الجمهورية العربية السورية

جامعة البعث

كلية الهندسة الكيميائية والبترولية

قسم الهندسة الغذائية

محسنات الدقيق

دراسة أعدت لنيل درجة البكالوريوس في الهندسة الغذائية

إشراف:

الدكتور المهندس فرحان ألفين

إعداد:

نـــور إبـراهيم الإبـراهيم

دانيـــة محمد عصام حلاق

ياسمين نبيه الأحمد

الدفعة الثاني والعشرون

2014-2015

الفهرس

الفصل الأول: المحسنات الكيميائية المضافة للدقيق.

1-1 المقدمة.....

1-2 المحسنات الكيميائية ذات التأثير المؤكسد.....

1-2-1 الأكسجين.....

- نضوج الدقيق.....

1-2-2 السيستين.....

1-2-3 برومات ويودات البوتاسيوم.....

1-2-4 فوق سلفات الأمونيوم.....

1-2-5 حمض الأسكوربيك.....

1-2-6 أزو ثنائي كربون أميد.....

1-2-7 فوق أكسيد الكالسيوم.....

1-2-8 الكلور وثاني أكسيد الكلور.....

1-2-9 بيروكسيد البنزويل.....

1-2-10 النشاء المؤكسد.....

1-3 المحسنات ذات التأثير المرجع.....

1-3-1 ميتا بيسولفيت الصوديوم.....

1-3-2 السيستئين.....

1-3-3 محضرات الخميرة المرجعة.....

1-4 المستحلبات.....

1-4-1 الليسيثين.....

1-4-2 الغليسيريدات الأحادية والثنائية.....

- الغليسريدات الأحادية المقطرة.....
- بولي سوربات60.....
- Ethoxylated Monoglycerides (EOM) .....
- SMG.....

1-4-3 استيرات أحادي وثنائي غليسيريدات وثنائي استيل الطرطريك.....

1-4-4 المستحلبات المركبة.....

1-4-5 ستيرولاكتات الصوديوم والكالسيوم.....

1-5 معدلات الحموضة.....

الفصل الثاني: المحسنات الإنزيمية المضافة للدقيق.....

2-1 المقدمة.....

2-2 الأميلاز.....

2-2-1 الأميلاز البكتيري.....

2-2-2 الأميلاز الفطري.....

2-2-3 أميلو غلوكوزيداز.....

2-2-4 دقيق المالت الفعال أنزيمياً.....

2-2-5 هيميسيلولاز.....

2-2-6 البروتيئاز.....

2-2-7 الليباز.....
2-2-8 الليبوكسجيناز.....
2-2-9 غلوكوز أوكسيداز.....
2-2-10استخدام الأنزيمات المركبة.....
- ظاهرة البيات والعوامل المؤثرة عليها.....
- اتجاهات مستقبلية.....

مقدمة

مع تزايد الطلب على تحسين نوعية الخبز ازداد استخدام محسنات الدقيق منها ماهو مستخدم في المطاحن ومنها ماهو مستخدم في المخابز. إن نوعية الدقيق المستخدمة بشكل عام قد لا تصلح لإنتاج منتجات مختلفة، والمطاحن في سورية تنتج نوع واحد من الدقيق على الأغلب بدون إضافات مما يجبر الفرانين على استخدام خلطات جاهزة من المحسنات. يتم استخدام المحسنات (Improvement) في صناعة الخبز لتحسين المواصفات الفيزيائية والريولوجية للعجين لتأمين سهولة تصنيعه وتحسين المواصفات الفيزيائية لخبز (لون القشرة، بنية المسامية واللبابة، قابليته للتخزين الطويل) وطعم ورائحة الخبز.

معظم المحسنات المستخدمة ذات أصل كيميائي، ومع إكتشاف أن معظم المواد الكيميائية ذات تأثير ضار على صحة الإنسان بدأ التوجه لاستخدام الأنزيمات وبشكل متسارع في معظم الصناعات الغذائية بشكل عام وفي تحسين الدقيق بشكل خاص. من هنا كان الهدف استبدال المحسنات الكيميائية بالمحسنات الانزيمية ودراسة تأثير بعض المحسنات الأنزيمية على مواصفات الدقيق.

بالطبع يتم اختيار المحسن المراد إضافته بعد إجراء دراسة كاملة لمواصفات الدقيق، لأن كل نوع من الدقيق يتطلب محسن يختلف عن المحسن اللازم لنوع أخر. فمثلاً المحسن اللازم للدقيق القوي جداً يضاف للتخفيف من قوة العجين وإرخاء البنية الغلوتينية، بينما الدقيق الضعيف يلزمه محسن من نوع آخر يساعد على تقوية البنية الغلوتينية. تقسم محسنات الخبز إلى عدة مجموعات:

1ـ محسنات ذات التأثير المؤكسد.

2ـ محسنات ذات التأثير المرجع.

3ـ محسنات من التأثير النشطة سطحياً.

4ـ محسنات من المستحضرات الإنزيمية.

5ـ محسنات مركبة متنوعة

الفصل الأول

المحسنات الكيميائية المضافة للدقيق

1-1 مقدمة:

تتعلق نوعية الخبز بنوعية المواد الأولية وخاصة بمواصفات الدقيق الخبيزية وبطرق وأنظمة تنفيذ المراحل التكنولوجية وباستخدام كميات قليلة من بعض المضافات والذي يطلق عليها اسم محسنات نوعية الخبز(Improvement).

بالطبع يعد طعم ورائحة الخبز من الدلائل الهامة، الواجب توفرها في المنتج لتلبية رغبة المستهلك والتي لا يمكن تأمينها إلا بإتباع طرق تكنولوجية دقيقة وصحيحة في صناعة الخبز، أو باستخدام بعض المضافات المتخصصة لذلك.

تتوفر عدة طرق لتحسين نوعية الخبز، مثل الاعتماد على اختيار خلطات الأقماح المناسبة والملائمة للطحن وتحديد النسب أيضاً من خلطات الدقيق، أو استخدام طريقة تسخين الدقيق بالهواء المسخن خلال نقله بنوماتيكياً، أو إضافة المواد الدسمة على هيئة مستحلبات (Emulsifiers) دهنية مائية مع استخدام المثبت الإستحلابي (Emulgatar) اللازم، أو إضافة (3ـ5)% من كمية الدقيق على شكل مطبوخ (يستخدم لأنواع الدقيق المنخفضة القدرة السكرية والغازية في حال عدم لحظ السكر في الوصفة)، أو المعاملة الميكانيكية المشددة أثناء العجن (مع مراعاة قوة الدقيق وطريقة التحضير)، أو استخدام الطرق المختلفة في تحضير العجن والدقة في مراعاة الشروط الملائمة لمدة الاستراحة النهائية وزمن الشواء وغيرها.

مع مراعاة كل ما تقدم أحياناً يحتاج الأمر إلى استخدام بعض المحسنات لما لها من فعالية عالية وتأثيراً مباشراً على النوعية لتلبية رغبة المستهلك.

1-2 المحسنات ذات التأثير المؤكسد: Oxidation

تنبع الحاجة الحالية لمعالجة الدقيق بالمؤكسدات نتيجة استهلاك الدقيق السريع بعد إنتاج الدقيق، حيث لم تعد تكفي عملية إنضاج الدقيق بتعريضه للهواء ويجب تسريعها باستعمال المواد المؤكسدة. تؤثر الاكسدة بشكل رئيسي على الأحماض الأمينية الحاوية على كبريت

والتي تشكل الغلوتين. تربط الأكسدة مجموعتين تيول (هيدروجين الكبريت) متجاورتين مكونة رابطة ثنائي الكبريت وتشكل جسر بين قسمين مختلفين من جزيئة غلوتين أو رابطة بين جزيئتين مختلفتين، وهذا ما يسبب تقوية البروتين.[2]

بشكل عام يمكننا تقسيم ذات التأثير المؤكسد إلى ثلاث مجموعات:

1. محسنات مبيضة للدقيق: أكاسيد الآزوت، فوق أكسيد البنزويل.
2. محسنات ذات تأثير مقوي: برومات وبودات البوتاسيوم، حمض الأسكوربيك، فوق سلفات الأمونيوم، آزو ثنائي كربون آميد، النشاء المؤكسد.
3. محسنات تجمع بين الصفات المقوية والمبيضة: الأكسجين، فوق أكسيد الكلور، فوق أكسيد الأسيتون.

1-2-1 الأكسجين:

وهو يشترك بشكل غير إرادي كمؤكسد في عمليات إنضاج الدقيق. أحياناً تستخدم طرق تسمح بزيادة الدور المؤكسد لأكسجين الهواء مثل نقل الدقيق بنوماتيكياً (بطريقة الهواء) داخل المصانع وفي مصانع الخبز مما يسرع من إنضاج الدقيق حديث الطحن ويؤدي إلى تبيضه بعض الشيء، كما يستخدم أحياناً الهواء المسخن.

بينت العديد من التجارب أن التأثير المؤكسد والمحسن للخواص الميكانيكية البنيوية للعجين يمكن تقويته بإجراء عمليات العجن في جو من الأكسجين.

- نضوج الدقيق:

إن حفظ الدقيق بعد طحنه في ظروف مناسبة يؤدي إلى تحسن ملحوظ في صفاته الخبيزية، وتسمى هذه الظاهرة بنضوج الدقيق. حيث يعطي الدقيق حديث الطحن وخاصة بعد الحصاد مباشرة عجيناً دبقاً لزجاً ذو قوام مائع بعد عملية التخمير ويرتخي العجين بعد الإستراحة لذلك ينصح بتقليل كمية الماء المضافة للدقيق المطحون حديثاً، ويتصف الخبز المحضر من هذا الدقيق برداءته وبصغر حجمه (كثيف اللبابة، وغير اسفنجي) وبوجود الشقوق الصغيرة على سطحه وانخفاض مردوده نسبياً.

ولابد من ترك الدقيق فترة زمنية محدودة بعد عملية الطحن كي ينضج ويسمى بطور النضوج، حيث تتحسن خلاله صفات الدقيق وبالتالي صفات الخبز الناتج وللحصول على عجين طبيعي بمواصفاته.

☒ التبدلات التي تطرأ على مواصفات الدقيق أثناء خزنه بعد الطحن:

1- تغير رطوبة الدقيق:

يطرأ على الدقيق أثناء خزنه تغير في الرطوبة يستمر لحين الوصول إلى حالة توازن بين رطوبة الدقيق ورطوبة المستودع الذي يخزن فيه، وتعد الرطوبة النسبية للهواء من أهم العوامل التي تؤثر على قيمة رطوبة التوازن للدقيق كما وتبدي بعض التأثير أيضاً في حرارة الهواء المحيط.

فإذا كانت رطوبة الدقيق عند وضعه في مستودع المخبز أدنى من الرطوبة التوازنية الموافقة لعوامل الهواء في المستودع يلاحظ أنه أثناء التخزين ترتفع رطوبته، أما عندما تكون رطوبة الدقيق عند وضعه في المستودع أعلى من رطوبة التوازن فيلاحظ إنخفاض رطوبته.

2- تغير لون الدقيق:

يتغير لون الدقيق المخزن ويصبح أكثر بياضاً، حيث يعود السبب في ذلك إلى عملية أكسدة الصبغات الكاروتينية والكزانتوفيل الموجودة فيه.

إن استخدام عملية نقل الدقيق بالخلخلة الهوائية (الشفط أو الضغط الهوائي) في المطاحن والمخابز يسرع من عملية تبييض الدقيق.

3- تغير حموضة الدقيق:

تتعلق حموضة الدقيق بشكل أساسي بوجود الحموض الدسمة الحرة فيه والتي تعتبر نواتج تحلل الدهون بالحلمهة، وكذلك بوجود المركبات الفوسفاتية الحامضية والمتشكلة نتيجة لتحلل المركبات العضوية الفوسفورية.

وتزداد حموضة الدقيق بعد الطحن بشكل مكثف في الأيام الأولى لعملية الطحن خلال (15-20) يوم. وتتزايد سرعة إرتفاع حموضة الدقيق كلما إرتفعت نسبة إستخراجه وإرتفعت رطوبته ودرجة حرارة تخزينه.

4- تبدلات دهون الدقيق:

يقوم أنزيم الياز بتفكيك الدهون بالحلمهة إلى غليسيرين وحموض دسمة حرة، كما وتلعب الأحياء الدقية في الدقيق بعض الدور أثناء عملية تحلل الدهون بالحلمهة.

☒ طرق تسريع نضوج الدقيق:

1. إستخدام الهواء المضغوط في عملية نقل الدقيق داخل المطحنة وداخل المخبز حيث يؤثر ذلك إيجابياً على عملية نضوج الدقيق.

2. نقل الدقيق بواسطة الهواء المضغوط المسخن: بينت التجارب التي أجريت في هذا المجال أن نقل الدقيق الضعيف بواسطة الهواء المسخن حتى الدرجة 30 درجة مئوية لمدة من 30-40 ثانية زاد من حجم خبز الصمون لما يقابل التخزين والإنضاج بشكل طبيعي لمدة 25 يوم، أما الدقيق القوي والمتوسط القوة فقد كان مثيل لمواصفات الخبز المنتج من دقيق مخزن لمدة تراوحت من 12-13 يوم، إن النتائج التحسينية لتسخين الدقيق حتى الدرجة 30 °م هي ليست ثابتة مع الزمن ولذا فإن عملية التسخين يجب أن تتم مباشرة قبل استخدام الدقيق لمدة لا تزيد عن 3-4 ساعات. إن تسريع نضوج الدقيق من جراء استخدام الهواء المضغوط ناتج عن إحاطة الهواء لكل حبيبة من حبيبات الدقيق مما يؤمن الأكسجين اللازم والضروري لعمليات الأكسدة والتي تعتبر الأساس في تحسين قوة الدقيق.

3. تسخين الدقيق بإستخدام الأشعة فوق الحمراء.

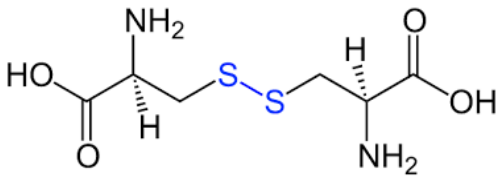
4. إستخدام مبيضات الدقيق مثل المركبات الغازية ذات التأثير المؤكسد (أكاسيد الآزوت، ثنائي أكسيد الكلور، ثلاثي كلور الآزوت ....).

5. استخدام المحسنات الكيميائية (المركبات ذات التأثير المؤكسد): تستخدم في بعض بلدان العالم المواد الكيميائية كمسرعات لعملية نضج الدقيق وتتكون هذه المواد من المركبات ذات

التأثير المؤكسد مثل برومات البوتاسيوم ويودات البوتاسيوم وفوق سلفات الأمونياك وثاني أكسيد الكالسيوم وحمض الأسكوربيك.[1]

2-2-1 السيستين Cystine

السيستين هو ناتج ارتباط جزيئين من الحمض الأميني السيستئين cysteine بواسطة الرابطة ثنائي الكبريت. تعطي الرابطة ثنائية الكبريت فعالية مؤكسدة للسيستين، ولكن عند نسب منخفضة يمكن أن يسبب ضعف الغلوتين بسبب تحرر السيستئين الناتج عن تفاعل السيستين مع مجموعات التيول في البروتين. ما يزال يستخدم بالرغم من سعره المرتفع بالمقارنة مع حمض الأسكوربيك بسبب تأثيره الإيجابي على خواص العجين ويوضح الشكل (1) الصيغة الكيميائية للسيستين:[2]



الشكل(1) الصيغة الكيميائية للسيستين

3-2-1 برومات ويودات البوتاسيوم:

يتم الحصول على برومات البوتاسيوم $KBrO_3$ وذلك بإرجاع بروم البوتاسيوم KBr وعلى يودات البوتاسيوم KIO_3 بإرجاع يود البوتاسيوم KI.

تضاف هذه المواد إلى الدقيق بشكل مسحوق وبنسبة محددة ودقيقة، مع الأخذ بعين الأعتبار مزج هذه المواد مع الدقيق بشكل يضمن توزيعها بشكل متجانس، تضاف هذه المواد في كثير من الدول على شكل محلول مائي أثناء عملية تحضير العجين.

تتراوح نسب اضافة برومات البوتاسيوم بشكل عام مابين (10-40) ppm، أما يودات البوتاسيوم فتتراوح نسبة إضافتها من (4-8) ppm محسوبة على وزن الدقيق. يتوجب زيادة نسب هذه المواد أعلى من المعتاد عند استخدام دقيق ذو نسبة استخراج عالية وضعيف في خواصه الخبيزية وإذا استخدمت المعاملة الميكانيكية الشديدة في العجن. يعد تأثير برومات البوتاسيوم نسبياً أبطأ من تأثير يودات البوتاسيوم ولهذا تضاف هذه المواد في بعض الدول

على شكل مزيج من الاثنين بنسبة 1:4 أي (4 أمثال من برومات البوتاسيوم ومثل 1 من يودات البوتاسيوم).[1]

تؤدي إضافتها إلى زيادة حجم خبز الصمون بمقدار (10–40)%، كما تتصف لبابة الخبز الناتج بأنها أكثر بياضاً وبإسفنجية جيدة ويكون لون سطحها الخارجي أكثر لمعاناً.

يعمل البرومات بشكل مباشر على الغلوتين ويحسن من حجم وبنية أنواع مختلفة من الخبز بإعطاء العجين مقاومة لعيوب لا يمكن تجازوها في المضافات الأخرى. وبسبب الشكوك حول تأثيره على الصحة استبدل تدريجياً بحمض الاسكوربيك منذ خمسينات القرن الماض. وفي الدول التي تستبدل البرومات تضيف مزيج من حمض الاسكوربيك والأنزيمات كطريقة بديلة جيدة للحصول على خصائص عجين وخَبز مرضية. وبسبب كمياته القليلة اللازمة (مشابه أو أقل من حمض الاسكوربيك) وسعره المنخفض فمن الصعب أن يتم استبدال البرومات دون تدخل قوانين عامة.[2]

ننوه إلى أن زيادة نسبة هذه المواد عن الحد المعياري حسب نوع الدقيق يؤدي إلى انعكاسات سلبية على خواص الخبز الناتج، ويعود السبب في ذلك إلى التزايد الكبير والنشط لعمليات الأكسدة التي تحدث، كما ينعكس هذا التأثير على خواص الغلوتين، حيث تزداد قوته ويصبح أكثر مقاومة لغاز الكربون الناتج خلال عملية التخمر وتنخفض مطاطيته، مما يعطي بالنتيجة خبزاً باحجام صغيرة وبإسفنجية مرصوصة وغير مقبولة.[1]

4-2-1 فوق سلفات الأمونيوم: $(NH_4)_2S_2O_8$

أقر استخدام هذا المركب كمادة محسنة تضاف الى الدقيق أو العجين منذ عام 1911 وانتشر استعماله. يضاف الى الدقيق بنسبة تتراوح مابين (100-200) ppm ويختلف عن برومات ويودات البوتاسيوم بجمعه مابين التأثير المؤكسد الذي يحسن الخواص الميكانيكية البنيوية للعجين وتنشيط عملية تشكيل الغاز في العجين، تسبب اضافة فوق سلفات الامونيوم الى الدقيق زيادة حجم الخبز الناتج وخلخلة لبابته وانخفاض انسياب قطع الخبز بدون قالب.[1]

5-2-1 حمض الأسكوربيك :(Ascorbic Acid)

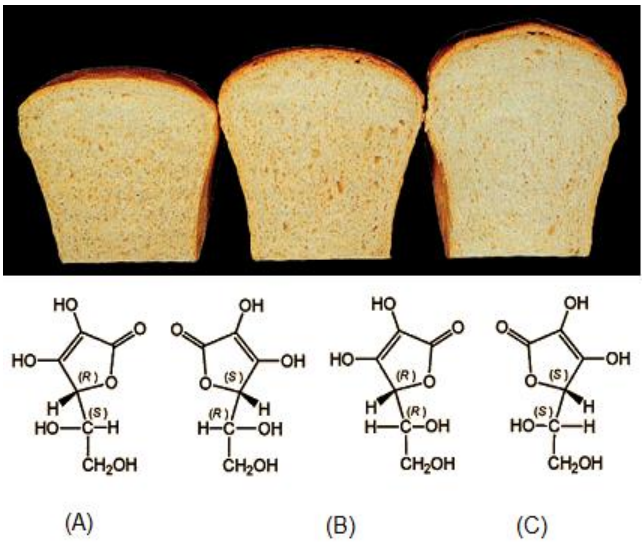
لقد ازداد الإهتمام بإستعمال حمض الأسكوربيك لتحسين نوعية الخبز في السنوات الأخيرة، ويعود السبب في ذلك إلى حظر العديد من الدول استعمال برومات ويودات البوتاسيوم كمواد مضافة في صناعة الخبز، إضافة إلى أن هذا الحمض يعد ناتج طبيعي ضروري للإنسان (فيتامين C).[1]

ويعتبر حمض الأسكوربيك ($C_6H_8O_6$) أهم مادة تضاف بهدف الأكسدة. يضاف حمض الأسكوربيك إما على شكل مسحوق إلى الدقيق في المطحنة أو أثناء تحضير العجين في مصانع الخبز، وتتعلق جرعاته المضافة بنوعية الدقيق وقوته وطريقة تحضير العجين. تتراوح نسب استخدامه في الطرق المعتادة لتحضير العجين (10-30) ppm بالنسبة للدقيق القوي ونوع أول و (30-50) ppm بالنسبة للدقيق ذو نسبة الاستخراج المرتفعة. زيادة النسب المضافة من حمض الأسكوربيك لاتؤثر سلبياً على خواص العجين ونوعية الخبز على عكس برومات ويودات البوتاسيوم.[2]

لجعل عملية التصنيع آمنة قدر الإمكان يجب أن يكون لحبيبات حمض الأسكوربيك حجم معروف بدقة. فإذا كانت الحبيبات صغيرة جداً فمن الممكن أن تتحول إلى كتل مصمتة، لذلك يجب تصنيع حمض الأسكوربيك بدقة وحذر شديدين. التوزع المتجانس لحمض الأسكوربيك ضمن الدقيق يعتمد بشكل كبير على حجم الحبيبات.[2]

يقوم حمض الأسكوربيك بتشكيل جسور الربط في السيستئين التي تعمل على تقوية البروتينات ويصبح أكثر قدرة على حجز الغازات المتشكلة، وبالتالي يصبح احتجازه لغاز CO_2 أثناء التخمير والشواء أكبر وبالتالي حجم الخبز الناتج يكون أكبر ويصبح الخبز ذو مسامات أنعم وأكثر تجانساً.[2]

وكذلك يعمل حمض الاسكوربيك في دقيق القمح على حفظ قوام العجين في الفارينوغراف، وعند إضافته للعجين فإنه يقلل من زمن الاستراحة ويسرع عملية النضج ويزيد حجم العجين ويؤمن مسامات صغيرة ومتجانسة.[1]

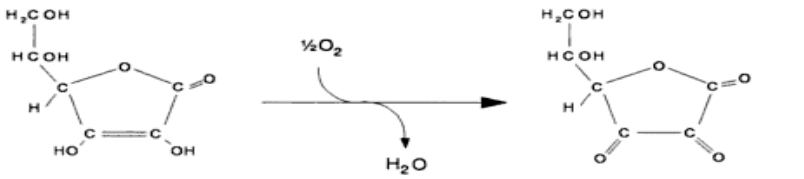


الشكل (2): تأثير إضافة حمض الاسكوربيك على حجم الخبز

(A) لم تتم إضافة حمض الأسكوربيك، (B) تمت إضافته بنسبة 20 ملغ،

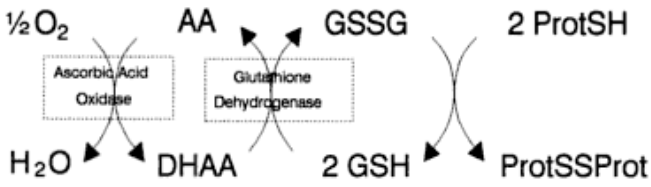
(C) تمت إضافته بنسبة 60 ملغ.

بينت الدراسات أن التأثير التحسيني لا يعود للحمض نفسه والذي يعتبر مرجعاً فعالاً، بل يعود لناتج أكسدته (حمض الأسكوربيك منزوع الهيدروجين) والذي يتشكل في العجين تحت تأثير إنزيم أسكربينات أكسيداز وفق المعادلة التالية: [1]



لا يقوم حمض الأسكوربيك بمفعوله مباشرة على البروتين، ولكن يعمل على حماية فقدان ثباتية البروتين وذلك بإبطال مفعول الغلوتاتيون الذي يتواجد بشكل طبيعي في الدقيق وله

تأثير معاكس. وهذا الأمر ممكن فقط في حال تأكسد حمض الأسكوربيك إلى حمض الأسكوربيك منزوع الهيدروجين (DHAA) في بداية عملية العجن بمساعدة الأنزيمات المتواجدة في الدقيق (أوكسيداز حمض الأسكوربيك وديهايدروجيناز الغلوتاتيون) كما ذُكر سابقاً، في هذه العملية يتأكسد الغلوتاتيون إلى ثنائي كبريت الغلوتايتون وهذا يمنع من تأثير الغلوتاتيون المضعف للغلوتين حيث أن وجوده بتراكيز أعلى تؤدي إلى اعطاء عجينة اكثر طراوة وعلى درجة أقل في المرونة (الشكل 3).[2]

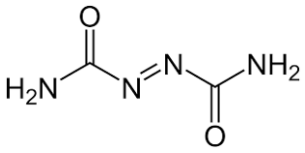


شكل(3): آلية عمل حمض الاسكوربيك في العجين

وبما أنه يحتاج إلى وسط من الأوكسجين لذا لا يمكن استخدامه في العجنات ذات النظام المستمر المغلق، ومن ناحية أخرى يعتبر حمض الأسكوربيك ذو تأثير مبيض في الدقيق أيضاً. [1]

6-2-1 أزو ثنائي كربون أميد: Azodicarbonamide

يستخدم هذا العامل الكيميائي المشكل للرغوة في صناعة نفش البلاستيك (ليس فقط بسبب تأثيره المؤكسد وإنما لأنه يتفسخ عند درجات حرارة أعلى من 120 °م ويُنتج حجم كبير من الغازات) ويوضح الشكل(4) الصيغة الكيميائية للأزو ثنائي كربون أميد.[2]



الشكل(4) الصيغة الكيميائية للأزو كربون أميد

النسبة التي تخفض التغيرات في خصائص الدقيق هي 4.5 ppm، وعند هذه النسبة يعتبر الـ ADA عامل إنضاج ونتائجه مشابهة لنتائج الانضاج الطبيعي للدقيق. أما النسب العالية من الإضافة التي تصل للحدود العظمى المسموح بها (45 ppm)، فتستخدم للدقيق ذو نسبة الرماد المرتفعة أو في حال استخدامه كبديل لبرومات البوتاسيوم. لكن استخدامه بكميات كبيرة فوق الحد اللازم يشوه شكل الخبز بشكل سيء على الرغم من بقاء العجين بمواصفات جيدة.

يعتبر الـ ADA من عوامل الأكسدة السريعة حيث أن عمله (تحويل مجموعات السلفوهدريل إلى دي سلفيد) ينتهي بشكل كامل عند انتهاء المزج.

نادراً ما يعالج الدقيق المعد للاستهلاك المنزلي بـ ADA نظراً لأنه يبقى عند البائع فترة كافية لينضج طبيعياً، وليس له تأثير مبيض.[2]

7-2-1 فوق أكسيد الكالسيوم: CaO_2

يستخدم هذا المركب منذ زمن طويل في الولايات المتحدة الأمريكية كمؤكسد في صناعة الخبز لتحسين من بنية العجين ورفع قدرته على امتصاص الماء حيث تزداد قدرة الدقيق على امتصاص الماء بمقدار (0.5-1.5)% عند اضافة فوق اكسيد الكالسيوم اليه كمادة محسنة.

بينت الدراسات تأثير فوق أكسيد الكالسيوم على خواص الغلوتين حيث يقوي بنيته ويزيد من مرونة العجين وحفظه للشكل أثناء الأستراحة النهائية ويزيد حجم الخبز الناتج، وتتراوح نسبة إضافته ppm (25-50) في حال استخدام دقيق نوع ممتاز و ppm (200-300) لدقيق النوع ثاني.[1]

8-2-1 الكلور وثنائي أوكسيد الكلور Chlorine and chlorine dioxid:

غاز الكلور: يستخدم في الدقيق لتبيضه، لكنه لا يستخدم بكثرة في صناعة الخبز الأبيض لأنه يؤثر سلباً على التخمر ويطري الغلوتين عادة، وينصح به في تبييض دقيق البيتيفور والكاتو والدقيق المعد للاستخدام المنزلي. الكمية المثالية هي التي تخفض الـpH إلى 4.8 تقريباً.

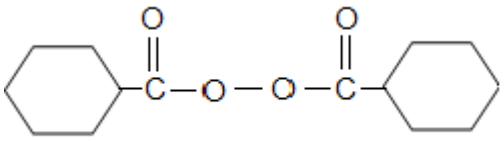
غاز ثنائي أكسيد الكلور(ClO_2): يعمل على تبييض الدقيق عن طريق اضافته بمعدل ppm 120.

لم تعد تستخدم هذه المؤكسدات في الدول الأوروبية (عدا بريطانيا وايرلندا) بسبب احتمال تسببها بضرر لصحة الإنسان والمخاطر التقنية. مما لا شك فيه أن استخدامها في دقيق بعض المنتجات (مثل الكيك الذي يحتوي نسبة مرتفعة من السكر والدسم) يعطي أفضل النتائج.[2]

9-2-1 بيروكسيد البنزويل :Benzoyl peroxide

تم اعتباره منذ وقت طويل كأحد المواد المؤكسدة المبيضة ويتم استخدامه حتى الآن في الدقيق الموجه للتصدير. استخدامه غير مسموح في دول الاتحاد الأوروبي وكذلك في بعض الدول الأخرى. بالإضافة إلى تأثيره المبيض فإن له تأثير طفيف على بنية الغلوتين ولكن هذا التأثير لا يظهر عند استخدام محسنات دقيق أخرى مثل AA.

نسبة إضافته حوالي 5–10 غ لكل 100 كغ دقيق، وغالباً يتم بيعه بتركيز 30% وبالتالي فإن الكمية بالمقابل تكون أعلى. يظهر تأثير البيروكسيد بنزويل على الدقيق بعد 24–72 ساعة من التخزين.[2]



الشكل(5) الصيغة الكيميائية لبيروكسيد البنزويل

10-2-1النشاء:Starch

يُنتج النشاء المؤكسد في بعض الدول من أجل رفع سوية نوعية الخبز وبعض المعجنات، ويتم الحصول عليه بأكسدة نشاء الذرة الصفراء بمواد مختلفة من برومات البوتاسيوم (النشاء المؤكسد ماركة A), وبرمنغنات البوتاسيوم (النشاء المؤكسد ماركة B)، وفوق كلور الكالسيوم

(النشاء المؤكسد ماركة C)، يساعد إضافة النشاء المؤكسد تحسين الخواص الهيدروفيلية للدقيق ويحسن الخواص الميكانيكية البنيوية للعجين ويزيد من حجم الخبز وقابلية لبابته على الانضغاط وكذلك يحسن لون اللبابة ويزيد مدة حفظ طازجيته أي بخفض عملية البيات، نسب إضافته (C+B 0.5%,A 0.3%).[1]

1-3 المحسنات ذات التأثير المرجع: Reduction

يصعب تصنيع الدقيق ذو الغلوتين المتقطع Short Gluten حيث يعطي خبز ذو حجم منخفض لأن الغاز المتشكل من الخميرة لا يمكنه أن يُمدد العجينة كما يجب. يمكن حل المشكلة باستخدام مركبات ذات خواص مرجعة تحطم الروابط ثنائية الكبريت مما يعطي لجزيئات الغلوتين المرونة في التحرك، حيث تتميز هذه المركبات بقدرتها على إضعاف البنية القوية لشبكة الغلوتين في العجين مما يؤدي إلى تحسين الخواص البنيوية الميكانيكية للعجين، وبالتالي نوعية الخبز المنتج.

قد يكون الغلوتين المتقطع نتيجة صنف القمح ولكن أحياناً قد ينتج بسبب سوء التخزين وتصنيع الحبوب (التسخين) أو تجميد الدقيق.

تأثير المواد المرجعة على العجين يمكن إيجازه بما يلي :

1- إضعاف بنية الغلوتين.

2- تأمين زمن تكون سريع للعجين.

3- يتم بواسطتها تحويل مجموعات الدي سلفيد إلى مجموعة السلفوهدريل والعمل على تقطيع الشبكة الغلوتينية بشكل سريع.

من المواد المرجعة المستخدمة في صناعة الخبز والمعجنات: السيستئين، الغلوتاتيون بصيغته المرجعة، وميتا بيسولفيت الصوديوم، وقد تستعمل أيضاً المواد الهيبوسلفيدية مثل: هيبوسلفيت الصوديوم $Na_2S_2O_3$.[2]

1-3-1 ميتا بيسولفيت الصوديوم وثنائي أوكسيد الكبريت:Sodium metabisulphite

يسمح باستخدام ميتا بيسولفيت صوديوم (MBS) وثنائي أوكسيد الكبريت فقط في بريطانيا وايرلندا. ويستخدم MBS نوعاً ما في اسبانيا. هذه المرجعات القوية جيدة في تكسير الغلوتين بسرعة مما يُسهل صناعة البسكويت والكراكر والوفر. لكن من المعروف أن هذه المركبات تحطم فيتامين B_1 لذلك يجب استبعادها. تعتمد العمليات البديلة على الإنزيمات وهي تحقق نفس النتيجة ولكن بشكل بطيء وتتطلب معرفة أكبر من قبل المستخدم.[2]

الصيغة الكيميائية للميتا بيسولفيت الصوديوم $Na_2S_2O_5$

2-3-1 السيستئين :Cysteine

هو حمض أميني بسيط ومكون لجميع البروتينات وينتج إما بالتحلل المائي للبروتينات الغنية جداً بالسيستيين ويتبع ذلك عمليات تنقية معقدة أو بطرق تصنيعية.

يمكن أن نتوقع أنه مادام السيستئين يقطّع روابط ثنائية الكبريت مثل باقي المواد المرجعة فإنه سوف يبطل عمل حمض الاسكوربيك عند استخدامهما معاً. ولكن ما تم اكتشافه تجريبياً عكس ذلك حيث وجد أن السيستئين وحمض الاسكوربيك يكمل كل منهما عمل الآخر، أحدهما يجعل الغلوتين أمتن والآخر يؤمن مطاطية كافية، وهذا لأن كل من المركبين يعملان على مكونات مختلفة من الغلوتين ويهاجمانه من مناطق مختلفة. عند استخدام هذه المحسنات في العجائن المجمدة يجب إضافة كميات كبيرة من كلا المركبين وذلك لأنها من جهة تتطلب ثباتية تخمير جيدة يتم تأمينها بواسطة حمض الأسكوربيك ومن جهة أخرى فإن عملية التجميد العميق تقوم بتقطيع الغلوتين (تقوية) وهذه المشكلة يمكن حلها بوجود السيستئين. كمية السيستئين المضافة تكون غالباً ثلثي كمية حمض الأسكوربيك، وتكلفة هذه الطريقة مرتفعة.

يباع السيستئين على شكل كلور الماء السيستئين اللامائي أو كلور الماء السيستئين أحادي الماء كونه سهل التصنيع ومنحل بشكل أفضل في الماء.[2]

3-3-1 محضرات الخميرة المُرجعة: Reducing yeast preparations

تُنتج الخميرة أيضاً مواد مرجعة ولكنها تتحرر فقط عند موت الخلايا. يوجد حالياً مستحضرات تصنع من خميرة غير فعالة وميتة ذات تأثير مرخ مشابه للسيستئين. ولكن الكمية المضافة حوالي 100 ضعف (100–1000 غ لكل 100 كغ)، ولو أن سعرها حوالي 1/10 من سعر السيستئين. [2]

1-4 المستحلبات:Emulsifiers

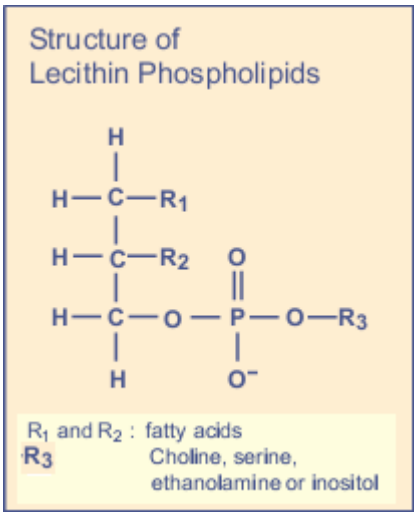
وهي المركبات التي يدخل في تركيبها وظائف محبة للماء (hydrophilic) ووظائف كارهة للماء (hydrophobic)، وهذا التركيب الكيميائي الخاص يجعلها قادرة على التجمع في سطوح الفصل بين الأطوار، كما تقوم بتخفيض التوتر السطحي بين سائلين غير قابلين للامتزاج (ماء– زيت)، ويمكن إجمال التأثيرات المختلفة لإضافة المواد النشطة سطحياً أو المستحلبات في صناعة الخبز والمعجنات بالنقاط التالية:

- ✓ تحسين نوعية الخبز وبشكل خاص زيادة حجم الخبز وتحسين بنية اللبابة.
- ✓ تحسين قدرة العجين على الاحتفاظ بالغاز.
- ✓ تسهيل معاملة العجين أثناء مراحل تصنيع الخبز.

من أهم المواد النشطة سطحياً استخداماً في صناعة الخبز والمعجنات :

1-4-1 الليسيثين:Lecithin

مؤلف من حمضين دهنيين ومجموعة من حمض الفوسفوريك متصلة إلى غليسرول، حيث يمكن لحمض الفوسفوريك أن يحمل مجموعات وظيفية مختلفة مثل : الكولين، سيرين، اينوسيتول، ايتانول أمين، الهيدروجين.



تمثل الحموض الدسمة نهاية هيدروفوبية للجزيئة الثنائية القطبية في حين تمثل مجموعة الفوسفاتيديل النهاية الهيدروفيلية.

اعتاد الخبازون على استعمال الليسيثين أكثر من أي مستحلب آخر. في بادئ الأمر كان تأثير الليسيثين من خلال استخدام صفار البيض وذلك لتشتيت الكميات الكبيرة من الدسم في المنتج والحصول على لبابة ناعمة، لكن الآن يتم استخدام مُركز الليسيثين المستخرج من فول الصويا لهذا الغرض كما أن الليسيثين المنزوع منه الزيت مناسب للاستعمال في المطاحن. لعل السطح الجاف للعجينة هي الفائدة الأكثر وضوحاً من استعمال الليسيثين، وبذلك القدرة على التشكيل الميكانيكي وهذا يُعتبر نتيجة للنعومة الفائقة التي تتميز بها العجينة، ولليسيثين تأثير إيجابي على مردود الحجم.

كما أن التفاعل بين جزيئات الليسيثين والنشاء وكذلك قدرتها على ربط الماء تطيل من مدة حفظ اللبابة، وعلى الرغم من أن سعة استيعاب معقد الأميلوز لليسيثين أقل من المستحلبات الصناعية (مثل SSL, SCL، والغليسريدات الأحادية بصيغتهم α) فإن هذا المستحلب الطبيعي يعتر كعامل مضاد لبيات الخبز بسبب مساهمته الايجابية في تحسين مجمل العملية الخبيزية.

الكمية المناسبة من الليسيثين من أجل معالجة الدقيق تتراوح (150–30 غ) لكل 100 كغ من الدقيق. كذلك فإن الكمية المنخفضة لها تأثير من خلال تحسين الخواص التصنيعية للعجين، بينما الكميات الأعلى تزيد من ثبات العجينة وتحمُّلها للتخمير.[2]

2-4-1 الغليسريدات الأحادية والثنائية: Mono-and diglycerides

تتفاوت بين محاليل مائية إلى حبيبية إلى بودرة ناعمة، فالاختيار يستند إلى نظام العجين المستخدم، حيث تطبق الحبيبات في النظم التي يكون فيها الانصهار في الدسم ممكن، ولكنها لا تعمل بشكل جيد عند تطبيقها في النظم الأسفنجية بسبب قوامها الصلب. الشكل المائي للغليسريدات الأحادية هو الأكثر تطبيقاً في نظم العجن وذلك بسبب سهولة اندماجه مع العجين. الغليسريدات الأحادية (الصلبة) تكون مفضلة في الخلطات الحاوية على كمية قليلة من الدسم، في حين أن الغليسريدات الأحادية (الطرية) تعمل بشكل أفضل في المنتجات الحاوية على كميات مرتفعة من الدسم مثل المنتجات الخبيزية الحلوة.

تستخرج الغليسيريدات من الزيوت النباتية أو الحيوانية. يتم تفاعل الزيت مع الغليسريدات بوجود القلويات كعامل مساعد. وهذا ينزع حمض دهني واحد أو حمضين دهنيين من الدهون والزيوت الصالحة للأكل. وعن طريق اختيار الحمض الدهني المتبقي على الغليسرول يمكن تصنيع مستحلبات بخواص مختلفة. فعالية الغليسريدات في أي نظام من نظم العجين يتأثر بعملية تصنيعها.

الغليسريدات هي بشكل عام مطريات للبابة وتعمل بشكل طفيف كمقويات للعجين. هناك دائماً حاجة في معالجة الدقيق وبشكل رئيسي بواسطة غليسريدات أحادية وثنائية ذات خواص جيدة لمنع بيات الخبز، وهذا الأمر يتواجد في أغلب الأحيان في سلاسل الأحماض الدهنية المشبعة التي تتفاعل بشكل جيد مع النشاء مما يؤدي إلى إبطاء عملية البيات. ومن ناحية أخرى فإن هذه المستحلبات لها نفس تأثير الليسيثين أي مردود حجم مرتفع ولبابة ناعمة.

الكمية المطلوبة من هذه المستحلبات، وخاصة من أجل المنتجات الغنية بالدسم، يمكن أن تصل إلى 1% من الدقيق.

- **الغليسريدات الأحادية المقطرة :**

تصنع من دسم نباتي (غليسريدات ثلاثية) عن طريق انتزاع اثنين من الأحماض الدهنية. التقطير يقوم بفصل المنتجات الثانوية (الغليسرول، الأحماض الدهنية، الغليسريدات الثنائية) الناتجة خلال عملية التصنيع وذلك لزيادة تركيز الغليسريدات الأحادية (حتى 90%).

تستخدم لإطالة مدة حفظ المنتجات الخبيزية ولانتاج لبابة ببنية ناعمة.

- **بولي سوربات 60 :**

سائل بدرجة حرارة الغرفة، ناتج من تفاعل أكسيد الايتلين مع سترات أحادية السوربيتان، له تأثير متوسط على تقوية العجين وتليين اللبابة ولكن عندما تمزج مع الغلسريدات الأحادية أو الثنائية يزداد تأثيرها من ناحية تقوية العجين وتليين اللبابة بشكل واضح.

معظم الأشكال التجارية للبولي سوربات 60 عبارة عن اتحاد بين البولي سوربات 60 والغليسريدات الأحادية.

- **Ethoxylated Monoglycerides (EOM):**

محلول لزج بدرجة حرارة الغرفة، ناتج من تفاعل الغليسريدات الأحادية والثنائية مع أكسيد الايتيلين. له خواص مقوية جيدة للعجين ولكن تأثيره المطري للبابة ضعيف.

الجرعة من هذا المركب يتم تحديدها بدقة إذ أن الكمية الزائدة منه تؤدي إلى مطاطية زائدة قد تؤدي إلى انهيار الخبز عندما يكون في الفرن.

في المركبات التجارية يتم عادةً جمعه مع الغليسريدات الأحادية والثنائية.

- **SMG:**

مركب ناتج من تقطير الغليسريدات الأحادية بوجود (succinic anhydride)، هو مادة شمعية صلبة عند درجة حرارة الغرفة.

يعتبر مقوي للعجين وذو تأثير مطري ضعيف على اللبابة، يزيد من (oven spring). ومن الممكن أن يكون صعب الاستعمال في العجين بسبب طبيعته الشمعية، يستعمل في النظم التي يتم فيها إذابة الدسم حيث ينصهر فيه.

3-4-1 استيرات أحادي وثنائي غليسريدات ثنائي أستيل الطرطريك (DATEM) :

تعتبر الغليسريدات الأحادية والثنائية من الدهون الصالحة للأكل المؤسترة مع أحادي وثنائي أستيل حمض الطرطريك واحدة من المجموعات الفعالة جداً من ناحية مردود الحجم.

يُعتبر الـ (DATEM) أحد المكونات الرئيسية لمعظم المحسنات المستخدمة في الخَبز، وخاصة عندما يكون الهدف إنتاج منتجات خبيزية ذات حجم كبير وقشرة مقرمشة. تعرف بشكل أساسي بتأثيرها على زيادة حجم العجينة ومقاومتها، ونظراً لأنها تسبب زيادة كبيرة في الحجم لذلك من الصعب تحديد فيما إذا كانت قدرتها على تحسين الطراوة عائد إلى الحجم الكبير أو إلى منع التراجع (تراجع النشاء). ولهذه الأسباب فإن الـDATEM يستخدم كمحسن للخبز أكثر من استخدامه كعامل معالجة للدقيق.

لم يعد يُستعمل (DATEM) في أغلب الأحيان في أوروبا لمعالجة الدقيق. الكمية المثالية حوالي 300–400 غ لكل 100 كغ.[2]

4-4-1 ستيرو لاكتات الصوديوم والكالسيوم (SSL and CSL):

تصنع هذه المستحلبات من أسترة الحمض الدهني ستياريك مع رابطتي الأستر في حمض الخل، والآن تم اعتماد هذه المستحلبات "كمضافات للغذاء" في أوروبا.

تستخدم بشكل واسع كمستحضرات لتحسين الخبز وخاصة من أجل الحصول على كعكات دائرية طرية وذلك لأنها تمنح طراوة للبابة وكذلك تمنح طراوة للقشرة.

(SSL and CSL) تستخدم بشكل رئيسي كمقويات للعجين ولكنها أيضاً مطريات جيدة للبابة. تعتقد الدراسات أن هذه المركبات تتفاعل مع الغلوتين خلال المزج وتؤدي إلى تحسين قوة العجين ومن ثم تشكل معقد مع النشاء خلال الخبز وهذا يؤدي إلى تطرية اللبابة عن طريق اعاقة عملية بيات النشاء.

متوفرة على شكل حبيبات أو بودرة، كلاهما يؤمنان تاثيرات قوية للعجين ومطرية للبابة وتحسن من قوة احتمال المزج وتحسن من احتباس الغاز، تحسن حجم اللرغيف وتمدد مدة الحفظ.[2]

يوضح الجدول (1) الفرق بين المطريات والمقويات–والجدول(2) النسب المسموح بها.

	التأثير المطري	التأثير المقوي
SSL	جيد جداً	ممتاز
CSL	جيد	ممتاز
DATEM	طفيف	ممتاز
EOM	ضعيف	جيد جداً
POLYSORBAT 60	جيد جداً	طفيف
SMG	جيد	جيد

جدول (1) : مقارنة بين المقويات والمطريات

المنتج	الحد المسموح
SCL	0.5 % كحد أعظمي
SSL	0.5 % كحد أعظمي
SMG	0.5 % كحد أعظمي
POLYSORBAT 60	0.5 % كحد أعظمي
EOM	0.5 % كحد أعظمي
DATEM	لا يوجد حد معين
MONO-AND DIGLYCERIDES	لا يوجد حد معين

جدول (2) :الحد المسموح من المقويات والمطريات على أساس الدقيق

حيث أن الحد المسموح به لوحده أو عند جمعه مع غيره يجب ألا يزيد عن 0.5 % على أساس الدقيق.

5-4-1 المستحلبات المركبة: Complex Emulsifier

في بعض الحالات يمكن زيادة خواص المستحلب عن طريق إضافته إلى مستحلب آخر. ومثال على ذلك الغليسريدات الأحادية والثنائية التي يمكن من خلال إضافتها إلى الليسيثين الحصول على أفضل نتائج لاستعمالها في معالجة الدقيق، حيث يقوم الليسيثين بتحسين انسيابهم وانحلاليتهم وتشتتهم وبالتالي يُحسن من تفاعل هذه الغليسريدات مع مكونات الدقيق، هذا الإتحاد يُمَكَّن من إنقاص الكميات الضرورية للتأثير المثالي إلى 100–300 غ مع 50% من المستحلبات المركبة. كذلك يتم تعزيز استرات ثنائي أستيل الطرطريك بالليسيثين، حيث إن إضافة كمية قليلة بمقدار 10% من الليسيثين تُحسن من تأثيره الإستحلابي وتُخفض من رائحة الخل. هذه المركبات تكون فعّالة فقط إذا تم خلطها قبل تحويلها إلى مسحوق، حيث يُعتبر خلط مساحيق هذه المواد غير فعالاً.[2]

1-5 معدلات الحموضة: Acidulates and acidity regulators

إنبات القمح أو الشيلم يُنتج أميلاز ذو فعالية عالية مع التأثيرات المعتادة على خواص الخَبز. ومن المعروف أنه حتى في حالة الدقيق ذو رقم السقوط المنخفض فإنه يمكن الحصول على خواص خبيزية جيدة إذا تم تحميضه بشكل جيد. لكن تُعتبر الحموضة من الأمور غير المرغوبة في أوروبا ومن ناحية أخرى فإن الخبازين ليس لديهم المتسع من الوقت والأيدي العاملة، وهذا يعني أنه يجب البحث عن طرق ووسائل أخرى.

بإضافة الأحماض المستخرجة من الفاكهة وأملاحها وكذلك الكربونات والفوسفات المُعتمد استخدامها في الأغذية يُمكن ضبط pH العجين وبذلك يتم إبعاده عن المجال الذي تكون فيه فعالية أنزيم الحبوب بفعاليتها العُظمى، وإن هذه المواد تؤثر على انتفاخ مكونات الدقيق وهذا يساعد على إبطال التأثير السلبي للأنزيمات (مثال: تحرر الماء). المستحضرات الأكثر ملائمة هي تلك التي تحافظ على الـ pH في المستوى الذي تم ضبطه فيه لذلك تُدعى بـ "المواد المنظمة الواقية"، مثال: خلائط أملاح الحموض المستخرجة من الفاكهة.

في أغلب الحالات فإن الكمية تتراوح من 50–200 غ (الحد الأعظمي) لكل 100كغ دقيق، مع ذلك فإنه في حالات استخدام الكربونات والفوسفات غير العضوية يجب الانتباه عند إضافتها من أجل عدم زيادة تدريج الدقيق (تصنيف الدقيق)، حيث أن هذه المواد ستدخل ضمن الرماد وبالتالي تزداد كميته في الدقيق مما يؤثر بالتالي على تصنيف الدقيق.

ينصح عند استخدام الحبوب المنبتة استخراج كميات قليلة من الطبقات الخارجية الغنية بالإنزيمات وإنتاج دقيق ذو لون أنصع.[2]

الفصل الثاني

المحسنات الأنزيمية المضافة للخبز

2-1 مقدمة:

بدأ استخدام الإنزيمات في الصناعات الغذائية مع بداية ستينات القرن الماضي وكان أول استخدام للمستحضرات الإنزيمية في صناعة القطر الصناعي (شراب الغلوكوز) من النشاء باستخدام مستحضر "الغلوكوأميلاز". منذ ذلك الحين بدأت تتوسع عملية استخدام المستحضرات الأنزيمية في الصناعات الغذائية وفي مرحلة لاحقة ثم استخدام المستحضرات الأنزيمية في صناعة الخبز والمعجنات لما يتمتع هذا القطاع من أهمية كبيرة. فقد استخدمت هذه المستحضرات بهدف تحسين نوعية الخبز واختصار بعض العمليات التصنيعية بالإضافة لإطالة مدة حفظ الخبز مع المحافظة على النوعية.[2]

ويساعد استخدام الأنزيمات في صناعة الخبز على تسريع العمليات التكنولوجية وخاصة مرحلة تحضير العجين، وتنشيط العمليات البيوكيميائية في العجين خلال مختلف مراحل التصنيع مما يؤدي ذلك إلى تحسين من نوعية الخبز.

لقد حلت المستحضرات الأنزيمية مكان المواد المحسنة الكيميائية والطبيعية فمثلاً هناك الأميلاز الفطري والبكتيري قام بمهام أنزيمات المالت أو الغلوكو أوكسيداز حل مكان المواد الكيميائية المؤكسدة في تقوية الغلوتين والبروتيئاز حل مكان المواد الكيميائية المرجعة لأصناف الغلوتين وظهر الليباز الذي احتل مكان المواد المنشطة سطحياً.[1]

تؤدي المستحضرات الأنزيمية إلى تحسين مواصفات الخبز حيث يزداد الحجم النوعي وتزداد المسامية ويتحسن الشكل الخارجي ويكون لون القشرة أكثر إحمراراً بالإضافة إلى تحسين الطعم والرائحة.[2]

تهدف عملية استخدام المستحضرات الأنزيمية في صناعة الخبز والمعجنات إلى تحقيق مايلي:

- ✓ تصحيح مواصفات الدقيق.
- ✓ تحسين الصفات الريولوجية للعجين.
- ✓ تحسين الصفات الخبيزية (بهدف زيادة حجم الخبز ونعومته وطراوته وتأخير فترة البيات).

يمكن تصنيف الأنزيمات وظيفياً على الشكل التالي:

- تصحيح الدقيق Flour Correction

وتشمل α- أميلاز الفطري لزيادة القدرة الغازية للدقيق.

- تكييف العجين Dough Conditioning

وتشمل مزيج من الأميلاز الفطري والكسيلاناز والليباز وتعمل هذه الأنزيمات على تحسين الصفات الريولوجية للعجين دون زيادة في دبقه:

1. تزيد من قوة الغلوتين.
2. تحسين عملية تشكيل العجين.
3. تزيد من قدرة تحمّل العجين للمزج.
4. تحسّن من ثباتية العجين في حالة الاختمار الزائد.

- تحسين قشرة الرغيف Crust Improvement

تحتوي هذه المجموعة على الأميلوغلوكوزيداز (Amyloglucosidase) وهو عبارة عن أميلاز فطري مولد للغلوكوز أما تأثيراته:

1 . ينشط عمل الخمائر أثناء التخمير.

2. يحسن من لون قشرة الرغيف نتيجة تفاعلات الكرملة وميلارد.

- تقوية الغلوتين Gluten Strengthening

تشمل هذه الفئة على الغلوكو أوكسيداز Glucose Oxidase وهو أنزيم فطري يقوم بتقوية الغلوتين بهدف زيادة ثباتية العجين أثناء التشكيل الميكانيكي وزيادة امتصاص الماء.

- اضعاف الغلوتين Gluten Weakling

تشمل هذه الفئة على البروتيئاز الذي يقوم بتفكيك الروابط الأمينية في الغلوتين من أجل إضعافه، حيث يستخدم في الدقيق القوي وفي صناعة الكعك والتوست.

- المحافظة على طازجية الخبز Anti-Staling

تحدد طازجية المنتجات الخبيزية المخزنة والمغلفة عن طريق المظهر والطراوة. وبما أن الطازجية ترتبط بشكل جيد مع قابلية انضغاط اللبابة، لذلك فمن الممكن أن يتم قياسها عن طريق أجهزة ميكانيكية بسيطة حيث أن المقاومة الأقل للضغط تدل على طازجية أعلى. طراوة اللبابة تعتمد على حجم المنتجات الخبيزية، حيث أن الحجم الأعلى يتطلب مواد أقل لتشكيل جدر خلايا المسامات ولذلك تتناقص مقاومة الضغط. إن التغيرات التي تحدث في البنية خلال عملية التخزين يؤدي الى زيادة صلابة ومتانة اللبابة. هذه التغيرات تكون سبب تراجع (تدهور) أو اعادة تبلور النشاء وبشكل أساسي اعادة تبلور جزء من الأميلوبكتين الذي تمت جلتنته مسبقاً، فبينما تهاجر جزيئات الأميلوز الصغيرة من حبيبات النشاء الى الوسط المحيط وتتبلور مباشرة بعد الخبز، فان جزيئات الأميلوبكتين تبقى بصورتها المتجلتنة غير المتبلورة لفترة أطول. بالشكل غير المتبلور فإن الأميلوز والأجزاء غير المتفرعة من الأميلوبكتين تكون على شكل لفائف حلزونية (ملتفة بشكل لولبي) التي يمكنها أن تضم الجزيئات غير القطبية.

يلاحظ المستهلكون هذه الظواهر الكيميائية مثل بيات المنتجات الخبيزية وذلك من خلال التغيرات الفيزيائية مثل الانكماش وتشكل التجاعيد، وانخفاض طراوة اللبابة، وانخفاض(طراوة القشرة) crustiness، وازدياد عدم شفافية اللبابة، وازدياد(التفتت) crumbliness، انخفاض النكهة وتغير من ناحية الاحساس بالمنتج في الفم، الصلابة، الجفاف، قطع صغيرة.

ومن أهم الانزيمات التي تدخل في هذه المجموعة الأميلاز البكتيري المولد للمالتوز بالإضافة إلى مزجه مع الليباز بهدف إطالة عمر الخبز التخزيني مع المحافظة على النوعية حيث تحقق ما يلي:

1. تطيل من طازجية الخبز أثناء التخزين.
2. المحافظة على طراوة اللبابة ومرونتها من أجل تحسين الصفات الذوقية للخبز.
3. تحسين بنية اللبابة بشكل أكثر تجانساً وأكثر بياضاً.

وعلى خلاف معظم التطبيقات فإن الأنزيمات في هذه الحالة لا تتفاعل مباشرة عند إضافتها في المطحنة ولا تبدأ بتأثيرها إلا عند إضافة الماء. ويعتبر هذا الاختلاف في زمن ومكان عمل الأنزيم تحدياً كبيراً في مجال معالجة الدقيق ولكن في حالة الأنزيمات تعتبر مسألة معقدة بشكل خاص. بالإضافة لذلك فإن عمل الأنزيم محدد بشدة فإذا كان نقياً بما فيه الكفاية فإنه يعمل على هدف محدد ويجب إضافته بكميات صغيرة. كما أنها ذات منشأ طبيعي حيث يمكن الحصول عليها من الأحياء الدقيقة بواسطة التخمير أو من الخضروات أو من الخلايا والسوائل الحيوانية بطرق الاستخلاص. وتشبه كل المواد الطبيعية المركزة فهي ذات تأثير تحسسي قوي، لهذا السبب يجب أخذ الحيطة خلال التصنيع والمحافظة على إضافتها بكميات قليلة جداً.[2]

في ألمانيا تعرف معظم الإنزيمات كمساعدات تقنية ودون أهمية في المنتج النهائي ولا تذكر على العبوة. ولكن من الواضح جداً أنه سيأتي الزمن الذي سيطلب فيه ذكر الإنزيمات التي تم استخدامها على العبوة عند وضع القوانين الأوربية كمقياس.

تم اعتماد الأميلاز الفطري في كل الدول الأوروبية ماعدا الدنمارك. في حين أن الأنزيمات الأخرى مثل الهيميسيلولاز والبروتيئاز لم يتم اعتمادها بشكل واضح. تعتبر أنزيمات الاميلاز والبروتيئاز من الإنزيمات المعتمدة في بريطانيا أيضاً.

ويبين الجدول (1) أهم الانزيمات المستخدمة في صناعة المعجنات وتأثيرها. [2]

ويبين الجدول(2) مصادر بعض الأنزيمات الصناعية.

Table 1: Enzymes suggested for bread and flour improvement
(not exclusive)

Enzyme	Claimed Effect
a-amylase, fungal	Energy supply for yeast
a-amylase, bacterial	Liquefaction
a-amylase, intermediate heat stable	Anti-staling
Amyloglucosidase (glucoamylase)	Energy supply, colour, flavour
Branching enzyme (glucotransferase)	Water binding
Cellulase	Water binding
Furanosidase, arabinofuranosidase	Dough structure, water binding
Ferulic & cumaric acid esterase	Dough structure, water binding
Glutathion oxidase	Protein strengthening
Glycolipase, galactolipase	Dough stability, volume yield
ß-glucanase	Structure, liquefaction
Glucose oxidase, galactose oxidase, hexose oxidase	Protein strengthening
Hemicellulase, xylanase, pentosanase	Dough structure, water binding, volume yield
Laccase, polyphenol oxidase	Dough strengthening
Lipase	Flavour, in-situ emulsification, dough stability, volume yield
Lipoxygenase, lipoxidase	Dough structure, decolorization
exo-Peptidase	Color, flavor
Peroxidase	Protein strengthening
Phospholipase	Pore structure, volume yield
Protease, proteinase	Protein relaxation, liquefaction
Pullulanase	Structure, water binding
Sulphhydryl oxidase	Protein strengthening
Sulphydryl transferase	Protein strengthening
Transglutaminase	Protein cross-linking, gluten stabilization

جدول (1): الأنزيمات المستخدمة لتحسين مواصفات الدقيق

النباتات	تين	فيسين (Ficin)
	انانـاس	بروملين (Bromelin)
	بابايا	بابين (papain)
الحيوانات	خنازير، عجول	بانسريتين (Pancreatin) جيموزين(Chymosin)
	بيوض الدجاج	ليزوزيم (Lyzozyme)
	الحليب	لاكتوبيروكسيداز (Lactoperoxidase)
الأحياء الدقيقة	الخمائر	انفرتاز (Invertase)
	الفطور	أميلاز (amylase) هيميسيللولاز (hemicellulase)
	البكتيريا	بروتيآز (Protease) أميلاز (Amylase)

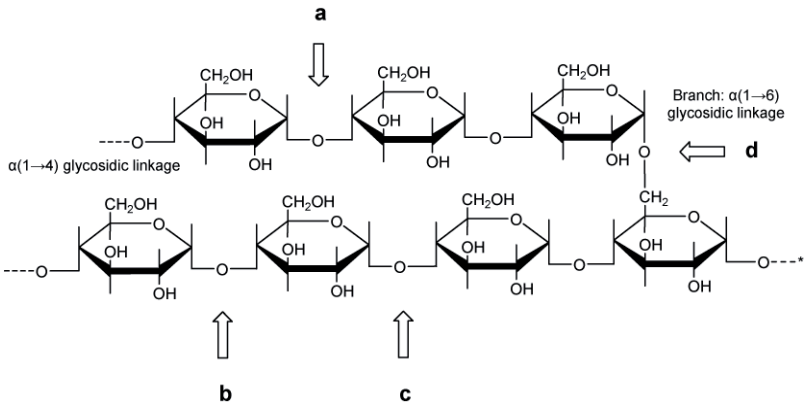
جدول (2) : مصادر الأنزيمات الصناعية

2-2 الأميلاز Amylases

يقسّم الأميلاز الأقسام غير المتفرعة في جزيئات النشاء إلى مكونات أصغر. وبشكل مشابه للأنزيمات فإن الأميلاز يعمل فقط على المواد المنحلة، مثال: نشاء متهتك منتفخ في العجين. خلال هذه العملية تقل لزوجة العجين وتتحسن خواصه التصنيعية، حيث تتشكل الدكسترينات القصيرة نتيجة عمل أنزيم α-amylase والتي تعتبر المادة الأولية لأنزيم β-amylase و

أنزيمات amyloglucosidase حيث تتحول إلى سكر (مالتوز، غلوكوز) ويصبح بمقدور الخميرة استهلاكها. تزيد سلسلة التفاعلات هذه من قوة التخمر وبالتالي من مردود الحجم، وتحسن الطعم والنكهة والاسمرار وتطيل زمن الحفظ.

لقد تم توحيد منتجات الأميلاز النموذجية المستخدمة في مطاحن الدقيق مع التحكم بفعالية البروتيئآز عند (2000-5000) SKB/g (وهي عائدة لـ Sandstedt, Kneen and Blish مطوري طريقة تحديد الفعالية). [2]



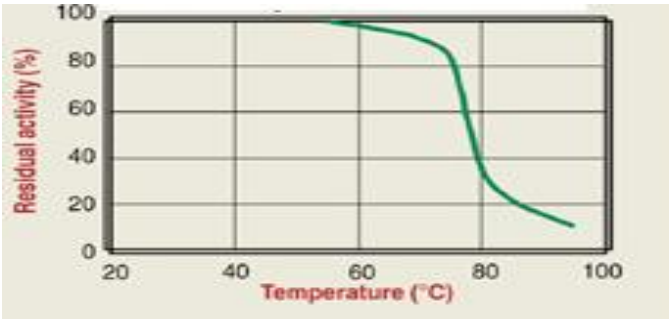
الشكل(1) يبين الأميلوبكتين مع أنزيمات تحليل النشاء

(a)الأميلاز (b)الأميلوكلوغوزيداز (c)الأميلاز (d)الإيزوأميلاز، الروابط الغلوكوزيدية بين وحدات الغلوكوز في سلسلة خطية واحدة.[]مرجع الرسمة

1-2-2 الأميلاز البكتيري :

يعمل هذا الأنزيم بمجال حراري مختلف عن الأنزيم الفطري حيث لا يتمتع بأي فعالية أثناء التخمير لكن فعاليته القصوى تكون مع بداية عملية الشواء، ويبقى هذا الإنزيم محتفظ ببعض الفعالية عند حرارة 95 ºC لمدة 20 دقيقة وهذا يؤدي إلى تأثير مضاد للبيات وذلك عن طريق منعه للتفاعلات الداخلية بين النشاء والغلوتين التي تؤدي إلى جفاف الخبز (شكل 2). ولكن بما أن الأميلاز البكتيري يستمر في تحطيم النشاء فيمكن أن تظهر طراوة زائدة أو حتى تسيل للبابة لدى التخزين. على أية حال فإن α أميلاز البكتيري لايزال يستخدم لتحسين طراوة اللبابة ولكن بمزجه مع α أميلاز الفطري بتراكيز منخفضة جداً وذلك لتجنب تسيل اللبابة.

أنواع الـ *Basillus* ليست فقط قادرة على انتاج الأميلاز البكتيري ذو المقاومة العالية للحرارة، ولكنها من أكثر الأحياء الدقيقة المعروفة لهذا الغرض.



شكل(2): منحني ثباتية للأميلاز البكتيري المستخرج من الباسيلوس تجاه الحرارة

يؤخذ بعين الاعتبار عند تسمية المستحضر الإنزيمي للإستخدام الصناعي تضمين مختصر باسم المصدر الميكروبي. [2]

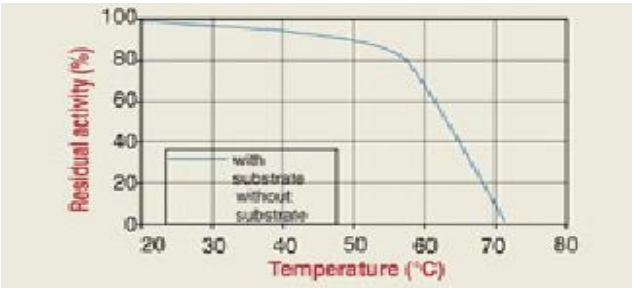
2-2-2 الأميلاز الفطري:Fungal amylase

تُستعمل غالباً الفطور من جنس (*Aspergillus*) في تصنيع الأنزيمات المحضرة لاستخدامها في التطبيقات الغذائية، حيث يتضمن هذا الجنس العديد من السلالات التي تم توصيفها بشكل جيد ولا تؤثر بالصحة، وبالإضافة إلى الأنزيمات التي تصنعها هذه الفطور، يمكن في بعض الأحيان أن تفرز سموم قد تبقى في المنتج النهائي. في عمليات التخمير ذات المعدات الكبيرة يتم تصنيع الفطور حتى تفرز الأميلاز إلى الوسط قدر المستطاع. ثم تُطبق عملية تنقية متعددة المراحل (طرد مركزي، فلترة، الترشيح الفائق) وتنتج الأنزيمات المركزة التي تُعرّض إلى عملية تجفيف بالرذاذ وتتحول إلى مسحوق ذو مدة حفظ جيدة ويتم إضافة حوامل متنوعة لهذه الأنزيمات (نشاء، دقيق، دكسترين المالت) من أجل تسهيل استعمالها في المطاحن. الأميلاز الفطري هو عادة ألفا أميلاز. يمكن كبح الفعاليات الجانبية خلال التصنيع. [2]

على خلاف أميلاز الحبوب الموجود في دقيق المالت، فإن الأميلاز الفطري له تأثير طفيف جداً على رقم السقوط وذلك لأنه أكثر حساسية من أميلاز الحبوب للحرارة العالية التي يتم

تقدير رقم السقوط عندها والذي يكون غير فعال قبل أن يتم تحطيم هلام النشاء. درجة حرارته المثالية ºC (50-60). أما تأثيراته:

- زيادة حجم الرغيف.
- تحسين بنية اللبابة ونسيجها ولونها.
- تحسين لون قشر الخبز معطياً اللون المرغوب.



شكل(3) : منحني ثباتية للأميلاز الفطري المستخرج من الاسبرجيلوس تجاه الحرارة

الكمية المستخدمة من α-amylase تعتمد على التركيز أو بشكل أدق على فعالية الأنزيم. الكمية المناسبة (المثالية) من α-amylase الفطري لدقيق القمح غير المنبت أو غير المعالج بدقيق المالت هي (200-500 SKB) لكل واحد كغ من الدقيق (5–10 غ من الإنزيم ذو الفعالية 5000 SKB لكل 100 كغ دقيق). وكذلك في حالة الدقيق ذو رقم السقوط المنخفض من المفيد إضافة كميات قليلة (صغيرة) من الأميلاز الفطري (1-2غ ذو 5000 SKB) حيث يحسن مواصفات العجين وعملية الخبز دون أن يؤثر على رقم السقوط. [2]

3-2-2 أميلو غلوكوزيداز (غلوكو أميلاز): (AMG)

أنزيم من عائلة الأميلاز، يمكن الحصول عليه بصورة نقية من سلالة خاصة من الـ (*Aspergillus*). يقوم بتحطيم النشاء إلى وحدات صغيرة من الغلوكوز وبعكس α-amylase فإنه لا يتوقف عن العمل عند التفرعات (الأميلوبكتين)، أي أنه ينتزع الغلوكوز من الأميلوبكتين، الأميلوز، دكسترينات، وأيضاً المالتوز.

لكنه يأخذ وقت طويل جداً حتى يقوم بخفض اللزوجة إذا استخدم لوحده، حيث أنه يؤثر على النشاء من طرف واحد ويحرر في الوقت نفسه جزيئة واحدة من الغلوكوز، هذا يعني أن الأهمية الأساسية لهذا الأنزيم تكمن في دوره في إعطاء اللون الأسمر، نظراً لأن الغلوكوز ينشط تفاعل ميلارد (تشكل صبغات من المكونات البروتينية والسكريات)، وفي التحكم بعملية التخمر وذلك عند إضافته مع α-amylase. يضاف هذا الأنزيم عادة بكميات قليلة جداً (أقل من0.1 غ لكل100 كغ). إن الكميات الكبيرة من الأميلوغلوكوزيداز يمكن أن تسبب الطعم الحلو.[2]

5-2-2 دقيق المالت الفعال أنزيمياً: Enzyme-active malt flour

تحوي حبوب القمح على نوعين مختلفين من الأميلاز (α-أميلاز) و(β-أميلاز) يساهم الـ α-أميلاز في منع البيات وذلك لأنه يبدي ثباتية أعلى من الأميلاز الفطري عند تسخينه. ولذلك فانه يبقى فعال بشكل جيد عندما يكون قد تم جلتنة بعض الأجزاء من النشاء. ومع ذلك فان حرارة الشواء النهائية ستكون كافية لإبطال فعالية هذا الأنزيم.

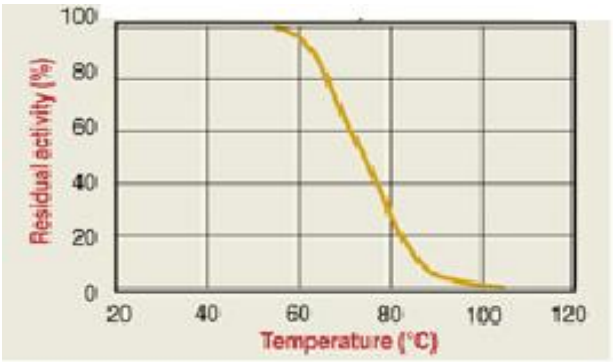
دقيق المالت: منتج مجفف ينتج من الشعير أو من القمح الذي تم انباته. وعلى الرغم من معرفة وظائفها فإنه يختلف قبول استخدامها من بلد لآخر. ففي فرنسا مثلاً تسمح فقط باستخدام المالت المستخرج من القمح.

يحتوي دقيق المالت على α-amylase كما ذُكر بالإضافة إلى β-amylase وكذلك يحتوي على أنزيمات البروتيئآز والغلوكاناز والعديد من الأنزيمات الأخرى، بعض هذه الأنزيمات له تأثير ايجابي على عملية الخَبز لكن البعض الآخر يمكن أن يسبب الضرر مثل البروتيئآز.

الأميلاز الموجود في دقيق المالت له تأثير واضح على رقم السقوط وبشكل مشابه لأنزيمات الدقيق نفسها، فإذا كان رقم السقوط للدقيق المستخدم مرتفع جداً (أي أن الفعالية الأنزيمية منخفضة جداً) فيلزم في هذه الحالة أكثر من 250 غ من دقيق المالت لـ 100 كغ دقيق حتى نحصل على رقم سقوط ضمن الحدود المثالية (250–300) ثانية. أما إذا كان رقم السقوط

بحدود 300 ثانية فلا يجوز إضافة أكثر من 50 غ من دقيق المالت وذلك حتى لا يصبح العجين دبق جداً.

يتم التعبير عن فعالية دقيق المالت بـ DP (القوة الدياستازية) وهي تكون في الحالة الطبيعية 400 DP واحياناً يتم تحديدها بـ (SKB /g) وضمن الحدود (80-100).[2]



شكل(4) : منحني ثباتية لأميلاز الحبوب تجاه الحرارة

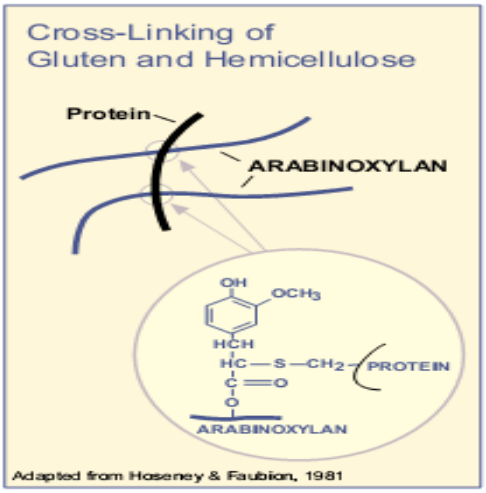
6-2-2 هيميسيلولاز:Hemicellulases

كان يظن لوقت طويل من الزمن أن الأنزيمات التي يمكن استخدامها في صناعة الدقيق هي فقط α وβ أميلاز. تغيرت هذه النظرة بشكل مفاجئ منذ دخول الهيميسيلولاز منذ عدة عقود وحديثاً بعد نجاح الأنزيمات المحللة للدهون.

يحوي دقيق القمح حوالي (2.5%) بنتوزات وفي دقيق الشيلم (7%)، تمتص البنتوزات حتى عشرة أضعاف وزنها ماء. تنتمي هذه البنتوزات إلى فئة الهيميسيليلوز ومكونة من جزيئات مختلفة من السكر حيث تتضمن (كسيلوز، أرابينوز)، تقوم أنزيمات الهيميسيلولاز (ومرادفاتها xylanase, pentosanase) بتفكيك هذه المواد.

تؤدي هذه العملية في البداية إلى تشكيل جزيئات منحلة من البنتوزات التي تشكل معلق في الماء لكنها غير ذوابة فيه، وهذا يزيد من ربط الماء وبالتالي تزداد اللزوجة. وفي حال استمرار العملية فإن هذه الجزيئات تتحطم ويتم تحرير الماء وانخفاض اللزوجة. ويتم افتراض أن

البنتوزات تشكل مع الغلوتين شبكة أما البنتوزات الزائدة فتلتف على بعضها، وتشكل شبكة أكثر ثباتاً. وهذا هو السبب الذي يجعل دقيق القمح الغامق والخلائط الحاوية على دقيق الشيلم تنتج خبز ذو حجم نوعي أقل من دقيق القمح الأبيض، ويمكن زيادة هذا المردود عن طريق إضافة أنزيمات الـ Hemicellulases القادرة على تحطيم البنتوزات، ولكن يكون تأثيرها على خواص العجين والخبز متباينة كثيراً.



شكل(5) : الروابط بين الغلوتين والهيميسيللوز

وهذه الأنزيمات لها تأثير طفيف على رقم السقوط، لكن يمكن أحياناً التعرف بشكل واضح على فعاليتها في الأميلوغرام وفي الاكستنسوغرام حيث أن أنزيمات الـ Hemicellulases تحدث تغيير في المنحني شبيه بذلك الذي ينتج عن السيستئين لكن بدون أن يحدث تحطيم للبروتينات.

معظم هذه الأنزيمات تستخرج من سلالات *Aspergillus* التي تم اختيارها خصيصاً لإنتاج أنزيمات الـ Hemicellulases.

تباع أنزيمات الـHemicellulases على شكل مركبات مع أنزيمات الأميلاز، حيث يعتبر من غير الممكن إعطاء تقدير عام للكمية طالما انه لا يوجد طريقة قياسية لتحديد فعالية هذا

الإنزيم، والطرق المتوفرة هي غالباً ما تعتمد على: كمية السكاكر المرجعة المتحررة – انخفاض اللزوجة – تحطم المواد المتشكلة – الجزيئات الملونة، ومن الصعب جداً الربط بين هذه الطرق. حتى في حالة استخدام طريقة قياسية لأنواع الهيميسيليلوز المختلفة، فإن هذا الأمر لا يعطي فكرة من ناحية خواص الخَبز، كما أن النقاط التي تهاجم فيها انزيمات الـ Hemicellulases (ذات المصادر المختلفة) جزيئات البنتوزات المختلفة عديدة ومتنوعة.[2]

7-2-2 البروتيئآز:Protease

يقوم البروتيئآز بتقسيم سلاسل جزيئات بروتين الغلوتين وهذا يقود في بداية الأمر إلى التطرية وبعد ذلك إلى تقويض كامل وانهيار البنية.

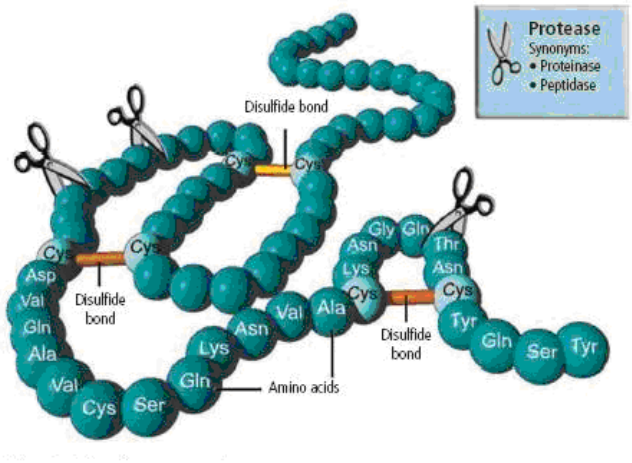
يمكن أن تكون فعالية البروتيئآز منخفضة جداً أو مشابهة لتلك التي تتواجد في المالت وهذا يعتمد على خواص العجين المطلوبة.

لا يستخدم في الدقيق المعد لصناعة الخبز إلا في الحالات التي يكون الغلوتين فيه قوي جداً ومتقطع، لأن إضافة مواد مرجعة مثل تيوسلفيت الصوديوم ذات تأثير جانبي على فيتامين B1 لذلك منع استخدامه.

ففي حالة بنية الغلوتين المتقطع يمكن أن تكون التطرية الطفيفة مرغوبة وفي هذه الحالة فلل protease مهمة مشابهة لدور السيستئين. ولكن بشكل غير مشابه للأحماض الأمينية، فعمل البروتيئآز لايتوقف عند انتهاء إضافته، ونتيجة لذلك فإن تأثيره يزداد مع زمن التخمر للعجين، وهذا هو السبب للحاجة إلى تحضير أنزيمات خالية تماماً ولو من أثر ضئيل من البروتياز.

هذه المشكلة تظهر بشكل أقل تأثيراً في حالة استخدام دقيق ذو محتوى مرتفع من الغلوتين، ويعتبر البروتياز مفيد جداً في صناعة البسكويت والبيتيفور ودقيق الويفر حيث أنه مع هذه المواد تكون المطاطية والمرونة غير مرغوبة، حتى أنه في بعض الأحيان يكون من الضروري تفكيك تركيب الغلوتين. هذا الأنزيم شائع جداً في إنتاج خبز القالب حيث يتطلب عجينة ناعمة وتملأ بإحكام العبوة المطلوبة. [2]

يوضح الشكل(6) آلية تأثير البروتياز على الغلوتين.



شكل(6) : آلية تأثير البروتيئآز على الغلوتين

8-2-2 أنزيم الليباز:

إن استخدام الليباز في مجال الخبز هو أكثر حداثة بالمقارنة مع الأميلاز والبروتياز. وكان أول جيل من تحضيرات الليباز التجارية في عام 1990 وفي الآونة الأخيرة أصبح الجيل الثالث متوفرا. وهذه الأخيرة تسمى الإنزيمات المهندسة للبروتين حيث أعطت أفضل تأثير في عمليات العجن عالية السرعة والخلط في أي وقت من الأوقات. وعلاوة على ذلك إن الليباز الجيل الثالث لديه أدنى نسبة من الأحماض الدهنية قصيرة السلسة مما يقلل من خطر تشكيل النكهة بسبب التخزين لفترات طويلة واستخدام الزبدة أو الحليب الدسم في المنتجات المخبوزة.[]

يقوم هذا الأنزيم بتقسيم المواد الدسمة إلى أحادي وثنائي الغلسيريدات. نظرياً يعني أن هذا سيؤدي إلى تشكل مستحلب، الليبيدات اللاقطبية إلى ثنائي الغليسيريد وأحادي الغليسيريد (أي مستحلبات). يوجد أيضاً لبيدات قطبية في دقيق القمح مثل الفوسفولبيدات والغلايكولبيدات والتي يمكن أن تُحول إلى مركبات أكثر شراهةً للماء بواسطة بعض أنزيمات الليباز الخاصة أو أنزيمات الفوسفولبيدات(الجدول 3).[2]

التشكل الداخلي للمستحلبات ينتج عنه تعزيز أو تمتين العجينة وزيادة في حجمها النوعي لكنه لا يطيل مدة التخزين.

هذا يكون على خلاف لتأثير الغليسيريدات الأحادية والثنائية التي تضاف لتركيبة الخبز، فهي بسبب التفاعل المتبادل مع النشاء قادرة على تقليل معدل البيات. من ناحية أخرى، تأثيرهم على الحجم النوعي محدود جداً. الأكثر احتمالاً: فعل المستحلبات المتشكلة أنزيمياً على الحجم النوعي يكون واضح لأنهم متواجدون تماماً في المواقع الصحيحة في العجينة لأجل تحسين خصائص البروتين، لكن لأجل التأثيرات على بيات الخبز(anti-staling) لا يتم تصنيع مستحلب كاف ليعارض تراجع النشاء.[2]

لقد ظهرت دراسة حديثة وهي المقارنة بين الأجيال الثلاثة من إنزيمات الليباز بالنسبة للمستحلب واسترات ثنائي أستيل الطرطريك (DATEM) على الخبز الأبيض ودقيق القمح. الليباز و (DATEM) قاما بتحسين معظم الجوانب النوعية للخبز.أما عند التخمير لوقت قصير كان (DATEM) مع الجيل الثاني (Lipopan F-BG) والجيل الثالث (Lipopan Xtra-BG) أكثر فعالية.

الليباز أكثر فعالية عند التخمير لوقت طويل، على عكس الجيل الثالث لليباز (Lipopan Xtra-BG) وكميات معتدلة من الجيل الثاني لليباز (Lipopan F-BG) وبالتالي زيادة في حجم الخبز.[]

الإنزيمات تحسن خصائص العجين إلى حد مماثل أو أكبر من DATEM، وتؤدي إلى زيادة الاستقرار في العجين، وأكبر قدر ممكن من الصلابة والتمديد، وتقليل درجة التليين واللزوجة.

ويبين الجدول(3) محتوى الدقيق القمح من الليبيدات.[2]

Figure 3: Average lipid composition (mg/100 g) of wheat flour (0.405 % ash)

Total lipids	**1,280**
Non-polar lipids	457
Polar lipids	823
Phosphatides	250
Phosphatidyl acid	30
Phosphatidylglycerol	51
Phosphatidylcholine	27
Phosphatidylethanolamine	traces
Phosphatidylserine	15
Lyso-phosphatidylcholine	117
Lyso-phosphatidylethanolamine	10
Total galactolipids	249
Other polar lipids	320

جدول (3) : محتوى دقيق القمح من اللبيدات

وعند استخدام الليباز نهدف إلى تحقيق ما يلي:

- تحسين تماسك العجين بدون زيادة لزوجته.
- تحسين ثباتية العجين عند التخمر الزائد.
- يزيد من قوة الغلوتين ومرونته.
- تحسين بنية اللبابة ونسيجها ولونها.
- له تأثير متوافق مع الكسيلاناز.

لكن من غير المعروف حتى الآن تأثير إضافة دسم للعجين، وكذلك أي نوع من الدسم لكي يعمل الليباز بشكل جيد. وهنالك مشكلة أيضاً، حيث أنه من الممكن أن يتم إفساد الطعم وذلك بسبب تحرر الأحماض الدهنية الحرة.

تم دراسة إمكانية استعمال الأنزيمات (arabinofuranosidase, transglutaminase, phospholipases) كمحسنات للدقيق لكن حتى الآن لم يتم استعمالها بشكل واسع.[2]

9-2-2 الليبوكسيجيناز Lypoxygenase:

يعتبر تطوير أنزيم Lypoxygenase الميكروبي كبديل عن الأنزيم الموجود في دقيق الصويا ودقيق الفول من أكثر المواضيع الهامة. لكن هذه المحاولات باءت بالفشل بسبب: الـ pH غير المناسب للأنزيم الميكروبي وربما لأنه ليس من النوع ليبوكسيجيناز II، حيث أن هذا النوع هو الوحيد القادر على الأكسدة وبالتالي تبييض الكاروتينات الموجودة في الدقيق.

- بعض المستحضرات الحاوية على الليبوكسيجيناز النشط:

دقيق الصويا: يتميز دقيق الصويا بنشاط الليبوكسجيناز الموجود فيه بـ(10-15) مرة أعلى مما عليه في دقيق القمح والحبوب الأخرى لهذا فإن الدقيق الناتج من الصويا غير منزوعة الدسم وغير معرضة للمعاملة الحرارية تعد مستحضراً طبيعياً حاوياً على الليبوكسجيناز النشط ويمكن استخدام دقيق الصويا هذا كمحسن ذي تأثير اكسيدي وإضافته أثناء تحضير الخبز من دقيق القمح. منذ عام 1927 يستعمل في الولايات المتحدة الأمريكية محسن من دقيق الصويا الحاوي على الليبوكسجيناز النشط تحت اسم تجاري (vytase) وتؤدي إضافته إلى الدقيق بنسبة 1% إلى زيادة حجم الخبز وتحسين الخواص الميكانيكية البنيوية للبابة وتبييض لونها.

تعتمد بعض الدول، حيث يمنع عندها استعمال المبيضات الكيميائية على إضافة (1000-5000)ppm دقيق صويا غير منزوع الدسم ونشط إنزيمياً من أجل تبييض لبابة الخبز.

عصير البطاطا الخلوي: يمثل عصير البطاطا الخلوي مخلفات صناعة النشاء من البطاطا ويحتوي في تركيبه بالإضافة إلى الكربوهيدرات على البروتين والأملاح المعدنية والفيتامينات وكذلك على الليبوكسيجيناز النشط ومثبطات البروتيوليز المقاومة للحرارة.

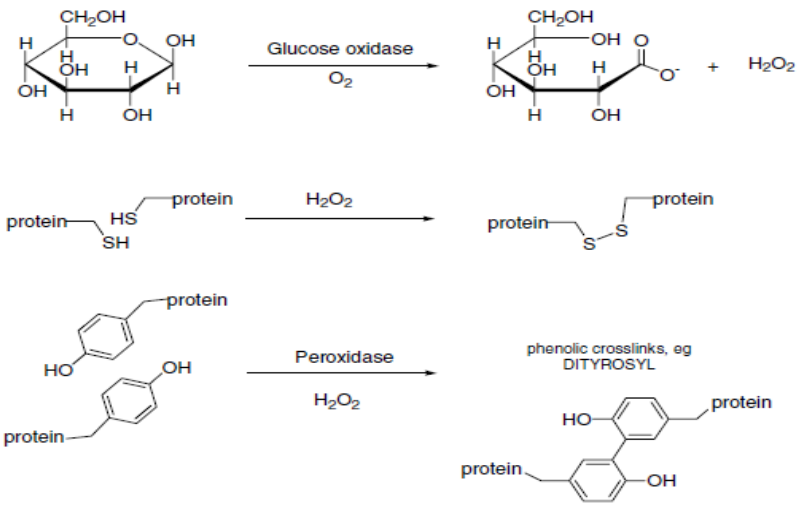
اقترح إضافته ليس فقط إلى الطور السائل المؤكسد بل وإلى الطور المنشط للخميرة المضغوطة.[1]

10-2-2 غلوكوز أوكسيدازGlucose oxidase

يحضر غلوكوز أوكسيداز (GOD) عادة من فطر الاسبيرجيلوس (بطريقة مشابهة للأميلاز). كما أن العسل مصدر غني بالغلوكوز أوكسيداز، ولكن استخدامه محدود بسبب طعمه. يدخل الأنزيم إلى العسل من الغدة البلعومية للنحل.

أحد تأثيرات غلوكوز أوكسيداز في العجين هي أكسدة الغلوكوز إلى حمض الغلوكونيك بمساعدة أوكسجين الجو (يمكن تجاهل الطعم الحامضي الناتج)، ومن تأثيراته الأخرى تحويل الماء إلى بيروكسيد الهيدروجين. ويعتبر عامل مؤكسد لمجموعات تيول الغلوتين مسبباً بذلك تقويتها. العامل المحدد لهذه العملية هو توفر الأوكسجين، فإلى جانب التفاعلات الكيميائية الأخرى التي تستهلك الأوكسجين، فإن الخميرة كذلك تحتاج إليه قبل البدء بعملية التخمير حيث تبدأ في البداية بالتنفس عوضاً عن عملية التخمير. مما يعني أن الشروط الجيدة والملائمة لـ(GOD) تتوفر فقط على سطح العجين حيث يتوفر الكثير من الأوكسجين. يمكن حل هذه المشكلة بعمليات تقنية خلال تحضير العجين مثل العجن تحت ضغط مرتفع أو التزويد بأوكسجين إضافي من خلال آلية للمزج .[2].

ويوضح الشكل (7)ألية عمل الغلوكوز أكسيداز وتأثراته.[18]



الشكل(7) ألية عمل غلوكوز أكسيداز وتأثيراته

يستخدم الغلوكوز أوكسيداز بكمية مشابهة للأنزيمات الأخرى، (50–10 غ)/100 كغ دقيق حوالي (7500–1500 وحدة غلوكوز أوكسيداز)، ولكن هذا يعتمد وبشكل كبير على المنتج وعلى طريقة التحضير.[2]

- ظاهرة البيات والعوامل المؤثرة عليها:

يعبر مصطلح البيات على الانخفاض المستمر لقبول المستهلك لمنتجات المخابز الناتج عن التغيرات الفيزيائية والكيميائية لمكونات القشرة واللب ومركبات النكهة والرائحة المتشكلة خلال عملية الخبيز وباستثناء اي فساد ميكروبي لاحق.

نتائج هذه العملية هو منتج لا يمكن ان يعتبره المستهلك لاحقا بانه مخبوز حديثا.

ان الخسارة الناتجة عن بيات الخبز ذات أهمية كبيرة وخاصة في ظروف التصنيع المركزي والانتاج الكبير ولذلك تعد هذه المشكلة جديرة بالاهتمام.

وقد بذلت جهود كبيرة وأجريت ابحاث كثيرة لتطوير طرق لاعاقة عملية البيات أو تقليل تأثيرها إلى اقل حد ممكن وهذا يتضمن التبدلات في التخمير والعمليات المجراة على العجين أو اضافة مضاد التخمر ومضادات البيات واضافة المواد التي تحافظ على الرطوبة في تركيب العجينة.

وبالرغم من ان عملية البيات قد درست اكثر من 100عام لاتزال هذه العملية وآليتها غير واضحة تماما. وقد اثبت العالم (Boussingault) عام1853عدم صحة النظرية القائلة بأن بيات الخبز يحصل نتيجة فقدان الرطوبة فقد اثبت ان الخبز يبيت رغم تخزينه في ظروف لا تتم فيها خسارة الرطوبة.

من الطرق العملية لاعادة الطازجية هي تسخين الخبز وقد اثبتت هذه العملية انه بالرغم من فقدان الرطوبة فإن لب الخبز يستعيد خواصه الفيزيائية المتعلقة بالطازجية.

بالرغم من ذلك فإن هنالك حدود لاعادة الطازجية عن طريق اعادة تسخين الخبز وهذا ما اثبته (vonbria) الذي بين ان المنتجات ذات محتوى الرطوبة المنخفض الاقل من 30% لن تعاد

طازجيتها لاحقا لاقت القليل من النظريات قبولا عاما حيث اختلفت التغيرات ووجد ان الكثير من التفاعلات يمكن ان تسرع او تثبط ومن الصعب جدا ان تعزل اي من هذه العمليات.[4]

اتجاهات مستقبلية:

بجانب الاحتياجات من أجل استبدال الاضافات الكيميائية بأخرى من المصادر الطبيعية ونتيجة قلق المستهلكين زاد الطلب لحماية و/أو إغناء الأطعمة بالمنتجات التي تعطي تأثيرات مفيدة على صحة البشر.

بخصوص المنتجات المخبوزة تم استخدام الأنزيمات للحصول على ألياف صحية تغني الخبز[8,9], من أجل تطوير منتجات الغلوتين الحرة [7] وللحصول على منتجات تزيد المحتوى من الأربينوكسيلان و(بعدد قليل من السكريات) مع إمكانية(prebiotic) [9]

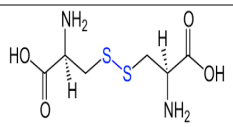
مجالات متعددة يمكن أن تظهر أن تطور المحضرات الأنزيمية قادر أن يزود بتأثيرات مرغوبة أو ميزات دقيقة أو مقبولة لتستخدم في ظروف المعالجة, بعض القوانين (الاسترتيجيات) الممكنة تتضمن اختيار انزيمات من مصادر متعددة[10] خاصة من الأحياء الدقيقة المستخلصة من أنواع كثيرة من النباتات المختلفة بيوكيميائياً.

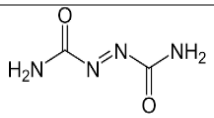
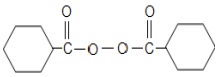
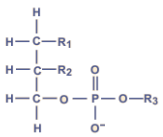
وإنتاج بروتينات مطلوبة من أحياء دقيقة مدروسة وراثيا[11], إضافة الى هندسة البروتين.

الأنزيمات المحبة للبرودة عادة لها نشاط أقوى في درجات الحرارة المنخفضة مقارنة مع نظائرها[12], ونظرا لكون معظم درجات الحرارة التي نستخدمها ثابتة حوالي أو من 35 C أقل عند مزج العجين وقد اقترح أن الأنزيمات المحبة للبرودة سيتم استخدامها في صناعة الخبز[15,16], وفي هذا السياق الباحثين أظهروا أن الجرعات القليلة من أنزيمات الأوكسلاناز المحبة للبرودة مقارنة مع نظيرتها تستطيع أن تحقق أحجام كبيرة للخبز.[16,13,14]

في هندسة البروتينات التطوير المباشر هو أداة فعالة لشرح خصائص وميزات الأنزيمات[17], وهذه التقنية يمكن أن تحسن مجال أوسع من البروتينات والتي معظمها مهمة في عمليات التدرك الحيوية.

ملحق(1) بالمحسنات الكيميائية المضافة للدقيق

اسم المحسن	اسمه اللاتيني	صيغته	تأثيره	نسبة إضافته	الدول التي سمحت به أومنعته
الأكسجين	Oxogen	O2	مؤكسد	لاإرادي	
السيستين	Cystine		مؤكسد ما يزال يستخدم بالرغم من سعره المرتفع له تأثير إيجابي على خواص العجين		يستخدم رغم سعره المرتفع
برومات البوتاسيوم يودات البوتاسيوم	Potassium Bromate Potassium Yodat	KBrO3 KIO3	مؤكسد يزيد من حجم الصمون وتكون اللبابة الناتجة بيضاء واسفنجية جيدة	10-40 ppm 4-8 ppm	تضاف في بعض الدول على شكل مزيج من الأثنين (1:4)ولكن بعض الدول حظرته
فوق سلفات الأمونيوم		(NH4)2S2O8	مؤكسد يسرع وينشط عملية تشكيل الغاز في العجين	100-200 ppm	
حمض الأسكوربيك والشكل الفعال (حمض الإسكوربيك منزوع الهيدروجين)	Ascorbic Acid(AA)و Dehydro-L-ascorbic Acid DHAA)	C6H8O6	يقوم باحتجاز CO2 أثناء التخمير والشواء يعطي مسامات الخبز أنعم وأكثر تجانساً حفظ العجين في	10-30 نوع ممتاز 30-50 ذو نسبة استخراج مرتفعة	استعمل بكثرة عند الدول لأنه مفيد للجسم كفيتامين

		الفارينوغراف			
آزو ثنائي كربون أميد	Azodicarbonamide (ADA)		عامل انضاج ونتائجه مشابهة النتائج الانضاج الطبيعي	4.5ppm	
فوق أكسيد الكالسيوم		CaO_2	زيادة قدرة الدقيق على امتصاص الماء يقوي بنية الغلوتين ويزيد من مرونة العجين حفظه	25-50 ppm نوع ممتاز 200-300 ppm نوع ثاني	
بيروكسيد البنزويل	Benzoyl peroxide		تأثيره مبيض وله تأثير طفيف على بنية الغلوتين	5-10 g/kg	غير مسموح في دول الأتحاد الأوربي وكذلك بعض الدول الأخرى
كلور و ثاني أكسيد الكلور	Chlorine and chlorine dioxid	Cl_2	يعمل كمبيض للدقيق	120ppm لثاني أكسيد الكلور فقط	لم تعد تسخدمه الدول الأوربية الا بريطانيا وإيرلندا بسبب ضرره على الانسان
ميتا بيسولفيت الصوديوم	Sodium metabisulphite	$Na_2S_2O_5$	هذه المرجعات القوية جيدة في تكسير الغلوتين بسرعة مما يُسهل صناعة البسكويت والكراكر والوفر		فقط في بريطانيا وايرلندا. ويستخدم MBS نوعاً ما في اسبانيا. تم استبعادها لأنها تخرب V(B1)
الليسيثين:	Lecithin		تشتيت كميات كبيرة من الدسم في المنتج والحصول على لبابة ناعمة	1500-300ppm	
استيرات أحادي وثنائي غليسيريدات ثنائي أستيل الطرطريك	DATEM	————	إنتاج منتجات خبيزية ذات حجم كبير وقشرة مقرمشة	3000-4000ppm	لم يعد يستعمل غالباً في أوربا لمعالجة الدقيق
ستيرولاكتات الصوديوم والكالسيوم	SSL and CSL	————	تمنح طراوة للبابة والقشرة ويستخدم لإنتاج الكعكات	5000ppm	في أوربا تم الإعتماد عليه كمضاف للأغذية

				الدائرية	
معدلات الحموضة	Acidulants and acidity regulators	ــــــــــــــــــ	خواص خبيزية جيدة إذا تم تحميضه بشكل جيد	500-200ppm	تعتبر من الأمور المرغوبة في أوربا ومن ناحية الوقت واليد العاملة

المراجع العربية:

1. د.م حداد, محمود (1994-1995) تكنولوجيا الخبز والمعجنات– كلية الهندسة الكيميائية والبترولية – جامعة البعث.
2. مشاريع حلب
3. د.م صطوف, مصطفى (2000-2001) محاضرات في تكنولوجيا الخبز والمعجنات– كلية الهندسة الكيميائية والبترولية– جامعة البعث.
4. مشاريع تخرج – كلية الهندسة الكيميائية والبترولية – جامعة البعث.

المراجع الأجنبية:

5. lmeida EL, chang YK. Effect of the addition of enzymes on the quality of frozen pre-baked French bread substituted with whole wheat flour. LWT – Food Science and Technologe 2012;49(1) 64-72.
6. Renzetti S, Dal Bello F, Arendt EK. Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. Journal of Cereal Science 2008;48(1) 33-45.
7. Stojceska V , Ainsworth P. The effect of different enzymes on the quality of high-fibre enriched brewer's spent grain breads. Food Chemistry 2008;110(4)865-872.
8. Damen B, Pollet A , Dornez E, Broekaert WF, Van Haesendonck I, Trogh I, Arnaut F, Delcour JA, Courtin CM, Xylanase-mediated in situ production of

arabioxylan oli-gosaccharides with prebiotic potential in whole meal breads and breads enriched with arebinoxylan rich materials. Food chemistry 2012;131(1) 111-118.
9. [166] Waters DM, Ryan LAM, Murray PG, Arendt EK, Tuohya MG. Characterisation of Talaromyces emersonii thermostable enzyme cocktail with applications in wheat dough rheology. Enzyme and Microbial Technology 2011; 49(2) 229-236.
10. Zhang C, Tao T, Ying Q, Zhang D, Lu F, Bie X, Lu Z. Etracellular production of lipoxygenase from Anabaena sp. PCC 7120 in Bacillus subtilis and its effect on wheat protein. Applied Microbiology and Biotechnology 2012;94() 949-958.
11. Gerday C, Aittaleb M, Bentaher M, Chessa J.-P, Claverie P, Collins T, D'Amico S, Dumont J,Garsoux G, Georlette D, Hoyoux A, Lonhienne T, Meuwis M-A, Feller G.

Cold-adapted enzymes: from fundamentals to biotechnology. Trends in Biotechnology 2000;18(3) 103-107.

12. Dornez E, Verjans P, Arnaut F, Delcour JA, Courtin CM.Use of psychrophilic xylanses provides insight into the xylanase functionality in bread making. Journal of Agricultural and Food Chemistry 2011;59(17) 9553-9562.
13. Zheng H,Guo B, Chen X-L, Fan S-J, Zhang Y-Z. Improvement of the quality of wheat bread by addition of glycoside hydrolase family 10 xylanases. Applied Microbiology and Biotechnology 2011;90(2) 509-515.
14. Collins t, Gerday C, Feller G. Xylanases, xylanase families and extremophilic xylanases. FEMS Microbiology Reviews 2005;29(1) 3-23.
15. Collins T, Hoyoux A, Dutron A, Georis J, Genot B, Dauvrin T, Arnaut F, Gerday C, Feller G. Use of glycoside hydrolase family 8 xylanases in baking. Journal of Celeal Science 2006;43(1) 79-84.
16. Wang M, si t, zhao h. biocatalyst development. by directed evolution. Bioresource technology 2012;115 117-125.
17. I.A. Rasiah , K.H. Sutton . F .L. Low ,H.-M. Lin , J.A. Gerrard. Crosslinking wheat dough proteins by glucose oxidase and the resulting effects on bread and croissants. Food Chemistry 89 (2005) 325-332