هدف المشروع

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 عدد كبير من المنتجات والمطاحن في سورية تنتج نوع واحد من الدقيق على الأغلب بدون إضافات مما يجبر الفرانين على استخدام خلطات جاهزة من المحسنات. معظم المحسنات المستخدمة ذات أصل كيميائي، ومع إكتشاف أن معظم المواد الكيميائي 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 هدف هذا المشروع هو استبدال المحسنات الكيميائية بالمحسنات الانزيمية ودراسة تأثير بعض المحسنات الأنزيمية على مواصفات الصمن المنتج من الدقيق.

مقدمة

يشكل الخبز في الوقت الحالي أحد أهم المواد الغذائية بالنسبة للإنسان، وهو ينتشر بشكل واسع في مختلف أنحاء العالم، وتأتي أهميته كونه مادة غذائية تحتوي على مكونات أساسية تلعب دوراً هاماً في مختلف عمليات الاستقلاب التي تحدث في الجسم، هذا بالإضافة إلى كمية الحريرات الناتجة عن تمثل جسم الإنسان لمركبات هذه المادة الغذائية، وأهم مكوناته الغذائية هي:

البروتينات (ومحتواها من الحموض الأمينية الأساسية)، الدهون، الكربوهيدرات، الأملاح المعدنية، الفيتامينات، وغيرها من مواد الطعم والنكهة.

لقد تطورت صناعة الخبز تطوراً كبيراً، حيث انتشرت مصانع الخبز الضخمة التي تعمل بطاقات إنتاجية عالية، وذلك بفضل التقنية العالية والتكنولوجيا الحديثة المتطورة، حيث يتم إنتاجه بأنواع مختلفة كخبز الصمون والخبز المرقد والخبز المحلى وخبز الحمية وغيرها من الأنواع الأخرى والتي تختلف فيما بينها بنسب المواد الداخلة في وصفات تحضيرها، وطريقة تحضير العجين، وطريقة التشكيل والشواء، وكذلك تختلف بحسب أصناف الدقيق وأهمها الدقيق الناتج عن القمح.

هذا الاختلاف قاد إلى الحصول كما ذكرنا على أنواع الخبز المختلفة، فالخبز المرقد يتميز عن غيره بانفصال شطري الرغيف أثناء الشواء، وخبز الصمون غالباً ما يحتوي في تركيبه على كميات عالية من السكر والغلوتين وتستخدم فيه كميات كبيرة من الخميرة، وهناك أنواع من خبز التوست وخبز التوست مع بعض المضافات، كما يوجد بعض أصناف الخبز المنتشر في العديد من البلدان، هذه الأصناف تحوي في وصفاتها على عصائر الفواكه والخضار بهدف تحسين

النوعية، هذا بالإضافة إلى إنتاج أنواعٍ مختلفة من خبز الحمية والخبز العلاجي حيث ينتمي إلى هذه المجموعة أنواع وأصناف كثيرة تحوي في تركيبها على مواد ذات صفات علاجية يستخدمها المرضى في وجباتهم كلٌّ حسب مرضه، ومن هذه الأنواع :

1. الخبز منخفض الحموضة، والذي يخص المصابين بالتهابات جهاز الهضم والقرحة.
2. الخبز عديم الملح، والذي ينصح بتناوله من قبل المصابين بأمراض القلب وارتفاع ضغط الدم والقصور الكلوي.
3. الخبز الحاوي على نسبة مرتفعة من عنصر اليود، والذي ينصح الأطباء بتناوله للمصابين بأمراض الغدة الدرقية وأمراض القلب والأوعية الدموية.
4. الخبز الخالي من الغلوتين، والمخصص للأشخاص ذوي الحساسية تجاه الغلوتين.
5. الخبز ذوي المحتوى المنخفض من الكربوهيدرات، والمستخدم من قبل مرضى السكري والروماتيزم، والمنتشر بشكل واسع لمعالجة البدانة (السمنة)، وهو يتميز بارتفاع محتواه من البروتينات والألياف، حيث تتم هنا إضافة النخالة بنسب محددة إلى الدقيق للحصول على هذا النوع والمسمى خبز الحمية، والذي يستخدمه أيضاً الأشخاص الذين يعانون من ضعف أو استرخاء في الأمعاء، ونتيجة ذلك قامت الكثير من الدراسات والأبحاث التي تدور حول الاستفادة من النخالة وغيرها من المنتجات الثانوية للمطاحن.

وللخبز أنواع عديدة تختلف عن بعضها باختلاف الدقيق المستعمل لتصنيعها، فالخبز الأبيض يصنع من دقيق الأقسام المركزية لحبة القمح وهو أسهل أنواع الخبز هضماً وأغناها بالسكريات ولكنه فقير بالمواد الدسمة البروتينية والمعدنية.

أما الخبز الأسمر المعروف باسم (رأسه بعبه) فهو أفضل من الخبز الأبيض من حيث القيمة التغذوية ولكنه مقابل ذلك عسِر الهضم.

ورغم أن الخبز الأسمر أفضل من الأبيض من الناحية الغذائية فإن البعض يفضل الخبز الأبيض عليه لأن الطبقات الخارجية من حب القمح عسرة الهضم.

القسم النظري

الفصل الأول

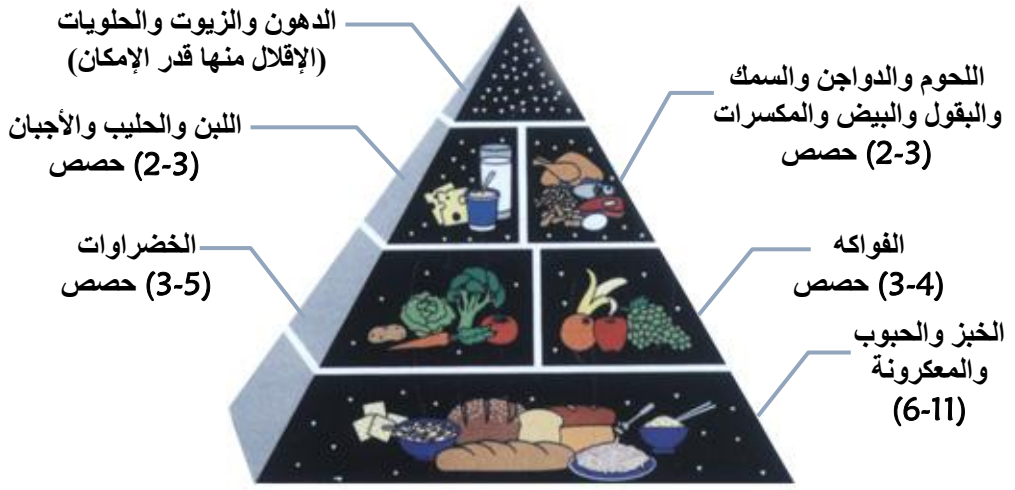
القيمة التغذوية للخبز

الخبز غذاء يحتوي على مواد سكرية وبروتينية ودسمة وأملاح معدنية ولهذا يعتبره البعض كافياً لإدامة الحياة بمفرده علماً أن مقدار المواد الدسمة والبروتينية في الخبز قليل إجمالاً، ولهذا فمن الصعب الاقتصار عليه وحده في التغذية بل لا بد من إشراكه بمقادير كافية من الأغذية الغنية بالمواد الدسمة والآزوتية.

ومن الأقوال المأثورة أن الخبز عصب الحياة وعماد التغذية وربما كان هذا القول صحيحاً بالنسبة للخبز الذي كان يأكله أجدادنا لأن حبوب القمح كانت تطحن في أيامهم بطواحين حجرية وكان الدقيق الذي يحضر بهذه الطريقة يحتفظ بكمية جيدة مما في الحبوب من أجنة وقشور وكذلك ما بها من المغذيات.

أما في العصر الحالي فكان من أثر التقدم التقني أن أصبح الدقيق لا يزيد على أكثر من 70% من وزن الحبوب التي يستخرج منها علاوةً على عمليات النخل بمناخل دقيقة جداً وعمليات التنقية والتبييض حتى يمكن القول بأن الدقيق الذي يصنع منه الخبز في السنين الأخيرة مادة نشوية نقية.

يجب مضغ الخبز جيداً قبل بلعه حتى لا يتجمع في المعدة بشكل كتلة واحدة من العجين تسبب عسر الهضم وذلك لاستحالة نفاذ عصارة المعدة الهاضمة إلى مكوناته ما دام الماء والنشاء تجعل الخبز أشبه بكتلة من العجين تستعصِ على المعدة فلا تتفتت ولا تتحول إلى جزيئات سهلة الهضم والاستقلاب. وخلافاً لما اعتاد عليه الناس، فإن الخبز الجاف أسهل هضماً من الخبز الطري وذلك لأن خلو الخبز الجاف من الماء يجعله يتفتت بسهولة عند مضغه ويمتص بالتالي كمية أكبر من اللعاب وبذلك يسهل هضمه ويجعل العصارات المعدية تصل إليه بسهولة أكثر.



الشكل (1) هرم الدليل الغذائي والحصص الموصى بتناولها

اعتمدت فكرت هرم الدليل الغذائي (الشكل 1) على تقسيم الأغذية إلى 6 مجموعات رئيسية بحيث يتم تناول حصص (كميات) محدودة من كل مجموعة وذلك لضمان الحصول على جميع العناصر الغذائية المهمة للنمو والوقاية من الأمراض، وتعتبر مجموعة الحبوب والخبز والتي تشمل الخبز والمعجنات والمعكرونة والقمح والذرة والشعير والشوفان أهم هذه المجموعات فهي مصدر للطاقة والألياف الغذائية والفيتامينات والأملاح المعدنية المختلفة.

تمثل قاعدة الهرم العريضة مجموعة الخبز والحبوب اذ يوصى بتناول 6-11حصة يومياً من هذه المجموعة من عدد الحصص الموصى بتناولها. وتعادل الحصة الواحدة شريحة توست واحدة، أو ربع رغيف من الخبز أو نصف كوب من الأرز أو المعكرونة أو 6 قطع من البسكويت.

يليها في الطرف الأيسر من الهرم مجموعة الخضار التي يوصى بتناول 3-5 حصص منها يومياً. تعادل الحصة الواحدة نصف كوب من الخضراوات بأنواعها.

وفي الطرف الأيمن فوق قاعدة الهرم تقع مجموعة الفاكهة والتي يوصى بتناولها بكميات تتراوح مابين 2-4 حصص يومياً. تعادل الحصة الواحدة نصف كوب من الفاكهة أو ثمرة متوسطة الحجم من البرتقال أو التفاح أو الموز أو ثلاثة أرباع الكوب من عصير الفاكهة الطازج.

أما مجموعة اللحوم والبقوليات والبيض فتوجد في الجانب الأيمن من الهرم فوق مجموعة الفواكه ويوصى بتناولها بمقدار 2-3 حصص يومياً وفقاً لاحتياجات الجسم. وتعادل الحصة الواحدة 60-90 غرام من اللحوم أو نصف كوب من البقوليات الجافة كالفاصولياء الجافة أو المطهية أو بيضة واحدة.

أما مجموعة الحليب والاجبان والالبان فتقع في الجانب الأيسر إلى جانب مجموعة اللحوم ويوصى بتناولها بمقدار 2-3 حصة يومياً. وتعادل الحصة الواحدة كوباً من الحليب أو 28.4 غرام من الجبن أو 56.8 غرام من الجبن المطبوخ.

أما مجموعة الدهون والزيوت فتوجد في قمة الهرم والتي يوصى بالتقليل من تناولها نظراً لأن مجموعات الغذاء الخمس تحتوي على الدهون والسكريات الموصى بها يومياً.

الفصل الثانـي

المواد الأساسية الداخلة في صناعة الخبز وأهميتها

تدخل في صناعة الخبز مجموعة من المواد الأساسية الهامة هي:
الدقيق، الماء، الخميرة، الملح، وهناك مجموعة من المواد الأخرى المضـافة ولكلٍ من هذه المواد دورها الرئيسي الذي تقوم به.
فالماء يعمل على إيصال درجة حرارة العجـين للدرجة المطلوبة، كما أنه يساعد على إذابـة الملح ويسهل عمل الأنزيمات.

أما **خميرة الخبز** (Baker's yeast) فتلعب دورها الأســـــاسي في تخمير العجين، حيث تستـخدم لهذا الغرض خمـيرة من نوع (Saccharomyces cervisiae) إذ تعتبر الخميرة مصـدراً هاماً لبعض الفيتامينات والأنزيمات، ويكمن دورها الأسـاسـي في تحويل السكريات البسيـــــطة (غلوكوز+ فركتوز) إلى غاز ثاني أكسـيد الكربـون (CO_2) والكحول الإيتيلي.

أما **الملح** فيعطي الخـبز اللذة المرغـوبة كما أنه يقوي الغلوتين، ويؤثر على الأنزيمات التي تســـيل البروتين فيعمل على تثبيطها، ويقوم بتنظيم تشـــكل الغاز المتكوّن وتنظيم عمل الخميرة، ويؤخر الفســاد الميكروبيولوجي وغيرها من الأمور الهامة أثناء تشـكل العجين.

أما بالنســبة لمجمـوعة **المواد الأخـــــرى المضافة** فأهمهـــا تلك المـــواد المحسنة التي تدخـــــل على شكل مواد مطريـــة (مستحلبة)، أو على شكل مواد مقويّـــة (مؤكسدة)،

حيث تضاف لتحسين الخواص الفيزيائـــية للخبز، ولرفع قيمته الغذائـــية، والقضـــاء على بعض الميكروبـات والعوامل المسببة للفساد.

أخيراً يعتبر **الدقيق** أهم المكونات الأسـاسـية للخبز، ولهذا سـنسـتعرضـه بشـيءٍ من التفصيل.

يتكون الدقيق بشكل أساسي من المواد التالية:

- النشـاء: ويشـكل حوالي % (65-70) من الدقيق، حيث تتأثر نوعية الخبز الناتج بكمية ونوعية النشـــاء الموجود في الدقيق المســـتخدم حيث أنه عندما يكون هناك إفراط في نشـاط الأنزيمات المحللة للنشـاء تتردى نوعية الخبز بسـبب عدم قدرة العجين على حجز كامل الغازات المتشـــكلة مما يؤدي لعدم انتفاخ أرغفة الخبز بالشكل المناسب.
- البروتينات: وتشـــكل حوالي % (8-20) من الدقيق، ويفضـــل أن تكون نســـبة البروتينـات في الخبز العربي حوالي % (11-12). تعد بروتينـات الدقيق الجزء الأكثر أهميـة من حيـث علاقـة الـدقيق بجودة الخبز، وعلى الرغم من أن جميع الحبوب متشـــابهة بما تحتويه من بروتين، فإن احتواء أندوســـبيرم القمح على الغلوتينين والغليادين مهم بالنســبة لعملية تشــكل العجين نظراً لأنهما يســتطيعان بوجود المـاء والتقليب الميكـانيكي تشـــكيل معقد متمـاثل ولـدن يـدعى الغلوتين (Gluten)، هذا الأخير يسـتطيع الاحتفاظ بالغازات مما يمكن من الحصـول على منتج خبيز منتفخ.
- الليبيدات: يحتوي الدقيق على مواد دسمة بمعدل % (1-2).
- البنتوزات: وهي عبارة عن سكريات خماسية تمتاز بشراهتها المرتفعة للماء، حيث تستطيع ربط حوالي 15 ضعف وزنها ماء.

- الفيتـامينـات: لو نظرنـا إلى الـدقيق من حيـث محتواه من الفيتـامينـات، نلاحظ أن مجموعة فيتامين B تحظى بأهمية كبيرة، بينما تتواجد فيتامينات (A, E) بكميات قليلة، أما فيتامينات (C, D) فهي غير متواجدة في دقيق القمح عادةً.

مراحل صناعة الصمون

1- العجن

في البداية يتم خلط الدقيق لفترة قصـــيرة لم له من أثر إيجابي في إعطاء لبابه طريه للخبز، ومن ثم تضـاف المحسنات الجافة (إن وجدت) وتضـاف الخميرة بنسبة 1.5% (خميرة جافة)، ثم يضـــاف الماء بدرجة حرارة بحدود °C (23-25)، كما يضـــاف الملح بنســبة % (0.8) من وزن الدقيق. ويســتمر الخلط حتى الوصـــول إلى القوام المرغوب للعجينة، حيث تســتغرق مدة العجن حوالي min (15-17)، وذلك حســب نوع العجانة وســـرعتها وقوة الدقيق ودرجة حرارة العجين، ويبين الجدول (1) علاقة زمن العجن بنوع العجانة وسرعتها:

نوع العجانة	عدد الدورات في الدقيقة Rpm	مدة العجين	الزيادة في درجة حرارة العجين °C
بطيئة	25	20 min	1
سريعة	60	18 min	2
شديدة السرعة	120	10 min	5
خلاط	1140	50-60 sec	9
خلاط عالي السرعة	2900	45 sec	14

جدول (1) يوضح علاقة زمن العجن بنوع العجانة وسرعتها

وتؤثر مرحلة مزج العجين على نوعية الخبز الناتج، حيث يحجز العجين حتى 20% من حجمه هواء، وتتشـــكل خلايا غازية تكون نوى لأماكن تجمع غاز CO2 المنتج بواسطة الخميرة، وتتشكل شبكة الغلوتين التي تعتبر الهيكل الأساسي في العجين.

2- الاستراحة والتقطيع:

يتم فيها ترييح العجينة لمدة 30 دقيقة ويكون في هذه المرحلة قد بدأ التخمر داخل العجين وبعد انتهاء المدة الزمنية المحددة يتم عجن العجينة مرة أخرى لمدة 1 دقيقة، ثم يتم ترييحها لمدة 15 دقيقة ليتم بعدها تقطيع كتلة العجين يدوياً أو آلياً إلى قطع مكورة، حسـب الأوزان المطلوبة، حيث تفيد عملية التكوير في تجانس سـطح العجينة وذلك منعاً لضـياع الغاز المتولد أثناء فترة الاسـتراحة وبالتالي إكسـاب العجينة غلافاً لمنع تسـرب هذا الغاز. كما أن التكوير يقلل من لزوجة العجين والتصـاقها باليد، ويراعى أثناء التكوير إضـافة قليل من الدقيق إلى آلة التكوير لمنع التصـاق كرات العجين بالآلة وتسهيل تداولها ثم تترك كي تستريح وتغطى بقطعة قماشية كي لا يجف سطح العجين وخلال هذه المرحلة تتشكل لدينا كمية من الغاز بدل الكمية المفقودة أثناء عملية التقطيع ويسـتعيد الغلوتين مرونته التي فقدها نتيجة التأثير الميكانيكي لعملية التقطيع

وبعد فترة قصـيرة لاتتجاوز 5 دقائق يتم تشـكيل العجين بواسـطة آلة تشـكيل خاصـة لتأخذ القطع شـكل قطعة الصـمون المطلوب وتوضـع في صـواني ضـمن العربة المخصصة لها وهنا تكون جاهزة لكي تدخل الى المخمر وبدأ التخمر.

3 - الاختمار النهائي للعجين

إن الهدف من عملية الاختمار هو هدم مكونات العجين وخاصـــةً الكربوهيدرات والبروتينات وتحويلها إلى منتجات تعطي الرغيف المواصـــفات المرغوبة، حيث تفيد عملية التخمر في تكوين شــبكة الغلوتين المرنة والمطاطية القادرة على تحمل ضـــغط غاز ثاني أكسيد الكربون المتولد أثناء عميلة التخمر.

تبدأ عملية التخمر عادةً بتكاثر الخميرة نتيجة توفر الظروف الملائمة لها من رطوبة وحرارة ومواد مغذية، ونتيجة لنشاط الخميرة تحدث عدة تغيرات في العجينة منها:

1. تناقص كمية السكريات القابلة للتخمر.
2. تراكم الكحول وغاز ثاني أكسيد الكربون والحموض والإستيرات.
3. انخفاض رقم الحموضة وليونة الغلوتين.

تتم العملية بوضع العجين في غرفة اختمار خاصة لمدة (2-1.30) ساعة حسب درجة الحرارة وكمية الخميرة.

يجب أن تكون الحرارة ضـــمن حجرة التخمير النهائي ثابتة بحدود °C (27-25) ورطوبتها النسبية بحدود % (80-75)، وذلك لأن انخفاض الرطوبة يؤدي إلى جفاف ســطح العجين وعدم تلونه بشــكل جيد، وتمدد غير منتظم وتشــوه مظهره الخارجي، وعدم إنتاج كمية كافية من الغاز، أما زيادة الرطوبة عن الحدود المطلوبة فيؤدي إلى تكوين قشرة قاسية على سطح رغيف الخبز أثناء الإنضاج في الفرن.

4- الشواء

يدخل الرغيف في هذه المرحلة إلى داخل الفرن ليأخذ شــكله النهائي، حيث يتعرض لـدرجـة حرارة °C (400-370) ولفترة زمنيـة تتراوح بين min (9-8)، ويكون موجود في صواني موضوعة في عربة دوارة حيث يتم ضخ البخار في البداية لمدة 2 min مما يؤدي إلى إعطاءه حجم أكبر ونتيجة لذلك تحدث التحولات التالية:

- ينتفخ الرغيف نتيجة لازدياد حجم الغازات وانتشارها.
- ينخفض وزن الرغيف نتيجة لفقد الرطوبة.
- يحدث تهلم النشاء.
- يتوقف عمل الخميرة.
- يتجلتن الغلوتين ويتخثر.
- تتشكل الديكسترينات.
- تدخل السـكريات في تفاعل ميلارد (Maillard) مع البروتينات لإعطاء اللون البني المرغوب.
- تتعرض السكريات لعملية الكرملة الناتجة عن ارتفاع درجة الحرارة.

5- تبريد الخبز وتغليفه

بعد خروج الصمون من الفرن يجب أن يتم تبريد الصمون، وتتم هذه العملية بدرجة حرارة الجو والتي تتراوح ما بين C° (25-18).

تهدف هذه العملية إلى التخلص من بخار الماء وتخفيض درجة الحرارة داخل الرغيف، حيث أن عدم القيام بالتبريد الصحيح يؤدي إلى:

1. احتجاز بخار الماء بداخلها.
2. حدوث تعجن في لبابة الصمون.
3. إن الرطوبة المتبقية تسبب سرعة في إصابة الخبز بالفطور وزيادة غير حقيقية في وزن الرغيف.

بعد انتهاء التبريد يتم وزن الخبز وتعبئته ضمن أكياس معدة للتسويق.

الفصل الثالث
المحسنات الأنزيمية والكيميائية المستخدمة في صناعة الخبز

1. المواد المؤكسدة: 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.

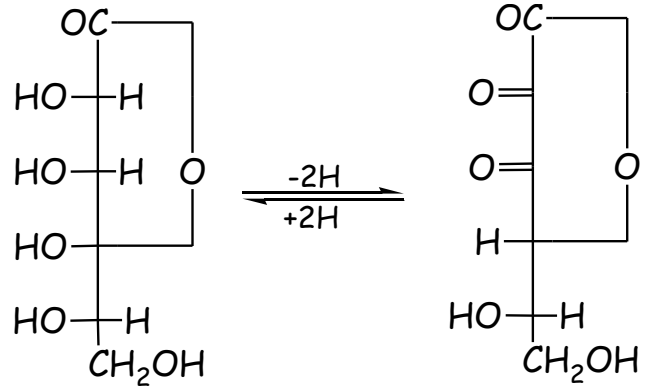
1-1. حمض الأسكوربيك: (Ascorbic Acid)

يعتبرحمض الأسكوربيك أهم مادة تضاف بهدف الأكسدة، وهو ينتج بنقاوة عالية جداً بطريقة بيوكيميائية معقدة من الغلوكوز (سكر العنب، دكستروز) ويباع على شكل مسحوق حبيباته ناعمة أو كريستالية وبتراكيز مختلفة لتسهيل إضافته. يستخدم في بعض الأحيان حمض أسكوربيك ذو منشأ بيولوجي ذو نقاوة منخفضة. في جميع هذه الحالات فحمض الأسكوربيك ذو المنشأ الطبيعي أغلى من المنتج المصنع (حتى 50 مرة).

يعالج الدقيق في المطحنة بحوالي (0.5 – 3 غ) حمض أسكوربيك نقي لكل 100 كغ. يتطلب الغلوتين الضعيف أو الدقيق المخصص لتطبيقات محددة (العجين المجمد) كميات أكبر (6-10 غ).

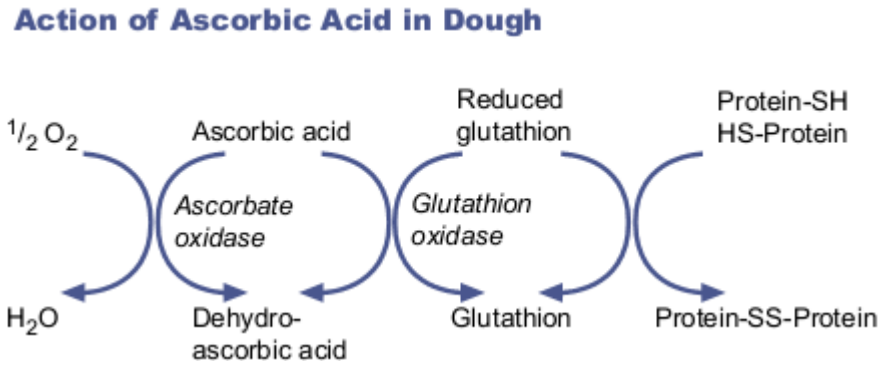
يقوم حمض الأسكوربيك بتشكيل جسور الربط في السيستئين التي تعمل على تقوية البروتينات ويصبح أكثر قدرة على حجز الغازات المتشكلة، وبالتالي يصبح احتجازه لغاز CO_2 أثناء التخمير والشواء أكبر وبالتالي حجم الخبز الناتج يكون أكبر ويصبح الخبز ذو مسامات أنعم وأكثر تجانساً. وكذلك يعمل حمض الاسكوربيك في دقيق القمح على حفظ قوام العجين في الفارينوغراف، وعند إضافته للعجين فإنه يقلل من زمن الاستراحة ويسرع عملية النضج ويزيد حجم العجين ويؤمن مسامات صغيرة ومتجانسة.

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). 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 أكثر طراوة وعلى درجة أقل في المرونة.



L-ascorbic acid Dehydro L-ascorbic acid

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



شكل (2): آلية عمل حمض الاسكوربيك في العجين

لجعل عملية التصـــنيع آمنة قدر الإمكان يجب أن يكون لجزيئات حمض الأســـكوربيك حجم معروف بدقة. فإذا كانت الجزيئات صـــغيرة 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 الجزيئات.

2-1. دقيق الصويا الفعّال أنزيمياً: Enzyme-active soy flour

أحد الأنزيمات الموجودة في دقيق فول الصويا وهو الليبوكسيجيناز lipoxygenase وله تأثير مؤكســـد على بروتين الغلوتين وذلك من خلال أكســـدة الليبيدات بواســـطة الليبوكسـيجيناز التي تشـكل بيروكسـيدات التي لها تأثير رابط لمجموعات التيول SH. ومهما يكن فإن تأثير دقيق فول الصـــويا في تقوية الغلوتين يعتبر ضـــعيفاً، بينما التأثير الأكثر أهمية هو تأثيره المبيض. تعمل نواتج البيروكســـيدات (الناتجة عن أكســـدة

الأحماض الدهنية غير المشـــبعة) على أكســـدة المواد الملونة في الدقيق وتعمل على إزالتها وتبيض الدقيق.

تهدف إضافتها إلى:

1- إطالة مدة طازجية الخبز أثناء التخزين من خلال تقليله لمعدل تبخر الماء من لب الصمون.

2- تحسين لون اللبابة (تبيضها).

3- يمنع الصلابة للبابة، يقلل من الميل نحو سيولة العجين.

4-زيادة القيمة الغذائية للصمون.

5- منح اللبابة نسيج لبي دقيق وإعطائها لونا متجانسا.

3-1. غلوكوز أوكسيداز :Glucose oxidase

يحضـر غلوكوز أوكسـيداز (GOD) عادة من فطر الاسـبيرجيلوس (بطريقة مشـابهة للأميلاز). كما أن العسـل مصـدر غني بالغلوكوز أوكسـيداز، ولكن اسـتخدامه 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 بيروكســـيد الهيدروجين. ويعتبر عامل مؤكســـد لمجموعات تيول الغلوتين مســـبباً بذلك تقويتها. العامل المحدد لهذه العملية هو توفر الأوكســـجين، فإلى جانب التفاعلات الكيميائية الأخرى التي تستهلك الأوكسجين، فإن الخميرة كذلك تحتاج إليه قبل البدء بعملية التخمير حيث تبدأ في البداية بالتنفس عوضـــاً عن عملية التخمير. مما يعني أن الشروط الجيدة والملائمة لـــ(GOD) تتوفر فقط على سطح العجين حيث يتوفر الكثير من الأوكســـجين. يمكن حل هذه المشـــكلة بعمليات تقنية خلال تحضـــير

العجين مثل العجن تحت ضــغط مرتفع أو التزويد بأوكســجين إضــافي من خلال آلية للمزج.

يسـتخدم الغلوكوز أوكسـيداز بكمية مشـابهة للأنزيمات الأخرى، (10-50 غ) /100 كغ دقيق حوالي (1500-7500 وحدة غلوكوز أوكسـيداز)، ولكن هذا يعتمد وبشـكل كبير على المنتج وعلى طريقة التحضير.

4-1. برومات البوتاسيوم: Potassium Bromate

في الدول الأوروبية يُستخدم برومات البوتاسيوم (أكثر المركبات قوة في الأكسدة) فقط للدقيق المخصـص للتصـدير، ويعتبر مؤكسـد بطيء يؤكسـد الغلوتاتيون ببطء وتسـتمر فعاليته حتى بدء عملية الخبيز ويتم تحطيم البرومات فقط بعد انتهاء الشواء. تدل بعض الدراسات على بقاء بقايا منه حتى بعد عملية الشواء. تتراوح معدل اضافته من (ppm 15-75.) يعمل البرومات بشـكل مباشـر على الغلوتين ويحسـن من حجم وبنية أنواع مختلفة من الخبز بإعطاء العجين مقاومة لعيوب لا يمكن تجازوها في المضـــافات الأخرى. وبســـبب الشـــكوك حول تأثيره على الصـــحة اســـتبدل تدريجياً بحمض الاسكوربيك منذ خمسينات القرن الماضي.

في الدول التي تسـتبدل البرومات تضـيف مزيج من حمض الاسـكوربيك والأنزيمات كطريقة بديلة جيدة للحصـول على خصـائص عجين وخَبز مرضـية. وبسـبب كمياته القليلة اللازمة (مشابه أو أقل من حمض الاسكوربيك) وسعره المنخفض فمن الصعب أن يتم استبدال البرومات دون تدخل قوانين عامة.

5-1. 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 120م وينتج حجم كبير من الغازات).

المركب الأساسي الذي يستخدم اليوم لإنضاج الدقيق هو " آزو داي كربون أميد " (ADA). قبل استخدام الإنضاج الصناعي، كان يخزن الطحين لعدة شهور حتى تتم أكسدته طبيعياً مما يؤمن خواص خبز جيدة. لكن على الرغم من أن هذه الطريقةً تُحسن خواص الخَبز إلا أنها تزيد من المشاكل الناتجة عن تعرض الدقيق للحشرات والقوارض

تستخدم المطاحن ADA لتحسين ثباتية خواص الخَبز للدقيق. النسبة التي تخفض التغيرات في خصائص الطحين 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.

يضاف الـ ADA بنسبة 2 غ لكل 100 وزن من الدقيق وذلك لتحقيق إضافة بنسبة 4.5 ppm.

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.

أهم مساوئه استخدامه بكميات قليلة حيث زيادة كميته فوق الحد اللازم يشوه شكل الخبز بشكل سيء على الرغم من بقاء العجين بمواصفات جيدة. يمكن تحديد وجوده

بتحرير الغاز. المنتج المستخدم – المستخدم بنسب كبيرة- هو آزو ثنائي كربون أميد ممزوج مع كبريت الكالسيوم بنسبة 23% من المادة النقية وذلك لخفض قابليته للاشتعال.

1-6. السيستين :Cystine

السيستين هو ناتج ارتباط جزيئين من الحمض الأميني السيستئين 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. على الرغم من أن هذا ما يزال يبحث فإن السيستين ما يزال يستخدم بالرغم من سعره المرتفع بالمقارنة مع حمض الأسكوربيك بسبب تأثيره الإيجابي على خواص العجين.

1-7. حمض الاسكوربيك منزوع الهيدروجين: Dehydroascorbic acid

حمض الاسكوربيك منزوع الهيدروجين هو الحالة المتأكسدة من حمض الأسكوربيك. وهذا يعني انه إذا استُخدم حمض الأسكوربيك المنزوع الهيدروجين عوضاً عن حمض الأسكوربيك فيصبح من الممكن الاستغناء عن المرحلة الأولى من عملية الأكسدة. وقد أظهرت التجارب إمكانية استخدام حمض الأسكوربيك المنزوع الهيدروجين، لكن أحد أسباب ندرة استخدامه هو عدم ثباته ويمكن تجاوز ذلك بتغليفه، لكن هذه العملية صعبة للغاية وبالتالي أكثر كلفة، بالإضافة إلى أن حمض الأسكوربيك المنزوع الماء لم يورد ضمن المضافات في الدول الأوربية.

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

الكلور: (بشكل غاز) 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 منه 2 أونصة لكل 100 وزن أو الكمية التي تخفض الـph إلى 4.8 تقريباً.

كلور ثنائي الاكسيد: بشكل غاز يعمل على تبييض الدقيق عن طريق مزجه بالدقيق بمعدل 120ppm.

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. المواد المرجعة :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 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، وقد تستعمل أيضاً المواد الهيبوسلفيدية مثل: هيبو سلفيت الصوديوم $Na_2S_2O_3$.

1-2. 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. تكلفة 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.

2-2. 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 10/1 من سعر السيستئين.

2-3. صوديوم ميتابيسولفيت وثنائي أوكسيد الكبريت:

يسمح باستخدام صوديوم ميتابيسولفيت (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.

3. المستحلبات:Emulsifiers

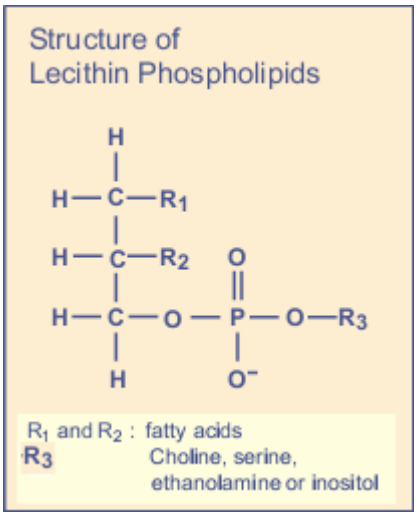
وهي المركبات التي يدخل في تركيبها وظائف محبة للماء (hydrophiles) ووظائف كارهة للماء (hydrophobes)، وهذا التركيب الكيميائي الخاص يجعلها قادرة على التجمع في سطوح الفصل بين الأطوار، كما تقوم بتخفيض التوتر السطحي بين سائلين

غير قابلين للامتزاج (ماء- زيت)، ويمكن إجمال التأثيرات المختلفة لإضـــافة المواد النشطة سطحياً أو المستحلبات في صناعة الخبز والمعجنات بالنقاط التالية:

- تحسـين نوعية الخبز وبشـكل خاص زيادة حجم الخبز وتحسـين 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:

1-3. الليسيثين:Lecithin



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

تمثل الحموض الدسـمة نهاية ليبوفيلية للجزيئة الثنـائيـة القطبيـة في حين تمثـل مجموعـة الفوسفاتيديل النهاية الهيدروفيلية.

اعتاد الخبازون على استعمال الليسيتين أكثر من أي مستحلب آخر. في بادئ الأمر كان تأثير الليسـيتين من خلال اسـتخدام صـفار البيض وذلك لتشـتيت الكميات الكبيرة من الدسـم في المنتج والحصـول على لبابة ناعمة، لكن الآن يتم اسـتخدام مُركز الليسـيتين المستخرج من فول الصـويا لهذا الغرض كما أن الليستين المنزوع منه الزيت مناسـب للاسـتعمال في المطاحن. لعل السـطح الجاف للعجينة هي الفائدة الأكثر وضـوحا من

استعمال الليسيتين، وبذلك القدرة على التشكيل الميكانيكي وهذا يُعتبر نتيجة للنعومة الفائقة التي تتميز بها العجينة. ولليسيتين 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 لليسيتين أقل من المستحلبات الصناعية (بما يتضمن SSL,SCL، والغليسريدات الأحادية بصيغتهم α) فإن هذا المستحلب الطبيعي يعتبر كعامل مضاد لبيات الخبز بسبب مساهمته الايجابية في تحسين مجمل العملية الخبيزية.

الكمية المناسبة من الليسثين من أجل معالجة الدقيق تتراوح (30-150 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 وتحملها للتخمير.

2-3. الغليسريدات الأحادية والثنائية: Mono-and diglycerides

الغليسريدات الأحادية: تتفاوت بين محاليل مائية إلى حبيبية إلى بودرة ناعمة، الاختيار يستند إلى نظام العجين المستخدم. 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 المواد 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 الأحادية 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 الأحادية في أي نظام من نظم العجين يتأثر بعملية تصنيع الغليسريدات الأحادية، المواد الأولية التي يتم تصنيع الغليسريدات الأحادية منها، طريقة التصنيع.

الغليسريدات الأحادية 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 الليسيتين أي مردود حجم مرتفع ولبابة ناعمة.
الكمية المطلوبة من هذه المستحلبات، وخاصة من أجل المنتجات الغنية بالدسم، يمكن أن تصل إلى 1% من الطحين.

3-3. استيرات أحادي وثنائي غليسر يدات 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، وخاصـــة عندما يكون الهدف إنتاج منتجات خبيزية ذات حجم كبير وقشـرة مقرمشـة. تعرف بشكل أساسي بتأثيرها على زيادة حجم العجينة ومقاومتها، ونظراً لأنها تسبب زيادة كبيرة في الحجم لذلك من الصـــعب تحديد فيما إذا كانت قدرتها على تحســين الطراوة عائد إلى الحجم الكبير أو إلى منع التراجع (تراجع النشـــاء). ولهذه الأســباب فإن الـ DATEM يستخدم كمحسن للخبز أكثر من استخدامه كعامل معالجة للطحين لم يعد يُســـتعمل (DATEM) في أغلب الأحيان في أوروبا لمعالجة الدقيق. الكمية المثالية حوالي 300-400 غ لكل 100 كغ.

4-3. المستحلبات المركبة: Emulsifier complex

في بعض الحالات يمكن زيادة خواص المســتحلب عن طريق إضــافته إلى مســتحلب آخر. ومثال على ذلك الغليسريدات الأحادية والثنائية التي يمكن من خلال إضافتها إلى الليسيتين الحصول على أفضل نتائج لاستعمالها في معالجة الدقيق، حيث يقوم الليسيتين بتحسين انسيابهم وانحلاليتهم وتشتتهم وبالتالي يُحسن من تفاعل هذه الغليسريدات مع مكونات الدقيق. محسنات الدقيق" العضوية " الأكثر شيوعاً والأوسع استعمالاً هي التي تندرج ضـــمن هذه الفئة من المســـتحلبات. هذا الإتحاد يُمَكَّن من إنقاص الكميات الضـــرورية للتأثير المثالي إلى 100-300 غ مع 50% من المســـتحلبات المركبة. كذلك يتم تعزيز استرات داي أستيل الطرطريك بالليسيتين، حيث إن إضافة كمية قليلة بمقدار 10% من الليسـيتين تُحسـن من تأثيره الإسـتحلابي وتُخفض من رائحة الخل. هذه المركبات تكون فعّالة فقط إذا تم خلطها قبل تحويلها إلى مسحوق، حيث يُعتبر خلط مساحيق هذه المواد غير فعالاً.

5-3 . ستيرولاكتات الصوديوم والكالسيوم (SSL and CSL):

تصـنع هذه المسـتحلبات من أسـترة الحمض الدهني سـتاريك مع رابطتي الأسـتر 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 للقشـرة. استخدامها في الصناعات الطحينية غير منتشر بشكل واسع وهذا عائد إلى حد ما إلى خواص المعالجة الصعبة التي تتمتع بها حيث تميل إلى تشكيل الكتل.

4. معدلات الحموضة :Acidulants and acidity regulators

إنبات القمح أو الشـيلم يُنتج أميلاز ذو فعالية عالية مع التأثيرات المعتادة على خواص الخَبز. ومن المعروف أنه حتى في حالة الدقيق ذو رقم السـقوط المنخفض فإنه يمكن الحصول على خواص خبيزية جيدة إذا تم تحميضه بشكل جيد. لكن تُعتبر الحموضة من الأمور الغير مرغوبة في أوروبا ومن ناحية أخرى فإن الخبازين ليس لديهم المتسع من الوقت والأيدي العاملة، وهذا يعني أنه يجب البحث عن طرق ووسائل أخرى.
بإضـافة الأحماض المسـتخرجة من الفاكهة وأملاحها وكذلك الكربونات والفوسـفات المُعتمد اسـتخدامها في الأغذية يُمكن ضـبط pH العجين وبذلك يتم إبعاده عن المجال الذي تكون فيه فعالية أنزيم الحبوب بفعاليتها العُظمى. وأكثر من ذلك، فإن هذه المواد تؤثر على انتفاخ مكونات الدقيق وهذا يسـاعد على إبطال التأثير السـلبي للأنزيمات (مثال: تحرر الماء). المستحضرات الأكثر ملائمة هي تلك التي تحافظ على الـpH في المستوى الذي تم ضبطه فيه لذلك تُدعى بـ "المواد المنظمة الواقية"...مثال: خلائط أملاح الحموض المستخرجة من الفاكهة.

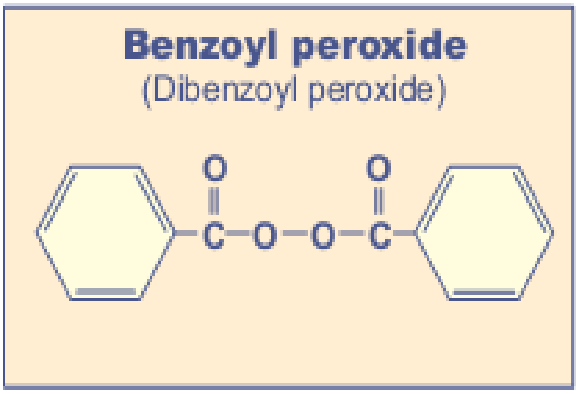
في أغلب الحالات فإن الكمية تتراوح من 50-200 غ (الحد الأعظمي) لكل 100كغ دقيق، مع ذلك فإنه في حالات اســتخدام الكربونات والفوســفات الغير عضــوية يجب الانتباه عند إضـــافتها من أجل عدم زيادة تدريج الدقيق، حيث أن هذه المواد ســـتدخل ضـــمن الرماد وبالتالي تزداد كميته في الدقيق مما يؤثر بالتالي على تصـــنيف الدقيق. ينصح عند استخدام الحبوب المنبتة استخراج كميات قليلة من الطبقات الخارجية الغنية بالإنزيمات وإنتاج دقيق ذو لون أنصع.

5. عوامل التبيض:Bleaching agents

على الرغم من إدراكنا أهمية الفيتامينات والمعادن، لكن ما زال هناك حاجة للحصـــول على لبابـة نـاصـــــعـة اللون في العديد من منتجـات الأقمـاح. يمكن تبيض الفلافونـات المسؤولة عن اللون عن طريق عوامل الأكسدة.

5-1. 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. بالإضـــافة إلى تأثيره المبيض فإن له تأثير طفيف على بنية الغلوتين ولكن هذا التأثير لا يظهر عند استخدام محسنات طحين أخرى مثل AA.
الكمية منه حوالي 5-10 غ لكل 100 كغ دقيق، وغالباً يتم بيعه بتركيز30% وبالتالي فإن الكمية بالمقابل تكون أعلى. يظهر تأثير البيروكسيد بنزويل على الطحين بعد 24-72 ساعة من التخزين.



2-5. دقيق الفول ودقيق الصويا الفعال أنزيمياً: Enzyme-active bean flour and soy flour

يمكن الآن فقط استخدام الدقيق الفعّال أنزيمياً المصنوع من الصويا أو الفول السوداني في أوروبا وذلك من أجل الحصـــول على لبابة ذات لون كاشـــف. الكمية الممكنة اسـتخدامها تم تحديدها بشـكل دقيق بواسـطة أنزيم آخر (Urease) المتواجد كفعالية جانبية وهذا يسبب طعم مر غير مرغوب.

ولهذا السبب فإن الكمية العظمى التي يتم استخدامها عادةً 0.5% لدقيق الصويا و2% لدقيق الفول السوداني. التطبيق الكلاسيكي لدقيق الصويا هو تصنيع أحد أنواع الصمون الفرنسي.

كمية 0.5% لها تأثير مبيض واضـح ويتم اسـتخدامها بنفس التركيز تقريباً في الدقيق المستخدم للخبز المسطح وشرائح التوست.

3-5. عوامل أخرى ذات تأثير مبيض: Other agents with a bleaching effect

اللون الناصـع الذي يلاحظ عند اسـتخدام المسـتحلبات وحمض الأسـكوربيك له أسـباب فيزيائية: البنية الناعمة تغير من خواص الانعكاس للبابة فيبدو اللون أنصـــع. ومن ناحية أخرى فإن عوامل الأكســـدة القوية كالبرومات والكلور تقوم بإزالة الألوان من الصبغات الغامقة.

6. الأنزيمات :Enzymes

بدأ اسـتخدام الإنزيمات في الصـناعات الغذائية مع بداية سـتينات القرن الماضـي وكان أول استخدام للمستحضرات الإنزيمية في صناعة القطر الصناعي (شراب الغلوكوز) من النشـاء باسـتخدام مسـتحضـر "الغلوكوأميلاز ". منذ ذلك الحين بدأت تتوسـع عملية استخدام المستحضرات الأنزيمية في الصناعات الغذائية وفي مرحلة لاحقة ثم استخدام المسـتحضـرات الأنزيمية في صـناعة 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.

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 (2): الأنزيمات المستخدمة لتحسين مواصفات الدقيق والعجين

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.

وهناك الكثير من المستحضرات الإنزيمية المركبة التي تلعب دوراً محسناً ذات طيف واسع سوف نذكرها لاحقاً. وإن المستحضرات الأنزيمية المستخدمة في الصناعات الغذائية لا تتمتع بأي تأثير سمي أو مرضي هذا ما أكدته اللجنة المشتركة لمنظمة الصحة العالمية ومنظمة الأغذية والزراعة العالمية (JEFCA).

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

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

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.

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 والبروتيآز لم يتم اعتمادها بشكل واضح. تقترح بريطانيا اختبار السمية COT (Committee of Toxicity) ولكنها لم تمنع استخدام الأنزيمات غير المختبرة. تعتبر أنزيمات الاميلاز والبروتيازمن الإنزيمات المعتمدة في بريطانيا أيضاً.

النباتات	تين	فيسين (Ficin)
	انانـاس	بروملين (Bromelin)
	بابايا	باباين (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 (3): مصادر الأنزيمات الصناعية

1-6. الأميلاز: Amylases

يقسم الأميلاز الأقسام غير المتفرعة في جزئيات 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 وأنزيمات 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.

ولقد تم توحيد منتجات الأميلاز النموذجية المستخدمة في مطاحن الدقيق عند SKB 2000-5000 لكل غرام مع التحكم بفعالية البروتيآز.

6-1-1. دقيق المالت الفعال أنزيمياً: Enzyme-active malt flour

تحتاج الحبوب إلى الأنزيمات من أجل تفاعلاتها الحيوية، وعند انبات الحبوب يتم إنتاج كميات كبيرة من الأنزيمات. استخدم الخبازين ومصنعي البيرة هذه الخاصة وذلك بإنبات الحبوب قبل عملية التصنيع.

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 a-amylase وB-amylase وكذلك يحتوي على أنزيمات البروتيآز والغلوكاناز والعديد من الأنزيمات الأخرى، بعض هذه الأنزيمات له تأثير ايجابي على عملية الخَبز (مثل: amylase, glucanases) لكن البعض الآخر يمكن أن يسبب الضرر مثل البروتيآز.

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 150 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 بـــ DP (القوة الدياستازية) وهي تكون في الحالة الطبيعية DP 400 واحياناً يتم تحديدها بـ (SKB /g)وضمن الحدود (80-100).

6-1-2. الأميلاز الفطري :Fungal amylase

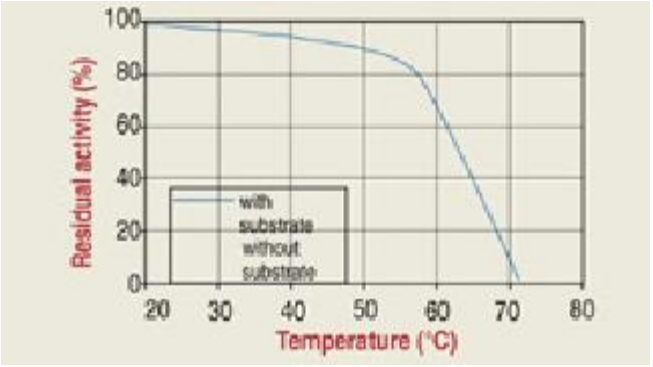
تُستعمل غالباً الفطور من جنس (Aspergillus) في تصنيع الأنزيمات المحضرة لاستخدامها في التطبيقات الغذائية، حيث يتضمن هذا الجنس العديد من السلالات التي تم توصيفها بشكل جيد ولا تؤثر بالصحة، وبالإضافة إلى الأنزيمات التي تصنعها هذه الفطور، يمكن في بعض الأحيان أن تفرز سموم قد تبقى في المنتج النهائي. في عمليات 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.

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 (60-50ºC)، أما تأثيراته:

- زيادة حجم الرغيف.
- تحسين بنية اللبابة ونسيجها ولونها.

- تحسين لون قشر الخبز معطياً اللون المرغوب.



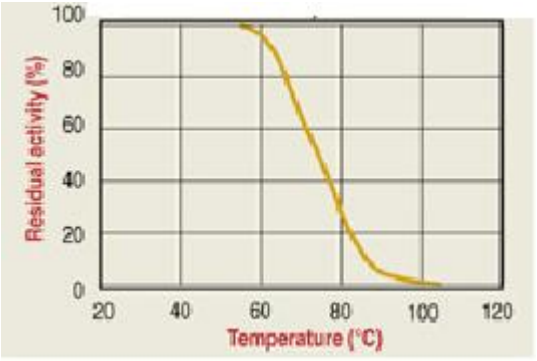
شكل (3): منحني ثباتية للأميلاز الفطري المستخرج من الاسبرجيلوس تجاه الحرارة

الكمية المستخدمة من a-amylase تعتمد على التركيز أو بشكل أدق على فعالية الأنزيم. الوحدة الدولية لقياسها هي (SKB/g) وهي عائدة لـ Sandstedt, Kneen and Blish مطوري طريقة تحديد الفعالية. الكمية المناسبة (المثالية) من a-amylase الفطري لدقيق القمح غير المنبت أو الغير معالج 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 (1-2 غ ذو 5000 SKB) حيث يحسن مواصفات العجين وعملية الخبز دون أن يؤثر على رقم السقوط.

3-1-6. أميلاز الحبوب:

تحوي حبوب الحنطة على نوعين مختلفين من الأميلاز α أميلاز وβ أميلاز يساهم ال α أميلاز في عملية عدم البيات وذلك لأنه يبدي ثباتية أعلى تجاه التسخين من الأميلاز الفطري. ولذلك فانه يبقى فعال بشكل جيد عندما يكون قد تم جلتنة بعض

الأجزاء من النشـاء. ومع ذلك فان حرارة الشـواء النهائية سـتكون كافية لإبطال فعالية هذا الأنزيم.

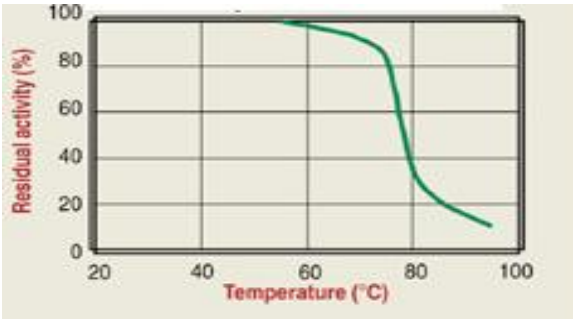


شكل (4): منحني ثباتية لأميلاز الحبوب تجاه الحرارة

4-1-6. الأميلاز البكتيري:

يعمل هذا الأنزيم بمجال حراري مختلف عن الأنزيم الفطري حيث لا يتمتع بأي فعالية أثناء التخمير لكن فعاليته القصـــوى تكون مع بداية عملية الشـــواء، ويبقى هذا الإنزيم محتفظ ببعض الفعالية عند حرارة 95 لمدة 20 دقيقة وهذا يؤدي إلى تأثير مضـــاد للبيات وذلك عن طريق منعه للتفاعلات الداخلية بين النشـــاء والغلوتين التي تؤدي إلى جفاف الخبز (شكل 4). ولكن بما أن الأميلاز البكتيري يستمر في تحطيم النشاء فيمكن أن تظهر طراوة زائدة أو حتى تســـيل للبابة لدى التخزين. على أية حال فإن α أميلاز البكتيري لايزال يســـتخدم لتحســـين طراوة اللبابة ولكن بمزجه مع α أميلاز الفطري وبتراكيز 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 (5): منحني ثباتية للأميلاز البكتيري المستخرج من الباسيلوس تجاه الحرارة

6-1-5. 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 - amylaseα فإنه لا يتوقف عن العمل عند التفرعات (الأميلوبكتين)، أي أنه ينتزع الغلوكوزمن الأميلوبكتين، الأميلاز، 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 amylaseα-. يضاف هذا الأنزيم عادة بكميات قليلة جداً (أقل من 0.1 غ لكل 100 كغ). إن الكميات الكبيرة من الأميلوغلوكوزيداز يمكن أن تسبب الطعم الحلو.

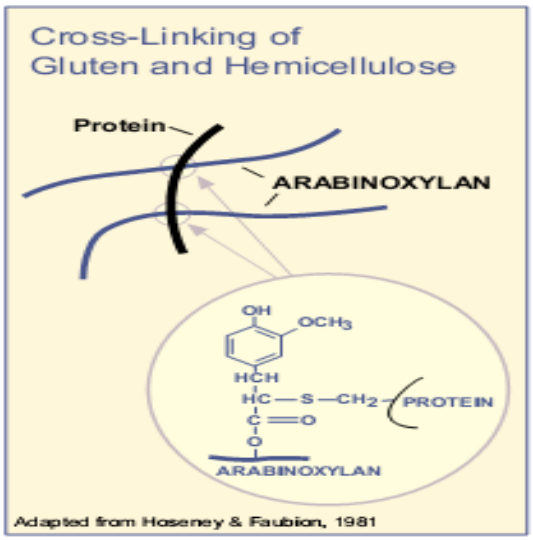
2-6. هيميسيلولاز: Hemicellulases

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 (غلوكوز، 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 (6): 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 الـ Hemicellulases 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 الـــــ Hemicellulases (ذات المصـادر المختلفة) جزيئات البنتوزات المختلفة عديدة ومتنوعة.

3-6. البروتيآز:Protease

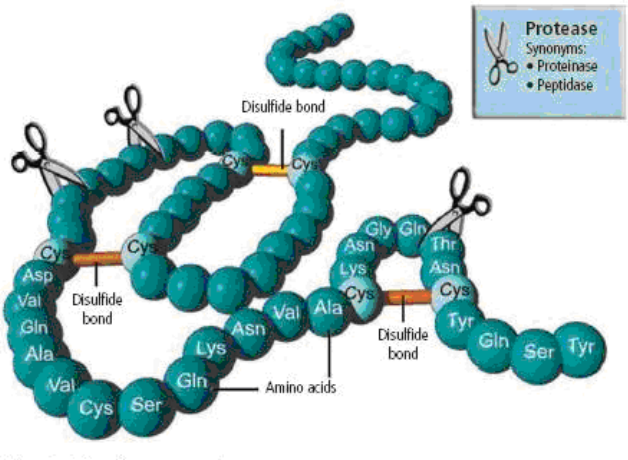
يقوم البروتيآز بتقسيم سـلاسـل جزيئات بروتين الغلوتين وهذا يقود في بداية الأمر إلى التطرية وبعد ذلك إلى تقويض كامل وانهيار البنية.

يمكن أن تكون فعالية البروتيآز منخفضـــة جداً أو مشـــابهة 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 ثيوسلفيت الصوديوم ذات تأثير جانبي على فيتامين B1 لذلك منع استخدامه.

ففي حـالـة بنيـة الغلوتين المتقطع يمكن أن تكون التطريـة الطفيفـة مرغوبـة وفي هذه الحالة فللـــــ protease مهمة مشـابهة لدور السـيسـتئين. ولكن بشـكل غير مشـابه للأحماض الأمينية، فعمل البروتياز لا يتوقف عند انتهاء إضـــافته، ونتيجة لذلك فإن تأثيره يزداد مع زمن التخمر للعجين، وهذا هو الســبب للحاجة إلى تحضـــير أنزيمات خالية تماماً ولو من أثر ضئيل من البروتياز.

هذه المشـــكلة تظهر بشـــكل أقل تأثيراً في حالة اســـتخدام دقيق ذو محتوى مرتفع من الغلوتين، ويعتبر البروتياز مفيد جداً في صـــناعة البســـكويت والبيتيفور ودقيق الويفر حيث أنه مع هذه المواد تكون المطاطية والمرونة غير مرغوبة، حتى أنه في بعض الأحيان يكون من الضـروري تفكيك تركيب الغلوتين. هذا الأنزيم شـائع جداً في إنتاج خبز القالب حيث يتطلب عجينة ناعمة وتملأ بإحكام العبوة المطلوبة.



شكل (7): آلية تأثير البروتيآز على الغلوتين

4-6. أنزيمات أخرى:

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

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. 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 تصـنيع مسـتحلب كافي ليعارض تراجع النشاء.

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 (4) : محتوى دقيق القمح من اللبيدات

وعند استخدام الليباز نهدف إلى تحقيق ما يلي:

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

لكن من غير المعروف حتى الآن تأثير إضـافة دسم للعجين، وكذلك أي نوع من الدسم لكي يعمل الليباز بشـكل جيد. وهنالك مشـكلة أيضـاً، حيث أنه من الممكن أن يتم إفسـاد الطعم وذلك بسبب تحرر الأحماض الدهنية الحرة.

وتم دراسة إمكانية استعمال الأنزيمات (transglutaminase, phospholipases arabinofuranosidase,) كمحسنات للطحين لكن حتى الآن لم يتم استعمالها بشكل واسع.

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 الغير مناسب للأنزيم الميكروبي وربما لأنه ليس من النوع ليبوكسيجيناز II, حيث أن هذا النوع هو الوحيد القادر على الأكسدة وبالتالي تبييض الكاروتينات الموجودة في الدقيق.

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 هـذه المجموعـة على الأميلوغلوكوزيـداز (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**

تشـــمل هذه الفئة على الغلوكو أوكســيداز Glucose Oxidase وهو أنزيم فطري يقوم بتقويـة الغلوتين بهدف زيـادة ثبـاتيـة العجين أثنـاء التشـــكيل الميكـانيكي وزيـادة 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 بشـــكل جيد مع قابلية انضـــغاط اللبابة، لذلك فمن الممكن أن يتم قياسـها عن طريق أجهزة ميكانيكية بسـيطة حيث أن المقاومة الأقل للضـغط تدل على طازجية أعلى.

طراوة اللبـابـة تعتمـد على حجم المنتجـات الخبيزيـة الحجم الأعلى يتطلـب مواد أقل لتشكيل جدر خلايا المسامات ولذلك تتناقص مقاومة الضغط.

أكثر من ذلك، فإن 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 مسبقا، فبينما تهاجر جزيئات الأميلوز الصغيرة من حبيبات النشاء الى الوسط المحيط وتتبلور مباشرة بعد الخبز، فان جزيئات الأميلوبكتين تبقى بصورتها المتجلتنة الغير متبلورة لفترة أطول. بالشكل الغير متبلور فإن الأميلوز والأجزاء الغير متفرعة من الأميلوبكتين تكون على شكل لفائف حلزونية (ملتفة بشكل لولبي) التي يمكنها أن تضم الجزيئات الغير القطبية.

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

وتشمل هذه المجموعة على:

1- <u>الأميلاز البكتيري</u>:

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.

2- مطريات اللبابة ومقويات العجين:

تسمى أيضاً بالعوامل أو المستحلبات، كل هذه المصطلحات تشير إلى المكونات التي تستعمل لتحسين نوعية المنتج.

في أي أحد هذه المنتجات التي تم تصـــنيفها كمطريات للبابة أو مقومات للعجين، عادة يرمز الاسـم الى العمل (الوظيفة) الذي يقوم به هذا المنتج. في العديد من الحالات، فإن الوظيفتين يتم تواجدهما في المزيج.

الوظيفة:

تتفاعل مقويات العجين مع الغلوتين الموجود في العجين وينتج عن هذا عدة فوائد:

- تحسين قوة تحمل العجين للمزج.
- تحسين قوة تحمل العجين للأنواع المختلفة من المكونات.
- تقليل معدل انهيار العجين خلال المعالجة لـ(proofed dough).
- زيادة قدرة العجين على الامتزاز.
- التقليل من استعمال السمن المحضر.
- تحسين حجم الرغيف (وهذا عائد إلى تحسين قدرة احتباس الغاز) وبنية الحبة.
- حبوب أنعم وبنية أكثر مرونة وجدر جانبية أقوى.
- تحسين قوة العجائن لأنواع الخبز المختلفة (مثل الخبزالمتعدد الحبوب) .

مطريات اللبابة تصنف عادةً كمستحلبات أو مواد فعالة سطحياً. ومهما يكن فإن عملهم في أنظمة العجائن ليست بسبب الاستحلاب وإنما عائد إلى بنيتهم الجزيئية وتفاعلهم مع مكونات العجين المختلفة.

بيات الخبز يتم تمييزه بتصـــلب اللبابة، انخفاض في الطعم وفقدان القرمشـــة. فقدان القرمشــة يصــاحب بتحول القشــرة إلى بنية جلدية. مطريات اللبابة تعيق أو تبطئ من نسبة تصلب والفقد في القرمشة للخبز.

مطريـات اللبـابـة لا تقوم بتطريـة الخبز وإنمـا فقط تقوم ولفترة محـدودة بكبت نســـبـة التصلب للخبز وذلك عن طريق (retarding the rate) التي عندها يتبلور النشاء.

الخبز الطازج الخارج من الفرن، حتى ولو كان بدون مطريات للبابة، فسـيكون طري كما لو كان أضيف إليه مطريات لبابة.

ماتقوم به المطريات هو تقليل نسبة التصلب في الخبز خلال الأيام القليلة التي سيقضيها على الرف.

المركبات المتاحة للاستعمال:

الغليسريدات الأحادية:

تسـتخرج الغليسـيريدات الأحادية من الزيوت النباتية أو الحيوانية. يتم تفاعل الزيت مع الغليسريدات بوجود القلويات كعامل مساعد.

فعالية الغليســريدات الأحادية في أي نظام من نظم العجين يتأثر بـــــ: عملية تصــنيع الغليســـريدات الأحادية، المواد الأولية التي يتم تصـــنيع الغليســـريدات الأحادية منها، طريقة التصنيع.

الغليسريدات الأحادية الصلبة تكون مفضلة في المواد 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.

الغليســريدات الأحادية هي بشــكل عام مطريات للبابة وتعمل بشــكل طفيف كمقويات للعجين.

الغليسريدات الأحادية المقطرة:

تصنع عادة من دسم نباتي (غليسريدات ثلاثية) عن طريق انتزاع اثنين من الأحماض الدهنية.

تستخدم لاطالة مدة حفظ المنتجات الخبيزية ولانتاج لبابة ببنية ناعمة.

التقطير يقوم بفصل المنتجات الثانوية (الغليسرول، الأحماض الدهنية، الغليسريدات الثنائية) الناتجة خلال عملية التصنيع وذلك لزيادة تركيز الغليسريدات الأحادية. (حتى 90%).

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.

بولي سوربات 60:

سائل بدرجة حرارة الغرفة، ناتج من تفاعل أكسيد الايتيلين 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 الغليســريدات 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 و الثنائية.

:SMG

مركب ناتج من تقطير الغليسريدات الأحادية بوجود (succinic anhydride). هو مادة صلبة شمعية عند درجة حرارة الغرفة.
يعتبر مقوي للعجين وذو تـأثير مطري ضـــعيف على اللبـابـة. يزيـد من (oven spring). ومن الممكن أن يكون صعب الاستعمال في العجين بسبب طبيعته الشمعية. يستعمل في النظم التي يتم فيها اذابة الدسم حيث ينصهر فيه.

استرات داي أسيتيل حمض الطرطريك للغليسريدات الأحادية:

متوفر كبودرة ناعمة جافة. له تأثير ممتاز على تقوية العجين لكن تأثيره المطري للبابة ضعيف. معظم الـــ (DATEM) يستخدم بالاتحاد مع الغليسريدات الأحادية أو عوامل العجين الأخرى

	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 (5): 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 (6): الحد المسموح من المقويات والمطريات.

- الحد المسموح به لوحده أو عند جمعه مع غيره يجب ألا يزيد عن 0.5 % على أساس الطحين.

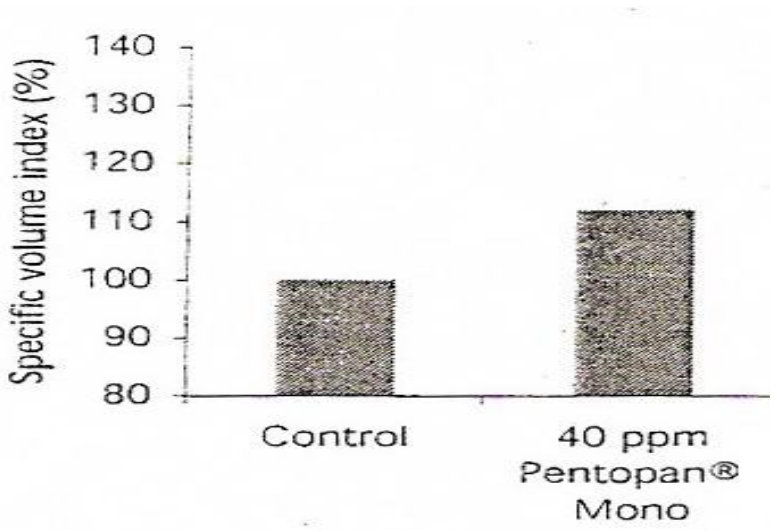
سنقوم باستعراض أهم المستحضرات الأنزيمية المستخدمة في تجاربنا وهي من انتاج شركة Novozymes:

Pentopan Mono BG:-1

وهو عبارة عن purified general performance xylanase

يمكن أن يستخدم لكل أنواع الخبز والمنتجات الخبيزية وذلك بهدف:

- تحسين قابلية تشكيل العجين بالآلة وكذلك خواص معالجة العجين وذلك نتيجة زيادة قوة تحمل العجين.
- تحسين الـ ovenspring وهذا يظهرمن خلال حجم أعلى للخبز.
- تحسين مظهر المنتج من خلال توحيد بنية اللبابة بشكل أكبر وتحسين طراوتها.
- تسريع مرحلة الاستراحة.
- الحصول على عدة تأثيرات مختلفة وذلك عند مزجه مع أنزيمات الأميلازالفطري أو أنزيمات أخرى مثل: أنزيمات الليباز، الأنزيمات المؤكسدة، أنزيمات المحافظة على الطازجية.



الشكل (8): خبز القالب المصنع بالطريقة المباشرة

دليل الحجم النوعي (%) لكل من الشاهد والخبز المضاف له أنزيم Pentopan Mono

يمكن استخدام الكسيلاناز بمزجه مع مستحلبات تكييف العجين وذلك لكل أنواع الخبز.
تحتاج أنزيمات الكسيلاناز النقية مثل: Pentopap Mono BG إلى مزجها مع الأميلاز الفطري مثل: Fungamyl وذلك لأداء أفضل.
تفقد الكسيلاناز فعاليتها خلال عملية الخبيز.

تختلف الكمية المثالية حسب: نوعية الدقيق، المستحضر المستخدم، العملية. ويتم تحديدها خلال تجربة الخبز، حيث أن زيادة الكمية المضافة تؤدي إلى عجينة دبقة.
تتراوح الكمية المثلى من هذا الأنزيم بين (20-120ppm).

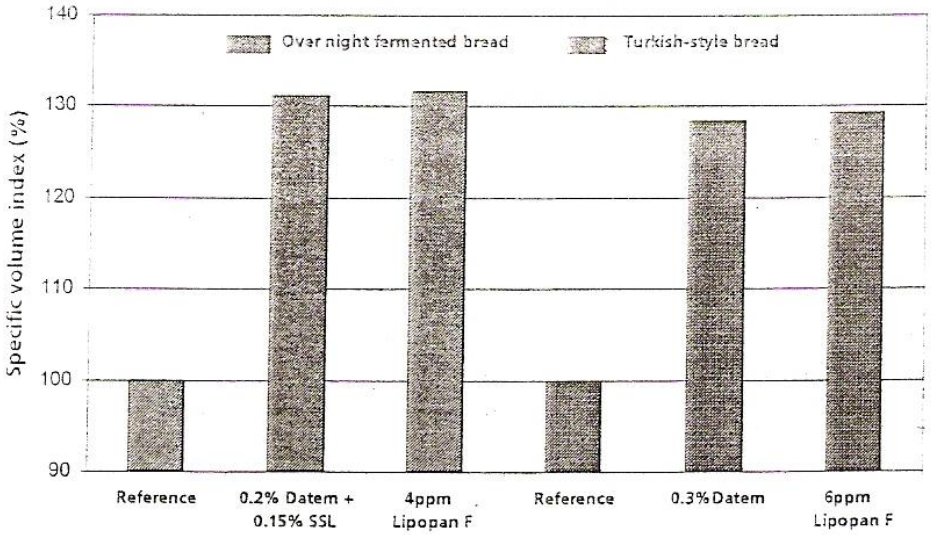
Lipopan F BG: -2

وهـو عـبـارة عـن Fusarium lipase expressed by submergd fermentation in a genetically modified Aspergillus oryzae organism.

تستخدم أنزيمات Lipopan بهدف:

- استبدال المستحلبات مما يسمح بخفض ملحوظ في الكلفة. (كلفة المواد)
- الحصول على ثباتية جيدة للعجين، تحسين حجم الرغيف، وكذلك الحصول على مظهر ناعم ولبابة بيضاء.
- التخفيض من الطعم الحامضي المرافق لبعض المستحلبات.

تستخدم بشكل واسع في العمليات الخبيزية ومع درجات مختلفة من الدقيق وهو مناسب جداً للخبز التركي والفرنسي.



الشكل (9): دليل الحجم النوعي للخبز التركي والخبز المخمر ليلاً

كـل رغيف يحوي: ppm4 من أنزيم Fungamyl 2500 BG، 36 ppm من أنزيم Pentopan Mono BG - الدقيق المستخدم: الدقيق الاوروبي.

يمكن أن يتم مزج lipopan FBG مع الدقيق والنشـــاء ومكونـات الخبز الأخرى. ويجب أن يتم اضافة هذه الأنزيمات إلى الدقيق أو إلى الماء قبل المزج.
الكمية المثلى تتفاوت اعتماداً على نوعية الدقيق، المستحضر المستخدم، العملية ويجب أن يتم تحديدها من خلال تجربة الخبز.

3- Novamyl 1500 MG:

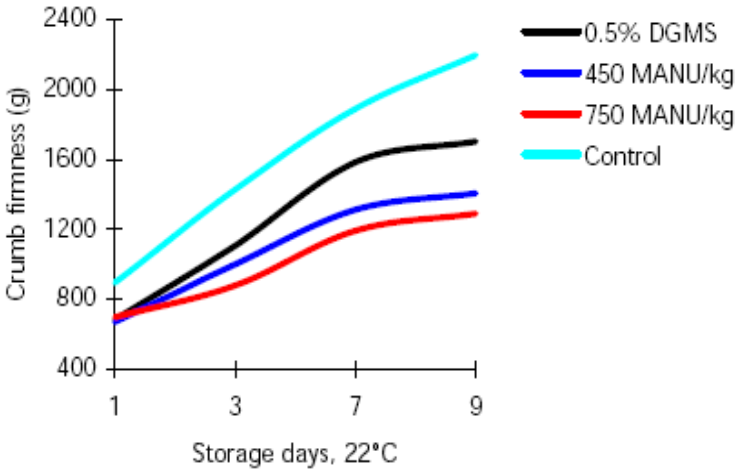
يحتوي هذا المستحضر على الأميلاز المنتج للمالتوز .Maltogenase
تعتبر المحـافظـة على طزاجـة اللبـابـة في المنتجـات الخبيزيـة من البرامترات الهـامـة المتعلقة بالنوعية بالاضـافة إلى أن لفقد الطزاجية (البيات) تأثير اقتصـادي سـلبي على الخبازين.
للـــــ Novamyl تأثير ممتاز في الحفاظ على الطزاجة والتي يتم الوصـول إليها عن طريق تحوير نشـــاء دقيق القمح مما يؤدي إلى اطالة طراوة اللبابة ومطاطيتها خلال فترة التخزين.

تستخدم هذه الأنزيمات بهدف:

- تخفيض معدل البيات.
- الحفاظ على طراوة اللبابة وهذا عائد إلى تأثيرها المعيق لتراجع النشاء.
- الحفاظ على مطاطية اللبابة وهذا يؤدي إلى تحســين نوعية المنتجات الخبيزية من ناحية الشعوربها وهي الفم.

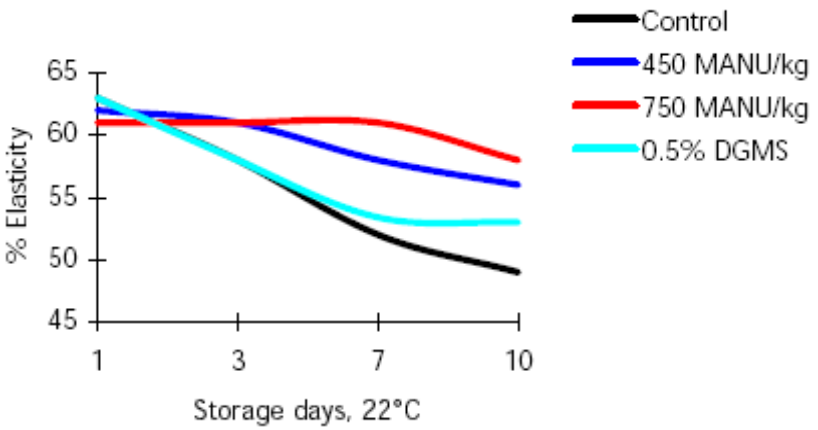
يمكن أن يتم استخدام الـــ Novamyl مع أنواع مختلفة من الدقيق وذلك عندما تكون طزاجية اللبابة مطلوبة في حين أنه لا يؤثر على حجم الرغيف وبنية اللبابة.

يظهر الشـــكل (10) (11) تأثير Novamyl على طراوة اللبابة ومطاطيتها مقارنة مع الغليسريدات الأحادية المقطرة (DGMS).



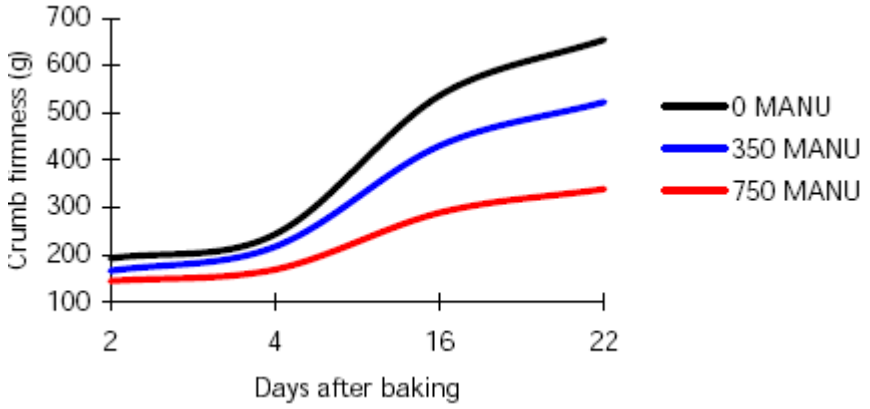
الشكل (10)

تأثير Novamylعلى قابلية المد وتحسين طراوة اللبابة في الخبز المصنع بالطريقة المباشرة.

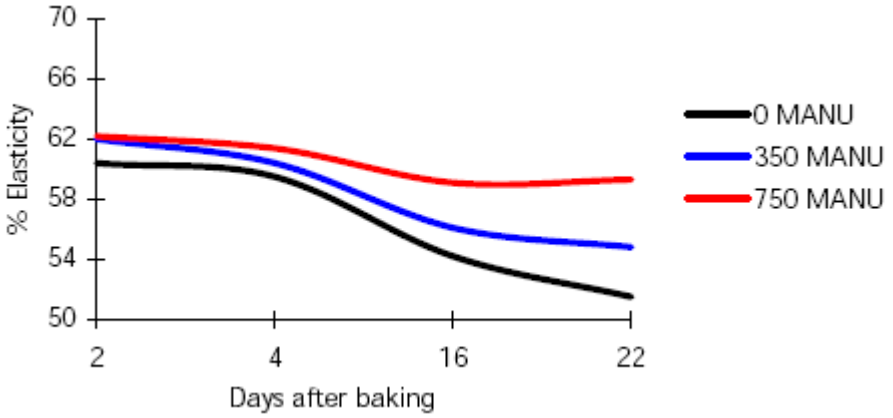


الشكل (11): تأثير الـ Novamyl على قابلية المد وتحسين مطاطية اللبابة

من ناحية اطالة مدة الحفظ: على خلاف الأميلاز البكتيري المتحمل للحرارة فإن اضافة المزيد من Novamyl يعطي منتج أفضل، فالخبز ذو الكمية المرتفعة من Novamyl تكون طراوته بعد (21) يوم من الخبز مماثلة للخبز الحاوي على كمية منخفضة من Novamyl وذلك بعد (10) أيام. وكذلك فإن اضافة كمية كبيرة من Novamyl تعمل على الحفاظ على مطاطية اللبابة لمدة أطول.



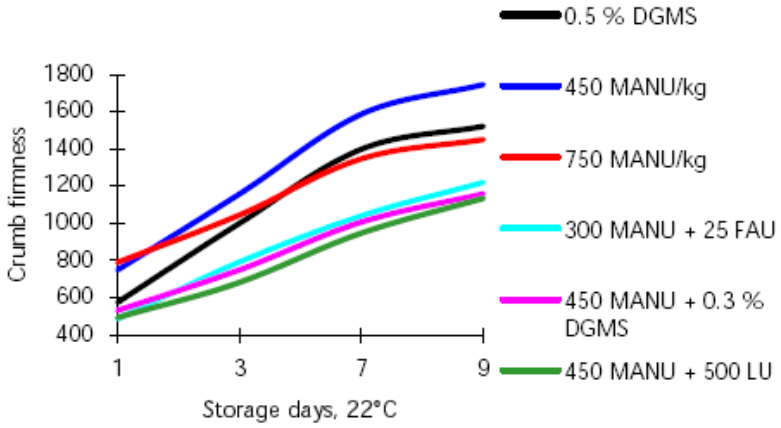
الشكل (12): صلابة لبابة الخبز عند الاضافات المختلفة من أنزيم Novamyl



الشكل (13): مطاطية اللبابة عند الاضافات المختلفة من أنزيم Novamyl

مزج Novamyl مع أنزيمات أخرى مثل: Fungamyl BG، Lipopan 500 BG، pentopan أو مزجه مع الغليسريدات الأحادية المقطرة يمكن أن يعطي تأثير جيد ومتكامل. حيث تقوم الأنزيمات السابقة وDGMS بتحسين بنية اللبابة وكذلك طراوتها.

فمزج كميات قليلة من Novamyl مع الأنزيمات أو المكونات الأخرى يعطي نتائج أفضل من استخدام كميات كبيرة منه أو من الغليسريدات الأحادية لوحدها.



الشكل (14): تاثير ال Novamyl عند مزجه مع أنزيمات أخرى أو الغليسريدات الأحادية.
Fungamyl =FAU - Lipopan 50 BG= LU
Distilled Monoglycerides = DGMS

يمكن أن يتم مزج Novamyl مع مكونات الخبز الأخرى وذلك قبل الاستخدام، حيث يتم اضافتها إلى الدقيق أو الماء قبل مزجهما.

الكمية الموصى اضافتها MANU/Kg(100-1000)

تتفاوت الكمية المثالية من كلايهما حسب نوعية الدقيق، المستحضر المستخدم، العملية، مدة الصلاحية المطلوبة للبابة. لذلك يجب أن يتم تحديدها خلال تجارب الخبز.

4- Gluzyme Mono 1000 BG:

وهو عبارة عن أنزيم غلوكوز أوكسيداز المستخدم في محسنات الخبز.

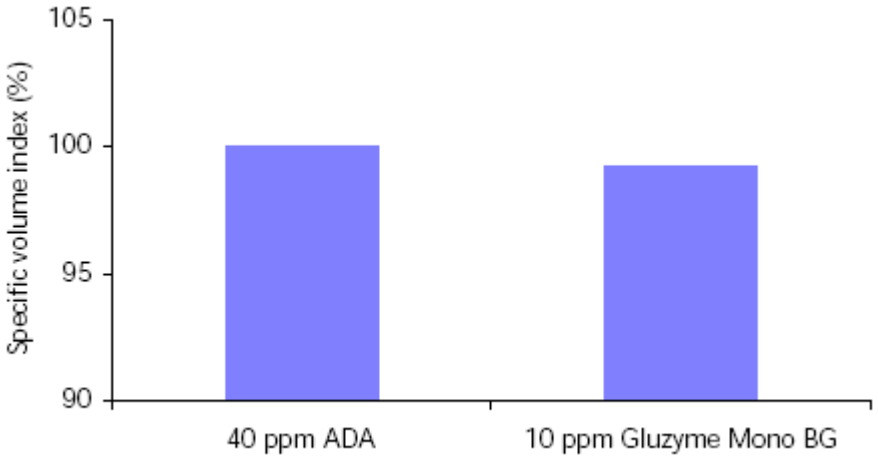
في صناعة الخبز تعتبر قوة شبكة الغلوتين من الأمور المطلوبة وذلك من أجل احتباس الغاز خلال عملية الاستراحة للحصول على حجم جيد للخبز وأيضاً لمقاومة الضغوط الميكانيكية خلال معالجة العجين.

يحســـن هذا الأنزيم من ثباتية العجين ومن خواص معالجة العجين وهذا يقود إلى حجم أعلى للخبزوكذلك يحسن من مظهر المنتجات الخبيزية.

عمل هذا الأنزيم:

- يضـــفي ثباتية مؤكدة على العجين، ويؤمن تأثير مقوي للعجين ويحســـن من الثباتية العامة للعجين وذلك عندما يستخدم مع المؤكسدات الكيميائية.

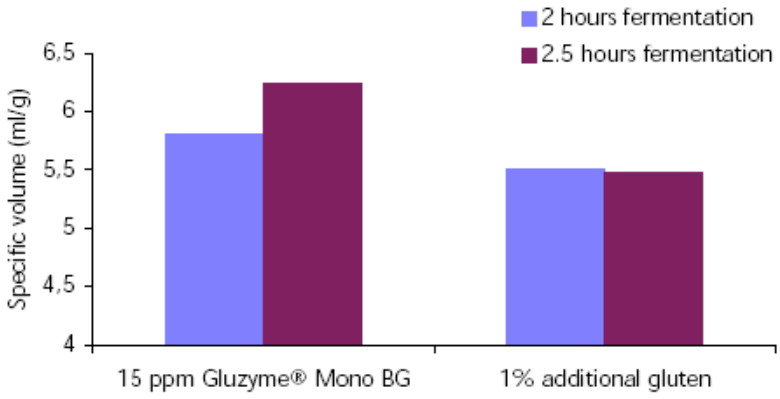
- بديل عن حمض الاسـكوربيك: حيث يمكن لهذا الأنزيم أن يحل بشـكل جزئي مكان حمض الاسكوربيك في مستحضرات صناعة الخبز بذلك يؤمن فرصة لتخفيض التكاليف.



الشكل (15): دليل الحجم النوعي % لخبز القالب الأمريكي
كلا الرغيفين يحتويان على 50 ppm حمض الأسكوربيك
الدقيق المستخدم: دقيق القمح الأمريكي القاسي (u.s HRW wheat)

- بديل عن البرومات: يستخدم بالاتحاد (بجمعه) مع أنزيمات الخبز الأخرى وكذلك مع المؤكسدات الكيميائية.

- بديل عن الغلوتين الحيوي: يمكن أن يتم استبدال الغلوتين الحيوي بشكل جزئي بهذا الأنزيم وذلك في بعض التطبيقات، مما يؤمن فرصة لتخفيض كلفة المكونات.



الشكل (16): specific volume of French batards

يمكن أن يمزج هذا الأنزيم بسهولة مع الدقيق، النشاء أو مكونات الخبز الأخرى.
تعتمد الكمية المضافة على: نوعية الدقيق، طريق الخبز، المستحضر المستخدم.
الكمية المثلى يجب أن يتم تحديدها خلال تجارب الخبز، لكن مع ذلك فإن الكميات الموصى بها تتراوح من 25-500 وحدة غلوكوز اكسيدازبالغرام.
مهما يكن بما أن غلوكوز اكسيداز يسبب طعم لاحق خلال عملية التخمرالطويلة، لذلك يتم التوصـــية باســـتخدام كميات قليلة من أنزيم Gluzyme خلال عمليات الخبز ذات فترات التخمر الطويلة.

AMG 800 BG:-5

وهو عبارة عن أنزيم غلوكوزيداز الذي يقوم بتحرير الغلوكوز وبالتالي يحث عمل الخميرة ويعطي القشرة لوناً أسمر.

التحدي الذي يواجه صـناعة الخبز هو ضـمان نوعية خبز جيدة وذلك من خلال الدقيق المستخدم. يستخدم هذا الأنزيم لتصـحيح الدقيق وذلك من أجل الحصـول على دقيق ذو خواص موحدة مما يعوض عن التغيرات التي تحدث في نوعية الدقيق.

ميزاته:

- يزيد من اللون الأسمر للقشرة.
- يزيد الحجم.
- يسرع من مرحلة الاستراحة.

اضـــافة AMG تضـــمن الحصـــول على غلوكوز اضـــافي، وهذا الغلوكوز يعتبر مادة غذائية للخميرة مما يؤدي إلى زيادة انتاج الغاز وبالتالي حجم أكبر.
ويـدخـل كـذلـك الغلوكوز في تفـاعلات كيميـائيـة تؤدي إلى اعطـاء اللون المنـاســـب والمرغوب للقشرة.
وينصـح باستعماله عندما يراد الحصـول على غلوكوز اضـافي أو عندما يراد الحصـول على دكسترينات محولة.
الكمية التي ينصح باضافتها من AMG تتراوح 30-300 وحدة أميلوغلوكوزيداز لكل كيلو غرام دقيق، وهذا يعتمد على: نوعية الدقيق، العملية، المستحضر المستخدم ويجب ان يتم تحديدها خلال تجارب الخبز.

القسم العملي

يتضـمن القسـم العملي دراسـة خصـائص ومواصـفات عدد من الخلطات المؤلفة من دقيق ومحســـنات بنســـبٍ محددة، حيث تم أخذ أنواع من الخلطات، ومن ثم إجراء الدراســات والتحاليل على هذه الخلطات.

2-6. حيث تضمن القسم العملي إجراء التجارب التالية:

1.الاختبارات الكيميائية Chemical Tests :

◊ **تجربة الرطوبة Moisture:**

تم تحديدها اعتماداً على الطريقة ICC،110/1 :NO

◊ **تجربة الغلوتين الرطب:Wet Gluten**

تم تحديده اعتماداً على الطريقة ICC،155 :NO

2- الاختبارات التقنية Technical Tests:

◊ **تجربة الترسيب وفق Zeleny:**

أجريت وفق طريقة Zeleny sedimentation (ICC, NO: 116)

◊ **تجربة رقم السقوطFalling number :**

تم تحديده وفق طريقة ICC, 107(Anonymous,1968)

3- الاختبارات الريولوجية Rheological Tests:

◊ **تجربة الفارينوغراف Farinograph:**

تم إجراؤها وفق طريقة: AACC, (Anonymous, 1982)

◊ **تجربة الإكستنسوغراف Extensograph:**

تم إجراؤها وفق طريقة ICC, NO: 114 (Anonymous, 1972)

4- تجربة الخبيز:

تمت تجربة الصمون وفق النسب التالية محسوبة على أساس (100g) دقيق هي: ماء بنسبة (58%~60%)، ملح بنسبة (0.8%)، خميرة جافة نشطة نسبة (1.3%)، سكر بنسبة (1.3%)، وقد تم استخدام كل من حمض الاسكوربيك بنسبة () والمحسن Gluzyme Mono 10000BG والذي يعتبر بديل لحمض الاسكوربيك بنسبة 10 ppm والمحسن AMG 800 BG بنسبة 5. ppm حيث تم إجراء العجن بواسطة عجانة مخبرية حتى الحصول على القوام المناسب للعجين ثم تُرك للتخمر مدة (30min) بدرجة حرارة الفرن (30~35c°) بعدها تم تقطيع العجين يدوياً وبزنة (50g) لكل قطعة , ومن ثم تكويرها بشكل دائري , ثم تُركت للاستراحة لمدة خمس دقائق , شكلت بعدها بشكلها النهائي عن طريق إدخال القطع إلى آلة تشكيل الصمن وذلك في فرن السنابل الآلي , وتُركت بعدها للتخمير النهائي لمدة (1.5-2) ساعة بدرجة حرارة (30~35c°) ورطوبة نسبية حوالي (80%) ومن ثم تمت عملية الشواء بفرن درجة حرارته(370-400) لمدة (8-9) دقائق تقريباً , بُرد بعدها الصمون حتى درجة حرارة الجو العادي ومن ثم غُلفت بأكياس من النايلون كي يتم تقيمها لاحقاً .

أولاً- المواد الأولية المستخدمة

1. طحين بنسبة استخراج 72%.
2. المستحضرات الأنزيمية:
    a. Novamyl 1500 MG
    b. Pentopan Mono BG
    c. Gluzyme Mono 10000 BG
    d. Lipopan FBG
    e. AMG 800 BG
3. حمض الأسكوربيك.
4. خميرة جافة.
5. ملح طعام.
6. ماء مقطر وعادي.
7. سكر أبيض

ثانياً- الأجهزة والأدوات المستخدمة

1. موازين دقة 0.1g و 0.0001g.
2. جهاز تجفيف يعمل بالأشعة تحت الحمراء.
3. جهاز Falling number.
4. جهاز ترسيب Zeleny.
5. جهاز Farinograph موصول مع كمبيوتر.
6. جهاز Extensograph موصول مع كمبيوتر.
7. سيلندرات خاصة بجهاز الترسيب Zeleny.
8. بياشر بحجوم مختلفة 150, 250, 400, 1000 ml.

9. سباتولات بأحجام مختلفة.

ثالثاً- النتائج والمناقشة

1. تجارب الدقيق

1-1 الاختبارات الكيميائية Chemical Tests

يوضح الجدول (5) نتائج اختبارات الدقيق التي حصلنا عليها:

التجربة	النتيجة
الرطوبة %	14
الغلوتين الرطب %	33.7
الغلوتين الجاف %	11.85

جدول (7): يوضح نتائج الاختبارات الكيميائية للدقيق

يتمتع الدقيق بخاصـــية الهيغروســـكوبية، مما قد يؤدي أحياناً إلى زيادة الرطوبة أو نقصانها تبعاً لرطوبة الجو المحيط، أما نسبة الرطوبة التي حصلنا عليها فهي 14%.

الغلوتين الرطب Wet Gluten

الغلوتين الرطـب في دقيق القمح هو عبـارة عن مـادة مطـاطيـة لزجـة تحتوي على الغلياديـن والغلوتينين، الذين يعتبرا مســؤولان عن اســفنجية وحجم الخبز، (أما نســبة الغلوتين في الدقيق فهي تعتبر جيدة.

2-1 الاختبارات التقنية Technical Tests

يوضح الجدول (6) نتائج الاختبارات التقنية للدقيق:

التجربة	الواحدة	النتيجة
Zeleny	ml	28
رقم السقوط	Sec	467

جدول (8): يوضح نتائج الإختبارات التقنية للدقيق

تعبّرتجربة Zeleny عن الجودة الخبيزية للدقيق، ومن الجدول السابق نلاحظ إن حجم الرسابة هو 28 ml، وبالتالي فإن غلوتين الدقيق يعتبر جيد.

أما بالنسبة لرقم السقوط فهو يستخدم لقياس فعالية α-amylase في الحبوب والدقيق ونلاحظ هنا ارتفاع في قيمة رقم السقوط مما يدل على أن فعالية α- amylase منخفضة وهذه صفة مميزة لمعظم أنواع دقيق القمح السوري نتيجة الجفاف وانخفاض معدل هطول الأمطار.

3-1 الاختبارات الريولوجية Rheological Tests

- **الفارينوغراف Farinograph**

تطبق هذه الطريقة على دقيق القمح من أجل تحديد كمية الماء الممتص وسلوكية العجين تجاه استخدامه في الطرق العملية للحصول على مخطط الفارينوغراف ذو الارتفاع الثابت. يعتمد مبدأ عمله على:

1. تسجيل مقاومة العجين المتشكل من الدقيق والماء للعجن وكذلك زمن تكون العجين وثباتيته ومن ثم ضعف العجين ورخاوته.
2. يتم تحديد الثباتية العظمى للعجين عادةً من خلال قيمة الماء الممتص التي تتعلق بالدقيق، وكلما زادت ثباتيته وزمن التكوّن وقل ضعف العجين وارتفعت النسبة الممتصة من الماء دل ذلك على قوة الدقيق.

وبالنسبة للدقيق هذا فقد حصلنا من الفارينوغرام على النتائج التالية:

Date: 11/02/2008 02:06:22 pm.

Method: BRABENDER / ICC / BIPEA.

Operator: علاء و جانيت

Mixer: 300 g.

Speed: 63 1/min.

Consistency: 491 FU with water absorption: 60,5 %.

Water absorption: 60,3 % (corrected for 500 FU).

Water absorption: 63,8 % (corrected to 14,0%).

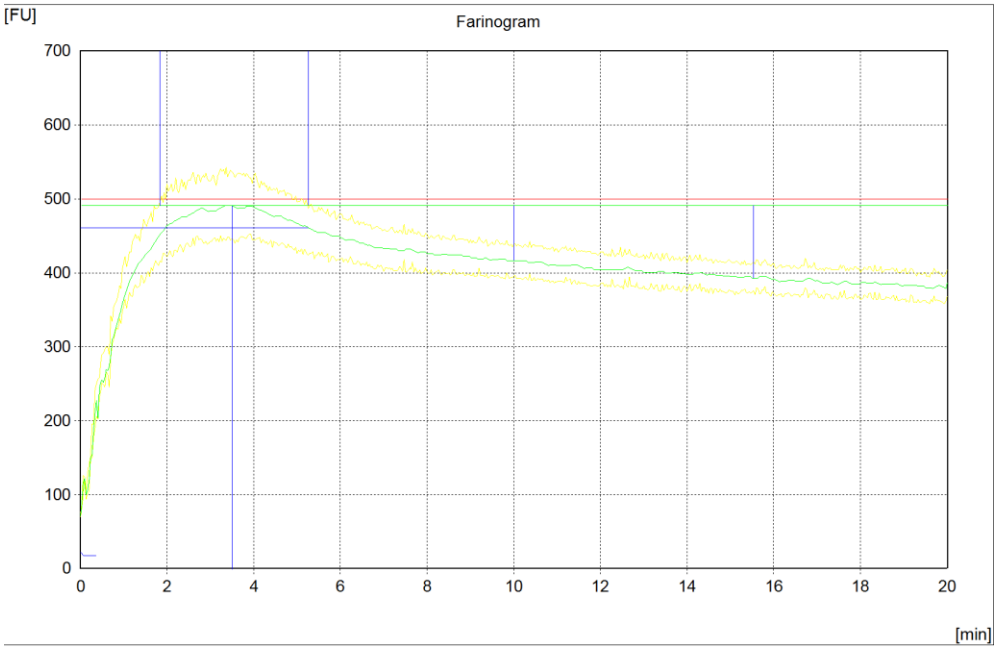
Development time: 3,5 min.

Stability: 3,4 min.

Degree of softening: 75 FU.

Degree of softening (ICC): 98 FU.

Farinograph quality number: 53.



الشكل (17): الفارينوغرام للدقيق

1. الثباتية (Stability): هي المسافة مقدرة بالدقائق ومقربة إلى أقرب نصف دقيقة بين النقطة التي تبدأ عندها قمة المنحني بالتقاطع مع خط 500BU والنقطة التي عندها تغادر قمة المنحني خط 500BU، وهي من المؤشـــرات الجيدة لتحديد نوعية الدقيق. ويتضح لنا أن قيمتها في الدقيق.(3.4 min)
2. الماء الممتص (Water absorption): هي كمية الماء المضاف إلى الدقيق (رطوبة 14%) للحصول على عجين ذي قوام (500 BU).

$$\text{الامتصاصية (\%)} = \frac{(300 - F + W)}{3}$$

حيث:

W- كمية الماء المضاف ml . F - كمية الدقيق gr.

يفضل أن تكون الكمية الممتصة من الماء مرتفعة إلى حدٍ ما، الأمر الذي يساعد على تشكيل عجينة أفضل قادرة على حجز غاز CO_2 المنطلق أثناء التخمر مما يعطي الرغيف شكلا جيدا ومرغوبا، مع التأكيد على عدم زيادة هذه النسبة فوق حد معين لأن ذلك يؤدي إلى صعوبة في تشكيل العجينة.

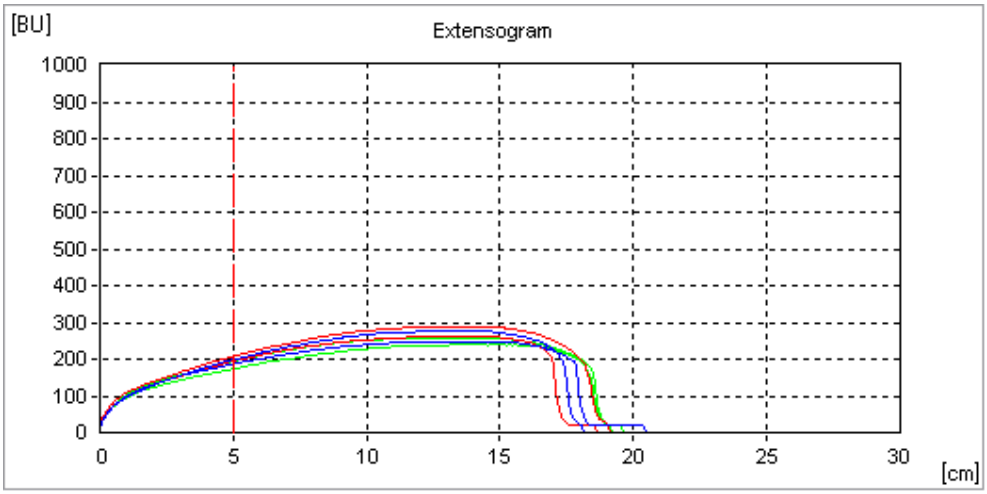
نلاحظ في هذا الدقيق (63.8 %) نسبة الماء الممتص.

3. زمن تكون العجين (Dough development time): يقاس هذا الوقت إلى أقرب نصـــف دقيقة عند بدء إضـــافة الماء إلى تلك النقطة الواقعة في مجال أعلى ثبات وعند بدء ظهور الضعف مباشرةً، وبالنسبة الى هذا الدقيق فان هذا المؤشر (3.5 min).
4. درجة الضـــعف (Degree of softening): يقاس بالفرق بوحدات البرابندر من خط 500BU على أعلى ثبات وحتى مركز المنحني بعد مرور 12min من القمة وكلما كان هذا المؤشر أقل يعتبر أفضل في تقييم نوعية الدقيق، ونلاحظ في هذا الدقيق (98 FU).

- **الإكستنسوغراف Extensograph**

إن نتائج تجربة الإكستنسوغراف للدقيق التمويني (الشاهد) والتي حصلنا عليها موضحة في الجدول (10) حيث أن:

1. ثابت مقاومة العجين للشد R_{max}: وهي أعلى نقطة في المخطط، وتعبر عن درجة مقاومة العجين للشد.
2. ثابت مقاومة العجين للشد R_5: وهو ارتفاع المخطط بعد 5min من بدء الشد ويقدر بواحدة البرابندر(BU) ويعبر أفقياً عن مقاومة العجين للشد.
3. الطاقة (القدرة):A وعبر عنها بالمساحة المرسومة تحت المنحني والمقدرة بالـ cm^2، وهي تدل على قدرة احتجاز الغاز من قبل العجين وعلى قدرته على التخمر وبالتالي إمكانية إعطائه حجماً كبيراً من الخبز.
4. قابلية العجين للمط أو المطاطية E: وهي طول قاعدة المنحني أو المخطط مقدرة بالـ cm ويقاس من بدء شد العجين حتى انقطاعه.
5. الرقم النسبي The Ratio Figure: وهو الرقم الناتج عن قسمة مقاومة العجينة للشد على مطاطية العجينة.



الشكل (18): الاكستنسوغرام للدقيق

$\frac{R}{E}$	Energy (cm^2)	R_{max} (BU)	R_5 (BU)	E (cm)	المؤشر / العينة	
1.3	68	251	186	194	**45´**	الشاهد
1.5	71	276	204	189	**90´**	
1.4	68	264	195	193	**135´**	

جدول (9): يوضح نتائج الإكستنسوغراف

رابعاً – تجربة الخبيز:

تصميم التجربة:

يمكن استخدام التجارب المصممة في الصناعة لدراسة العوامل المؤثرة على نوعية المنتجات، بهدف تحسين المردود، ضمان جودة الإنتاج، الإعداد لمنتجات جديدة، أو معايرة الأجهزة والمعدات.

غالباً ما تكون المعلومات المتاحة عن المشكلة المدروسة قليلة، لذلك يجب العمل على الاستفادة القصوى من المعطيات واستنتاج أكبر قدر منها في كل تجربة مجراة.

التجارب المصممة بشكل جيد توفر معلومات مهمة وتحد من التجارب الاعتباطية ذات الأهمية الأقل، بالإضافة إلى أنها تمنح درجة من الثقة بالنتائج.

خطوات البحث التجريبي:

- التجريب(*Experimentation*).
- النمذجة الرياضية(*Modeling*).
- التمثيل الأمثل (الاستقراء)(*Optimization*).

إن عملية تصميم التجارب تمر بأربع مراحل رئيسية:

- التخطيط(*Planning*).
- اختصار العوامل(*Screening*).
- تحقيق الحالة المثلى(*Optimization*).
- التأكد من صحة النتائج(*Verification*).

أولاً - التخطيط:

يساعد التخطيط الحذر المتأني على تجنب المشاكل التي يمكن أن تظهر خلال تنفيذ خطة التجارب الموضوعة. مثل: العامل البشري - توفر المعدات - الدعم المالي وأمور ميكانيكية أخرى قد تؤثر على إمكانية إكمال أو إتمام التجارب.

إن التحضيرات المطلوبة قبل البدء بإجراء التجارب تعتمد على نوعية وطبيعة المشكلة المطروحة، وفيما يلي نذكر بعض الخطوات التي ينصح إجراؤها عند عملية التخطيط:

- حدد المشكلة(*Definethe problem*):

إن تحديد وتوضيح بيانات المشكلة بشكل جيد يساعدنا على التأكد من دراسة العوامل الصحيحة المؤثرة بشكل فعلي، وبالتالي في هذه المرحلة نحدد السؤال الذي سوف نبحث له عن إجابة دقيقة.

- حدد الهدف(*Definetheobjective*):

الرؤية الواضـــحة للهدف تجعلنا متأكدين من أن التجارب ســـتجيب على الأســـئلة المطروحة بشكل عملي.

- رسم خطة مبدئية للتجارب تقدم معلومات مفيدة ذات معنى.

- يجب العمل على إعادة النظر في المعلومات الأساسية المرجعية ذات الصلة الوثيقة بالموضوع المدروس من خلال دراسة المبادئ النظرية والدراسات السابقة.

– التأكد من أدوات القياس والتحكم بالعملية

(*Make surethe process and measurement systems are in control*)

يجب أن تكون العملية ومعدات القياس تحت الســـيطرة للمحافظة على ثباتية شـــروط وظروف العمل.

ثانياً - الغربلة:

إن العوامل المؤثرة على سير العملية التصـنيعية متعددة ومختلفة. في هذه المرحلة تتم عملية غربلة أو اختصـــار عدد كبير من العوامل لاختيار متحولات محددة، تعتبر المؤثرات الرئيســية على العملية ويطلق عليها اســم مفاتيح مؤثرة على نوعية المنتج. هذا الاختصـــار يســاعدنا في التركيز على أهم العوامل واقتراح الاعدادات المثلى لهذه العوامل أو توقع الاستجابة لها.

إن عدد العوامل يحدد عدد التجارب التي يجب إنجازها وهنا يجب وضـــع الظروف الاقتصادية والفترة الزمنية المتاحة بعين الاعتبار.

ثالثاً - تحقيق الأمثلية:

بعد تحديد العوامل الأســـاســـية المؤثرة بدقة نحتاج الى تحديد القيم المثالية لهذه المتغيرات.

رابعاً - التأكد من صحة النتائج:

في هذه المرحلة يتم تنفيذ تجارب لاحقة إضافية عند أفضل النتائج التي تم الحصول عليها للوصـول للهدف المدروس، حيث يتم إجراء عدة مكررات للتجارب بهدف التأكد من وجود أعلى استجابة لهذه العوامل.

خطة التجارب العاملية الكاملة بمستويين (2^k) *:*

باستخدام هذا النوع من الخطط بإمكاننا الإجابة عن سؤالين:

- ما هي العوامل التي تؤثر على الظاهرة المدروسة؟
- هل هناك ارتباطات بين العوامل وما هو تأثيرها؟

تسـمح هذه الخطة بدراسـة عدد (K) من العوامل ولكل عامل مسـتويين وتحقق كل الارتباطات الممكنة بين العوامل ومستوياتها.

مصفوفات التجارب لهذه الخطط:

لدراسة أثر عامل (x) على الإجابة يجب تعيين مستويين.

- المستوى الأول يميز بـ (-1).
- المستوى الثاني يميز بـ $(+1)$.

هذه العملية تدعى العملية المرمزة.

فلدراســـة أثر عاملين(x_1 , x_2) ولكل عامل مســـتويين فعدد التجارب الواجب إجراؤها($2^2 = 4$)

	x_2	x_1
التجربة الأولى	-1	-1
التجربة الثانية	$+1$	-1
التجربة الثالثة	-1	$+1$
التجربة الرابعة	$+1$	$+1$

ولدراســة ثلاثة عوامل(x_1 , x_2 , x_3) عدد التجارب($2^3 = 8$) ولدراســة خمســة عوامل عدد التجارب($2^5 = 32$).

بعد تحديد العوامل المؤثرة وتحديد المســـتويات أو المجالات، نقوم بتنفيذ التجارب وفق أحد نموذجين ستاندر يزودنا بهما برنامج الـ*Minitab* الإحصائي.

- منهجية السطح التابعي.
- منهجية المزائج.

منهجية السطح التابعي Response surface design :

تستخدم هذه الطريقة عند دراسة العلاقة بين الاستجابة أو النتيجة وسلسلة العوامل التجريبية المدروسة، عندما يكون الهدف من الدراسة الوصول إلى طبيعة تأثير المتغيرات على النتيجة.

يمكن تلخيص مجالات استخدام هذه الخطة بالنقاط الثلاث التالية:

- تحديد الإعدادات المثلى للعوامل (تراكيز، كميات، وصفات ...) والتي تعطينا أفضل نتيجة.
- الوصول إلى ظروف تشغيل جديدة تحسن نوعية المنتج النهائي مقارنة مع شروط العمل التقليدية المتبعة.
- إيجاد علاقة رياضية توضح العلاقة بين المقادير الكمية للعوامل المدروسة والنتيجة.

منهجية المزائج Mixture design :

نلجأ إلى هذه الطريقة عندما يكون المنتج عبارة عن مزيج من عدة مكونات والمطلوب دراسة تأثير التناسب بين هذه المكونات على الصفات النوعية للمنتج النهائي.

أو بعبارة أخرى عند دراسة العوامل المؤثرة بشكل عام على منتج ما:

نقوم أولاً باتباع طريقة السطح التابعي لتحديد أفضل النسب والكميات الواجب إضافتها، نقوم في المرحلة الثانية باللجوء إلى طريقة المزائج لتحديد التأثيرات المتبادلة بين هذه المكونات ومحصلة نتيجة هذه التأثيرات على خصائص المنتج.

المحسنات المستخدمة في

اسم المحسن	حدود الاستخدام (ppm)
Novamyl 1500MG	35 – 75
Lipopan FBG	4 - 10
Pentopan Mono BG	20 – 120

بإدخال هذه النسب للبرنامج الاحصائي نحصل على نسب للمحسنات التي يجب إجراء التجارب عندها وهي مبينة في الجدول التالي:

	Novamyl 1500MG	Lipopan FBG	Pentopan Mono BG
1	35.0000	4.00	30.0
2	75.0000	4.0000	30.0
3	35.0000	10.0000	30.0
4	75.0000	10.0000	30.0
5	35.0000	4.0000	100.000
6	75.0000	4.0000	100.000
7	35.0000	10.0000	100.000
8	75.0000	10.0000	100.000
9	21.3641	7.0000	65.000
10	88.6359	7.0000	65.000
11	55.0000	1.9546	65.000
12	55.0000	12.0454	65.000
13	55.0000	7.0000	6.137
14	55.0000	7.0000	123.863
15	55.0000	7.0000	65.000
16	55.0000	7.0000	65.000
17	55.0000	7.0000	65.000
18	55.0000	7.0000	65.000
19	55.0000	7.0000	65.000
20	55.0000	7.0000	65.000

تم تقييم خصائص الصمون التالية:

1- إرتفاع الصمون والذي يعتبر دليل على حجم الصمون.

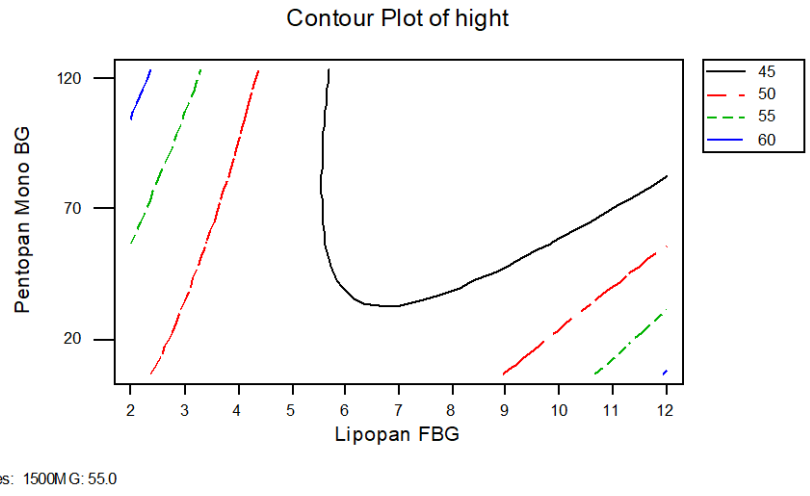
2- لون قشرة الصمون وذلك بقياس قيم L وa وb باستخدام برنامج فوتوشوب لصور الصمون المنتج.

نتائج التقييم لكل تجربة مبينة في الجدول التالي:

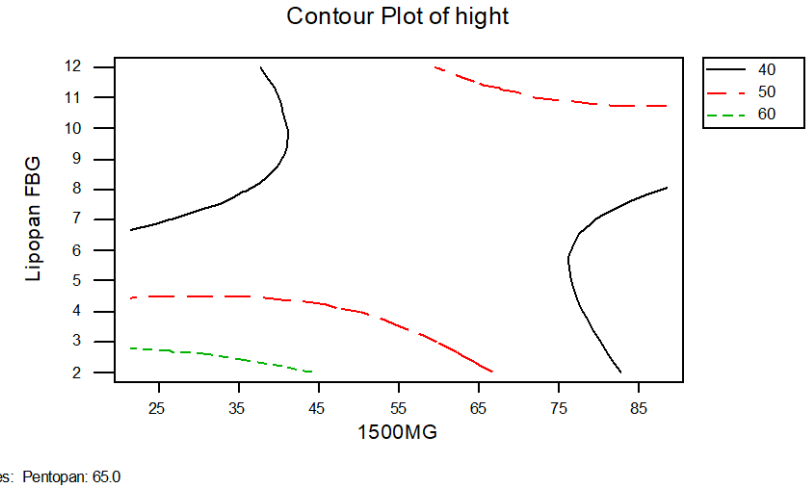
	إرتفاع الصمون (مم)	L	a	b
1	54	51	-5	37
2	34	51	-4	36
3	40	50	-1	42
4	48	51	-5	47
5	54	47	-2	47
6	38	50	-6	39
7	36	44	-2	39
8	32	44	4	40
9	34	44	1	36
10	50	50	3	48
11	58	60	2	30
12	54	62	0	27
13	50	62	2	32
14	46	52	3	34
15	44	60	2	30
16	42	54	5	32
17	44	60	2	30
18	42	54	5	32
19	44	60	2	30
20	42	54	5	32

تأثير المحسنات على ارتفاع الصمون:

يبين الشـــكل التالي تأثير كل من Pentopan وLipopan على ارتفاع الصـــمون، نلاحظ أنه يمكن الحصـــول على أرتفاع للصـــمون عند اســـتخدام تركيز ppm2 من Lipopan وتركيز 120 ppm من Pentopan. أي عنـد تركيز منخفض من Pentopan وتركيز مرتفع من Lipopan.

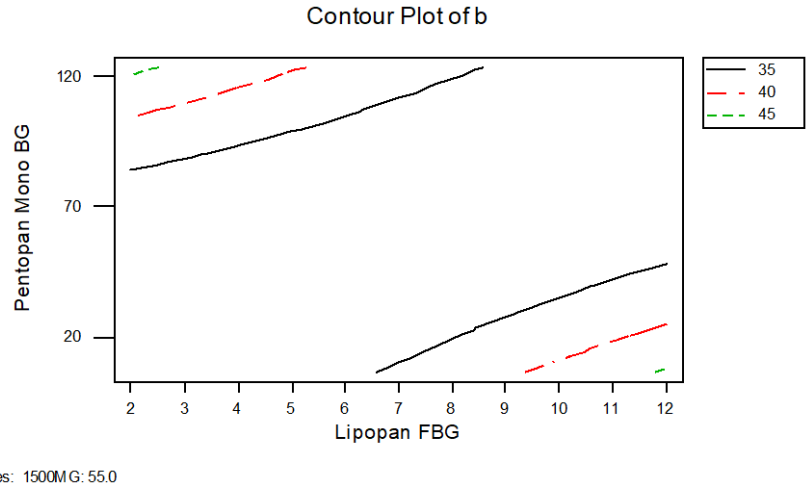


يبين الشـكل التالي تأثير كل Lipopan وNovamyl 1500MG على ارتفاع الصـمون، نلاحظ أنه يمكن الحصـول على أعلى ارتفاع للصـمون عند اسـتخدام تركيز من Lipopan ppm2 وتركيز من Novamyl 1500MG بحدود ppm25 .



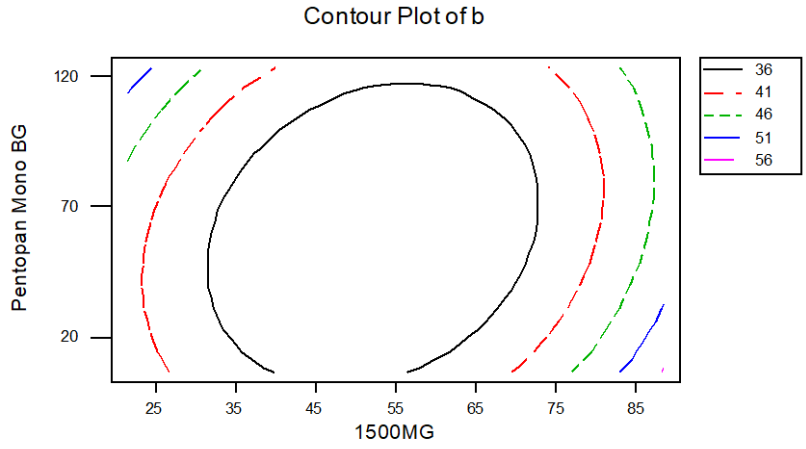
تأثير المحسنات على اللون (قيم b):

يبين الشـــكل التالي تأثير المحســـن Pentopan وLipopan على لون الصـــمون، نلاحظ أنـه يمكن الحصـــول على أفضـــل لون للصـــمون عند تركيز منخفض من Lipopan وتركيز مرتفع من Pentopan.



Hold values: 1500MG: 55.0

ويبين الشـكل التالي تأثير كل من Pentopan وNovamyl 1500MG على لون الصـمون، نلاحظ أنه يمكن الحصـول على أفضـل لون عند أعلى تركيز للبنتوزات وأقل تركيز للمحسـن Novamyl 1500MG.



Hold values: Lipopan: 7.0