروف التسخين (heating conditions)والخواص الحرارية الفيزيائية (thermophysical properties) للغذاء وشكل وحجم العبوة.

(١٠,٣,١) المقاومة الحرارية للكائنات الدقيقة

Thermal Resistance of Microorganism

أكسجين والأس الهيدروجيني pH والحساسية للحرارة. يتم في الأغذية التي تعبأ تحت تفريغ في أوعية محكمة الغلق (hermetically sealed containers)، تحقيق مستويات أكسجين منخفضة قصداً. عليه ، فإن الظروف السائدة لا تساعد على نمو الكائنات الدقيقة التي تتطلب الأكسجين (الهوائية الإجبارية (obligate aerobes) وتؤدي إلى فساد الغذاء أو المشاكل الصحية العامة (public health problems). زيادة على ذلك، فإن جراثيم البكتيريا الهوائية الإجبارية أقل مقاومة للحرارة من الجراثيم الميكروبية (micrbial spores) التي تنمو في ظروف لاهوائية (anaerobic conditions) أي اللاهوائية

الإجبارية أو الاختيارية (facultative or obligate anaerobes). إن نمو ونشاط هذه الكائنات الدقيقة اللاهوائية يعتمد بصورة أساسية، على الأس الهيدروجيني (pH). ومن ناحية التصنيع الحراري، تقسم الأغذية إلى ثلاث مجموعات حسب الأس الهيدروجيني:

١- أغذية عالية الحموضة (أس هيدروجيني أقل من ٣,٧).

٢- أغذية متوسطة الحموضة (أس هيدروجيني أكثر من ٣,٧ وأقل من٤,٥).

٣- أغذية منخفضة الحموضة (أس هيدروجيني أعلى من ٤,٥).

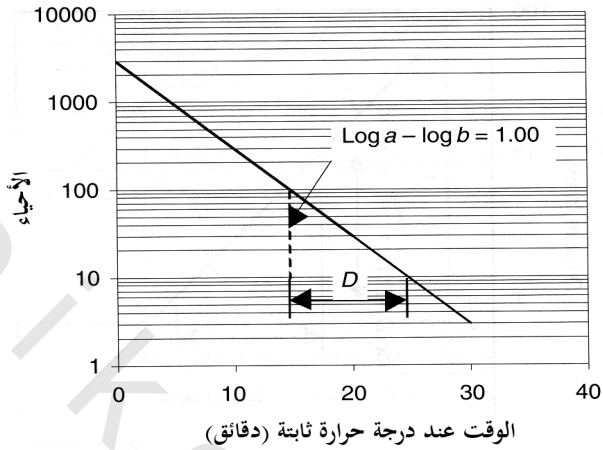
إن أهم فرق في تصنيف الأس الهيدروجيني، خاصة بالرجوع إلى المعاملة الحرارية، هو الخط الفاصل بين الأغذية الحامضية والأغذية منخفضة الحموضة. ومن المعروف بصفة عامة، أن الكوليستريديوم بوتشيلينيوم (C.botulinum) لا تنمو وتنتج سمًّا على أس هيدروجيني أقل من ٤,٦. عليه، فإن الأس الهيدروجيني المقسم بين المجموعة الحامضية والمجموعة المنخفضة الحموضة قد حدد بـ ٤,٥. في مجموعة الحموضة المنخفضة (أس هيدروجيني أعلى من٤,٥)، تحطيم جراثيم الكوليسريديوم بوتشيلنيوم هو الهدف أو الهم الأساسي في هذه العمليات، وعلى أي حال، قد تكون هناك كائنات دقيقة أخرى، على سبيل المثال: *الباسيلس استيروثيرموفايلس (Bacillus stearothermophilus) والباسيلس ثيرموا اسيدورانس(Bacillus thermoacidurans) والكوليستريديوم ثيرموساكارولييتيكوم (C. thermosachaarolyticcum)*، و كل هذه، أكثر مقاومة للحرارة من *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم*، ولكنها بصفة عامة، محبة للحرارة في طبيعتها (درجة حرارة النمو المثلى حوالي ٥٠ ـ ٥٥م)، وعليه تنال اهتماما أقل إذا خزنت العلب المصنعة على حرارة أقل من ٢٥م.

حركيات التحطيم (القتل) الميكروبي Microbial destruction kinetics :
لتأسيس جدولة للتصنيع الحراري، يجب تحديد معدل التحطيم الحراري للكائنات الدقيقة المختبرة / المعنية، وذلك في الظروف السائدة في العبوة، عادة، وذلك من أجل تحديد وقت تسخين مناسب على درجة حرارة محددة. زيادة على ذلك، لأن الأغذية المعبأة لا يمكن تسخينها إلى درجة حرارة التصنيع فورياً (instantaneously)، فهناك حاجة أيضاً، لمعلومات حول اعتمادية درجة الحرارة لمعدل التحطيم الميكروبي (temperature dependence of the microbial destruction rate) . وذلك من أجل تكامل الأثر التحطيمي (destruction effect) من خلال مستويات درجة الحرارة تحت ظروف التصنيع.

منحنيات النجاة وقيمة دي Survivor curves and D-value : تفيد البراهين أن التحطيم الحراري للكائنات الدقيقة يتبع تفاعلا من المرحلة أو الدرجة الأولى (first order reaction) مما يشير إلى أنه نظام لوغريثمي للقتل (Logarithmic order for death) (الشكل رقم ١٠,١)، يعرف معدل التحطيم الحراري بوقت خفض عشري (decimal reaction time d-value) وهو وقت التسخين بالدقيقة عند درجات حرارة محددة مطلوبة تؤدي إلى خفض بمقدار عشري (٩٠٪ تحطيم) للمحتوى الميكروبي الموجود surviving microbial population). بيانياً (graphically)، يمثل هذا مدى الوقت الذي يمر له منحنى البقاء خلال دورة لوغريثمية (الشكل ١- ١٠). رياضياً:

$$D = \frac{(t_2 - t_1)}{[\log (a) - \log (b)]} \qquad (١٠,١)$$

حيث إن a وb يمثلان الكائنات الباقية بعد التسخين لـ تي ١ ($t1$) و تي ($t2$) دقيقة، على التوالي.



الشكل رقم (١٠,١). منحنى نموذجي للبقاء.

وقت القتل الحـــراري والقيمـــة دي Thermal death time (TDT) and D-value : في ميكروبيولوجيا الغذاء كثيراً ما يستخدم مصطلح آخر، هو وقت القتل الحراري (TDT)، ويعني وقت التسخين المطلوب لقتل أو تحطيم الميكروبات. يتم الحصول على بيانات وقت القتل الحراري بتعريض مجموع الميكروبات لسلسلة معاملات حرارية عند درجات حرارة معينة والبحث عن ما يبقى منها (حياً). يمثل وقت القتل الحراري الوقت بين التحطيم الذي يتم في أقرب وقت (shortest destruction) وأوقات البقاء الأطول امتداداً (longest survival times). والقتل في هذه اللحظة، و بصفة عامة، يشير إلى فشل مجموعة ميكروبية معينة، بعد المعاملة الحرارية للنمو إيجابياً في بيئة محددة، ولتوضيح نمو إيجابي في وسط (بيئة) الزراعة الفرعية (subculture media). وبمقارنة طريقة وقت القتل الحراري مع طريقة التحطيم العشري، من السهولة ملاحظة أن قيمة القتل الحراري تعتمد على الحمل الميكروبي الأول (initial microbial load)، بينما لا تعتمد قيمة التحطيم العشري (دي) على ذلك.

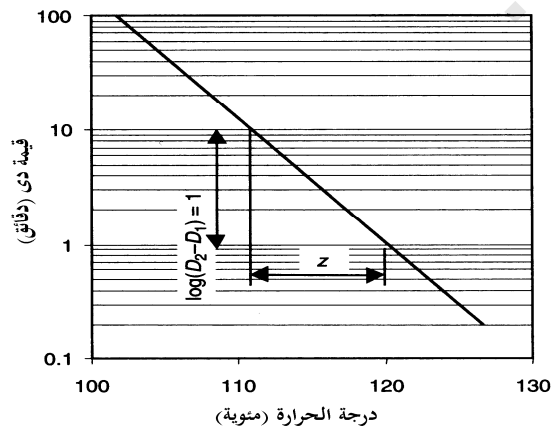
الاعتمادية الحرارية وقيمـــة – زد Temperature dependence and z-value :

تعتمد قيمة دي (D -value) وبشدة، على درجة الحرارة المستخدمة. عادة، يعبر عن الحساسية الحرارية لقيمة – دي عند درجات حرارة مختلفة، بمنحنى مقاومة حرارية (thermal resistance curve) مع رسم لوغاريثم قيم دي مقابل الحرارة (الشكل ٢-١٠). ويعرف مؤشر الحساسية الحرارية (temperature sensivity indicator) كقيمة – زد والتي تمثل مدى درجات حرارة تنتج أو تؤدي إلى تغير بمقدار عشرة أضعاف في قيم – دي، أو بالرسم البياني تمثل مدى درجات الحرارة التي يمر من خلالها منحنى قيم – دي من خلال دورة لوغريثمية واحدة. وتكتب رياضياً:

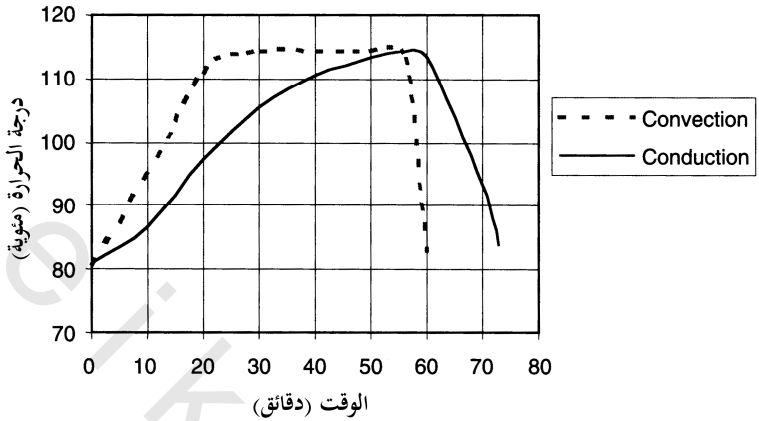
$$Z = \frac{(T_2 - T_1)}{[\log(D_1) - \log(D_2)]} \qquad (١٠,٢)$$

حيث إن D_1 وD_2 هي قيم D على T_1 وT_2 على التوالي. يمكن الحصول على قيمة – دي عند أي درجة حرارة معينة من شكل معدل للمعادلة (٢- ١٠) باستخدام قيمة – دي مرجعية (reference d-value) أي (D_0) عند درجة حرارة مرجعية، T_r وهي عادة ١٢١°م للتعقيم الحراري(thermal sterilization).

$$D = D_o 10^{(Tr-T)z} \qquad (١٠,٣)$$



الشكل رقم (١٠,١). منحنى مقاومة حرارية نموذجي.



الشكل رقم (١٠,٣). اختراق حراري نموذجي.

مفهوم القتلية lethality concept: القتلية (قيمة إف ، (F-value)) هي قياس للمعاملة الحرارية أو قياس لعمليات التعقيم. ولمقارنة السعات التعقيمية النسبية (relative sterilizing capacities) للعمليات الحرارية ، نحتاج لتأسيس وحدة قتلية (unit of lethality). وللفهم بصورة أكثر وضوحاً وللقناعة ، تعرف هذه بمكافئ التسخين لمدة دقيقة (equivalent heating of I min) عند درجة حرارة مرجعية ، والتي عادة تحدد بـ ١٢١°م لعمليات التعقيم. عليه فإن قيمة – إف ترمز إلى جمع ضرب معين (certain multiple) أو جزء من قيمة دي اعتماداً على نوع الكائن الحي الدقيق ؛ لذا ، فإن علاقة مثل المعادلة رقم (١٠,٣) أمر جيد فيما يتعلق بقيمة- إف.

$$F = F_o 10^{(Tr-T)/z} \qquad (١٠,٤)$$

إذ إن F_0 في هذه الحالة هي قيمة إف عند درجة الحرارة المرجعية (T_r). ويعرف منحنى وقت القتل الحراري المرجعي أو الصورة أو المثال التجريبي (phantom) بأنه منحنى مواز لمنحنى وقت القتل الحراري الحقيقي أو منحنى المقاومة الحرارية (أي له

نفس قيمة – زد) وله وقت قتل حراري (TDT) (قيمة- إف) تبلغ ١ دقيقة عند ١٢١°م. ومع مثال تجريبي(تحديد منحنى وقت القتل الحراري)، فمن الممكن شرح التأثيرات القاتلة لأي جمع بين الوقت ودرجة الحرارة في شكل دقائق مكافئة عند ١٢١°م أو قتلية :

$$F_0 = F10^{(T-Tr)/} \quad (١٠,٥)$$

للعمليات الحقيقية حيث يمر الغذاء خلال مستوى (مدى) من الوقت- درجة الحرارة، يجب أن يكون استخدام هذا المفهوم لتحقيق تكامل التأثيرات القاتلة من خلال مختلف مجموعات الوقت – درجة الحرارة. إن القتلية الجمعية المتحصل عليها هكذا لعملية ما، تعرف بالقتلية العملية (process lethality) وأيضاً يمثل/يعبر عنها بالرمز (symbol) اف (F_0). وزيادة على ذلك، بالإشارة أو الرجوع إلى حالة التصنيع، يمكن توضيح أن القتلية ترتبط بموقع محدد (عادة المركز الحراري (thermal center) أو أي موقع يتم اختياره اعتباطياً(arbitrarily chosen location) أو متكامل فوق العبوة. ومن ناحية السلامة (المأمونية) الميكروبيولوجية (microbiological safety point of view)، فإن ضمان أدنى قتلية (minimal lethality) عند المركز الحراري، هو الأهم، بينما من ناحية الجودة، فمن المرغوب والمطلوب خفض التحطيم الشامل.

(١٠,٣,٢) منحنيات تغلغل الحرارة Heat Penetration Curves

يوضح الشكل رقم (١٠,٣) منحنيات الوقت–درجة الحرارة البسيطة أثناء التسخين والتبريد بالتوصيل الحراري (conduction heating) والحمل الحراري (convection heating). تستخدم الطرق العامة والطرق العامة المحسنة (general and improved general) لحساب عمليات هذا النوع من المعلومات. وفي المقابل تستخدم معظم طرق المعادلات (formula methods) بيانات تغلغل الحرارة (heat penetration data) المتحصل عليها من الرسومات البيانية شبه اللوغريثمية (semilogarthmic polt)

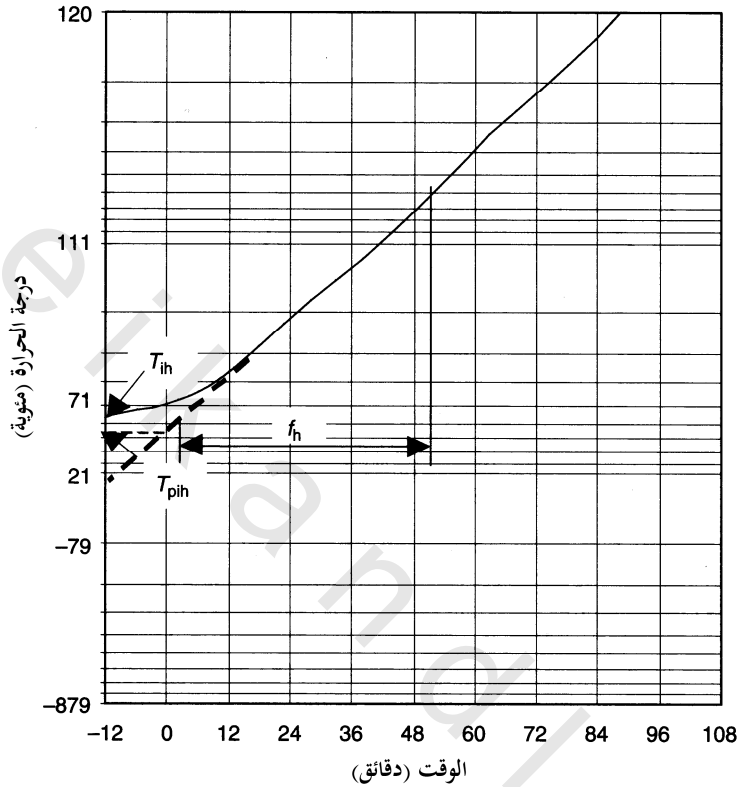
(polt لفروق درجة الحرارة (T_R-T) على تدريج لوغريثمي ، (T_R-T on log Scale) بين درجة حرارة المعقم المرجعية (T_R) retort ودرجة حرارة المنتج (T) مقابل الوقت (على محور سيني linear abscissa) كما هو موضح في الشكل رقم (١٠,٤) (رسم جاكسون البياني (Jackson plot)). ويمكن تحقيق هذا بسهولة بتدوير الورقة شبه اللوغريثمية (semilog paper) خلال ١٨٠ °م و ترميز الخط الأعلى الأفقي (top Line) ١ درجة مئوية أقل من درجة حرارة المعقم، ومن ثم رسم درجات الحرارة بيانياً مباشرة رقم (١٠,٤). ويمكن الحصول على مؤشر معدل التسخين (f_h) heating rate idex) كميل سالب (negative reciprocal slope) لجزء الخط المستقيم من المنحنى أو الوقت ليعبر دورة لوغريثمية واحدة. تم الحصول على عامل التأخير جي إتش j_h lag factor باستخدام العلاقة التالية :

$$J_h = (T_R\text{-}T_{pih})/ (T_R\text{-}T_{ih}) \qquad (١٠,٦)$$

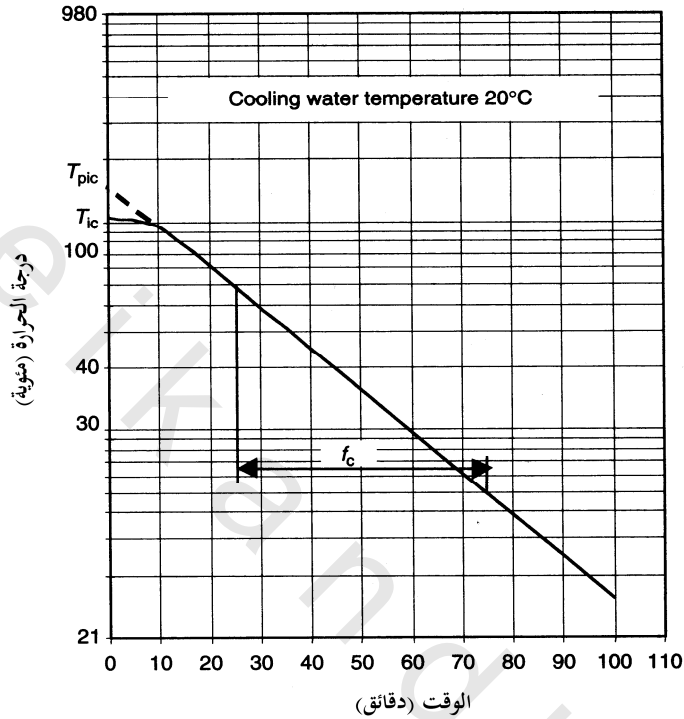
حيث إن T_R هي درجة حرارة المعقم، و T_{ih} هي درجة حرارة المنتج الابتدائية، وT_{pih} هي درجة حرارة المنتج الابتدائية المفترضة (pseudo-initial product temprature).

ويستخدم رسم بياني مشابه لـ (T-T_w) فرق درجة الحرارة بين المنتج ودرجة حرارة ماء التبريد أثناء التبريد (الشكل رقم ١٠,٥) للحصول على قياسات التبريد. ولرسم المنحنى البياني للتبريد تحفظ الورقة شبه اللوغريثمية في الوضع الطبيعي ويعلم الخط القاعي (bottom line) ١ °م فوق درجة حرارة ماء التبريد وترسم درجات الحرارة مباشرة، بيانيا. ومن هذا الرسم البياني يمكن الحصول على مؤشر معدل التبريد fc (cooling rate index) وعامل التأخير جي سي (j_c lag factor) ، بالمثل.

openkandi.com



الشكل رقم (١٠,٤). رسم بياني شبه لوغاريثمي لمنحنيات التسخين. إف إتش معامل معدل الحرارة (دقائق)، وتي أي إتش درجة حرارة الغذاء الأولية عند بدء التسخين والتي ب آي إتش هي درجة الحرارة الأولية الزائقة أثناء التسخين.



الشكل رقم (١٠,٥). رسم بياني شبه لوغاريثمي لمنحنيات التبريد إف سي. f_c هي مؤشر معدل التبريد (دقيقة) والتي أي سي T_{ic} درجة حرارة الغذاء الأولية عند بدء التبريد.

(١٠,٤) حسابات التصنيع الحراري

Themal process Calcufalions

إن الغرض من حسابات التصنيع الحراري/العمليات الحرارية هو الحصول على وقت تصنيع مناسب تحت منظومة ظروف تسخين معينة (given set of heating conditions) تمكّن من أو تؤدي إلى قتلية عملية، أو عوضا عن ذلك، تقدير القتلية العملية لعملية معينة. ويجب أن تعمل الطريقة، وبشكل صحيح، على تكامل الآثار المساعدة /المؤدية للقتل للاستجابة الحرارية العابرة للغذاء الذي يخضع للتصنيع

الحراري فيما يتعلق بالكائنات الحية الدقيقة المختبرة/المعنية من ناحيتي الاهتمام بالصحة العامة والاهتمام بالفساد. أعيد تأسيس درجة القتلية فيما يتعلق بالوقت المكافئ عند درجة حرارة مرجعية (*Tr*) وقد صممت العمليات لتوفير أدنى قيمة موضوعة/ محددة مسبقا عند المركز الحراري. المعادلة الرئيسة الواجب حلها هي المعادلة الأساسية الصحيحة غير الكسرية التكاملية (lasic integral equation) للقيمة القتلية المجمعة (accumulated lethelity value)

$$F = {}_0^t\!\int 10^{(T-T_r)z}\mathrm{d}t \qquad (١٠,٧)$$

بشكل واسع ، تُقسَّم طرق حساب العملية (procecs calclation methods) إلى نوعين: طريقة عامة وطرق معادلات (formula methods).

(١٠,٤,١) الطريقة العامة General Method

الطريقة العامة التي اخترعها/صممها بايجيلو وآخرون (Bigelow et al, 1920) هي الأبسط والأكثر دقة مقارنة بالطرق الأخرى ، والتي تشمل تكاملاً رسمياً بيانياً أو تكاملاً عددياً (graphicl of numerical integration) للمعادلة (٧-١٠).

تم تكامل الآثار القاتلة عند مختلف مجموعات الوقت- درجة الحرارة في عملية حرارية بحيث تكون سببا للقتلية المجمعة الكلية ، إذ يعتبر أن لكل درجة حرارة قيمة تعقيم. يعتمد حساب وقت العملية على المعادلة التالية:

$$\frac{F_t}{F_{T_r}} = 10^{(T_r-T)/z} = \mathrm{TDT} \qquad (١٠,٨)$$

وعلى أي حال ، لتحديد/تقدير الآثار القاتلة عند أي درجة حرارة *T* ، يستخدم عكس(reciprocal) المعادلة (١٠,٨). من بعد ذلك يستخدم معدل القتلية (lethality rate)

(١/وقت القتل الحراري) في طريقة تكامل رسم بياني (graphical integration procedure) لحساب أوقات العملية الحرارية (lund, 1975). إن دقة هذه الطريقة تعتمد أساساً على مدى صحة/ضبط قياسات درجة الحرارة، وبالمثل الفترات (الأوقات) الفاصلة لهذه القياسات. وتعرف هذه الطريقة بالطريقة العامة المحسنة، إذ إنها صحيحة/دقيقة ولا تعتمد على افتراضات حول تغلغل الحرارة، ولكنها متعبة مجهدة (laborious) (Stumbo, 1973; Lund, 1975; Fellows, 2000).

(١٠,٤,٢) بعض طرق المعادلات Some Formula Methods

من أجل تقدير وقت التصنيع أو القتلية المجمعة تحت ظروف تصنيع محددة بسهولة وسرعة، فقد طورت كثير من طرق المعادلات (Ball, Stumbo, phan etc) منذ العشرينيات من القرن العشرين (1920s).

تعتبر طريقة بال (Ball method) هي أبسط الطرق والتقنية الأكثر استخداما لحسابات التصنيع. وتعتمد هذه الطريقة على المعادلات التالية (١٠.٩) إلى (١٠.١١) والمشتقة من منحنى اختراق الحرارة، وذلك لتقدير وقت التصنيع، بي B (دقائق):

$$B = f_h \log[j_h(T_R - T_i)]/(T_R - T) \quad (١٠,٩)$$

حيث إن f_h هو مؤشر التسخين و J_h هو معامل تأخير التسخين. ويرمز للفرق في درجات الحرارة (T_R-T) عند نهاية الطبخ بـ g_c وهو مفتاح تقدير وقت التصنيع باستخدام المعادلة (١٠.١٠). أسس بال علاقة بين f_h/U و g في شكل جدول وشكل (figure)، حيث إن U قد عرفت كـ:

$$U = F_0 F_i \quad (١٠,١٠)$$

$$F_i = 10^{(121.1-T_R)/z} \quad (١٠,١١)$$

حيث إن *F*o هي القتلية التصنيعية المطلوبة/المرغوبة و *F*i هو عدد الدقائق عند درجة حرارة المعقم المكافئ لـ ١ دقيقة عند ١٢١,١°م.

عند اشتقاق العلاقة الموضحة سابقاً بين f_h/U و g، افترض بال بعض الافتراضات كالتالي: $f_h = f_c$, $j_c = 1.41$, $z = 10^0C$ وأن منحنى التبريد يكون أساسا قطعاً زائداً (hyperbolic) يتبع ذلك أن يكون لوغريثميا (logarithmic). وأصبحت هذه الافتراضات بعض المحددات (المعوقات) لاستخدام طريقة بال.

ومن أجل التغلب على محددات طريقة بال، نشر استومبو Stumbo ولونجليي Longley (١٩٦٦م) جداول محددة (z of 12 to 22) لـ $f_h/U:g$ والتي إليها تعزى الفروقات/الاختلافات في قيم *j* لمنحنيات التبريد. تم التوصل إلى علاقات هذه الجداول بالطرق اليدوية باستخدام طريقة عامة للتكامل. لاحقاً وضع جين وآخرون (Jen *et al.*, 1971) جداول ممثلة (represcntative) لـ$f_h/U:g$ والتي يتم الحصول على قيمها بطريقة الفروق المطلقة بالحاسب (computerized finite difference method) لـ تيكسيرا وآخرين (Teixeira *et al.*, 1969)، نقح بيوروهت (puohit) واستومبو (١٩٧٢م) طريقة جين وآخرين (١٩٧١م) المذكورة سابقاً ووضع جداول منفصلة (٥٧ مجتمعة). تغطي قيم (Z-Values) من ٨ °ف إلى ٢٠٠° ف والتي سهلت أو مكنت من أن تستخدم طريقة استومبو لتحطيم مختلف الكائنات الدقيقة، مثل الجراثيم البكتيرية والخلايا الخضرية (vegetative) أو العناصر الغذائية.

طور فام (Pham 1987) منظومتين لمعادلات جبرية بسيطة وجداول مبسطة لحسابات العمليات الحرارية، واحدة لـ الـ $U/f_h > ١$ والأخرى لـ $U/f_h < ١$. وادعى فام (١٩٨٧م) بأن طريقته توفر قيماً على الأقل، تماثل دقتها دقة طريقة استومبو، وأنها أكثر براعة (متعددة الجوانب)؛ لأن جدوله الوحيد بديل لـ ٥٧ جدولاً نشرها استومبو.

عـدل فـام (١٩٩٠م) معادلاتـه لتغطـي أحـوال لا تختلـف فيهـا معـدلات /سـرعات التسخين والتبريد، أي $f_h \neq f_c$.

(١٠,٥) التصنيع الحراري والجودة
Thermal Processing and Quality

(١٠,٥,١) خواص جودة الأغذية Quality Proprties of Foods

الجـودة أو درجـة الامتيـاز (degree of excellence): مصـطلح نسـبي (relative term) وكمـا هـو مسـتخدم في الأغذيـة، يفسـر "بـالخواص الـتي تجعـل الغـذاء مقبـولاً للشخص الذي يأكله". بعض عوامل/خواص جودة الأغذية مهمة فيما يتعلق بتقدير مأمونيتها وقبولها (safety and acceptability). يحدث فقد لبعض الجودة نتيجة للعمليات التصنيعية، بينما قد يحدث فقد إضافي أثناء التخزين. إن صلاحية غذاء (shelflife) ما هي إلا الفترة التي يتوقع أن يحتفظ فيها هذا الغذاء بمستوى جودة معينة محددة مسبقا، في ظروف تصنيع أو تخزين محددة. وقد وصفت الجودة بأنها مجموع عدة عوامل (kader, 1985): المظهـر والقـوام والنكهـة والقيمـة التغذويـة ومكونـات المأمونيـة (safety components). في النقاش التالي حول الجودة المرتبطة بالأغذية المصنعة حراريا، تم الاهتمام بالنشاطات الميكروبيولوجية والإنزيمية (microbiolgical and enzyme activities) والجودة التغذوية (nutrtional quality) والخواص الحسية (organoleptic properties).

النشاط الميكروبيولجي Microbiological activity

بصفة أساسية، صممت العمليات الحرارية لإزالة أو تخفيض عدد الكائنات الدقيقة إلى مستوى مقبول (التعقيم التجاري) وتوفير ظروف تحد من نمو الكائنات الدقيقة الممرضة والمسببة للفساد. وتعتمد معاملة البسترة على تخزين الأغذية المصنعة تحت ظروف تبريد لفترة قصوى محددة، بينما يقصد من عمليات التعقيم أن تنتج

منتجات ثابتة قابلة للحفظ (shelf-stable) لها فترة حفظ طويلة (long storage life). *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم C. botulinum* هي الكائن المفتاحي (الأساسي) فيما يتعلق بالصحة العامة وفيما يتعلق بتعقيم الأغذية منخفضة الحموضة (pH > 4.5) بينما تأتي أهمية المفسدات الأخرى من الكائنات الدقيقة فيما يتعلق بالأغذية الحامضية.

النشاط الإنزيمي Enzyme activity

تسبب كثير من الإنزيمات (البيروأُكسيديز peroxidases) والليبوكسيجينيز Lipoxygenase) والبيكتين استيريز pectinesterase) إذا لم تثبط تغيرات جودة غير مرغوبة في الأغذية أثناء حفظها وحتى عند ظروف تبريدها. وكثيراً ما يُستخدم تثبيط الإنزيمات المقاومة للحرارة (heat-resistant enzymes) بكتين استيريز والفوسفاتيز (phosphatase) والبيروأُكسيديز كعمل أساسي. في التصنيع الحراري يتم تثبيط معظم الإنزيمات سواء بوجود عمليات مخصصة لذلك، أو لأن مقاومة هذه الإنزيمات أقل من مقاومة الأحياء الدقيقة المراد التخلص منها، وأخذها مؤشراً لذلك. وقد ذكر أن لبعض الإنزيمات المؤكسدة (oxidative enzymes) حساسية منخفضة جداً للحرارة (low temperature sensitivity) مقارنة بالكائنات الدقيقة (Lund, 1975). وتبلغ قيمة زد (Z-value) النموذجية للإنزيمات حوالي ٣٠°م مقارنة بقيمة زد للكائنات الدقيقة البالغة ١٠°م. ويعني هذا أنه بالنسبة للتثبيط على ١٠٠°م، إذا استخدمت حرارة تصنيع (process temperative) تبلغ ١٣٠°م، فإن معدل تثبيط الإنزيمات سيرتفع بمقدار عشرة أضعاف (10-fold) بينما يرتفع معدل تثبيط الكائنات الدقيقة بمقدار ألف ضعف (1000 fold). عليه، قد تؤدي العملية الناجحة في كل من تثبيط الإنزيمات والتحطيم الميكروبي على درجات حرارة منخفضة إلى نشاط إنزيمي متبقٍّ (residual enzyme activity) إذا جرت على درجات حرارة مرتفعة (أكثر من ١٣٠°م). لقد تسبب هذا الجانب في بعض

الاهتمامات بعمليات التعقيم (خالية من التلوث الجرثومي (aseptic processes) التي تتضمن مواد/قطع خاصة (Toledo and Chang, 1990).

الجودة التغذوية Nutritional quality

زاد وعي المستهلكين بالمحتوى التغذوي والعوامل السمية (toxic factors) والجودة الميكروبيولوجية للأغذية، ذلك عند اتخاذ قرارات اختيارهم وشرائهم (للأغذية). تشمل المجموعات العامة للعناصر التغذوية الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والفيتامينات والعناصر المعدنية. ولقد لاقت العناصر التغذوية اهتماما واسعا كخواص جودة (Lund 1982 a, b, c; Thompson, 1982) ؛ لأن العناصر التغذوية ضرورية وحساسة للمحافظة على الصحة وقد تُقيَّم تقييماً إيجابياً باستخدام الأجهزة.

الخواص الحسية Organoleptic properties

تستخدم التقييمات الحسية للحكم على قوام ونكهة ومظهر المنتجات الغذائية. يمكن أن تتكون لجان التحكيم الحسي من محكمين مختارين يمكنهم اكتشاف الفروقات الحسية (sensory differences) أو وصف خواص المنتج، أو المستهلكين غير المدربين الذين يبدون استجابات فعالة (affective responses). يمكن أن تساعد التقييمات الحسية التي يقوم بها محكمون مدربون في تقييم مدى تأثير العمليات الحرارية على العوامل الحسية (organoleptic factors). الآن، تستخدم الطرق الفعلية الموضوعية قياسات اللون والنكهة والقوام بالأجهزة (instrumental)، والتي تقارن وتتطابق جيداً مع النتائج الحسية، في قياس الخواص الحسية للأغذية والتنبؤ بها. أيضاً، تنال خواص القوام والخواص الريولوجية (الانسيابية، (rheological properties)) الاهتمام ؛ وذلك لوجود ارتباط قوي بينها وبين الخواص الوظيفية لمكونات الأغذية.

(١٠,٥,٢) تأثير المعاملات الحرارية على جودة الغذاء

Effect of Thermal Processing on Food Quality

كما ذكر سابقاً، فإن استخدام تقنيات التصنيع الغذائي التي تطيل توافر (صلاحية) الأغذية القابلة للفساد (availability of perishable foods) تحد من توافر بعض العناصر الغذائية الأساسية، أيضاً. إن الاحتفاظ بالعناصر التغذوية لأقصى حد ممكن أثناء التصنيع الحراري كان تحديا كبيرا للصناعة الغذائية (Lund, 1988). لقد قسمت فواقد العناصر التغذوية الناتجة من التصنيع إلى ثلاث فئات: فواقد مقصودة (intentional) وبالصدفة (accidental) والتي لا يمكن تفاديها (inevitable) (Bender, 1978). يتم إزالة بعض أجزاء الغذاء غير المرغوبة قصدا، على سبيل المثال تقشير الفواكه والخضروات. تحدث فواقد الصدفة أو التي يمكن تفاديها نتيجة لعدم كفاية الضبط (inadequate control) وسوء تداول المواد الغذائية (food material). إن الهم الرئيس من ناحية التصنيع الغذائي هو الفواقد التي لا يمكن منعها، والتي تعني فواقد العناصر التغذوية التي لا تتحمل الحرارة أي تحطمها الحرارة (heat–labile) بدرجة ما. ويعتمد مدى هذه الفواقد على طبيعة المعاملة الحرارية (السلق أم البسترة أم التعقيم) والمواد الخام (raw materials) والإعداد السابق للتصنيع (preprocessing preperation)، وذلك لأن العمليات التصنيعية (operations) مثل تقليل الحجم والتقطيع والتقطيع إلى شرائح (dicing and slicing) تؤدي إلى زيادة الفواقد من خلال زيادة نسبة السطح للحجم (surface–to–volume ratio). قد تكون كل الفيتامينات الذائبة في الماء (water-solube vitamins) والعناصر المعدنية، وبالمثل بعض أجزاء البروتينات والكربوهيدرات الذائبة، عرضة للفقد (susceptible to losses). إن التركيز الأساسي في العمليات التشغيلية هو خفض هذه الفواقد التي لا فكاك منها من خلال اتخاذ وضبط ظروف وقت ودرجة حرارة التصنيع السليمة (proper time-temperature processing conditions)

وبالمثل ضبط العوامل البيئية المناسبة (التركيز (concentration)) والأس الهيدروجيني pH إلخ) وما يتعلق أو يرتبط بمنتجات غذائية محددة وعناصرها التغذوية المستهدفة.

تأثير السلق Effects of Blanching

ربما يمثل السلق أقل معاملة حرارية شدة مقارنة بكل العمليات الحرارية الأخرى، وعلى أي حال، قد يحدث فقد للعناصر الغذائية أثناء السلق، ذلك بسبب آثار أخرى مثل الفقد في ماء السلق (leaching) واعتماداً على طريقة السلق والمنتج/ والعناصر الغذائية المعنية، فقد يصل فاقد المعادن والفيتامينات إلى ٤٠٪ وخاصة في فيتاميني سي (ج) والثيامين، ويصل الفقد في السكريات إلى ٣٥٪، وفي البروتينات والأحماض الأمينية إلى ٢٠٪. وبالإضافة إلى العناصر الغذائية، فقد يتم فقد المكونات السامة (مثل النترات والكادميويم الموجودة طبيعياً في الخضراوات، وقد يقلل مستوى الكائنات الدقيقة الملوثة، وكل ما ذكر أخيرا فوائد ومميزات يتم تحقيقها بالسلق. وقد يؤدي السلق إلى بعض التغيرات غير المرغوبة في اللون والناتجة من الهدم الحراري (thermal degradation) لصبغات الكلوروفيل الزرقاء الخضراء (blue–green chlorophyll) إلى الفيوفيتينات الصفراء– الخضراء (yellow-green pheophytins). وهذه حساسة للأس الهيدروجيني (sensitive to pH) ووجود أيونات المعادن (metal ions). يحفز الأس الهيدروجيني القاعدي (alkaline pH) وعوامل الخلب (chelating agents) الاحتفاظ باللون الأخضر بشكل أفضل. وبالرغم من أن تدهور القوام (texture degradation) خاصية مميزة لمعظم المعاملات الحرارية، إلا أنه قد اتضح أن السلق على درجات حرارة منخفضة يحسن قوام بعض المنتجات (الجزر والبقول الفاصوليا (bean)) والبطاطس والطماطم والقرنبيط (الزهرة (cauliflower)) نتيجة لتثبيط البكتين ميثايل استيريز (pectin methyl esterase (selman 1988)).

تأثيرات البسترة Eflects if Pasteurization

مرة أخرى تتأثر الخواص التغذوية والحسية لمعظم الأغذية تأثراً بسيطا بعملية البسترة، ذلك بسبب معاملتها الحرارية الخفيفة الهينة (mild heat treatment) (lund, 1988). وعلى أي حال، بسبب أنها عملية مؤقتة لتمديد فترة الصلاحية، فإن جودة المنتج تستمر في التغير (التدهور (deteriorate)) أثناء التخزين. وتعتمد فترة الصلاحية على أحوال تعبئة ما بعد البسترة (post-pasteurization packaging) وبيئة التخزين. والسبب الرئيس لتغيرات اللون في الفواكه والخضراوات هو النشاط الإنزيمي (البولي فينولواكسيديز polyphenoloxidases) ووجود الأكسجين. إزالة الهواء (deaeration) قبل البسترة تبعد الأكسجين، وتثبط المعاملة الحرارية نشاط الإنزيم مما يقلل تدهور لون الفواكه والخضراوات.

تأثيرات التعقيم Effects of Sterilization

وكما جاء في المناقشة مبكرا، تكون معاملات التعقيم أكثر شدة فيما يتعلق بالمعاملة الحرارية المستخدمة بصفة عامة، لتحقيق الثبات التجاري (commercial stability). ومن الواضح، فإن هذه المنتجات ستتعرض لفواقد كبيرة في العناصر الغذائية، والعناصر التالية أكثر حساسية للتحطيم بالحرارة: فيتامين أ (A) وب١ (B_6)وب٢ (B_2) وب١ (B_1) وسي (ج(C)) و د(D) وإي (هـ(E)) وحمض الفوليك (Folic acid) والاينوسيتول (inositol) وحمض البانتوثينيك (pantothinic acid) والأحماض الأمينية اللايسين (lysine) والثيريونين (threonine). وباستخدام عمليات مجمعة عديدة للوقت- الحرارة (بلا حدود infinite) لتحقيق التعقيم الحراري، فإن تأثير العملية لا يمكن تقديره كمياً بسهولة.

وقد عرف المدى التالي للتدهور الحراري للعناصر الغذائية في عملية التعليب (Lund, 1982, a,b and c): فيتامين ج ٣٣-٩٠٪، والثيامين (ب١) ١٦-٨٣٪ والريبوفلافين (ب٢) ٢٥- ٦٧٪، والنياسين صفر- ٧٥٪ والفولسين (folacin) ٣٥-٨٤٪ وحمض البانتوثينيك ٣٠-٨٥٪ وفيتامين ب٦ صفر-٩١٪ والبيوتين صفر-٧٨٪ وفيتامين أ صفر- ٨٤٪. إن شدة المعاملة الحرارية يحددها الأس الهيدروجيني للغذاء (تتطلب الأغذية منخفضة الحموضة مزيداً من الوقت في المعاملة الحرارية لضمان تحطيم (قتل) *الكوليستريديوم بوتشيلينويم C. botulinum*، وبمحتوى الغذاء (البروتينات والدهون والتركيز العالي للسكروز ترفع مقاومة الكائنات للحرارة) والسلوك التسخيني (heating behavior) للغذاء (التوصيل الحراري والتوصيل بالحمل) وطبيعة وحجم وشكل العبوة وطبيعة وطريقة استخدام وسط التسخين (heating medium). وتمثل عوامل تحريك/هز العبوة (container agitation) والتصنيع المعقم متغيرات إضافية.

القوام أحد أهم محددات الجودة في الفواكه والخضراوات، وعلى سبيل المثال، عندما تفقد الفواكه والخضراوات قوامها، أي عندما تصبح مشبعة بالماء (soggy) ومتدهورة القوام (mealy) وقابلة للمضغ (chewy) أو ليفية (filorous) فإنها ستُرفض من قبل المستهلك (Ball, 1923). تغيرات القوام في اللحوم المعلبة سببها التخثر/التصلب (cogulation) وفقد البروتينات المقدرة على مسك الماء والتي تنتج انكماشاً (shrinkage) وتصلباً (stiffening) للعضلات. يعتبر قوام الفواكه والخضراوات عادة أطرى (softer) من قوام المنتج غير المصنع، وذلك بسبب ذوبانية المواد البكتية (pectic material) وفقد اكتناز الخلايا (cell turgor) (Fellows, 2000).

تعتمد فواقد الفيتامينات التي تسببها الحرارة على: ١- الفروقات في أنواع الأغذية. ٢- وجود الأكسجين المتبقي في العبوة. ٣- طرق الإعداد (التقشير والتقطيع

والتقطيع إلى شرائح) أو السلق. إن المحافظة على فيتامين (ج) والنكهة هما أهم عوامل الجودة في عصير الفواكه (Sizer, *et al*., 1988) وعليه فمن المهم أن تصنع العصيرات وتعبأ وتخزن في ظروف تمكّن من المحافظة على خواص الجودة المذكورة سابقاً. إن إزالة هواء العصير وتعبئته في بيئة خاملة (inert enviroment) من العمليات الضرورية لإبعاد تأثيرات الأكسجين المتلفة لفيتامين ج واللون والنكهة.

(١٠,٥,٣) حركيات تحطيم الجودة Kinetics of Quality Destruction

لتحقيق الأهداف الأساسية للتصنيع الحراري، (أي المحافظة على عوامل الجودة أقرب إلى الكمال، وكذلك توفير غذاء خال من المخاطر (risk free food))، فمن الضروري الحصول على بيانات كمية (quantitative) حول الهدم/التحطيم الحراري للكائنات الدقيقة، والإنزيمات وعوامل الجودة. وقد أجريت كثير من الدراسات حول حركيات هدم هذه المكونات والتي تم تلخيصها في كثير من الأوراق العلمية (articlas). (Lund, 1975, Tragardh and Paulson, 1985, Vilota and Hawkes, 1986, Fellows, 2000)). وبصفة عامة، فإن فقد القيمة التغذوية والجودة قد اتفقت مع حركية التفاعل ذات الرتبة صفر أو الرتبة الأولى (fit zero or first order reaction kinetics) (Labuza, 1932, Labuza and Riboh, 1983)

$$-(\mathrm{d}C/\mathrm{d}t) = kC^n \qquad (١٠,١٢)$$

حيث إن C هي تركيز خاصة الجودة المطلوبة، وt هو الوقت، وK هو ثابت معدل التفاعل (reaction rate constant) وn هو رتبة التفاعل(reaction order) . وبافتراض معدل تفاعل الرتبة الأولى، يمكن إيجاد وقت النقص العشري (decimal reduction) **دي** (D) مرتبطاً ارتباطاً تبادلياً (reciprocally related) بـ k ($D = 2.303/k$). وباستثناء

التفـــاعلات الضـــوئية/الكيميائية (photochemical reactions) وبعـــض التفـــاعلات الفيزيائية، فإن معـدل ثابـت تفاعـل مـا(rate constant of a reaction) ، يعتمـد اعتمـاداً كبيرا على درجة الحرارة. عادة تتم نمذجة العلاقة بين المعدل الثابت ودرجة الحـرارة إمـا بمعادلة أرهينيوس (Arrhenius equation) :

$$k = k_0 e^{-E_a/RT} \qquad (١٠,١٣)$$

حيث إن k هو ثابت معدل التفاعل عند T ، وk_0 عامل التكرار (frequency factor وE_a هـي طاقة التنشيط (activation energy) وR هـو ثابـت الغـاز (gas constant) وT هـي درجة الحرارة المطلقة (absolute temp) أو بمفهوم وقت القتل الحراري (TDT) :

$$D = D_0 10^{(T_0 - T)/z} \qquad (١٠,١٤)$$

حيـث إن دي D هـو وقـت الـنقص العشـري عنـد (T) و(D_0) هـي قيمـة دي (D-Value) عنـد T_0 مرجعيـة (T_0 refernce) (عـادة هـي ١ر١٢١°م) و z هـي مـدى درجـة الحرارة المطلوب لتغيير الدي D بمعامل يبلغ ١٠.

ولا بد من الحـذر عنـد تطبيـق هـذه المفـاهيم في الأغذيـة بسـبب الطبيعـة المتغـايرة (heterogenous nature) للأغذية والـتغيرات الطوريـة (تغـير الـدهون الصـلبة إلى الطـور/ الوجـه السـائل (liquid phase)) مـع ارتفـاع درجـة الحـرارة (Labuza, 1982). زيـادة علـى ذلـك، فـإن هـذا الشـرح أو التوضـيح يعتـبر تبسـيطاً مبالغـاً فيـه، (مفـرط over) (simplification) لأنـه يـؤدي إلى معـدل تفـاعلات غـير متوقعـة في كـثير مـن الحـالات، خاصة في سوء التقدير (أو التقدير الناقص) (underestimation) لدنترة البروتين.

وبـــافتراض أن (N_0) و(N) أعـــداد ميكروبـــات (microbe counts) و(C_0) و (C) تركيزات عنصر غذائي مختبر قبل وبعد التصنيع، على التـوالي ؛ و (Dn_0) و(Dn) و(Dc_0) وD أوقات نقص/ خفـض عشـرية للكائنـات الدقيقـة (الرمـز السـفلي إن (subscript n))

والعنصر الغذائي (الرمز السفلي سي (subscript *c*))، على التوالي ودرجة الحرارة المرجعية هي (T_0) ودرجة حرارة التصنيع هي (T)، فإن التحطيم النسبي للعناصر الغذائية وعلاقته بالكائنات الدقيقة، قد يوجد باستخدام المعادلة التالية (١٥-١٠) من راماسوامي وعبدالرحيم (١٩٩١) (Ramaseamy and Abdelrahim):

$$\log(C/C_0) = (D_{n0}/D_{c0})\log(N/N_0)10^{(T_0-T)(1/zn-1/zc)} \quad (١٠,١٥)$$

وتكتب معادلة بديلة بالرموز المشابهة (similar notations)، ثابت معدل التفاعل *k* وطاقة تنشيط (E_a) ودرجة حرارة مطلقة (T) باستخدام طريقة أرهينيوس (Arrhenius) كالتالي:

$$\ln(C/C_0) = (k_{c0}/k_{n0})\ln(N/N_0)e^{(1/T_0-1/T)(E_{ac}-E_{an})/R} \quad (١٠,١٦)$$

ويمكن استخدام المعادلتين [١٥-١٠] و[١٦-١٠] بسهولة، لحساب مدى تدهور أي عنصر غذائي بالتناسب مع المجموعة الميكروبية عند أي درجة حرارة تصنيع محددة، شريطة أن تكون بيانات حركية التفاعل لكليهما معروفة. وباستخدام طريقة طبخ الـ بوت (طبخ البوتيوليزم، (bot cook approach))(١٢ دي (12 D) *للكوليستريديوم بوتشيلينيوم* (*C. botulinum*)، (D_{n0})= ٠,٢١ دقيقة، و (Z_n)= ١٠ °م)، يمكن حساب الاحتفاظ بالثيامين (دي (D_{C0})= ١٦٠ دقيقة (160 min)، (Z_c)= ٢٥ °م ليكون ٥١,٢ ٪ عند ١٠٠ °م مقارنة بـ ٩٩,٥٪ عند ١٣٥ °م (المعادلة ١٦- ١٠)، مما يعني احتفاظاً أفضل للعناصر الغذائية عند درجات حرارة مرتفعة. وتم الحصول على نتائج مماثلة باستخدام طريقة أرهنيوس (Arrhenius) (k_{n0}= 11 min^{-1}, k_{c0}=0.0144 min^{-1}; E_{an}= 70 kcal mol^{-1}, E_{ac}= 29. 4 Kcal mol^{-1}).

وبالرغم من أن الطريقتين (الـ TDT والـ Arrhenius) قد افتُرض أن تكونا متوافقتين (reconcilable) عبر مدى حراري بسيط (منخفض) (Lund, 1975)، فلابد من

الحذر عند التقدير الاستقرائي للنتائج، خاصة عند استخدام القياسات المحولة من نظام لآخر. فقد ينشأ تعارض/ تناقض إذا استخدمت القياسات المتحصل عليها عند درجات حرارة منخفضة تحت ظروف المعاملة الحرارية الفائقة(U H T conditions) (Ramaswamy *et al.*, 1989).

(١٠,٦) أسس الوضع الأمثل للعمليات الحرارية (جعلها في أكمل وجه)

Principles for Optimizing Thermal process

(١٠,٦,١) أسس الوضع الأمثل للعمليات الحرارية الغذائية

Principles of Optimization for Food Thermal Processing

إن القياسات الحركية (kinetic parameters) (D and Z) للكائنات الدقيقة والإنزيمات وعوامل جودة الأغذية، مختلفة، وتستغل هذه الحقيقة لتعديل العمليات الحرارية لإزالة المخاطر الميكروبية والاحتفاظ بجودة الأغذية التغذوية والحسية. يمكن تعريف العملية الحرارية المثلى بأنها المعاملة الأدنى المطلوبة لتحقيق التعقيم التجاري (commercial sterility) لأن تكاليف التسخين وفواقد جودة المنتج ترتفع إذا امتد وقت العملية. إن إجراءات إيجاد أفضل الحلول يمكن تلخيصها في الخطوات الأربع التالية:

١- الوظائف الإيجابية ومتغيرات اتخاذ القرار (objective functions and decision variables).

٢- النماذج الرياضية (mathematical models).

٣- المعوقات (constraints).

٤- تقنيات البحث (searching techniques).

للتصنيع الحراري للأغذية، تشمل أهداف إيجاد أفضل الأوضاع/الحلول، الاحتفاظ بأقصى درجة متوسطة من الجودة (maximum average quality retention) والاحتفاظ بالجودة السطحية (surface quality retention) والتصنيع في أقل وقت(minimum process time) والذي يفي بالقيمة القتلية المطلوبة في مركز العلبة أو أبرد نقطة (coldest spot) فيها. العوامل المؤثرة على هذه الأهداف المثلى كثيرة، وتشمل الخواص الحرارية للغذاء وحجم وشكل العلب ودرجة حرارة المعقم والقياسات الحركية لعوامل الجودة (D and Z)، وقيمة القتل المطلوبة وما إلى ذلك، ولكن عادة ما تكون متغيرات القرار (decision variables) التي يمكن تعديلها لغذاء معبأ معين، هي فقط درجة حرارة المعقم للتصنيع بدرجة حرارة ثابتة (constant processing retort temp (CRT) أو مستوى درجة حرارة المعقم (retort temperature profile) للتصنيع بحرارة المعقم المتغيرة (variable retort temp (VRT) processing). ويعني هذا أن جعل التصنيع الحراري بحرارة المعقم الثابتة (CRT) في أحسن ما يمكن، ينتمي إلى تعديل أحادي المتغير (single variable optimization)، بينما ينتمي جعل التصنيع الحراري بحرارة المعقم المتغيرة (VRT) في أحسن ما يمكن، إلى تعديل متعدد المتغيرات، إلا أن لوظائف الـ VRT أكثر من قياسين، عادة. والخطوة الثانية هي تطوير ووضع نماذج رياضية (mathematical models) تصف العلاقات بين المتغيرات القرارية والأهداف. كبح بعض المشاكل ضروري للوصول إلى الوضع الأمثل (optimization problems) وقد يشمل الكبح مدى من المتغيرات القرارية، مثل درجة حرارة المعقم أو/ و أهداف إضافية. على سبيل المثال، للحصول أو تحقيق أقصى درجات المحافظة على الجودة، فإن قيمة القتل المرغوبة و/ أو أقصى وقت تصنيع قد يستخدمان للبحث عن درجات حرارة المعقم المثلى. إن استخدام تقنيات البحث للتعديل ضمانة لأن تكون عملية التعديل فعالة

وقوية. وتتوافر مختلف تقنيات البحث لتعديل التصنيع الحراري والتي توضح تفاصيل بعضها في القسم التالي.

(١٠,٦,٢) نماذج الوضع الأمثل (التعديل) Optimization Models

قد اقترح تياكسيارا وآخرون (Teixeira et al, 1969) أولى المعاملات الرياضية (mathematical treatments) لعملية الوضع الأمثل لتحطيم الثيامين مقابل التعقيم، في العلب الأسطوانية للمنتجات المصنعة بالتسخين التوصيلي (cylindrical cans of conduction heating products). واستخدمت طريقة الفرق المحدود المتناهي (finite difference method) لتحديد توزيع درجات الحرارة وما يقابلها من تحطيم الثيامين، باستخدام حركيات الهدم من الدرجة الأولى (first order degradation kinetics). في نفس السنة، وسع هاياكاوا (Hayakawa, 1969) المفهوم/ النظرية باستخدام تقنية رياضية مختلفة تتضمن التحليل البعدي (dimensional analysis) ومفهوم/ نظرية قيمة التعقيم متوسطة الكتلة (mass-average sterilization value) للتغير الفيزيائي والكيميائي والحيوي الناتج من التصنيع الحراري. قاد هذا العمل إلى وضع معادلة يمكن استخدامها لحساب قيم الاحتفاظ بالعناصر الغذائية والتي من ثم يرجى استخدامها مع طرق يدوية قياسية، (Hagakawa 1971).

اشتق باريرو–مينديز وآخرون (Barreiro- Mendez *et al.*, 1977) نماذج لفواقد العناصر الغذائية أثناء التسخين والتبريد في العبوات الأسطوانية باستخدام المعادلات التحليلية (analytical equations). تعطي هذه المعادلات النسبية المئوية للاحتفاظ بالعناصر الغذائية ويتم الحصول على النتائج التجريبية (نتائج التجارب) باستخدام نظام مشابه (analogue system) مكون من ٦٪ نشا ذرة (maize starch) و١,٧٥٪

كاربوكسيميثايل سيليلوز (carboxymethyle. Cellulose)، وتتفق هذه اتفاقاً جيداً مع النتائج المتوقعة.

استخدم هاياكاوا، ١٩٧٧ نموذجياً حاسوبياً لتقدير النسبة المئوية للاحتفاظ بالثيامين في هريس الجزر (carrot puree) وهريس البازلاء (pea puree) وهريس لحم الخنزير (pork puree) والسبانخ، وقارن النتائج مع تقديرات التجارب. للعمليات التي تمت على ١١٥,٦°م، كانت النتائج في حدود ± ٣٪؛ وعلى أي حال، على درجات حرارة أعلى عند ١٢١,١°م لمدة ٦٠ دقيقة اختلفت الفروقات وتراوحت بين ١٠ و١٦٪. أعطى السبانخ أسوأ نتائج مقارنة (worst comparative results)، وبلغت التوقعات/ التنبؤات حتى ١٦٪ أقل من نتائج التجارب.

استخدم لينز ولوند (Lenz and Lund, 1977) طريقة حساب القتلية Lethality calculation والتي استخدمت مجموعة جديدة لا أبعاد لها (dimension less group)، رقم فوريير/ القتلية الـ Lethality/ Fourier number L حيث:

$$L = -\frac{\alpha \ln x}{k_r a^2} \qquad (١٠,١٧)$$

حيث إن α هي الانتشارية الحرارية (thermal diffusivity)، والـ χ هي جزء المكون الذي تم الاحتفاظ به (نسبة التركيز عند أي وقت تي (t) إلى التركيز الأصلي الابتدائي (initial concentration)) والـ k_r هي ثابت المعدل عند درجة الحرارة المرجعية T_r والـ a هو نصف قطر العبوة (container radius) (أي نصف السمك half thickness). وقد اشتق هذا بالجمع بين المعادلة الحركية من الرتبة الأولى وعلاقة أرهينوس لدرجة الحرارة Arrhenius temp. relationship واستبدال الوقت من رقم فوريير (α_t/α^2). ويتم الحصول على الأخير بحل معادلة نقل الحرارة غير مستقرة الحال (unsteady state heat transfer

(equation solution) لأسطوانة محدودة مع تضمين التبريد بحل المعادلة للظروف المحيطة المناسبة عند نهاية التسخين.

طور ثيجيسين وكوشين (Thijssen and Kochen, 1980) طريقة حساب العملية والتي لم تستخدم البيانات المجدولة (tabulated data) والتوليد/ الاستيفاء (interpolation). اعتمد النموذج المستخدم على المعادلة التالية (١٠,١٨):

$$\frac{C}{C_0} = \int_0^v \exp\left[-\int_0^t k\,dt\right] dv \qquad (١٠,١٨)$$

حيث إن C هو تركيز مكون محدد (specified component)عند الوقت t والـ C_0 هو تركيز مكون محدد عند الوقت صفر0، والـ V هو حجم العبوة للحصول على متوسطات (averaging purposes) والـ k هو معامل الحراك المعتمد على درجة الحرارة (temperature-dependant kinetic factor). ولدرجة حرارة المنتج الابتدائية المنتظمة T_0، ودرجة حرارة ثابتة لوسط التسخين، T_h، ودرجة حرارة ثابتة لوسط التبريد، T_c، فإن نقص مكون غير متحمل للحرارة يكون معاملاً (دالة (function)) لخمس مجموعات لا أبعاد لها (five dimentionless groups): رقم فورير (Fourier number)ورقم بيوت (Biot number) ونسبة درجة الحرارة المتبقية (residual temp. ratio) ومجموعتين مرتبطتين بالعوامل الحركية. استخدمت الطريقة الحلول التحليلية (analytical solutions) لمعادلة نقل الحرارة للأجسام الدائرية (sphere) والأسطوانية والمستطيلة (rectangular) وأيضاً لأشكال هندسية (geometrical shapes) أخرى.

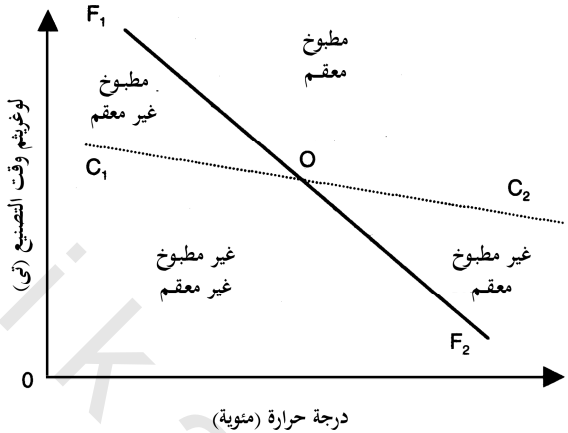
وسع كاستيللو وآخرون (Castillo et al., 1980) طريقة باريرو –مينديز وآخرين (Barreiro- Mendez *et al*., 1977) حتى يمكن التعامل مع أكياس الغذاء المضلعة التي تتحمل المعاملة الحرارية في المعقم (rectangular retortable pouches of food). إن الأمر المثير للاهتمام الذي ينشأ من استخدام هذا النموذج، هو أن درجات الحرارة المتنبأ بها

(predicted temperatures) ودرجات الحرارة التجريبية عند نهاية التسخين، متوافقة توافقاً جيداً. وعلى أي حال، في نهاية التبريد، لوحظت فروقات تصل إلى ١٦٪، ربما بسبب افتراض معامل نقل حرارة عالٍ عند سطح الكيس. إن الحفاظ على الثيامين، المتنبأ به أو المتوقع، بعد التصنيع الحراري، متوافق جيداً مع نتائج التجارب.

(١٠,٦,٣) تقنيات البحث Searching Techniques

طريقة الرسم البياني Graphical approach

ربما يحدد اختيار ظروف التصنيع برسم بياني للوغريثم وقت (تصنيع) Log time مقابل درجات الحرارة (Holdsworth, 1997)، والذي يرسم فيه خطان مستقيمان (straight lines) يرمزان/ يمثلان قيمة القتلية الثابتة (constant lethality) (F) وقيمة الطبخ (C) كما هو موضح في الشكل رقم (١٠,٦). يقسم هذان الخطان الرسم البياني إلى أربع مناطق: الخط F_1OF_2 يحدد الحدود بين العمليات التي توفر تعقيماً كافياً والتي لا تحقق ذلك، بينما يحدد الخط C_1OC_2 الحدود بين الطبخ الكافي والطبخ غير الكافي. الرسوم البيانية المثالية مثل هذا الرسم مفيدة في تحديد تناسب (suitability) مختلف مجموعات درجات الحرارة مع الوقت. ويجب الإشارة إلى أن هذه الرسومات البيانية تعتمد على التسخين الفوري (اللحظي) (instantaneous heating) الذي يتبعه التبريد اللحظي للمنتج، وبصفة خاصة لطبقة رقيقة للمنتج (thin films of product). وتحت ظروف حقيقية واقعية بدرجة أكبر، من الضروري تضمين تأثيرات نقل الحرارة وأبعاد الشيء المراد تصنيعه. وعند القيام بذلك تصبح الخطوط المستقيمة في الشكل رقم (١٠,٦) منحنية (curved) ويصبح للمناطق حدود مختلفة.



الشكل رقم (١٠,٦). علاقة التي– التي t-T للتحطيم الميكروبي،إف (F)، والطبخ، سي (C)

التقنيات الرياضية Mathematical techniques

وفقاً لنوع الوظيفة الهادفة (objective function) يمكن تقسيم مشاكل توخي(أي تحقيق) الأمثلية (استمثال) إلى فئتين: الاستمثال الخطي (Linear optimization) ومشاكل الاستِمثال غير الخطي (non-linear optimization problems). البرمجة الخطية (linear programming) أداة مفيدة تستخدم للتعامل مع مشاكل الاستِمثال الخطي. وبالرغم من أن هذه التقنية تعتبر قيمة محدودة بسبب افتراضات الخطية (Linearity) والتقسيمية اللامتناهية (infinite divisibility)، إلا إنها تقنية مرنة جداً. زيادة على ذلك، للبرمجة الخطية القدرة على التعامل مع أعداد كبيرة من المعوقات بفعالية وكفاءة، وعليه، فهي مفيدة جداً لتحليل الأنظمة الكبيرة واستمثالها (Saguy, 1933). تم تطوير كثير من تقنيات البحث (searching techniques) للمشاكل غير الخطية، والتي تشمل تقنيات البحث ذات المتغيرات الأحادية والمتعددة (single and multiple searching

(techniques. وتشمل الأولى بحث الشبكة (grid search) ، وتقنية فيبوناكي (Fibonacci technique) وطريقة القسم الذهبي (golden section method) والتقنية التربيعية/ الثنائية (quadratic techniques) وطريقة بوويل (Powell method) للوظيفة الهدف ذات متغير القرار الوحيد ، بينما تشمل الأخيرة تقنيات البحث ذات المتغيرات المتبادلة (alternating variable search techniques) : بحث باتيرن (Pattern search) وبحث بوويل (Powell's search) ، العملية التطورية ، تحليل استجابة السطح (evolutionary operation and response surface analysis) وطرق التدرج الانحداري (gradient methods) (Saguy, 1983).

استخدم ساجوي وكاريل (Saguy and Karel, 1979) تقنية رياضية ممتازة متعددة التكرار (elegant multi-iterative mathematical technique) لاستمثال المحافظة على الثيامين في هريس البازلاء (pea puree) في علبة ٣٠٣× ٤٠٦ وهريس لحم الخنزير (pork puree) في علبة ٤٠١× ٤١١. وقد أنتجت هذه الطريقة مستوى حرارة تسخين متغيرة (variable temperature heating profile) تمكن من إستمثال المحافظة على (constant heating temperature regime) العنصر/ العناصر الغذائية. وقد تم توضيح أن نظام درجة حرارة تسخين ثابت قد يكون بدرجة جودة المستوى المخرج/ المشتق نظرياً (theoretically derived profile).

طور هيلدنبراند (Hildenbrand 1980) طريقة ذات جزأين لحل مشكلة السيطرة المثلى على درجة الحرارة (optimal temperature control). في الجزء الأول ، حلت مشكلة معادلة نقل الحرارة غير المستقرة الحال ، في أسطوانة متناهية باستخدام دالات جرين (Green's functions). وفي الجزء الثاني ، حددت طريقة لضمان أن العبوة/ العلبة قد تلقت درجة الحرارة المحسوبة المستوى. بينما تبدو هذه المعالجة مثيرة للاهتمام ، إلا

أنه لا وجود لأي مزيد من التطور. اختبر ناردكارني وهاتون (Nardkarni and Hatton, 1985) الأعمال السابقة واعتبرا أن هذه الطريقة ليست دقيقة بدرجة كافية للحصول على الوضع الأمثل. استخدم هؤلاء الباحثون الأسس الأدنى لنظرية الضبط المثالي (optimal control theory) للحصول على حلول مثلى. مرة أخرى، فإن المستويات البسيطة في التسخين والتبريد أفضل من مستويات التسخين المعقدة (complex heating profile).

طور بانجا وآخرون (Banga *et al.*, 1991) لوغوريثم استمثال (optimization algorithm)، وبحثاً عشوائيًّا متكامل الضبط (Integrated control random search (ICRS)) من أجل ثلاثة أهداف: المحافظة الشاملة على العناصر التغذوية بأقصى درجة (maximum over all nutrient retention) والمحافظة بأقصى درجة على عوامل الجودة (maximum retention of quality factor) على سطح الغذاء وأقل وقت تصنيع (minimum process time). وقد خلص هؤلاء الباحثون إلى أن استخدام مستوى درجة حرارة متغير أمر مفيد في المحافظة على الجودة السطحية المثلى (optimum surface quality).

التقنيات الصناعية الذكية للنمذجة والاستمثال

Artificial intelligence techniques for modeling and optimization

مع التقدم السريع لتقنية الحاسب الآلي (computer technology) وعلوم الحاسب (software) وجد أن للتقنيات الصناعية الذكية مثل الشبكات العصبية الصناعية ((artificial neural networks (ANNs)) والألغوريثم الجيني (genetic algorithms) مميزات معينة تفوق ما للطرق التقليدية في التعامل مع النمذجة باستخدام الأنظمة (system modeling) ومشاكل الاستمثال خاصة في الحالات التي تتضمن معالجات رياضية غير خطية ومعقدة.

الشبكية العصبية تجميع لعناصر حسابات مترابطة (interconnecting computational elements) والتي تشابه الأعصاب في الأنظمة البيولوجية (الحيوية). ولهذه الشبكة القدرة على الربط بين قياسات المدخلات وقياسات المخرجات بدون سابق معرفة للعلاقات القائمة بينها. تقنيات الألغوريثم الجيني(الخوارزمية الجينية، خطوات الحل الحسابي الجيني، (genetic algorithms (GASs)) تقنيات استمثال تجميعية (combinational optimization technique). تبحث وتستكشف هذه التقنيات عن قيمة مثلى لوظيفة مستهدفة/ موضوعية معقدة (complex objective function) بتقليد العملية التطورية الحيوية (biological evolutionary process)، اعتماداً على عبور صبغيني جيني(crossover) وتطفر (mutation) كما في الوراثة (علم الجينات genetics). ويمكن البحث عن قيمة مثلى بالتوازي مع طريقة بحث متعددة النقاط (multi point search procedure). يزاد على ذلك، يمكن استخدام تقنية الألغوريثم الجيني نماذج تقنيات الشبكات العصبية الصناعية (ANN) كعامل إرشادي (guiding function) ويمكّن هذا من تطوير تقنية ضبط شامل مثلى باستخدام كل من التقنيتين: تقنية الألغوريثمات الجينية (GASs) وتقنية الشبكات العصبية الاصطناعية (ANNs).

استخدمت الـ ANNs والـ GASs كدوال فردية بشكل واسع لمناطق مختلفة، ولكن كطريقة جمعية، فقد ذكرت فقط، حديثاً. قيَّم شن (Chen, 2001) استخدام كل من التقنيتين لنمذجة واستمثال التصنيع الحراري بما يشمل التصنيع الحراري التعقيمي الثابت والمتغير (ثابت أو متغير درجة الحرارة). وقد أظهرت نتائجه أن استخدام نموذج الـ ANN لنمذجة التصنيع الحراري وكذلك استخدام طريقة استمثال التصنيع الحراري المعتمد على التقنيتين (GA- ANN based optimization)، أمر موثوق ويعتمد عليه (reliable).

(١٠,٧) الاتجاهات المستقبلية

Future trends

من الواضح أن الطرق الحرارية التقليدية قد تقود إلى تحطيم مرغوب للممرضات الميكروبية والكائنات المفسدة، وإلى التغيرات الداخلية المرغوبة مثل تخثر البروتين (protein coagulation) وانتفاخ النشا (starch swelling) وتنعيم القوام (textural softening) وتكوين مكونات الرائحة (aroma components). وعلى أي حال، تحدث تغيرات غير مرغوبة، أيضاً، مثل فقد الفيتامينات والعناصر المعدنية وتكوين مكونات التفاعلات الحرارية للبوليمرات الحيوية (biopolymers) وبالمصطلحات التصنيعية الأدنى، فقد المظهر الطازج وفقد النكهة والقوام. إن المعالجة التقليدية للتغلب على هذه التغيرات غير المرغوبة أو على الأقل تقليلها هي استخدام التصنيع الحراري عالي الحرارة قصير الوقت((high temperature, short time (HTST) أو استخدام مفهوم الحرارة الفائقة ((ultra high temperature (UHT). وتعتمد أو تقوم هاتان الطريقتان على حقيقة أن لتثبيط الكائنات الدقيقة حساسية حرارية أعلى مما لعوامل الجودة، إذ تؤدي درجة الحرارة العالية إلى تثبيط سريع للكائنات الدقيقة والإنزيمات التي يهدف إليها في/ من البسترة أو التعقيم، كما أن الوقت القصير يقلل تغيرات الجودة غير المرغوبة. ولسوء الحظ، فإن مفهومي الـ HTST والـ UHT محدودان بشكل شديد للأغذية الصلبة، ذلك، لأن أجزاء الغذاء التي تلامس السطوح الساخنة ستسخن تسخيناً مفرطاً (overheated) أثناء الوقت المطلوب للحرارة حتى تنقل فيه إلى داخل الغذاء أو إلى أبرد نقطة فيه (coldest spot). يسبب التسخين السطحي المفرط فواقد الجودة والتي في الحالات الحادة/ الشديدة تعادل فوائد الـ HTST وUHT. وعليه، وجدت الطرق، وتقنيات التصنيع الحراري الممتازة الجديدة (novel thermal processing technique) مثل طريقة التسخين بالمقاومة الأومية (ohmic heating) والتسخين بالترددات الفائقة (high

(frequency heating والتسخين بالميكروويف (microwave heating) وتقنيات التصنيع غير الحراري (non-thermal processing tech.) مثل التصنيع بالضغط الهيدروستاتيكي (hydrostatic pressure processing) وطرق النبضات الكهربية (pulsed electricity method)، اهتماماً زائداً، سواء من علماء الأغذية أو الصناعة الغذائية.

(١٠,٧,١) تقنيات التصنيع الحراري الجديدة

Novel Thermal Processing Techniques

التسخين الأومي (بالمقاومة الحرارية) Ohmic heating

التسخين الأومي (بالمقاومة الحرارية) والذي يعرف بالمقاومة الكهربائية (electric resistance) طريقة تسخين مباشر (direct heating method) فيها يعمل الغذاء نفسه كناقل/ موصل للكهرباء المأخوذة من المصدر الرئيس (للكهرباء) (mains) التي تكون ٥٠ هرتزاً 50Hz في أوربا و٦٠ هرتزاً 60Hz في الولايات المتحدة الأمريكية (USA). ويمكن تغطيس الغذاء في سائل موصل (conduction liquid)، عادة محلول ملحي ضعيف (weak salt solution) ذي توصيل مشابه لتوصيل الغذاء. ويتم التسخين وفقاً لقانون أوم (Ohm's law) حيث إن توصيل، أو عكس ذلك، مقاومة (resistivity) الغذاء ستحدد التيار الذي سيتدفق (current that will flow) بين الأرض (ground) والإليكترود، القطب الكهربائي (electrode). عادة يستخدم فولت عالٍ (high voltages) يصل إلى ٥٠٠٠ فولت (5000 V). يرتفع التوصيل الغذائي (للتيار الكهربائي) بدرجة كبيرة مع ارتفاع درجة الحرارة. إذاً، للوصول إلى درجات حرارة عالية، من الضروري زيادة تيار الفولت (voltage current) أو استخدام مسافات طويلة (longer distances) بين الأقطاب الكهربائية والأرض.

إن أفضل نظم التسخين بالمقاومة الحرارية المعروفة هو نظام عمود التسخين الأومي APV (APV ohmic heating column)، حيث تنقل الأقطاب الكهربائية المغمورة

في الغذاء في أنبوب عمودي، متحد المراكز/متراكز (vertical concentric tube). وقد تم تركيب النظام الأومي للـ APV، لبسترة وتعقيم عدد من المنتجات الغذائية وتم الحصول على جودة ممتازة. وتوجد معظم هذه التجهيزات/ التركيبات الصناعية (Installations) في اليابان لإنتاج منتجات الفواكه (Tempest, 1996).

تتضمن عمليات الطبخ الصناعي بالتسخين بالمقاومة الكهربائية طبخاً سريعاً للبطاطس والخضراوات لسلقها في الصناعة ولتحضير الأغذية في المطابخ الصناعية (Industrial kitchens). وإحدى المشاكل الرئيسية لهذه التطبيقات هي ضمان أن تكون مواد الأقطاب الكهربائية خاملة وأن لا تسرب أيونات معدنية (metal ions) في محاليل التوصيل، وفي نهاية الأمر في الغذاء نفسه.

التسخين بالتردد العالي High frequency heating

يتم هذا التسخين في منطقة الميغاهرتز (megahertz region) للطيف الكهرومغناطيسي (electromagnetic spectrum). تضبط ترددات على ١٣,٥٦ و٢٧,١٢ ميغاهرتز (MHz) جانباً، للاستخدام في التسخين الصناعي. تسخن الأغذية بنقل الطاقة الكهرومغناطيسية من خلال الغذاء الموضوع بين قطب كهربائي والأرض. تسمح الطاقة عالية التردد (high frequency energy) المستخدمة بنقل الطاقة من فوق الفراغات الهوائية من خلال مواد التغليف غير الموصلة. ويتطلب تحقيق تسخين سريع وكاف للأغذية، كثافات حقول كهربائية عالية.

يتم التسخين بالتردد العالي بمجموعة(توليفة) التسخين بالأقطاب الثنائية (combination of dipole heating) عندما يحاول القطب الثنائي المائي (water dipole) أن يوازي نفسه (align) مع الحقل الكهربائي المتناوب المتردد (alternating electric field)، والتسخين بالمقاومة الكهربائية من تحركات أيونات الأغذية، المذابة. وفي مدى درجة الحرارة المنخفضة التي تشمل درجات الحرارة تحت درجة تجمد الأغذية، يكون

التسخين بالعازل الكهربائي (dielectric heating) مهمًّا، بينما لدرجات الحرارة المرتفعة، يسود التسخين بالتوصيل الكهربائي. وترتفع فواقد التوصيل الحراري أو فواقد عامل (التسخين) بالعزل الكهربائي بارتفاع الحرارة، والذي قد يقود إلى مشاكل تسخين سريع التقلب (runaway heating) بينما تمتص الأجزاء الساخنة من الغذاء معظم إمداد الطاقة. خصائص الغذاء الثنائية الكهربائية كثيرة بدرجة معقولة في مدى درجة الحرارة المنخفض، ولكن توجد بيانات قليلة حول درجات الحرارة التي تعلو درجة حرارة الغرفة.

إن أكثر استخدام في الصناعة الغذائية للتسخين بالتردد العالي هو الذي تم في التجفيف النهائي للبسكويت بعد الخبز (finish during post-baking of biscuits) وفي منتجات الحبوب الأخرى. استخدام آخر هو تجفيف المنتجات، مثل الحبوب الممددة (expanded cereals) وأشرطة (أصابع) شرائح البطاطس (potato strips). سابقاً، كان استخدام التردد العالي في تذويب (الثلج) وتسييح (defrosting) الأغذية المجمدة استخداماً رئيساً، ولكن حدثت مشاكل عدم الانتظام (uniformity) مع الأغذية ذات المحتوى المختلط مما حد من هذا الاستخدام. وقد زاد الاهتمام باستخدام التردد العالي في التسييح مرة أخرى في السنوات القليلة الماضية.

التسخين بالميكروويف Microwave heating

الميكروويفات المستخدمة في الصناعة الغذائية للتسخين ذات ترددات صناعية وعلمية وطبية (industrial scientific and medical (ISM) (frequencies) تبلغ ٢٤٥٠ ميغاهيرتز (MHz) أو ٩٠٠ (MHz) تقابل طول موجي ١٢ أو ٣٤سم، على التوالي. في هذا المدى من التردد، تسود آلية التسخين بالعزل الكهربائي بدرجات حرارة متوسطة. تحاول الجزيئات القطبية (polar molecules) التي يسود عليها الماء أن توازي نفسها مع اتجاه الحقل الكهربائي المتغير بسرعة. ويتطلب هذا التوازي (alignment) طاقة تؤخذ من

الحقل الكهربائي. وعندما يغير الحقل اتجاهه، تسترخي/ ترتاح (relax) الجزيئات وتوزع الطاقة الممتصة مسبقاً إلى الحيز المحيط (surroundings)، أي مباشرة داخل الغذاء. يعني هذا، أن محتوى الغذاء من الماء عامل مهم لتسخين الغذاء بالميكروويف ومهم لحسن أدائه. إن مقدرة الموجات الدقيقة على التغلغل في الأغذية محدودة. للأغذية الطبيعية الرطبة normal "wet" foods عمق الاختراق في جانب حوالي ١-٢سم عند ٢٤٥٠ ميغاهيرتز (2450MHz). عند درجات حرارة أعلى يلعب التسخين بالمقاومة الكهربائية من الأيونات الذائبة، دوراً في آليات التسخين، عادة، مزيداً من إنقاص عمق اختراق طاقة الميكروويف. عمق الاختراق المحدود للموجات الدقيقة (الميكروويف) يعني أن توزيع الطاقة داخل الغذاء قد يكون مختلفاً. إن ضبط انتظام التسخين للتسخين بالميكروويف من الأمور الصعبة، والأشياء المراد تسخينها ذات أحجام متساوية لطول الموجات في المادة. يجب أن ينظر إلى صعوبات ضبط انتظام التسخين كمعوق رئيس للاستخدام الصناعي للتسخين بالميكروويف. وعليه، فالمتطلب المهم فيما يتعلق بمعدات الميكروويف واستخدام طاقة الميكروويف في الصناعة الغذائية، المقدرة على ضبط انتظام التسخين بشكل سليم (Ohlsson, 1983).

توجد الاستخدامات الصناعية للتسخين بالميكروويف لمعظم عمليات المعاملات الحرارية في عمليات صناعة الأغذية. ولعدة سنوات كان الاستخدام الأكبر أو الأوسع هو تذويب (defrosting) أو تسييج thawing الأغذية المجمدة، مثل كتل اللحم المجمد (blocks of meat)، قبل مزيد من التصنيع. وغالباً ما يذوب اللحم جزئياً، فقط قبل مزيد من التصنيع. ويكون الاستخدام الأوسع الآخر في الوقت الحالي، في البسترة وكذلك في تعقيم الأغذية المعبأة. وفي تصنيع الأغذية الجاهزة الأولية primary ready)

(made foods) ، كذلك. والهدف من هذه العمليات هو بسترة الغذاء على درجات حرارة في مدى ٧٥-٨٠°م من أجل إطالة فترة الصلاحية إلى حوالي ٣-٤ أسابيع.

لقد دُرِس التعقيم باستخدام الميكروويف لعدة سنوات، ولكن استخدامه تجارياً تم في السنوات الماضية القريبة، فقط، في أوربا واليابان. البسترة والتعقيم بالميكروويف واعدان فيما يتعلق بتوفير معاملة حرارية سريعة، وتؤدي إلى تغيرات جودة بسيطة/ قليلة، بسبب المعاملة الحرارية، وفقاً لأساس الحرارة العالية والوقت القصير (HTST). وعلى أي حال، يجب مقابلة المتطلبات الكبيرة لانتظام التسخين من أجل استيفاء عوامل الجودة هذه (Ohlsson, 1991).

ويمكن إجراء البسترة بالتسخين بالميكروويف للأغذية القابلة للضخ (pumpable foods). توجه الموجات الدقيقة (الميكروويف) نحو الأنبوب الناقل للغذاء ويتم التسخين مباشرة عبر المقطع العرضي للأنبوب. مرة أخرى، يجب ضمان انتظام التسخين، مما يتطلب اختيار الأبعاد الصحيحة لقطر الأنبوب والتصميم المضبوط للأجهزة التطبيقية (Ohlsson, 1995). تم ذكر حركيات تحطيم بعض الكائنات الدقيقة مثل *الساكارومايسيس سيرفيسيي Saccharomyces cerevisiae* و*اللاكتوباسيلس بلانتاروم (Lactobacillus plantarum)* و*الإيشريشيا كولاي (Escherichia coli)* وبالمثل تثبيط الإنزيمات بالتسخين المستمر بالميكروويف (Tajchakavit and Ramaswamy, 1997, Tajchakavit *et al.*, 1999, Koutchma and Ramaswamy, 2000).

ونجد المزيد من استخدام تسخين الميكروويف في التجفيف جمعاً مع التجفيف بالهواء الساخن التقليدي. وكثيراً ما تستخدم الميكروويفات مبدئياً لنقل تحريك الماء من الداخل الرطب لجزء الغذاء الصلب، إلى السطح، استناداً إلى التسخين المفضل للماء بالميكروويف (preferential heating of water by microwaves). ويوجد استخدام للباستا

(pasta المكرونة) والخضراوات ومختلف منتجات الحبوب (cereals) حيث يتم النفخ (puffing) بالتمديد السريع (rapid expansion) لداخل نسيج الغذاء باستخدام طاقة الميكروويف (Tempest, 1996).

(١٠,٧,٢) تقنيات التصنيع غير الحراري Non-Thermal Processing Techniques

استخدمت العمليات غير الحرارية مثل الحقل الكهربائي المنبض النبضي(pulsed electric field (PEF)) والحفظ بالضغط العالي (high pressure (HP) preservation) في مختلف المنتجات الغذائية النموذجية (prototype food products). ويمكن تصنيف هذه العمليات أفضل تصنيف كعمليات بسترة ؛ لأنها ليست فعالة بدرجة كاملة في خفض نشاط الجراثيم البكتيرية (bacterial spores). قد يكون للأغذية المعاملة والمغلفة جيداً فترة صلاحية (refrigerated shelf-life) طويلة تحت التبريد ، وقد تكون ثابتة على الرف shelf stable إذا كانت بها أحماض طبيعية أو مضافة لتمنع نمو الجراثيم.

تكسب تقنية التصنيع بالضغط العالي ((high pressure processing (HPP) سمعة/ شهرة وتفضيلاً داخل الصناعة الغذائية ؛ وذلك لقدرتها على تثبيط الكائنات الدقيقة الممرضة مع أقل معاملة حرارية ، تؤدي إلى الاحتفاظ شبه الكامل للخواص الحسية والتغذوية للأغذية الطازجة دون التضحية بفترة الصلاحية. وتشمل المميزات الأخرى للتصنيع بالضغط العالي (HPP) مقارنة بالتصنيع الحراري التقليدي : انخفاض وقت التصنيع ، وأقل مشاكل إتلاف/ تحطيم حراري ، والاحتفاظ بالطزاجة (retention of freshness) والنكهة والقوام واللون ، وعدم فقد فيتامين ج ، وعدم وجود تغيرات غير مرغوبة في الغذاء أثناء التجميد عند انتقال/ تحول الضغط (pressure-shift freezing) الذي يسببه انخفاض حجم البلورات وأشكال المراحل الثلجية المتعددة (multiple ice phase forms) وأقل تغيرات وظيفية غير مرغوبة.

قد تحسن التغيرات التي تجرى نتيجة للمعاملة بالضغط العالي الخواص الوظيفية لمكونات الأغذية مؤدية إلى إنتاج منتجات ذات قيمة مضافة (value-added product). وتقليل الإتلاف أثناء التجميد عند انتقال/ تحول الضغطة والتسييح باستخدام التصنيع بالضغط العالي (HPP) وتثبيط الإنزيمات غير الحراري والتغيرات المرغوبة في خواص النشا- والتجلتن (starch-gelatinization properties) وبعض الأمثلة الأخرى للفوائد المحتملة للتصنيع بالضغط العالي (HPP). على أي حال، فإن تثبيط الجراثيم يعتبر تحدياً كبيراً للتصنيع بالضغط العالي، وما زلنا في انتظار تطوير طرق تستخدم لتحقيق تثبيط كامل للجراثيم باستخدام الـ HPP. في التصنيع الحراري، الـ D (أي الوقت المطلوب بالدقائق لخفض الحمل الميكروبي بمقدار ١٠ أضعاف (10- fold) وزد (Z) (أي درجة الحرارة بالمئوي التي تنتج تغيراً بمقدار ١٠ أضعاف (10- fold change) في قيمة D وإف F_0 (أي قيمة القتل المتكاملة integrated lethal (value من كل الحرارة المتلقاة من الغذاء المعامل بدرجة حرارة مرجعية تبلغ ١٢١,١°م، بافتراض أن قيمة- (Z- value) تبلغ ١٠°م) كل هذه قيم تصنيع قياسية؛ وعلى أي حال، هناك حاجة لتطوير قياسات عملية للتصنيع بالضغط العالي ومعايرتها فيما يتعلق بتثبيط الميكروبات؛ لأنها غير موجودة (المعايرة). وهذا أمر ضروري للنجاح التجاري لهذه التقنية.

استخدام الحقول الكهربائية النبضية لتثبيط الكائنات الدقيقة طريقة غير حرارية واعدة أخرى. يرتبط تثبيط الكائنات الدقيقة المعرضة للحقول الكهربائية المنبضة عالية الفولت، بعدم الثبات الكهربي الآلي (electro mechanical instability) لغشاء الخلية. قوة الحقل الكهربائي (electric field strength) ووقت المعالجة هما العاملان الأكثر أهمية المتضمنان في التصنيع بالحقول الكهربائية المنبضة (PEF). وقد ذكرت نتائج مشجعة في التجارب المختبرية، ولكن رفع ذلك إلى المستوى الصناعي يرفع تكاليف إمداد الطاقة

المولدة (command charging power supply) والمفتاح الكهربائي إلى قابس عالي السرعة (high-speed electrical switch). وما زلنا في انتظار تصميم نظام تصنيع مستمر وناجح، بالحقول الكهربائية المنبضة ليستخدم صناعياً. إن التكاليف الإنشائية/ الأولية العالية (high initial cost) لوضع نظام التصنيع بالحقول الكهربائية المنبضة هي العقبة الرئيسة التي تواجه الذين يشجعون الاستخدام الصناعي لهذا النظام. ستقلل التطورات المبتكرة في تقنية النبض عالي الفولت تكاليف توليد النبضات (pulse generation) وسيجعل تصنيع الحقول الكهربائية المنبضة منافساً لطرق التصنيع الحراري (Jeyamkondan *et al*., 1999).

(١٠,٨) المراجـــع

References

BALL C 0 (1923) 'Thermal process time for canned food', *Bull Nat Res Council*, 7 (37) 9-76.

BANGA J R, PEREZ-MARTIN R I, GALLARDO J M and CASARES J J (1991) 'Optimization of thermal processing of conduction-heated canned foods: study of several objective functions', *J Food Eng*, **1425-51.**

BARREIRO-MENDEZ J A, SALAS G R and MORAN I H (1977) 'Formulation and evaluation of a mathematical model for prediction of losses of nutrients during heat treatment of canned foods', *Archivos Latinamericanos de Nutricion*, 27 325-41.

BENDER A E (1978) *Food Processing and Nutrition*, Orlando, Florida, Academic Press.

BIGELOW W D, BOHART G S, RICHARDSON A C and BALL C 0 (1920) *Heat Penetration in Processing Canned Foods*, Bulletin No. 16L, National Canners' Association, Washington, DC.

CASTILLO P F, BARREIRO J A and SALAS G R (1980) 'Prediction of nutrient retention in thermally processed heat conducting food packaged in retortable pouches', *J Food Sci*, 45 1513-16.

CHEN C R (2001) *Application of Computer Simulation and Artificial Intelligence Technologies for Modeling and Optimization of Food Thermal Processing*, PhD thesis, Food Science Department, McGill University, Montreal, Canada.

CUMMING D B, STARK R, TIMBERS G E and COWMEADOW R (1984) 'A new blanching system for the food industry, II, commercial design and testing', *J Food Processing and Preser vation*, 8 137.

FELLOWS P (2000) *Food Processing Technology: Principles and Practices*, 2nd edition, Cambridge, UK, Woodhead Publishing Ltd.

HAYAKAWA K (1968) 'A procedure for calculating the sterilization value of a thermal process', *Food Technol*, 22 905-7.

openkanuan.com

HAYAKAWA K (1969) 'New parameters for calculating mass average sterilizing values to estimate nutrients in thermally conductive food', *Canadian Inst Food Tethnol J*, 2 (4) 165-72.

HAYAKAWA K (1971) 'Mass average value for a physical, chemical or biological factor in food', *Canadian Inst Food Technol J*, 4 133-4.

HAYAKAWA K (1977) 'Mathematical methods for estimating proper thermal processes and their computer implementation', *Adv Food Res*, 23 75-141.

HILDENBRAND P (1980) 'An approach to solving the optimal temperature control problem for sterilization of conduction-heating foods', *J Food Process Eng*, 3 123-42.

HOLDSWORTH S D (1997) *Thermal Processing of Packaged Foods*, London, Blackie Academic and Professional, an imprint of Chapman and Hall.

JEN Y, MANSON J E, STUMBO C R and ZHRADNIK J W (1971) 'A procedure for estimating sterilization of and quality factor degradation in thermally processed food', *J Food Sci*, 36 (4) 692-8.

JEYAMKONDAN S, JAYAS D S and HOLLEY R A (1999) 'Pulsed electric field processing of foods: a review', *J Food Protection*, 62 (9) 1088-96.

KADER A A (1985) 'Quality factors: Definition and evaluation for fresh horticultural crops', in *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, ed Kader A A, Special Publication 3311, Cooperative extension, University of California, Berkeley.

KOUTCHMA T and RAMASWAMY H S (2000) 'Combined effects of microwave heating and hydrogen peroxide on the destruction of *Escherichia coli*', *Food Sci Technol (LWT)*, 33 (1) 30-6.

LABUZA T P (1982) 'Application of chemical kinetics to deterioration of foods', *J Chem Ed*, 61 (4) 348.

LABUZA T P and RIBOH D (1983) 'Theory and application of Arrhenius kinetics to the prediction of nutrient losses in foods', *Food Technol*, 37 (10) 66.

LAZAR M E, LUND, D B and DIETRIC W C (1971) 'IQB - a new concept in blanching', *Food " Technol*, 25 (7) 684.

LENZ M K and LUND D B (1977) 'The lethality Fourier number method: experimental verification of a model for calculating average quality factor retention in conduction-heating canned foods', *J Food Sci*, 42 997-1001.

LUND D B (1975) 'Heat processing', in *Principles of Food Science, Part II: Physical Principles of Food Preservation*, eds Karel M, Fennema 0 R and Lund D B, New York, Marcell Dekker.

LUND D B (1982a) 'Influence of processing on nutrients in foods', *J Food Protection*, 45 367-83.

LUND D B (1982b) 'Quantifying reactions influencing quality of foods: texture, flavor, and appearance', *J Food Processing and Preservation*, 6 133-53.

LUND D B (1982c) 'Applications of optimizations in heat processing', *Food Technol*, 36 (7) 97-100.

LUND D B (1988) 'Effects of heat processing on nutrients', in *Nutritional Evaluation of Food Processing*, eds Harris R S and Karmas E, Westport, Connecticut, AVI Publishing, 319.

NARDKARNI M M and HATTON T A (1985) 'Optimal nutrient retention during the thermal processing of conduction-heated canned foods: application of the distributed minimum principle', *J Food Sci*, 50 1312-21.

OHLSSON T (1983) 'Fundamentals of microwave cooking', *Microwave World*, 4 (2) 4-7.

OHLSSON T (1990) 'Control heating uniformity - the key to successful microwave products', *European Food and Drink Rev*, 2 7-11.

OHLSSON T (1991) 'Microwave processing in the food industry,' *European Food and Drink Rev*, 3 21-5.

PHAM Q T (1987) 'Calculation of thermal process lethality for conduction-heated canned foods', *J Food Sci*, 52 (4) 967-74.

PHAM Q T (1990) 'Lethality calculation for thermal process with different heating and cooling rates', *J Food Sci Technol*, 25 148-56.

PUROHIT K S and STUMBO C R (1972) 'Computer calculated parameters for thermal process evaluations', in *Thermobacteriology in Food Processing*, 2nd edition, ed Stumbo C R, New York, Academic Press, 154.

RAMASWAMY H sand ABDELRAHIM K (1991) 'Thermal processing and food quality', *Encyclopedia of Food Science and Technology*, Cutten, C A, VCH Publishers, 2552-61.

RAMASWAMY H S, V and ER VOORT F R and GHAZALA S (1989) 'An analysis of TDT and Arrhenius approaches for handling of process ahd kinetic data', *J Food Sci*, 54 1322-6.

SAGUY I (1983) 'Optimization methods and applications', in *Computer-aided Techniques in Food Technology*, ed Saguy I, New York, Marcel Dekker.

SAGUY I and KAREL M (1979) 'Optimal retort temperature profile in optimizing thiamin retention in conduction-type heating of canned foods', *J Food Sci*, 44 1485-90.

SCHULTZ 0 T and OLSON F C W (1940) 'Thermal processing of foods in tin containers. III. Recent improvements in the general method of thermal process calculations - a special coordinate paper and methods of converting initial and retort temperatures', *Food Res*, 5 399-407.

SELMAN J D (1988) 'The blanching process', in *Developments in Food Preservation* - 4, ed Thorne S, Barking, UK, Elsevier Applied Science Publishers.

SIZER C E, WAUGH P L, EDSTAM S and ACKERMANN P (1988) 'Maintaining flavor and nutrient quality of aseptic orange juice', *Food Technol*, 42 (6) 152.

STUMBO C R (1949) 'Further considerations relating to evaluation of thermal processes for foods', *Food Technol*, 3 126-31.

STUMBO C R (1973) *Thermobacteriology in Food Processing*, 2nd edition, New York, Academic Press.

STUMBO C R and LONGLEY R E (1966) 'New parameters for process calculations', *Food Technol*, 20 341-5.

TAJCHAKAVIT S and RAMASWAMY H S (1997) 'Continuous-flow microwave inactivation kinetics of pectin methyl esterase in orange juice', *J Food Processing Preservation*, 21 (5) 365-78.

TAJCHAKAVIT S, RAMASWAMY H S and FUSTIER P (1999) 'Enhanced destruction of spoilage microorganisms in apple juice during continuous flow microwave heating', *Food Res Internat*, 31 (10) 713-22. TEIXEIRA A A, DIXON J R, ZAHRADNIK J W and ZINSMEISTER G E (1969) 'Computer optimization of nutrient retention in the thermal processing of conduction-heated foods', *Food Technology*, 23 845-50.

TEMPEST P (1996) *Electroheat Technologies for Food Processing*, Bulletin of APV processed food sector, PO Box 4, Crawley, W. Sussex, England.

THIJSSEN HAC and KOCHEN L H P J M (1980) 'Calculation of optimum sterilization conditions for packed conduction-type foods', *J Food Science*, 45 1267-72.

THOMPSON D R (1982) 'The challenge in predicting nutrient change during food processing', *Food Technol*, 36 (2) 97-108, 115.

TOLEDO R T and CHANG S Y (1990) 'Advantages of aseptic processing of fruits and vegetables', *Food Technol*, 44 (2) 72-6.

TRAGARDH C and PAULSSON B (1985) 'Heat transfer and sterilization in a continuous flow heat exchangers', in *Developments in Food Preservation* - 3, ed Thome S, Barking, UK, Elsevier Applied Science Publishers, 245.

TUNG M A and GARLAND T D (1979) 'Computer calculation of thermal processes', *J Food Sci*, 43 365-9.

VILLOTA R and HAWKES J G (1986) 'Kinetics of nutrients and organoleptic changes in foods during processing', in *Physical and Chemical Properties of Food*, ed Okos M R, Chicago, IL, American Society of Agricultural Engineers.

obeikandl.com

الفصل الحادي عشر

سلامة (مأمونية) الأغذية المبردة المطبوخة المحتوية على خضراوات

Safety of Cooked Chilled Foods Containing Regetables

أف. كارلين، المعهد الوطني للأبحاث الزراعية (آي إت آر أ)

F. Carlen, Institut National de la recherché Agronomique (INRA), Avignon

(١١,١) مقدمة

Introduction

يتزايد تفضيل الأغذية المطبوخة المبردة (cooked chilled foods) والتي تعرف بالأغذية المصنعة المبردة ممتدة أجل التحمل (البقاء صالحة ومقاومة للفساد لفترة ممتدة (refrigerated processed foods of extended durability's (REPFEDs))، ويتزايد تفضيلها كأغذية بيع بالتجزئة وأغذية خدمات غذائية (retail & catering) في الدول المتقدمة (developed countries). يستمتع المستهلكون بهذه الأغذية لأنها تحقق الراحة ولمذاقها ولتنوع أطباقها (variety of recipes) ولطزاجتها (concept of freshness). شهد الإنتاج وشهدت المبيعات زيادة ملحوظة ومستمرة (Hauben, 1999). على سبيل المثال، زيادة إجمالي المبيعات السنوية لقطاع الأغذية المطبوخة المبردة في فرنسا بمقدار الضعف بين

١٩٩٠م إلى ١٩٩٤م ومثل إجمالي مبيعات التجزئة من الأغذية المحضرة المبردة في المملكة المتحدة حوالي ٥٤٠٠ مليون دولار بزيادة قيمة سوقية (market value increase) تبلغ ١٩٪ بين ١٩٩٩م و٢٠٠١م (Falconnet and Litman, 1996, Chilled Food Association, 2001). تشمل الأغذية المطبوخة المبردة مدى واسعاً من الأغذية. ويتم الحصول على خواص حسية عالية الجودة من خلال التصنيع الخفيف (milled processing) والاستخدام المحدود للمضافات (limited use of additives) والمواد الحافظة (preservatives). الأغذية المطبوخة المبردة ليست معقمة (non-sterile) بتصميمها وتحتوي على كائنات دقيقة معينة. ولضمان سلامة هذه الأغذية وثباتيتها فإنها تحفظ مبردة أثناء فترة صلاحيتها. وفترة صلاحية الأغذية المطبوخة المبردة متغايرة جداً، ولكن بصفة عامة ممتدة لفترة أطول مقارنة بفترة صلاحية الأغذية الطازجة غير المطبوخة أو فترة صلاحية الأغذية التي تقدمها الخدمات الغذائية (catering industry)، ولكنها دائماً أقصر بدرجة ملحوظة من فترة صلاحية الأغذية المعلبة أو المجمدة أو المجففة التقليدية. ومن المحتمل نمو بعض الممرضات البكتيرية على درجات حرارة قد تنخفض إلى ٣°م، وعليه، فهناك حاجة للسيطرة على مثل هذه الممرضات لضمان سلامة المستهلك. تابعت النظم والتوصيات الوطنية والعالمية (national & international regulations and recommendations) تطور أسواق هذه الأغذية. وللأغذية المطبوخة المبردة وحتى ساعة كتابة هذا الجزء من الكتاب، سجل مأمونية ممتاز (excellent safety record).

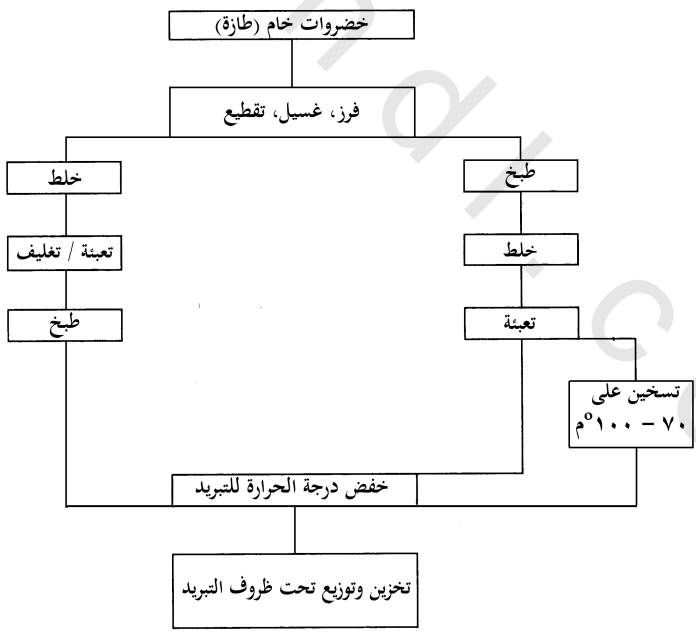
وعلى أي حال، في كثير من الأحوال، فإن حدود المأمونية غير واضحة وتتطلب تأسيس مدى المخاطر التي تسببها الأخطار الميكروبية في ظل هذه الأسواق المتوسعة.

إن هدف هذا الفصل هو الحديث عن الخواص التقنية والميكربيولوجية للأغذية المطبوخة المبردة وتبعات هذه الخواص في مأمونية هذه الأغذية، وكذلك من أهدافه عرض بعض القواعد الأساسية للسيطرة على المخاطر الميكروبية في الأغذية المطبوخة المبردة، مع التركيز على الأغذية المحتوية على الخضراوات (vegetable-based product).

(١١,٢) العمليات التصنيعية: الخواص الفيزيائية والكيميائية

The Manufacturing Process: Physical and Chemical Characteristics

تتبع صناعة الأغذية المطبوخة كثير من العمليات المختلفة والتي تشمل الطبخ في مرحلة أو عدة مراحل تصنيع (stages of processing) (الشكل رقم ١١,١). يمتد الوقت



الشكل رقم (١١,١). رسم تخطيطي يصف عمليات التصنيع الأساسية في تصنيع الأغذية المبردة المطبوخة المصنوعة من الخضراوات.

المطلوب لطبخ الخضراوات، أي لتحقيق القوام الأمثل، من ١٣ دقيقة للخضراوات الجذرية (root vegetables) أو يتراوح من ٣٥ إلى ٥٠ دقيقة للبطاطس على ٩٠°م ومن ٤ إلى ١٢ دقيقة على ١٠٠°م (Harada *et al.*, 1985, Harada and Paulus, 1987). قد تتلقى المنتجات معاملة حرارية إضافية في العبوات النهائية بعد طبخ الخضراوات على درجات حرارة تكون في بعض الأحيان أقل من ٧٠°م، ونادراً ما تكون أعلى ١٠٠°م. هذا أمر شائع في صناعة أغذية الصوص فيدي (*sous vide* foods) ولذلك، قد تقارن هذه المعاملة بمعاملة البسترة.

غالباً، ما تعد الأغذية المطبوخة المبردة بدون المضافات والمواد الحافظة المستخدمة في التصنيع التقليدي للأغذية. عليه، فإن الأس الهيدروجيني (pH) والنشاط المائي (a_w) للأغذية قريبان مما للمواد الخام. يتراوح الأس الهيدروجيني بين ٥ و٧ وأساساً بين ٦ و٧ والاستثناء الوحيد هو الفواكه مثل الطماطم (Lund, 1992). النشاط المائي الأغذية عالي (أكثر من٠,٩٥وكثيراً ما يكون أكثر من ٠,٩٨) بسبب ارتفاع محتواها من الرطوبة.

عموماً، تعبأ الأغذية المطبوخة المبردة في جو منخفض الأكسجين (low oxygen atmosphere) (O_2) كما في التعبئة تحت تفريغ (vacuum packaging) أو في جو معدل خالٍ من الأكسجين (oxygen- free modified atmosphere) (عادة خليط من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والنيتروجين (N_2)) المستخدم إما لمنع الأكسدة الأنزيمية للأغذية ومنع تدهور الخواص الحسية أو منع النمو الميكروبي والفساد. تساهم هذه التعبئة في خلق ظروف قريبة من اللاهوائية (anaerobiosis) المحفزة للكائنات الدقيقة المحبة للهواء بدرجة بسيطة (microaerophilic) واللاهوائية بدرجة صارمة (strict anaerobic). زيادة على ذلك، قد يكون جهد الأكسدة (redox potential) للأغذية المطبوخة المبردة والخضراوات

والخضراوات المصنعة منخفضاً جداً، أي أنه بين -٤٠٠ وصفر مليفولت (0 and 400-) mv) (Montrvill[e] and Conway, 1982, Adams and Moss, 1995 Snyder, 1996) والتي تخلق ظروفاً مواتية/ محفزة لهذه البكتريا، أيضاً.

تباع الأغذية المطبوخة المبردة وهي مبردة على درجات حرارة غالباً ما تكون أقل من ١٠°م. فترات صلاحية الأغذية المطبوخة المبردة مختلفة جداً. وتتراوح هذه من أسبوع إلى ثلاثة شهور، وبصفة عامة، قريبة من شهر واحد. ويعتمد هذا على المنتج والعملية وأيضاً على، النظم الوطنية أو ظروف سلسلة التبريد (chill chain conditions).

(١١,٣) الكائنات الدقيقة للأغذية المطبوخة المبردة المحتوية على خضراوات

Micro Flora of Cooked Chilled Foods Containing Vegetable

تدعم الخضراوات نمو مدى واسع من الأنواع الميكروبية التي تشمل الممرضات. بصفة نظامية، يسبب التلوث الطبيعي للخضراوات بالبكتريا الممرضة تفشيات تسمم غذائي (outbreaks of food poisoning) (Land, 1992, Beuchat, 1996, Nguyen- the and Carlin, 2000). تقضى المعاملة الحرارية المتلقاة أثناء الطبخ (دقائق قليلة على درجات حرارة أعلى من ٩٠°م) على البكتريا والخمائر (yeasts) والأعفان (moulds) من الخلايا الخضرية (vegetative cells)، بينما تبقى جراثيم أنواع *الباسيلس* (*Bacillus* spp.) وأنواع *الكوليستريديوم* (*C.* spp) المقاومة للحرارة، ولو جزئياً. لا ينتهي تصنيع الأغذية المطبوخة المبردة بطبخ الخضراوات. وبمجرد طبخها، قد تتلوث الخضراوات في مرحلة الخلط بالتلوث الخلطي/ العرضي (cross- contamination) مع مكونات أخرى. تحضر الأغذية المطبوخة المبردة وفقاً لقوائم معقدة (أطباق تقليدية أو إثنية traditional or ethnic dishes). قد تخلط مكونات الألبان (dairy ingredients) (مثل بروتينات الحليب والكريمة

cream) والجبن واللحوم والتوابل والمساعدات التقنية مثل المغلظات (thickening agents) مع الخضراوات المطبوخة وتجلب معها كائناتها إلى الخضراوات المطبوخة. إضافة لذلك، عادة تحضر الأغذية المطبوخة المبردة في بيئة غير معقمة. وبالرغم من البيئة النظيفة الصحية (hygienic environment) و/ أو المناخ الميكربيولوجي المتحكم فيه (microbiologically controlled atmosphere)، إلا أن وجود الكائنات الدقيقة في الأغذية المطبوخة المبردة قد ينتج من البيئة/ المناخ المحيط للنشاطات البشرية (surrounding human activities) في المصنع.

التبعات العملية هي:

- قد تكون الكائنات الدقيقة للأغذية المطبوخة المبردة المحتوية على خضراوات مختلفة عن كائنات الخضراوات المطبوخة أو مختلفة عن تلك المتوقعة بمعرفتنا للكائنات الدقيقة الطبيعية للخضراوات .
- يجب أن تشمل المخاطر الميكروبية الكائنات الدقيقة الممرضة التي قد تلوث المنتج بعد الطبخ.

بصفة عامة، لم توثق الكائنات الدقيقة للأغذية المطبوخة المبردة، جيداً. وأسباب ذلك، أساساً، تعود إلى أن تطور هذه الأغذية حديث نسبياً، وكذلك تعود لعدم وجود المنتجات العامة (generic products) نتيجة لتنوع وتعدد الأطباق/ الأصناف والعمليات التصنيعية.

قد تكون ميكربيولوجيا أغذية الصوص فيدي (sous vide) بسبب عدم إعادة تلوثها (recontamination) بعد الطبخ أو التسخين اللاحق، ممثلة للكائنات الدقيقة للأغذية المطبوخة المبردة المحتوية على خضراوات.

obeikandl.com

وقد جرت أبحاث موسعة على هريس الخضراوات المطبوخ المبستر والمبرد ذي الأصل التجاري (Carlin *et al.*, 2000b, Choma *et al.*, 2000, Guinebretiere *et al.*, 2001).

وفي هذا المنتج اتضح أن:

- بصفة عامة، تكون أعداد الميكروبات الهوائية الابتدائية (initial aerobic count) منخفضة (أقل من ١٠^{٢} وحدات مكونة للمستعمرات/ جرام، وكثيراً ما تكون أقل من ١٠^{١} وحدة مكونة للمستعمرات (10^{1} cfu g^{-1})).
- بصفة عامة، النمو بطيء على ٤°م؛ فأعداد الهوائية لم يتجاوز ١٠° وحدات مكونة للمستعمرات/ جرام بعد ٣ أسابيع على ٤°م ولكنه ارتفع ارتفاعا كبيرا بين ٤-١٠°م.
- السائد من الفلورا (المجموعة) الهوائية هو *الباسيلس* (*Bacillus*) وأنواع مشابهة وهناك انتقاء واضح اعتماداً على درجة حرارة التخزين (الجدول ١-١١).
- بالرغم من الأحوال/ الظروف القريبة من اللاهوائية (anaerobiosis)، فإن اللاهوائيات الصارمة (أنواع *الكوليستريديوم* بصفة خاصة) توجد بأعداد منخفضة بدرجة ملحوظة (أقل من أنواع البكتريا الهوائية الأخرى).
- من بين البكتريا الممرضة، كان انتشار *الباسيلس سيريوس* (*B.* cereus) كبيراً جداً على درجات حرارة معتدلة (mild) وعالية وحرارة تمت إساءة استخدامها (abusive) (عالية جداً بدرجة لا تمكن من التخزين السليم المضبوط). وقد تصل أعداد *الباسيلس سيريوس* (*B.* cereus) في بعض الأحيان، إلى ١٠^{٤}-١٠^{٥} وحدة مكونات للمستعمرات/ جرام بعد ٢٠ يوماً من التخزين على ١٠°م. وقد وجدت ظواهر مشابهة في الجنوككايا (gnocchi) وهو غذاء إيطالي مطبوخ مبرد مصنوع من البطاطس (Del Torre *et al.*, 2001).

الجدول رقم (١١,١). أنوع البكتيريا الرئيسة التي تم التعرف عليها في هريس الكوسا وانتخابها وفقاً لدرجات حرارة التخزين (مأخوذ من Guinebretiere et al., 2001).

الأنـــــــــــــــــواع*	عدد (%) العزلات في ظروف التخزين التالية		
	٢١ يوم على ٤ م	٢١ يوم على ١٠ م	٥ أيام على ٢٠-٢٥ م
باسيلس ماكروبديس/باسيلس ماكروكانوص Bacillus macroides/ Bacillus macroccanus	٨(٣١)		
بينيباسيلس أمايلوليتكس Paenibacillus amyloliticus	٩(٣٤)		
باسيلس النوع المرتبط	١(٤)		
بالباسيلس إسبايريكوس Bacillus sp. Related to Bacillussphaericus	٨ (٣١)	١٧(٣٤)	
ب. بوليماكسا P. Polymyxa		١ (٢)	
نوع الـ بينيباسيلس Paenibacillus sp.		١(٢)	١(٢)
نوع الـ بينيباسيلس مرتبط			
بالـ بينيباسيلس أزرتوفيكسانس Paenibacillus sp. Related to P. azotofixans		٦(١٢)	٦ (١٣)
الـباسيلس سيريوس B. cereus		٢٥ (٥٠)	١١ (٢٧)
الـباسيلس بوميلوس B. pumilus			١٨ (٤٢)
الـباسيلس ليكينيفورميس B.licheniformis			٤ (٩)
الـباسيلس سبتيليس B. subtilis			٣ (٧)
الـباسيلس سيركولانس B. circulans			
الجملة	٢٦ (١٠٠)	٥٠ (١٠٠)	٤٣ (١٠٠)

Detrment by 16 S ribosomal DNA gene sequencing

obeikandi.com

ومن بين البكتريا غير المكونة للجراثيم (non-spore formers)، فإن بكتيريا حمض اللاكتيك (lactic acid bacterial) قد عرفت/ حددت كسبب محتمل لفساد أغذية الصوص فيدي (Schellekens and Martens, 1993). بسبب مقاومة بكتيريا حمض اللاكتيك الضعيفة للحرارة، فإن الإفساد بسببها ممكن فقط في عمليات درجات الحرارة المنخفضة والوقت القصير.

(١١,٤) المخاطر الميكروبية
Microbial Hazard

للكائنات الدقيقة التي تشكل مخاطر على أمان الأغذية المطبوخة المبردة المحتوية على خضراوات، الخواص التالية:

- هي ملوثات طبيعية للخضراوات الخام (natural contaminants of raw vegetables).
- لقد اتهمت بتسبيب تفشيات التسمم بعد استهلاك الأغذية/ الأطباق المعتمدة على الخضراوات (الخضراوات مكون أساسي فيها vegetable-based foods).
- أنها قادرة على البقاء وتتحمل على الأقل بدرجة ما، المعاملة الحرارية المعتدلة التي يتلقاها المنتج أثناء التصنيع.
- أنها قادرة على النمو على درجات حرارة الثلاجة (التبريد).

إن قائمة البكتريا التي تنطبق عليها هذه الظروف (الأوصاف/ الخواص)، كبيرة جداً. وعلى أي حال، فإن *الليستريا مونوسايتوجينس* (*Listeria monocytogenes*) *والكوليستريديوم بوتشيولينوم* (*Clostridium botulinum*) *والباسيلس سيريوس* (*Bacillus cereus*) ووفقاً لمعظم الخبراء، هي الهم الرئيس، ذلك، بسبب التلوث الطبيعي وقدرة هذه الأنواع على النمو على درجات حرارة منخفضة ومقاومتها العالية للحرارة (ACMSF, 1992; Peck, 1997; Carlin *et al.*, 2000a). هذه البكتريا واسعة

الانتشار/ التوزيع في البيئة ويمكن عزلها من الخضراوات. أفادت المسوحات التي استقصت وجود *الليستريا مونوسايتوجينس*، بأن صفر-٨٥٪ من عينات الخضراوات الطازجة كانت موجبة، وقد كانت مستويات التلوث *بالليستريا* أقل من ١٠٠ وحدة مكونة للمستعمرات/ جرام (Beuchat, 1996, Nguyen-the and Carlin, 2000). وعلى سبيل المثال، فإن هذا المستوى من التلوث، أقل من الذي لوحظ في منتجات اللحوم. وقد أوضحت المسوحات التي بحثت وجود *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم*، أن صفر-١٠٠٪ من عينات الخضراوات الطازجة موجبة، مع احتمال أن يكون أقصى مستوى تلوث أقل من جرثومة *كوليستريديوم يوتشيلينيوم*/ جرام (Hotermans, 1993, Lund and Peck, 2000).

وقد اتهمت الأنواع الثلاث من البكتريا بتفشيات التسمم الغذائي بعد استهلاك أغذية/ أطباق معتمدة على الخضراوات، في كل من الخضراوات الطازجة والمصنعة تصنيعاً خفيفاً (minimally processed vegetables) والخضراوات المصنعة بالحرارة (heat processed vegetables). ومن بين البكتريا غير المكونة للجراثيم، تعتبر *الليستريا مونوسايتوجينس* كائناً مقاوماً للحرارة نسبياً، عند مقارنتها بالبكتريا الممرضة الأخرى، كما أنها أكثر بكتريا محبة للبرودة (most psychrotrophic bacterium) من بين الممرضات المعروفة ذات حدود النمو المنخفضة عند حوالي صفر°م. للممرضات الأخرى مثل *الإيشريشيا كولاي والسالمونيلا* مقاومة للحرارة مماثلة كما أن لها قدرات للنمو على درجات حرارة منخفضة، أقل. تظهر الجراثيم الداخلية (endospores) التي تنتجها *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم والباسيلس سيريوس* مقاومة كبيرة للعمليات الغذائية التي تجرى للأغذية المطبوخة المبردة.

تستطيع بعض سلالات *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم* (المجموعة الثانية أو السلالات غير المحللة للبروتين (group 11 or non-proteolytic strains)) و *الباسيلس سيريوس أن تنمو* على درجات حرارة أقل من ٣°م و٤°م، على التوالي

(ICMSF, 1996, Lund and Peck, 2000). وبالرغم من كونها مكونة للجراثيم، بصفة عامة، لا تعتبر *الكوليستريديوم بيرفرينجينس*، هماً من الهموم المرتبطة بمأمونية الأغذية المطبوخة المبردة المحتوية على الخضراوات، وذلك، بسبب قدرتها الضعيفة على النمو على درجات حرارة أقل من ١٥°م في مادة تفاعل خضراوات (vegetables substrate) (Labbe, 2000).

لليستريا مونوسايتوجينس والكوليستريديوم بوتشيلينيوم والباسيلس سيريوس قدرة كبيرة على النمو على الخضراوات، حتى على درجات حرارة منخفضة (الجدول رقم ١١,٢). وقد تم توضيح النمو المحتمل *لليستريا مونوسايتوجينس* في مدى مواد خضراوات خام ومطبوخة (Farber and Peterkin, 2000). وقد تم توضيح نمو *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم والباسيلس سيريوس* في مدى مواد خضراوات مطبوخة، وعلى درجات حرارة قريبة من الحد الأدنى لدرجات حرارة النمو. وبصفة أكثر عمومية، تبدو معظم الخضراوات المطبوخة على الأس الهيدروجيني أعلى من٤,٦ (٥) أن تكون مدعمة أو قادرة على تدعيم نمو وإنتاج السم *بالكوليستريديوم بوتشيلينيوم* المحللة للبروتين وغير المحللة له، مهما كانت قيمة العنصر الغذائي المفترضة (Carlin and Peck, 1995, 1996).

الجدول رقم (١١,٢). مصير *اللستيريا مونوسايتوجينس* و*الباسيلس سيريوس* و*الكوليستريديوم بوتشيلينيوم* في بعض تحضيرات الخضروات المطبوخة.

البكتيريا	الغذاء أوالوسط	درجة الحرارة (°م)	القياس	القيمة	المرجع
اللستيريا مونوسايتوجينس	بطاطس معبأة بالتفريغ	٤	زيادة في العدد	+٤ لوغريثم وحدات مكونة للمستعمرات في ١٤ يوم	١
	بطاطس معبأة بالتفريغ	١٥	زيادة في العدد	+٤,٥ لوغريثم وحدات مكونة للمستعمرات في ٣ أيام	١
	بطاطس معبأة بالتفريغ	٢٨	زيادة في العدد	+٤لوغريثم وحدات مكونة للمستعمرات في ١٢ ساعة	١
باسيلس سيريوس	جزر وبطاطس معبأة بالتفريغ	٤ إلى ٨	زيادة في العدد	صفر بغد ٩٠ يوم	٢
	جزر وبطاطس معبأة بالتفريغ	حرارة الغرفة	زيادة في العدد	+٤,٥ لوغريثم وحدات مكونة للمستعمرات في ٣ أيام	٢
	مرق كوسة	٢٠	تأخر(ساعة)، وقت تولد (ساعة)	<٥٠-٢٠، ٥,٢-٣,١ (أ)	٣
	مرق كوسة	١٤	تأخر(ساعة)، وقت تولد (ساعة)	٥-١٦؛ ٤,٤-٥,١	٣
	مرق كوسة	١٠	تأخر(ساعة)، وقت تولد (ساعة)	١٨٤-٣٣٣، ٣-٩	٣
	مرق كوسة	٦,٥	تأخر(ساعة)، وقت تولد (ساعة)	لا يوجد نمو ملاحظ	٣
	مرق جزر	٢٥	تأخر(ساعة)، وقت تولد (ساعة)	٧-٨، ٠,٩٣-١,١	٤
	مرق جزر	١٦	تأخر(ساعة)، وقت تولد (ساعة)	١١-١٢، ٣,٢-٣,٥	٤
	مرق جزر	١٢	تأخر(ساعة)، وقت تولد (ساعة)	٢٦-٢٨، ٧,٥-٢,٣	٤
	مرق جزر	١٠	تأخر(ساعة)، وقت تولد (ساعة)	لا يوجد نمو ملاحظ-٥١، لا يوجد نمو ملاحظ-١٤	٤
	مرق جزر	٨	تأخر(ساعة)، وقت تولد (ساعة)	لا يوجد نمو ملاحظ-١١٠، لا يوجد نمو ملاحظ-١٥	٤
	مرق جزر	٥	تأخر(ساعة)، وقت تولد (ساعة)	لا يوجد نمو ملاحظ-١٥٦، لا يوجد نمو ملاحظ-٦٣	٤
الكوليستريديوم بوتشيلينيوم	بطاطس معبأة بالتفريغ	٢٥	كشف أي اكتشاف السم	العينات موجبة بعد ٦ أيام	٥
المجموعة الأولى	بطاطس معبأة بالتفريغ	٢٥	كشف أي اكتشاف السم	العينات موجبة بعد ٧ أيام	٦
	بطاطس معبأة بالتفريغ	٢٠	كشف أي اكتشاف السم	العينات موجبة بعد ٤ أيام	٧
	بطاطس معبأة بالتفريغ	١٥	كشف أي اكتشاف السم	العينات موجبة بعد ١٤ أيام	٧
الكوليستريديوم بوتشيلينيوم	بطاطس معبأة بالتفريغ	١٠	كشف أي اكتشاف السم	العينات موجبة بعد ٩ أيام	٧
المجموعة الثانية	بطاطس معبأة بالتفريغ	٤	كشف أي اكتشاف السم	لا توجد عينة موجبة بعد٦٠ يوم	٧
	بازلاء معلبة	٨	كشف أي اكتشاف السم	العينات موجبة بعد ١٤ يوم	٨
	هريس مشروم	٨	تأخر(ساعة)، وقت تولد (ساعة)	١٤٦,٩	٩
	هريس مشروم	٥	تأخر(ساعة)، وقت تولد (ساعة)	٣٠٤,١٢	٩
	هريس زهرة	٨	تأخر(ساعة)، وقت تولد (ساعة)	٢٨٨,١١	٩
	هريس زهرة	٥	تأخر(ساعة)، وقت تولد (ساعة)	٣٨٣,٩	٩
	هريس بطاطس	٨	تأخر(ساعة)، وقت تولد (ساعة)	٦٢٨,١٠	٩
	بطاطس معبأة بالتفريغ pH 4.8	١٠ و٢٠	كشف أي اكتشاف السم	العينات موجبة بعد ٢١ يوم	١٠
	بطاطس معبأة بالتفريغ pH 5.2	٧ و١٠	كشف أي اكتشاف السم	العينات موجبة بعد ٢١ يوم	١٠
	بطاطس معبأة بالتفريغ pH 5.2	٢٠	كشف أي اكتشاف السم	العينات موجبة بعد ١٤ يوم	١٠

تم اختبار عدة سلالات

1 1, Juneja *et al.* 1998; 2, Picoche *et al.*, 1993; 3, Choma *et al.*, 2000; 4, Valero *et al.*, 2000; 5, Lund *et al.*, 1988; 6, Dodds; 1989; 7, Notermans *et al.*, 1981; 8, Gola and Mannino, 1985; 9, Carlin and Peck, 1996; 10, Baumgart, 1987.

oneilkandl.com

(١١,٥) ضبط المخاطر الميكروبية: المعاملة الحرارية
Control of Microbial Hazards: Heat Treatment

تؤثر المعاملة الحرارية المستخدمة أثناء التصنيع على بقاء البكتريا الملوثة للأغذية. ومدى قتل البكتريا هو دالة للوقت ودرجة الحرارة. ومعدل التحطيم معبر عنه بوقت الخفض العشري دي (*D*) ؛ وهو الوقت المطلوب لتحطيم ٩٠٪ من المحتوى البكتيري (أو المسبب لخفض بمقدار عشرة أضعاف أو خفض بمقدار لوغريثم واحد (قاعدة ١٠ base 10). إن تأثير درجة الحرارة على قيم دي (*D*) يعبر عنه بقيمة (*z*) وهي الزيادة في درجة الحرارة المطلوبة لتحقيق خفض بمقدار ١٠أضعاف في قيم دي (*D* values). كل من قيم *D* وقيم زد z متوافرة في عدسة مصادر للبكتيريا الممرضة التي تشمل البكتريا المهمة فيما يتعلق بمأمونية الأغذية المطبوخة المبردة المحتوية على خضراوات.

قيمة دي.$_{٧٠}$ (D_{70}) (أي وقت خفض عشري (decimal reduction)عند درجة حرارة ٧٠°م) *لليستريا مونوسايتوجينس* هي حوالي ٠,١- ٠,٢دقيقة (ICMSF, 1996). هذه القيم *للكوليستريديوم بوتشيلينيوم*، أعلى بدرجة ملحوظة، مما يوضح المقاومة العالية للجراثيم البكتيرية للحرارة مقارنة بمقاومة الخلايا الخضرية مع أقصى قيمة دي$_{١٢١,١}$ لحوالي ٠,٢١ دقيقة لمجموعة *الكوليستريديوم* الأولى المحللة للبروتين (Group 1 proteolytic *C.botulinum*) وأقصى قيمة دي$_{٨٢,٢}$ لـ ٢,٤ دقيقة للمجموعة الثانية غير المحللة للبروتين (Group 11 non-proteolytic *C botulinum*) بقيمة Z قريبة إلى ١٠°م (ICMSF, 1996). هذه القيم عرضة لمصادر/أسباب اختلافات متعددة (multiple sources of variation) تشمل الاختلافات داخل الأنواع (intraspecies variability) ونوع الغذاء وتحضير المعلقات البكتيرية (bacterial suspensions) وما إلى ذلك. *الباسيلس سيريوس* مثال ممثل للاختلافات الكبيرة بين السلالات المختلفة ؛ تم ذكر قيم دي *D* تبلغ ٢ دقيقة عند ٩٠°م وبالمثل عند١٢١,٢°م، مع قيم z من ٧ إلى ١٤°م (ICMSF, 1996).

يؤثر تسخين هذه الأنواع من البكتريا في مواد الخضراوات على مقاومتها للحرارة تأثيرا حدياً (marginally)، فقط ، وتلاحظ الانخفاضات الرئيسة في مواد الخضراوات الحامضية (acid vegetable substrate). وعلى أي حال، تلاحظ بعض التأثيرات المعينة التي تسببها الخضراوات على *الكوليستريديوم بوتيشلينيوم* غير المحللة للبروتين. يمكن زيادة المعاملة الحرارية المقاسة لهذه البكتريا بإضافة عصيرات الخضراوات مثل الشلجم (اللفت)، (turnip) والرتباج (swede) والبطاطس والبقول المسطحة (flat bean) أو الكرنب الملفوف (cabbage) (Stringer *et al.* 1999). يعزى هذا النشاط لنشاط لايزوزايم داخلي (endogenous lysozyme) مشابه للايزوزايم في بياض بيض الدجاج (hen egg white lysozyme) والذي يعتبر مساعداً للنمو من جراثيم الكوليستريديوم بوتشيلينيوم غير المحللة للبروتين التي تضررت بالحرارة (Lund and Peck, 2000).

(١١,٦) ضبط المخاطر الميكروبية: درجة حرارة التخزين
Control of Microbial Hazards: Storage Temperature

يؤخر التبريد فساد المنتجات ونمو الكائنات الدقيقة الممرضة. وقد تم توضيح ذلك بجلاء على هريس الخضراوات المطبوخ المبستر والمبرد (cooked pasteurized and chilled purees of vegetables) وعلى هريس الكوسة (courgette puree)، فقد زاد وقت نمو ١٠ °م وحدات لوغاريتمية مكونة للمستعمرات (10^5 cfu g^{-1}) من ٥ أيام إلى ١٥ يوماً وزاد الوقت لظهور الروائح غير المرغوبة الملاحظة (noticeable off-odours) (أول مظاهر/ علامات الفساد المكتشفة (first detected sign of spoilage) من ١٢ يوماً إلى ٣٦ يوماً عندما انخفضت درجة الحرارة من ١٠ °م إلى ٤ °م (Carlin et al., 2000b). يثبط نمو معظم البكتريا الممرضة عند درجات الحرارة المنخفضة. ودرجة حرارة النمو الدنيا *للكوليستريديوم بوتشيلينيوم* المجموعة الأولى المحللة للبروتين هي ١٠ °م، *وللاي كولاي*

(تشمل النزفية الداخلية، *(enterohaemorrhagic E. coli)* *والسالمونيلا* هي ٧- ٨°م وللسلالات المحبة للبرودة (psychrotrophic strains) من *الباسيلس سيريوس* هي ٤°م. وفقط تستطيع *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم* غير المحللة للبروتين (المجموعة الثانية) *والليستريا مونوسايتوجينس* النمو على درجات حرارة منخفضة (٣°م وصفر°م، على التوالي) (ICMSF, 1996).

عند النمو على مواد الخضراوات أو الأغذية، يلاحظ تأخير واضح أو عدم نمو، بصفة عامة، حتى على درجة حرارة النمو الأدنى. ولم تستطع عزلات الباسيلس سيريوس المحبة للبرودة النمو في مرق كوسا (courgette broth) على ٧°م، بينما لوحظ وجود نمو في مرق عناصر غذائية/ تغذوية (nutrient broth) (Choma et al., 2000). فشلت كثير من سلالات *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم* في النمو في مواد خضراوات على درجات حرارة (١٥°م لمجموعة الكوليستريديوم الأولى المحللة للبروتين و١٠°م لمجموعة *الكوليستريديوم* الثانية غير المحللة للبروتين) أعلى بدرجة كبيرة من درجة حرارة النمو الأدنى، بينما تم اكتشاف نمو هذه البكتريا في المرق التغذوي بعد أيام قليلة من التحضين (Carlin and Peck, 1996, Braconnier, 2001).

هذه الفروقات ليست ببساطة بسبب الأس الهيدروجيني، إذ إن الخضراوات ذات الأس الهيدروجيني المشابه/ المساوي أظهرت فروقات ملحوظة في قدرات نمو هذه البكتريا عليها. وعلى أي حال، فإن وقت إنتاج السم في الأغذية المعتمدة على الخضراوات بواسطة الكوليستريديوم بوتشيلينيوم يتراوح في المدى المعروف لمجموعات الأغذية الأخرى (أي اللحوم والأسماك والدواجن).

يمكن أن تنتج فروقات بسيطة في درجات الحرارة فروقات كبيرة في المجموعات (الأعداد) البكتيرية (المحتوى البكتيري bacterial population). على سبيل المثال، لم

تكتشف *الباسيلس سيريوس* أبداً في هريس الخضراوات المطبوخ المبستر والمبرد، المخزن لمدة ٤٦ يوماً على ٤°م، بينما كانت ١٧ عينة من ٥٠ عينة موجبة (اكتشفت فيها البكتريا) بعد تخزين لمدة ٢٠-٣٢ يوماً على ١٠°م، مع بعض الأعداد العالية أعلى من ١٠° وحدة مكونة للمستعمرات/ جرام من *الباسيلس سيريوس* (Choma *et al.*, 2000).

تسببت بعض المنتجات المعرضة لدرجة حرارة الجو (٢٠- ٣٠°م) (ambient temperature 20- 30°C) لفترات طويلة، في بعض التفشيات، وكان من المفترض أن تخزن مثل هذه المنتجات في ظروف مبردة. ولذا، فقد أجريت اختبارات (challenge tests)، بدرجات حرارة تحضين مماثلة لتظهر النمو لمستويات حرجة (growth to critical levels) وتوضيح إنتاج السم بواسطة الليستريا مونوسايتوجينس والباسيلس سيريوس والكوليستريديوم بوتشيلينيوم خلال يوم إلى ٥ أيام. في نفس الوقت، لم يلاحظ فساد في كثير من الأوقات وبقيت المنتجات مقبولة للمستهلك (Notermans *et al.*, 1981, Lund *et al.*, 1988).

في الختام، تعتمد قدرات نمو البكتريا الممرضة في الأغذية المطبوخة المبردة المحتوية على خضراوات وبشكل كبير وقوي على درجات حرارة التخزين وعلى طبيعة مادة الخضراوات والتداخلات بين كلا العاملين خاصة أن يكونا ذوي معنوية/ ملحوظة على درجات حرارة منخفضة.

(١١,٧) ضبط المخاطر الميكروبية: المعاملة الحرارية مع التبريد
Control of Microbial Hazards: Heat Treatment Combined with Refrigeration

تشمل العمليات المطبقة على الأغذية المطبوخة المبردة كلا من التسخين والتحضين على درجات حرارة منخفضة (الجدول رقم ١١,٣). اختبارات التحديد التي تجمع كلا من العمليات التشغيلية والتي تقلد واقعياً (realistically mimics) الحالات الواقعية في صناعة الأغذية المطبوخة المبردة. توضح هذه التجارب بأن المعاملة

الحرارية تؤثر بدرجة ملحوظة على قدرة سلالات الاختبارات الحقنية (inoculated test strains) على البقاء (حية) (recover) أثناء التحضين على درجات حرارة منخفضة. في مدى من أنواع هريس خضراوات حيث يتم توقع بقاء مشابه في كل نسيج، فقد اتضح بدليل النمو على حرارة تحصين عالية، إمكانية تأخير النمو بعد المعاملة الحرارية سيؤخر بوضوح (Carlin *et al.*, 2000a).

الجدول رقم (١١,٣) . أقصر وقت للنمو المرئي في مرق غذائي، هريس بطاطس أو هريس بروكلي (ملفوف) محقون بجراثيم ١٠^٧/ لكل أنبوب كوليستريديوم بوتشيلينيوم غير محللة للبروتين بدون أي معاملة حرارية، أو بمعاملة حرارية في حمام مائي على ٨٠°م لمدة ١٠ دقائق (مأخوذ من Carlin et al 2000a).

درجة حرارة التحضين مئوية	أقصر وقت للنمو المرئي (أيام) في مادة معينة باتباع تسخين على ٨٠°م لمدة تسخين محددة معلومة (دقائق)					
	مرق غذائي		بطاطس		بروكلي	
	وقت التسخين		وقت التسخين		وقت التسخين	
	صفر	١٠	صفر	١٠	صفر	١٠
٢٠	٢	٣	٣	٦	٣	١١
١٠	٤	٧	١٦	أكثر من ٥٦	١٣	٣٨
٨	٥	١٠	٢٠	أكثر من ٥٦	١٥	أكثر من ٥٦
٦	٨	١٩	أكثر من ٥٦	أكثر من ٥٦	٥٦	أكثر من ٥٦
٤	أكثر من ٥٦	أكثر من ٥٦	أكثر من ٥٦	أكثر من ٥٦	أكثر من ٥٦	أكثر من ٥٦

(١١,٨) ضبط المخاطر الميكروبية: تقنيات أخرى

Control of Microbial Hazards: Other Techniques

عادة، تُحضَّر الأغذية المطبوخة المبردة بدون مواد حافظة ومضافات. وقد تكون الحموضة الطبيعية للمنتج حاجزاً إضافيًّا (additional barrier) لمنع النمو البكتيري. لا

تنمو *الليستريا مونوسايتوجينس* على ٥°م أو تقل أعدادها على ٢١°م في مدى من منتجات الطماطم التجارية (range of commercial tomato products)، ويرتبط الوقت للنمو المرئي في عدة خضراوات مهروسة (pureed vegetables) مطبوخة بالأس الهيدروجيني للخضراوات ، ويكون أطول في الخضراوات ذات الأس الهيدروجيني الأقل (Lowest pH) (Brackett, and Beuchat 1991). وبنفس الطريقة كما لدرجات الحرارة، لليستريا مونوسايتوجينس *والكوليستريديوم بوتشيلينيوم والباسيلس سيريوس* الأس الهيدروجيني الأدنى (minimal pH) الخاص لنموها والذي يقارب ٤,٦ و٤,٦ و٥ ، على التوالي (ICMSF, 1996).

قد يستخدم تحميض (acidification) الأغذية في بعض التطبيقات المعينة لإطالة فترة الصلاحية أو لإعطاء عامل مأمونية إضافي للمنتجات المعرضة لاحتمالات سوء استخدام درجات الحرارة المعتدلة والشديدة (mild or severe temperature abuse). الأحماض العضوية (organic acids) التي يمكن استخدامها ليست مخصوصة للأغذية المطبوخة المبردة المحتوية خضراوات. على أي حال، فإن بعض التطبيقات في هذا السياق، وعلى الأقل في المرحلة التجريبية، ممكنة. أوضح استخدام حمض السوربيك (sorbic acid) مقروناً مع حمض الستريك أو حمض اللاكتيك لخفض الأس الهيدروجيني إلى ٥ ، بأنه يقلل نمو *الباسيلس سيريوس* على ٨°م و١٢°م في منتج *الجنوككايا Gnocchi*، في حين أن حمض السوربيك وحده غير فعال (Del Torre *et al.* 2001). ثبط نمو سلالات *الباسيلس سيريوس* المحبة للبرودة على ١٢°م في عصير الجزر لمدة ٦٠ يوماً بتحميض المنتج إلى أس هيدروجيني ٥ ، بينما كان النمو ممكناً على ٥°م وعلى الأس الهيدروجيني الطبيعي للمنتج (أي ٦,٢) (Valero *et al.*, 2000). ووفقاً للباحثين، ما زال المنتج مقبولاً لدى المستهلكين. جمع مختلف الأحماض العضوية

(السوربيك والاسكوربيك والستريك) أمر فعال في تثبيط نمو *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم* في البطاطس المعبأة تحت تفريغ (vacuum-pocked potato). ثبطت (أخرت) بعض المثبطات الاسمرارية (browning inhibitor) (مثل الكبريت sulphite ومخاليط الأحماض العضوية ومضادات الأكسدة) نمو *الليستريا مونوسايتوجينس* على ٤°م (١٥-٢٨°م) في البطاطس المعبأة تحت تفريغ (Juneja *et al.*, 1998).

لإضافة الملح أثر سالب رئيس. يتحكم النشاط المائي المنخفض في تطور البكتيريا الممرضة فقط في تركيزات عالية والتي تؤدي إلى تدهور الخواص الحسية للغذاء. على سبيل المثال، في البطاطس المهروس المجروش (mashed potato puree) لم تكن إضافة كلوريد الصوديوم تركيز ٢٪ فعالة في السيطرة على نمو الباسيلس سيريوس على ٣٠°م وقد أخرت النمو على ١٠°م بدرجة بسيطة (Mahakarnchanakul and Beuchat, 1999). تركيز الملح هذا في الأغذية أعلى مما يمكن أن يتحمله المستهلك.

لقد تم توضيح أن التداخل/التفاعل بين الأس الهيدروجيني والنشاط المائي في البطاطس المعبأة تحت تفريغ يؤدي إلى تأخير ملحوظ/ معنوي في نمو *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم* وإنتاجها للسم (Dodds, 1989). وعلى أية حال فإن تركيز كلوريد الصوديوم الفعال كان هنا عالياً نسبياً (حوالي ٢٪ وأعلى).

(١١,٩) الإرشادات والنظم الحالية
Current Guidelines and Regulation

يعتمد حفظ الأغذية المطبوخة المبردة على الجمع بين عوامل حفظ، بعضها متحكم فيه (درجة حرارة الحفظ والمعاملة الحرارية والإضافة النهائية لمواد الحفظ وخفض الأس الهيدروجيني (reducing pH) والنشاط المائي) والبعض الآخر غير متحكم فيه (الأس الهيدروجيني الطبيعي غير الأمثل/ تحت الأمثل (sub-optimal))

للأغذية والتوازن في العناصر الغذائية ومضادات الميكروبات (antimicrobials) وإضافة الأعشاب والتوابل). وعلى أي حال، يجب مراقبة ومتابعة العوامل المتحكم فيها كما يجب اختبار تأثيرات العوامل غير المتحكم فيها، وذلك لضمان مأمونية الأغذية المطبوخة المبردة.

تصنع الأغذية المطبوخة المبردة من مكونات تُسخَّن في وعاء أو أنها تجمع من مكونات مسخنة تحت ظروف صحية خاصة. وهذه التي تحتوي مكونات خام/ طازجة أو معاملة بدرجة بسيطة، قد تحتوي من وقت لآخر بكتيريا خضرية، وقد تشمل ممرضات مثل *الليستريا مونوسايتوجينس*. ووفقاً لإرشادات أمريكا الشمالية (North American guide lines)، فإن جزءاً كبيراً من هذه الأغذية توصف بأنها كامنة الخطورة (potentially hazardous) بسبب الحموضة المنخفضة (أس هيدروجيني أعلى من ٤,٦) والمحتوى العالي من الرطوبة (نشاط مائي أكثر من ٠,٨٥) والتعبئة في عبوات محكمة الغلق (hermetically sealed packages) (Faber, 1995). وتتطلب هذه تبريداً لضمان المأمونية الميكربيولوجية والمحافظة على الجودة. تشمل النظم والإرشادات/ التوجيهات معلومات عامة حول الشئون الصحية/ النظافة في المصانع ونظافة العاملين وجودة المواد الخام المستخدمة في التصنيع وما إلى ذلك. وتعنى توصيات محددة معينة أساساً بتحديد فترة الصلاحية والمأمونية مع الافتراض وبشكل خاص، أن المنتجات ستحفظ مبردة. في أوربا، تعتمد فترة الصلاحية على تركيبات المنتج (product formulations) وعوامل التصنيع لظروف التخزين المبرد المحددة. اقترحت مثل هذه التوصيات من قبل لجنة المملكة المتحدة الاستشارية في المأمونية الميكروبيولوجية للأغذية (UK Advisory Committee on Microbiological Safety of Foods) (ACMSF, 1992) مع *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم* غير المحللة للبروتين (المحبة للبرودة) كبكتيريا مستهدفة (target bacterium).

يمكن ضمان مأمونية الأغذية المبردة بإحدى الوسائل التالية (Lund and Peck, 2000) :

- التخزين على أقل من ٣,٣°م.
- التخزين على ≤ ٥°م وفترة صلاحية ≤ ١٠ أيام.
- التخزين على ٥- ١٠°م وفترة صلاحية ≤ ٥ أيام.
- معاملة حرارية على ٩٠°م لمدة ١٠ دقائق أو ما يكافئ القتلية (أي ١ دقيقة على ١٠٠°م أو ٥١,٨ دقيقة على ٨٥°م وفقاً للاتحاد الأوروبي لتبريد الأغذية (European Chilled Food Federation (ECFF)) واتباع ذلك بالتخزين على أقل من ١٠°م.
- أس هيدروجيني أقل من ٥ في كل الغذاء مع تخزين على أقل من ١٠°م.
- ملح كلوريد الصوديوم تركيز أكثر من ٣,٥٪ في كل الغذاء مع تخزين على أقل من ١٠°م.
- نشاط مائي أقل من ٠,٩٧ خلال كل الغذاء مع تخزين على أقل من ١٠°م.
- جموع أخرى بين المعاملة الحرارية وعوامل الحفظ مع التخزين على أقل من ١٠°م والذي يمكن توضيح توفيره لعامل وقاية ٦ (أي خفض في احتمالية البقاء والنمو بعامل يبلغ ١٠^٦).

لقد اقترحت إرشادات مماثلة من قبل الـ ECFF للكوليستريديوم بوتشيلينيوم غير المحللة للبروتين، وأيضاً تضم توجيهات تتناسب مع الليستريا مونوسايتوجينس، توصي بخفض في الأعداد بمقدار على الأقل ٦ لوغريتم (أو انخفاض a 6D reduction) والذي يمكن أن يتحقق بالعملية الحرارية على ٧٠°م لمدة دقيقتين أو ما يكافئ ذلك (٣ و٩ دقيقة على ٦٥°م، أو ٥ ثواني على ٨٠°م) (ECFF, 1996).

لقد اقترحت مسودة قواعد/ قوانين (draft code) تتناسب أو ترتبط بالأغذية المطبوخة المبردة من هيئة دستور الأغذية (Codex Alimentarius) وقد تساهم هذه في إنفاذ هذه التوصيات واللوائح على نطاق العالم (Codex Alimentarius, 1998).

(١١,١٠) استخدام تقييم المخاطر الميكروبية
Use of Microbiological Risk Assessment

تشير المعلومات المنشورة في الاستعراضات الأدبية العلمية والتي استعرضت في هذا الفصل إلى إمكانية وجود البكتريا الممرضة وإلى تحملها للمعاملة الحرارية المعتدلة وإلى نمو البكتريا الممرضة، وبصفة خاصة الممرضات المكونة لجراثيم *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم والباسيلس سيريوس*، في الأغذية المطبوخة المبردة. في المقابل، للأغذية المطبوخة المبردة سجل مأمونية ممتاز (excellent safety record) في أوربا. وعلى أي حال، في كثير من الأحوال، فإن حدود المأمونية الحالية (current safety margins) غير واضحة وتبقى الحاجة لتأسيس المخاطر التي تسببها البكتريا المكونة للجراثيم (SFB) في الأغذية المطبوخة المبردة وما تصير إليه في السوق المتوسعة مستقبلاً (future expanding market).

تقييم المخاطر الميكروبية للمخاطر (الأمراض) المنقولة بواسطة الغذاء (foodborne hazards) عملية يتزايد استخدامها في حقل المأمونية الغذائية. تشمل الأمثلة الحديثة *الاي كولاي* (*E. coli*) في برجر اللحم البقري (beef burgers) *والباسيلس سيريوس* في الحليب المبستر *والليستريا مونوسايتوجينس* في الجبن المصنوع من الحليب الخام (Notermans *et al.*, 1997; Bermrah *et al.*, 1998; Cassin *et al.*, 1998). وفي سياق الأغذية المطبوخة المبردة، فإن تقييم المخاطر الميكروبية هو احتمال وشدة التسمم الغذائي الذي قد ترتبط به الأغذية المطبوخة المبردة.

يتكون تقييم المخاطر الميكروبية من الخطوات التالية:

تحديد المخاطر (hazard identification) وتوصيف مصادر المخاطر (hazard characterization) وتقييم التعرض (exposure assessment) وتوصيف المخاطر (risk characterization). أكد تقييم مخاطر رسمي (formal risk assessment) للأغذية المطبوخة المبردة المصنوعة من الخضراوات بأن *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم والباسيلس سيريوس*

هي المخاطر الرئيسة ، ذلك بسبب معدل الوفيات العالي (high fatality rate) (خاصة من قبل *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم*) وبسبب العدد الكبير للحالات المبلغة ، بعض السلالات من نوعي البكتريا المذكورين أعلاه ، على النمو على درجات حرارة الثلاجة والعلاقة الواسعة بالخضراوات إما بالتلوث الطبيعي أو التفشيات المرتبطة باستهلاك الخضراوات المصنعة (Carlin *et al.*, 2000a). تعتبر الممرضات المحبة للبرودة غير المكونة للجراثيم (مثل *الليستريا مونوسايتوجينس*) قليلة المخاطر بدرجة كبيرة ، في الأغذية التي تسخن في العبوة النهائية ، أو عالية المخاطر إذا كان المنتج النهائي يحتوي على مكونات خام (raw ingredients). ولا تعتبر هذه الأغذية هنا ، ممثلاً لمعظم الأغذية المطبوخة المبردة ، ولذا سيتركز النشاط على الممرضات المكونة للجراثيم.

تقييم التعرض (exposure assessment) هو التقييم الكمي و/ أو الكيفي (quantitative and/ or quantitative evaluation) للتناول المحتمل للعوامل الحيوية بالأغذية. وفي سياق الحديث عن الأغذية المطبوخة المبردة يعني هذا عدد البكتريا المكونة للجراثيم (SFB) أو كمية السم المنتج بواسطة هذه البكتريا والذي يعرف بأنه مصدر خطر (hazardous) ، في وقت محدد. وبطريقة مبسطة يعتمد هذا على (i)التلوث الطبيعي للأغذية بالبكتريا الخطيرة (hazardous bacteria) ، (ii)تأثير المعاملة الحرارية ، و(iii) نمو البكتريا المكونة للجراثيم (SFB) الخطرة أثناء البيع بالتجزئة والتخزين المنزلي (domestic storage). تتكامل هذه المعلومات مع تصنيف الخطر ليوفر ذلك تقديراً لاحتمال التسمم الذي تسببه *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم* و*الباسيلس سيريوس* في مجتمعات المستهلكين للأغذية المطبوخة المبردة المحتوية على خضراوات.

هذا التقدير ناتج من الجمع بين احتمالات [تشمل عدم التأكيدية (uncertainty) والاختلافية (variability) للقياسات المتعددة (multiple parameters) التي تؤثر على سلوك الأحياء الدقيقة أثناء العملية الإنتاجية والتوزيع والتخزين للمنتجات.

ما زالت هذه الطريقة تعاني من كثير من نقاط الضعف غير المحددة أو غير المختصة بالتطبيق على الأغذية المطبوخة المبردة. وأولاً وقبل كل شيء، لا بد من اعتبار الجودة المتدنية للتقييم المعتمد على الاستجابة–الجرعة (dose response assessment)، أي، العلاقة بين حجم التعرض (magnitude of exposure) للعامل الميكروبي (microbial agent) وشدة و/ أو تكرار الآثار الصحية السيئة ذات الارتباط (associated/ health effects adverse). على سبيل المثال، ما هو احتمال أن يصبح الشخص مريضاً بعد ابتلاع $١٠^{٥}$ أو $١٠^{٧}$ خلايا من الباسيلس سيريوس؟ وما مدى ارتباط الاحتمال بالعمر أو الجنس أو الحالة الصحية؟ وكذلك، فإن المعلومات حول سلوك المستهلك ضعيفة، نسبياً.

وبصفة خاصة تتعرض الأغذية المطبوخة إلى إعادة التسخين في المنزل، والذي قد يؤثر على بقاء الممرضات أو نشاط السم. لا دور لنماذج النمو (growth models) على العوامل المعقدة، مثل التداخلات بين الممرضات ومحتوى الأحياء الدقيقة الرمية (saphrophytic microflora). محتوى الأحياء الدقيقة في الخضراوات المطبوخ والمبستر المبرد، على سبيل المثال، يشتمل على باينيباسيلس بوليميكا (Paenibacallus polymyxa) التي تظهر بعض النشاط المضاد للميكروبات (antimicrobial activity) ضد *الكوليستريديوم بوتشيلينيوم* (Girardin et al., 2002). أخيراً، فإن البيانات الميكروبية (microbial data) تطبق تطبيقاً ضعيفاً في تقييم المخاطر الميكروبية لأنها كثيراً لا تشتمل على الاختلافية وعدم التأكيدية للقياسات/ المعايير النموذجية (model parameters).

وبالرغم من هذه المحددات/ المعوقات، فقد أظهرت هذه الطريقة بعض النتائج الواعدة/ المشجعة (promising results) عند تطبيقها في هريس الخضراوات المطبوخة

والمبسترة المبردة، على سبيل المثال، والمخاطر بسبب *الباسيلس سيريوس*. وقد أوضحت الأعمال/ الأبحاث التجريبية بأن للسلالات المحبة للحرارة المتوسطة (mesophilic strains) *للباسيلس سيريوس* احتمالات كبيرة كملوثات للمنتج النهائي مقارنة بالسلالات المحبة للبرودة (Guineberefiere, 2001).

أوضح تقييم المخاطر الميكروبية بأن مستويات *الباسيلس سيريوس* عند نهاية عملية التصنيع مؤشر خاطيء عن المستوى في عبوة المنتج بعد التخزين (Nauta, 2001). وبالرغم من الاحتمال الأعلى للتخزين على درجات حرارة معتدلة لمدة طويلة أثناء البيع بالتجزئة وفي منزل المستهلك، كما هو موضح في كثير من أقطار الاتحاد الأوربي، فإن احتمال الحصول على أعداد حرجة للباسيلس سيريوس المحبة للحرارة المتوسطة (mesophilic B. cereus) كان ضعيفاً جداً مقارنة باحتمال الحصول على الباسيلس سيريوس المحبة للبرودة (psychrotrophic B. cereus). أيضاً، يحدد النموذج أهمية مراقبة ومتابعة درجة الحرارة خلال كل سلسلة التبريد، من مصنع الغذاء إلى المستهلك.

(١١,١١) الاستنتاج

Conclusion

سوق الأغذية المطبوخة المبردة في توسع مستمر ومن المحتمل والمأمول أن تتم المحافظة على الأطباق المعتمدة على الخضراوات (vegetable-based dishes) ومن الممكن أن تزداد وجوداً في سوق الأغذية المطبوخة المبردة. وغالباً ما تحتوي الأطباق التقليدية (traditional) والإثنية (ethnic) والجديدة (novel) وبالطبع الأطباق النباتية (vegetarian dishes) على خضراوات؛ وبسبب انخفاض الدهون والقيمة التغذوية والتأثيرات الواقية (الألياف ومضادات الأكسدة الطبيعية، إلخ)، فإن الأغذية المعتمدة على الخضراوات

تتبع (تلبي) متطلبات المستهلك لمزيد من الأغذية التغذوية والصحية. وقد يساعد تنوع مذاقات ونكهات الخضراوات في اقتراح مختلف الأطباق (recipes).

وتنوع الأطباق يعني تنوع العمليات التصنيعية، أيضاً، ولكل منها لابد من تحديد الممرض/ الممرضات الميكروبية ذات الأهمية، وأن يتم ذلك بعناية. وكثيراً ما يسوء تقدير مشاكل مأمونية الأغذية المعتمدة على الخضراوات، لأن معظمها يستهلك طازجاً وغير مصنع، أو لأن الخضراوات المصنعة التقليدية (traditional processed veget.) (المنتجات المعلبة والمجمدة) فعلياً مأمونة. وعلى أي حال، تذكرنا المعلومات الوبائية بأن الخضراوات الطازجة والمصنعة قد تتهم في كثير من تفشيات التسمم الغذائي (outbreaks of food poisoning)، والتي قد تحتوي على مدى واسع من الكائنات الدقيقة الممرضة، وأن القيمة التغذوية للعناصر الغذائية (nutrient value) لمادة الخضراوات كبيرة بدرجة كافية لدعم نمو الممرضات، بنفس الطريقة التي في اللحوم والأسماك وأغذية/ منتجات الألبان (dairy foods) والتي بصفة عامة، تعتبر أفضل مادة تفاعل/ دعم (better substrate) للنمو الميكروبي. ولهذه الأسباب، فإن مأمونية الأغذية المطبوخة المبردة المصنوعة من الخضراوات تستحق أو تتطلب نفس الاعتبار/ الاهتمام الذي يعطى لأي غذاء مطبوخ مبرد.

ما هي التحسينات التي يجب الاهتمام بها من أجل تحقيق مأمونية الأغذية المطبوخة المبردة في المستقبل؟ تحدث معظم التلوثات بالممرضات من الحقل. وقد أظهر ضبط التلوث الحقلي، حيث ينمى الغذاء (الزراعة)، بعض النجاح للإيشريشيا كولاي (E. coli) *والسالمونيلا والليستريا مونوسايتوجينس*، ولكن ما زال هناك عدم وجود برهان واضح محسوس plausible evidence حول مكونات الجراثيم الممرضة، والتي تشكل الاهتمام الأكبر (القضية الكبرى الرئيسة) فيما يتعلق بالأغذية المطبوخة المبردة. وتلقى تقنيات منع تلوث المنتجات التي لا تعامل معاملة حرارية في العبوة النهائية

(تقنيات الغرفة النظيفة clean room technologies)، أو التقنيات القادرة على إعطاء/ تحقيق معاملة حرارية في العبوة النهائية، مثل تقنية الميكروويف، كبديل للتعبئة تحت تفريغ، اهتماماً بالغاً في صناعة الأغذية المطبوخة المبردة.

للأغذية المطبوخة المبردة عمليات تصنيعية معقدة تجمع مخاليط من المكونات المختلفة ومختلف المعاملات الحرارية وظروف البيع بالتجزئة وظروف الحفظ/ فترة الصلاحية التي يفرضها المستهلك. قد يساعد تقييم المخاطر في تحديد المراحل الحرجة في مسار هذه العمليات المعقدة فيما يتعلق بمأمونية الأغذية، وعليه يتم، اقتراح إستراتيجيات تخفيف فاعلة ومناسبة مثل (وبدون حدود) فترة الصلاحية المناسبة والمعلومات للمستهلكين وزيادة المعاملة الحرارية.

إن الوضع الحالي في صناعة الأغذية المطبوخة المبردة سليم (مأمون). وعلى أي حال، وبسبب توسع السوق، يجب إجراء تحسينات مستمرة في مأمونية المنتجات، وذلك من خلال الضبط بشكل أفضل لمصير الممرضات البكتيرية طوال فترة سلسلة التصنيع وأثناء فترة الصلاحية.

(١١,١٢) المراجع

References

ACMSF (ADVISORY COMMITEE ON THE MICROBIOLOGICAL SAFETY OF FOOD) (1992) *Report on Vacuum Packaging and Associated Processes*, London, HMSO.

ADAMS M R and MOSS M 0 (1995) *Food Microbiology*, London, The Royal Society of Chemistry.

BAUMGART J (1987) 'Vorkommen und Vermehrung von *Clostridium botulinum* in vacuum-verpackten rohen und pasteurisierten Kartoffeln und im Kartoffelsalat', *Chem Mikro bioi Technol Lebensm*, 11 74-80.

BEMRAH N, SANAA M, CASSIN M H, GRIFFITHS M W and CERF 0 (1998) 'Quantitative risk assessment of human listeriosis from consumption of soft cheese made from raw milk', *Pre v Vet Med*, 37 129-45.

BEUCHAT L R (1996) 'Pathogenic microorganisms associated with fresh produce', *J Food Protection*, 59 204-16.

BEUCHAT L R and BRACKETT R E (1991) 'Behavior of *Listeria monocytogenes* inoculated into raw tomatoes and processed tomato products', *Appl Environ Microbiol*, 57 1367-71.

BRACONNIER A (2001) *Recherche de* Clostridium botulinum *dans des plats cuisines et etude de sa croissance dans des substrats a base de legumes*, These d'Universite. Universite de Droit, d'Economie et des Sciences d' Aix-Marseille, France.

CARLIN F and PECK M W (1995) 'Growth and toxin production by non-proteolytic and proteolytic *Clostridium botulinum* in cooked vegetables', *Lett Appl Microbiol,* 20 152-6.

CARLIN F and PECK M (1996) 'Growth of and toxin production by nonproteolytic *Clostridium botulinum* in cooked pureed vegetables at refrigeration temperatures', *Appl Environ Microbiol,* 62 3069-72.

CARLIN F, GIRARDIN H, PECK M W, STRINGER S C, BARKER G C, MARTINEZ A, FERNANDEZ A, FERNANDEZ P, WAITES W M, MOVAHEDI S M, VAN LEUSDEN F, NAUTA M, MOEZELAAR R, DEL TORRE M and LITMAN S (2000a) 'Research on factors allowing a risk assessment of spore-forming pathogenic bacteria in cooked chilled foods containing vegetables: a FAIR collaborative project', *Int J Food Microbiol,* 60 117-35.

CARLIN F, GUINEBRETIERE M H, CHOMA C, PASQUALINI R, BRACONNIER A and NGUYEN-THE C (2000b) 'Spore-forming bacteria in commercial cooked, pasteurised and chilled vegetable purees', *Food Microbiol,* 17 153-65.

CASSIN M H, LAMMERDING A M, TODD E C D, ROSS W and MCCOLL R S (1998) 'Quantitative risk assessment for *Escherichia coli* 0157:H7 in ground beef hamburgers', *Int J Food Microbiol,* 41 21-44.

CHILLED FOOD ASSOCIATION (2001) www.chilledfood.org

CHOMA C, GUINEBRETIERE M-H, CARLIN F, SCHMITT P, VELGE P, GRANUM P E and NGUYENTHE C (2000) 'Prevalence, characterisation and growth of *Bacillus cereus* in commercial cooked chilled foods containing vegetables', *J Appl Microbiol,* 88 617-25.

CODEX ALIMENTARIUS (1998) *Draft Code of Hygienic Practice for Refrigerated Packaged Foods with Extended Shelf-life,* ALINORM 99/13, appendix **III.**

DEL TORRE M, DELLACORTE M and STECCHINI M L (2001) 'Prevalence and behaviour of *Bacillus cereus* in a REPFED of Italian origin', *Int J Food Microbiol,* **63** 199-207.

DODDS K L (1989) 'Combined effect of water activity and pH on inhibition of toxin production by *Clostridium botulinum* in cooked, vacuum-packed potatoes', *Appl Environ Microbiol,* **55** 656-60.

ECFF (EUROPEAN CHILLED FOOD FEDERATION) (1996) *Guidelines for the Hygienic Manufacture of Chilled Foods,* London-Paris, ECFF.

FALCONNET F and LITMAN S (1996) 'Le marche des produits sous vide', in *Proceedings of the Second European Symposium on Sous Vide,* Leuven, April 10-12, 1996,231-8.

FARBER J M (1995) 'Regulations and guidelines regarding the manufacture and sale of MAP and sous vide products', in *Principles of Modified-Atmosphere and Sous Vide Product Packaging,* eds Farber J M and Dodds K L, Lancaster PA, Technomic Publishing, 425-58.

FARBER J M and PETERKIN P I (2000) *'Listeria monocytogenes',* in *The Microbiological Quality and Safety of Food, Volume II,* eds Lund B M, Baird-Parker A C and Gould G W, Gaithersburg, Aspen Publishers, 1178-232.

GIRARDIN H, ALBAGNAC C, DARGAIGNARATZ C, NGUYEN-THE C and CARLIN F (2002) 'Antimicrobial activity of foodbome *Paenibacillus* and *Bacillus* spp. against *Clostridium botulinum', J Food Protection,* **65** 806-13.

GOLA S and MANNINO S (1985) 'Produzione di tossina in substrato colturale e alimentare da parte di a1cuni ceppi di *Clostridium botulinum', Industria Conserve,* **60** 39-41.

GUINEBRETIERE M-H (2001) *Bacteries sporulees associees a un modele de plat cuisine refrigere a base de legumes. Origine et Virulence Potentielle de* Bacillus cereus, These de Doctorat, Universite d' Avignon et des Pays du Vaucluse.

GUINEBRETIERE M-H, BERGE O, NORMAND P, MORRIS C, CARLIN F and NGUYEN-THE C (2001) 'Identification of bacteria in pasteurized courgette purees stored at different temperatures and comparison with those found in other pasteurized vegetable purees', *Appl Environ Microbiol,* **67** 4520-30.

HARADA T and PAULUS K (1987) 'Effects of cooking treatment on the texture of root vegetables', *Agric Biol Chem,* **51** 837-44.

HARADA T, TIRTOHUSODO H and PAULUS K (1985) 'Influence of temperature and time on cooking kinetics of potatoes', *J Food Sci,* **50459-62,472.**

HAUBEN K (1999) 'Sous vide cooking: state of art', in *Proceedings of the Third European Symposium on Sous Vide, Leuven, Belgium, March* 25-26, 1999, Leuven, ALMA, 11-27.

ICMSF (1996) *Micro-organisms in Foods.* 5. *Microbiological Specifications of Food Pathogens,* London, Blackie Academic and Professional.

JUNEJA V K, MARTIN S T and SAPERS G M (1998) 'Control of *Listeria monocytogenes* in vacuum-packaged pre-peeled potatoes', *J Food Sci,* **63** 911-14.

LABBE R G (2000) *'Clostridium peifringens',* in *The Microbiological Quality and Safety of Food. Volume* I/, eds Lund B M, Baird-Parker A C and Gould G W, Gaithersburg, Aspen Publishers, 1110-35.

LUND B M (1992) 'Ecosystems in vegetable foods', *J Appl Bacteriol Symp Suppl,* **73** 115S-26S.

LUND B M and PECK M W (2000) *'Clostridium botulinum',* in *The Microbiological Quality and Safety of Food. Volume II,* eds Lund B M, Baird-Parker A C and Gould G W, Gaithersburg, Aspen Publishers, 1057-109.

LUND B M, GRAHAM A F and GEORGE S M (1988) 'Growth and formation of toxin by *Clostridium botulinum* in peeled, inoculated, vacuum-packed potatoes after double pasteurization and storage at 25°C', *J Appl Bacteriol,* **64** 241-6.

MAHAKARNCHANAKUL W and BEUCHAT L R (1999) 'Influence of temperature shifts on survival, growth, and toxin production by psychrotrophic and mesophilic strains of *Bacillus cereus* in potatoes and chicken gravy', *Int J Food Microbiol,* **47** 179-87.

MONTVILLE T J and CONWAY L K (1982) 'Oxidation-reduction potentials of canned foods and their ability to support *Clostridium botulinum* toxigenesis', *J Food Sci,* **471879-82.**

NAUTA M J (2001) 'A modular process risk model structure for quantitative microbiological risk assessment and its application in an exposure assessment of *Bacillus cereus* in a REPFED', Report no. 149106 007, RIVM, Bilthoven.

NGUYEN-THE C and CARLIN F (2000) 'Fresh and processed vegetables', in *The Microbiological Quality and Safety of Food,* eds Lund B M, Baird-Parker A C and Gould G W, Gaithersburg, Aspen Publishers, 620-84.

NOTERMANS S H W (1993) 'Control in fruits and vegetables', in Clostridium botulinum; *Ecology and control infoods,* eds Hauschild A H W and Dodds K L, New York, Marcel Dekker, 233-60.

NOTERMANS S, DUFRENNE J and KEUBETS M J H (1981) 'Vacuum-packed cooked potatoes: toxin production by *Clostridium botulinum* and shelf-life', *J Food Protection,* 44 572 5.

NOTERMANS S, DUFRENNE J, TEUNIS P, BEUMER R, TE GlFFEL M and PEETERS WEEM P (1997) 'A risk assessment study of *Bacillus cereus* present in pasteurized milk', *Food Microbioi,* **14** 143-51.

PECK M W (1997) *'Clostridium botulinum* and the safety of refrigerated processed foods of extended durability', *Trends Food Sci Technol,* 8 186-92.

PICOCHE B, DENIS C and PICHON P (1993) 'Comportement des spores de *Bacillus cereus* dans les legumes cuits sous vide', *Industries Aliment Agric,* **juin** 454-9.

SCHELLEKENS W and MARTENS T (1993) *'Sous vide' cooking,* Luxembourg, Commission of the European Communities.

SNYDER O P (1996) 'Redox potential in deli foods; botulism risk?', *Dairy Food Environ Sanitation,* **16** 546-8.

STRINGER S C, HAQUE N and PECK M W (1999) 'Growth from spores of nonproteolytic *Clostridium botulinum* in heat-treated vegetable juice', *Appl Environ Microbiol,* **65** 2136-42.

VALERO M, LEONTIDIS S, FERNANDEZ P S, MARTINEZ A and SALMERON M C (2000) 'Growth of *Bacillus cereus* in natural and acidified carrot substrates over the temperature range 5-30°C', *Food Microbiol,* **17605-12.**

obeikandl.com