الجمهورية العربية السورية
جامعة حمص
كلية الهندسة الكيميائية والبترولية
قسم الهندسة الغذائية

تحديد العوامل المؤثرة على خصائص العجين السائل

دراسة أعدت لنيل درجة الإجازة في الهندسة الغذائية

إشراف

الدكتور فرحان ألفين الدكتور محمد المصري

إعداد

أشرف الراشد رافع البشير كوثر الزعبي

الدفعة الخامسة عشرة العام الجامعي 2007 – 2008

مقدمة:

تتميز المعجنات بتنوعها وتعدد أشـــكالها وذلك حســـب مكونات الوصـــفة المستخدمة وطريقة التحضير وبالتالي نوعية العجينة الناتجة والتي تعتمد بشكل أساسي على نسبة الماء المضاف.

تشتهر منطقتنا العربية بعدة أنواع من المعجنات والحلويات ذات المواصفات الخاصة من حيث طريقة التصنيع والمكونات، ومنها الكنافة والقطائف وغيرها من المنتجات الأخرى التي تشـــترك جميعها بارتفاع نســـبة الماء الداخل في الوصـفة وبالتالي الحصـول على عجينة ذات نوعية خاصـة وتسـمى بالعجين السائل.

هذه النوعية من العجائن غير مدروسة بشكل كاف مع أنها واسعة الانتشار ومازال العمل يعتمد على الخبرة ولا يوجد أي أساس علمي لتفسير ما يمكن أن يظهر من مشـــاكل أو انحرافات واقتراح تصـــحيحها. لذلك ســـنحاول في هذه الدراســـة البدء بتحديد بعض العوامل المؤثرة على نوعية هذه العجينة من حيث نسبة الماء المضـاف باعتباره المكون الأكبر والمؤثر الأساسـي، بالإضـافة إلى دراســـة طريقة التحضـــير ونقصـــد هنا عملية الدق وهي معالجة خاصـــة بهذه العجائن فقط، وأخيرا دراســـة تأثير نوعية الغلوتين من خلال إضـــافة بعض المستحضرات الأنزيمية المعدلة.

نحب أن نشير أخيرا إلى أننا سندرس العجينة المكونة من الماء والدقيق فقط مع العلم أنه يمكن أن تدخل مكونات أخرى غير أســـاســـية وبنســـب قليلة مثل الســـمن والســـكر والملح والحليب وغيرها من المكونات المهم دراســـتها في مشاريع لاحقة.

القسم النظري

الفصل الأول
المواد الأولية المستخدمة في المعجنات

تمهيد:

في الواقع لا يوجد تعريف منهجي أو اصـــطلاحي لما يســـمى بالعجين، لكن يمكن أن نقول ببساطة أن العجين هو كتلة رطبة من المواد، على الأغلب تصنع من الطحين والماء بالإضافة إلى مكونات أخرى.

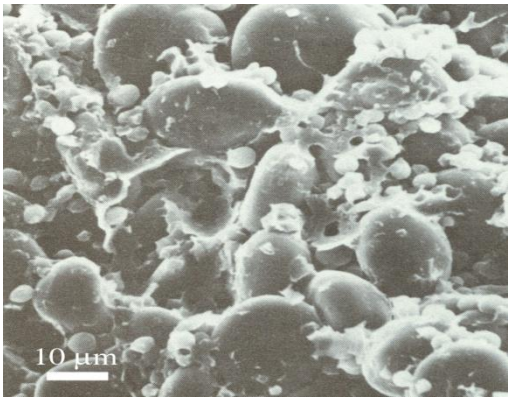
يمكن أن نصـنف العجائن التي نصـادفها في الصـناعة إلى ثلاث مجموعات رئيسية:

- العجائن التي يكون المســـبب الرئيس لتماســـكها وارتباط مكوناتها معاً هو التفاعل بين الجزء البروتيني للدقيق - وبشـــكل أكثر تحديداً الغلوتين - والماء مثل عجينة الخبز والمعكرونة ....
- العجائن التي تصل إلى قوامها النهائي بفضل دور الجزء النشوي من الدقيق، بعد أن يتعرض لعملية طبخ بسيطة، نصـادف هذه العجائن في صـناعة المقبلات *Snack Food*.
- الصـنف الثالث من العجائن يتميز بمحتوى عالي من الدسم وكميات قليلة من الماء، تكفي فقط لترطيب المواد الخام، هذا المحتوى الضـــئيل من الماء يمنع

الغلوتين من التطور وتشـكيل الشـبكة، هذه العجائن أشـبه ما تكون بالمعجون وتسمى الـ*Short* وتستخدم في صناعة بعض أنواع الفطائر والحلويات.

تعتبر العجائن من الصـنف الأول الأكثر شـيوعاً، فهي موضـع اهتمام ودراسـة من قبل الباحثين، حيث شـاع اسـتعمال مصـطلح تطور العجين *Development*، وهي كلمة تسـتعمل لوصـف التغيرات الفيزيائية التي يمكن ملاحظتها عند عجن العجين، حيث تمتص جزيئات الغلوتين الماء وتنتفخ ثم تنتظم ضمن شبكة فراغية، تجمع ضمنها مكونات العجينة، وتمنح العجين قوام خاص يجمع بين اللزوجة والمطاطية (*viscoelastic*)، وتسمح للعجين بقابلية التمدد أو الامتطاط لمسافة معينة (تختلف بتأثير عوامل متعددة) دون أن ينقطع.

الشكل(1) حبيبات النشاء ضمن الرحم الغلوتيني



في صناعة العجائن السائلة تلعب شبكة الغلوتين الدور الأساسي في تشكيل العجينة وخاصة عندما نريد تشكيل العجينة بشكل خيوط طويلة أسطوانية الشكل.

الدقيق:

يعد الدقيق المكون الأساسي في صناعة العجينة، والمسؤول عن قوة ومتانة الخيوط، وبشكل أكثر تحديداً إن مكونات الدقيق هي المؤثر الأساسي على الخواص الريولوجية للعجين وكذلك على نوعية المنتج النهائي.

يحتوي دقيق القمح على:

نشاء	$70 \sim 80\%$
بروتينات	$8 \sim 18\%$
ليبيدات	$1.5 \sim 2.5\%$
سكريات متعددة	$2 \sim 3\%$

جميع النسب محسوبة على أساس المادة الجافة

فيما يلي سوف نستعرض سريعاً أهم العوامل المؤثرة على مواصفات الدقيق.

النشاء:

تقسم حبيبات نشاء دقيق القمح إلى:

- النمط(A): حبيبات عدسية الشكل يتراوح قطرها$40 \sim 140\,\mu m$.
- النمط(B): حبيبات كروية ذات قطر $1 \sim 10\mu m$.

يشكل النشاء الجزء الأكبر من مكونات الدقيق، ويلعب دوراً هاماً في تحديد صفات الدقيق وسلوكه في العجين.

كما نعلم أن ارتفاع نسبة النشاء يقابلها انخفاض في نسبة البروتين، وهذا يعطي بدوره دقيق بمواصفات ضعيفة، ولا ينحصر تأثير النشاء على الصفات

الفيزيائية للعجين بكميته فحسب لكن بخصائصه أيضاً، وبالتحديد حجم حبيباته ودرجة تحطمها (تهتكها) عند الطحن.

فكلما كانت حبيبات النشاء أصغر حجماً أدى ذلك إلى زيادة السطح النوعي لها وبالتالي تصبح قدرتها على امتصاص الماء أكبر، وهذا يعني أن العجين المحضر من دقيق يحوي على نشاء ناعم الحبيبات وبكميات كبيرة سيكون شديد اللزوجة.

تؤثر كمية النشاء المتهتك أيضاً بشكل كبير على لزوجة العجين فهي تستطيع امتصاص وربط كميات من الماء، أكبر من الكميات التي تمتصها الحبيبات السليمة. النشاء السليم يمتص حوالي ثلث وزنه ماء، والنشاء المتهتك يمتص ضعف وزنه ماء.

لهذا يجب الأخذ بعين الاعتبار كمية وخواص النشاء أثناء دراسة العوامل المؤثرة على قوة الدقيق.

البروتينات:

تعد البروتينات من أهم مكونات الدقيق، لما لها من دور تغذوي هام، إضافةً إلى دورها البنيوي الأساسي في تشكيل العجين.

تم تصنيف بروتينات دقيق القمح من قبل العالم *Osberin* حسب انحلاليتها في المحاليل المختلفة إلى:

- الألبومين: ينحل في الماء، ويشكل تقريباً $(5 \sim 10\%)$ من البروتين الكلي.
- الغلوبولين: ينحل في المحاليل الملحية، ويشكل تقريباً $(5 \sim 10\%)$ من البروتين الكلي.

- الغلياادين: ينحل في محلول الكحول الإيتيلي مع الماء بتركيز (70%)، ويشكل تقريباً(50% ~ 40) من البروتين الكلي.
- الغلوتينين: ينحل بشـــكل جزئي في محاليل حمضـــية أو قلوية ممدة، ويشكل تقريباً(50% ~ 40) من البروتين الكلي.

تعتبر الألبومينـات والغلوبولينـات قليلـة الأهميـة من حيـث تـأثيرهـا على مواصـــفات العجين ونوعية المنتج النهائي، بينما تتميز بروتينات الغلياادين والغلوتينين بمقدرتها على تشـــكيل كتلة مترابطة مرنة ولدنة قابلة للامتطاط تسمى بالغلوتين، وهي أساس البنية الشبكية (الهيكل) للعجينة، ولهذا تعد كمية الغلوتين وخواصه الفيزيائية بشكل أساسي من أهم الدلائل التي تحدد قوة الدقيق. فمن الممكن أن تختلف مواصـــفات العجين أو الخبز أو الحلويات أو أي منتج آخر مصنع من دقيق أو أقماح ذات نسب بروتين متساوية، يعود هذا الاختلاف إلى التباين في المواصـــفات الفيزيائية (وليس الكيميائية) للغلوتين (اختلاف نوعي).

كما ذكرنا سابقاً يتألف الغلوتين من مجموعتين رئيسيتين من البروتينات:

- الغلوتينين: ذو وزن جزيئي مرتفع، يتميز بغناه بالحموض الأمينية المحتوية على مجموعات كبريتية، قادرة على تشكيل شبكة بوليميرية، فنحصل بالنتيجة على كتلة مطاطة تتمزق بالشد.
- الغلياادين: يتواجد عادة بشـــكل مونيميرات منخفضـــة الوزن الجزيئي، فقير بعنصر الكبريت، يتميز بقوام متسيل، لزج، دبق.

يجمع الغلوتين في صـــفاته المزايا البنيوية الميكانيكية للغلياادين والغلوتينين بالمتوسط.

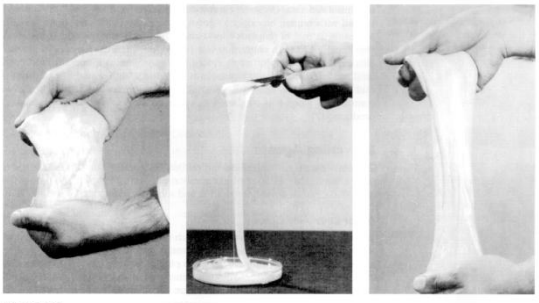


FIGURE 23.5
The different properties of glutenin (left), gliadin (center), and gluten (right). (Courtesy of Baker's Digest and R. J. Dimler)

الشكل(2) بدءاً من اليمين بالترتيب الغلوتينين، الغليادين، الغلوتين

أبعاد حبيبات الدقيق:

يلعب حجم حبيبات الدقيق دوراً هاماً في عملية صـــناعة المعجنات المختلفة، إذ تؤثر على ســـرعة العمليات البيوكيميائية والغروية التي تحدث في العجين، وبالتالي تؤثر على صفات العجين ونوعية المنتج النهائي ومردوده.

يؤدي ازدياد نعومة حبيبات الدقيق إلى:

- زيادة السطح النوعي لحبيبات الدقيق.
- ارتفاع كمية حبيبات النشاء المتهتك.
- زيادة كمية الماء الممتصة وسرعة الامتصاص.
- انخفاض زمن التشكيل والطاقة اللازمة للعجن.

يتحدد عادةً مجال حبيبات الدقيق بين $(1 \sim 150\,\mu m)$، تختلف أبعاد حبيبات الدقيق المطلوبة أو المفضلة حسب المنتج المصنع، بالنسبة للخبز وبشكل متوســـط يجب أن يكون تقريباً (50%) من الحبيبات ينحصـــر حجمها بين $(75 \sim 100\,\mu m)$، بالنسبة للبسكويت عادةً يفضل دقيق بحبيبات ناعمة حوالي

$(35 \sim 70\,\mu m)$، تأثير بعد الحبيبات على مواصفات العجينة السائلة غير مدروسة.

الماء:

تؤثر مواصفات الماء تأثيراً مباشراً على مواصفات العجينة السائلة الناتجة. فالماء يمتلك أعلى نسبة بين مكونات الوصفة، وكميته تزيد عن كمية الدقيق نفسه، ويساعد على تشكيل العجينة، ويعمل على إذابة الملح والمكونات الأخرى القابلة للذوبان كالسكر ونشرها بشكل متجانس ضمن العجينة.

من المحتم أن يكون الماء المستخدم في صناعة المعجنات صحي، خالٍ من الميكروبات الممرضة والمواد أو المركبات التي تسبب الطعم أو الرائحة غير المرغوبة.

تعتبر القساوة من أهم الخصائص المستعملة لوصف المياه، فهي مؤشر مباشر على احتواء الماء على بعض الأيونات المعدنية المنحلة، خاصة الكالسيوم والمغنيزيوم.

يمكن تصنيف المياه الطبيعية حسب قساوتها (تركيز شوارد الكالسيوم بـ *ppm*) إلى خمسة أصناف موضحة كما يلي:

الجدول(1-1) أصناف المياه حسب درجة قساوتها

نوع المياه	درجة القساوة
يسر جداً	$0 \sim 15\ ppm$
يسر	$15 \sim 50$
متوسط القساوة	$50 \sim 100$
قاسي	$100 \sim 200$
قاسي جداً	$200 <$

يستخدم في صناعة الخبز والمعجنات بشكل عام الماء العذب (متوسط القساوة) الذي يحتوي على كمية مناسبة من الأملاح المنحلة، التي تعتبر ضرورية لتقوية الغلوتين.

المواد الدسمة:

تؤثر إضافة الدسم تأثيراً مباشراً على خواص العجينة والمنتج النهائي، حيث تسهل مرور العجينة السائلة من الثقوب عند تشكيل الخيوط، وتمنح المنتج النهائي طعماً ونكهة مميزة.

يمكن تفسير ذلك بما يلي:

كما نعلم أن للمواد الدسمة في العجينة مصدران:

- المواد الدسمة الموجودة أصلاً في الدقيق (لا تتجاوز 3% وزناً).
- المواد الدسمة المضافة عند إعداد العجينة.

يرتبط جزء من المواد الدسمة بالطور الصلب للعجين، نتيجة التفاعلات الحاصلة بينها وبين الكربوهيدرات والبروتينات حيث تقوم بتشكيل معقدات مع النشاء ومركبات غروية مع البروتينات.

أما الكمية المتبقية فتبقى ضمن الطور السائل على هيئة ذرات ناعمة، فتسهل انزلاق مركبات العجين البنيوية والهيكلية فتزداد مقدرة الرقائق الغلوتينية في الهيكل الغلوتيني للعجين على المط دون التعرض للقطع، هذه النقطة على درجة بالغة من الأهمية في صناعة العجينة السائلة.

الحليب:

تستخدم مشتقات الألبان في صناعة المعجنات كعامل مدعم يقوم بما يلي:

- زيادة القيمة الغذائية، وذلك لاحتواء الحليب على نسبة عالية من الفيتامينات والأملاح المعدنية.
- وجود الحليب يؤدي إلى زيادة مقدرة الدقيق على امتصاص الماء مما يؤدي إلى زيادة المردود.
- تكرمل سكر اللاكتوز (سكر الحليب) يكسب المنتجات لون أحمر ذهبي مرغوب.

يمكن إضافة كمية من الحليب البقري السائل، أو يُستبدل بالحليب المجفف، بسبب سهولة تداوله وتخزينه، مع أنه من ناحية التأثير على نوعية العجينة السائلة كمنتج نهائي فالحليب الطازج يعطي نتائج أفضل (حسب الخبرة العملية).

الملح:

يضـــاف ملح الطعام بنســب ضــئيلة لا تتجاوز (1 ~ 1.5%)، لكنه رغم ذلك يؤثر تأثيراً فاعلاً في مواصفات المنتج النهائي.

يمكن تلخيص دور الملح بثلاث نقاط رئيسية:

- تحســين النكهة: فوجود الملح يكســب المنتج طعم مالئ محبب في الفم، ويقلل من حدة الحلاوة عند إضـــافة كميات زائدة من الســـكر، ويغطي على بعض الطعوم الغريبة التي يمكن أن تظهر أثناء التخزين.
- يزيد من قوة وصــلابة الغلوتين، وقد وضــعت عدة فرضــيات لتفسـير ذلك:
- إعاقة الأنزيمات المحللة للبروتين.
- التفاعل المباشر للملح مع الحموض الأمينية.

نظرية أخرى تربط تأثير الملح على الغلوتين بتركيز الملح، فالكميات القليلة من الملح - في الطور الســائل للعجين - تؤثر في اتجاه قابلية الغلوتين لربط الماء، مما يسبب إضعاف الغلوتين من حيث خواصه الفيزيائية، في حين أن التراكيز العالية من الملح تُحدث عملية نزع للماء من الغلوتين مما يؤدي إلى تحســـين مواصـــفاته. هذه التراكيز غير محددة بدقة إلى الآن، وهذا التفسير مازال فرضية تحتاج إلى تأكيد.

- إطالة مدة الصـــلاحية: حيث يمنع نمو الأحياء الدقيقة، ويؤخر الفســـاد الميكروبي، يُفسر ذلك بتخفيض الفعالية المائية ضمن المنتج.

نتيجة للآثار الممتازة التي يقدمها الملح، فلا يمكننا الاستغناء عنه في صناعة المعجنات وحتى الحلويات، لكن بكميات قليلة كما ذكرنا، ويجب الانتباه إلى

نقاوة الملح وخاصة خلوه من أملاح الكالسيوم والمغنيزيوم التي تؤدي إلى تزنخ المواد الدسمة المضافة.

السكر:

لدى السؤال عن دور السكر في الطريقة التقليدية لصناعة العجائن السائلة (كنافة، قطايف) ، قيل لنا: لا يُضاف السكر في الأحوال العادية إلى عجينة الكنافة أبداً لأنه يضر بمواصفاتها حيث ينتج معنا خيوط كنافة هشة قابلة للكسر، (دون الإشارة إلى كمية السكر المضافة)، و لعل ذلك يعود إلى ظاهرة التنافس بين السكر من جهة و النشاء والبروتين من جهة أخرى على ربط الماء الموجود في العجين، فكما نعلم يتميز السكر بشراهته لامتصاص الماء، لكنه في الوقت نفسه يفقد هذا الماء سريعاً خلال عملية الطبخ، فنحصل بالنتيجة على كنافة ناشفة ذات رطوبة منخفضة، سهلة الكسر و غير مقاومة لعملية الانثناء و اللف لذلك يجب الانتباه إلى زيادة كمية الماء المستعملة في وصفة العجينة السائلة عند إضافة كمية من السكر.

لكن نتيجة التجارب المنفذة تبين أن السكر من ناحية أخرى - إن كان ضمن حدود بسيطة جداً لا تتجاوز 1.5% - له منافع مهمة، فهو:

- يُكسب الحلويات لون مميز مرغوب نتيجة لتكرمل السكر بتأثير الحرارة، بالإضافة إلى تفاعلات ميلارد بين السكاكر المرجعة وبروتينات الدقيق.
- أيضاً فإن السكر يؤخر تجلتن النشاء وتخرب البروتينات فيعطي الحلويات طراوة مرغوبة.

- يعمل كمادة حافظة.

الفصل الثاني

استخدام المحسنات الكيميائية والأنزيمية في صناعة العجين السائل

حرصاً على رفع القيمة الغذائية للمعجنات وتحسين مواصفاتها الحسية فقد تم الاتجاه نحو إدخال عدة مضافات طبيعية أو صناعية.

تهدف عملية استخدام المضافات في المعجنات بشكل عام إلى تحقيق ما يلي:

1. تحسين المظهر العام والمحافظة على شكل المنتج بصورة أفضل.
2. رفع القيمة الغذائية.
3. تحسين الصفات الحسية.
4. اختصار بعض المراحل التصنيعية.
5. إطالة العمر التخزيني للمنتج مع المحافظة على جودته.

يدخل ضمن المواد المحسنة مواد طبيعية وأخرى كيميائية بالإضافة إلى المستحضرات الأنزيمية التي أثبتت جدواها كمواد محسنة. حيث من الممكن استخدامها بديلاً عن محسنات طبيعية مثل دقيق المالت وعن مواد كيميائية مثل المواد المؤكسدة والمبيضة بالإضافة إلى دورها في المحافظة على طازجية الخبز أثناء التخزين.

من الممكن أن تدخل المستحضرات الأنزيمية في خلطات مع مواد طبيعية وأخرى كيميائية بهدف الوصول إلى نتائج تحسينية أفضل.

أنواع المحسنات المستخدمة في صناعة العجين السائل:

من أهم الأسباب التي تدعو إلى استعمال المواد المحسنة لدقيق القمح هي اختلاف مواصفاته من وجبة إنتاج وأخرى، ومن موسم لآخر نتيجة لتغير نوعيته.

يتم التغلب على هذا الاختلاف في المعامل الصغيرة بالاعتماد على الخبرة العملية الطويلة، حيث تجري بعض التغيرات في كميات المواد المكونة للعجين وبطرق تنفيذ المراحل التكنولوجية حتى يتم الحصول في النهاية على منتج بمواصفات جيدة.

أما في الشركات الآلية الكبيرة فمن الضروري توافر مواد أولية متجانسة الخواص لذلك تضاف المواد المحسنة لتعديل خواص الدقيق كاختصار زمن العجن والتخمير وتحسين نوعية وصفات الغلوتين وتحسين الخواص الريولوجية للعجين.

تقسم المحسنات إلى الأنواع التالية:

- المحسنات الطبيعية:

مثل السكر، المواد الدسمة، الحليب المجفف المنزوع الدسم، دقيق المالت، دقيق الصويا.

- المحسنات الكيميائية:

المحسنات ذات التأثير المؤكسد، المحسنات ذات التأثير المرجع

- المستحضرات الأنزيمية.

سنستعرض بشيء من التفصيل المحسنات الكيميائية والأنزيمية لأهمية دورها وأثرها المباشر على مواصفات العجينة السائلة.

المحسنات الكيميائية:

المحسنات ذات التأثير المؤكسد:

تقوم المواد المؤكسدة على تحويل الروابط من النوع (SH-) في البروتينات إلى روابط من النوع (-S-S-) حيث نحصل على شبكة غلوتين أكثر تماسكاً وتهدف هذه العملية إلى تقوية الغلوتين وبالتالي إلى زيادة مقاومة العجين للشد والتقليل من المطاطية الزائدة.

وتقوم أيضاً بأكسدة المركبات الملونة الموجودة في الدقيق، مما يؤدي يزيده بياضا. تقسم المواد المؤكسدة المضافة إلى ثلاث مجموعات:

1. محسنات مبيضة للدقيق، مثل: أكاسيد الآزوت وفوق أكاسيد البنزويل.
2. محسنات ذات تأثير مقوي، وتشمل على برومات ويودات البوتاسيوم وحمض الأسكوربيك.
3. محسنات ذات تأثير مقوي ومبيض، وتشمل الأوكسجين وفوق أكسيد الأسيتون وفوق أكسيد الكلور.

تتم عملية إنضاج الدقيق عن طريق الأكسدة، وهذه الأكسدة إما أن تكون طبيعية عن طريق التحريك والخلط وبالتالي إدخال الهواء، أو عن طريق إضافة بعض المواد المؤكسدة.

خلال عملية الإنضاج التي تتم تحت تأثير المواد المؤكسدة، يتم تحويل روابط السلفوهيدريل (SH-) في البروتينات إلى النوع ثنائي السلفيد (S-S) وجعل

شبكة البروتينات ذات روابط وأكثر تماسكاً وبالتالي زيادة مقاومة العجين للشد وتقليل المطاطية الزائدة.

وتتم عملية الأكسدة وفق المعادلة التالية:

$$2SH + 1/2\ O_2 \longrightarrow -S-S- + H_2O$$

يمكن إيجاز التغيرات التي تحدث خلال عملية النضج باستخدام المواد المؤكسدة بما يلي:

1. تقوية بنية البروتين.
2. زيادة قابلية تشكل العجين.
3. زيادة في حجم المنتج وتنظيم المسامات وكذلك بنية المنتج (عند تصنيع خبز الصمون).

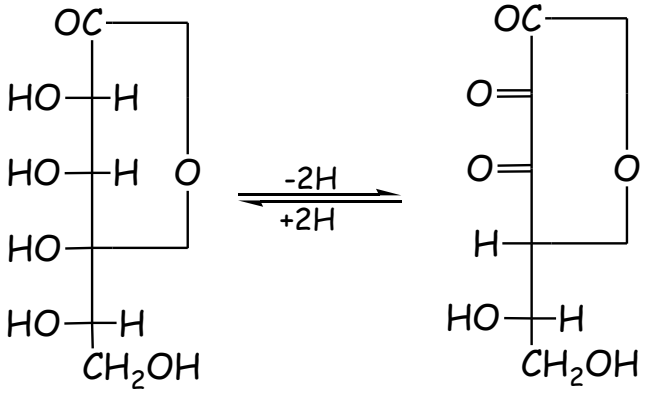
أهم المواد المؤكسدة المستخدمة وعملها:

الكلور (بشكل غاز): يستخدم في دقيق القمح من أجل تبييضه، لكنه لا يستخدم بكثرة في صناعة الخبز الأبيض لأنه يؤثر سلباً على التخمر ويطري الغلوتين عادةً، وينصح به في تبييض دقيق البيتي فور.

آزو ديكاربون أميد: يعتبر من المؤكسدات السريعة حيث يعمل على تحويل مجموعات السلفوهيدريل إلى دي سلفيد وبالتالي يعمل على زيادة مقاومة العجين للشد والمطاطية، ليس له تأثير مبيض. يضاف إلى الدقيق على شكل مسحوق بحيث لا تزيد نسبة عن 45 ppm.

حمض الأسكوربيك: رغم أن هذا الحمض يعتبر مادة مرجعة إلا أن له أثر مؤكسد في وسط العجن، حيث أنه عند إضافة حمض الأسكوربيك إلى الدقيق يتأكسد مباشرة بالأكسجين الجوي بواسطة الأوكسيداز متحولاً إلى حمض

الأسـكوربيك منزوع الهيدروجين (Dehydro L-ascorbic acid)، والذي يعتبر ذو تأثير مؤكسد.



L-ascorbic acid

Dehydro L-ascorbic acid

يستخدم حمض الأسكوربيك منزوع الهيدروجين بشكل واسع في ألمانيا وفرنسا وتركيا ويعتبر تأثيره المؤكسـد في الوسـط العجيني متوسـط السـرعة مقارنة بالبرومات وبطيئاً مقارنة باليودات، ويعتبر ذو مزايا هامة مقارنة بالمؤكسدات الأخرى ولا يوجد هناك أي محظور لاستخدامه بشكل زائد عن الحد.

جدول (1-2) يبين المشاكل الناتجة عن زيادة أو قلة المواد المؤكسدة

	زيادة الأكسدة	**قلة الأكسدة**
الأخطاء المرئية في العجين	قوي (شديد)	ضعيف (رخو)
	مقاوم لعملية الشد (قاسي)	مطاطية عالية (طري)
	جاف	لزج
	صعوبة التشكيل وقابلية عالية للتقطع	القابلية للعمل والتشكيل ضعيفة

جدول (2-2) يبين المؤكسدات المستخدمة وسرعة تأثيرها إضافة للكمية المستخدمة وشكل التأثير

شكل المؤكسد	سرعة التأثير	المقدار التقريبي المستخدم (ppm)	الحد الأعظمي المسموح به (ppm)	شكل التأثير	
				إنضاج	تبيض
برومات بوتاسيوم	بطيء	10-75	75	+	-
يودات بوتاسيوم	سريع	3-20	75	+	-
برومات كالسيوم	بطيء	10 -75	75	+	-
يودات كالسيوم	سريع	3-20	75	+	-
كالسيوم بيروكسيد	سريع	10 -50	75	+	+
أزوديكربون أميد	سريع	5-30	75	+	-
أسكوربيك أسيد	وسط	10 -200	200	+	-
أوكسجين	-	-	-	+	+
كلور دي أوكسيد	سريع	30	-	+	+
أسيتون بيروكسيد	بطيء	20-40	-	+	+
بنزويل بيروكسيد	بطيء	-	-	-	+

المحسنات ذات التأثير المرجع:

تتميز هذه المركبات بقدرتها على إضعاف البنية القوية لشبكة الغلوتين في العجين مما يؤدي إلى تحسين الخواص البنيوية الميكانيكية للعجين السائل، وبالتالي نوعية المنتج النهائي، لذلك ينصح باستخدام هذه المواد عند إنتاج الحلويات المصنعة من دقيق القمح القاسي.

من المواد المرجعة المستخدمة نذكر: منشطات البروتليز مثل السيستئين، الغلوتاتيون في الصيغة المرجعة، وقد تستعمل أيضاً المواد الهيبوسلفيدية مثل هيبوسلفيت الصوديوم $Na_2S_2O_3$.

المحسنات الإنزيمية:

يساعد استخدام المستحضرات الأنزيمية في صناعة المعجنات على تنشيط العمليات البيوكيميائية في العجين ما يؤدي إلى تسريع العمليات التكنولوجية، وخاصةً مرحلة تحضير العجين، وبالتالي تحسين نوعية المنتجات.

وقد حلت المستحضرات الأنزيمية مكان المواد المحسنة الكيميائية والطبيعية، فمثلاً هناك الاميلاز الفطري والبكتيري قام بمهام إنزيمات المالت والغلوكو أوكسيداز حل مكان المواد الكيميائية المؤكسدة في تقوية الغلوتين والبروتيئاز حل مكان المواد الكيميائية المرجعة وظهر الليباز الذي احتل مكان المواد المنشطة سطحياً.

وهناك الكثير من المستحضرات الأنزيمية 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 لجنة

(JECFA) المشـــتركة لمنظمة الصـــحة العالمية (WHO) ومنظمة الأغذية والزراعة العالمية(FAO) .

تهدف عملية اسـتخدام المسـتحضـرات الأنزيمية في صـناعة الخبز والمعجنات إلى تحقيق ما يلي:

1. تصحيح مواصفات الدقيق.
2. تحسين الصفات الريولوجية للعجين.
3. تحسين الصفات الخبيزية (بهدف زيادة حجم الخبز مثلا ونعومته وطراوته وتأخير فترة البيات بشكل عام عند تصنيع الخبز).

تتكون المسـتحضـرات الأنزيمية المسـتخدمة في صـناعة الخبز والمعجنات **بشكل عام** من الأنزيمات التالية:

الاميلاز الفطري Fungal α-amylase:

يقوم الاميلاز بشـكل عام بتفكيك النشـاء إلى مركبات مختلفة الوزن الجزئي من الديكســترينات والمالتوز والغلوكوز. أما الاميلاز الفطري يقوم بتفكيك الروابط الغلوكوزيدية في النشـــاء في الموقع α،(1-4) منتجاً ســـكاكر قابلة للتخمر (مالتوز، غلوكوز)، درجة حرارته المثالية °C (50-60)، أما تأثيراته:

1. زيادة حجم الرغيف عند تصنيع الخبز.
2. تحسين بنية اللبابة ونسيجها ولونها.
3. تحسين لون قشرة الخبز معطياً اللون المرغوب.

الأميلاز البكتيري Bacterial α-amylase :

يقوم الاميلاز البكتيري بتفكيك الروابط الغلوكوزيدية للنشـــاء في الموقع α (4-1) منتجاً ديكسترينات مختلفة الوزن الجزيئي بالإضافة لقليل من الغلوكوز والمالتوز، يعمل الأميلاز البكتيري في مجال حراري مختلف حيث لا يتمتع بأي فعالية أثناء عملية التخمير ولكن فعاليته القصـــوى تكون مع بداية عملية الشواء، حيث تبلغ درجة حرارته المثلى 65-75) °C).

كسيلاناز (بينتوزناز وهيماسيلولاز):

Xylanase (Pentosanase & Hemicellulase)

يقوم الكسيلاناز بتفكيك البنتوزانات في الدقيق إلى مركبات صغيرة ومنحلة، حيث يشكل الهيما سيللوز جزء من ألياف الدقيق الذي يقوم بامتصاص الماء عند انحلاله حيث يقوم الهيما سيللوز بتشكيل شبكة ترتبط إلى شبكة الغلوتين ومع ارتفاع نسبته في الدقيق تضعف شبكة الغلوتين لذلك يعتبر تأثيره مهم جدا.
ومن مهام الكسيلاناز:

1. يقوم بتفكيك جزيء الهيما سيللوز في الدقيق مما يؤدي إلى زيادة امتصاص الماء وهذا ينعكس إيجابياً على الطازجية وزيادة المردود.
2. يقوي من بنية الغلوتين مما يزيد من تحمل العجين للعجن.
3. إن نشاطه مكمل لنشاط الأميلاز الفطري، فالأميلاز الفطري يقوم بإنتاج السكاكر القابلة للتخمر لإنتاج الغاز أثناء التخمر أما xylanase يساعد على حفظ الغاز داخل الشبكة حيث يحسن حجم الخبز (في صناعة الصمون).

الليباز الفطري Fungal Lipase:

يقوم بتفكيك الروابط الإســـترية في ثلاثي الغليســـيريد في الموقع (1.3)، أما درجة الحرارة المثلى C° (30-40).

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 لبابة الصمون ونسيجها ولونها.
5. له تأثير متوافق مع الكسيلاناز.

غلوكو أوكسيداز: Gluco-Oxidase

يتمتع بتأثير إيجابي على الشـــبكة الغلوتينية في العجين حيث يقوم بأكســـدة المجموعات الســـلفوهيدريلية (-SH) إلى ثنائية الســـولفيد (-S-S-) مؤدياً إلى تقوية الغلوتين وزيادة مرونته ومقاومة أكبر للمعاملة الميكانيكية. يعتبر فعّال في ظروف العجين وغير فعّال في ظروف الخبيز، حيث يحفز أكسدة الغلوكوز إلى حمض الغلوكونيك وإنتاج الأكســـجين الوليد الذي يقوم بأكســـدة المجموعات (-SH).

يتمتع بتأثير متوافق مع xylanase والغلوكوأميلاز Glucoamylase.

البروتيئاز:Protease

يقوم بتحطيم شـبكة الغلوتين في العجين، يسـتخدم لإنتاج البسـكويت وخبز التوست، ولا يستخدم في الدقيق المعد لصناعة الخبز إلا في الحالات التي يكون الغلوتين فيه قوي جداً، لأن إضافة مواد مرجعة مثل تيوسلفيت الصوديوم ذات تأثير جانبي على فيتامين B_1 لذلك منع استخدامها.

كما يمكن تصنيف الأنزيمات المستخدمة في الخبز والمعجنات **وظيفياً** على الشكل التالي:

- **تصحيح الدقيق** Flour Correction

تشمل α- أميلاز الفطري لزيادة القدرة الغازية للدقيق.

- **تكييف العجين** Dough Conditioning

تشمل 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.

- **المحافظة على الطازجية** Anti-Staling

تشـمل هذه المجموعة على الأميلاز البكتيري المولد للمالتوز بالإضـافة إلى مزيجه مع الليباز بهدف إطالة العمر التخزيني مع المحافظة على النوعية.

- **تحسين القشرة** 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 اللون نتيجة تفاعلات الكرملة وميلارد.

- **تقوية الغلوتين** Gluten Strengthening

تشـمل هذه الفئة على الغلوكو أوكسـيداز Glucose Oxidase وهو أنزيم فطري يقوم بتقوية الغلوتين بهدف زيادة ثباتية العجين أثناء التشـكيل الميكانيكي وزيادة امتصاص الماء.

- **إضعاف الغلوتين** Gluten Weakling

تشـمل هذه الفئـة على البروتيئـاز الـذي يقوم بتفكيك الروابط الأمينيـة في الغلوتين من أجل إضـعافه، حيث يسـتخدم في الدقيق القوي وفي صـناعة الكعك والتوست والحلويات.

الفصل الثالث
مبادئ عامة في الريولوجية

الريولوجية هي العلم الذي يدرس ويتعامل مع تشــوه المواد أو تغير شــكلها، ضمن مجال زمني محدد تحت تأثير الإجهاد.

يمكن تقسيم المواد - بالاعتماد على العلاقة بين القوة المطبقة وزمن التعرض لهذه القوة ونمط الاستجابة - إلى ثلاث مجموعات رئيسية:

- المواد المرنة ($Elastic$) مثل النابض الفولاذي.
- المواد اللزجة ($Viscous$) مثل الزيت والماء.
- المواد اللدنة ($Plastic$) مثل عجينة الخبز.

تعتبر المواد اللدنة أكثر هذه المواد تعقيداً من حيث ردة فعلها تجاه الشـــد أو الإجهاد. فهي تجمع بين خصـــائص كل من المواد المرنة واللزجة، وإن تغلب إحدى الصفتين على الثانية يعتمد على فترة التعرض للقوة المؤثرة.

الحركات الصفحية للقص:

عندما تخضــع مادة لمجموعة من القوى فإنها تتشــوه وتتوقف حركات النقاط المختلفة للمادة على شدة وتوزع القوة المطبقة.

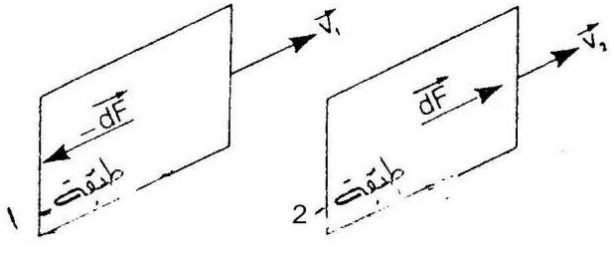
تنشأ من أجل توزعات معينة لهذه القوى حركة نطلق عليها اسم حركة صفحية قصية، وهي عبارة عن حركة يتم خلالها تصور المادة كبنية صفحية في طبقات

متقاربة ذات سماكة متناهية في الصغر، وتشوه المادة عبارة عن انزلاق نسبي للطبقات المختلفة فيما بينها دون أن يكون هناك انتقال مادة من طبقة لأخرى.
إن الحركة القصية هي حركة منتظمة بشكل دقيق حيث تنزلق الطبقات دون اختلاط المادة أو تغير في حجمها. ويتوقف شكل الطبقات على الأبعاد الهندسية للمسألة وبالتالي على الشروط التجريبية.

إجهادات القص:

أثناء أي حركة صفحية قصية تتحرك الطبقات بحركة نسبية، فإذا كان لدينا طبقتان متتاليتان الأولى بتماس مع الأخرى وتبدل وضعهما نسبيا الواحدة بالنسبة للأخرى ينتج عن هذا التبدل ظهور قوى الاحتكاك التي تؤثر بشكل مماس على سطح الطبقتين ويطلق على هذه القوى المماسية قوى القص.
لنفرض عنصرين من السطح متناهيين في الصغر يبدوان وكأنهما طبقتان متتابعتان (1) و (2) تتحركان بسرعتين متوازيتين $\vec{V}_1, \vec{V}_2$ كما في الشكل (1-3)

الشكل (1-3) تمثيل القوى المماسية بين طبقتين من طبقات السائل



إذا افترضنا أن $\left|\vec{V}_1\right| > \left|\vec{V}_2\right|$ فمن الواضح بأن الطبقة الأولى تؤثر على الطبقة الثانية بقوة قصية موازية للحركة وتعمل على تسريع الطبقة (2) وبالعكس فإن الطبقة (2) تؤثر على الطبقة (1) بقوة قصية dF وتعمل على إبطائها.

عند نسب قوى القص إلى واحدة السطح التي تؤثر عليه نعرِّف ما يطلق عليه إجهاد القص T

حيث أن: $\mathrm{T} = \frac{dF}{\mathrm{ds}}$

-dF تمثل مسقط $\mathrm{d}\vec{F}$ على محور مواز للحركة.

T قوة منسوبة لواحدة السطح ويعبر عنها بالباسكال أو N/m^2 في الجملة الدولية.

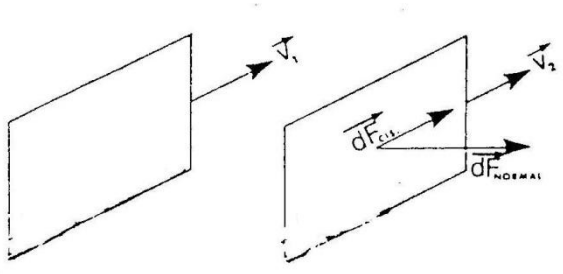
من الواضح أن إجهاد القص هو تابع معرّف في كل نقطة من نقاط المادة ويتغير بشكل عام من طبقة إلى أخرى وأغلب الأحيان، بسبب التناظر يبقى T ثابتا في جميع نقاط الطبقة الواحدة.

إن إجهاد القص T هو المقدار الحركي الأساسي في المعادلة الريولوجية.

تؤثر الطبقات على بعضها أيضا بإجهادات ناظمية كما هو موضح في الشكل (3-2).

في معظم الأحيان تكون هذه القوى هي قوى الضغط التي نصادفها بشكل اعتيادي في السوائل.

الشكل (2-3) القوى الناظمية المتبادلة بين الطبقات



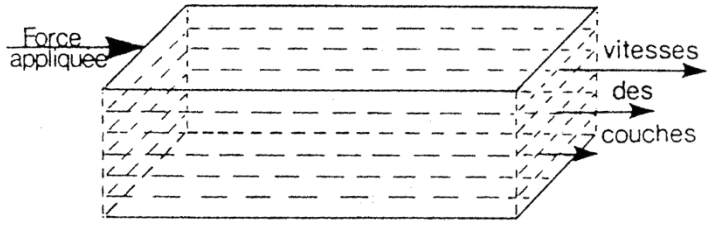
أمثلة على الحركات الصفحية القصية:

إن الحركات القصـــية وكذلك إجهادات القص التي ســـبق تعريفها لا يمكن الإحاطة بها إلا بمساعدة الأجهزة الريولوجية المستخدمة لدراسة خواص المواد المختلفة.

ســنعرض بشــكل مختصــر مبدأ عمل مجموعة كبيرة من الأجهزة الريولوجية التي تستخدم نموذج "covehe" في الجريان.

في هذا النوع من الأجهزة الريولوجية، تحتجز المادة بين ســـطحين صـــلبين أحدهما متحرك والآخر ثابت كما هو واضح على الشكل (3-3).

الشكل (3-3) مبدأ نموذج coveheلقياس الريولوجية من اليسار القوة المطبقة ومن اليمين تسارع الطبقات



الشكل (I-3)

نفترض أن طبقة المادة الملامسة لسطح صلب تتحرك بنفس سرعته (الطبقة الحدية) وبالتالي يمكن أن نشاهد طبقتين حديتين، الأولى ملامسة للسطح الصلب المتحرك والأخرى ساكنة، يتشكل بين الطبقتين عدد لا متناه من الطبقات تتحرك بسرعات مختلفة وتتغير سرعتها ضمن مجال سرعتي الطبقتين الحديتين، تشير إلى أنه يتولد عن تلامس الطبقات المتجاورة إجهادات قصية.

التشوه وسرعة القص:

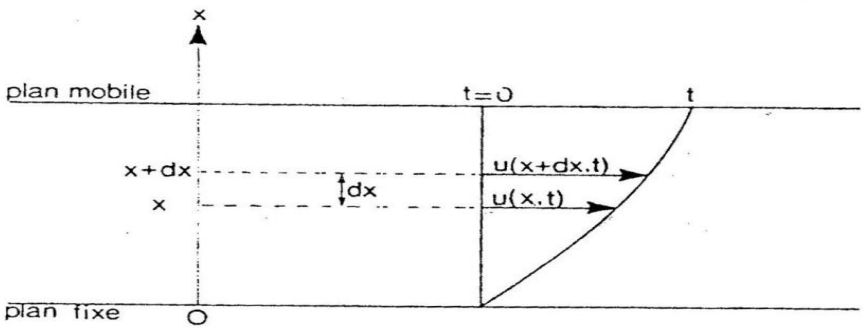
بشكل عام، نميز في الميكانيك بين الأبعاد الفيزيائية التالية:

- أبعاد فيزيائية تحركية: قوة، مزدوجة القوى .... الخ التي تولد الحركة.
- أبعاد فيزيائية حركية: سرعة، تسارع .... الخ التي تصف الحركة هندسيا.

آ- تشوه القص:

لتعريف تشوه القص من المفضل الرجوع إلى الحالة الخاصة للحركات الصفحية القصية المستوية المتناظرة المشروحة، حيث تتحرك طبقات المادة بين مستويين متوازيين أحدهما متحرك والآخر ثابت.

الشكل (4-3) تشوه القص



الشكل (4-I)

لنأخذ جزيئات المادة التي توجد ضمن أي مقطع مستوي معين في وقت ما t= 0 بعد زمن يساوي t كل جزيء من المادة سيقطع المسافة u (t،x)

حيث: x المسافة الفاصلة بين هذا الجزيء والمستوي الثابت، تسمح قيمة x بتحديد موقع الطبقات المستوية المختلفة للمادة بالنسبة للمستوي الثابت.

نعرّف تشوه القص في حالة التناظر المستوي بالعلاقة:

$$\sum(x,t)=\frac{du(x,t)}{dx}$$

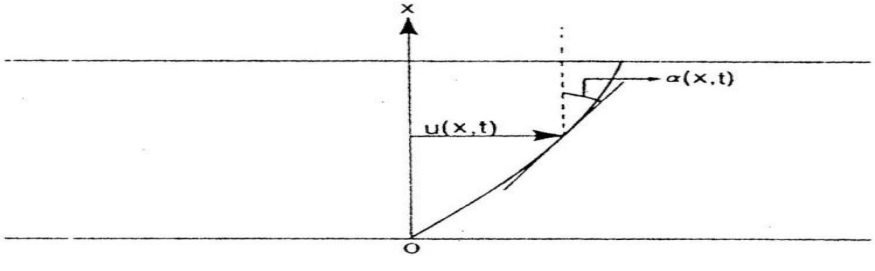
نلاحظ أن هذا البعد لا يتوقف على الانتقال u(t،x) لكن يتوقف على تغير هذا الانتقال عندما ننتقل من طبقة إلى طبقة مجاورة.

إن هذا التغير هو الذي يميز حركة القص حيث تكتسب الطبقات انتقالات نسبية فيما بينها وهكذا يمكن تعريف تشوه $\sum(x,t)$ على أنه توزع هندسي بسيط.

حيث أن: $\sum(x,t)=tg\alpha(x,t)$

كما أن $\alpha(x,t)$ تمثل الزاوية بين المماس في x للمنحني المتشكل من نهايات أشعة الانتقال $u(x,t)$ ومحور السينات x كما هو موضح في الشكل (5-3).

الشكل (5- 3) تعريف التشوه كتوزع هندسي



الشكل (I-5)

ب- سرعة القص:

بالتعريف تكون سرعة القص هي مشتق تشوه القص γ بالنسبة للزمن وهي عبارة عن سرعة التشوه:

$$\dot{\gamma} = \frac{d\gamma}{dt}$$

إن واحدة $\dot{\gamma}$ هي مقلوب واحدة الزمن.

إذا عدنا لحالة التناظر المستوي التي تعرضنا لها في الفقرة السابقة يصبح لدينا:

$$\dot{\gamma} = \frac{d}{dt} \cdot \frac{du}{dx} = \frac{d}{dx} \cdot \frac{du}{dt}$$

وبما أن:

$\frac{du(x,t)}{dt}$ تمثل السرعة u (t،x) للطبقة x في اللحظة t يمكن أن نكتب أيضا في حالة التناظر المستوي:

$$\dot{\gamma}(x,t) = \frac{du(x,t)}{dx}$$

ونشـــير إلى أن ســـرعة القص يمكن أن يرمز لها بالحرف D وتدعى تدارج السرعة.

معادلة الحالة الريولوجية والمخططات الريولوجية:

أ- معادلة الحالة الريولوجية:

تخضع جميع الجمل الميكانيكية لمعادلة أساسية تربط بين المقادير الحركية المسؤولة عن الحركة وبين المقادير التحريكية التي تصف هذه الحركة ونعطي مثالاً لذلك:

القانون الأساسي في حركة نقطة مادية $\vec{F} = \gamma\, \vec{m}$ حيث يربط بين المقادير السابقة وكذلك الأمر بالنسبة لعلم سلوك الموائع توجد علاقة بين تشوه القص وإجهاد القص تتوقف العلاقة على خواص وطبيعة المادة.

وتكتب العلاقة على الشكل:

$$\dot{\gamma} = \mathrm{f}(\tau)$$

بمعرفة المعادلة الريولوجية لمادة يتم تحديد جميع الخواص الريولوجية لها، ولهذا فإن الهدف من الدراسة الريولوجية لا تتوقف فقط على طبيعة وخواص المادة وإنما تتوقف أيضا على درجة الحرارة والضغط الخارجي وبالتالي:

$$\dot{\gamma} = \mathrm{f}(\tau, P, T)$$

ب- المخططات الريولوجية:

يطلق على المنحنيات التي تمثل معادلة الحالة الريولوجية اسم المخططات الريولوجية وتستخدم بشكل واسع الانتشار.

- مخططات γ, t والتي تمثل تغيرات الحالة الريولوجية خلال الزمن.

- مخططات $\dot{\gamma}, t$ عند ثبات الضغط ودرجة حرارة المحيط الخارجي.

اللزوجة:

معامل اللزوجة هو عبارة عن مقدار فيزيائي يلعب دوراً أساسياً في سلوك الموائع وأحياناً تكفي معرفة تحديد السلوك الريولوجي للمادة بشكل دقيق ويوجد عدة معاملات للزوجة.

- **اللزوجة الحركية:**

وتعرف بالعلاقة التالية:

$$\mu = \frac{T}{\dot{\gamma}}$$

وتسمى أيضاً اللزوجة الظاهرية وواحدتها هي البواز في الجملة CGS وباسكال. ثانية في الجملة الدولية.

1 Pa.sec = 10 Poise

تتوقف اللزوجة μ على درجة الحرارة وضغط الوسط الخارجي ولكن بصورة عامة على إجهاد القص τ أو على سرعة القص $\dot{\gamma}$.

$$\mu = F[T, P, \tau] \quad \text{أو} \quad \mu = G\left[T, P, \dot{\gamma}\right]$$

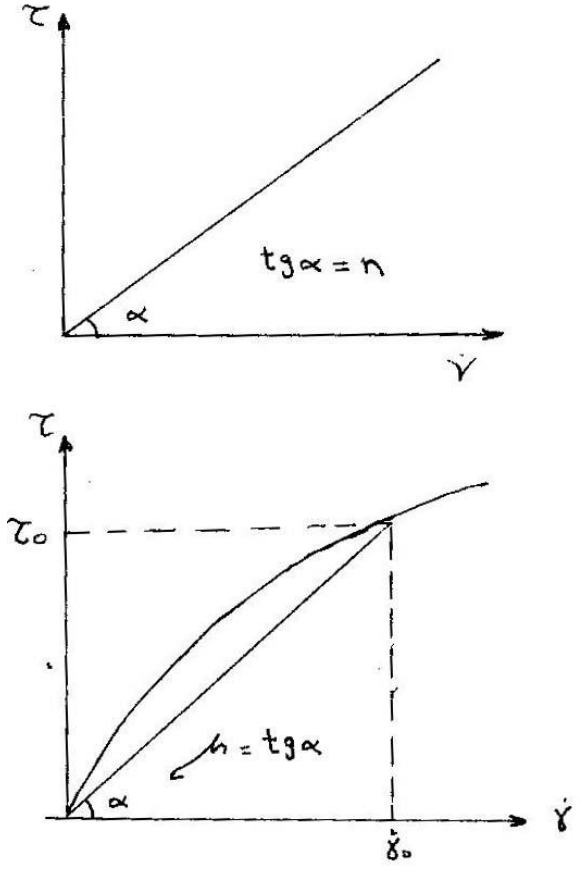
إذا رجعنا إلى المخطط الريولوجي $\tau \cdot \dot{\gamma}$ للمادة المدروسة، نلاحظ أنه من أجل قيمة معطاة لـ τ تكون μ مساوية إلى ميل المستقيم الواصل بين مركز الإحداثيات والنقطة الممثلة للحالة كما هو موضح في الشكل (6-3).

هناك بعض المواد حيث لا تتوقف فيها اللزوجة على إجهاد القص ونطلق عليها الموائع النيوتونية، ويسمى معامل اللزوجة الحركية في هذه الحالة باللزوجة المطلقة ويرمز لها بـ η وتكتب المعادلة الريولوجية للمائع النيوتوني على الشكل التالي:

$$\dot{\gamma} = \frac{\tau}{\eta}$$

حيث أن η تابع لدرجة الحرارة وضغط الوسط الخارجي.

الشكل (6 - 3) تعريف اللزوجة



المخطط الريولوجي الممثل لمعادلة نيوتن هو مستقيم ميله η كما هو موضح بالشكل (6 -3).

بالعودة إلى صناعة العجائن السائلة ذكرنا أن نسبة الماء المضافة عالية، هذه الكمية تمنح العجينة قواماً سائلاً، وبالتالي يمكن أن نصنف هذا النوع من العجائن ضمن المواد اللزجة، ولذلك سنستعرض بعض خصائص المواد اللزجة بشيء من التفصيل.

المائع الحقيقي والمائع المثالي:

يقصد بالمائع المثالي المائع الذي يحقق الشروط التالية:

- لا يتغير حجمه مطلقا عند تغير الضغط والحرارة.
- لا يعاني قوة احتكاك داخلية.

هذه السوائل لا يمكن وجودها في الطبيعة، لذلك أدخل مفهوم الموائع الحقيقية. وللتعبير عن هذه الموائع وتحديد سلوكها وخصائصها تم اعتماد معامل عددي يسمى بمعامل اللزوجة أو اللزوجة اختصاراً.

تم تقسيم السوائل بالاستناد لتغير لزوجتها مع تغير القوة المطبقة إلى:

- سوائل نيوتونية: لا توجد علاقة بين مقاومة الاحتكاك لهذه السوائل وقيمة القوة المطبقة *Shear-independent*.
- سوائل غير نيوتونية: تظهر معظم المواد علاقة معقدة بين معدل وإجهاد القص، حيث يمكن أن نميز الأشكال التالية:

- سوائل بنغام البلاستيكية(*Bingham plastic*): الفرق الوحيد بين هذه المجموعة والسوائل النيوتونية هو أن العلاقة الخطية بين معدل وإجهاد القص

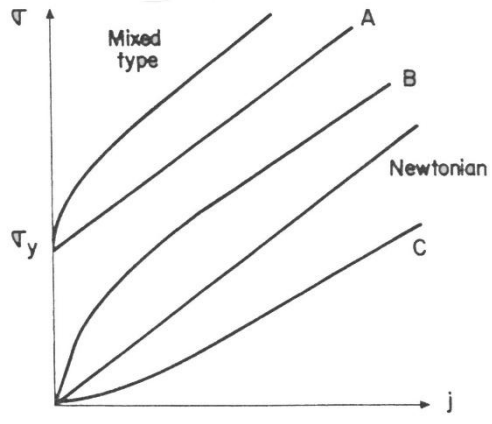
لا تمر بمبدأ الإحداثيات، المستقيم(A) من الشكل(5)، تسمى أحياناً بالسوائل البلاستيكية المثالية، من أمثلتها الشوكولاتة السائلة.

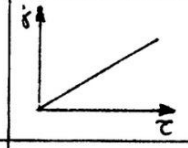
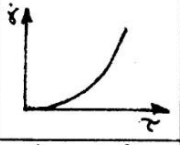
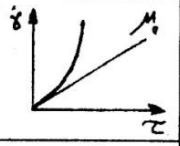
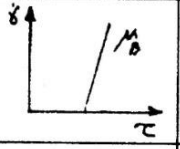
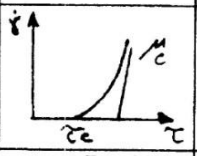
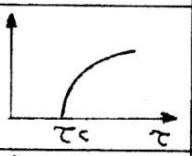
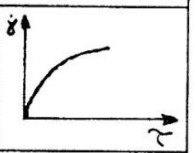
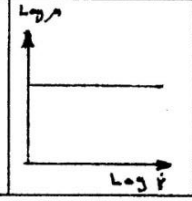
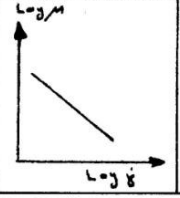
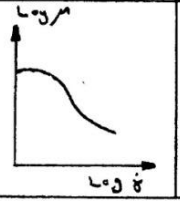
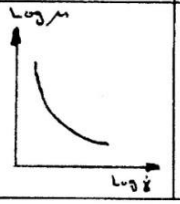
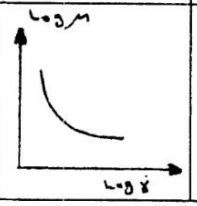
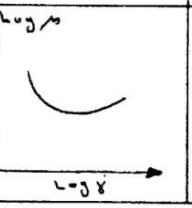
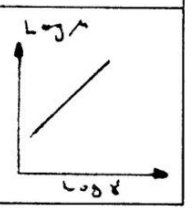
- سوائل بلاستيكية كاذبة (*Pseudoplastic*): معظم السوائل غير النيوتونية تنطوي تحت جناح هذه المجموعة، من أمثلتها المايونيز والحليب المركز، مع زيادة سرعة القص تنخفض اللزوجة والسبب في ذلك يعود إلى شكل الحبيبات، في بداية العملية تكون الحبيبات متطاولة تعيق حركة السائل، لكن بزيادة القوة المطبقة تتحول هذه الجسيمات إلى الشكل الكروي حيث تنخفض المقاومة كثيراً، المنحني(B) من الشكل(5).

توجد مجموعة خاصة من السوائل البلاستيكية الكاذبة تسمى (*Mixed Type*). لا تبدأ هذه المجموعة بالاستجابة للقوة المطبقة إلا بعد تجاوز عتبة أو قيمة حدية من أمثلتها الكاتشب، الشكل(5).

- السوائل المتمددة (*Dilatant*): هذه المجموعة معاكسة تماماً للسوائل البلاستيكية الكاذبة، حيث تزداد اللزوجة الظاهرية لهذه المواد بزيادة معدل القص، مثل محلول مركز للنشاء والفواكه الملبسة بالسكر، تعود هذه المواد إلى لزوجتها الأصلية عند زوال القوة المؤثرة، المنحني(C) الشكل(7 – 3).

الشكل(7 – 3) العلاقة بين معدل(j) وإجهاد القص للأنواع المختلفة من السوائل غير النيوتونية



	Ideamaterial مواد مثالية	Pseudoplastics مواد شبه بلاستيكية		Plastics مواد بلاستيكية			Dilatant
	newton	ostwald	Steger/org	Bingham	Casson	Others	Ostwald
التمثيل البياني لمعادلة الحالة $\dot{\gamma} = F(\tau)$							
معادلة الحالة $\dot{\gamma} = F(\tau)$	$\dot{\gamma} = \frac{\tau}{\mu}$	$\dot{\gamma}_{ostw} = k\tau^3 \mid$ $n>1$	$\dot{\gamma}_s = a\tau^3 + c\tau$	$\dot{\gamma}_\beta = \frac{\tau - \tau_c}{\mu_c}$	$\dot{\gamma}_c = \frac{(\sqrt{\tau} - \sqrt{\tau_c})^2}{\mu_c}$	$\dot{\gamma} = k(\tau - \tau_c)^n$ $n < 1$	$\dot{\gamma}_{ost} = k\tau^n$ $n < 1$
اللزوجة $\mu = F(\tau)$	$\mu = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$			$\mu_\beta = \frac{\tau - \tau_\beta}{\dot{\gamma}\beta}$	$\mu_c = \frac{(\sqrt{\tau} - \sqrt{\tau_c})^2}{\dot{\gamma}_c}$		
عتبة الجريان τ_c	0	0	0	$\tau_\beta = \tau - \gamma_\beta \cdot \mu_\beta$	$\tau_c = (\sqrt{\tau} - \sqrt{\mu_c \dot{\gamma}})^2$		0
اللزوجة الحدية $\mu_0 (\dot{\gamma} = 0)$	$\mu_0 = \mu$	$\mu_0 = \infty$	$\mu_0 = 1/c$	$\mu_0 = \infty$	$\mu_0 = \infty$	$\mu_0 = \infty$	$\mu_0 = 0$
التمثيل البياني اللوغاريتمي لمعادلة الحالة $\log \mu = F(\log\gamma)$							

اللوحة II-1 (تصنيف الموائع المختلفة حسب مخططاتها الريولوجية ومعادلات الحالة المقابلة لها)

الأجهزة المستخدمة في قياس اللزوجة:

- أجهزة تعتمد على مبدأ الجريان ضمن أنابيب شعرية:

تعتمد على تحديد الزمن اللازم لمرور حجم معين من السائل المدروس خلال أنبوب شعري محدد الأبعاد، فكلما زادت لزوجة السائل زاد الزمن اللازم لمرور حجم معين منه، من هذه الأجهزة جهاز أوستفالد.

- أجهزة تعتمد على مبدأ المرور خلال فتحة معينة:

تعتمد على تحديد الزمن اللازم لمرور حجم معين من السائل خلال فتحة محددة القطر، تستخدم هذه الأجهزة لقياس لزوجة السوائل ذات اللزوجة المرتفعة.

- أجهزة تعتمد على زمن سقوط جسم معياري ضمن السائل:

يتم حساب الزمن اللازم لسقوط جسم معياري (كرة معدنية) لمسافة محددة ضمن السائل، فكلما زادت لزوجة السائل زاد زمن السقوط.

- مقياس مقاومة السائل لدوران قرص أو أسطوانة فيه:

يتم تحديد اللزوجة عن طريق قياس المقاومة التي يبديها السائل لدوران قرص أو أسطوانة معيارية تدور ضمنه بسرعة ثابتة، مثل جهاز *BROOKFIELD*.

- دوران السائل حول جسم أو أسطوانة مغمورة به:

يتم قياس لزوجة السائل عن طريق تدوير الوعاء الذي يحوي السائل المدروس وقياس المقاومة التي يبديها قرص أو أسطوانة معيارية مغمورة ضمن هذا السائل.

القسم العملي

مقدمة:

تعد العجينة السائلة نوعية خاصة من العجائن تتميز بنسبة مرتفعة للرطوبة وتدخل في صناعة العديد من أنواع الحلويات التقليدية الشرقية (قطايف - كنافة – بقلاوة ...إلخ).

إن هذه العجينة غير مدروسة بشكل كاف إلى الآن، وخاصة سلوك هذه العجينة وخواصها عند العجن والتشغيل (تشكيل خيوط الكنافة – سكب قطع عجينة القطايف الصغيرة).

سنركز في هذا البحث على دراسة العوامل المؤثرة على لزوجة هذه العجينة من حيث نسبة الماء المضاف وطريقة العجن بالإضافة إلى دراسة تأثير بعض المحسنات الأنزيمية المضعفة للبروتين، وقد تم التركيز على اللزوجة باعتبارها العامل الأساسي الذي يؤثر على مرور العجينة خلال الثقوب الصغيرة للقوالب سواء عند تشكيل خيوط الكنافة أو قطع القطايف.

تم اختيارنا للمضافات المضعفة للبروتين لأنه تبين أن هناك دور أساسي للروابط S-S حيث تؤدي إلى ازدياد اللزوجة بشكل كبير وما لذلك من أثر سلبي على تقطع خيوط الكنافة وانكماش قطع القطايف.

وسوف تنقسم هذه الدراسة إلى قسمين:

1. تحديد مواصفات الدقيق المستخدم.
2. دراسة لزوجة العجينة السائلة، وتتضمن ما يلي:

أ- دراسة تأثير نسبة الماء المضاف على لزوجة العجينة السائلة.

ب- تأثير عملية الدق على لزوجة العجينة.

ج- دراسة تأثير إضافة أنزيمات البروتياز على لزوجة العجينة.

القسم الأول

تحديد مواصفات الدقيق المستخدم

سنقوم في هذا الفصل بدراسة وتحديد مواصفات دقيق الزيرو الذي استخدمناه في تحضير عينات العجين السائل التي قمنا بدراستها.

المواد والتجهيزات المستخدمة:

1. دقيق زيرو نسبة استخلاص بحدود 70%.
2. موازين بدقة 0.001 ، 0.01، 0.1 من نوع (KERN440-330).
3. جهاز تجفيف يعمل بالأشعة تحت الحمراء من نوع (Precisa 310 M).
4. جهاز تحديد الغلوتين من نوع (Perten Instruments).
5. جهاز الفارينوغراف من نوع (Brabender).
6. جهاز الأكستنسوغراف من نوع (Brabender).
7. أرلينات، بياشر، سلندرات، سيباتولا.
8. أنابيب سعة 100 مل مع غطاء (أنابيب زيليني).
9. عجانة مخبرية محلية. Starway SM 8710

الشكل (1-1) العجانة المستخدمة

الاختبارات المجراة في العمل:

1. الاختبارات الكيميائية:

الرطوبة:

حددت الرطوبة باستخدام جهاز الأشعة تحت الحمراء (Precisa 310M).

الرماد:

تم تحديد الرماد بطريقة ICC،104 NO .

2. الاختبارات التقنية:

ترسيب زيليني:

وفق الطريقة ICC ,NO 116. وتستخدم هذه التجربة كدليل عن الجودة الخبيزية للدقيق حيث يعبر حجم الرسابة الناتجة أثناء ترسيب جزيئات غلوتين الدقيق بتأثير حمض اللبن عن نوعية الغلوتين.

تجارب الغلوتين الرطب والجاف ودليل الغلوتين:

تم تحديد الغلوتين الرطب ودليل الغلوتين بواسطة جهاز الغلوتاميك (Perten-Instrument) وفقاً للطريقة *ICC,NO*155.

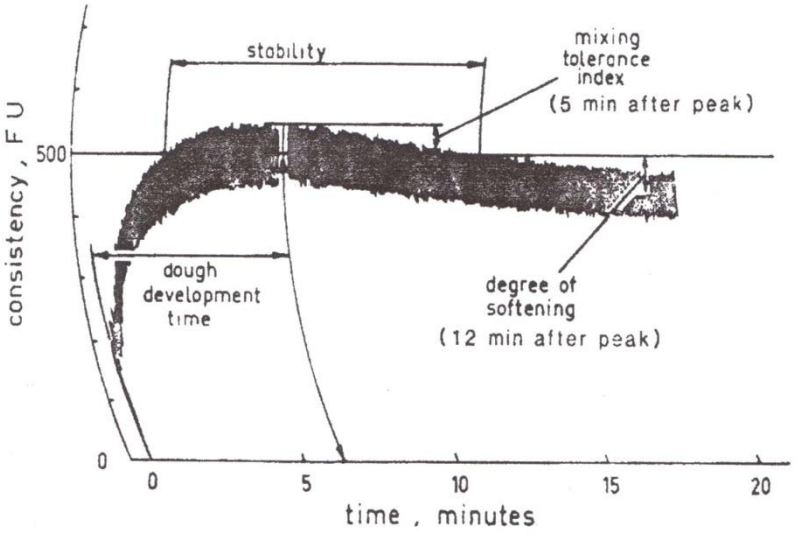
3. الاختبارات الريولوجية:

الفارينوغراف:

تم إجراء تجربة الفارينوغراف وفقاً لـ *ICC .NO*115. وتم تقييم الفارينوغرام الناتج كما يلي:

- ✓ زمن تطور لعجين (min): الزمن الفاصل بين بداية العجن وبين النقطة من مركز المنحني الواقعة في مجال أعلى ثبات وعند بدء الهبوط.
- ✓ الثباتية (min): الزمن الفاصل بين وصول قمة المنحني إلى خط (500 BU) ومغادرة المنحني لهذا الخط.
- ✓ درجة الضعف (BU) حسب الـ ICC: تقاس بالفرق بوحدات برابيندر بين مركز المنحني عند توسطه لخط الـ (500 BU) وبعد (12 min) منه.

الشكل (2-4) بارامترات الفارينوغرام



الشكل (7-1) المؤشرات على فارينوغرام

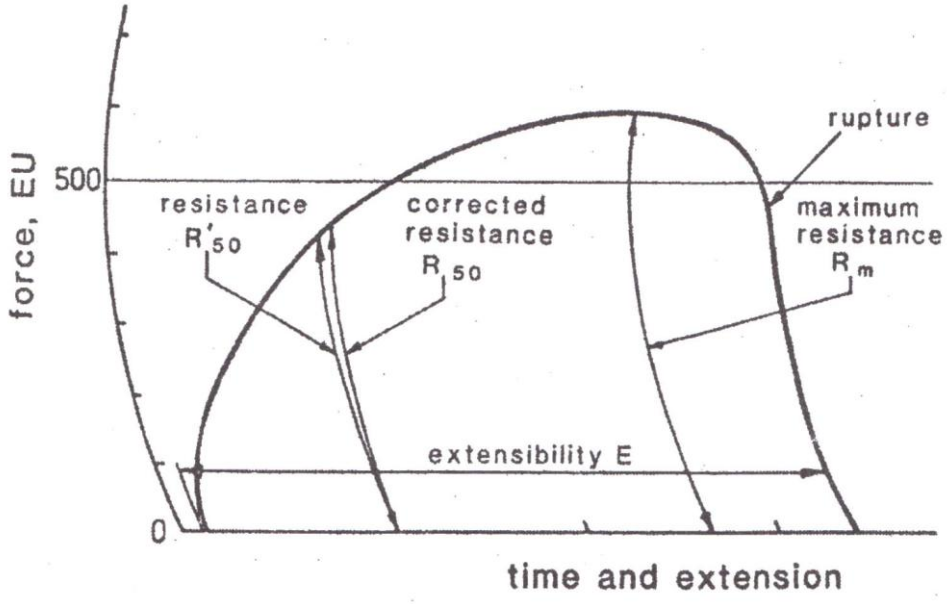
الإكستنسوغراف:

تـم إجـراء تجربـة الإكستنسـوغراف وفقـاً لـ ICC.NO114 وتـم تقيـيم الإكستنسوغرام الناتج كما يلي:

- ✓ قابلية العجين للمط E(mm): طول قاعدة المنحني، وتقاس من بدء شد العجين حتى انقطاعه.
- ✓ أعلى مقاومة يبديها العجين للشد R_M (BU): أعلى نقطة في المخطط.
- ✓ ثابت مقاومة العجين للشد R_5 (BU): ارتفاع المخطط بعد 5 min من بدء شد العجين.

- ✓ القدرة A (cm^2): المساحة التي يرسمها البلانومتر والمعبرة عن مساحة القسم المرسوم تحت المخطط.

الشكل (3-4) بارامترات الاكستنسوغرام



الشكل (7-2) المؤشرات على اكستنسوغرام

نتائج القسم الأول ومناقشتها:

- **نتائج الرطوبة:**

الجدول (4-1) نتائج الرطوبة للعينات المستخدمة

نوع الدقيق	مكرر 1	مكرر2	المتوسط
دقيق زيرو	14.86 %	14.3 %	14.58 %

نلاحظ ارتفاع رطوبة العينات قليلاً عن الرطوبة النظامية المساوية 14% ويعود ذلك إلى أن أخذ العينات والعمل تم خلال أشهر فصل الشتاء حيث الرطوبة النسبية للجو مرتفعة ولكن الزيادة في حدود المقبول.

- **نتائج تجارب الغلوتين:**

الجدول (4-2) نتائج الغلوتين ودليل الغلوتين

	القيمة
الغلوتين الكلي %	31.6
الغلوتين الجاف %	11.1
دليل الغلوتين GI %	87.85

يمكن أن نصنف نوعية الغلوتين حسب قيم دليل الغلوتين إلى ما يلي:

الجدول (3-4) نوعية الغلوتين حسب دليل الغلوتين

نوعية الغلوتين	دليل الغلوتين
ضعيف	74 - 50
جيد	84 -75
قوي	100 - 85

نلاحظ من خلال نتائج هذه التجربة أن نسبة الغلوتين مرتفعة ودليل الغلوتين كذلك، لذلك يعتبر الدقيق قوياً ومن ناحية المبدأ وحسب الملاحظات العملية يعتبر غير مناسب جداً لصناعة العجينة السائلة.

- **نتائج تجربة زيليني:**

الجدول (4-4) نتائج تجربة زيليني

حجم الراسب	المكرر الأول	المكرر الثاني	المتوسط
دقيق زيرو	32 ml	31 ml	31.5 ml

إن تجربة زيليني تعطي فكرة عن نوعية الغلوتين فكلما كان الغلوتين ذا نوعية جيدة ازداد حجم الرسابة أما الغلوتين الضعيف فتنضغط فيه الرسابة وتكون منخفضة الحجم. وبشكل عام يمكن تصنيف قوة الغلوتين حسب الدرجات التالية:

الجدول (4-5) نوعية الغلوتين حسب حجم الرسابة في تجربة زيليني

الحجم	نوعية الغلوتين
أقل من 15 مل	ضعيف
15- 35 مل	جيد
أعلى من 35 مل	قوي

نلاحظ من خلال نتائج التجربة أن قوة البروتين جيدة أي أنها تؤكد صحة نتائج تجارب الغلوتين.

- **نتائج الرماد:**

كان متوسط الرماد بعد إجراء مكررين وبدقة أربعة أرقام بعد الفاصلة فكان الرماد المتوسط على أساس الوزن الجاف 0.5224 إن رماد العينة منخفض مثل ما هو متوقع بالنسبة للدقيق الزيرو لانخفاض نسبة الاستخراج وبالتالي انخفض نسبة النخالة التي هي المصدر الأساسي للرماد في حبة القمح.

- **نتائج الفارينوغراف:**

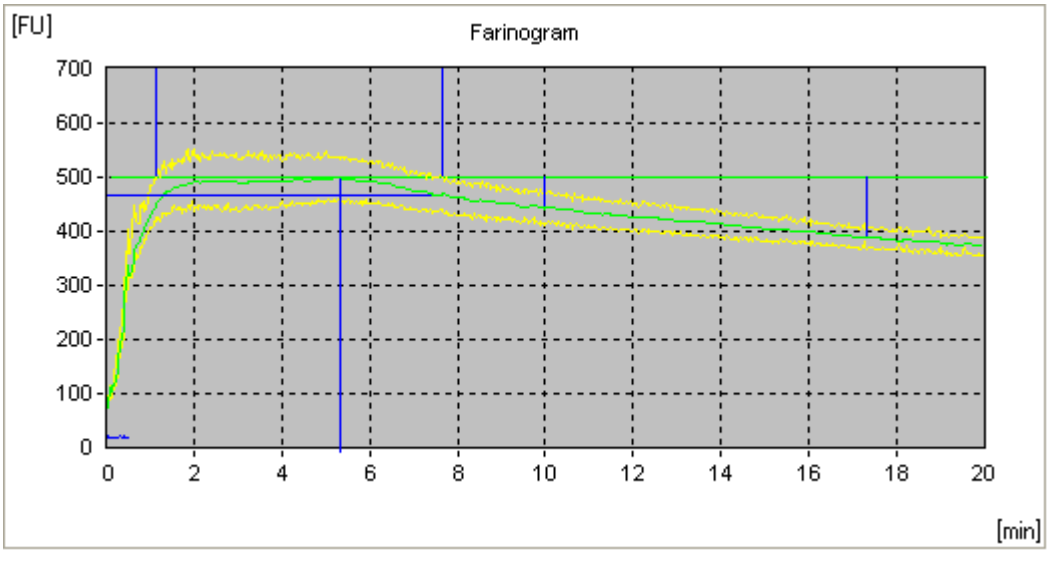
يوضح الجدول (4-6) نتائج تجربة الفارينوغراف والشكل (4-3) الفارينوغرام للعينة المدروسة.

الجدول (4-6) مؤشرات الفارينوغراف للعينة المدروسة

العينة	الماء الممتص (%)	زمن تطور العجين (min)	الثباتية (min)	درجة الضعف (Bu)	
				-	ICC
دقيق الزيرو	58.4	5.3	6.6	55	109

نلاحظ من الجدول السابق ارتفاع نسبة الماء الممتص وهنا يجب أن نقف قليلاً لنذكر أن ارتفاع نسبة الماء الممتص يدل عادة على قوة الدقيق لارتفاع كمية ونوعية الغلوتين، وأكد ذلك أيضا ارتفاع زمن الثباتية وزمن تطور العجين.

الشكل (4-3) مخطط الفارينوغرام



- **نتائج الإكستنسوغراف:**

الجدول (7-4) مؤشرات الاكستنسوغراف للعينة المدروسة

العينة	زمن التخمر	Energy (cm^2)	R_5(Bu)	R_{max}(Bu)	E (mm)	R/E
دقيق الزيرو	45	100	290	460	189	2.43
	90	111	338	558	170	3.28
	135	110	342	538	167	3.22

نلاحظ من نتائج الإكستنسوغراف أن العينة قليلة المطاطية ومقاومة بشكل كبير للشد بسبب قوة الغلوتين ولأخذ فكرة أوضح عن مواصفات الدقيق نلجأ إلى حساب النسبة R/E. إذا كانت هذه النسبة كبيرة فهذا يعني أن الدقيق ذو مقاومة عالية للشد ومطاطية ضعيفة، وإذا كانت هذه النسبة صغيرة فالدقيق قابل للمط غير مقاوم للشد.

ومن الجدول السابق نجد أن دقيق الزيرو قوي مقاوم للشد ذو مطاطية منخفضة.

الخلاصة:

إن الهدف الأساسي من هذا القسم هو تكوين صورة واضحة عن مواصفات عينة الدقيق المستخدمة في تحضير العجينة وتحديد بعض القرائن لهذه العينة بهدف الاستناد إليها في التعرف على مدى قابلية استخدامها في تحضير العجينة السائلة. وفيما يلي سنحاول تلخيص هذه المواصفات:

- نلاحظ من تجربة زيليني أن دقيق الزيرو دقيق ذو نوعية بروتين جيدة.
- نلاحظ من نتائج تجربة الغلوتين الرطب والجاف ودليل الغلوتين أن نوعية غلوتين الزيرو قوية.
- من نتائج الاختبارات الريولوجية نلاحظ وجود توافق بين نوعية وكمية الغلوتين وقوة الدقيق فحصلنا على أن دقيق الزيرو دقيق قوي ذو غلوتين جيد.

القسم الثاني
دراسة لزوجة العجينة السائلة

تعد اللزوجة إحدى أهم البارامترات التي يجب وضعها في الحسبان عند تصميم الأجهزة والمعدات في الصناعة وخاصة الصناعات الغذائية. وتعبر عن سلوك الموائع ضمن أنابيب النقل والتوزيع وتساعد على حساب القوة اللازمة لدفع هذه السوائل.

الهدف من هذا القسم:

أ- دراسة تأثير نسبة الماء المضافة على لزوجة العجينة السائلة.

ب- تأثير عملية الدق على لزوجة العجينة.

ج- دراسة تأثير إضافة أنزيمات البروتياز على لزوجة العجينة.

المواد والأدوات المستخدمة:

- عينة دقيق زيرو.
- مستخلص أنزيمي من شركة novozyme (Neutrase 1.5 MG). عبارة عن أنزيم البروتياز يستخدم لتحسين المطاطية.
- ماء عادي.

- بيشر سعة 500 مل(عدد 2).
- عجانة مخبرية محلية Starway SM 8710.
- جهاز قياس لزوجة إلكتروني ستاندر Brookfiecdmodedv-Ц+
- سلندر 500 مل.
- ميزان إلكتروني بحساسية 0.1 غ.
- سباتولا ناعمة.

الجدول (8-4) لزوجة مزيج الدقيق والماء عند نسب الإضافة الموضحة أدناه وحسب طرق معاملة مختلفة، معدل القص ثابت، سرعة الدوران ثابتة. القراءة كل 5 دقائق

زمن العجن min	اللزوجة cp									
	نسبة الماء المضاف على أساس وزن الدقيق 100%		**نسبة الماء المضاف على أساس وزن الدقيق 130%**				**نسبة الماء المضاف على أساس وزن الدقيق 150%**			
	عجن	عجن لمدة 10دقائق + دق	عجن	عجن 10دقائق + دق	عجن بإضافة بروتياز 10ppm	عجن لمدة 10دقائق + دق بإضافة بروتياز 10ppm	عجن	عجن لمدة 10دقائق + دق	عجن بإضافة بروتياز 10ppm	عجن لمدة 10دقائق + دق بإضافة بروتياز 10ppm
5	9525	9420	2500	2480	1340	1335	1200	1240	970	977
10	9220	9130	2350	2300	1210	1200	1095	1105	830	840
15	9350	9290	2100	2410	1060	1050	970	1270	650	640
20	9900	9200	2200	2100	1045	1034	900	1100	637	629
25	10500	9050	2530	1965	1037	1026	995	980	630	624
30	11000	8920	2900	1820	1028	1020	1200	824	626	620
35	11200	8800	3000	1700	1020	1015	1276	690	620	617

أ- دراسة تأثير نسب الماء المضافة على اللزوجة:

لدراسة تأثير نسبة الماء المضاف على اللزوجة قمنا بإعداد عدة عجائن بنسب إضافة مختلفة ومن ثم تحديد قيم اللزوجة عند سرعة دوران لسبندل المقياس مقدارها 30rpm وذلك كل خمس دقائق ولمدة عجن كلية مقدارها 35min.

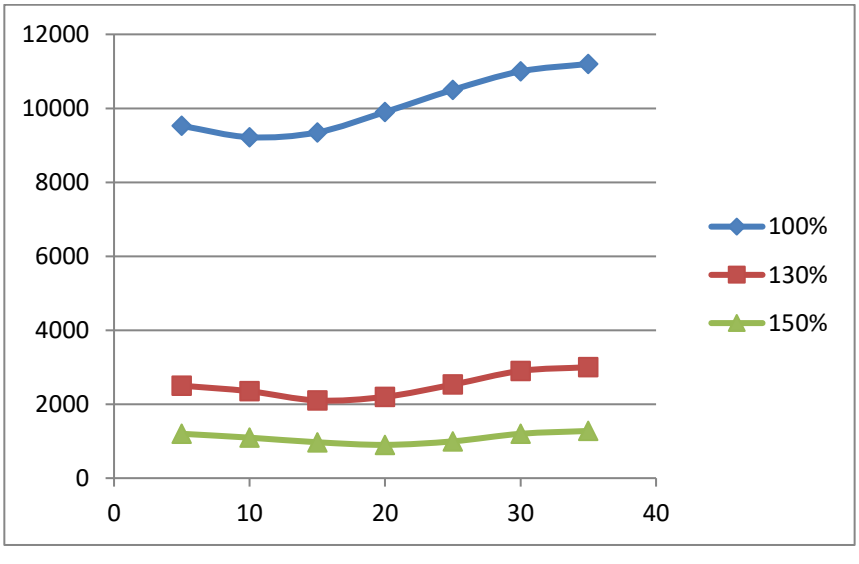
طريقة العمل:

- يتم وزن 1 كغ من الدقيق (تم اختيار هذه الوزنة حسب سعة حوض الخلاط)، توضع هذه الكمية دفعة واحدة في حوض العجانة.
- تضاف كمية محددة من الماء دفعة واحدة، تم أخذ 3 نسب من الماء بالنسبة لوزن الدقيق الجاف (100%، 130%، 150%).
- تنفذ عملية المزج على السرعة البطيئة لمدة 35 دقيقة، حيث نأخذ عينة لقياس اللزوجة كل 5 دقائق.
- نقوم برسم العلاقة بين اللزوجة وزمن العجن عد كل نسبة من نسب الماء المضاف، ولقد تم ترتيب النتائج في الجدول (9-4).

الجدول (4-9) قيم اللزوجة عند نسب إضافة مختلفة

زمن العجن min	اللزوجة cp		
	نسب إضافة الماء		
	100%	**130%**	**150%**
5	9525	2500	1200
10	9220	2350	1095
15	9350	2100	970
20	9900	2200	900
25	10500	2530	995
30	11000	2900	1200
35	11200	3000	1276

الشكل (4-4) علاقة اللزوجة مع نسب مختلة من الماء المضاف للعجينة



نلاحظ من هذه المخططات العلاقة العكسية الواضحة بين نسبة الماء المضاف واللزوجة، حيث ترتفع اللزوجة مع انخفاض نسبة الماء المضاف.

ونلاحظ أيضاً أن اللزوجة تنخفض عند بداية عملية العجن حيث لم تكن العجينة قد وصلت بعد إلى بنيتها النهائية ولم يتم انتظام خيوط الشبكة البروتينية ولم تقم حبيبات النشاء بعد بامتصاص كامل استطاعتها من الماء، فالعجينة عبارة عن مزيج غير متجانس من المواد النشوية، البروتينية والماء، يتميز هذا المزيج بلزوجة منخفضة مقارنة مع العجينة المتجانسة.

مع استمرار عملية العجن تتشكل لدينا كتلة متجانسة مكونة من شبكة متماسكة من الخيوط البروتينية تحتوي بداخلها على كريات منتفخة من النشاء، فنلاحظ ازدياد اللزوجة مع تقدم عملية العجن.

تم العجن في تجربتنا حتى 35 دقيقة. وحسب الدراسة النظرية فإن استمرار العجن بعد هذه الفترة سيؤدي إلى تناقص اللزوجة بسبب تحطم بنية العجينة الداخلية.

ب- دراسة تأثير عملية الدق على لزوجة العجينة:

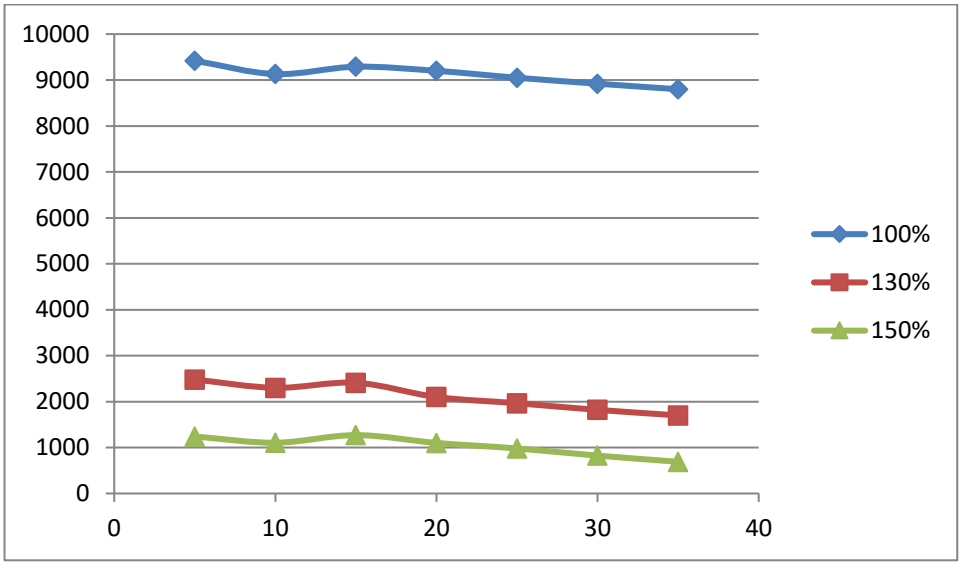
في الطرق التقليدية لتحضير العجينة السائلة، تتم عملية العجن لفترة زمنية قصيرة ومن ثم يتم تعريضها إلى عملية ميكانيكية تسمى بالدق، تتم هذه العملية بتعريض العجينة إلى صدمات متتالية بواسطة أداة ذات سطح عريض بحركة متواترة شاقولية ولفترة زمنية تتراوح بين 30-45 دقيقة وبنهاية هذه العملية نلاحظ التجانس الكبير للعجينة وسهولة مرورها عبر ثقوب تشكيل الخيوط دون أن تنقطع هذه الخيوط.

لمحاكاة هذه العملية بالمخبر قمنا بإجراء التجربة التالية:

- يتم وضع 1 كغ من الدقيق في حوض العجانة.
- يتم إضافة كامل كمية الماء دفعة واحدة (نسبة إضافة % 100- % 130- 150%) على أساس وزن الدقيق الجاف.
- يتم العجن على السرعة البطيئة لمدة 10 دقائق ويتم أخذ عينة لقراءة اللزوجة كل خمس دقائق.
- بعد انتهاء عملية العجن تبدأ عملية الدق بطريقة يدوية وبواسطة قاعدة بيشر سعة 500 مل لأن مقطعه كان مناسباً لحوض العجانة.
- تتم عملية الدق لمدة 25 دقيقة مع أخذ عينة كل 5 دقائق وتحديد لزوجتها والنتائج موضحة في الجدول رقم (8-4).

يبين الشكل (5-4) مقارنة بين قيم الزوجة لعينات عجينة بنسب إضافة مختلفة من الماء عند تعريضها للدق.

الشكل (4-5) قيم اللزوجة للعجينة وبنسب إضافة مختلفة من الماء وعند تعريض العجينة للدق



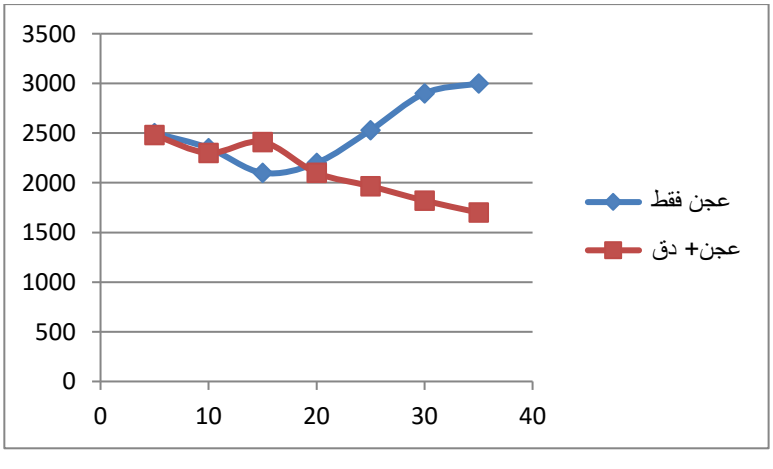
نقوم بترتيب نتائج توضح مقارنة بين قيم اللزوجة للعجينة عند نسبة إضافة للماء 130 % عند عملية العجن فقط وعند إجراء عملية العجن وعملية الدق. ونمثل العلاقة على الشكل (4-6)

نلاحظ من الشكل (4-6) أن عملية الدق تؤدي إلى تخفيض قيمة اللزوجة بسرعة أكبر مقارنة مع إجراء عملية العجن لوحدها ولقيم أقل بكثير وهو أمر مرغوب فيه لتوفير زمن الإنتاج ولتسهيل التعامل مع العجينة لاحقاً، حيث ساهم الضغط الميكانيكي بتسريع تحطيم بنية العجينة.

الجدول (4-10) مقارنة بين لزوجة العجينة ذات نسبة الإضافة 130% عند عجنها فقط وعند تعريضها للدق

اللزوجة سنتي بواز		
نسبة الماء المضاف 130%		
زمن العجن دقيقة	عجن	عجن 10 دقائق + دق
5	2500	2480
10	2350	2300
15	2100	2410
20	2200	2100
25	2530	1965
30	2900	1820
35	3000	1700

الشكل (4-6) مقارنة بين تأثير عملية العجن وعملية العجن + دق على اللزوجة عند نسبة إضافة 130 %



ج- دراسة تأثير إضافة أنزيمات البروتياز على اللزوجة:

من القسم النظري وجدنا أن الدور الأساسي المؤثر على سلوك العجينة يعود إلى روابط S-S وأن تحطيم هذه الروابط إلى النموذج S-H يؤدي إلى تخفيض لزوجة العجينة بشكل كبير.

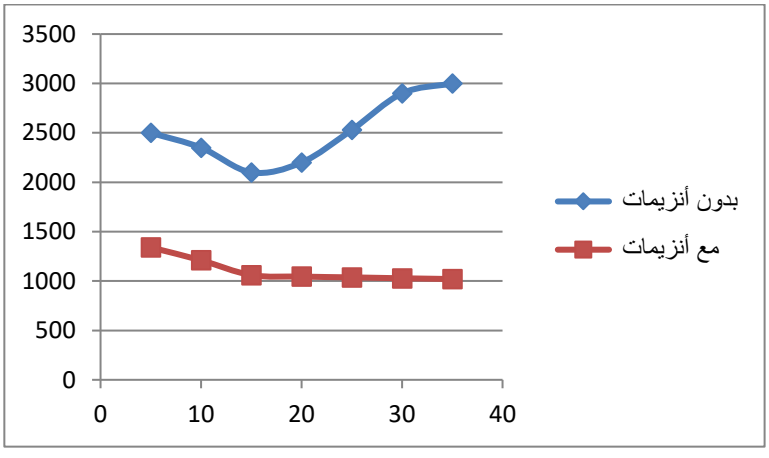
لدراسة هذه النقطة قمنا بإضافة 10 ppm من أنزيمات البروتياز إلى العجينة ذات نسبة إضافة الماء (130%و 150%) على اعتبار أن الدراسة السابقة لهذه النسب أظهرت أنها أكثر ملائمة لاستخدامها في الحياة العملية من ناحية القوام.

- قمنا بإعادة دراسة تأثير عملية العجن فقط والمعاملة المشتركة من العجن والدق مع إضافة البروتياز.
- تم تنظيم النتائج في الجدول (11-4).

نقوم برسم العلاقة بين اللزوجة مع زمن العجن عند نسبة إضافة ماء 130% (مع وبدون بروتياز) عند إجراء العجن فقط، وقد حصلنا على المخطط (7-4).

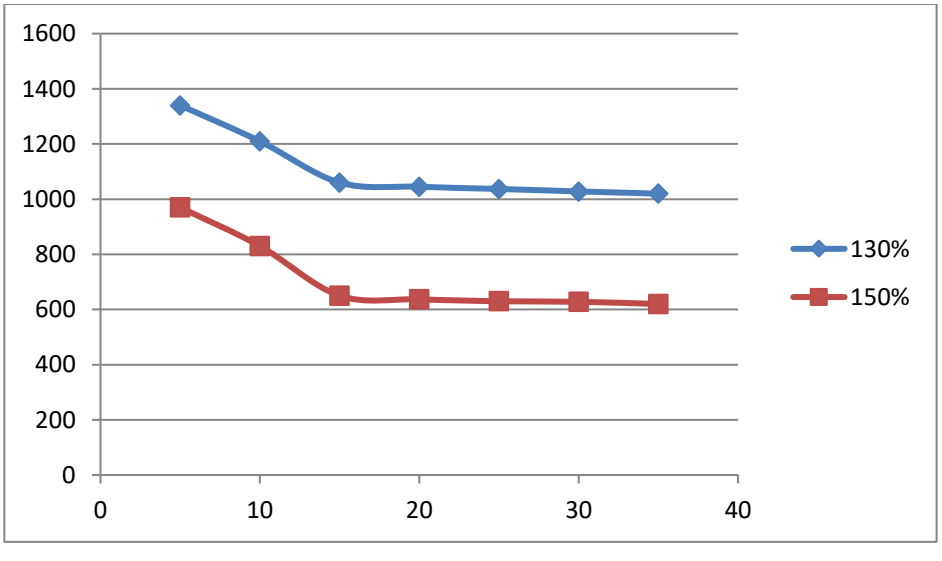
نلاحظ من الشكل (7-4) الانخفاض الكبير لقيم اللزوجة عند إضافة أنزيم البروتياز مقارنة مع العجينة دون إضافة الأنزيم وعند إجراء العجن فقط. حيث يعمل المستحضر وخلال فترة لا تتجاوز 15 دقيقة تقريبا على تخفيض اللزوجة لأقل قيمة ممكنة وهو أمر مرغوب به وبشكل كبير من الناحية العملية.

الشكل (4-7) علاقة اللزوجة مع زمن العجن عند نسبة ماء مضاف% 130 مع و بدون مستحضر أنزيمي



برسم العلاقة بين اللزوجة وزمن العجن عند إضافة أنزيم البروتياز مع الأخذ بعين الاعتبار نسب مختلفة من الماء نحصل على الشكل (4-8).

الشكل (4-8) تأثير إضافة المستحضر الأنزيمي على اللزوجة عند نسب مختلفة للماء المضاف



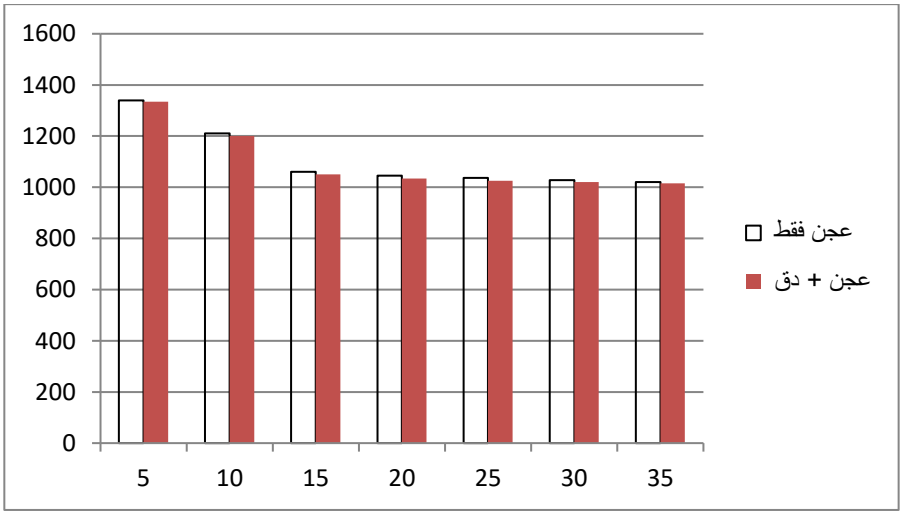
نلاحظ من الشكل (4-8) استمرار مبدأ عمل المستحضر الأنزيمي في تخفيض قيمة اللزوجة مع الزمن مترافقا بتأثير نسبة الماء المضاف بتخفيض اللزوجة مع ازدياد نسبة الماء المضاف.

الجدول (4-11) قيم اللزوجة عند إضافة البروتياز مع وبدون دق عند نسبة إضافة ماء 130 %150 %

الزمن min	اللزوجة سنتي بواز مع إضافة 10 ppm من المستحضر الأنزيمي			
	نسبة الماء المضاف			
	130%		150%	
	عجن	عجن 10 دقائق + دق	عجن	عجن 10 دقائق + دق
5	1340	1335	970	977
10	1210	1200	830	840
15	1060	1050	650	640
20	1045	1034	637	629
25	1037	1026	630	624
30	1028	1020	626	620
35	1020	1015	620	617

عند إضافة أنزيم البروتياز مع الأخذ بعين الاعتبار إجراء عملية الدق قمنا برسم العلاقة بين اللزوجة مع زمن العجن مع وبدون دق بعد إضافة أنزيم بروتياز إلى العجينة ذات نسبة إضافة الماء% 130.

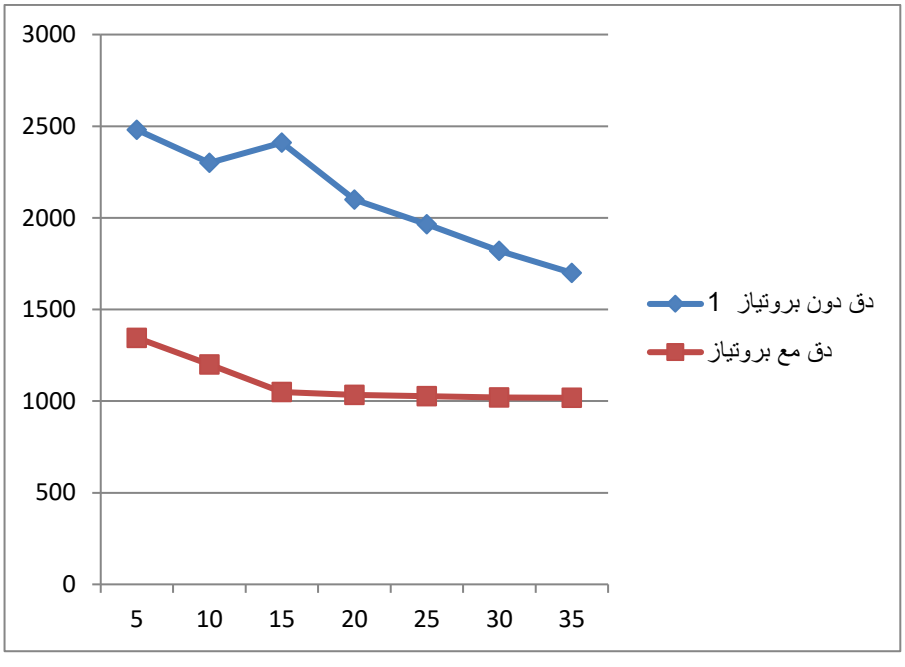
الشكل (4-9) مقارنة بين تأثير العجن فقط والعملية المشتركة عجن –دق على اللزوجة بوجود المستحضر الأنزيمي عند نسبة إضافة% 130



نلاحظ من الشكل (4-9) فعالية العملية المزدوجة (دق + بروتياز) لتسريع تحطيم بنية العجينة وبالتالي تخفيض قيمة اللزوجة بشكل أسرع خلال زمن أقل وهو أمر مرغوب فيه في الصناعة لزيادة المردود. ولكن تأثير عملية الدق كان أقل بكثير مقارنة مع عمل المستحضر الأنزيمي حيث أن الكمية المضافة كانت كافية لتخفيض اللزوجة بشكل كبير دون الحاجة إلى عملية الدق لذلك كان الفارق موجود ولكن ضئيل جدا.

برسم العلاقة بين اللزوجة مع الزمن للعينة 130 % عند إجراء عملية الدق مع وبدون إضافة المستحضر الأنزيمي كما هو موضح من الشكل (10-4) نستنتج الأثر الكبير لأنزيم على تخفيض اللزوجة.

الشكل (10-4) تأثير عملية الدق على لزوجة العجينة 130 % مع وبدون بروتياز

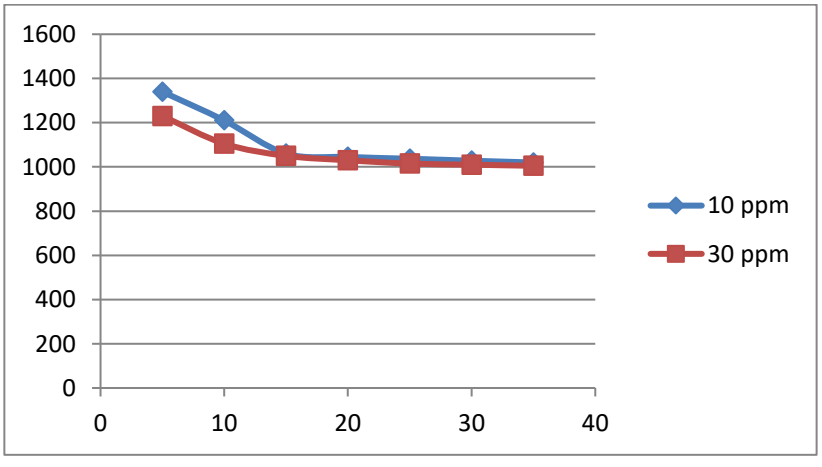


لدراسة تأثير نسبة إضافة الأنزيم على اللزوجة قمنا بإضافة 30 ppm من المستحضر الأنزيمي على العجينة 130 % وبإجراء عملية العجن فقط ولمدة 35 دقيقة وتم ترتيب النتائج في الجدول (12-4) والشكل (11-4).

الجدول (13-4) قيم اللزوجة للعجينة % 130 بإجراء عملية العجن فقط وعند نسب إضافة للأنزيمات 10-30 ppm

زمن دقيقة	اللزوجة سنتي بواز	
	نسبة الإضافة 130% بإجراء العجن فقط	
	ppm 10	ppm 30
5	1340	1230
10	1210	1105
15	1060	1050
20	1045	1030
25	1037	1015
30	1028	1010
35	1020	1005

الشكل (11-4) تأثير إضافة 10 -30 ppm من المستحضر الأنزيمي على لزوجة العجينة %130



نلاحظ من الشكل (11-4) ازدياد تأثير الأنزيمات على تخفيض اللزوجة بتقليل الزمن اللازم للوصول إلى قيمة اللزوجة الثابتة تقريبا ولكن هذا التخفيض يجب أن يدرس من ناحية المردود الاقتصادي بمراعاة سعر المستحضر حيث أنه بتقليل كمية المستحضر وزيادة زمن العجن لفترة قصيرة نحصل على نتائج متقاربة جدا.

مناقشة النتائج والمقترحات:

- كانت عينة الدقيق المستخدمة من ناحية المبدأ قوية وغير مناسبة جدا لصناعة العجينة السائلة فهي بحاجة إلى بعض التكييف للغلوتين ليصبح أكثر مطاطية قليلا، فهذه النقطة مهمة عند تصنيع خيوط الكنافة على سبيل المثال.
- تعتبر لزوجة العجينة السائلة من أهم البارامترات المعبرة عنها وذلك بالمقارنة مع بارامترات الفارينوغراف والإكستنسوغراف بالنسبة لعجينة الخبز.
- من ناحية دراسة لزوجة العجينة وبعض العوامل المؤثرة عليها فقد توافقت نتائج الدراسة العملية مع البحث المرجعي المتعلق بالمزائج المشابهة، فاللزوجة تتناقص مع ارتفاع نسبة الماء المضاف وإن للغلوتين الدور الأساسي المؤثر على هذه اللزوجة، وإن الهدف الأساسي لعملية الدق هو تسريع تخفيض لزوجة العجينة وانتظام الشبكة البروتينية بشكل خيوط عالية المطاطية.
- أدت إضافة أنزيمات البروتياز إلى تسريع تخفيض اللزوجة والحصول على عجينة ذات قوام مناسب ومرغوب.
- المعاملة المشتركة من الدق وإضافة الأنزيم أدت إلى نتائج جيدة ولكن نسبة الإضافة من الأنزيم كانت مرتفعة نسبيا بالنسبة لعينة الدقيق فلم يكن هناك أثر واضح لعملية الدق مقارنة مع عمل الأنزيم السريع.

المقترحات:

تتميز منطقتنا العربية بالعديد من المنتجات الغذائية وخاصة منتجات المعجنات والحلويات. هذه المنتجات تتميز بمواد أولية وطرق تحضير خاصة، حيث نجد العديد من الملاحظات والنقاط التي مازالت بحاجة إلى الكثير من البحث والتحليل، ومنها العجينة السائلة والتي يصنع منها العديد من الحلويات مثل الكنافة والقطايف والبقلاوة ... ونحن نرى أنه من المهم توجيه مشاريع القسم إلى خدمة المجتمع ودراسة منتجاته التقليدية وتوصيفها.

فيما يتعلق بالعجينة السائلة فإننا نقترح متابعة الدراسة والتركيز على النقاط التالية:

- التوسع في دراسة عملية الدق ودورها الفعلي على قوام وبنية العجينة، وتجدر الإشارة إلى أنه عند تصنيع عجينة القطايف فإننا نقوم بهذه العملية لفترة قصيرة جدا أو لا نقوم بها أبدا ونكتفي فقط بإطالة العجن قليلا.
- من المهم دراسة التأثير المشترك للمحسنات مع العمليات الميكانيكية (عجن + دق) فقد أظهرت الناحية العملية على أرض الواقع نجاح التأثير المشترك بشكل أكبر من المعاملة الفردية كل على حدة ولكن لا يوجد معايير ثابتة لنسبة الإضافة التي تتم بشكل عشوائي حسب الخبرة حيث نبقى نضيف من المحسن حتى نصل لقوام مناسب دون مراعاة زمن التأثير.

- دراســة تأثير المكونات الأخرى الممكن إضــافتها للعجينة (مثل الحليب والسكر والدسم) على لزوجة وقوام العجينة.
- ربط بارامترات العجينة مع مواصفات المنتج النهائي.
- تأمين جهاز لقياس لزوجة المواد الغذائية مخصــص لقســم الهندســة الغذائية.

من خلال ما تقدم فقد حاولنا تسليط الضوء على العجينة السائلة وفتح الباب أمام مزيد من البحث والدراسة حول هذه العجينة الخاصة بمنطقتنا العربية.
آملين منكم الرضا والاستحسان على هذا الجهد المتواضع.

المراجع العربية:

1- ألفين، فرحان.(2007). محاضرات في تكنولوجيا الطحن. قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة البعث.

2- ألفين، فرحان.(2007). تكنولوجيا الطحن (القسم العملي). قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة البعث.

3- ألفين، فرحان.(2000). تحديد مواصفات الطحن وجودة الطحين لبعض أصناف القمح الطري والديوروم من سوريا وتركيا، أطروحة دكتوراة. جامعة البعث.

4- الباقوني، محمد رياض. سعد، مطانس.(1997). كيمياء الأغذية (القسم العملي). قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة البعث.

5- سعادة، ماهر.(2001). ميكانيك السوائل (القسم النظري). كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة البعث.

6- حداد، محمود.(1995). تكنولوجيا الخبز والمعجنات. قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة البعث.

7- حورية، ياسر. عيد، سهيل.(1997).الكيمياء الفيزيائية(1) (القسم العملي). قسم العلوم الأساسية، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة البعث.

8- صطوف، مصطفى.(2008). محاضرات في تكنولوجيا الخبز والمعجنات. قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة البعث.

9 – صـــطوف، مصـــطفى.(2008) . تكنولوجيا الخبز والمعجنات (القســـم العملي). قســـم الهندســـة الغذائية، كلية الهندســـة الكيميائية والبترولية، جامعة البعث.

11 – عيد، ســهيل.(2007) . محاضــرات في الكيمياء الغروية. قســم الهندســة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة البعث.

المراجع الأجنبية:

12 – *Anonymous . AACC – S* tan *dards* .(1990). *Approved Methods of American Association Of Cereal Chemistry* , 8 *Th Edition . USA* .

13 – *Enrique* , *R* .(1997). *Handbook Of Food Engineerin*g Pr *actic* . *CRC press . USA* .

14 – *Kulp* , *Karel . Pante* , *Joseph* .(2000). *Handbook Of Cereal Scince and Techno* log *y* , *Second Edition . Marcel Dek* ker . *USA* .

15 – *Pyler* , *Ernest John* .(1988). *Baking Scince and Techno* log *y* , *Third Edition* , *volume* 1 . *Library Of Congress . USA* .

فهرس المحتويات

الموضوع الصفحة

المقدمة 5

القسم النظري

الفصل الأول: المواد الأولية المستخدمة في المعجنات 9

الدقيق 11

الماء 15

المواد الدسمة 16

الحليب 17

الملح 18

السكر 19

الفصل الثاني: استخدام المحسنات الكيميائية والأنزيمية في صناعة العجين السائل 21

أنواع المحسنات المستخدمة في صناعة العجين السائل .. 22

المحسنات الكيميائية 23

المحسنات الإنزيمية 27

الفصل الثالث: مبادئ عامة في الريولوجية 33
الحركات الصفحية للقص 33
معادلة الحالة الريولوجية والمخططات الريولوجية 39
اللزوجة 41
المائع الحقيقي والمائع المثالي 43
الأجهزة المستخدمة في قياس اللزوجة 47

القسم العملي

المقدمة 51

القسم الأول: تحديد مواصفات الدقيق المستخدم 53
المواد والتجهيزات المستخدمة 53
الاختبارات المجراة 54
نتائج القسم الأول ومناقشتها 58

القسم الثاني: دراسة لزوجة العجينة السائلة 65
الهدف من هذا القسم 65
المواد والأدوات المستخدمة 65
دراسة تأثير نسبة الماء المضافة على اللزوجة 69
دراسة تأثير عملية الدق على لزوجة العجينة 72

دراسة تأثير إضافة أنزيمات البروتياز على اللزوجة 75

النتائج والمقترحات 83
المراجع 87
الفهرس 89