

التلوث والفساد غير الميكروبي للأغذية
Non-Microbial Contamination and
Spoilage of Food

الأستاذ الدكتور / محمد حسيب حافظ رجب

(أستاذ متفرغ) بقسم علوم وتكنولوجيا الأغذية -

كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

مكتبة المعارف الحريثة

٢٣ ش تاج الرؤساء سابا باشا الإسكندرية

ت: ٥٤٤٥٥٥١ - ٥٨٢٦٩٠٢

obeikandi.com

12- التلوث والفساد غير الميكروبي للأغذية Non-Microbial Contamination and Spoilage of Food

الأستاذ الدكتور / محمد حسيب حافظ رجب

(أستاذ متفرغ) بقسم علوم وتكنولوجيا الأغذية -

كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

12- التلوث والفساد غير الميكروبي للأغذية

Non-microbial contamination and spoilage of food

1-12 التلوث غير الميكروبي للأغذية

Non-microbial contamination of food

رقم الصفحة	المحتويات
1	1-12 التلوث غير الميكروبي للأغذية
1	1-1-12 مقدمة
2	2-1-12 التلوث بالمعادن الضارة
3	1-2-1-12 النحاس
4	2-2-1-12 الرصاص
5	3-2-1-12 الزنك
5	4-2-1-12 القصدير
5	5-2-1-12 الزرنيخ
6	6-2-1-12 الأنتيمون
6	7-2-1-12 الكاديوم
6	8-2-1-12 الألومنيوم
7	3-1-12 التلوث بمتبقيات مبيدات الآفات
11	4-1-12 التلوث بمضافات الأغذية الضارة أو غير النقية
12	1-4-1-12 المواد الملونة
14	2-4-1-12 المواد الحافظة
16	3-4-1-12 المواد المانعة للأكسدة
16	4-4-1-12 المذيبات
17	5-4-1-12 المواد المنكهة ومحسنات الطعم
17	6-4-1-12 المُحليات عديمة القيمة الغذائية
18	7-4-1-12 المضادات الحيوية
19	8-4-1-12 المواد المستحلبة والمثبتة للقوام
19	9-4-1-12 المواد المثبطة لنمو الفطريات فيما بعد الحصاد
20	10-4-1-12 مضافات أغذية أخرى
20	5 1-12 التلوث بالمضادات الحيوية والهرمونات
23	6-1 12 التلوث بمركبات أخرى ضارة لايعرف الكثير عنها
23	1-6-1-12 التلوث بالدايوكسين

المحتويات	رقم الصفحة
2-6-1-12 التلوث بالعامل المسبب للإعتلال المخى الأسفنجي	25
7-1-12 التلوث الإشعاعى	28
1-7-1-12 تلوث البيئة بالأشعاع	28
2-7-1-12 التأثير البيولوجى للأشعاع	30
3-7-1-12 مصادر التلوث الأشعاعى للبيئة	31
1-3-7-1-12 المصادر الطبيعية للأشعاع	31
1-1-3-7-1-12 الأشعة الكونية	31
2-1-3-7-1-12 الأشعاع الناجم عن البيئة الأرضية	33
1-2-1-3-7-1-12 القشرة الأرضية	33
2-2-1-3-7-1-12 الهواء القريب من سطح الأرض	33
3-2-1-3-7-1-12 المياه	33
2-3-7-1-12 المصادر الصناعية	34
1-2-3-7-1-12 التفجيرات الذرية	34
2-2-3-7-1-12 المفاعلات الذرية	35
3-2-3-7-1-12 استخدام المصادر الأشعاعية للأغراض الطبيعية والصناعية	36
4-2-3-7-1-12 استخدام المواد المشعة فى أغراض التعليم وفى الأجهزة والمعدات التعليمية والمنزلية	36
4-7-1-12 تلوث السلسلة الغذائية بالمواد المشعة	36
5-7-1-12 النظائر المشعة التى قد توجد فى الغذاء ودرجة تركيزها	38
6-7-1-12 العوامل المرتبطة بمستوى التلوث الأشعاعى فى الجسم	40
8-1-12 تلوث البيئة المائية وأثره على جودة وسلامة الموارد السمكية	41
1-8-1-12 التلوث بمياه الصرف الصحى	42
2-8-1-12 التلوث بالمنظفات	43
3-8-1-12 التلوث بمبيدات الآفات	44
4-8-1-12 التلوث بالبترول ونواتج تفككه ومخلفاته	46

المحتويات

رقم الصفحة

48	التلوث بملوثات أخرى عضوية	5-8-1-12
48	التلوث بالمخلفات غير العضوية	6-8-1-12
49	التلوث بالزئبق	1-6-8-1-12
50	التلوث بالرصاص	2-6-8-1-12
51	التلوث بالمواد المشعة	7-8-1-12
53	الفساد أو التلف غير الميكروبي للأغذية	2-12
53	مقدمة	1-2-12
55	التفاعلات الكيماوية البحتة وما تحدثه من تغيرات	2-2-12
56	أكسدة حامض الأسكوربيك (فيتامين ج)	1-2-2-12
58	التزنخ التأكسدي	2-2-2-12
60	الدكارة غير الإنزيمية	3-2-2-12
62	التفاعلات الإنزيمية وما تحدثه من تغيرات	3-2-12
63	إنحلال المواد البكتينية	1-3-2-12
64	التزنخ التحللي للدهون والزيوت	2-3-2-12
64	الفساد الإنزيمي للأسماك	3-3-2-12
65	التلون البني الإنزيمي للخضر والفاكهة	4-3-2-12
67	التغيرات التي تحدث للغذاء وتوحي بفساده أو تلفه أو عدم تقبله	5-3-2-12
67	الكلوروفيلات	1-5-3-2-12
70	الكاروتينيدات	2-5-3-2-12
71	الكاروتين	1-2-5-3-2-12
71	الليكوبين	2-2-5-3-2-12
71	كاروتينيدات أخرى	3-2-5-3-2-12
72	الأنثوسيانينات	3-5-3-2-12
76	الفينولات النباتية الأخرى	4-5-3-2-12
80	المراجع	3-12

12 التلوث والفساد غير الميكروبي للأغذية

Non-microbial contamination and spoilage of food

1-12 التلوث غير الميكروبي للأغذية

Non-microbial contamination of food

الأستاذ الدكتور / محمد حسيب حافظ رجب

(أستاذ متفرغ) بقسم علوم وتكنولوجيا الأغذية -

كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

1-1-12 مقدمة

بالإضافة إلى التلوث الميكروبي للأغذية والذي قد يحولها إلى أغذية فاسدة أو تالفة أو ناقلة للأمراض غير صالحة لغذاء الانسان فقد تتعرض الأغذية في مراحل إنتاجها أو تصنيعها أو تعبئتها أو تغليفها أو حفظها أو تخزينها أو اعدادها أو تداولها بصفة عامة إلى تلوث غير ميكروبي يكون أكثر خطورة على الصحة العامة للمستهلك بمقارنتها بالتلوث الميكروبيولوجي . ويزيد من خطورته أنه لا يؤدي إلى فساد ظاهر للمادة الغذائية يمكن للمستهلك ملاحظته، كما قد لا يتغير طعم الغذاء أو رائحته ولكنه يحتوى على مواد سامة قد تلحق أشد الضرر بالمستهلك على المدى القصير أو المدى الطويل .

فالغذاء قد يتلوث بالمعادن الثقيلة الضارة وبعضها شديدة السمية أو حتى بالمعادن الخفيفة كالألومنيوم أثناء التصنيع أو التحضير أو الطهي أو بمتبقيات مبيدات الآفات أو بمتبقيات المعاملات الكيماوية فيما بعد الحصاد أو بالمضافات الحيوية الضارة أو غير النقية أو بالمضادات الحيوية والهرمونات التي قد تستخدم في تصنيع العلائق الحيوانية أو في تغذية الحيوانات والطيور، أو قد يتلوث بجرعات زائدة ضارة من الإشعاع الذي يؤثر على الأحماض النووية بالخلية عامة والتي تحمل جميع المعلومات المطلوبة لتطور وانقسام الخلية ونمو الأنسجة عامة.

ويتعرض الغذاء للتلوث بجرعات زائدة من هذه الملوثات يتعرض الانسان إلى حالات تسمم أو الاصابة بالامراض الخبيثة وتشوهات الخلقة والجنين . وفيما يلي وصف تفصيلي لمصادر هذا التلوث والاضرار الصحية التي قد تتجم عنه .

12-1-2 التلوث بالمعادن الضارة

قد تتعرض المواد الغذائية اثناء انتاجها أو تصنيعها أو تعبئتها أو نقلها أو حفظها للتلوث بأنواع مختلفة من المعادن الثقيلة نتيجة لملامسة المادة الغذائية لأسطح الأواني والأدوات أو العبوات أو مواد التغليف عامة المصنوعة من هذه المعادن الثقيلة أو المحتوية على آثار منها كشوائب ، أو نتيجة لاستخدام مياه تحتوى على شوائب معدنية نتيجة لمرورها في أنابيب غير نقية وذلك فى عمليات غسل المادة الغذائية الخام كالخضر أو الفاكهة أو فى عمليات تصنيعها أو نتيجة لاستخدام مضافات غذائية غير نقية تحتوى على شوائب لهذه المعادن الثقيلة . كما قد تتلوث مياه الأنهار أو شواطئ البحار بمركبات المعادن الثقيلة كتلوث الأسماك .

وتتلوث الخضر والفاكهة بمركبات المعادن الثقيلة عند مقاومة الفطريات وتصبح مصدراً للتسمم اذا لم يتم غسلها جيدا لإزالة ماعليها من مركبات المعادن الثقيلة. وعادة تحدد اللوائح الغذائية المستويات القصوى المأمونة لهذه المعادن فى الأغذية المختلفة وكذا فى مضافات الأغذية .

وبعض هذه المعادن الثقيلة قد توجد فى المادة الغذائية نفسها فى حالتها الطبيعية وكذا جسم الانسان بكميات ضئيلة جدا فى صورة مركبات عضوية ذات أهمية كبرى حيث تدخل فى تركيب كثير من المركبات العضوية ذات الأهمية الحيوية فى الجسم كالهيموجلوبين والثيروكسين والأنزيمات المحتوية على النحاس كالاكسيدازات كما فى اكسيداز حامض الاسكوريك والكارصين فى انهيدراز الكربونيك والموليبدينوم فى اكسيداز الزانثين أو كمكونات الفيتامينات مثل الكوبلت فى فيتامين ب₁₂ أو مكونات للهرمونات مثل الكارصين فى الانسولين واليود فى الثيروكسين . الا ان وجودها فى الغذاء ك معدن أو كمركبات كيميائية كشوائب بكميات كبيرة نسبيا يكون لها تأثيرات سامة بالنسبة للانسان أو الحيوان . وحتى لو احتوى غذاء الانسان على كميات ضئيلة منها فهي قد تؤثر فى المدى الطويل على العمليات الحيوية بالجسم حيث ان بعضها له صفة تراكمية فى الجسم .

ولا تقتصر اضرار التلوث المعدنى على ذلك ، فان بعض المعادن الثقيلة اذا مالوتت المادة الغذائية فانها قد تحدث بها تغيرات تضر بصفات المرغوبة أو تقبل المستهلك لها ، فالبعض منها مثلا اذا وجد بالمادة الغذائية ولو بنسبة ضئيلة قد يؤدى إلى إتلاف الطعم أو اللون الطبيعى المرغوب بالنسبة للمستهلك أو الى هدم الفيتامينات أو ترنخ الدهون والزيوت فتعمل فى تأثيراتها هذه عمل العامل المساعد فى تنشيط

التفاعلات الكيماوية غير المرغوبة . وبعض هذه المعادن يساعد على تنشيط بعض الانزيمات التى تحدث تغيرات فى المادة الغذائية .

ويتوقف القدر من المعادن الذى يلوث المادة الغذائية على عدة عوامل منها تركيب المادة الغذائية نفسها ومدى احتوائها على الماء أو الاحماض أو المواد التى تتفاعل مع المعادن ، نوع المعدن الذى يلامس المادة الغذائية اثناء التداول أو التصنيع ومدة ملامسة المادة الغذائية لهذه المعادن أو سطحها ، ودرجة الحرارة ، ونوع المركب الذى يحتوى على المعدن ، ومدى نقاوة الماء المستعمل وخلوه من الشوائب المعدنية . كما تتوقف شدة التسمم حسب نوع المعدن والجرعة المأخوذة ، وفى الحالات الشديدة ينتج عنها اعراض واضحة كتهيج اغشية المعدة والغثيان والمغص والقئ والاليميا احيانا ، وعادة تزول الاعراض بسرعة بعد القئ قبل ان تنتقل محتويات المعدة للامعاء . ويختلف التسمم المعدنى عن التسمم الميكروبيولوجى فى انه لا يحتاج الى فترة حضانه . واهم المعادن التى تلوث المواد الغذائية وتعتبر سامة التأثير هى النحاس والرصاص والزنك والقصدير والزرنيخ والانتيمون والكاديوم والزرنيق، وسيأتى الكلام عن التلوث بالزرنيق تحت تلوث البحار .

1-2-1-12 النحاس

املاح النحاس ذات تأثير قابض ومهيج للمعدة والقدر منه الذى يعتبر ساما لم يحدد بعد تماما ، أما تأثيره المهيج فيحدث بفعل كمية تتراوح بين 80-160 ملليجراما . وهو يمتص فى الدم ، وزيادة امتصاصه فيه تؤدى الى انحلال كرات الدم . وقد كانت سلفات النحاس تستخدم فى الماضى فى تثبيت اللون الاخضر للمواد الغذائية، إلا أن القوانين الغذائية قد حرمت استخدامها .

وقد أثبتت الكثير من التجارب التى اجريت على الحيوانات باستخدام كميات كبيرة من املاح النحاس اثره السام وخطره على الصحة والحياة ، إلا أن هذه الكميات لا يمكن من الناحية العملية ان توجد فى غذاء الانسان . وهو يمنع نمو البكتريا ، وربما ادى وجوده الى ايقاف نشاط البكتريا المعوية . ونظرا لان معدن النحاس يذوب فى الاحماض العضوية التى تحتويها المواد الغذائية ، ونظرا للتأثير الضار الذى تحدثه أملاح النحاس على الصفات المرغوبة للمواد الغذائية وخصوصا التأثير المتلف على فيتامين C فى المادة الغذائية فقد اخذت مصانع الاغذية فى استبدال الماكنينات والأوعية النحاسية واستخدام معادن اخرى مقاومة للتأثير الاذابى للمادة الغذائية لا تحدث تلفا للمواد الغذائية ، وكذلك روعى ضرورة ازالة آثار مواد الرش أو التعفير العالقة بالمادة الغذائية بالغسل الجيد بالماء . وأهم المواد التى يوجد فيها النحاس بمقادير عالية نسبيا

هى الخضر والفاكهة الطازجة نظرا لاحتمال معاملتها بمركبات تحتوى على النحاس اثناء النمو فى الحقل بغرض مقاومة الآفات .

12-1-2-2 الرصاص

يعتبر الرصاص من اشد المعادن سمية اذا وجد فى المادة الغذائية . والتأثير السمي للرصاص هو تأثير تراكمى cumulative ، لما يتجمع من الكميات التى يتكرر وصولها للجسم والتى يعتبر كل منها على حدة ضئيل الاثر على الصحة . ولم يعرف حتى الآن انه عنصر ضرورى فى تركيب الخلية الحية .

ويصل الرصاص الى المواد الغذائية اما عن طريق الاثار منه التى توجد فى التربة أو عن طريق استعمال المعدن نفسه أو السبائك التى تستخدم فى صناعة الأواني والالات التى تلامس الغذاء اثناء انتاجه . فالأواني التى تطفى بالقصدير المحتوى على الرصاص وكذا الوصلات الملحومة ومواسير الرصاص والبويات أو المواد المكسبة للمعة قد تسبب كلها أو بعضها تلوثا للمادة الغذائية . وكذلك اذا استخدمت زرنیخات الرصاص التى تستخدم فى مقاومة الحشرات فان بقاياها تبقى على الخضر والفاكهة.

كما قد تتلوث بالرصاص الأغذية غير المعبأة أو غير المغلفة كالخضر والفاكهة الطازجة والخبز وغيرها التى تعرض بصورة مكشوفة بواسطة الباعة الجائلين بالطرقات وفى المحلات فى المدن وخاصة كثيفة حركة المرور . وبالمثل تتلوث محاصيل الحقل وخاصة الخضروات الورقية - والاعلاف الخضراء والاعشاب التى تتغذى عليها الحيوانات وذلك فى المزارع التى تخترقها الطرق السريعة كمركبات النقل حيث يلوث عادم السيارات المحتوى على الرصاص الجو المحيط والذى يتراكم على هذه الاغذية والاعلاف ، وتزداد الخطورة فى حالة الاغذية الطازجة الورقية والخبز . فكثيرا ما يضاف رابع ايثايل ورابع ميثايل الرصاص الى وقود مركبات النقل لزيادة كفاءة احتراق الوقود فيتلوث بذلك الجو فى المدن وخاصة تلك التى تزداد فيها كثافة مرور السيارات فيلوث بذلك الاغذية المكشوفة . كما ان حركة الرياح فى الطرقات السريعة التى تخترق الحقول تكون سببا فى تلوث المحاصيل بالرصاص . وكثير من الدول تستخدم البنزين الخالى من الرصاص كوقود للسيارات لتخفيف تلوث الأغذية والهواء بالرصاص . وفى مصر جارى استخدام الوقود الخالى من الرصاص فى وقود السيارات بدءاً بالمدن الكبيرة . ويتلوث الهواء ومن ثم المياه والمواد الغذائية المكشوفة بالرصاص عن طريق مسابك الرصاص التى قد توجد بالقرب من المناطق السكنية أو حقول محاصيل الغذاء والمجارى المائية .

وحدوث التسمم بوصول الرصاص إلى مجرى الدم يتميز بإحداث أنيميا، وينقل الدم الرصاص إلى الأنسجة المختلفة في الجسم فتحدث لها إتلافاً . وقد يفرز البعض منه خارج الجسم أو يتخزن في الهيكل العظمى . ومعظم حالات التسمم بالرصاص عن طريق الأغذية في السنين الأخيرة كان مرجعها تلوث المياه والهواء .

12-1-2-3 الزنك

هناك حالات من التسمم تحدث عن تلوث المادة الغذائية بنسب عالية من الزنك، والأعراض الشائعة تقتصر على القيء ، ولكن لم تحدث حالات تسمم في الإنسان تزيد في شدتها إلى حد ظهور أعراض أخرى . وأملاح الزنك ذات تأثير مهيج للمعدة . وينقل الزنك للمواد الغذائية عن طريق الأواني الحديدية المجلفنة وأجزاء الآلات التي يلامسها الغذاء .

12-1-2-4 القصدير

يوجد القصدير على حالة آثار في التربة كما توجد آثار منه طبيعياً في أنسجة النبات والحيوان . ولم تعرف له وظيفة بيولوجية . ويعزى أكثر ما يوجد منه في الأغذية إلى ما يذوب منه من الطبقة المبطنة للصفائح عند استعماله في حفظ الأغذية . وعلى الرغم من أن القصدير يوضع ضمن المعادن ذات التأثير السام إلا أنه من الصعب التعرف على حالات يحدث فيها تسمم حاد أو متواصل ينسب للقصدير وحده عن طريق الأغذية المحفوظة في العلب غير المبطنة بمواد صمغية .

12-1-2-5 الزرنيخ

هو معدن ذو أثر سمي شديد ، ويقصد بالزرنيخ هنا ثالث أكسيد الزرنيخ أو أكسيد الزرنيخوز . وعلى الرغم من وجود الزرنيخ في الدم فلا يعرف له أثر في العمليات البيولوجية في الجسم . وأكثر كمية توجد منه في الجسم تكون في الشعر والأظافر فيحتوي الشعر على ما بين 0.3-0.7 جزء في المليون والأظافر على ما بين 1.5-4 جزءاً في المليون ، وتزيد نسبته فيها إذا زاد القدر من الزرنيخ الداخل للجسم ، وتستخدم هذه الظاهرة في التليل على حالات التسمم بالزرنيخ . والزرنيخ الموجود طبيعياً في الجسم قد يكون مصدره الأسماك أو استنشاق التراب ودخان الفحم . والنهية الصغرى من أكسيد الزرنيخوز اللازمة لتسمم الإنسان تتراوح بين 0.8-2.4 ملليجراما لكل كيلوجرام من وزن الجسم . وتستخدم زرنِيخات الرصاص بكثرة في رش الفواكه لمقاومة الحشرات . ويبقى جزء من هذه المواد عالقا بأسطح الثمار ولذلك كان لابد من غسلها قبل عرضها للإستهلاك ، وقد تنتقل الزرنِيخات من الفاكهة إلى منتجاتها وقد تستعمل الزرنِيخات في تعفير الخضر ، وتزيد نسبة الزرنِيخ عادة في

التربة حيث تستخدم الزرنيخات فى الرش والتعفير وبذلك قد تلوث التربة ومواد غذائية أخرى فترفع نسبة الزرنيخ فيها .

12-1-2-6 الأنتيمون

يصل الأنتيمون إلى الأغذية عن طريق الأوعية المطلية بالمينا واللحام والورق المفضض الذى يحتوى على الأنتيمون وحلقات الكاوتشوك وأنابيب الكاوتشوك ومركبات الأنتيمون التى تستخدم كمبيدات للحشرات .

وأولها وهى الأوعية المطلية بالمينا هى أهمها . وتتوقف سمية مركبات الأنتيمون على قابليتها للذوبان وعلى حالتها من حيث التأكسد ، أى تتوقف على ما إذا كانت ثلاثية انكفاء أو رباعيتها . وثالث أكسيد الأنتيمون الذى يستخدم فى صناعة المينا لا يمتص فى القناة الهضمية لعدم قابليته للذوبان . وفى صناعة المينا يتحول ثالث وخامس أكسيد الأنتيمون إلى مينا أنتيمونات الصوديوم . ولا يذوب الأنتيمون فى أحماض الغذاء إلا إذا زالت الطبقة اللامعة للمينا التى تحمى أكسيد الأنتيمون، ويستخدم الأنتيمون فى السبكة التى تصنع منها الأوراق المعدنية القصديرية التى تستخدم فى تغليف الجبن وبذلك تكتسب تلك الصفائح مقاومة للتأكسد وتساعد على اللف أو الشى . وقد يظهر الأنتيمون كصبغة بيضاء أو بنية اللون على سطح الجبن نتيجة لتأكسد وذوبان الصفائح القصديرية ، وكذلك قد تحتوى سبكة اللحام على الأنتيمون فيكون ذلك سبيلا إلى وصوله إلى الغذاء ، ويوجد خماسى سلفيد الأنتيمون كأحد مكونات أنابيب وحلقات الكاوتشوك .

12-1-2-7 الكاديوم

هو أحد المعادن التى تستخدم فى طلاء الأوتى والأدوات ويدخل فى تركيب مواد اللحام ومبيدات الآفات وقد ينتقل إلى الغذاء عن أحد هذه الطرق . والكاديوم هو أحد المعادن ذات التأثير السمى الشديد . وأملاحه تحدث آلاماً شديدة فى المعدة مصحوبة بقاء وسعال وتشبه فى تأثيرها أملاح الزنك إلا أن تأثير الكاديوم يكون أشد . وتخف الحدة بعد القىء الذى يطرد الكاديوم خارج الجسم طالما أن الغذاء لم ينتقل إلى الأمعاء .

12-1-2-8 الألومنيوم

كان المعتقد فى الماضى أن معدن الألومنيوم معدن آمن لا يؤثر على صحة الإنسان حتى فى التركيزات العالية إلا أن الأبحاث العملية الحديثة أثبتت أن للألومنيوم تأثير ضار على الصحة العامة للمستهلك حيث تؤثر الزيادة منه فى الأغذية على كفاءة الكلى ومن ثم يزدى ذلك إلى ارتفاع معدلاته فى الدم والأنسجة فيعيق تمثيل الكالسيوم

والفوسفور ويؤثر على وظائف المخ في الأحوال المتقدمة وهناك تكهنات بعلاقته بما يشبه مرض الزهايمر Alzheimer .

وينتقل الألومنيوم إلى الغذاء عن طريق أوعية الطهي المصنوعة من هذا المعدن والتي شاع استخدامها لهذا الغرض منذ الخمسينات من القرن السابق كبديل لأوعية النحاس المطلي بالقصدير المرتفعة الثمن . كما انتشرت حديثاً رقائق الألومنيوم في تغليف مختلف الأغذية خاصة منتجات الألبان كالجبن المطبوخ ، ويتلوث الغذاء بمعدن الألومنيوم بدرجات متفاوتة تعتمد على نوع الغذاء ومدى إحتوائه على الأحماض والأملاح التي تساعد على إذابة المعدن في الغذاء . ودرجة الحرارة ومدى بقاء الغذاء في الأوعية من العوامل التي تساعد على سرعة إذابة المعدن ومن ثم درجة تلوث الغذاء بهذا المعدن . وينصح عند طهي الطعام في أوعية من الألومنيوم أن تنقل إلى أوعية غير معدنية بمجرد الإنتهاء من عملية الطهي وعدم تحضير أو تخزين الأغذية الحامضية كعصير الفاكهة أو الطماطم أو السلطة في أوعية ألومنيوم . والمفضل أن يكون الطهي في أوعية من الحديد غير القابل للصدأ . وحتى هذا لا يجب تخزين الغذاء به .

12-1-3 التلوث بمتبقيات مبيدات الآفات

بدأ تنافس الإنسان والآفات على الغذاء منذ ظهور البشرية على وجه الأرض، إلا أنه كان تنافساً محدوداً نظراً لإتساع الأرض ووفرة الغذاء . فكان الإنسان يزرع ويستهلك غذاءه بنفسه وكان يعتمد على المقاومة اليدوية في تخليص غذائه من الإصابات المحدودة للآفات . ولكن بتقدم الزمن وزيادة عدد السكان وكثافتهم وبالتالي زيادة المحاصيل الغذائية وتنوعها بدأ الإنسان يشعر بالمنافسة الحقيقية له في غذائه من الآفات . ومنذ ذلك الحين والإنسان في صراع متزايد مع هذه الآفات هدفه القضاء عليها أو الحد من أضرارها وانتشارها لصون غذائه منها فاستنبت الوسائل المختلفة لمكافحة الآفات وتفنن في تطويرها . إلا أن التاريخ قد أثبت تزايد الفاقد من المحاصيل الزراعية والغذائية عاما بعد عام بفعل الآفات رغم تطوير وتكثيف وسائل المكافحة حتى أنه يقدر الفاقد الحالي في الغذاء في بعض دول الشرق الأدنى بسبب الإصابة بالآفات المختلفة بأكثر من 24% رغم إتباع مختلف الطرق المتجددة لمقاومتها .

وقد بدأ الصراع المتزايد بين الإنسان والآفات فيما يتعلق بالغذاء منذ بداية الثورة الصناعية ونمو التجارة المحلية والدولية في الأغذية ، حيث أدى تركز إنتاج محاصيل الغذاء إلى خلق مخاطر كامنة بسبب الإنتشار السريع للأمراض وآفات

المحاصيل مما أدى إلى إستنباط طرق أكثر فاعلية للسيطرة الجماعية السريعة على هذه الأمراض والآفات وهى إستعمال المبيدات الكيماوية التى أصبحت الآن وسائل ضرورية لإنقاذ المحاصيل الزراعية الغذائية من الآفات وتقليل الفاقد أثناء التخزين أو النقل أو التسويق . وكانت الصين من أوائل الدول التى استخدمت المبيدات الكيماوية فى مقاومة الآفات وذلك فى بداية القرن التاسع عشر . وكان كبريتيت الزرنيخ هو أول المبيدات المستخدمة فى مكافحة الآفات حتى القرن العشرين . ونشطت بعد ذلك الأبحاث المؤدية إلى إستنباط مركبات أخرى غير عضوية لمقاومة الآفات الفطرية والحشرية . وكانت أهم المجموعات الفعالة بها هى الأنثيمون - البورون - النحاس - الفلورين - المنجنيز - الزئبق - الكبريت - الزنك . وقد تبين ضعف هذه المركبات فى الحد من تكاثر ونمو الحشرات بما يتناسب مع التوسع الزراعى الضخم فى إنتاج محاصيل الغذاء كما عرف عنها أنها تلوث التربة لمدة طويلة .

وقد نشطت الأبحاث بعد ذلك لاستنباط مركبات عضوية فعالة وكان ظهور مركب الـ D.D.T. فى الأربعينات من القرن الماضى بمثابة إيذاناً ببدء عصر جديد للسيطرة الجماعية الفعالة على الحشرات حيث تعددت أنواع المبيدات وتبوعت طرق استخدامها بدءاً بمعالجة البذور قبل الزراعة إلى المقاومة بالمخازن ماراً بمعالجة التربة والآفات مباشرة على الأشجار والمحاصيل ، كما تطورت طرق المقاومة واستخدمت الطائرات فى رش المحاصيل الزراعية . هذا بالإضافة إلى استخدامها فى مقاومة الحشرات المنزلية والطبية إما بالرش أو التعفير وفى إضافتها لطلاء الحوائط .

وقد أدى هذا التطور فى استخدام المبيدات الكيماوية العضوية فى مقاومة الآفات إلى إدخال هذه الكيماويات بطريقة غير مباشرة إلى البيئة التى نعيش فيها وتسربت متبقياتهما إلى جسم الإنسان فزاد حمله فى الدم من متبقياتهما الموجودة فى الأغذية والبيئة وانعكس آثار ذلك كله على الصحة العامة والمجتمع .

ومنذ إكتشاف علاقة متبقيات المبيدات العضوية فى الغذاء والبيئة بالأمراض الخبيثة فى الستينات وخاصة لمركب الـ D.D.T. أصبح شغل الإنسان الشاغل هو استنباط المركبات العضوية الفعالة فى السيطرة الجماعية على الآفات مع ثبات تركيبها ومفعولها لمدة مناسبة وعدم اكتساب الآفات مناعة ضدها ولا تضر فى نفس الوقت بصحة الإنسان .

ويوجد الآن ثلاثة مجموعات من مبيدات الآفات المعروفة هى :

1- مجموعة المركبات غير العضوية وأهمها كبريتات النحاس وأوكسي كلورور النحاس.

2- مجموعة مركبات البيريثريونات . وأهمها ربيكود 962 (Ruy 962) وسوميسيدين 52 (CCN52) . وهى ذات تركيب معقد بمقارنتها بالمركبات غير العضوية ولكنها شديدة الفعالية على كثير من الإناث الحشرية مما يسمح باستخدامها بتركيزات صغيرة جدا ومن مميزاتها ضعف تأثيرها على الثدييات .

3- مجموعة المركبات العضوية وتنقسم إلى :

- أ- المركبات الكلورينية كالاندرين - الكاروردين - الكالئين .
- ب- المركبات الفوسفورية كالنوفاكرون - ميثايل براثيون - ديموثويت - دورسبانه - سيولين - ميثايل إينثيل جوزاثيون - ستروولين - كوراكرون - ملانثيون .
- ج- المركبات الكربمائية مثل تميك - سيفين - لانيت .

وتتفاوت المبيدات المختلفة فى مدى بقائها أو ثباتها فوق الأسطح المعاملة بها، فقد تكون سريعة الإختفاء أو التحلل بتأثير الرطوبة أو ضوء الشمس أو الهواء، أو قد تكون ثابتة نسبيا وذات أثر متبقى residual effect فى النباتات يمتد لعدة أسابيع. وتختلف العوامل المؤثرة على ثبات المبيد بعوامل عدة أهمها :

- 1- خواص المبيد الطبيعية والكيمائية والبيولوجية ممثلة فى ضغطه البخارى وبالتالى سرعة تبخره ومدى تحلله الكيمائى بفعل العوامل الجوية أو تحلله البيولوجى أثناء عمليات التمثيل الغذائى للنبات .
- 2- طريقة وعدد مرات استخدام المبيد لنفس النبات ومقدار الجرعة .
- 3- نوع المحصول النباتى المعامل وحالته من حيث طبيعة السطح وعمر المحصول ومعدل النمو والمعاملات فيما بعد الحصاد من تنظيف أو تقشير أو غسل وغيره .
- 4- عوامل متعلقة بالمناخ من ضوء وحرارة ورياح .

وتشترك معظم المبيدات العضوية والكلورينية منها على الأخص بقدرتها على التحرك تحت سطح نسيج النبات الذى تمت معاملته بالمبيد وهو ما يسمى بالمتبقى النافذ penetratal residue ، وبعضها يمكنه الانتقال من مكان التطبيق إلى أماكن أخرى فى النبات ، وهو ما يسمى بالمتبقى الجهازى systemic residue . والبعض الآخر ليس له القدرة على الإرتباط بسطح التربة ومن ثم بالنبات ويصعب إزالته بطرق الإستخلاص العادية . وهناك مبيدات لها خاصية التراكم فى أنسجة النبات . وبعض هذه المبيدات وخاصة الفوسفورية ما يمكن تحللها داخل أنسجة النبات . ويفضل دائما مقاومة الآفات بمحاصيل الخضر بالمبيدات التى تتحلل بسرعة فى غضون أيام ولا

يبقى منها أى أثر فيما بعد فى ألسنة الذئب إلا ما قل . وصنفة عامة ينصح بعدم جمع المحصول المعامل بالمبيدات لتحديدية إلا بعد أسبوعين على الأقل من أحر معاملة بالمبيدات العضوية .

وكم أن للمبيدات الحد ، تأثير قاتل بالنسبة للآفات فإن متبقياتهما فى الغذاء تحقق أكر العسرر والأذى بالإسـس حتى إذا تناولها بكميات صيلة ولكن على المدى الطول .

وقد ثبت فعلا أن بعض هذه المتبقيات يؤدى إلى ظهور الأمراض الخبيثة وتشوهات الخلفة والجنين إذا ما زادت متبقياتهما عن حدود معينة . ويتعرض الإنسان لتأثير هذه المتبقيات إما مباشرة عن طريق تناول الغذاء الذى عومل مباشرة بالمبيد أو عن طريق غير مباشر بتناول لأغذية الحيوانية والدواجن ومنتجاتها الناتجة من حيوانات أو دواجن تغذت على أعلاف أو أعشاب ملوثة بالمبيدات ، حيث نظراً لذوبانها فى الدهون ومذبيباتها فإنها تتركز فى الدهون والألبان والبيض ومنتجاتها حيث يتناولها الإنسان .

ونظراً لخطورة هذه المتبقيات فى غذاء الإنسان والحيوان فقد اهتمت معظم الدول المتقدمة بحظر استخدام مبيدات معينة ، وحددت التركيز المأمون المسموح بوجوده فى الأنسجة النباتية والحيوانية الصالحة لتغذية الإنسان وكذا الأعلاف لمبيدات أخرى، بحيث لا يصرح بتداول أو تصنيع أو بيع أى غذاء إذا ما زاد المتبقى من المبيد عن الحدود القصوى المسموح بها . وتعرف أكبر كمية للمتبقى من المبيد المسموح به فى الغذاء بالحد المسموح tolerance الأقصى ويختلف هذا الحد باختلاف نوع الغذاء ونوع المبيد ودرجة سميته .

وعلى المستوى الدولى تقوم اللجنة المشتركة لخبراء منظمى الأمم المتحدة للأغذية والزراعة والصحة العالمية لمتبقيات مبيدات الآفات فى الأغذية المنبثقة عن هيئة دستور الأغذية بتحديد المبيدات التى يجوز استخدامها فى مقاومة الآفات بالمحاصيل الغذائية ووضع الحدود القصوى المسموحة tolerance لمتبقياتهما فى الأغذية المختلفة بناء على نتائج الأبحاث الكيماوية والبيولوجية . وقد أصدرت اللجنة قائمة بجميع المبيدات التى يجوز استخدامها والحدود القصوى لمتبقياتهما فى الأغذية المختلفة . وقد استبعدت من هذه القائمة جميع المبيدات التى كانت تستخدم فى الماضى وأثبتت الأبحاث ضررها بالنسبة للإنسان وأهمها الـ D.D.T . وتعتبر هذه القائمة مرشداً بالغ الأهمية لجميع الدول وخاصة تلك الدول التى ليس لها تشريعات فى هذا المجال والدول المهتمة بالتجارة الدولية فى الأغذية .

12-1-4 التلوث بمضافات الأغذية الضارة أو غير النقية

يقصد بالمواد المضافة للأغذية بالمادة أو مخلوط المواد - غير المواد الغذائية الأساسية التي قد تضاف إلى الغذاء أثناء الإنتاج أو التصنيع أو التخزين أو التغليف وتبقى في الناتج النهائي . ولا يتضمن المعنى ما قد يضاف لتحسين القيمة الغذائية كفيتامينات والأملاح المعدنية أو المواد الملونة - كمتبقيات مبيدات الآفات أثناء الإنتاج أو التخزين أو الملونات المعدنية أثناء التصنيع .

فجانب طرق الحفظ التقليدية المعروفة وهي المعاملة بالحرارة العالية أو بالتبريد أو التجميد أو بالتجفيف ظهرت في العصر الحديث حتمية استخدام مضافات الأغذية الكيماوية أو الطبيعية بغرض إطالة فترة قابلية الغذاء للحفظ ليتسنى نقله أو تسويقه أو تخزينه لحين استهلاكه ، أو لتحسين مظهره أو طعمه أو رائحته ، أو لكي يستعيب بعض خواصه المفقودة كلياً أو جزئياً ، أو المحتمل فقدانها ، أثناء فترة التصنيع أو النقل أو التسويق أو التخزين ضمناً لتقليل المستهلك له .

وحيث أن مثل هذه المواد المضافة قد تضر بصحة المستهلك إذا زادت مستوياتها في الغذاء عن حدود معينة ، أو كانت غير نقية وتحتوى على ملوثات معدنية ضارة ، أو كانت تضاف إلى غذاء ما بقصد إخفاء عيب معين به ، فهناك قواعد وضوابط مختلفة لاستخدام مضافات الأغذية تتضمنها تشريعات الرقابة على الأغذية لكثير من الدول ، وهي في كثير من الأحيان لاتعتمد على تقييم معين يتعلق بالصحة العامة علاوة على أنها غير متكاملة أو متطابقة مما يؤثر بصفة مباشرة على صحة المستهلك وعلى انسياب التجارة الدولية في الأغذية .

وعلى المستوى الدولي تقوم اللجنة المشتركة لخبراء منظمى الأمم المتحدة للأغذية والزراعة والصحة العالمية لمضافات الأغذية التابعة لهيئة دستور الأغذية Codex Alimentarius Commission بتقييم سلامة مضافات الاغذية التي يجوز استخدامها في تصنيع وحفظ الاغذية بناء على نتائج الابحاث التي تكلف بها كثير من معاهد الابحاث فى دول العالم وتوصى باستخدام مواد معينة دون غيرها ، وتحدد الاغذية التي يجوز استخدام هذه المواد فى تصنيعها أو حفظها ودرجة نقاوة هذه المواد. وتوجد الآن قائمة بجميع المواد التي يجوز إضافتها إلى الأغذية ومستوياتها القصوى فى الاغذية المختلفة المعدة للاستهلاك ودرجة نقاوتها والحدود القصوى المقبولة فى نعاضيها يومياً مع الغذاء كمضاف (ADI) acceptable daily intake منسوبة إلى وزن الجسم وروعى فى هذه الحدود القصوى المقبولة أن الانسان يتناول يومياً أكثر من مادة مضافة مع الغذاء على مدى حياته فى الأعمار المختلفة . فمثلاً الكمية

المسموح بها يوميا ADI لبنزوات الصوديوم هي 5 مجم/يوم/ كجم من وزن الجسم
أى 350 مجم يوميا للشخص الذى يزن 70 كجم .

وقد استبعدت من هذه القائمة جميع المواد التى كانت تستخدم فى الماضى
واثبتت الابحاث ضررها بالنسبة للمستهلك خاصة تلك المسببة للأمراض الخبيثة أو
تشوهات الجنين teratogenic ، وتراجع هذه القائمة دوريا كلما استدعت الظروف
ذلك . ولا يجوز استخدام أية مادة فى أية عملية تحضير أو تصنيع أو توزيع أى غذاء
معد للبيع أو الإستهلاك ما لم تكن هذه المادة مدرجة ضمن المواد المسموح بإضافتها.
إلا انه يجوز بناءً على طلب الحكومات الأعضاء بحث إدراج أية مادة إضافية لهذه
القوائم لضرورتها التكنولوجية . وتعتبر هذه القوائم مرشدا لجميع الدول وخاصة تلك
الدول التى ليس لها تشريعات خاصة بها فى هذا المجال أو الدول المهتمة بالتجارة
الدولية فى الاغذية .

وعادة ترسل الى الحكومات الاعضاء المواصفات التى يتم اعدادها لهذه
المضافات ومناقشتها والموافقة عليها فى صورتها النهائية فى اجتماعات الكودكسى
وعلى للحكومات الاعضاء قبولها بأحد طرق القبول المبينة فيما بعد تحت عنوان هيئة
دستور الاغذية بالبواب الرابع والعشرين .

وتقسم عادة مضافات الاغذية الى مجموعات كما يلى :

12-1-4-1 المواد الملونة

فلمعظم الاغذية فى حالتها الخام اللون مميز طبيعى مقبولة أو مرغوبة لدى
المستهلك ، واذا ماتغير أو تهدم هذا اللون اثناء عمليات التصنيع أو الحفظ أو التخزين،
أو اكتسب الغذاء لونا غير مرغوب فيه يضاف عادة للغذاء مواد ملونة معينة حتى يبدو
الغذاء وكأنه محتفظا بلونه الطبيعى الاصلى المرغوب .

كما قد تضاف المواد الملونة لتحسين مظهر الغذاء المحفوظ بدرجة تضمن
تقبل المستهلك له ، أو الحفاظ على لون متجانس على مدار السنة بالنسبة للاغذية التى
يتغير فيها كثافة اللون بتغير المكان أو الموسم الزراعى ، كما هو الحال فى الزبد
الطبيعى الذى يضاف اليه الأناتو *Annato (Bixa orellana L.)* ، وهى مادة نباتية
ملونة طبيعية ، لتجعل لون الزبد متجانسا على مدار السنة نظرا لأن لون الزبد
الطبيعى يكون باهتا فى موسم الصيف لشحه العلائق الخضراء . إلا ان المواد الملونة
قد تستخدم كذلك لاطهار الغذاء بخلاف الحقيقة فى صورة طازجة تعود عليها المستهلك
وربطها بنكهة الغذاء فتعتبر بذلك وسيلة لخداع المشتري وهى وسيلة مرفوضة وغير
مشروعة .

ويجب الأخذ في الإعتبار ان المواد غير المخصصة لتلوين الاغذية كأصباغ الأقمشة مثلا تحوى آثارا من المعادن السامة كالزرنيخ والنحاس والرصاص ، فهي بذلك فى غاية السمية اذا ما استخدمت فى تلوين الاغذية . ويشترط فى المواد الملونة المستخدمة فى تلوين الغذاء ألا تحتوى أكثر من 3 جزء فى المليون من الزرنيخ ولا أكثر من 10 جزء فى المليون من الرصاص ولا تحتوى أكسيد الحديد واللاكات على ما مجموعه أكثر من 100 جزء فى المليون من الحديد أو النحاس .

كما يشترط ألا تحتوى الأغذية المضاف إليها ملونات صناعية فى الصورة المعدة للإستهلاك أكثر من 300 جزء فى المليون من :

- الانديجوتين indigotine
- الترترازين tartrazine
- أصفر غروب الشمس ف ج ف sunset yellow FCF
- الكرموازين carmoisine
- أو أى مزيج من هذه المواد الملونة .

كما يشترط الا تحتوى اكثر من 100 جزء فى المليون من :

- الازرق اللامع ف ج ف brilliant blue
- الارينثوسين erythrosine BS
- البونسو 4 ر ponceau 4R

وإذا استعملت مخاليط من هذه المواد الملونة الصناعية فيجب ألا يحتوى الغذاء فى الصورة المعدة للاستهلاك اكثر من 300 جزء فى المليون .

وعند استخدام بيتا أبو كاروتينات الايثايل أو الميثايل ethyl or methyl β - apo 8-carotenate يجب ألا يتعدى تركيزه فى الغذاء أكثر من 35 جزء فى المليون.

كما تشترط معظم اللوائح الغذائية عدم إضافة أية مواد ملونة لمجموعات المواد الغذائية الآتية :

اللحوم الطازجة - الدواجن - السمك - القشدة - الجبن - الشاى أو خلاصته - البن -الحليب السائل أو المكثف أو المجفف .

12-1-4-2 المواد الحافظة

هناك العديد من المواد الحافظة التي تضاف الى الاغذية بغرض تثبيط أو تأخير أو منع نمو الأحياء الدقيقة المسببة لفساد الاغذية ، وعادة تنظم اللوائح طرق استخدامها في الغذاء بما في ذلك درجة نقاوتها وتركيزاتها القصوى في الغذاء ، كما تحرم استخدام مواد حافظة اخرى ثبت ضررها لصحة المستهلك . وتوجب معظم التشريعات الخاصة بالرقابة على الاغذية احتواء بطاقة العبوات بما يفيد استخدام المواد الحافظة .

ويعتبر غاز ثاني اكسيد الكبريت والبنزوات والبروبونات وحامض السوربيك وأملاحهم النقية من بين المواد الحافظة التي استخدمت ولا زالت تستخدم في حفظ الاغذية منذ مدة طويلة وثبت عدم اضرارها بصحة المستهلك ، فثاني اكسيد الكبريت يتحول في الغذاء الى حامض الكبريتوز الذى يثبط نمو الفطر والخميرة والبكتريا الهوائية كما انه يمنع اسوداد المادة الغذائية المحفوظة كالفواكه والخضر لفعله المضاد لعمل الانزيمات المؤكسدة كما انه يساعد على حماية فيتامين ج من الاكسدة الا أنه يؤثر على بعض افراد فيتامينات ب المركب وخاصة فيتامين ب₁ ولذلك لا يسمح بإضافته للحوم. كما ان كثرتة في الغذاء قد تؤدي عند بعض الاشخاص الى الشعور بالصداع والرغبة فى القيء والاسهال والحساسية بصفة عامة خاصة بالنسبة للاشخاص الذين يعانون من حالات ضيق التنفس asthma والكمية المسموح بها يوميا فى الغذاء (ADI) هي 0.7 مجم/ كيلوجرام من وزن الجسم فى اليوم اى مايعادل 0.49 مجم/كجم للشخص البالغ فى اليوم .

والبديل المناسب لثاني اكسيد الكبريت كمادة حافظة هو حامض السوربيك كمادة مانعة لنمو الاحياء الدقيقة وحامض الاسكوريك كمادة مانعة للاكسدة . ويتميز حامض السوربيك واملاحه -كمادة حافظة للعديد من الاغذية -بأمانه التام فالكمية المسموح بها يوميا فى الغذاء ADI هي 0.5 مجم/كجم من وزن الجسم فى اليوم وهو يشبه فى تركيبه الاحماض الدهنية قصيرة السلسلة ويمثل داخل الجسم كحامض دهنى . كمادة حافظة هو شديد الفعالية ضد الخميرة والفطر فى الجبن ولا يؤثر فى نفس الوقت على بكتريا حامض اللاكتيك النافعة . وهو يستخدم كذلك فى حفظ العصائر والخببز ومنتجات الدهون والالبان والمخللات . وهو فعال بصفة خاصة فى تثبيط نمو الفطريات المنتجة للسموم . وهو شديد الفعالية فى الوسط المتعادل على عكس البنزوات التى تعمل فى الوسط الحامضى . وعيبه الوحيد هو ارتفاع ثمنه بمقارنته بالبنزوات أو

ثانى اكسيد الكبريت . ولحامض البنزويك تأثير مثبط كذلك لنمو الخميرة والفطر ولكن عند رقم حموضة منخفض $pH = 2.5 - 4.0$. ويستخدم عادة فى حفظ المشروبات غير الكحولية . وهو اقل فاعلية اذا ما قورن بغاز ثانى اكسيد الكبريت . وتبلغ الكمية المسموح بها يوميا ADI 0.5 مجم/كيلو جرام من وزن الجسم فى اليوم .

ويستخدم حامض البروبيونيك واملاحه فى الخبير ومنتجات الدقيق والبونج لتثبيط نمو الفطر ومقاومة الفساد الخيطى الناشئ عن نمو *Basillus mesentericus* . وهو يعتبر حامض عضوى طبيعى آمن والكمية المسموح بها يوميا ADI هى 0.25 مجم/كيلوجرام فى اليوم . وهو يستخدم فى كثير من الدول حيث يضاف للدقيق بنسبة 0.1% فى صورة املاح كالسيوم الا انه لم يصرح به حتى الآن كمادة حافظة فى بعض دول الشرق الأوسط ومنها مصر .

وألاح النترات والنيتريت وكلوريد الصوديوم تستخدم خاصة فى معالجة اللحوم . وللنترت قوة حفظ كبيرة عن النترات وأهم خاصية لهما هو فعلهما المثبط لنمو بكتريا الكلوسترديوم بوتولينم *Clostridium botulinum* فى الاغذية المعالجة كما انهما يعطيان الاغذية (اللحوم) لونا وطعما مميزين . ولا تزال الدراسة جارية بخصوص استخدام هذين الملحين . فقد ثبت انهما يكونان فى الغذاء مركبات غاية فى السمية هى النتروزامينات nitrosamines والتي تتكون من تفاعل النترات مع الامينات الثانوية الموجودة فى اللحوم والأغذية الاخرى . ويمكن لهذا التفاعل ان يتم كذلك فى الامعاء واثناء على وتحمير اللحوم وفى معالجة اللحوم لعمل البسطرمة والسجق خاصة عند الاسراف فى استخدام النترت فى المعالجة . وفى صناعة البسطرمة تعالج اللحوم بمخلوط ملحي مكون من ملح الطعام والنترات والنترت ويسمى "بملح البارود" . ويجب عدم الاسراف فى استخدام هذا المخلوط فى المعالجة بما لا يتصح به الممارسات التصنيعية السليمة حتى لا يزيد المتبقى من النترت أو النترات عن الحدود القصوى التى تضعها التشريعات الغذائية وهى فى حدود 200 جزء فى المليون .

والفورمالدهيد هو من المواد الحافظة الضارة والتي لا يجوز مطلقا استخدامها كمادة حافظة ، الا انه مع ذلك قد تستخدم فى حفظ الألبان كغيرها من المواد الضارة وذلك بالمخالفة للتشريعات أو الممارسات الصحية السليمة . كما ان كلا من احماض الساليساليك والبوريك وحامض الديهيدروخليك كلها مواد تضر بصحة الانسان ولا يجوز استخدامها كمادة حافظة لغذاء الانسان .

12-1-4-3 المواد المانعة للاكسدة

وهى مواد لها القدرة على تأخير أو منع التزنخ أو تدهور الطعم أو الرائحة فى الاغذية والنتاج عن الاكسدة وخاصة فيما يتعلق بالزيوت والدهون وتتضمن المواد المانعة للاكسدة التى ثبت عدم اضرارها بصحة المستهلك الجالات-(بروباييل، أوكتايل، دوديكايل جلالت)، هيدروكسيد الانيسول البيوتيليتى butylated hydroxy-anisole (BHA) وهيدروكسى التولوين البيوتيليتى butylated hydroxy-toluene (BHT) وحامض الأيزواسكوربيك وحامض الفوسفوريك وبالميتات الاسكوبايل ascorbyle palmitate وحامض الاسكوربيك واملاح الصوديوم والكالسيوم وفيتامين نى أو الألفاتوكوفيرول α -tocopherole ويسمح باستخدام BHT & BHA فى منتجات البطاطس المجففة .

والكمية المسموح بها ADI لكل من هذه المواد المانعة للاكسدة هى 2.0 مجم لكل من BHT & BHA ، 0.5 مجم للحالات ، 1.25 مجم لأيزو وحامض الاسكوربيك & 70.0 مجم لحامض الفوسفوريك وكلها منسوبة الى كل كيلوجرام من وزن الجسم فى اليوم . كما وضعت حدود قصوى مسموح بها ADI لبعض المواد الطبيعية فهى 1.25 مجم لبالميتات الاسكوبايل و 2.0 مجم لفيتامين نى α -Tocopherole لكل كيلوجرام من وزن الجسم فى اليوم . ولم توضع حدود قصوى مقبولة ADI لحامض الاسكوربيك (فيتامين C) وحامض الستريك .

وكثيرا ما يستخدم مخلوط من المواد المانعة للاكسدة حيث انها مجتمعة يكون لها تأثير اكبر فاعلية ، كما ان المواد المانعة للاكسدة يمكن ان تستخدم فى مواد التعبئة أو التغليف بدلا من استخدامها فى الغذاء نفسه ، مثل مواد التغليف المطلية بالشمع . إلا انه يجب ملاحظة ان هذه المواد يجب عدم استخدامها فى أغذية الاطفال وتحظر معظم التشريعات الغذائية استخدامها فى هذا الغرض .

وقد استخدمت مادة tertiary-butyl-hydro-quinone (TBHQ) فى حفظ زيت فول الصويا وحمايته من الاكسدة . وهى شائعة الاستخدام فى دول أوروبا وامريكا الا انه لم يصرح باستخدامها حتى الآن فى دول الشرق الأوسط .

12-1-4-4 المذيبات

وتستخدم فى مزج مواد النكهة فى الاغذية وفى اذابة المواد الخام وفى تخفيف المركبات والمستخلصات الزيتية - ونظرا لاحتمال وجود التأثيرات السامة لمبتقياتنا فى الغذاء فتتضمن معظم التشريعات الغذائية الاحتياطات اللازمة المتعلقة باستخدامها. ومن بين المذيبات غير المسموح باستخدامها فى الغذاء الجليكول ثنائى الايثيلين

diethylene glycol وسترات الإيثايل ethyl citrate والإثير أحادى الإيثايل mono-ethyl ether ولايسمح باستخدام كحول الإيثايل كمذيب أو غير ذلك فى معظم الدول العربية والاسلامية .

12-1-4-5 المواد المنكهة ومحسنات الطعم

تكون المواد المكسبة لتلكهة اكبر واقدم مجموعة من مضافات الاغذية والننى لا تخضع لاية لوائح الا فيما قل ، وتتضمن هذه المجموعة المنكهات الطبيعية والصناعية . ومن بين المنكهات غير المصرح باستخدامها لضررها بالنسبة للانسان فول التونكا tonca beans والسافرول safrole . وتستخدم جلوتامات أحادى الصوديوم monosodium glutamate (MSG) بكثرة فى الشرق الاقصى وتستخدم فى أوروبا وأمريكا بقله . والغرض من إضافتها للغذاء هو تحسين طعم الأغذية المحتوية على اللحوم والبقوليات وكذا فى الشوربة . وهى لا زالت غير معروفة ولم يصرح باستخدامها فى دول الشرق الأوسط والكمية المسموح بها ADI هى 120.0 مجم / لكل كيلو من وزن الجسم / اليوم . وتعاطى كميات كبيرة منها يسبب أعراضاً تبدأ بسرعة ضربات القلب والشعور بالضعف والصداع وتزول بعد بضعة ساعات . كما أن المالتول maltol قد يضاف إلى المشروبات والمرببات والحلويات لتحسين طعمها والكمية المسموح بها يوميا ADI هى 1.0 مجم / كيلو من وزن الجسم/ اليوم. هذا بالإضافة إلى مركبات النكهة الصناعية fragrants أو artificial flavours وهى شائعة الإستعمال فى الدول النامية لرخصتها عن المنكهات الطبيعية . ولو أن استخدامها لم يقن فى مثل هذه الدول كما لم يوضع لها مستويات مسموح بها ADI فى البلاد المتقدمة . ومن أمثلة هذه المركبات إيثايل الفانيلين Ethylvanilin الذى يعطى رائحة الفانيليا وبيتا نفتايل ميثايل كيتون β -naphthylmethyl keton الذى يعطى رائحة الفاكهة وبيرونائيل أيزوبيوتيرات piperonylisobutyrate الذى يعطى رائحة الفاكهة وخاصة الشليك .

12-1-4-6 المحليات عديمة القيمة الغذائية

وهى مركبات شديدة الحلاوة بمقارنتها بالسكريات الطبيعية ولكنها لاتعطى طاقة وتستخدم كبديل للسكريات الطبيعية فى الأغذية والأغذية الخاصة بمرضى السكر . وعادة تحدد التشريعات استخدام هذه المواد فى الأغذية التى توصف بأنها مختزلة أو منخفضة السرعات الحرارية .

ويعتبر السكرين saccharin أقدم هذه المركبات فقد حضر فى المعمل عام 1869 وما زال يستخدم حتى الآن . ويتميز بأن درجة حلاوته تعادل 300 ضعف حلاوة السكروز . وهو يتحمل ظروف التصنيع الغذائى وعبه الوحيد أنه يترك طعم

جانبي بعد تناول محاليله after taste والكمية المسموح بها يوميا هي 2.5 مجم/ كيلوجرام من وزن الجسم /اليوم . وحديثا أثبتت شكوك على مدى أمان استخدامه . إلا أن تشريعات الأغذية في جميع الدول تقريبا تبيح استخدامه وبعض الدول (أمريكا) تشترط كتابة تحذيراً على عبواته تفيد أن السكرين قد يكون ضار بالصحة .

والمركب الثنائي هو السكلامات cyclamate وقد حضر عام 1937 وسمح باستخدامه ثم أظهرت الأبحاث شكوكا في مدى أمانه فمنع استخدامه وتداوله في الولايات المتحدة عام 1970 وبعض الدول الأوروبية ومعظم الدول النامية . ويتميز بأنه لا يعطى طعم جانبي after taste ويتحملة المعاملات الحرارية إلا أن درجة حلاوته تعادل 30 ضعف فقط للسكروز . والحدود القصوى لاستخدامه هي 11.0 مجم/كيلو من وزن الجسم/اليوم .

والدولسين dulcin من المحليات عديمة القيمة الغذائية وكان يستخدم في الماضي ومنع تداوله لتأثيراته الضارة على الصحة العامة .

ويوجد الآن مركبان حديثان يسمح بتداولهما على المستوى العالمي هما الأسبرتام aspartame الأمريكي والأسيسلفام acesulfame الألماني وكلاهما درجة حلاوته تعادل حوالي 100 ضعف للسكروز . ويتميز الأسبرتام بعدم وجود طعم جانبي له after taste وعيبه عدم تحمله للظروف الحرارية في التصنيع الغذائي . وهناك تحفظ من جهة الأطباء بالنسبة لمرضى السكر المصابون بالتهاب الكبد نظراً لاحتوائه على حامض أميني . وتبلغ الكمية المسموح بها ADI مقدار 40.0 مجم /كيلوجرام/من وزن الجسم / اليوم . أما الأسيسلفام يو -acesulfam-K- فله طعم جانبي خفيف mild after taste ولكنه يتحمل ظروف التصنيع الغذائي . والكمية المسموح بها يوميا ADI تعادل 9.0 مجم/كيلوجرام من وزن الجسم/اليوم .

12-1-4-7 المضادات الحيوية

وهي غير مسموح باستخدامها كمواد حافظة في معظم الدول إلا في حالات إستثنائية معينة . فمثلا يسمح بإضافة النيسين للجبن (وهو موجود طبيعيا في الجبن) كمادة حافظة ضد نمو البكتريا المحبة للحرارة والمكونة للجراثيم وكذلك الكلوستريديوم حيث أن هذه البكتريا تتكاثر في الجبن وينتج عنها غازات تؤدي إلى إنتفاخ العلب . ويهدم النيسين في الجسم بواسطة العصارات المعوية ويصبح غير ضار للإنسان . ولهذا فإنه يسمح باستخدام هذا المضاد الحيوى في الجبن والكريمة والمعلبات التي لا تتعدى رقم الحموضة بها $pH = 4.5$ أو التي عوملت بالحرارة غير الكافية

لهلاك الكلوستريديوم بوتولينم . ولا يسمح باستخدام البيمارسين pimaricin فى معظم الدول بسبب استخدامه كمضاد حيوى فى علاج الإنسان .

12-1-4-8 المواد المستحلبة والمثبتة للقوام

المواد المستحلبة هى عبارة عن مواد تساعد فى عملية إمتزاج مادتين أو أكثر غير قابلتين للإمتزاج عن طريق توزيع إحداهما فى الآخر توزيعاً متجانساً فى صورة حبيبات ميكروسكوبية فى حين أن المواد المثبتة للقوام عبارة عن مواد تحافظ على التوزيع المتجانس لحبيبات المزيج . وهذه المواد كثيرة ولها استخدامات واسعة وتكون تقريباً 25% من مضافات الأغذية عامة . فهى تثبت قوام المنتج الغذائى وتمنع انفصال مكوناته المختلفة وتتضمن المواد المستحلبة والمثبتة للقوام مواد طبيعية كالصمغ والسليولوز والأجار وغيرها بالإضافة إلى بعض المركبات المصنعة .

12-1-4-9 المواد المثبطة لنمو الفطريات فيما بعد الحصاد

ومن أمثلتها الأرتوفينايل فينول *o-phenyl phenol* وثنائى الفينايل *diphenyl* واستخدامهما الوحيد فى الأغذية هو فى حفظ ثمار الموالح . ويوجد ثلاثة مركبات أخرى تستخدم بصورة أقل هى الثيوبندازول *thiobendazole* والبينومايل *benomyl* والكربندازيم *carbendazim* . ففى حالة الأول (الأرتوفينايل فينول) مثلاً تغمر الثمار فى محلول مائى منه يحتوى على 0.5-2% على درجة حرارة 30-35°م لمدة 30-60 ثانية . وبسبب فاعلية الأرتوفينايل فينول أكثر فى الوسط القلوى فتضاف الصودا الكاوية بتركيز 0.4% إلى محلول النقع لضبط درجة الحموضة إلى 11.7 كما يضاف 1% سداسى الميثيلين تترامين *hexamethylene tetramin* لمنع تلون قشرة الثمار باللون البنى . وبعد المعاملة تغسل الثمار بالماء النقى . وبالرغم من ذلك يبقى فقط آثار بالمليجرامات من الأرتوفينايل على القشرة التى قد تمتد إلى داخل الألبيدو *albedo* - أما ثنائى الفينايل فغالبا ما تعامل به مواد التعبئة (كورق تغليف الثمار أو الأوراق الوسطية أو العلب الخشب أو الكرتون) وذلك بنسبة 1-5 جم/متر مربع . وبظرا لارتفاع الضغط البخارى لمركب ثنائى الفينايل فإنه يتبخر فى الجو المحيط بالثمار وبين مواد التعبئة ويرتبط جزء منه بقشور الثمار ، ونادراً ما يزيد الكمية المتبقية على أسطح الثمار المعاملة عن 50 مجم/كيلوجرام . وتسمح معظم الدول (وكذا الكودكس) فى تشريعاتها الغذائية استخدام هذه المواد وتحدد مستويات قصوى لمتبقياتهما فى الموالح (10 جزء فى المليون حسب الكودكس فيما عدا الداى فينايل فقد كانت الحدود القصوى لمتبقياتهما 110 جزء فى المليون ثم أطلقت مؤخراً) .

12-1-4-10 مضافات أغذية أخرى

ويوجد مضافات أغذية أخرى لا زالت تحت الدراسة فيما يتعلق بتأثيرها على صحة الإنسان أو تأثيرها التكنولوجي . كما يوجد مجموعات أخرى من المضافات لم تحدد معظم التشريعات مستويات قصوى لإضافتها للغذاء أما لأنها غير ضارة أو أن إضافتها بتركيزات عالية قد تؤدي إلى عكس التأثير التكنولوجي المقصود. وهذه تركزت إلى الممارسة التصنيعية السليمة. ومن أمثلة هذه المضافات العوامل المانعة للزرقة - العوامل المانعة للكتل - منظّمات الحوض - العوامل المزججة - عوامل الترويق - العوامل المساعدة للتريشيع - عوامل تبييض أو إنضاج أو تكييف العجين - عوامل التحلية عديمة القيمة الغذائية - ومضافات الأغذية التي يجوز استعمالها كإنزيمات غذائية - وكما هو واضح فإن أسماءها يدل على استخداماتها .

ومن الواضح أن مضافات الأغذية لها تأثيرات موجبة وأخرى سالبة ومن هنا نشأت الحاجة إلى تشريعات تنص على الحدود القصوى لاستخداماتها وإذا ما استخدمت بالمخالفة لهذه الحدود القصوى تنشأ بذلك المشاكل الصحية . وتعتبر الحدود القصوى لاستخدام مضافات الأغذية التي تصدرها هيئة دستور الأغذية Codex Alimentarius Commission خير مرجع في هذا المجال .

12-1-5 التلوّث بالمضادات الحيوية والهرمونات

بدأ استخدام المضادات الحيوية في حفظ غذاء الإنسان في أواخر الأربعينات من القرن العشرين نظراً لعدم وجود المواد الحافظة الآمنة والفعالة وقتذاك فكانت المضادات الحيوية أكثر فعالية ضد الأحياء الدقيقة ويمكن استخدامها بتركيزات منخفضة جداً لا تؤثر على الصفات الحسية للغذاء . إلا أن استخدام هذه المضادات الحيوية في الغذاء بقصد الحفظ قد قل لدرجة كبيرة في الوقت الحاضر بعد أن تعددت وتنوعت المواد الحافظة خاصة بعد أن عرف ان استخدام المضادات الحيوية في غذاء الإنسان أو في علاج الأمراض المختلفة يكسب الأحياء الدقيقة مناعة ضدها تقلل من فعاليتها عند استخدامها لعلاج الأمراض علاوة على إمكانية تأثيرها على فلورا الأمعاء في الإنسان . وعادة لا ينصح باستخدام أي مركب كمادة حافظة في الغذاء إذا كان له استخدام طبي وينطبق هذا على وجه الخصوص على بعض المضادات الحيوية كالبنسلين pencillin والستربتوميسين streptomycin .

ويعتبر النيسين nicin والبيمارسين pimarcin هما المضادان الحيويان المعروفان استخدامهما لحد ما في الأغذية حتى وقتنا الحاضر وليس في كل الدول . فقد حرمت استخدامها كثير من الدول الأوروبية وفي أمريكا . ويستخدم النيسين كمادة

حافطة لكثير من منتجات الالبان فيستخدم في حفظ الجبن الجاف من الانتفاخ المتأخر، إلا ان أهم استخدام له هو في الجبن المطبوخ حيث يتميز بفاعليته ضد البكتريا غير الهوائية المكونة للجراثيم حيث يثبط الكلوستريديا والبكتريا المكونة لحمض البيوتيريك بنسبة بين 2-8 مجم /كجم حيث يضاف اثناء الطبخ أو انصهار الجبن. كما قد يستخدم النيسين كمادة مساعدة في التعقيم عند حفظ الخضروات حيث تساعد اضافته على استخدام ظروف تعقيم اقل شدة وخاصة في منتجات الطماطم . ويبدأ تأثير النيسين بعد انتهاء المعاملة الحرارية حيث يثبط انبات الجراثيم التي تحملت المعاملة الحرارية والتي تبدأ في الانبات . والنيسين ثابت لبضع سنين في الصورة الجافة وتزداد درجة ثباته في المحاليل كلما انخفضت درجة الحموضة. فيمكن للنيسين ان يحتفظ بفاعليته لمدة 30 دقيقة على درجة حرارة 121°م عند رقم حموضة مقداره $pH = 2$ ويبدأ هدم النيسين عند رقم حموضة $pH = 4$ ، وتزداد سرعة الهدم بارتفاع درجة الحرارة وبصفة عامة فإن فاعلية النيسين ضد الاحياء الدقيقة تصل الى القمة بين رقمي حموضة $pH = 6.5 - 6.8$ إلا أن درجة ثباته في هذا المجال تكون قليلة .

أما البيمارسين فيستخدم كمادة حافطة لأسطح الجبن وهو يتميز بتأثيره القوي ضد الفطريات وخاصة المكونة للسموم الفطرية، فليس له تأثير مباشر على تكوين السموم نفسها . وعادة يغمر الجبن المراد حفظه في معلق يحتوى 0.05-0.25% بينما يرش أو يدهن سطح الجبن المراد حفظه بهذا المعلق . ويستخدم البيمارسين كذلك بتركيز 0.05% كمادة مضافة للأغلفة الصناعية وفي تغليف الجبن . كما يستخدم البيمارسين لتقليل نمو الفطريات على اسطح السجق الخام حيث يغمر في محلول يحتوى على 0.2-2.5% بيمارسين . والبيمارسين ثابت على درجة حموضة $pH = 4-7$ ويكون حساسا للمواد المؤكسدة والمعادن الثقيلة والضوء والحرارة وتزداد درجة تدهمه بانخفاض رقم الحموضة . ونظرا لقلّة ذوبان البيمارسين في الماء فهو يتركز على السطح الخارجي للجبن ولا ينفذ منه إلا القليل إلى داخل الجبن ويكون التخلل أسرع ولعمق أكبر في الجبن الطرى عنه في حالة الجبن الجاف .

ويستخدم الاوكسى تتراسيكلين في اطالة فترة حفظ الاسماك، فيطيل مدة حفظها بدرجة كبيرة . كما قد تغمر اللحوم الطازجة ولحم الدجاج الطازج في محلول من التتراسيكلين بتركيز 10 جزء في المليون، حيث يطيل مدة حفظها بالتبريد للضعف أو ثلاثة اضعاف . كما قد تحقن حيوانات الذبائح ببعض المضادات الحيوية مثل التتراسيكلين والبنسلين والكلورمفينيكول قبل الذبح للمساعدة على حفظ اللحوم . والتتراسيكلينات ثابتة نسبيا فتأثيرها فعال وممتد إلا أن ذلك يضر بصحة المستهلك لعدم إمكانية إزالة المضاد الحيوى بطرق التصنيع الغذائي المختلنة . وتحرم معظم القوانين

استخدام المضادات الحيوية في كل ما يتعلق بالغذاء، وتحدد بعض الدول المستويات القصوى لمتبقياتهما في اللحوم أو الدواجن أو الأسماك .

أما بالنسبة للحيوان فقد بدأ استخدام المضادات الحيوية كمضافات للأعلاف الخاصة بالدواجن وحيوانات التسمين، حيث عرف عنها انها تؤدي الى زيادة الوزن مع توفير العلف وخاصة اذا ما اقترن ذلك باضافة الهرمونات. ولا يعرف بالضبط ميكانيزم عمل المضادات الحيوية في عملية التسمين الا ان البعض يفسر ذلك بان المضاد الحيوي يحمي الحيوان من الامراض المعروفة وبهذا تتحسن الصحة العامة للحيوان أو الطائر ويتيح الفرصة لاكبر نمو ممكن. وعلى هذا فان اكثر المضادات الحيوية اهمية بفائدتها من هذه الناحية هو المضاد الحيوي الذي له مجال متسع القوة لتثبيط الميكروبات وقد وجد ان البنسلين pencillin هو أحسنها في حالة علف الدواجن والأوكسي تتراسيكلين oxytetracycline أحسنها في حالة أعلاف حيوانات التسمين .

كما قد تقوى أعلاف الحيوانات والدواجن بالهرمونات أو مستحضراتها أو تعطى بالحقن تحت الجلد فتزيد من سرعة التسمين بأكثر من 10% ويوفر الاعلاف بما يتراوح بين 6-12% .

والهرمونات التي تضاف عادة إلى الأعلاف هي الاستروجين estrogene والبروجسترون progesterone أو مستحضراتها كالاستراديول B₁₇ estradiol أو خلاصات الترامبولان trambolane acetate . فقد ثبت انها عوامل بناء للبروتين فتسرع من عملية النمو والتسمين بطريقة غير مباشرة تتوسطها عمليات تتحكم فيها الغدة الدرقية . ولهذا فيضاف عادة هرمون الثيروكسين thyroxine لزيادة كفاءة الهرمونات الأخرى المضافة في عملية التسمين .

ولم يثبت حتى الآن وجود متبقيات لهذه الهرمونات في لحم الحيوان أو الدواجن وربما كان السبب في ذلك هو عدم توفر الطرق المتناهية في الدقة لتقدير المتبقيات المتناهية في الصغر في الانسجة العضلية . إلا أنه من المعروف أن محتويات الدهن تحت الجلد في الدواجن ودهون الحيوانات وأنسجة الكبد تحوى متبقيات لهذه الهرمونات مما قد يكون له تأثير ضار بالصحة على المدى الطويل بالنسبة للإنسان وخاصة في الاناث . ولا يزال هذا الموضوع يفتقر الى المزيد من المعلومات سواء من حيث وجود هذه المتبقيات أو تأثيراتها الضارة بالنسبة للإنسان .

12-1-6 التلوث بمركبات أخرى ضارة

12-1-6-1 التلوث بالدايوكسين Dioxin

يطلق إسم الدايوكسين dioxin أساساً على مجموعة من المركبات العضوية الكلورينية السامة يزيد عددها على 30 مركب أكثرهم سمية هو مركب رباعي الكلور ثنائي البنزين للدايوكسين 2,3,7,8-tetra-chloro-di-benzo-para-dioxin (TCDD).

ويوجد أكثر من 400 مركب أخرى لها جميعاً تركيب مشابه نسبياً للدايوكسين ولكن أقل سمية منها مجموعات :

- (PCDDs) = poli-chlorinated-di-benzo-para-dioxin
- (PCDFs) = poli-chlorinated-di-benzo-para-furans
- (PCBs) = poli-chlorinated-di-benzo-para-plamyls

وهناك مصادر عديدة لوجوده أو تكوينه وبالتالي تلوثه للبيئة ومن ثم تلوثه للأغذية والأعلاف أهمها :

- محارق المواد الصلبة (وأهمها العبوات البلاستيكية) التي لم تحرق حرقاً كاملاً .
فالدايوكسين المتكون لا يهدم على درجة حرارة أقل من 850°م . وقد تحتاج إلى درجة حرارة أعلى من 1000°م لإتمام التهدم .

- المخلفات الناتجة عند حرق نفايات المستشفيات .

- مصادر طبيعية كالبراكين وحرائق الغابات وغيرها .

- مخلفات إنتاج الزيوت الصناعية المخزنة والمحتوية على نسبة مرتفعة منه حيث ينفرد منها أثناء التخزين .

- هو ناتج ثانوى لكثير من الصناعات أهمها الورق والمبيدات الحشرية .

وقد وجدت نسبة مرتفعة منه في لحم الدجاج والبيض بسبب تلوث العلف . كما وجدت آثار منه في ثمار البرتقال أثناء حرب فيتنام . كما وجد ملوثاً للجو بأحد المصانع في إيطاليا عام 1976 نتيجة لحريق كبير شب بها . ووجد كذلك ملوثاً للدواجن والبيض والأسماك في المناطق الجنوبية للولايات المتحدة عام 1977 بسبب استخدام البنتونايت bentonite الملوث في صناعة الأعلاف الحيوانية .

وقد ثبت أن 90% من حالات التلوث وتعرض الأفراد لمخاطره كان منشؤها المواد الغذائية الملوثه . وأن التلوث يمكن أن يحدث في أى مرحلة من مراحل الإنتاج حتى الإستهلاك ماراً بالحصاد والتصنيع والتوزيع والبيع .

وتؤدى الحركات المرتفعة منه على المدى البعيد إلى التهابات حادة فى الجلد وظهور بقع سوداء مع إعاقة وظائف الكبد . أما الجرعات الصغيرة على المدى الطويل فتؤثر على جهاز المناعة بالجسم وكذا الجهاز العصبى والغدد الصماء والوظائف الفسيولوجية فى الجسم عامة . وفى حيوانات التجارب المعرضة له بصفة دائمة أدت إلى ظهور أنواع مختلفة من الأمراض السرطانية .

وتعتبر الأجنة والمواليد الحديثة والإناث فى أطوار الحمل والرضاعة الفئات الأكثر حساسية للدايوكسين . أما الفئات الأكثر تعرضاً لمخاطره الصحية فهم مستهلكو الأسماك الملوثة به والعاملون فى صناعة الورق ولبب الورق والعاملون فى المحارق الصناعية والعاملون فى أماكن التخلص من المخلفات .

وتتوقف درجات الخطورة على حجم الجرعة ومستوى الدايوكسين فى الأغذية وكمية الغذاء المأكل الملوث به وكذا مدة التعرض .

وحسب توصيات منظمى الصحة العالمية WHO والأغذية والزراعة FAO فإن الجرعة اليومية المحتملة (TDI) tolerable daily intake تتراوح من 1-4 بيكوجرام/كيلوجرام من وزن الجسم . إلا أن الدول الصناعية تتصح بألا تتعدى الجرعة اليومية 1-3 بيكوجرام/كيلوجرام من وزن الجسم . وعلى العموم تتوقف الجرعة اليومية المحتملة TDI على الأشخاص والظروف المحيطة .

ويمكن التحكم فى هذه المخاطر عن طريق التأكد من عدم زيادة الجرعة عن الحد الموصى به . مع التعرف على الأغذية الملوثة وتجنب إستهلاكها أو التخلص منها كلية . كذلك الكشف الدورى للأشخاص المعرضين خاصة لعينات الدم ولبن الأمهات، مع متابعة أية ظواهر مرضية قد تظهر على الأشخاص المعرضين .

وللوقاية ينصح بالتخلص من الدهون الموجودة فى اللحوم والدواجن قبل طهيها . واستهلاك منتجات ألبان منخفضة فى نسبة الدهون ومعاملة الأغذية حرارياً بطريقة سليمة تشمل التحكم فى الوقت ودرجة الحرارة . وبصفة عامة استهلاك وجبات غذائية تحتوى على كميات كافية من الخضروات والفواكه والبقول .

وطرق تحليل وتقدير الدايوكسين معقدة وغير متوفرة فى معظم معامل التحليل فى العالم حيث يوجد 100 معمل فقط على مستوى العالم يمكنه تحليل الدايوكسين يوجد منها 30 معمل فقط يحلل الدايوكسين فى المواد البيولوجية كالدّم ولبن الأمهات . وعلى العموم عمليات التحليل والتقدير باهظة التكاليف .

12-1-6-2 العامل المسبب للإعتلال المخي الأسفنجي

Spongiform Encephalopathy

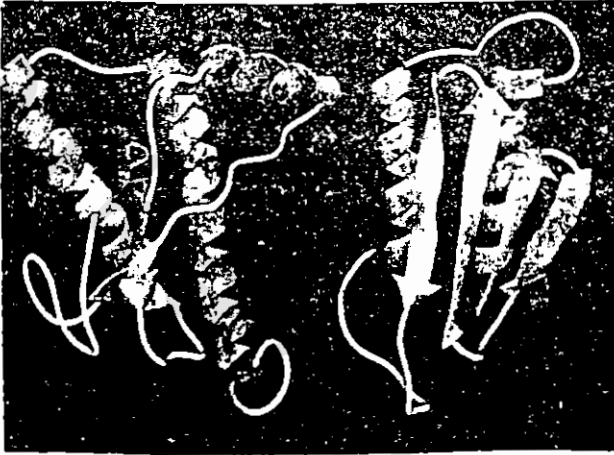
لوحظ أعراض هذا المرض في البداية في إنجلترا عام 1985 في قطيع من أبقار الألبان وأعدم بسببه حوالي 20,000 رأس من الماشية عام 1990 كوسيلة للقضاء عليه ، والذي كان يطلق عليه مرض جنون البقر Mad cow disease حيث كانت الأبقار تفقد القدرة على تحريك أطرافها الأربعة بطريقة متناسقة تدفعها للأمام مما يضطر الحيوان إلى الدوران حول نفسه أو الإتيان بحركات عشوائية قوية من قفز واصطدام بالحائط أو بالحيوانات الأخرى مما يلحق الضرر به وبغيره من الحيوانات. وقد عرف بعد ذلك أن أنسجة المخ تتحول إلى نسيج اسفنجي في بؤرات متفرقة منه.

وكان يعتقد أن هذا المرض لا ينتقل إلى الأنواع الأخرى من الحيوانات الثديية ولكن ظهر بعد ذلك ببضعة شهور بإنجلترا أن نفقت أحد القطط المنزلية بما يشبه هذا المرض ، وكانت القطة تتغذى على علائق تحتوي على مخلفات مجازر الأبقار . كما ظهرت حالات مماثلة بين حيوانات حداثق الحيوان بإنجلترا . وهنا بق ناقوس الخطر على حياة الإنسان واحتمال إنتقال المرض من الأبقار إلى الإنسان عن طريق تناول لحوم الأبقار المريضة ، خاصة وأنه خلال هذه الفترة حدث أن توفي إثنان من المزارعين في إنجلترا كانوا يمتلكان قطيعاً من الأبقار به بعض الحيوانات المصابة بالمرض . وقد نشطت منذ ذلك الأبحاث والدراسات لكشف غموض هذا المرض.

وفي عام 1997 أعلن العالم الأمريكي ستانلي بروسينر Stanley Brusiner أن العامل المسبب للمرض هو نوع من أنواع البروتينات في صورة ضارة أطلق عليها الاسم بريون prion وقد حصل على جائزة نوبل على هذا الكشف .

وفي ضوء أبحاث هذا العالم عرف أن العامل ليس بكتيريا أو فيروس وأنه لايحوي أحماض نووية (RNA or DNA) وأنه بروتين ذو وزن جزيئي منخفض 30 kdal ، وأنه لا يهدم بالطبخ أو التعليب أو التجميد أو إضافة الكيماويات ولا يتحلل بواسطة الإنزيمات التي تحلل الأحماض النووية أو الإنزيمات البروتينية proteolytic-enzymes الموجودة في القناة الهضمية ولا يتأثر بالأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة المؤينة أو التعقيم وأنه يقاوم درجة حرارة 130°م . وإذا تناول الإنسان في غذائه أنسجة حيوانية مصابة بهذا المرض وخاصة الأنسجة العصبية فلا تظهر الأعراض إلا بعد فترة حضانه تتراوح بين 10-15 سنة في الإنسان ، 30 شهر في حالة الحيوان .

كما عرف أن البريون prion له شكلين الأول غير ضار وحلزوني الشكل يشبه البريمة وأعطاه بروزينر Brusiner الشكل ألفا α -form وعندما ينفرد لأسباب غير معروفة يتحول إلى بريون ضار أسماه Brusiner الشكل بيتا β -form . وأن البريون الضار (المفروود) ينتقل إلى أجزاء مختلفة من الأنسجة بجسم الحيوان أكثرها في الأنسجة العصبية وبخاصة المخ حيث يحلل الخلايا المجاورة تاركاً فراغات تكون نسيجاً إسفنجياً وتظهر بذلك الأعراض ولا يعرف الجرعة اللازمة لإحداث المرض.



شكل (1) : البريون الضار (المفتوح) والبريون غير الضار (الحلزوني)

وفي الأبقار المريضة نجد أن أنسجة المخ والحبل الشوكي تحوي تقريباً مليوناً من البريون لكل 1 جم وأن الأمعاء والغدد الليمفاوية والعظام ونخاع العظام يحوي حوالي مليوناً من البريون لكل 1 جم نسيج . أما أنسجة الطحال والكبد والقلب والرئتين والكلية والعين فتحوي حتى 10,000 جزئاً في كل 1 جم أما اللبن والدم والأنسجة العضلية فهي أقلها حيث تحوي حتى 10 جزئاً لكل 1 جم من النسيج أو السائل .

وقد لوحظ أنه في كل مرة ينتقل المرض من نوع إلى آخر من الحيوانات تتغير صفاته characteristics وتتغير بذلك أعراض المرض . مما يوحي بأن الأمراض التي كانت معروفة سابقاً بأعراض مختلفة ولكن تشترك كلها في تحول

بعض أنسجة المخ إلى نسيج إسفنجى فى بؤرات متناثرة هى أصلاً مرض واحد بأعراض ظاهرية مختلفة قليلاً .

فمثلاً مرض السكرابى scrapie الذى يصيب الأغنام ويؤدى إلى موتها تتضمن أعراضه التشريحية النسيج الإسفنجى بالمخ . ومرض الكورو Kuru الذى كان يصيب بعض أفراد قبيلة فى غينيا الجديدة New Guinea tribe التى تأكل أنسجة المخ لموتاهم فى إحتفالات كبيرة تتضمن أعراضه وجود النسيج الإسفنجى بالمخ كذلك، وعرف أن فترة الحضانه لهذا المرض 30 سنة . وقد قلت الحالات المرضية لهذه القبيلة عندما توقفت هذه الممارسات منذ عام 1956 .

والمرض النادر الحدوث فى الإنسان هو مرض جيكوب - Creutzfeldt Jacob Disease (CJD) ولو أنه منتشر فى العالم والذى يصيب واحد فى المليون كل عام ومن أهم أعراضه التشريحية هو النسيج المخى الإسفنجى . وقد توفى بسببه إثنان من المزارعين فى إنجلترا كانا يمتلكان مزرعة ألبان بها بعض الأبقار المصابة بمرض جنون البقر . مما يوحى بأن كل هذه الأمراض عبارة عن مرض واحد له أعراض ظاهرية مختلفة تختلف باختلاف نوع الحيوان وأنه عندما ينتقل من نوع إلى آخر تتغير أعراضه الظاهرية ولكنها تشترك فى تكوين النسيج المخى الإسفنجى . فالأغنام التى لُقحت بنسيج مخ الإنسان المصاب بمرض CJD ظهر عليها أعراض مرض السكرابى Scrapie .

وقد ثبت أخيراً أن أصل مرض جنون البقر تحضير مراكز بروتينية تتكون من مخلفات المجازر المجففة والمطحونة تخلط بالعليقة الحيوانية لتغذية أبقار الألبان لتحسين إنتاج اللبن . وأن هذه المخلفات قد تضمنت فى وقت ما متان من أجسام الأغنام النافقة بسبب مرض السكرابى Scrapie . ومن هنا بدأ إنتشار مرض جنون البقر بين القطعان فى البلاد المختلفة التى إحتوت علاقتها على مراكز من مخلفات حيوانية مريضة . ويبدو أن لحوم الأبقار المريضة دخلت السلسلة الغذائية فى أواخر الثمانينات فى كثير من الدول .

ويوجد إحتمال إنتقال البريون الضار إلى الإنسان ليس فقط عن طريق إستهلاك اللحوم (الأنسجة العضلية) والأعصاب والألبان للحيوان المريض بل كذلك عن طريق مرق اللحم المركز والمجفف والمواد المحضرة من منتجات المجازر التى لها استخدامات صناعية أو طبية كالجيلاتين والكولاجين (مستحضرات التجميل) والسيرم .

12-1-7 التلوث الإشعاعي

12-1-7-1 تلوث البيئة بالإشعاع

تحتوى البيئة على نسبة دائمة من الإشعاع منذ نشأة الحياة على الكرة الأرضية توجد متوازنة مع غيرها من العوامل البيئية وتسبب أحيانا طفرات بيولوجية تتوقف على قوة وشدة ونوع هذا الإشعاع . ويتقدم العلوم والتكنولوجيا بدأ مستوى الإشعاع فى الزيادة بفعل الإنسان بسبب ابتكاراته خاصة فيما يتعلق بالحصول على الطاقة ومحاوله تطويعه لعناصر الطبيعة لخدمته مما اثر على النظام الحيوى فى البيئة وهو نظام له سعة معينة فى تعرضه للإشعاع الزائد لفترات طويلة . وكانت المحصلة زيادة تعرض الإنسان وغيره من المخلوقات وكذا الغذاء الى إشعاع زائد ساهم فى التأثير المباشر وغير المباشر على صحته .

وفى الحقيقة فإن للطاقة أهمية أساسية فى الحياة ولكن استخداماتها تلوث البيئة وتسبب الضرر للإنسان بدرجات متفاوتة تتوقف على نوع المادة أو العنصر المولد للطاقة . فاحتراق الفحم مثلا يلوث البيئة بغاز ثانى اكسيد الكربون وغازات اخرى ضارة . كما أن إحتراق اليورانيوم ينشأ عنه إنبعاث أشعاعى وإنتاج مواد مشعة تلحق أشد الضرر والأذى بالإنسان والمخلوقات عامة .

والطاقة - وهى القوة المخزنة أو المنطلقة - لها صور مختلفة يمكن تحويل كل منها للآخر . فالطاقة الكهربائية ، وهى قوة ناتجة عن حركة بعض الكترونات الذرة . والطاقة المغناطيسية وهى قوة الجذب والتنافر بين بعض الأجسام - والطاقة الحرارية والصوتية والكيمائية والحركية والإشعاعية ، كلها صور من الطاقة يمكن تحويلها إلى بعضها البعض وجميعها يمكن تحويلها إلى طاقة كهربائية مثلا ويمكن تحويل الكهرباء إلى الصور الأخرى للطاقة .

ومن المعروف أن الجزيء هو أصغر جزء فى المادة ويتركب من وحدات هى الذرات . وإذا تشابهت ذرات المادة سميت بالعنصر وإذا اختلفت سميت بالمركب . ويوجد فى الطبيعة 92 عنصر أصغرها وزنا للجزيء هو الأيدروجين وأكبرها وزنا للجزيء هو اليورانيوم ومن الممكن فى العصر الحديث استحداث عناصر اخرى صناعيا .

ومن المعروف كذلك ان الذرة تتكون من بروتونات موجبة ونيوترونات متعادلة متجمعة فى المركز وهى النواة . ويدور حول النواة عدد من الجسيمات السالبة -هى الألكترونات- فى مدارات معينة تعرف بمستويات الطاقة تحتوى كل منها على عدد معين من الالكترونات ذات طاقة معينة . وتشغل الالكترونات ذات الطاقة الاقل

مستويات أقرب إلى النواة والعكس . وإذا اكتسب الألكترون كمية من الطاقة ينتقل إلى مستوى طاقة أعلى وإذا فقد هذه الكمية من الطاقة يعود إلى مستواه الداخلى ويشع الطاقة على هيئة اشعاعات يمكن تصويرها تسمى بالاشعة السينية التى تختلف فى أطوال موجاتها وطاقتها كما تختلف من ذرات عنصر الى اخر .

وأغلب العناصر الموجودة فى الطبيعة ثابتة إلا أن بعض العناصر ذات الوزن الذرى (عدد الالكترونات + عدد البروتونات) العالى - 209 فما فوق - تتحطم نواتها تلقائيا وينبعث منها طاقة اشعاعية على شكل انواع مختلفة من الاشعاعات . ومن أمثلة العناصر المشعة الموجودة فى الطبيعة اليورانيوم والراديوم والاكنتيوم . وعندما تتطاير الجسيمات من نواة ما يتغير بذلك وزن النواة حتى تستقر وينتج عنها عنصر ثابت غير مشع . فالراديوم مثلا بعد سلسلة من الاشعاعات لزمن معين ينتهى إلى عنصر الرصاص . وجميع العناصر المشعة تتحطم نواتها بسرعة ثابتة حتى تستقر . وبواسطة النيترونات البطيئة يمكن تحويل أى عنصر فى الكون إلى عنصر آخر أو نظير مشع .

وعملية تحويل الانوية غير الثابتة (المشعة) تلقائيا لعنصر ما الى أنوية لعناصر أخرى مستقرة يسمى بالنشاط الاشعاعى وينبعث عنه نوع معين من احد ثلاثة أنواع من الاشعاع هى الفا (α) و بيتا (β) وجاما (γ) . ويختلف كل عنصر مشع عن الآخر . كما تختلف انواع الاشعاعات التى تنطلق منه . واشعاعات الفاء ، بيتا (β & α) هى عبارة عن جسيمات اما اشعاعات جاما (γ) فانها موجات كهرومغناطيسية .

ومصادر اشعة الفا (α) الطبيعية هى الشمس والمواد المشعة الطبيعية كالراديوم واليورانيوم وكذا المواد المشعة الصناعية . ومصادر اشعة بيتا (β) (الألكترونات) الطبيعية هى الشمس والمواد المشعة الطبيعية كالراديوم . ومن المواد المشعة الصناعية مواد لا تعطى الا اشعة بيتا (β) كالأستراتشيوم 90 والفسفور المشع 33 . ومصادر النيترونات الطبيعية هى الشمس والمواد المشعة كاليورانيوم 235 . ويمكن الحصول عليها كذلك من تفاعل اشعة الفا (α) مع معدن الميريلىوم . وللبروتونات كذلك مصادر طبيعية وصناعية . اما الطاقة الاشعاعية الموجبة وهى أشعة جاما (γ) فلها مصادر طبيعية كالشمس والراديوم .

وأهم صفة فى جميع المواد المشعة هى ان نشاطها الاشعاعى يقل تدريجيا بمرور الزمن . وتتميز المواد المشعة بما يعرف "بعمر النصف" half-life time وهو الزمن اللازم لانحلال النشاط الاشعاعى الى النصف . وعند مرور ضعف فترة عمر النصف يصل مستوى الاشعاع الى ربع المستوى الاعلى وعند مرور عشرة

أضعاف عمر النصف يصل مستوى الإشعاع إلى واحد في الألف من المستوى الأعلى (0.001) .

ويتراوح عمر النصف من كسر من الثانية إلى ملايين السنين للمواد المختلفة، إلا أن معظمها ينطلق منها اشعة اختراق شديدة تحتاج إلى ساتر ثقيل وتحلل بسرعة إلى مستويات قليلة ولها فترة عمر النصف قصيرة . أما المواد المشعة التي لها عمر النصف طويل فانها تطلق اشعاعات قليلة جدا بقوة إختراق قليلة وهذه تضر الإنسان فقط إذا وصلت داخل الجسم .

وأول من اكتشف التأثيرات الضارة للإشعاعات المؤينة هو العالم الفرنسي هنري بيكريل Bequerel عام 1898 حيث اخذ قدرا من مادة الراديوم التي اكتشفها مدام كوري Kurie في نفس العام ووضعها في انبوبة اختبار تركها لفترة ما في جيب قميصه لحين دراسة خصائصها كمادة متألقة فأصابه ما يشبه الحروق .

ومنذ ذلك التاريخ عكف على دراسة تأثير اشعاعات الراديوم على الخلية الحية ومن هنا نشأ وتطور علم بيولوجيا الإشعاع الذي يبحث في التأثيرات البيولوجية للإشعاعات المؤينة ذات النشاط الطبيعي أو الصناعي أو من اشعة اكس (الإشعاع الخارجي) التي اكتشفها العالم رونتجن Roentgen عام 1895 والتي لها نفس خواص إشعاعات الراديوم .

12-1-7-2 التأثير البيولوجي للإشعاع

يؤدى الإشعاع إلى تغيرات كيميائية للخلايا الحية تؤثر على سلوك الخلية نتيجة لتأثيره على الاحماض النووية بالخلية التي تحمل جميع المعلومات المطلوبة للتطور وانقسام الخلية ونمو الانسجة الحية عامة . وقد يؤدى التأثير إلى تلف الحامض النووي، وفي بعض الاحيان يمكن تعويض هذا التلف، إلا أنه في حالات اخرى يؤدى الإشعاع إلى موت الخلية أو تحويلها . وإذا قتل عدد كبير من خلايا العضو تتأثر وظيفته وربما يموت العضو . وتمتص الخلايا الميتة عادة بواسطة النسيج أو قد ترفض. كما يؤدى تحولات الخلية إلى حدوث الامراض الخبيثة .

والإشعاع يؤثر على كل الافراد المتعرضين وهو مايعبر عنه بالتأثير المباشر وكذا الاجيال فيما بعد وهو مايعبر عنه بالتأثير الوراثي . فالجرعات العالية جدا التي يتعرض لها الإنسان في فترة قليلة - لا تتعدى دقائق - تؤدى إلى تلف واسع الانتشار لخلايا الدم و انسجة العظام وتنتهى عادة بالموت خلال اسابيع قليلة، وهذه تسمى بالتأثيرات المبكرة . ففي حالة قنبلتى هيروشيما ونجازاكي وكذلك في قليل من الحوادث التي حدثت في الايام الاولى لابعاث الاسلحة النووية وتلك التي حدثت بين عمال

الأطفال الذين تابعوا حادث تشيرنوبل بروسيا حدثت حروق في الجلد وشقوق الشعر وقلة الخصوبة . ولا تنتج مثل هذه التأثيرات المبكرة في حالة الجرعات الصغيرة أو التي تتحصر في موضع واحد أو تلك التي تنتشر في فترة زمنية طويلة نسبياً فلم يحدث تلف معين لصحة أولئك الأفراد الذين تعرضوا لمثل هذه الجرعات على مدار تقدم العمر ولا عن طريق نسلهم . إلا ان هناك احتمال ولو قليل لاصابتهم بالسرطان . وهذه السرطانات الوراثية تختلف عن التأثيرات المبكرة فهي لا تظهر الا بعد فترة تعرض كبيرة ولهذا فانها تسمى بالتأثيرات المتأخرة .

12-1-7-3 مصادر التلوث الإشعاعي للبيئة

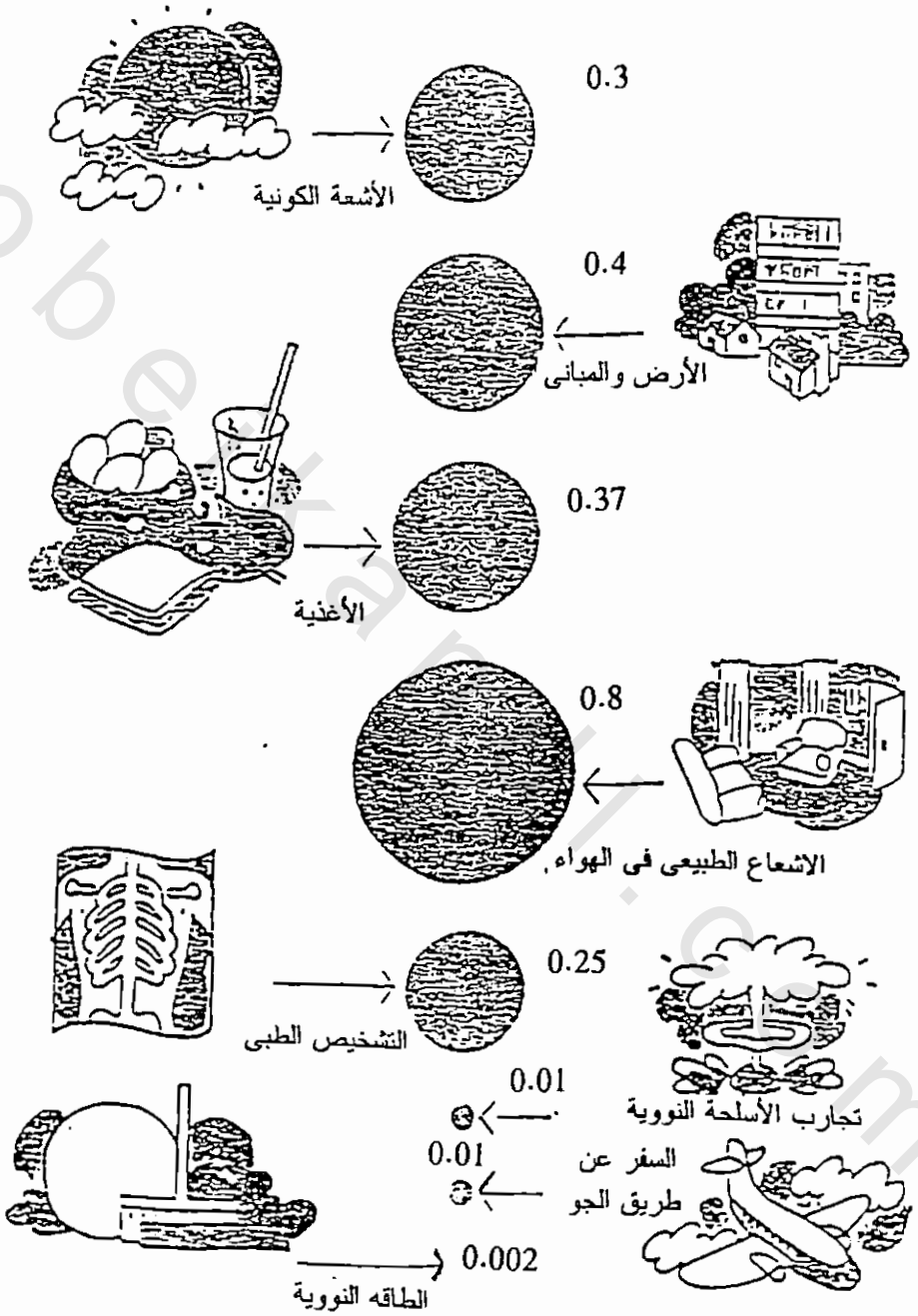
يتعرض الإنسان منذ بداية الخليقة للإشعاع المؤينة ذات المصادر الطبيعية التي تأتيه من خارج الأرض وهي الأشعة الكونية . ويتميز هذا النشاط الإشعاعي بضعافته وقدرته الإنسان على تحمله دون أن يتعرض لأضرار صحية بالغة على مدى عمره . وفي العصر الحديث أضاف الإنسان إلى هذه المصادر الطبيعية مصادر أخرى صناعية أصبحت تشكل في مجموعها أخطاراً كبيرة على صحته . ويبين الشكل رقم (1) صفحة 32 مصادر ومقدار الإشعاع الذي يتعرض له الإنسان مقدراً بالملي سفرت / السنة ومنه يتضح أن هناك مصادر إشعاعية طبيعية وأخرى صناعية تلوث البيئة ويتعرض لها الإنسان كما يلي :

12-1-7-3-1 المصادر الطبيعية للإشعاع

12-1-3-6-1-1 الأشعة الكونية Cosmic Rays

ومصدر هذه الأشعة هو الفضاء المحيط بالكرة الأرضية ومن الزوايا والإنفجارات التي تحدث على سطح الشمس ينتجت بعضها ويتفاعل مع ذرات الهواء القريبة من الأرض مكوناً جسيمات أقل طاقة تتكون من الكترونات وبروتونات ونيوترونات وجسيمات الفا ونويات مشعة ثقيلة . وتتمكن بعض الأشعة من النفاذ داخل طبقات الهواء وتصل إلى مستوى الحياة على الأرض بكميات كبيرة يمكن قياسها . والنوع الثاني ما يتجمع بقوة مغناطيسية الأرض ليكون أحزمة حولها تبدأ على ارتفاع ألف كيلو متر من سطح الأرض . والنوع الثالث ما يكون بعيداً جداً عن سطح الأرض .

مللى سفرت فى السنة



شكل رقم (2) مصادر الأشعاع بالمللىسفرت فى السنة

المصدر : Twomey, T. (1987)

وتتأثر كثافة هذه الأشعة الكونية بالمجال والمركز المغناطيسى للأرض وبالإرتفاع عن سطح البحر . فتزداد كثافة هذه الأشعة بزيادة الإرتفاع عن سطح البحر وزيادة البعد عن خط الإستواء أى زيادة خطوط العرض . ويزداد تعرض الإنسان لهذه الأشعة ليس فقط بسبب تواجده على سطح الارض ولكن بركوبه الطائرات لارتفاعات عالية فيكون تعرضه لهذه الأشعة اكبر فى حالة الطائرات السوبر سونك عنها فى حالة الطائرات المدنية النفاثة . الا ان صناعة الطائرات قد ادخلت فى حساباتها هذه المؤثرات .

12-1-3-7-1-2 الإشعاع الناجم عن البيئة الأرضية

12-1-3-7-1-2 القشرة الأرضية

حيث تنتشر بالقشرة الأرضية كثير من المواد المشعة أنتشارا كبيرا ويتعرض الإنسان الى جرعات منها قد تزيد عن تلك الناجمة عن الأشعة الكونية . ويزداد تركيز هذه الأشعة فى الصخور الجرانيتية عنها فى الصخور البازلتية أو الرسوبية . كما يقل تركيزها فى الصخور الجيرية والرملية . ويكثر احتواء الصخور المحتوية على أصداف بحرية أو مواد عضوية على مواد مشعة . ومن أهم العناصر المشعة التى تحتويها القشرة الأرضية اليورانيوم والثوريوم والأول موجود بكميات اكبر ولكنه أقل إنتشارا عن الثانى . وكذا البوتاسيوم وهو كثير الانتشار مكونا نسبة ثابتة مع البوتاسيوم غير المشع .

12-1-3-7-1-2 الهواء القريب من سطح الارض

ويوجد قريبا من سطح الارض مواد مشعة غازية منها للكربون 14 والرادون والثورون . والكربون هو العنصر الاساسى لكل أنواع الحياة على الارض ويدخل فى جميع العمليات البيولوجية والجيوكيماوية . اما الرادون والثورون فهى ناتجات تحلل اليورانيوم والثوريوم ويوجدان اصلا فى صورة غازية بالتربة وبعصداً الى الجو المحيط بهما على ارتفاع أقصاه 20 مترا أى فى متناول تنفس الإنسان .

12-1-3-7-1-2 المياه

تحتوى المياه على نسبة من العناصر المشعة تختلف باختلاف نوع ومصدر المياه . وتحتوى مياه البحار على أعلى تركيز من البوتاسيوم 40 وكذلك الثوريوم 222 . بينما تحتوى المياه الجوفية على أعلى نسبة من الراديوم أما المياه المنزلية فهى خالية تقريبا من العناصر المشعة حيث ان طرق معالجتها وترسيب الشوائب العادية منها كافية نسبيا لتخليصها من المواد الذائبة أو العالقة بها .

12-1-7-3-2 المصادر الصناعية

12-1-7-3-1 التفجيرات النووية

وهذه تجرى تحت ظروف مختلفة أما فى الجو وعلى ارتفاعات مختلفة أو تحت الماء أو تحت الارض . ويعتمد مدى تلوثها للبيئة على نوع التفجير وكمية المواد الانشطارية الناتجة . وتعتبر التفجيرات الذرية أكثر التفجيرات تلوثا للبيئة . وهى تحدث اما عمدا كما فى حالة الحروب أو التجارب الذرية أو مصادفة كما فى حالة انفجار المفاعلات النووية فى وندسكيل بالمملكة المتحدة وتشيرنوبل فى روسيا .

وفيما يلى بعض التفجيرات والحوادث النووية المعروفة وآثارها على البيئة :

- فى منتصف عام 1945 صنعت امريكا أول ثلاثة قنابل ذرية فى التاريخ واستخدمت احداها فى أول تجربة ذرية واسقطت اثنتان فى هيروشيما ونجازاكي باليابان فى 6، 9 أغسطس من نفس العام حيث قتل أكثر من مائة الف مواطن ودمرت تماما أكثر من 75% من مباني المدينتين وجرح واصيب أكثر من نصف مليون مواطن كانت اصابة 20% منهم بالامراض الاشعاعية المختلفة كبيرة ومازالوا يعانون حتى الآن ولا زالت الوفيات منهم تتوالى .

- فى أول مارس سنة 1954 أجرت امريكا تجربة لتفجير نووى ضخم وسقطت كميات كبيرة من الغبار الذرى على أحد مراكب الصيد اليابانية وبه ثلاثة وعشرون صيادا يابانيا ظهرت عليهم جميعا الامراض الاشعاعية المختلفة بعد ثلاثة شهور وتوفى بعضهم .

- فى اكتوبر سنة 1957 وقع حادث تسرب كميات كبيرة من المواد المشعة من احد مفاعلى وندسكيل Windscale بالمملكة المتحدة وادى ذلك الى تلوث الهواء والتربة والنباتات والماء والالبان فى مساحات كبيرة .

- فى أبريل سنة 1986 حدث انفجار لمفاعل نووى فى تشيرنوبل بروسيا ترتب عليه آثار خطيرة على البيئة المجاورة وعلى بقاع مختلفة من العالم .

ويكون نتيجة للتفجير النووى فى الهواء وقريبا من سطح الارض انصهار جزيئات من تراب الارض والغبار العالق فى الهواء واندماجه فى المواد الانشطارية وتكوينه بما يسمى الغبار الذرى . ويساقط منه بالقرب من منطقة التفجير ويسمى بالساقط الذرى المحلى . أما الجزيئات الصغيرة فانها تتصاعد فى الجو بارتفاعات تتوقف على قوة التفجير والارتفاع الذى يتم فيه حركة الهواء . وتتبقى هذه الجزيئات الصغيرة فى طبقات الجو العليا مكونة خزانات هائلة من المواد المشعة خاصة

العناصر ذات عمر النصف الطويل منها وتمثل بذلك خطورة كبيرة للإنسان لسنوات عديدة وتترسب منه كميات متفاوتة من المواد المشعة على الأرض وتسمى بالتساقط الذرى المتأخر .

ويمثل الغبار الذرى المتساقط من التفجيرات الذرية أهم مصادر تلوث البيئة بالمواد المشعة ويعطى تلوثا خارجيا وداخليا للإنسان يفوق كثيرا من مصادر التلوث الأخرى . ومن أمثلة المواد التى تعطى اشعاعا خارجيا الزركونيوم 95 (وعمر نصفه 9 أسابيع) والنيوبيوم 95 (وعمر نصفه 5 أسابيع) والسيزيوم 131 (وعمر نصفه 30 سنة) وجميعها تبعث اشعاعات جاما . أما أخطر المواد التى تسبب تلوث اشعاعيا داخليا للإنسان فهى السيزيوم 90 (وعمر نصفه 28 سنة) والسيزيوم 137 (وعمر نصفه 30 سنة) والكربون 14 (وعمر نصفه 5760 سنة) واليود (وعمر نصفه 8 أيام) .

ويمثل عنصر الاسترانسيوم فى صفاته الكيماوية والطبيعية عنصر الكالسيوم الضرورى لبناء عظام الانسان وبالتالي فقد وجد ان الاسترانسيوم 90 هو من أخطر العناصر المشعة للإنسان حيث يتبع فى مساره منذ أول سقوطه على سطح الأرض حتى ترسبه فى العظام نفس مسار الكالسيوم .

12-1-7-3-2-2 المفاعلات الذرية

تتشأ المفاعلات الذرية عادة بعيدا عن تجمع السكان وأماكن الزراعة ومجارى المياه السطحية والجوفية لتجنب تلوث البيئة خاصة فى حالة الحوادث التى ربما تقع لهذه المفاعلات . الا انه قد تم مع ذلك تلوث البيئة بمقادير متفاوتة فى الاحوال الآتية:

1- عند اجراء الابحاث الروتينية بالمفاعلات مثل تشعيع العناصر الثابتة للحصول على عنصر مشعة وما يتبع ذلك من اذابة هذه العناصر وتفتيتها وتحضيرها للاستخدام المعملى أو الطبى وتجمع المخلفات السائلة والنقيلة الناتجة عن هذه العمليات فى آبار خاصة . فهناك احتمال تسرب بعض من هذه المخلفات الى البيئة كما قد تحدث حادثة لهذه المفاعلات اثناء اجراء التجارب المختلفة وتؤدى الى تسرب العناصر المشعة وتلوث البيئة .

2- استخدام المياه أو الهواء فى عملية تبريد الوقود أثناء تشغيل المفاعلات .

3- هناك احتمال تسرب قدر من العناصر المشعة اثناء عمليات الصيانة والنظافة وجمع المخلفات المشعة الناتجة وحفظها فى آبار خاصة .

12-1-7-3-2-3 استخدام المصادر الاشعاعية للأغراض الطبية والصناعية

زادت في عصر الذرة استخدام المصادر المشعة في الطب في التشخيص والعلاج لكثير من الامراض المستعصية والامراض السرطانية المختلفة واختلال وظائف الغدد وامراض الدم مما أدى الى زيادة تعرض المشتغلين في هذه الميادين وكذا المرضى أنفسهم لاطار الاشعة وخاصة الاشعة السينية . هذا بالاضافة الى التقدم الكبير والمتزايد لاستخدام المصادر المشعة في الصناعة كتعقيم الادوية والاطعمة بتسريعها وصنع البطاريات الذرية ومختلف انواع القياس والتحكم في الانتاج للحصول على كثافة أو وزن أو سمك ثابت وكذلك للكشف عن تآكل جدران الافران العالية وفي صناعة الساعات ولوحات القيادة المضئية وغير ذلك من الاستخدامات التي قد تعرض العاملين أو البيئة لاطار هذه المواد المشعة .

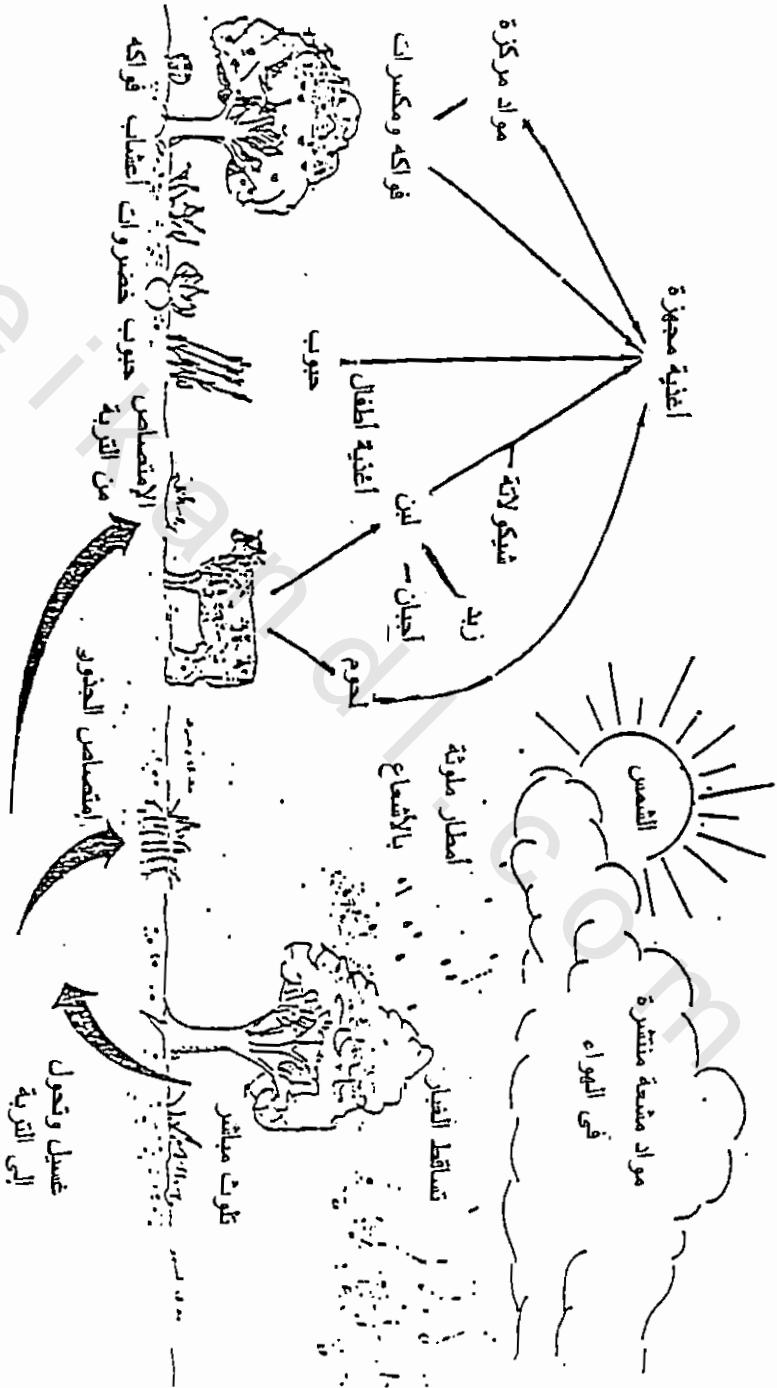
12-1-7-3-2-4 استخدام المواد المشعة في أغراض التعقيم وفي الاجهزة والمعدات التعليمية والمنزلية

تستخدم المواد المشعة في أغراض التعقيم بالمدارس والجامعات وكذا في الابحاث المختلفة . كما تستخدم في الاغراض المنزلية كالمصنوعات الزجاجية والخزفية المحتوية على اليورانيوم وفي الساعات وكواشف الدخان لتجنب الحريق والصمامات الالكترونية واجهزة التليفزيون .

12-1-7-4 تلوث السلسلة الغذائية بالمواد المشعة

قد تتلوث التربة بالمواد المشعة نتيجة للتفجيرات النووية وذلك عن طريق التساقط الذرى Fall out أو المخلفات المشعة لاستخدامات الذرة في النواحي المختلفة، كما قد تكون التربة نفسها ملوثة طبيعيا بمواد مشعة مثل البوتاسيوم 40 والثورون التي تلوث الفواكه والخضروات والمحاصيل الغذائية عامة . كما قد تتلوث الاسماك والحيوانات البحرية عن طريق التفجيرات في الهواء أو القاء المخلفات المشعة في مياه المحيطات والبحار . كما قد تتلوث لحوم الحيوانات والدواجن التي ترعى أو تتغذى على اعلاف أو أعشاب ملوثة بالمواد المشعة حيث تتجمع داخل انسجتها وتسبب اضرارا جسيمة للانسان الذي يتغذى على منتجات هذه الحيوانات أو الدواجن كاللحوم والالبان والبيض . والشكل رقم (3) صفحة 37 يبين دورة انتقال النشاط الاشعاعي في المواد الغذائية .

تنتقل المواد المشعة عن طريق الهواء من مكان لآخر وتلوث التربة اما مباشرة أو عن طريق الامطار وبهذا يمكن لكل من التربة والمزروعات ان تتلوث



شكل رقم (3) : دورة الأشعاع في السلسلة الغذائية

المصدر : Twomey, T. (1987).

بالمواد المشعة . وعلى المدى الطويل فإن المواد المشعة الملوثة للتربة تنتقل كميات كبيرة منها الى المزروعات والحشائش والاعشاب عن طريق الجذور . فالنباتات تتغذى طبيعيا على العناصر النادرة - خاصة اذا كانت رئيسية فى عملية التمثيل الغذائى - واذا وجدت نظائرها المشعة فإنها تتفاعل معها كيمياويا . كما ان التربة الملوثة اشعاعيا تلتصق بالنبات وينتقل النشاط الاشعاعى الى الانسان والحيوان عن طريق الخضروات أو النباتات عامة والاعلاف .

وتعتمد نسبة تركيز المواد المشعة فى لحوم الحيوانات أساسا على المنطقة التى يتغذى فيها الحيوان وتظهر هذه النسبة على الحليب الذى يفرزه الحيوان .
ويتربت على ذلك كله ان تصبح دورة الحياة ملوثة بنسبة عالية من الاشعاع . وبالطبع فان المواد الغذائية المركزة كالعصائر يتركز فيها النشاط الاشعاعى .

12-1-7-5 النظائر المشعة التى توجد فى الغذاء ودرجة تركيزها

ثبت ان النشاط الاشعاعى الاكثر وجودا فى المواد الغذائية بعد حادثتى تشيرنوبل فى روسيا ووندسكال فى بريطانيا كان نتيجة لنظائر اليود 131 والسييزيوم 137 . ولليود 131 فترة عمر النصف ثمانية أيام فقط ويدخل فى العشب الاخضر - غذاء الابقار الحلوب - وهو الأكثر أهمية فى الايام الأولى التى تعقب الحوادث النووية ومنها المفاعلات العاملة - فبعد حادثة تشيرنوبل وجد فى المملكة المتحدة ان لبن الابقار يحوى 50 بيكريل / لتر وارتفع فى بعض الحالات التى كثرت بها الامطار الى 500 بيكريل / لتر ، كما ارتفعت نسبة التلوث فى لبن الاغنام والماعز الى 1000 بيكريل / لتر . حيث أن هذه الحيوانات كانت تتغذى على حشائش اكثر ثلوثا من المناطق التى كانت ترعى فيها الابقار .

ويعتبر النشاط الاشعاعى الناتج عن السيزيوم 137 أخطر من اليود 131 لان فترة عمر النصف له كبيرة تبلغ 30 سنة وكذا لان السيزيوم يعلق على سطح التربة . وقد ثبت وجود السيزيوم فى جسم الانسان وفى العديد من المواد الغذائية منذ بداية اختبارات الاسلحة النووية كما ان السيزيوم 137 كان هو اساس التلوث الاشعاعى الذى لوحظ بعد حادث حريق وندسكال ببريطانيا وقد ثبت وجوده فى الالبان ومنتجاتها

لفترة طويلة . وقد ظهر بعد حادث تشيرنوبل تلوث أوسع المدى بعنصر السيزيوم 137 فى المواد الغذائية أخذ فى الاعتبار عند اعداد التشريعات الغذائية المتعلقة بالرقابة على الأغذية . وقد لعب النظير الثانى لعنصر السيزيوم 134 دورا كبيرا فى النشاط الإشعاعى الناجم عن حادثة تشيرنوبل . وتبلغ فترة عمر النصف لهذا النظير المشع 2.3 سنة . وبعد حادثة تشيرنوبل زادت مستويات الإشعاع لعنصر السيزيوم فى المواد الغذائية وتراوحت بين عشرة الى مئات من البيكريل / كجم كما سجلت فى شرق آسيا فى بعض المحاصيل الغذائية كالحبوب والمكسرات و النباتات الورقية وكذلك لحوم الخراف . وفى حالات استثنائية سجلت مستويات أعلى من الف بيكريل / كجم . كما سجلت بعض النشاطات الإشعاعية الأخرى فى المواد الغذائية بعد هذا الحادث أهمها عنصر الروثينيوم ونظير عنصر الفضة .

وينتشر النشاط الإشعاعى الطبيعى لنظير البوتاسيوم (بوتاسيوم 40) فى جميع المواد الغذائية التى تتكون من الأنسجة الخلوية وتتراوح مستوياته فيها بين عشرة الى مئات البيكريل / كجم فى اللحوم والالبان المجففة والمكسرات . كما ان بعض المستويات الإشعاعية القليلة لليورانيوم ومشتقاته وجدت فى بعض المواد الغذائية .

وعادة يتجمع اليود المشع (يود 131 وعمره النصفى ثمانية أيام) ويتركز فى الغدة الدرقية ويسبب الامراض الخبيثة . ومعظم الإشعاعات الصادرة منه تخفى من الجسم بعد شهرين . والكريتون 95 يزيد من احتمال الإصابة بالامراض الخبيثة كاللوكيميا (إبيضاض الدم) خلال سنتين من التعرض وعمره النصفى 10.7 سنوات . والسيزيوم 137 عمره النصفى 30.3 ويؤثر على كل أنسجة الجسم خاصة الكبد والطحال والعضلات . والباريوم 140 يتركز فى العظام ويحدث أوراما وعمره النصفى 12.8 يوم .

ونتيجة لحادثة تشيرنوبل أصدرت هيئة الخبراء الدوليين المتخصصين فى الملوثات الإشعاعية فى منظمتى الأغذية والزراعة والصحة العالمية توصياتها بخصوص الحدود القصوى لتركيز هذه المواد وكميات الأشعة الناتجة عنها والمسموح بها فى أغذية الانسان على أن تراجع دوريا حسب الاحوال ويبين الجدول رقم (1)

المستوى المؤقت الدولي للمواد المشعة فى الأغذية حسب التوصيات الصادرة عام 1989.

جدول رقم (1) : المستوى المؤقت الدولي للمواد المشعة فى الأغذية .

(ترجع نوريا حسب توصيات هيئة الخبراء الدوليين المتخصصين فى الملوثات الأشعاعية بالأغذية بمنظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة) .

العنصر المشع	الغذاء	المستوى المسموح به بيكرويل / كجم أو لتر
ى 131 (اليود)	اللبون	10
	منتجات الألبان	40
	أغذية أخرى	70
سيز 131 (السيزيوم)	اللبون	50
	منتجات الألبان	100
	المواد الأخرى الغذائية	300
	التوابل	300

12-1-7-6 العوامل المرتبطة بمستوى التلوث الأشعاعى فى الجسم

يؤدى ارتفاع نسبة الكالسيوم وغيره من الأيونات الثابتة فى التربة إلى قلة إمتصاص جذور النباتات للمواد المشعة حيث يكون هناك تنافس بينها وبين نظائرها المشعة ويرتبط ذلك بمدى عمق جذور النباتات فى التربة . وقد لجأت بعض الدول إلى إضافة بعض العناصر غير المشعة فى الغذاء كإضافة الكالسيوم للخبز ليتنافس مع الأسترانشيوم المشع ويمنع أو يقلل من إمتصاصه من حسم الإنسان فى حالة إستهلاك خبز مصنوع من دقيق ملوث بالأسترانشيوم المشع . كما يتوقف مستوى التلوث الأشعاعى داخل الجسم على نوع التلوث الأشعاعى للتربة فتلوث التربة باليود 131 (فترة عمر النصف ثمانية أيام) أو الباريوم (فترة عمر النصف 13 يوم) أو الأسترانشيوم 89 (فترة عمر النصف 53 يوم) يكون لها تأثير على مستوى التلوث الأشعاعى داخل الجسم إذا تناول الإنسان الخضروات أو المحاصيل الغذائية بعد مرور فترة قصيرة لحدوث التفجير أو التلوث الأشعاعى . أما بعد مرور فترة طويلة فيقل وينعدم تأثيرها الأشعاعى الخطير ويبدأ التأثير الدائم للعناصر ذات عمر النصف الطويل كالأسترانشيوم 90 (فترة عمر النصف 28 يوم) والسيزيوم 137 (فترة عمر النصف 30 سنة) وعادة لاتستهلك مثل هذه المواد الغذائية بل تتلف بالحرق ويحفظ

رمادها فى مخازن خاصة . ويلعب المناخ دورا هاما فى مستوى التلوث الأشعاعى داخل الجسم حيث تساعد مناطق سقوط الأمطار والتلوج على سرعة وصول المواد المشعة إلى التربة عقب الانفجارات النووية كما أن التساقط على خط الإستواء يكون أقل منه على خطوط العرض التالية .

وللعادات الغذائية تأثير كذلك على مستوى التلوث الأشعاعى بالجسم فبعض الشعوب تعتمد فى غذائها على اللبن ومنتجاته واللحوم أو الأسماك أو النباتات الورقية أو الحبوب أكثر من غيرها . ويتوقف بذلك مستوى التلوث الأشعاعى داخل الجسم على مدى تلوث هذه المنتجات بالعناصر المشعة .

8-1-12 تلوث البيئة المائية وأثره على جودة وسلامة الموارد السمكية

ينتج الإنسان أنواع كثيرة من الملوثات ويصل معظمها إلى البيئة المائية بطريقة مباشرة وغير مباشرة وبعض هذه الملوثات (ومنها معظم المواد العضوية) يتحلل بواسطة العمليات الحيوية العادية الا ان غيرها كالكيمياويات الهيدروكربونية الكلورينية تكون مقاومة للتحلل وتستمر مدة طويلة فى البيئة المائية وتكون البحار والمحيطات المصب النهائى لها حيث تتجمع اما فى الماء أو فى الاحياء المائية أو فى المترسبات فى القاع .

وتصل هذه الملوثات الى مياه البحار والمحيطات بعدة طرق : فبعضها يترشح من الارض أو يحمل الى البحر عن طريق الانهار كرواسب من تآكل الارض وبعضها يحول عمدا الى الانهار أو مباشرة فى المحيطات كنفائيات صناعية ومنزلية وبعضها يفرغ مباشرة فى البحار من السفن كنتيجة مباشرة لعمليات الملاحة ، كما أن بعضها يحمل الى البحار لمسافات طويلة عن طريق الجو قبل أن ينقى بواسطة الامطار الساقطة على كل من الارض والبحار . وتعتمد الاهمية النسبية لهذه الطرق الملوثة للبحار على خواص ومصدر الملوثات .

وللملوثات المختلفة تأثيرات مختلفة على الاحياء المائية والاسماك ومن ثم الانسان فبعضها ينشط نمو النباتات المائية ويمكن أن تكون ذات فائدة إذا ما أمكن السيطرة عليها بطرق صحيحة وبعضها يعتبر سام وقد يؤدي الى قتل الاحياء المائية أو تحويلها الى مواد غير صالحة للاستهلاك الأدمى كما أن بعضها قد يكون غير ضار وليس له الا تأثير بسيط على الاحياء المائية .

12-1-8-1 التلوث بمياه الصرف الصحي والزراعي

لمياه الصرف الصحي وبعض الصرف الزراعي تأثير مفسد للماء حيث يزيد من معدل الانتاج للحياه المائية الا انه بزيادة التسميد يتكثف نمو الطحالب والنباتات المائية بطريقة مزعجة كما يغير من طبيعتها حيث تقل أو تزول النومات التي تكون غذاء للحيوانات آكلة الأعشاب والتي بدورها تغذى موارد الاسماك فى المنطقة فى حين تنمو بغزارة الأنواع غير المناسبة كغذاء للحيوانات . فالتغير فى النومات النباتية يودى بطريقة غير مباشرة الى تغيرات فى النظم الحية جميعها . ففى الاسماك مثلا تختفى الأنواع ذات القيمة الاقتصادية وتسود الأنواع الاقل قيمة بل تنمو بغزارة . وهذا ما يحدث الآن فى معظم البحيرات الموجودة فى بعض الدول المتقدمة ويمكن أن يكون مثلا لما قد يحدث مستقبلا عند مصاب الانهار وشواطئ البحيرات والمحيطات اذا استمر معدل التلوث الحالى كما هو . فالبحيرات التى كانت مياهها صافية ونظيفة لآلاف السنين الماضية اصبحت فى خلال عشرات السنين الماضية كثيفة النومات وكريهة المنظر والرائحة واختفى فيها التروت Trout والسلمون وسادت الشبوطات Cyprinids وذلك عندما استعملت كمصبات لنفايات الانسان .

وعندما تصب فى البيئة المائية مخلفات الانسان غير المعاملة والتي لا تحتوى مواد سامة فانها تتحلل بسرعة بواسطة البكتريا الى مكوناتها غير العضوية وتمتص الاكسجين الذائب فى الماء أثناء هذه العملية . وعندما يحدث ذلك فى حيز ضيق من الماء كالبحيرات أو مصاب الانهار أو الأماكن المحصورة فى البحار التى يقل فيها جريان الماء فإن الاكسجين اللازم لتهدم المخلفات ربما يزيد عن الاكسجين الموجود فعلا فى الماء فيصبح الماء خال من الاكسجين فيقضى معظم ما يحتويه من الاحياء المائية .

أما المخلفات المعاملة-والتي تهتم عادة بالنواحي الجمالية والصحة العامة فى طريقة المعاملة مع عدم الاهتمام بالنواحي المتعلقة بتأف البيئة وتوزيع الاحياء المائية بها- فمن شأنها ازالة نسبة كبيرة من المواد الصلبة من المخلفات ونسبة ضئيلة لا تتعدى 10% من محتوياتها من الفوسفور وهو أحد أكبر العناصر المسمدة للمياه . واذا كانت المعاملة مضاعفة فانها تزيل على الاكثر 30% من الفوسفور المتبقى . والمتبقى من الفوسفور هذا فى النفايات يفوق المواد المغذية الموجودة طبيعيا بالبيئة المائية ببضعة آلاف ضعف . ونتيجة لذلك فقد يكون البلاكتون النباتي phytoplankton عن طريق التمثيل الغذائى مواد عضوية أكثر مما تمت إزالته من مياه الصرف فى مصانع المعاملة .

وطالما بقيت المواد المغذية والطحالب الناتجة عنها قريبا من سطح الماء فان النبات ينتج الاكسجين بنشاط أثناء النهار ولا يشكل أى تهديد على ميزان الاكسجين فى النظام المائى عامة . أما فى الليل فتتنفس الطحالب وقد تقلل من مستوى الاكسجين الى قيمة منخفضة غير مرغوبة حتى بالنسبة للمياه السطحية . وعندما تموت الطحالب فإنها تغطس فى طبقات الماء الاعمق وربما تستهلك عند انحلالها كل الاكسجين الذائب وبذلك تقل أو تموت بعض الاسماك . وهذا هو ما يحدث حاليا فى كثير من البحيرات فى العالم وكذا البحيرات الضحلة فى المناطق الاستوائية وفى البحر الأبيض المتوسط بالقرب من تونس حيث أدت زيادة خصوبة الماء الى زيادة النمو النباتى وتلقت كمورد جيدة للاسماك ، على الأقل بالنسبة للاسماك ذات القيمة الاقتصادية العالية . وبعض الأسماك التى تحتاج الى مياه باردة فى القاع لكى تتمكن من الحياة فى فترات الصيف الحارة تموت وتفنئ عندما تصبح مياه القاع خالية من الاكسجين . وبهذا يتغير التوزيع العام للحياة فى مثل هذه المياه .

ولتجنب هذه المخاطر هناك اتجاه لصرف القسم شبه الصلب من مياه الصرف المعاملة على مسافات بعيدة من الشواطئ وفى المياه العميقة . الا انه قد ثبت ان معدل تدهم هذه المتبقيات تحت الظروف السائدة فى أعماق البحر من ضغط على ودرجة حرارة منخفضة يكون بطيئا جدا اذا ما قورن بمعدل التهدم والتحلل على نفس الدرجة من الحرارة ولكن تحت الضغط الجوى العادى . ويصبح التخلص من الفضلات بهذه الطريقة هو عبارة عن تأجيل المشكلة للاجيال القادمة وليس تخلص بما تعنيه العملية .

وعلى ذلك فعندما تتناقص الموارد السمكية ويتغير توزيع انماط الاحياء المائية فى البحار والمجارى المائية عامة فلا يمكن اغفال ضرورة اعادة استعمال المواد العضوية والسماذية المتبقية فى مياه الصرف الصحى والزراعى وهذه الحلول لا زالت فى مراحل التجارب ولكن يجب تشجيعها .

12-8-1-2 التلوث بالمنظفات Detergents

تحتوى عادة مياه الصرف الصحى على نسبة عالية من الفوسفور تعادل مرتين ونصف كمية النروجين الموجودة . وتساهم المنظفات بمحتواها من الفوسفور على حوالى 60% منها ويحتاج النمو النباتى العادى فى البيئة المائية على نسبة من الفوسفور أقل من نسبة النروجين وعلى ذلك حتى لو أمكن استبعاد جميع الفوسفور الذى مصدره المنظفات فإن الناتج سيكون غير متوازن وفقير فى المركبات النتروجينية. ويمكن فى بعض المناطق تعويض ذلك عن طريق المخلفات الصناعية

والزراعية الغنية في النتروجين . وينمو البلاكتون النباتي عادة بدرجة محدودة عند مصبات الانهار والمناطق الساحلية بسبب فقر الماء في النتروجين .

1-12-3 التلوث بمبيدات الآفات

استخدمت مركبات الهيدروكربونات الكلورينية بكثافة كمبيدات لدغات منذ منتصف الاربعينات ، وبلغ الانتاج العالمي من مركب ال د.د.ت - D.D.T حتى قيل باكتشاف علاقته بالامراض الخبيثة في أواخر الستينات بما يزيد على 85,000 طن . وبذلك فقد انتشرت متبقيات هذا المركب والمركبات الناتجة عن تحلله انتشارا واسعا في جميع ارجاء العالم وكانت لها تأثيرات بيولوجية بالغة الضرر . وتختلف الهيدروكربونات الكلورينية عن المركبات العضوية التي تتحل بسهولة وبسرعة بفعل البكتريا ولا يتبقى شيء من آثارها في الانسجة الحية ، ولا يوجد حتى الآن اية أنواع من البكتريا القادرة على تحليل مركبات الهيدروكربونات الكلورينية ولهذا فهي تبقى في البيئة لمدة طويلة . وقد ساعد على الانتشار السريع لمتبقياتهما في البيئة قدرة الآفات على تكوين سلالات مقاومة مما أدى الى الاستخدام المتزايد لجرعات أكبر من المبيد لبلوغ نفس الكفاءة في المقاومة .

ولا يمكن إنكار الفائدة العظمى التي نتجت عن استخدام هذه المركبات على المدى القصير كمبيدات للآفات المنزلية والزراعية . فقد تم استئصال الملاريا من كثير من المناطق في العالم باستخدام الـ D.D.T لإبادة باعوض الأنوفولس Anopheles mosquito وكانت مكافحة الحشرات في المحاصيل التجارية مثيرة للغاية . فقد أدى استخدام الـ D.D.T إلى زيادة الانتاج بما يعادل أكثر من خمسة أضعاف القيمة التي تدفع ثمنها لهذا المبيد ، ولكن وضح بعد ذلك ضخامة تكاليف التأثير الضار الجانبي الذي لم يكن متوقعا والذي فاق الفائدة العائدة من استخدامه . ومن الصعب عمل مسح شامل لتوزيع متبقيات الـ D.D.T في البيئة الا انه معروف أن البيئة البحرية هي المصب النهائي للـ D.D.T وغيره من المركبات الهيدروكربونية الكلورينية والتي تدخل البحار والمحيطات اما بواسطة حملها بالجو أو بواسطة الأنهار التي يبدو انها قليلة . وقد قدرت الكميات من هذه المركبات التي انتقلت الى البيئة البحرية حتى نهاية الستينات بحوالي 25% من الانتاج الكلي . والكمية التي انتقلت الى انسجة النباتات والحيوانات البحرية بأقل من 0.1% من الانتاج الكلي . وهذه الكمية الأخيرة رغم صغرها فقد الحقت أشد الضرر على البيئة البحرية . ولا يعرف حتى الآن المدة التي تبقى فيها هذه المتبقيات في البيئة البحرية دون تدهم وبذلك لا يعرف ما اذا كانت البيئة البحرية قد بلغت حالة التوازن الثابت أم ان تركيز المتبقيات أخذ في الزيادة حتى بعد الحد من استخداماتها وقصرها مثلا على اغراض الصحة العامة والتي فيها لا يتسرب كميتبقيات

فى البئنة الا الكمبات الضئيلة . وبدو ان المركبات الهيدروكربونية الكلورينية الاخرى الآخذة فى الاستءام كمبيءات للآفات من حشرات وفطريات وحشائش لها تأثيرات بيولوجية ضارة مثل الـ D.D.T الا انها لم تقيم بعد . هذا بالاضافة الى مركبات ثنائى الفينائل عءيد الكلورين Polychlorinated Biophenyls (PCBs) السامة جدا والمستءمة بكثرة فى الصنائة كعوامل تءلين Plasticizers فى انتاج البلاستك والمطاط وما تءءئه من متبقيات والتى وءءت فى كل ما أمكن تءءيد طرق معتمءة للتعرف عليها . وكلما ءرست الآثار الضارة لمتبقيات هذه المركبات غير القابلة للتحلل ءيوبيا كلما اكشفت تأثيراتها الضارة التى لم تكن متوقعة .

ونظرا للتأثير المتلف للبيئة الذى يءءئه الـ D.D.T فقد ءرم استءامه فى العمليات الزراعية فى كئير من الءول المتقدمة منذ السبعينات ، الا ان كئيرا من البلاد النامية لازالت تستءمه نظرا لاحتياجها الى انقاذ المحاصيل الغذائية ، وبدو انها مستمرة فى ذلك طالما لم يوجد البءيل الفعال الذى يعاىل الـ DD.T فى رءصه . ووجود الآن متوافرا بءائل من مبيءات الحشرات الاقل مقاومة فى البيئة ويمكنها التحلل بسرعة وتصبح غير ضارة الا انه نظرا لسهولة وسرعة تءءمها فلا بد من معاملة المحاصيل بها عدة مرات لبلوغ الءرءة المماثلة من المكافءة للآفات . وهى بصفة عامة أعلى ثنا من الـ D.D.T وتأثيراتها العامة على البيئة لا تظهر الا بعد الاستءام الطويل لها . كما أن كئيرا من المركبات الهيدروكربونية الفوسفورية اكثر سمية من الـ D.D.T للءئبيات والانسان . فهناك العءيد من المشاكل العلمية والاقتصادية التى يجب ءراسئها وابعاء حلول لها قبل منع استءام الـ D.D.T وغيره من المركبات الهيدروكربونية الكلورينية فى جميع انءاء العالم .

وقء ثبت على مستوى الابعاء المعملية ان التركيزات المثبئة من الـ D.D.T للبلانكتون النباتى هى فى ءءوء 10 ءزاء فى البليون (10ppb) فى ءين ان قابلية ذوبان الـ D.D.T بمءءار ءزاء فى البليون (1 ppb) أى عشر التركيزات المثبئة للبلانكتون النباتى . الا ان البلانكتون النباتى الذى ينمو فى المياه السطءية وهو الناتء الأولى ومصدر كل المواد العءوية التى تغذى الكائنات ءية الاخرى يتعرض الى تأثير مزدوء للـ D.D.T الذائب فى مياه البءار وذلك الذى يذوب فى الءهون ويتركز فى صورة أعشبة زيتية . ويتءمع الـ D.D.T فى البلانكتون ءيوبانى بتركيز اكبر مما يوجد فى البلانكتون النباتى .

ونظراً لأن الانسءة ءية غير قادرة على تمثيل الـ D.D.T وانه يتركز فى البركة الءهنية lipid pool للكائنات ءية . وهو يميل الى التءمع والتركيز بفاعلية

أكثر كد. سر بالسنويات الأخرى للسلسلة الغذائية . وعلى هذا فترعى على الملاكاتين
الحيوانى يجمع تركيزا من الـ D.D.T أعلى من الرعى على الملاكاتين الأخرى
وأكلات اللحوم من الطيور والأسماك البحرية تجبج أكبر الكميات من متبقيات الـ
D.D.T وهى - ممن تلك التى نحقت بها أكبر التأثيرات الضارة . وعموما فقد ثبت أن
جميع أسماك المياه العذبة والمالحة ملوثة بالـ D.D.T أو ناتجت تهمه والثى لها
تأثيرات فيسيولوجية مشابهة الـ D.D.T . كما وجد أن تركيز 5 جزء فى المليون فى
بيض سمك التروت trout المياه العذبة يؤدى الى 100% فشل فى تطور السمكة
وتموت الأسماك فى الوقت الذى يبدأ تمثيل كيس الصفار . كما ثبت عدم تحمل الانواع
التجارية من الجمبرى والكاپوريا لتركيزات أقل من 0.2 جزء فى المليون من الـ
D.D.T وماتت هذه الأسماك فى أقل من 20 يوم لتعرضها . كما يؤثر الـ D.D.T
على نمو المحارات oysters فى مستويات تبلغ 0.1 جزء فى المليون (0.1 ppb) فى
الماء المحيط بها . وعلى العموم فهناك تأثير مباشر لك الـ D.D.T أقل من درجة ذوبانه
فى الماء . وقد اعدمت كميات كبيرة من أسماك الكاريل Macherel فى مناطق
كثيرة من العالم لاحتواء الانسجة بها على أكثر من 5 جزء / المليون وهو الحد الاقصى
المسموح به للجزء القابل للأكل فى الأسماك . وهذا مثل للحالات التى تقاوم فيها
الأسماك تأثيرات الـ D.D.T ولكن يتأثر الانتاج تأثيرا خطيرا بسبب التلوث .

وفما يتعلق بالطيور وخاصة المفترسة منها والثى تمضى معظم حياتها فى
البحار أو بالقرب منها فقد قلت تجمعاتها وانواعها بدرجة كبيرة حيث يؤدى تراكم
متبقيات الـ D.D.T الى فشل البويضات فى الفقس . ومن المتوقع أنه بتجمع متبقيات
الـ D.D.T وغيرها من الكيماويات الهيدروكربونية فى نظم الكائنات الحية البحرية
حول العالم يزيد الفشل التناسلى فى انواع الطيور البحرية .

12-1-8-4 التلوث بالبتترول ونواتج تحككه ومخلفاته

البتترول هو أحد ملوثات البحار والمحيطات الآخذة فى الزيادة عاما بعد عام. وتقدر
كمية البترول الملوثة للبحار والمحيطات من جميع المصادر بما يتراوح بين 1-10
مليون طن سنويا . ويحدث معظمها فى المناطق الساحلية. كما توجد بعض البقع
البتروولية وكريات القطران فى عرض المحيطات والبحار ، مما يدل على أن تلوث
البيئة المائية أصبح يشكل خطورة على الأسماك فى شتى بقاع العالم .

والبتترول الخام عبارة عن مخلوط من مركبات كثيرة وقد يحتوى البترول
الخام على آلاف من المركبات المختلفة . كما تختلف هذه المركبات من حيث ذاتيتها
وخواصها الضيغية والتركيبية باختلاف المصدر . وتهدف عملية التكرير الى استبعاد

مركبات معينة ومع ذلك فالبتترول المكرر مخلوط معقد من أنواع مختلفة من الهيدروكربونات .

وتحتوى جميع أنواع البترول الخام على مركبات سامة للأحياء المائية . وبعضها قابل للذوبان فى الماء وبعضها يتبخر على السطح وبعضها يكون بقع وجسيمات تنتشر بسرعة وبعضها يرسب فى قاع البحار والمحيطات وينفذ داخل رمال القاع . ويحتاج التقييم الكامل لمدى سمية وتوزيع الملوثات البترولية الى دراسة وافية لتأثير كل مكون على حدة . ولا تحتوى الدراسات التى أجريت حتى الآن الا على القليل منها . الا انه قد عرف وشهد من زمن بعيد انه عادة يتبع تلوث البحار بالبتترول انجراف الأحياء البحرية الميتة الى الشواطئ ومن بينها الاسماك ذات القيمة التجارية وكذا الطيور وحتى السرطانات lobsters أو الاسماك التى تعيش فى القاع . كما لوحظ انه حتى بالنسبة للأحياء البحرية التى امكثها مقاومة لتأثير التلوث البترولى أن أنسجتها تحتوى اثار منه حتى بعد مرور اكثر من سنة على احداث التلوث البترولى. وقد ثبت ان الهيدروكربونات يمكنها النفاذ من جدر الامعاء والتجمع فى الاجزاء الدهنية lipid pool حيث تذوب فى الاحماض الدهنية . وحتى بالنسبة للهيدروكربونات غير الثابتة فهى لا تهدم بل تكون فى حماية من فعل البكتريا ويمكنها أن تنتقل الى الأحياء المفترسة ثم الى الانسان بعد تناوله الأغذية البحرية الملوثة .

وفى الحقيقة فان الهيدروكربونات التى يتكون منها البترول الخام يمكنها التحلل بواسطة الأحياء الدقيقة البحرية ، الا انه لا يعرف الا القليل عن معدل التهدم ، ولا يوجد ميكروب واحد يمكنه تحليل كل مكونات البترول الخام حيث ان البكتريا أحياء شديدة التخصص ويحتاج الامر للعديد من السلالات التى يمكنها تحليل جميع أنواع الهيدروكربونات الموجودة فى البترول الخام . ولسوء الحظ فان البرافينات العادية وهى الأقل سمية هى التى تهدم وتتحلل بسرعة - اما الهيدروكربونات الأروماتية السامة وبخاصة عديدة الاحماض النووية منها polynuclear aromatics فهى لا تتحلل بسرعة .

وقد ثبت ان المياه الساحلية يمكنها تجديد نفسها بنفسها من اثار التلوث بدليل أنها لا تخلو من الأحياء البحرية رغم التلوثات التى تطرأ عليها ولكن من البديهي ان زيادة التلوث عن قدرة البحار على تجديد نفسها قد يؤدى الى كوارث كبيرة ، فقدره البحار والمحيطات على استيعاب التلوث البترولى غير معروفة .

ويشكل التلوث البترولى عن طريق الحوادث حوالى 10% من مجموع التلوث البحرى بالبتترول ، والباقي مصدره العمليات العادية لحركات البواخر ، ونتاج البترول

من مياه الشواطئ ، وعمليات التكرير ، وتصريف مخلفات البترول ، وكذلك الهيدروكربونات غير مكتملة الاحتراق التي تنتج كعوادم لحركات السفن ، وكذا مياه غسل ناقلات البترول . فعادة بعد تفرغ البترول من الشاحنات تملأ بالماء لحفظ توازنها أثناء العودة وتفرغ هذه الكمية من المياه في البحر على بعد لا يقل عن 50 كم من الساطئ ، وتنظف الناقلات قبل دخولها ميناء الشحن . ولا تشكل عوادم زيت تزييت السيارات وغيرها من الماكينات الا القليل من نسبة التلوث . فبالرغم من أن كمياتها تتراوح بين 0.5-1.0 مليون طن سنويا فان معظمها يصرف في الارض وتمثل حوادث الناقلات أقل من 10% من مجموع التلوث للبحار والمحيطات .

12-1-8-5 التلوث بملوثات أخرى عضوية

وبالإضافة الى ما سلف يوجد بضعة الاف نوع من المركبات الكيماوية تنتجها المصانع كمخلفات للعمليات الصناعية المختلفة تصرف في البحار وتلوث مياها . بالإضافة الى ان صناعة البتروكيماويات المتنوعة ينتج عنها مخلفات عضوية ومعدينية كالمعادن الثقيلة والاحماض والكلورين وكلها تصب مخلفاتها في المجارى المائية ثم في المياه البحرية . وبعض هذه المخلفات تؤدي الى تلف نكهة المنتجات النهرية والبحرية وبعضها مسبب للأمراض الخبيثة . وقد تتجمع في انسجة الحيوانات النهرية والبحرية وينتقل الى الانسان . كما يوجد مخاطر أخرى لتلوث البحار والمحيطات عند نقل البتروكيماويات عبر البحار ، سواء ماكان منها مذيبات عضوية أو منتجات سطوية تحتاج الى استكمال تصنيعها . وينتج عن صناعة العجائن الورقية والورق مخلفات أخرى قد تسبب مشاكل كبيرة اذا ماتسربت الى المياه البحرية . وكل هذه المركبات اذا ماتم تحللها وتهدمها بواسطة البكتريا المائية فانها تحتاج الى الأكسجين الذائب شأنها شأن مياه الصرف الصحي غير المعاملة وتحول الماء الى ماء خال من الاكسجين قابل لإنتاج غازات كبريتور الأيدروجين والميثان التي تقتل كل الاحياء المائية في المنطقة . وإذا ماتم تصريف مثل هذه المخلفات في المجارى المائية العذبة وتكونت مواد سامة عديمة الرائحة فتشكل مثل هذه المياه أخطارا جسيمة بالنسبة للانسان اذا ما استعمل هذا المصدر كمياد للشرب . وعلى العموم فلا زالت الدراسات عن تأثير هذه الكيماويات على الاحياء المائية غير مكتملة .

12-1-8-6 التلوث بالمخلفات غير العضوية

يعرف عدد كبير من الكيماويات المعدنية كمخلفات في البيئة المائية تتراوح ما بين غير ضار بتاتا الى شديد السمية . ويختلف مدى ضررها باختلاف أماكن تصريفها واما اذا كانت في المياه العذبة أو في المياه المالحة . فالأحماض والقلويات وهي مخلفات لكثير من الصناعات المختلفة يكون لها تأثير بالغ القدر اذا ما صرفت في المياه

العذبة حيث أن هذه المياه تحدى على أحياء دقيقة حساسة للحموضة أو قلوية البيئة المائية التي تعيش فيها بخلاف مياه البحار التي تحوى على أملاح معدنية تكون قادرة على معادلة الحموضة أو القلوية وتقليل تأثيرها على البيئة البحرية . ويوجد بالمياه البحرية عناصر أخرى بوفرة فعندما تستقبل كميات اضائية منها كمخلفات فيكون لها تأثيرات ضئيلة ولكنها قد تكون لها تأثيرات كبرى اذا دخلت الى بيئة المياه العذبة . وينتمى الى هذه المجموعة من العناصر الصوديوم والنوتاسيوم والكلورين والكالسيوم والمغنسيوم وأيونات الكبريتات . فإضافة مثل هذه العناصر الى بيئة المياه المالحة ستحدث تغيرات نسبية بسيطة وربما لا تؤثر بتاتا على النظم الحية بها ولكن نفس التركيز قد يكون بالغ الأثر فى حالة المياه العذبة .

ومن المتوقع أن جميع العناصر التي قد تكون موجودة فى التربة أو الصخور بفعل العمليات الجيولوجية الطبيعية تكون فى تآكل وذوبان مستمر ويكون مصبها النهائى هو البيئة المائية العذبة أو المالحة . ونتيجة للعمليات الصناعية المختلفة التي يقوم بها الإنسان تزداد هذه المخلفات الصناعية بنسب بسيطة أو كبيرة حسب أنشطة الإنسان الصناعية .

وأكبر المعادن التي تحتويها المخلفات غير العضوية هو الحديد وليس له تأثير يذكر فى البيئة المائية العذبة أو المالحة . ويليه من حيث الكمية النتروجين والفوسفور ولهما تأثير مسمد للمياه سبق الكلام عنه فى مخلفات الصرف الصحى والزراعى . أما بقية المعادن فهي سامة ولها تأثيرات متفاوتة على الأحياء المائية ومن ثم الإنسان أهمها الزئبق والرصاص والنحاس والكاميوم والكروم والزنك والنيكل والزرنيخ . وإنتاج هذه المعادن متزايد وبالتالي فإن مخلفاتها فى البحار متزايدة وحتى الآن لا يوجد لها تأثير بالغ على البيئة المائية فيما عدا الزئبق والرصاص وفقط فى مناطق محدودة يتميز فيها التلوث بكثافة عالية .

12-1-8-6-1 التلوث بالزئبق

فالزئبق مادة سامة لكل من الإنسان والأحياء المائية وأصبح الآن واسع الانتشار فى البيئة هو كغيره من المعادن الشديدة السمية يتجمع فى أجسام الكائنات الحية ويبقى فيها لمدة طويلة ويعمل كسم تراكمى . وهو يستعمل فى كثير من العمليات الصناعية ويمكن أن ينتقل إلى البيئة المائية كمخلفات أو عن طريق الهواء الجوى حيث أن ضغطه البخارى عالى على درجة الحرارة العادية ويولد بخار ينطلق باستمرار فى الهواء المحيط . هذا بالإضافة إلى العمليات الصناعية التي تستخدم فيها الحرارة فيزداد انطلاق الزئبق فى الجو كبخار . كما أن المركبات الزئبقية تستخدم كمبيدات للأفات

خاصة في مقاومة الفطر في الزراعة وكذا في صناعة الورق لإزالة المواد الغروية، وكذلك كعامل مزيل للرغوة في صناعة البويات . ومخلفات هذه الصناعات المحتوية على نسب معينة من المعدن تصب مباشرة في المجارى المائية وفي النهاية في الأنهار والبحار .

وأملح الزئبق المعدنية سامة جدا . كما ان بعض الاملاح العضوية له اشد سمية . ويتحول الزئبق في البيئة المائية الى ميثايل الزئبق بفعل البكتريا ويتراكم في الأسماك والاصداف ويكون في غاية السمية بالنسبة للانسان الذى يستهلك هذه الأسماك. وقد حدثت حالات وفاة كثيرة في اليابان بسبب التسمم بالزئبق نتيجة لاستهلاك اغذية بحرية ملوثة به . وهناك كثير من البحيرات في السويد ومناطق ساحلية في بحر البلطيق زاد فيها التلوث بالزئبق ومنع صيد الاسماك بها . ويوجد حالات أخرى كثيرة في دول كثيرة منع بها صيد الاسماك أو نوع معين من الاسماك بسبب التلوث الزائد بالزئبق . وتحتوى اسماك المحيطات وبالذات التونة واسماك سيف البحر sword fish إلى اكبر تلوث للزئبق في انسجتها ويؤثر ذلك على تجارة هذه الأسماك بدرجة كبيرة .

ونظرا لان الزئبق معدن ثمين فيمكن في كثير من الأحوال إستخلاصه من المخلفات واعادة استعماله في الصناعة الا أنه في حالة استخدامه في الزراعة في معاملة البذور كمثبط لنمو الفطريات لا يمكن إستخلاصه واعادة استخدامه ولهذا فقد حرمت بعض الدول استخدامه كمبيد للفطريات .

12-1-8-6-2 التلوث بالرصاص

أما الرصاص فيلى الزئبق من حيث خطورته على البيئة المائية التى يلوثها وذلك بعدة طرق منها وأهمها اضافته في صورة رابع ايثايل الرصاص tetraethyle lead الى البنزين لتحسين كفاءة ماكينات السيارات . وعند حرق البنزين ينتقل الرصاص الى الجو ويعيق نمو النباتات . وقد لوحظ ذلك بوضوح فى المناطق التى تتميز بحركة كثيفة للسيارات . وهو كغيره من الملوثات التى تنتقل عن طريق الجو فيمكن ان يحمله الجو لمسافات بعيدة عن المصدر وترسب فى البحار كجزئيات أو بعد ذوبانها فى الأمطار . وقد ثبت تركيزها الزائد فى المياه السطحية للبحار فى بعض المناطق بالمقارنة بالمياه العميقة . وتوجد عادة التركيزات الكبيرة من الرصاص كرواسب فى قاع البحار بالقرب من تجمعات الاحياء المائية .

أما بقية المعادن التى تلوث البحار فنظرا لوجودها كمعادن ملوثة فى البحار بتركيزات بسيطة ففى لا تشكل خطورة كبيرة كما فى حالة الزئبق والرصاص .

12-1-8-7 التلوث بالمواد المشعة

يُعتبر تلوث البيئة المائية بالمواد المشعة مرضاً ذرياً طابع خاص كثير التعقيد. فالنشاط الإشعاعي قد ينتج عنه مشاكل كثيرة. حيث إن النظائر المشعة لا تحدث فقط تأثيراً مباشراً وسريعاً للكائنات الحية، بل وأهم من ذلك أنها قد تؤدي إلى ظهور تحولات للاحماض النووية التي تحمل كل المعلومات الخاصة بتطور الخلية مما يكون له أبلغ الأثر في الأجيال التالية. ويوجد سيطرة محكمة للاستخدام المدني للطاقة النووية لتقليل المخاطر التي قد تتعرض لها الصحة العامة أو تؤدي إلى تلف الموارد المائية. إلا أن الطلب المتزايد للطاقة الكهربائية سيؤدي حتماً إلى زيادة استخدام الطاقة النووية مستقبلاً ومشاكل تصريف المخلفات المشعة سيتطلب عناية شديدة. ومن الممكن أن تتلوث البيئة المائية بالمواد التي لها نشاط إشعاعي عن طريق عدة مصادر بعضها يخضع لرقابة محكمة، إلا أن بعضها يحدث مصادفةً ومن الصعب التنبؤ به أو مراقبته بإحكام وينتج عن ذلك أضرار بالغة.

ومن المعروف أن النشاط الإشعاعي أخذاً في الزيادة بإضطراد في البيئة الجوية والمائية منذ أن كانت الأسلحة النووية تجرى في الجو مما اضطرت معه الدول إلى تحريم التفجيرات في الجو، فبدأ بعد ذلك النشاط الإشعاعي يقل تدريجياً في البيئة الجوية والمائية.

فعندما تنفجر الأسلحة النووية في الجو يرتفع الغبار الذري في الطبقات العليا ويتوزع بسرعة في كل أنحاء الكرة الأرضية. إلا أن الجزيئات الحبيبية نوعاً تعود ثانية إلى الأرض على بعد كيلو مترات قليلة في صورة تساقط ذري، أما الجزيئات الدقيقة فأنها تبقى في طبقات الجو العليا وتنتقل حول الأرض وتعتبر مصدر تلوث إشعاعي لسنوات عديدة تتوقف على نوع العناصر المشعة المنبثقة. وقد أدت الاختبارات الخاصة بالأسلحة النووية في البداية إلى تلوث البيئة الجوية والمائية وكان من الممكن قياسها بسهولة في كل أنحاء العالم.

وقد روعي في تصميم وبناء السفن والغواصات الاحتياطات اللازمة لعدم تلوث البيئة بالعناصر المشعة. ولا يوجد أي مخاطر للتلوث الإشعاعي عن طريق هذا المصدر مادام تشغيل هذه المعدات يخضع لرقابة محكمة.

إلا أن الزيادة المتوقعة في إنتاج الطاقة النووية يترتب عليه زيادة لا يمكن تجنبها في المخلفات النووية التي يجب التخلص منها بطريقة لا تعرض البيئة الجوية أو المائية للخطر.

وتنتج هذه المخلفات فى مفاعلات تصنيع الوقود الذرى والتى فيها تنتقل المخلفات الانشطارية من اليورانيوم غير المنشطر الذى يمكن اعادة استخدامه . وتخزن عادة هذه المخلفات السائلة المشعة فى تنكات كبيرة من الاسمنت أو الصلب فى أماكن انتاجها بطريقة تمنع تسربها الى البيئة الجوية . وبمرور الوقت تستقر هذه العناصر المشعة وتتحول الى عناصر ثابتة غير مشعة . ويكون التخزين بهذه الطريقة مأمونا لبضعة أجيال لمنع أى تلوث اشعاعى للبيئة حيث أن نصف العمر للعناصر الخطرة الموجودة فى مخلوط انشطاري معين تقاس عادة بعشرات السنين ، فمثلا نصف العمر للسترانشيوم ^{90}Sr المشع هو 27.7 سنة وللتريتيم ^3T 12.3 سنة .

وتوجد مصادر أخرى لتلوث البيئة المائية بالاشعاع منها التجارب المعملية والاستخدام الطبى للنظائر المشعة . وتمارس عمليات الرقابة بإحكام لحماية البيئة والاشخاص المعرضين . وعادة تكون المخلفات السائلة عن هذا الطريق منخفضة التركيز ويمكن صرفها فى مياه الصرف الصحى دون أخطار تذكر . أما المواد الصلبة الملوثة كالادوات الزجاجية وغيرها فكانت توضع فى براميل ثقيلة وتصرف فى أعماق البحار . وحديثا تدفن فى الارض فى مكان خاص أعد لهذا الغرض بطريقة تمنع تسرب أى اشعاع فى البيئة الجوية .

وعلى العموم فإن الرقابة المحكمة المستمرة قد ساعدت على حفظ مستوى التلوث الاشعاعى للبيئة الجوية والمائية الى أقل المستويات الآمنة والخطر كلى يكمن فى التسرب الاشعاعى بسبب الحوادث المفاجئة وقد ذكر هذا الموضوع بالتفصيل تحت عنوان التلوث الاشعاعى للبيئة والأغذية .

12-2 الفساد أو التلف غير الميكروبي للأغذية Non-Microbial Spoilage or Deterioration of Food

12-2-1 مقدمة

يقصد بكلمة فساد Spoilage منسوبة إلى الغذاء واحد أو أكثر من التغيرات التي قد تطرأ على الغذاء وتحوّله إلى مادة غير صالحة للإستهلاك أو ضارة بالصحة. وغالباً ما يكون ذلك بسبب عوامل بيولوجية مصدرها الميكروبات أو عوامل كيميائية يحثه ليس للميكروبات دخل فيها. وسوف لا يتناول هذا الباب عوامل الفساد الميكروبي حيث سيأتي الكلام عنه مفصلاً في الباب الثالث عشر.

أما تلف الغذاء أو تدهور صفاته أو درجة جودته deterioration فيقصد به واحد أو أكثر من التغيرات التي قد تطرأ عليه وتحوّله إلى مادة لا يقبلها المستهلك بالرغم من أنها قد لا تكون ضارة بالصحة أو قد تكون غير كاذبة، القيمة الغذائية. وغالباً ما تكون هذه التغيرات كيميائية أو حيوية أو فيزيائية الأصل مصدرها الظروف المحيطة بالغذاء كالهواء (الأكسجين) أو الرطوبة أو الحرارة أو الضوء أو فعل الحشرات أو القوارض أو الطيور أو غيرها.

وهناك أغذية قابلة أو سريعة التلف أو الفساد perishable أكثر من غيرها بسبب عوامل كثيرة متنوعة تتعلق بتكوينها أو الظروف المحيطة بها أو كليهما.

وفساد الأغذية عامة أو تلفها ما هو إلا حلقة في سلسلة دورة الحياة في الطبيعة. فعندما يموت الحيوان أو النبات (يفرض أن ذلك يحدث للحيوان بتوقف القلب عن إمداد أنسجة الجسم بالدم الذي يحمل الأكسجين والمواد الغذائية وغيرها ويموت النبات بانفصاله عن مصدر تغذيته كالجذور والنبات الأم) تبدأ أنسجته في التحلل الذاتي إلى وحداتها البنائية البسيطة ثم إلى العناصر التي تتكون منها هذه الوحدات البنائية وتعود ثانية للأرض وتستخدم في تكوين مركبات جديدة نافعة عن طريق النبات وما يحتويه من جذور وبمساعدة أشعة الشمس. فجميع المواد العضوية يتخلف عنها عنصرى الكربون والنيتروجين حيث يستخدمان مرة أخرى في تكوين ونمو النباتات الجديدة التي يأكلها الحيوان حيث ينمو ويكون أنسجته وبهذا تستمر دورة الحياة في الطبيعة، ولولا ذلك لانقرضت النباتات والحيوانات والحياة عامة على وجه الأرض. وعلى ذلك فالإنسان بمحاولاته دراسة ومنع فساد الأغذية هو في الحقيقة يعمل في اتجاه مصاد لقوى الطبيعة.

وبصفة عامة فإن للمادة الغذائية الطازجة كيان خاص بها يقيها بدرجة ما من الظروف الخارجية المحيطة بها. فكثير من المواد الغذائية كالخضار والفاكهة يكون لها

طبقة خاصة أو قشرة صلبة نوعا ما تحميها من المؤثرات الخارجية ، كما أن بعضها قد يكون مغطى بطبقة شمعية كما فى حالة معظم الفواكه أو بمادة مخاطية كما فى حالة بعض الخضر . ويساعد هذا النوع من الوقاية الطبيعية على صيانة المادة الغذائية الطازجة لفترة محدودة من الزمن . فالمادة الغذائية التى ليس لها هذا الكيان الواقى تكون أكثر وأسرع تعرضاً للفساد عن غيرها كالحليب مثلا . وما دامت المادة الغذائية محتفظة بهذا الكيان المحدود فإن محتوياتها الداخلية تبقى منفصلة عن الوسط الخارجى وبالتالي تكون أقل عرضة للفساد أو التلف .

أما إذا تهشم هذا الكيان لسبب ما نتيجة للكسور أو الجروح أثناء الجمع أو النقل أو التخزين أو نتيجة لتعرضها للقوارض أو الحشرات أو الطيور أو غيرها ، تصبح المادة الغذائية معرضة للوسط الخارجى وتبدأ سرعة فسادها . فتهشم المادة الغذائية يؤدي الى زيادة السطح المعرض منها كما يؤدي الى تعرضها للعوامل الخارجية كالهواء والاحياء الدقيقة . فالفاكهة السليمة مثلا تحتفظ بحالتها مدة أطول من مثيلتها التى تهشمت قشرتها أو جرحت أو ثقت . وإذا ما أدى هذا التهشم الى تهشم جدار الخلايا الداخلية تتعرض المادة للفساد بسرعة أكبر بواسطة الانزيمات الموجودة داخل الخلية أو للتخمر بوسط الخميرة المنتشرة فى الهواء المحيط بها . وقياسا على ذلك يكون اللحم المفروم أكثر وأسرع تعرضا للفساد عن اللحم قبل فرمه ، وذلك نتيجة لزيادة السطح المعرض وخروج العصارة الخلوية السهلة التحلل فى الحالة الاولى . ويقطع الفاكهة أو الخضر بسكين غير حاد يعرضها للفساد بسرعة أكبر مما لو قطعت بسكين حاد ، نظرا لتهشم طبقة أسمك من الخلايا فى الحالة الأولى وخروج العصارة الخلوية بما فيها من انزيمات بدرجة أكبر وبالتالي سرعة فسادها .

لهذا كان من الضرورى عند جمع المحاصيل الغذائية أو تعبئتها أو نقلها أو تخزينها أو تداولها بصفة عامة مراعاة الظروف الفنية فى ذلك لمنع تهشمها أو جرحها أو اصابتها بانكدمات أو بالآفات المختلفة لحمايتها من فعل الميكروبات أو التفاعلات الكيميائية نتيجة لإتصال محتوياتها بالهواء أو بالتفاعلات الانزيمية المختلفة سواء كانت ناتجة عن الانزيمات الموجودة أصلا بخلاياها أو تلك التى تفرزها الميكروبات .

وهناك أغذية كالحبوب والدقيق ومنتجاتهما والبقول قد لا تظهر فيها حالات فساد كثيرة من أصل ميكروبي ولكنها مع ذلك تكون عرضة للاصابة بالحشرات أو القوارض أو الطيور . ويمكن القول بان الاصابة بالقوارض أو الحشرات أو الطيور ليس فسادا أو تلفا بالمعنى الحقيقى فقد لا يشكل أخطارا جسيمة أو سريعة على الصحة العامة أو مدى تقبل المستهلك لها . الا انه يجب عدم التهوين من شأن هذا التلف

فالقوارض والحشرات والطيور ومخلفاتها تنقل الامراض كما أن بعض الحشرات قد تترك في الغذاء آثار لمواد مسببة للأمراض الخبيثة .

و قد تكتسب بعض الأغذية طعماً أو رائحة غريبة بسبب تداولها أو تخزينها أو تصنيعها بواسطة معدات سبق استخدامها لأغذية أخرى ذات رائحة مخالفة أو مميزة ولم يتم تنظيفها بدرجة كافية ، فتصبح بذلك أغذية تالفة -عنى الأفل- بالنسبة لمجمعة من المستهلكين بالرغم من انه لم يطرأ عليها أى تغيير آخر فيما يتعلق بتركيبها أو قيمتها الغذائية . كما يحدث عند تصيع الفاكهة أو الخضر بواسطة معدات سبق استخدامها فى تصيع الاسماك دون تنظيفها بدرجة كافية لإزالة الرائحة المميزة المعروفة للأسماك . وما يقال عن رائحة الاسماك فى منتجات الفاكهة أو الخضر يقال عن مبيدات الآفات وخاصة العضوية منها المخلقة كالمبيدات الكلورينية أو التوسفورية عند تخزينها أو نقلها فى مخازن أو وسائل نقل بجوار عيوب من الحبوب أو البقول أو المواد الغذائية المحتوية على زيوت طيارة مرغوبة كالتوابل والشاى حيث تكتسب هذه المنتجات الرائحة النفاذة المعروفة لهذه المبيدات . وليس هذا فقط بل ثبت بالتحليلات الدقيقة أن مثل هذه المنتجات التى تكتسب رائحة المبيدات تحوى فعلا آثار منها وتصبح ضارة بالصحة .

والخلاصة أنه يحدث فساد أو تلف الاغذية أو تدهور فى درجة جودتها نتيجة لعوامل تؤدى الى إحداث تغييرات فى مظهرها أو لونها أو قوامها أو رائحتها أو طعمها أو تركيبها الكيماوى أو قيمتها الغذائية وتتوقف سرعة هذه التغييرات على حالة المادة الغذائية ومدى تعرضها لهذه العوامل . وتوجد ثلاثة عوامل رئيسية يتوقف فساد الأغذية أو تلفها على مدى نشاطها هى فعل الأحياء الدقيقة (وسياتى الكلام عنه فى الباب الثالث عشر) والتفاعلات الكيماوية والتفاعلات الإنزيمية . هذا بالإضافة إلى فعل الحشرات والقوارض والطيور . ويتوقف نشاط هذه العوامل على عوامل أخرى خاصة كدرجة الحرارة أو الرطوبة ووجود وحالة الأكسجين أو نشاط الماء وتركيب المادة الغذائية نفسها ووجود مواد منشطة أو مثبطة لعوامل الفساد أو التلف أو التغيير بصفة عامة .

12-2-2 التفاعلات الكيماوية البحتة وما تحدثه من تغييرات

قد تطرأ على بعض المواد الغذائية تغييرات متنوعة نتيجة للتفاعلات الكيماوية البحتة التى قد تحدث بين المكونات الطبيعية لها تحت ظروف خاصة أو نتيجة لتفاعل المادة الغذائية مع بعض المعادن الملوثة لها أو المواد المضافة إليها . ويساعد على حدوث هذه التفاعلات عوامل طبيعية خاصة كالحرارة والضوء والهواء وغيرها .

وهذه التغيرات تكون مصاحبة في أغلب الأحيان لتغيرات في اللون أو الطعم أو الرائحة أو القوام كما قد يكون لها تأثير متلف للقيمة الغذائية . فقد يحدث إنحلال مائي للمواد النشوية أو السكريات تحت تأثير الحرارة أو الأحماض أثناء الحفظ أو قد يحدث تجمع للبروتين بواسطة الحرارة أو كرملة للسكريات في المواد المحتوية عليه أثناء التسخين الزائد والتي تكون مصاحبة لتغير في اللون أو الطعم أو فيهما معا . إلا أن أهم التغيرات التي قد تحدث نتيجة للتفاعلات الكيماوية وتؤدي في كثير من الحالات إلى فساد المواد الغذائية أو تلفها أو التأثير على قيمتها الغذائية أو عدم تقبلها بواسطة المستهلك ، أهم هذه التغيرات هي الناتجة عن الأكسدة أو تفاعلات مجموعات الأمين مع الكربونيل carbonyl-amine reactions .

12-2-2-1 أكسدة حامض الأسكوربيك (فيتامين ج)

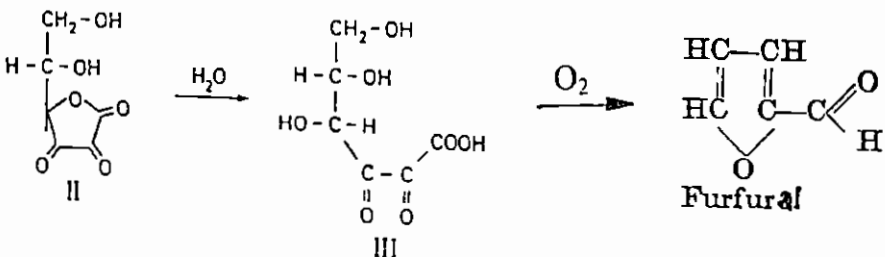
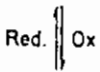
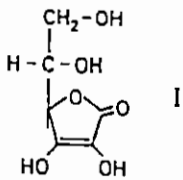
Ascorbic acid (vitamin C)

تعتبر الموالح المصدر الكلاسيكي لفيتامين ج (30-70 مجم/100 مل من العصير) إلا أن الجوافة والبقدونس والفلل الأخضر وقشر الجوز الأخضر green walnut peel وقواعد الورد rose hips تعتبر من مصادره الغنية (100-400 مجم/100 جم) . وقد يضاف فيتامين ج لعصير الفواكه عند حفظها كمضاف لمنع الأكسدة antioxidant والمحافظة على اللون الطبيعي لعصير الفواكه وخاصة الموالح. كما قد يضاف ثاني أكسيد الكبريت (أو مواد محتوية عليه) لعصير الموالح للمحافظة على فيتامين ج الطبيعي . ويكون نتيجة ذلك وقاية فيتامين ج من التأكسد ولكن يحدث هدم كامل لفيتامين ب1 - الثيامين - حيث أن ثاني أكسيد الكبريت يؤدي إلى انفصال نواتي الثيازول thiazole والبيرييميدين pyrimidine عند رقم حموضة pH=5.

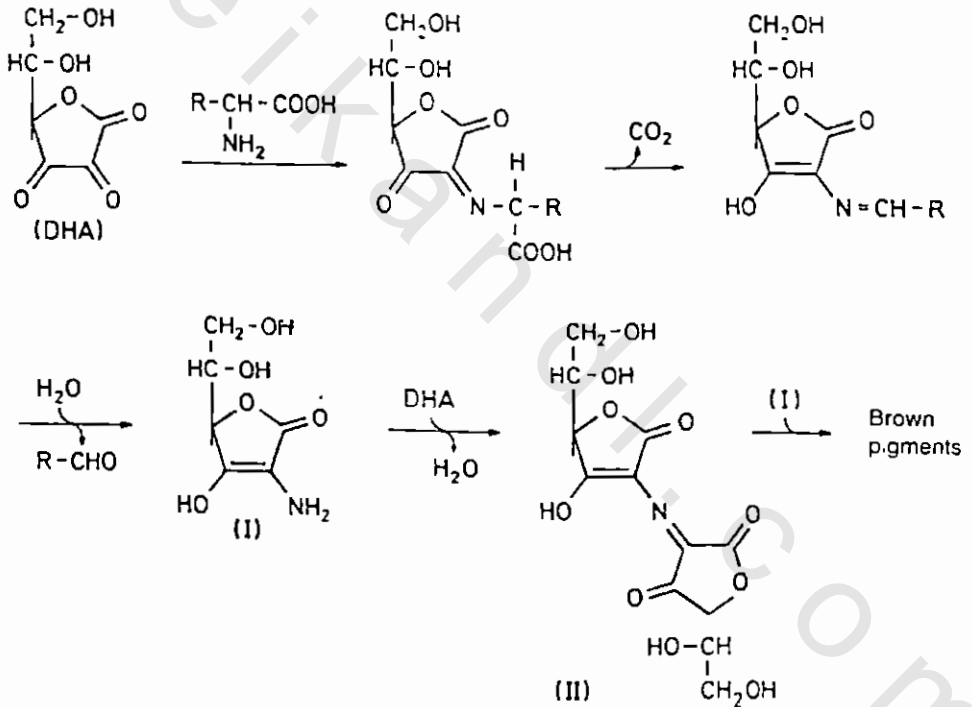
يتأكسد حامض الأسكوربيك بواسطة أكسجين الهواء في وجود آثار من المعادن الثقيلة وخاصة النحاس Cu^{++} . وتزداد قابليته للأكسدة بزيادة رقم الحموضة في البيئة . أما في الوسط الحامضي القوي فهو ثابت . وتحدث الأكسدة كذلك بواسطة إنزيم أكسيداز حامض الأسكوربيك ascorbic acid oxidase المحتوي على النحاس كمرافق إنزيم . وأول خطوة في عملية الأكسدة هي تكوين حامض الأسكوربيك اللاهيدروجيني dehydro-ascorbic acid . وهذه الأكسدة عكسية حيث يمكن إعادته بالإختزال إلى حامض أسكوربيك . وتحتوي الأنسجة النباتية والحيوانية نظاماً إنزيمياً يحول حامض الأسكوربيك اللاهيدروجيني إلى حامض أسكوربيك dehydro-ascorbic acid reductase . وعلى ذلك فحامض الأسكوربيك اللاهيدروجيني له نفس القوة الفيتامينية لحامض الأسكوربيك .

ويعرف حامض الأسكوربيك كذلك بالفيتامين المانع لمرض الأسقربوط anti-scorbutic vitamin وأعراض المرض في حالته الشديدة غير معروفة في الإنسان في العصر الحديث وإن كانت ، إن حالات حادة يكشف عنها من وقت لآخر . إلا أن الحالات الطفيفة منتشرة بدون وجود أعراض مميزة للمرض نفسه مما يصعب إكتشافها وكثيرا ماتوصف باعتلال الصحة impaired health وتحسن كثيرا بإعطاء الفيتامين سواء بصورة نقية أو في أغذية غنية فيه .

ويحمى حامض الأسكوربيك في الجسم من التأكسد غير العكسي - وبالتالي فقد القيمة الحيوية - مركب الجلوثاثيون في الصورة المختزلة حيث يساعد على تحويل حامض الأسكوربيك اللاهيدروجيني إلى حامض اسكوربيك ثانية . أما الأنسجة النباتية كالخضروات والفاكهة وعصائرها فهي تفتقر لهذه المواد الحافظة الموجودة في الأنسجة الحيوانية . ولهذا فإن عمليات الهدم التالية لتكوين حامض الأسكوربيك اللاهيدروجيني هي عمليات غير عكسية تبدأ بانفتاح حلقة اللاكتون lactone وتكوين مركب حامض الجلولونيك ثنائي الكيتون 2,3-diketogulonic acid الذي قد يتحلل وتتكون مركبات متنوعة تختلف باختلاف ظروف الوسط والتفاعل ومن ضمن هذه المركبات مركب الفيرفيورال furfural ذو اللون الداكن والذي يعطى العصير المحتوى على حامض الأسكوربيك لونا داكنا غير مرغوب بجانب فقد القيمة الغذائية . وتتوقف سرعة ومدى تأكسد حامض الأسكوربيك وفقد التيمة الحيوية له وتكوين اللون الداكن على عوامل كثيرة منها الأكسجين والضغط ورقم الحموضة ودرجة الحرارة ومدة التخزين ووجود المعادن الثقيلة المساعدة وخاصة النحاس .



هذا بالإضافة إلى أنه في وجود الأحماض الأمينية فإن حامض الأسكوربيك وحامض الأسكوربيك اللاهيدروجيني ونواتج تدهمهما قد تدخل في تفاعلات لونية من نوع تفاعل ميلارد Millard-type browning reactions ، ويحدث هذا خاصة في عصير الموالح والفواكه المجففة ، والمركبات الوسطية التي أمكن التعرف عليها هي حامض السكورباميك scorbamic acid . والمحصلة النهائية لهذه التفاعلات هي تكوين صبغات بنية تعطي عصير الفاكهة والفواكه المجففة لونا داكنا غير مرغوب فيه وفيما يلي بيان بهذه التفاعلات :



2-2-2-12 · التزنخ التأكسدي Oxidative rancidity

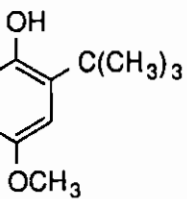
التزنخ التأكسدي هو أحد الصور الهامة في تدهور جودة الأغذية . وفي هذه العملية يتفاعل الأكسجين مع الأحماض الدهنية غير المشبعة التي يحتويها الغذاء حيث تتكون بيروكسيدات peroxides تتحلل بدورها منتجة مركبات متطايرة volatiles فتفقد النكهة الطبيعية الموجودة في الغذاء وتكون نكهات اخرى غير مرغوبة تعرف بالنكهة المزنخة rancid odor . وفي أثناء هذه العملية تتأكسد كذلك بعض المركبات

الهامة الموجودة في الوسط والمحتوية على روابط مزدوجة كفيتامين أ والكاروتينات فيفقد الغذاء بذلك قيمته الغذائية .

وتتوقف سرعة التزنخ التأكسدي للزيت أو الدهن على عدة عوامل منها الضوء والمعادن وخاصة الحديد والنحاس سواء كانت موجودة طبيعياً في الغذاء أو ملوثة له - ونشاط الماء water activity ودرجة الحرارة ومساحة السطح المعرض للأكسجين من الزيت أو الدهن وتركيز الأكسجين (ف عند الضغوط المنخفضة من الأكسجين يكون التأكسد متناسباً طردياً مع ضغط الأكسجين) ، وكذا موضع الحامض الدهني في جزيء الجليسرول وتركيب الزيت أو الدهن فالأحماض الدهنية ذات التشابه الهندسي cis isomers تتفاعل بسرعة أكبر من مثيلتها ذات التشابه الهندسي isomers وترتيب الروابط المزدوجة في السلسلة حيث تتفاعل الأحماض الدهنية ذات الروابط المزدوجة في الوضع التبادلي أسرع من مثيلها في الوضع غير التبادلي وما إذا كانت الأحماض الدهنية حرة أو مؤسثرة esterified to glycerol حيث تتأكسد الأحماض الدهنية الحرة بصورة مختلفة عن تلك المؤسثرة .

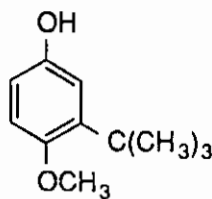
هذا وقد تتفاعل بعض نواتج الأكسدة مع بعضها أو مع بعض المركبات الغذائية التي يحتويها الزيت أو الدهن وينتج عنها صبغات تؤثر على اللون العام . وفي كل الأحوال تتأكسد المركبات غير المشبعة وتفقد قيمتها الغذائية كفيتامين أ والكاروتينات .

وإلى جانب هذه العوامل فإن التزنخ التأكسدي للدهون أو الزيوت يتوقف على الاختلاف الطبيعي في تركيب الزيت أو الدهن ومدى إحتوائه على مواد طبيعية مانعة للأكسدة كالتوكوفيرولات tocoferoles أو مواد مضافة مانعة للأكسدة (كمركب butylated hydroxytoluene BHT أو مركب butylated hydroxy anisole BHA . وبذا يمكن تجنب التزنخ التأكسدي .

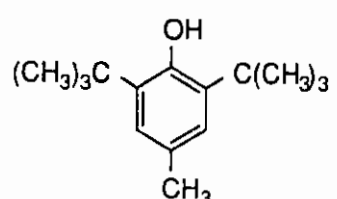


BHA

(Butylated hydroxyanisole)

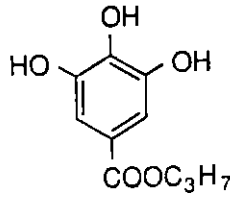


3-BHA



BHT

(Butylated hydroxytoluene)



PG

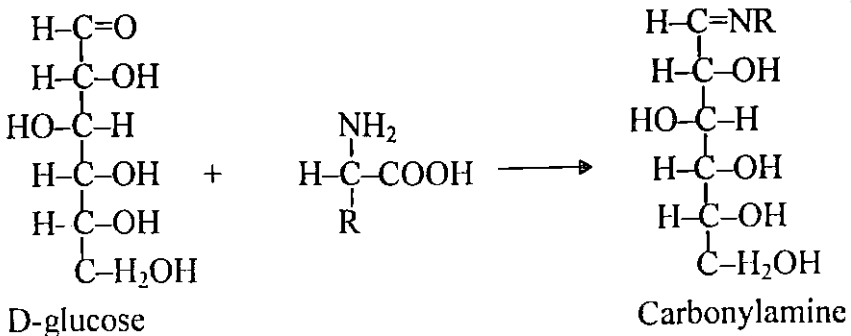
(Propyl gallate)

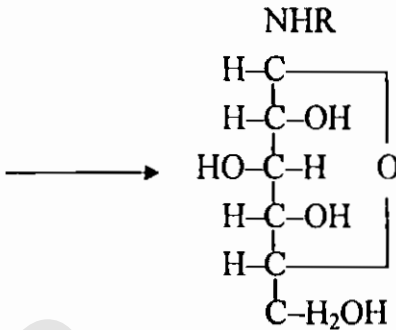
3-2-2-12 الدكائة غير الإنزيمية Non-enzymatic browning

يطلق على تفاعلات السكريات المختزلة مع الأمينات مع تكوين مركبات polymers ذات لون بني مائل للأسوداد بتفاعلات الكربونيل والأمين carbonyl- amine reactions أو بتفاعل ميلارد Maillard نسبة إلى مكتشفها ، كما تعرف كذلك بتفاعلات الدكائة غير الإنزيمية لأنها تتم دون فعل الإنزيمات ولا يكون الأكسجين ضروريا في هذه التفاعلات .

ويمكن لأي نوع من السكريات الذي يحوى مجموعة كربونيل حرة أن يتفاعل مع مجموعة الأمين الموجودة فى الأحماض الأمينية . ويحدث هذا التفاعل فى الأغذية المحتوية على هذه المجموعات النشطة وخاصة الأغذية المجففة أثناء فترة التخزين حيث ينتهى بتكون لون بني مائل للأسوداد يوحى بفساد أو تلف أو تدهور جودة الغذاء .

ويتم التفاعل بتكثيف مجموعتى الامين والكربونيل حيث يتكون مركب الكربونيل أمين الذى يتحول بعد ذلك الى مركب حلقى هو الـ N-Substituted glycosylamine الذى يتحول بسرعة الى مركبات ملونة ذات تركيب غير معروف، ويوضح ذلك المعادلات الآتية :





N-Substituted glycosylamine

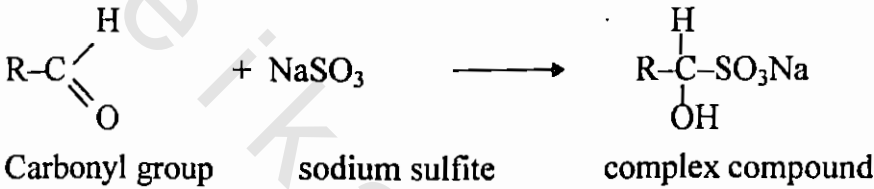
وتعتمد سرعة ونطاق التفاعل على عدة عوامل منها الاحماض الامينية الموجودة ونوع السكر ووجود العوامل المساعدة في التفاعل Catalysts كالحديد والنحاس وتركيز المواد المتفاعلة ورقم الحموضة pH ودرجة الحرارة ونشاط الماء water activity ، فكلما ارتفعت درجة الحرارة كلما زاد معدل تكوين اللون البني حيث يتضاعف كلما ارتفعت درجة الحرارة بمقدار 10°م وكلما زاد رقم الحموضة كلما زادت سرعة التفاعل .

فيختلف معدل ونطاق التفاعل وكثافة اللون المتكون باختلاف الاحماض الامينية فنعتبر الاحماض الامينية الليزين lysine- الارجينيـن arginine - التريبتوفان treptophan - تيروسين tyrosine - سيستين cystine - ميثيونين methionine التريونين- treonine وهي أحماض أمينية لها مجموعة أمين ثانوية وهي قاعدية التأثير - تعتبر هذه الاحماض الامينية من بين الاحماض الاسرع في التفاعل والمعطية لأكبر قدر من الدكارة في حين ان احماض الأسبراتيـك aspartic - الألانين alanine- الجلوتاميك glutamic- السستين cysteine تعتبر من الاحماض الامينية التي لها معدل أقل في سرعة التفاعل وكثافة دكارة اللون أما باقي الأحماض الأمينية فهي تتفاعل بسرعة متوسطة وتعطى درجة دكارة مابين المجموعتين السابق ذكرهما . هذا وعلى أساس أن درجة الدكارة تعتمد على درجة الحرارة ورقم المجموعة وتركيز المكونات الداخلة في التفاعل .

وفي هذا التفاعل يعمل الحديد والنحاس كعوامل مساعدة catalysts . كما أن بعض الاغذية تتلون عند درجة منخفضة من نشاط الماء والبعض الآخر يتلون عند درجة مرتفعة منه ، وتميل سرعة التفاعل الى التناقص في المحاليل الغذائية المتجانسة المحتوية على نسبة رطوبة عالية ونشاط زائد للماء نظرا لأن تركيز المواد المتفاعلة يكون أقل . وتتخفف سرعة التفاعل في المنتجات الغذائية الصلبة بانخفاض نشاط

الماء حيث تكون قابلية تحريك المواد المتفاعلة محدودة . وعموما يحدث التلون عند نشاط مائي يتراوح من 0.3- 0.8 و يبلغ ذروته عند 0.65-0.75 .

ويمكن تثبيط تفاعل Maillard بالتحكم فى رقم الحموضة pH ودرجة الحرارة وفى بعض الاحيان عن طريق استخدام الماء كوسط للتخفيف . كما انه قد استخدمت املاح الكبريتيت sulfites فى بعض الاغذية المجففة وأمكن التحكم فى التلون الانزيمى وغير الانزيمى حيث تعمل هذه الاملاح على تكوين مركب معقد مع مجموعة الكربونيل (المجموعة المختزلة) فتمنع حدوث تكثيف لمجموعة الامين ويوضح ذلك المعادلة التالية :



كما يمكن اضافة املاح الكالسيوم التى تتفاعل مع مجموعة الامين وتمنع تكثيف مجموعة الكربونيل . وبالمثل يمكن استخدام إنزيم أكسيداز الجلوكوز glucose oxidase الذى يعمل على تحويل الجلوكوز الى حامض الجلوكونيك gluconic acid فيمنع حدوث التفاعل حيث ان الاكسجين يسرع من حدوث التفاعل ولكنه ليس أساسى فى هذه العملية . فتعبئة المواد الغذائية فى عبوات خالية من الاكسجين أو عبوات تحتوى غازات خاملة بعد سحب الهواء منها بالاضافة إلى تخزينها على درجات حرارة منخفضة يساعد على حمايتها من التلون باللون البنى المائل للإسوداد .

12-2-3 التفاعلات الانزيمية وماتحدثه من تغيرات

يعزى عادة فساد الاغذية بفعل الاحياء الدقيقة الى تأثير الانزيمات التى تفرزها الا ان الانسجة الحية عامة سواء كانت نباتية أو حيوانية تحتوى كذلك على انزيمات قادرة على احداث تغيرات بالمادة الغذائية قد تعتبر مرغوبة فى ظروف معينة بينما تعتبر فسادا أو تلفا فى ظروف أخرى. فتحول النشا بفعل إنزيم الأميليز amylase تعتبر عملية مرغوبة فى انضاج بعض الفواكه كالنفاخ والكمثرى وما شابههما ولكنها تعتبر عملية غير مرغوبة فى البطاطس أثناء التخزين ، فتحت ظروف خاصة تصبح أنسجة البطاطس لينة وحلوة المذاق ويعتبر هذا التغير تلفا .

والانزيمات الموجودة أصلا فى الانسجة الحية النباتية والحيوانية انزيمات داخلية endo-enzymes وتؤدى عملها داخل الخلية ، ولا توجد خلية حية تخلو من

الانزيمات، الا انها توزع فى الانسجة بطريقة غير متجانسة، وأغنى أجزاء النبات فى الإنزيمات هى البذور . وعادة توجد الانزيمات والمواد المؤثر عليها substrates فى نفس الخلية كما قد توجد فى خلايا نسيج متجاور أو ملاصق . وفى الحبوب مثلا تكون الانزيمات مركزة فى الجنين فى حين تكون المادة المؤثر عليها مجاورة لها فى نسيج الاندوسبرم، وفى اللوز المر لا يوجد الانزيم والمادة المؤثر عليها فى نفس الخلايا ولذلك فإن هرس البذور يؤدى الى اتصال الاثنين معا مما يتيح عملية الانحلال المائى للجليكوسيدات glycosides الموجودة. فنتيجة لنشاط إنزيم الاميجدالين amigdaline الموجود فى اللوز المر ينفصل السكر عن المركب غير السكرى المتحد بها ويتغير بذلك الطعم أو يزول الطعم المر .

وتستمر خلايا الأنسجة النباتية فى الحياة بعد فصلها عن النبات الام وتحتاج فى ذلك الى قدر من الطاقة فتحصل عليه نتيجة لعمليات التنفس التى تتم بفعل انزيمات التنفس respiratory enzymes الهوائية وغير الهوائية ، وفى الاولى يستخدم اكسجين الهواء فى عملية التنفس أو التأكسد وينتج عنها ثانى أكسيد الكربون وحرارة تؤدى الى عمليات انحلالية اضافية مما يسرع فى فسادها . كما قد يحدث التنفس فى غير وجود الهواء وينتج عنه طاقة تقل كثيرا عن التنفس الهوائى . ولهذا فإن اعتماد الخلايا الحية على التنفس غير الهوائى كمصدر للطاقة يكون اكثر واسرع اتلافا لها بمقارنتها بالتنفس الهوائى . ومعظم التغيرات التى تحدثها الانزيمات الموجودة اصلا فى المواد الغذائية يكون اما من نوع الانحلال المائى أو من نوع انزيمات التأكسد والاختزال . وفيمايلى حصر لمعظم التغيرات غير المرغوبة التى تحدث للمواد الغذائية نتيجة لفعل الانزيمات الموجودة اصلا فى الغذاء .

12-2-3-1 انحلال المواد البكتينية

يعمل البكتين الموجود طبيعيا فى الفاكهة على اكساب العصير خاصية غروية تساعد على انتشار الجزيئات الدقيقة الصلبة وتبقى عالقة فى العصير . وهذه الخاصية يكون من الضرورى وقايتها فى عصير بعض انواع الفاكهة كعصير الموالح، الا ان انحلال المواد البكتينية فى العصير بواسطة الانزيمات البكتينية يؤدى الى ترويق العصير وهى حالة غير مرغوبة توصف بتدهور أو تلف العصير . وإن كانت هذه الخاصية نفسها تستغل صناعيا فى ترويق عصير بعض أنواع الفاكهة وذلك بإضافة بعض المستحضرات الانزيمية لاحداث هذا الترويق قبل ترشيح العصير حيث أن بعض أنواع الفواكه كالتفاح والرمان يكون من الضرورى تحضيرها رائقة شفافة .

ويحدث الانحلال المائي للمواد البكتينية الموجودة في عصير الفواكه المختلفة بواسطة مجموعة من الانزيمات : فانزيم البروتوبكتينيز protopectinase يحلل البروتوبكتين protopectin مما يؤدي الى ليونة انسجة الفاكهة كالخوخ والمانجو والنتفاح والكمثرى وبعض انواع الخضر كالطماطم . وانزيم البكتينيز pectinase يحلل البكتين pectin وحامض البكتيك pectic acid وبكتات الكالسيوم calcium pectate انحلالا مائيا وينتج عن نشاطه انقسام روابط حامض الجلاكتيورونيك galactouronic وانفصال السكريات المختزلة وكحول الميثايل ومواد أخرى، ويصاحب ذلك اضعاف لزوج العصير المحتوى على البكتين . وانزيم البكتيز pectase أو البكتين ميثوكسيليز pectin methoxylase يفصل مجموعات الميثوكسيل methoxyl من جزئ البكتين ويكون بذلك حامض البكتيك وكحول الميثايل ويكون نتيجة ذلك زيادة حموضة العصير نتيجة لزيادة مجموعات الكربوكسيل الحرة .

12-2-3-2 التزنخ التحللي للدهون والزيوت

Hydrolytic rancidity

يحدث الانحلال الانزيمي للدهون بواسطة الانزيمات الليبوليتية lypolytic enzymes حيث تتفرد الاحماض الدهنية والجلسريدات الاحادية والثنائية وكذا الجليسيرول . ويمكن احداث نفس الانحلال بالتسخين في وجود الرطوبة . ويؤدي انطلاق نسبة بسيطة من الاحماض الدهنية الى ظهور الطعم المتزنخ وذلك في الزبد وزيت جوز الهند وزيت نواة البلح . ويطلق على هذا النوع من التزنخ بالتزنخ التحللي hydrolytic rancidity . الا ان الدهون أو الزيوت المحتوية على احماض دهنية طويلة السلسلة يظهر بها هذا الطعم المتزنخ حتى ولو تكونت الاحماض الدهنية بدرجة كبيرة . ومع ذلك فقد تؤدي هذه الاحماض الدهنية الى ظهور طعم الصابون soapy flavour في الاغذية القلوية التأثير . فالمخبوزات المحتوية على كميات زائدة من بيكرينات الصوديوم يظهر بها طعم الصابون في هذه الحالة نتيجة لتفاعل الاحماض الدهنية مع الملح . وعادة تؤخذ نسبة الاحماض الدهنية في الزيت أو الدهن كمؤشر لمدى سلامة عملية التصنيع ودرجة الجودة النهائية للزيت أو الدهن .

12-3-2-3 الفساد الانزيمي للأسماك

تحتوي انسجة الأسماك البحرية مركب التراي ميثايل أمين اكسايد trimethyl amine oxide بنسبة تتراوح بين 40-120 مجم/كجم. ويدخل هذا المركب في عمليات تنظيم الضغط الاسموزي في السائل الخلوي . والسماك الطازج له رائحة كرائحة البحر الا انه بعد عملية الصيد يختزل هذا المركب انزيميا بواسط

reductase موجود في انسحة السمكة وهو يفرز كذلك بواسطة البكتريا الملوثة ويتكون مركب التراى ميثايل امين trimethyl amine ذو الرائحة السمكية المعروفة للسمك غير الطازج fishy odor . عادة تبرد الاسماك أو تجمد بعد الصيد لتقليل سرعة نشاط الانزيمات المختزلة وبالتالي تحليل سرعة تكوين النكهة السمكية .

وتحتوى أنسجة أسماك المياه العذبة على تركيز بسيط من مركب التراى ميثايل امين ذو الرائحة السمكية fishy odor وتتوقف سرعة تكوين هذا المركب على مدة ودرجة حرارة التخزين . كما يتهدم جزء التراى ميثايل امين إلى داي ميثايل امين وأحادى الميثايل امين والفورمالدهايد . ويدخل الأخير في تفاعلات مع البروتين تؤدي إلى تصلب لحم السمك . وبالإضافة إلى التراى ميثايل امين يحتوى لحم الاسماك على امينات ثنائية وأحادية الميثايل والامونيا وأمينات أخرى ناتجة عن عمليات إزالة مجموعات الكربوكسيل decarboxylation للحموض الامينية . وعادة بزيادة تركيز النيتروجين المتطاير volatile nitrogen بعد الصيد ويتوقف تركيزه على درجة حرارة ومدة التخزين . وعادة يؤخذ مستوى الامينات المتطايرة كقياس لمدى طزاجة الاسماك المبردة أو المجمدة . وعادة لا يسمح بقبول شحنات الاسماك المبردة أو المجمدة إذا ما زادت كمية التراى ميثايل امين عن 2 ± 8 مجم /كجم .

وتتكون نفس الرائحة غير المرغوبة ، الرائحة السمكية fishy odor في الزيوت النباتية المحتوية على فوسفوليبيدات (الليسيثين lecithin) عند التأكسیر بالحرارة كزيت فول الصويا . ولهذا لا تستخدم مثل هذه الزيوت فى الطبخ أو القلى ولكن يمكن استخدامها كزيوت مائدة table oils للسلطة مثلا .

12-3-4 التلون البنی الانزيمى للخضر والفاكهة

Enzymatic browning

تتلون بعض أنواع الخضر والفاكهة الى اللون البنى المائل للإسوداد وذلك عند تقشيرها أو تقطيعها أثناء عمليات الاعداد للحفظ أو عند جرحها أو اصابتها بالكدمات عند الجمع أو التداول . ويحدث هذا التلون على الأخص فى التفاح والكمثرى والخوخ والموز والخرشوف والباندجان والبطاطس والبطاطا . ويعزى تكون هذا اللون الى فعل إنزيمات اكسيديزات عديد الفينول polyphenol oxidases وينتج عن تفاعل الارثوكينونات ortho-quinones المتكون (نتيجة لنشاط الانزيم) مع مركبات أخرى . وتعرف عادة انزيمات اكسيدازات عديد الفينول (PPO) بأسماء كثيرة حسب نوع المادة المؤثر عليها substrate وتتضمن هذه الاسماء الفينوليز phenolase والتيروزينيز tyrosinase والكاتيكول أكسيديز catecholoxidase والأرثوداي

فينول اكسيديز *ortho*-diphenol-oxidase واللاكيز *laccase*. والأخير ينذر وجوده في الانسجة النباتية ، أما بقية أفراد انزيمات البولى فينول أكسيديز فهي منتشرة في الانسجة النباتية ويختلف تركيزها باختلاف الصنف والعمر ودرجة النضج .

وانزيمات الـ PPO انزيمات نحاسية تحفز نوعين من التفاعلات الاولى عبارة عن تحلل hydroxylation للفينولات الاحادية *monophenoles* الى الارثو داي هيدروكسى فينول المقابل *o*-dihydroxyphenol، والتفاعل الثانى هو أكسدة الداي هيدروكسى فينول *dihydroxyphenols* الى الأرتوكينون *o*-quinones ويلزم لهذه التفاعلات الاكسجين الجزيئى . ونشاط هذين التفاعلين يكون بدرجات مختلفة فى الانسجة المختلفة .

وقد وجد ان أعلى تركيزات لانزيمات الـ PPO يكون فى البطاطس وعيش الغراب والتفاح لكل من النوعين من التفاعلات الا انه فى كل من المانجو والموز والكمثرى يسود التفاعل الثانى . والمادة المؤثر عليها الأكثر إنتشارا فى الطبيعة هى الداي هيدروكسى فينائل ألانين *3,4-dihydroxy phenylalanine* واسترات حامض السيناميك *cinnamic acid ester* والكاتيشين *catechines* والتيروسين *tyrosine* وحامض الكلوروجينيك *chlorogenic* وهو إستر حامض السيناميك وهو أحد المواد المؤثر عليها الأكثر شيوعا. كما ان التيروسين *tyrosine* والمركب الناتج عن تحلله *hydroxylated* وهو الـ *dihydroxy phenylalanine (DOPA)* هى مواد مؤثر عليها *substrates* جيدة.

ويحدث التلون الانزيمى البنى عندما تتكثف *polymerize* الارثوكينونات *o*-quinones مكونة مركبات ذات أوزان جزيئية كبيرة أو عندما تتكون مركبات معقدة مع الارثوكينونات *o*-quinones والاحماض الامينية أو البروتينات . وعندما يكون التيروسين هو المادة الاولية المؤثر عليها *primary substrate* فإن الصبغة الناتجة تكون الميلانين *melanine* الذى يمكنه الاستمرار فى التفاعل مع المركبات النباتية الاخرى وينتج عن ذلك صبغات تتراوح بين الاحمر الى الازرق أو الأسمر إلى البنى أو الارجوانى إلى الأسود .

وقد يكون التلون باللون البنى تغير مرغوب فيه كما فى حالة تصنيع الشاى الأسود إلا أنه فى كثير من الاحيان يكون غير مرغوب فيه ويوحى بتلف الغذاء . وعموما يكون التلون باللون البنى مرتبط بنشاط انزيمات البولى فينول أكسيديز PPO وتركيز المواد المؤثر عليها *substrates* . ويكثر وجود كل من الانزيم والمادة المؤثر

عليها فى معظم الانسجة النباتية وخاصة فى البطاطس والخبوخ والموز والكمثرى والزيتون والبطاطا والافوكادو avocados .

ويمكن التحكم فى تكوين اللون البنى فى الخضر والفاكهة أثناء التصنيع بمنع اتصال الانزيم بالمادة المؤثر عليها وذلك بتجنب الجروح أو الكدمات أثناء الجمع أو التداول أو بهدم الانزيم بالحرارة أو بخفض درجة الحموضة pH أو بالتجميد أو بالتثبيت بواسطة الكيماويات . وقد وجد أنه عند التخزين بالتجميد تكون آثار من الانزيم والمادة المؤثر عليها كافية لحدوث التلوين، وقد ينصح بتعريض هذه المنتجات للحرارة بسرعة قبل التخزين على درجة حرارة التجميد بحيث لا تقل درجة الحرارة عن 65°م. أو بالغمر فى محلول حامضى عند رقم حموضة لا يزيد عن pH=4 . كذلك يمكن إضافة حامض الاسكوربيك أو ملح ميتا باى سلفيت البوتاسيوم -potassium meta-bisulfite فى حدود 100 جزء فى المليون فى حالة الفاكهة المجففة وعصير الموالح أو 50 جزء فى المليون فى حالة البطاطس المجففة وعصير العنب وتركيزات أقل فى الفواكه الأخرى . وقد وجد أن أحسن النتائج أمكن التحصل عليها باستخدام خليط من حامض الاسكوربيك والملح المنتج لثنائى أكسيد الكبريت .

12-3-2-5 التغيرات اللونية التى قد تحدث للغذاء وتوحى بفساده أو تلفه أو عدم تقبله

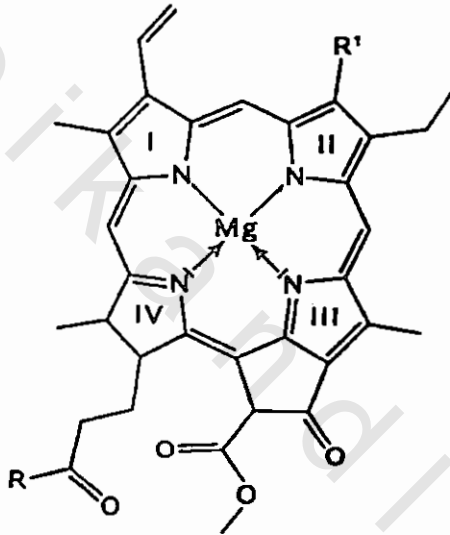
للمواد الملونة الطبيعية فى الغذاء أهمية خاصة بالنسبة للمستهلك ، فهى تكسب الغذاء الوانا مميزة. جذابة توحى بنضارته أو جودته . وقد تحدث لهذه المواد الملونة تغيرات غير مرغوبة نتيجة لتعرضها لعوامل مختلفة طبيعية أو بيولوجية أو كيميائية . وفيما يلى حصر لمعظم المواد الملونة الطبيعية الموجودة فى الغذاء والوانها المحولة والظروف التى تؤدى إلى تحول لوانها .

12-3-2-5-1 الكلوروفيلات Chlorophylls

الكلوروفيل هو المادة الخضراء الملونة للنباتات الخضراء التى تعتمد عليها النباتات فى عملية البناء أو التمثيل الضوئى photosynthesis . ويوجد الكلوروفيل فى الخلية النباتية على سطح البلاستيدات الخضراء chloroplasts التى يمكنها امتصاص الضوء أثناء النهار حيث يدخل فى عمليات معقدة لبناء الكربوهيدرات .

وهناك نوعان من الكلوروفيل هما الفا-كلوروفيل α-chlorophyll وبيتا كلوروفيل β-chlorophyll وكلاهما يتكون من أربعة مجموعات بيرول pvrrole فى

حلقة بورفيرين porphyrin ring مع جزئ مغنسيوم متصل بنتروجين مجموعات البيروول . ويحوى الالفاكلوروفيل مجموعة ميثايل CH_3 - فى الموضع رقم 3 لحلقة البيروول الثانية فى حين ان بيتا كلوروفيل يحوى مجموعة الدهايد -CHO فى هذا الموضع . والفا كلوروفيل وبيتا كلوروفيل يوجدان مع بعضهما فى النبات بنسبة 1:2 تقريبا .



Chlorophyll a: $\text{R}^1 = \text{CH}_3$
Chlorophyll b: $\text{R}^1 = \text{CHO}$

والألفا كلوروفيل لونه أزرق مخضر فى حين ان بيتا-كلوروفيل لونه أصفر مخضر ، وكلاهما عبارة عن صبغات غير متبلورة ، عديمة الذوبان فى الماء ، وهناك احتمال لوجودهما فى الخلية على حالة غروية ، ويكون اتصالهما بما يحيط بهما من سوائل بالخلية على هذه الصورة الغروية . وتختلف درجة ذوبان كل منهما فى المذيبات العضوية كما ان لهما خاصية الاشعاع الضوئى fluorescence وليس لهما خاصة حمضية أو قلوية .

وينحل الكلوروفيل انحلالا مائيا بواسطة القلويات وتتكون بذلك مركبات تختلف في نوعها حسب درجة تركيز القلويات المستعملة . وتميل نواتج الانحلال في أغلب الاحيان الى اللون البنى . أما القلويات المخففة جدا فإنها قد تحفظ اللون الاخضر للكلوروفيل . وتؤدي الاحماض الى انفصال المغنسيوم واحلال الايدروجين محله ويكون نتيجة ذلك تكوين مركبات الفيوفيتينات أ ، ب ، pheophytins A , B ولون كل منهما زيتوني بنى التى تختلف في تركيبها تبعاً لمدى انحلال الكلوروفيل . ويصحب تأثير الأحماض المنخفضة جدا تغيير في اللون الأخضر إلى لون زيتوني كالذى يحدث في حالة التخمر اللاكتيكي في عملية تخليل الزيتون .

ويترتب على احلال المغنسيوم بأيونات المعادن كالتصدير Sn^{2+} أو الحديد Fe^{3+} تكوين مركبات ذات لون رمادى مائل للبنى ، في حين ان ايونات النحاس أو الزنك تحفظ اللون الاخضر . وبإزالة مجموعة الفيتول phytol ، كما يحدث ذلك بفعل انزيم الكلوروفيليز chlorophyllase ، تتحول الكلوروفيلات الى كلوروفيليدز أ & ب . chlorophyllides a & b بينما يعطى التحلل المائى للفيوفيتينات pheophytins فيوفوربايدات أ & ب pheophorbides a,b .

وتعتبر كل من الكلوروفيلات chlorophylls والفيوفيتينات pheophytins مركبات محبة للدهون lipophylic نظرا لوجود مجموعة الفيتول phytol، في حين ان الكلوروفيليدات chlorophyllides والفيوفوربيدات pheophorbides التى لا تحتوى على الفيتول phytol فهي محبة للماء hydrophilic .

ويكون تحول الكلوروفيلات chlorophylls الى فيوفيتينات pheophytines مصاحبا لتغير في اللون ، ويحدث عادة عند تسخين الانسجة النباتية المحتوية على الكلوروفيل في محاليل حامضية خفيفة ، ويحدث هذا التغير ببطء عند رقم حموضة $pH = 7$. وهذا ما يحدث دائما عند تسخين البسلة أو الفاصوليا الخضراء أو السبانخ وماشابههم أثناء عملية التصنيع بالحرارة heat processing . فالتسخين لفترات قصيرة على درجات حرارة عالية يساعد على الاحتفاظ باللون الاخضر بدرجة أعلى عما لو تم التسخين لفترات طويلة على درجات حرارة أقل .

ويحدث تثبيط كامل تقريبا لانزيم الكلوروفيليز chlorophyllase الموجود في الخضروات عند إجراء عمليات السلق الأولى blanching ، وبذلك لا يكون هناك الا آثار من الكلوروفيليدات chlorophyllides والفيوفوربيدات pheophorbides ، وعلى العكس من ذلك فأتداء عملية التخليل (كما يحدث في تخليل الخيار مثلا) يكون نشاط إنزيم الكلوروفيليز كبيرا ويترتب على ذلك تغير لون الخيار من الاخضر الغامق

الى الاخضر الزيتونى بسبب تكوين مركبات كثيرة من الفيوفوربيدات
. pheophorbides

ويحدث كذلك تغير فى اللون الاخضر للخضروات المجففة أثناء التخزين
تزداد كثافة بزيادة الرطوبة ، ويستمر تحول الكلوروفيل الى فيوفيتينات
pheophytins للخضروات السابق سلقها أولاً blanching حتى أثناء التخزين على
درجة حرارة التجمد. فعند سلق الفاصوليا الخضراء (مدة 2 دقيقة على درجة 100°C)
مباشرة تكون كمية الفيوفيتينات معادلة تقريبا 8% وعند تخزينها لمدة 12 شهر على
درجة حرارة 18°C -تزداد كمية الفيوفيتينات pheophytines إلى حوالى 83% ،
فى حين تزداد كمية الفيوفيتينات من 0% (صفر) إلى 5% فقط فى حالة البسلة والفاصل
الرومى paprika pepper تحت نفس الظروف .

ويؤدى التأكسد الشديد للكلوروفيل إلى تغيير لونه إلى الأصفر الباهت، ويساعد
على إختفاء اللون الأخضر وجود الضوء ، وهذا ما يحدث لكثير من الأوراق
الخضراء والسيقان كما فى حالة نباتات القمح والشعير إذا ما جمعت وعرضت للهواء
والشمس .

ولا يقتصر وجود الكلوروفيل على النباتات الخضراء بل يوجد كذلك فى ثمار
الفاكهة قبل تمام نضجها . ويختفى هذا اللون تدريجيا فى معظم الفواكه كلما قربت من
النضج ، وقد يستمر بقاؤه فى البعض الآخر .

2-5-3-2-12 الكاروتينيدات Carotenoides

هى كالكوروفيلات صبغات نباتية توجد فى البلاستيدات ووظيفتها فى النبات
غير معروفة تماماً ، وهى عديمة الذوبان فى الماء ولكنها تذوب فى الدهون ومذيبات
الدهون . وهى منتشرة إنتشاراً واسعاً فى الخضر والفاكهة والأنسجة النباتية عموماً.
ولو أنها تبنى فقط فى النباتات إلا أنها تصل إلى الأنسجة الحيوانية عن طريق العلائق
حيث تتحور وترسب بها كصفار البيض مثلاً الذى يتكون بواسطة الكاروتينيدات .
ويحجب الكلوروفيل فى النبات الكاروتينيدات ، وعندما يتحلل الكلوروفيل يظهر لون
الكاروتينيدات . فمثلاً يتحول الفلفل الأخضر إلى اللون الأحمر عند النضج . وأهم
الأمثلة للكاروتينيدات فى النبات الكاروتين carotene ، وهى الصبغة التى تعطى
الجزر اللون الأصفر والليكوبين lycopene وهى الصبغة الحمراء الموجودة فى
الطماطم .

والكاروتينيدات عبارة عن هيدروكربونات البوليين polyene hydrocarbones مكونة من ثمانية وحدات أيزوبرين isoprene units . وتقسّم الكاروتينيدات إلى مجموعتين رئيسيتين هما : الكاروتينات carotenes والزانثوفيلات xanthophylls . وعلى العكس من الكاروتينات وهى هيدروكربونات البوليين الخالصة فإن الزانثوفيلات تحوى الأكسجين فى صورة مجموعات هيدروكسيل hydroxy, epoxy or oxo groups .

1-2-5-3-2-12 الكاروتين Carotene

هو إحدى الصبغات الطبيعية التى توجد فى الأوراق الخضراء وتوجد فى الجزر الأصفر بكميات كبيرة . وهى تكسب الدهن الحيوانى لونا ظاهرا إذا ما تغذت الحيوانات على علائق غنية فيه . والكاروتين يتحول داخل الجسم إلى فيتامين أ، ويوجد منه ثلاثة صور الفا وبيتا وجاما . والكاروتين سريع التأكسد ويؤدى تأكسده فى المواد الغذائية إلى تلف فى قيمتها الغذائية كمصدر لفيتامين أ ويصاحب ذلك تغير فى اللون .

2-2-5-3-2-12 الليكوبين Lycopene

وهو يشبه الكاروتين فى التركيب ويختلف عن البيتاكاروتين فى أن نهايته سلسلة الكربون التى تكون الجزيء منه مفتوحتان ، لذلك لا يعطى الليكوبين فيتامين أ بانحلاله فى الجسم . ويوجد الليكوبين فى الطماطم مع الكاروتين إلا أن الصبغة الحمراء لليكوبين تطفى على اللون الأصفر للكاروتين . ويوجد الليكوبين كذلك فى البطيخ والمشمش والكاكى . والليكوبين سريع التأكسد كالكاروتين ويساعد على تأكسده فى منتجات الطماطم وجود أملاح النحاس والحديد مما يؤدى إلى تغير لونها إلى اللون البنى الداكن .

3-2-5-3-2-19 كاروتينيدات أخرى

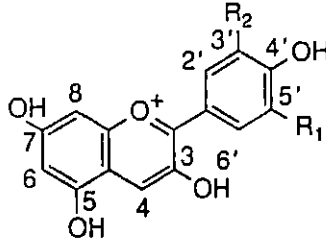
وأهمها الزانثوفيلات xanthophylls وهى مركبات مشتقة من الكاروتين والليكوبين مثل أيدروكسى وميثوكسى ... الخ وجزيء الزانثوفيل يزيد على جزيء الكاروتين بذرتين من الأكسجين إلا أن أكسدة الكاروتين فى المعمل لاتعطى زانثوفيل .

والزانثوفيل أكثر ذوبانا فى الكحول عن الكاروتين كما أنه يذوب فى إثير البترول . وأشهر الزانثوفيلات صبغة الكريبتوزانثين kreptoxanthin الموجودة فى انذرة الصفراء واليوسفى وصبغة الكابازانثين capaxanthin وتوجد فى الذرة وفى كثير من الأنسجة النباتية وكذا فى صفار البيض . ومن بين هذه الصبغات الثلاث ينتج فيتامين أ عن إنحلال الكريبتوزانثين kreptoxanthin فقط .

12-2-3-5-3 Anthocyanins الأنثوسيانينات

وهي الألوان الحمراء والزرقاء والبنفسجية القابلة للذوبان في الماء والتي توجد في الأزهار والثمار والأوراق والسيقان في النبات ويشذ عن ذلك البنجر الأحمر الذي يعزى لونه الأحمر إلى البيتاين betanine والطماطم الذي يعزى لونها الأحمر إلى الليكوبين lycopene وهو كاروتينيد carotenoid . وصبغات الأنثوسيانينات شائعة في الفواكه بصفة عامة وكذا الثمار التوتية berries بما فيها العنب وكثير من أفراد العائلة الوردية rosaceae كالتفاح والكمثرى والكريز cherries والبرقوق plums والخوخ peaches والتوت الأسود black berries والشليك strawberries . وتحتوي البطاطس الحمراء والفجل الأحمر صبغات الأنثوسيانينات كذلك في القشرة . ويعزى اللون الأحمر للكربن الأحمر إلى الصورة المؤيسلة acylated form للأنثوسيانينات . وقد زاد الإهتمام في السنوات الأخيرة بصبغات الأنثوسيانينات نظراً لإمكانية استخدامها كمواد ملونة للأغذية عوضاً عن الصبغات المخلفة والتي ثبت ضررها بالصحة العامة .

والأنثوسيانينات عبارة عن مركبات عديد الفينول polyphenolics يوجد في المحاليل المائية للعصارة الخلوية في الفجوات الخلوية vacuole والتي تكون حامضية خفيفة أو متعادلة . والأنثوسيانينات عبارة عن جلايكوسيدات الأنثوسيانيندين anthocyanidins وهي عبارة عن مشتقات الميثوكسائل methoxyl أو البولي هيدروكسائل polyhydroxyl لأملاح الفلافيليوم flavylum (وهو عبارة عن فينايل بنزوبيريليوم 2-phenylbenzopyrylium) . والأنثوسيانينات أقل قابلية للذوبان وأقل ثباتاً عن جلووكوسيدات . والأنثوسيانينات الأكثر شيوعاً هي البلارجودين pelargoden ، السيانيدين cyanidin ، البيونيدين peonidin ، الدلفينيدين delphenidin ، الملفيدين malvidin ، البتيونيدين petunidin . وتوجد الأنثوسيانينات التي من أصل السيانيدين cyanidin بكثرة في النبات . وإضافة مجموعة الجليوسايد glycoside (سكارايد saccharide) عند الموضع C-3 ضرورياً لذوبان المركب . وعادة تكون وحدة الجلايكوسايد مؤسلة acylated عادة بواسطة أحماض الكوماريك p-caumaric أو الكافيك caffeic أو الفيريوليك ferulic . ويوضح ذلك الرموز البنائية الآتية :



Flavylum cation
(2-phenylbenzopyrylium)

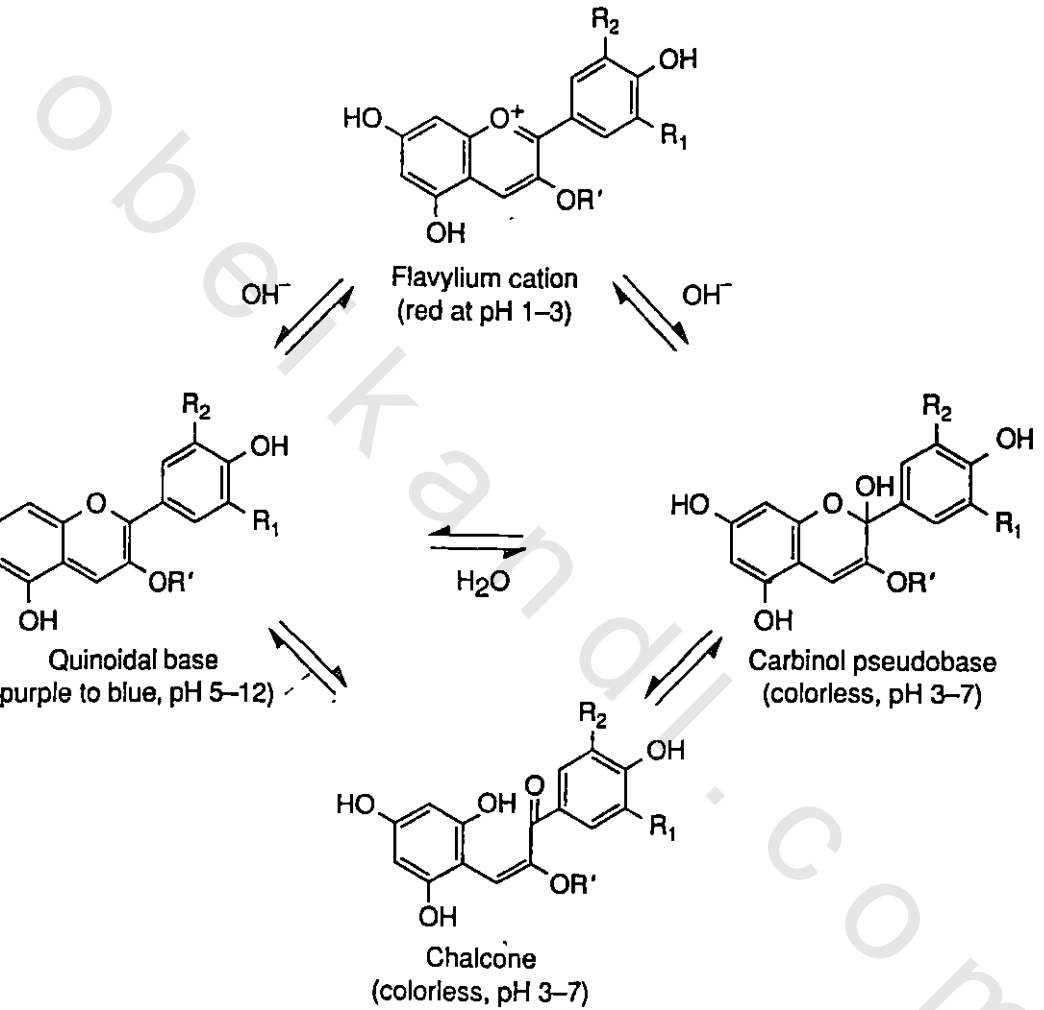
Pelargonidin	$R_1, R_2 = H$
Cyanidin	$R_1 = H, R_2 = OH$
Delphinidin	$R_1, R_2 = OH$
Peonidin	$R_1 = H, R_2 = OCH_3$
Petunidin	$R_1 = OH, R_2 = OCH_3$
Malvidin	$R_1, R_2 = OCH_3$

الرمز البنائي للأنتوسيانيدينات

(يحدث الـ glycosylation فى الـ C-3)

وتتميز الأنتوسيانينات عن الفلافونيدات الأخرى flavonoids بقدرتها الكبيرة على إمتصاص الضوء المنظور visible light منتجة مجموعة لا حصر لها من الألوان . ويتأثر لون الأنتوسيانينات حسب تركيبها البنائي ؛ فزيادة مجموعات هيدروكسيل الفينول phenolic hydroxyl يتغير اللون من القرنفل pink إلى الأزرق.

وتوجد أربعة مركبات من الأنتوسيانينات فى المحاليل فى حالة متوازنة هم: قاعدة من الكينونيدال quinonoidale base ولونها أزرق ، كاتيونات الفلافيليم carbinol pseudo base ولونها أحمر ، قاعدة كاذبة للكربينول base والشالكون chalcone والأخيران عديمى اللون . وفى المحاليل المائية وتحت الظروف العادية لدرجة حرارة الغرفة والحموضة البسيطة تتحول الأنتوسيانينات بسرعة إلى الصورة عديمة اللون . ويوضح ذلك المعادلات الآتية :



الرموز البنائية للأنتوسيانينات
(R' تمثل مجموعة جلايكوسيدية)

تكون الأربعة أشكال للرموز البنائية متوازنة في المحاليل المائية ذات الحموضة الخفيفة) وتحدث تحولات اللون عند أرقام حموضة أقل من $\text{pH}=3$ أو أكبر من $\text{pH}=5$

ويؤدى تغيير أرقام الحموضة إلى تغير التوازن بين هذه المركبات الأربعة يؤدى بالتالى إلى تكوين ألوان مختلفة . وبزيادة أرقام الحموضة يتغير اللون من الأحمر إلى الأزرق . فعند أرقام حموضة تقل عن 3 يكون لون الأنثوسيانينات أحمر بسبب كاتيون الفلافيليم charged flavylium cation وعند رقم حموضة المتعادل تكون الأنثوسيانينات عديمة اللون ، وعند أرقام حموضة أعلى من الرقم 5 يكون لون الأنثوسيانينات من الأرجوانى إلى الأزرق . وعند تحضير الأغذية للحفظ فإن إضافة الأحماض للأغذية ذات اللون الأحمر (وبالأخص الكرنب الأحمر) يؤدى إلى زيادة كثافة اللون الأحمر . وعندما يتغير رقم الحموضة إلى القلوية يتغير لون صبغات الأنثوسيانينات إلى اللون الأزرق إلى الأخضر . وفى المحاليل المائية ذات درجات العسر المختلفة تتغير الألوان بتغير رقم الحموضة وتكون معظم هذه التغيرات عكسية .

وبالإضافة إلى تأثير رقم الحموضة فالأنثوسيانينات تكون مركبات معقدة مع المركبات العضوية الأخرى وبالأخص مع مجموعات فينولية أخرى كالفلافونيدات . وينتج عن ذلك ألوان أكثر زرقة وأكثر ثباتا . ويعزى تكوين الألوان الزرقاء فى الأزهار إلى تكوين هذه المركبات المعقدة وليس بتأثير أرقام الحموضة .

وتتهدم الأنثوسيانينات بالحرارة أثناء عمليات الحفظ وخاصة عند أرقام حموضة بين 3، 7 ، وتتأثر الأنثوسيانينات بسرعة بارتفاع درجة الحرارة . وتتهدم الأنثوسيانينات فى الشليك بسرعة أثناء التصنيع processing على درجة 100°C وعلى هذه الدرجة يكون نصف العمر half-life ساعة واحدة . وعادة يكون نصف العمر عند التخزين على درجة 20°C حوالى 54 يوم ويقل إلى عشرة أيام على درجة 38°C . ولهذا السبب فإنه ينصح عند تصنيع الشليك استخدام درجات الحرارة العالية والوقت القصير high-temperature short time عند معاملتها بالحرارة ، كما تخزن على درجة حرارة منخفضة للإحتفاظ بأكبر قدر ممكن من اللون . وتتهدم الأنثوسيانينات إلى اللون الأحمر المائل إلى البنى إثناء تخزين الشليك . وقد تتفاعل السكريات أو نواتج تحللها مع الأنثوسيانينات منتجة صبغات ذات لون بنى .

وللأكسجين تأثير ضار على ألوان الأنثوسيانينات . فإزالة الأكسجين أو إحلال الأكسجين بالنيتروجين أثناء الحفظ فى علب الصفيح أو الحفظ تحت تفريغ كل هذا يساعد على ثبات صبغات الأنثوسيانينات . ويؤثر الضوء كذلك على الأنثوسيانينات حيث يزيل ألوانها . والأنثوسيانينات الأكثر ثباتاً فى الضوء هى تلك المؤسلة acylated أو المحتوية على مجموعة ميثايل methylated diglycerides .

ويؤثر حامض الأسكوربيك على الأنثوسيانينات فيزيل لونها . ويبدو أن إختفاء لون الأنثوسيانينات فى عصير الفواكه يعزى إلى التفاعل الذى يحدث بينهما . كما قد يكون ناتجا عن تكوين فوق أكسيد الأيدروجين . وتعمل الفلافونيدات flavonoids كعامل واقى لكل من حامض الأسكوربيك والأنثوسيانينات فى عصير بعض الفواكه كالتوت البرى cran berry juice .

ويختفى لو الأنثوسيانينات بواسطة ثانى أكسيد الكبريت أثناء تصنيع الفاكهة fruit processing . وإختفاء اللون قد يكون عكسى بإضافة الحامض نتيجة لتفكك dessociation المركب المعقد المكون من ثانى أكسيد الكبريت والأنثوسيانين-SO₂ anthocyanin complex إلا أنه إذا استخدم ثانى أكسيد الكبريت بتركيزات عالية فإختفاء اللون لا يكون عكسيا . ويستخدم هذا التفاعل فى صناعة الكريز المسكر candied cherries .

ويغير لون الأنثوسيانينات بواسطة القصدير والألومنيوم ويكون التغيير فى إتجاه اللون الأزرق . وحيث أن القصدير يغير لون الفواكه المحتوية على الأنثوسيانينات فعادة يستخدم فى حفظ الفواكه ذات اللون الأحمر أو الأزرق أو الأرجوانى علب صفيح مبطنه بورنيش أو إنامل lacquer or enamel لمنع تغير ألوانها ويمكن بذلك تجنب تآكل سطح العلب من الداخل بواسطة الأنثوسيانينات .

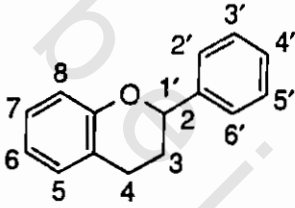
وفى صناعة النبيذ الأحمر red wines قد يحدث تكثيف لمركبات الأنثوسيانينات أو الأنثوسيانينات مع فينولات أخرى نباتية تؤدي إلى تغير لون النبيذ وتعتبر هذه عملية معقدة . فإثناء تخمر الأنبيذ البكر يحدث تكثيف للأنثوسيانينات والتانينات tannines وهذه تتحد مع البروتينات والسكريات العديدة polysaccharides مكونة معلق غروى ملون . وأثناء التخزين تتهدم الأنثوسيانينات فيفقد النبيذ الأحمر لونه إلا أن الصبغات تتكثف مع التانينات مرة أخرى مكونة لونا أحمر أكثر ثباتا . ويؤدى عدم التوازن imbalance فى كمية الصبغات والتانينات حدوث تغيرات غير مرغوبة فى اللون .

12-2-3-4 الفينولات النباتية الأخرى

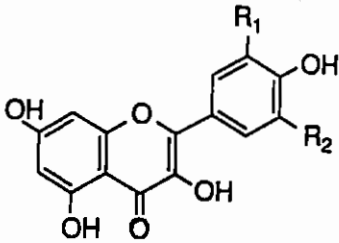
Other plant phenolics

تلعب المركبات الفينولية دوراً هاماً فى لون وطعم الأغذية النباتية . وتقسيم وتسمية المركبات الفينولية عملية غير واضحة confusing . وفى كثير من الأحيان تدرج هذه المركبات تحت إسم الفلافونيدات flavonoids ويقع تحتها مجموعات كبيرة ويوضح الآتى التركيب البنائى لهذه المركبات . فالثيوسيانينات - وهى الألوان الحمراء

والزرقاء في النبات-حبارة عن مركبات فينولية . وكثيرا من الفلافونيدات النباتية تعمل كمواد مؤثر عليها لأوكسيديز البولسي فينول polyphenoloxidase وتشترك في عمليات التغير اللوني الإنزيمي . وعادة يقصد بالتانينات الفينولات النباتية والأنتوسيانينات ببضعة مجموعات من المركبات تتضمن الفلافونولات flavonols والفلافانولات flavanones والفلافونات flavones والفلافانونات flavanones والأيزوفلافونات isoflavones .



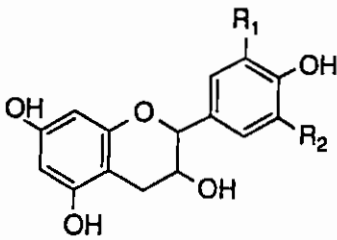
Flavonoid general structure



Flavonol

Kaempferol
Quercetin
Myricetin

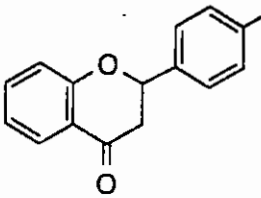
$R_1, R_2 = H$
 $R_1 = OH, R_2 = H$
 $R_1, R_2 = OH$



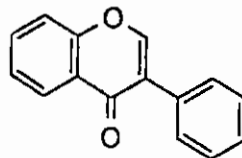
Flavan-3-ol

Catechin

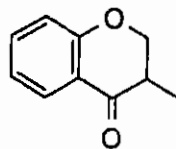
$R_1 = OH, R_2 = H$



Flavanone



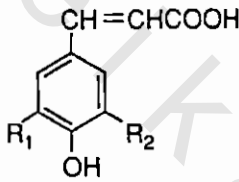
Isoflavanone



Isoflavanone

الرمز البنائي للفلافونويد

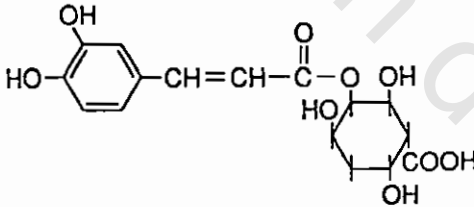
ومشتقات حامض السيناميك cinnamic acid منتشرة إنتشاراً واسعاً في النباتات ويتضمن ذلك أحماض الكوماريك *p-caumaric* ، الفيريوليك ferulic ، السينابك sinapic والكافيك caffeic . وتعتبر أسترات حامض الكينيك quinic acid أشهر الصور التي توجد في المواد الطبيعية . كما يعتبر حامض الكلوروجينيك chlorogenic acid (كافيلكينيك 3,4-cafeoylquinic acid) هو أحد الأسترات الهامة لحامض السيناميك الذي يوجد في الفواكه كالتفاح والكريز والكمثرى ويعتبر مادة مؤثر عليها substrate لانزيم أكسيداز البولى فينول polyphenol oxidase الذى يحفز عمليات البناء .



p-Coumaric
Caffeic
Ferulic
Sinapic

$R_1, R_2 = H$
 $R_1 = OH, R_2 = H$
 $R_1 = OCH_3, R_2 = H$
 $R_1, R_2 = OCH_3$

Cinnamic Acid



Chlorogenic Acid

أحماض السيناميك ومشتقاتها

وتوجد الفلافانات flavans فى كثير من الخضرا والفاكهة . ويطلق على المركبات الشائعة فى هذه المجموعة بالكاتيشينات catechins . والمشابهات الأكثر شيوعاً فى هذه المجموعة هى كاتيشين catechine (+) ، إيبى كاتيشين epiactechin (-) وهى المواد المؤثر عليها لانزيم أكسيداز البولى فينول polyphenoloxidase فى الشاي والكاكاو . وتوجد الفلافانات flavans فى الفواكه كالتفاح والخوخ والكريز والكمثرى والبرقوق plum . وعندما يحدث تكثيف للفلافانات flavans تتكون مضاعفات polymers تسمى بالليكوأنثوسيانيدينات أو بروأنثوسيانيدينات proanthocyanidins وهى مركبات تعطى أنثوسيانيدينات anthocynidins عند معاملتها بالحامض .

ولمركبات الفلافونولات flavonols وكجلايكوسيدات الفلافونول anthocyanins لون أصفر باهت - وهي كالأنتوسيانينات flavonolglycosides توجد في النباتات كجلايكوسيدات glycosides وتكون أكثر ذوباناً عندما تكون في صورة جلايكوسيلات glycosylated . ومركبات الكيمفيرولات kemferol ، الكيرسيتينين quercetin والميريسيتين myricetin مشابهة في التركيب البنائي للأنتوسيانينات anthocyanin . ولهذه الصبغات لون أصفر باهت في كثير من الفاكهة والخضر . ويكون اللون ثابت في الوسط الحامضي ؛ ويتحول لونها إلى اللون الأصفر عند أرقام الحموضة الأعلى وهذا ما يحدث عند طبخ الكرنبيط أو البصل .

ويعزى الطعم المر للموالح إلى الفلافونات والفلافونونات flavones and flavonones وجلايكوسيداتها glycosides . والنارنجين naringin الموجود في الجريب فروت grapefruit عبارة عن جلايكوسيد النارنجين naringenin glycoside والنيوهيسبيريدوز neohesperidose (وهو سكارايد ثنائي للرامنوز L-rhamnose والجلوكوز D-glucose ويسمى كذلك بالروتينوز rutinose) مسئول عن الطعم المر لبيوفلافونويدات الموالح citrus bioflvonoids . ويحلل إنزيم النارنجيناز naringinase النارنجين naringin تحليلاً مائياً إلى البرونين prunin (وهو جلوكوسايد النارنجين naringenin-7-β-glucoside) والرامنوز rhamnose وبذا يختزل الطعم المر . ويوجد الهسبيريدين hesperidine ، النيوهسبيريدين neohesperidine في البرتقال والليمون وهو يشابه النارنجين naringene .

References

المراجع

- Anon (1983). Anabolics in animal production (1983). Symposium held at CIE, Paris, 15-17.
- Anon (1986). Food Colors (1986). A Scientific Status by the Institute of Food Technologists Expert Panel on Food Safety and Nutrition, Food Technology, 49-56.
- Anon (2001). Animal and human spongiform encephalopathies. www.pbs.org/wgboh/nova/madcow/prions.html.
- Anon (2001). Mad cow disease, in Der Spiegel, 49/2000.
- Bawers, J. (1992). Food theory and applications, Macmillan Publishing Company, Inc.
- Belitz, H.D. & Grosch, W. (1999). Food Chemistry, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.
- Clark, RB. (1989). Marine Pollution Oxford Science Publications.
- Codes Alimentarius Commission (1986). Codex Maximum Limits for Pesticides Residues, FAO/WHO, Rome.
- El-Mofty, M., Osman, S. L., Sakr, S. A. and Toulan, B. A. (1988). Carcinogenicity of flour infested with *Tribolium castaneum* in *Bufo regularis* Oncology, 45: 65-67.
- FAO (1971). Pollution, An International Problem for Fisheries, FAO Fisheries Series No.14, World Food Programs No.14, FAO, Rome.
- FAO (1986). Specifications of Identify and Purity of Food Additives, FAO, Rome.
- FAO/WHO . The Annual Technical Reports on Food Additives. FAO/WHO, Joint Office, FAO, Rome.
- Food Codex Standards and the Codes of Hygiene and Technical Practice, Codex Alimentarius Commission, FAO/WHO, Joint Office, FAO, Rome.

- Furia, T.E. (1988). Handbook of Food Additives. The Chemical Rubber Company.
- Harwood, R. (1998). Chemistry, Cambridge University Press, U.K.
- Ladish, R. K. (1953). Quinones as food contaminants and carcinogens. Reptonneing Lab. US-Army Quarter-master crops. Biochem. Ser, No.4, 6.
- Luek, E. (1977). Antimicrobial Food Additive, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Mosaad Abdel Ghany, Abdel Khalek El-Sebae, and David Shallaway (1993). The Journal of Biological Chemistry, vol. 268, No.16.
- Presten, T.R. and Willis, M. B. (1970). Intensive Food Production, Pergamon Press, Oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris, Braunschweig.
- Rangauna, S. (1986). Handbook Analysis and quality control for fruits and Vegetables Products, Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Twomey, T. (1987). Radioactivity and its measurements in foods-tuffs, Dairy and Food Sanitations, vol 7, No. 9.
- Welch, H. and Ibanez, F.M. (1956). Proceeding of the Symposium on Medicated Feeds, Medical Encyclopedia, Inc. New York, N. Y.
- WHO (1999). Dioxins and their effects. Fact sheet No. 22, on human health.

obeikandi.com