مقدمة:

تقسم العوامل المؤثرة على نوعية الخبز العربي إلى قسمين رئيسيين: الأول وهو مواصفات المواد الأولية المستخدمة من دقيق ومواد مضافة والثاني شروط تصنيع الخبز من عملية عجن وتخمير وتشكيل الرغيف واستراحة وشروط الشواء.

عملية تحضير العجينة من المراحل الهامة في تصنيع الخبز، ويدخل ضمن عملية العجن شروط كثيرة منها سرعة العجانة وشكل العجانة ومدة العجن ودرجة حرارة العجين.

يهدف هذا المشروع إلى دراسة تأ ثير شروط عملية العجن على الخواص الريولوجية للعجين والخبز الناتج وذلك من خلال إجراء عملية العجن عند درجات حرارة مختلفة وعند سرعات عجن مختلفة وذلك باستخدام عجانة جهاز الفارينوغراف.

الفصل الأول

الخواص المحددة لجودة الدقيق

- مقدمة.
- الخواص الفيزيائية: التحبب . اللون.
- الخواص الكيميائية: الرطوبة ـــــ البروتين ـــــ الرماد . الحموضة.
- الخواص التكنولوجية: الغلوتين . الفعالية الأميلازية.

أهمية الدقيق في الصناعات الغذائية:

لقد استخدم الإنسان الدقيق ومنتجاته في تغذيته منذ قرون عديدة، وداوم على استخدامها بسبب ميزاتها الفريدة. والدقيق من أكثر المواد الغذائية استهلاكاً في العالم، ويعتبر من المواد الغذائية اليومية التي تغطي جزء لا بأس به من متطلباتنا التغذوية. وأول منتجات الدقيق التي عرفها الإنسان هي الخبز غير المرفوع وتلاه الخبز المرفوع بواسطة الخميرة والذي اكتشفه المصريون القدماء، ثم الخبز المرفوع بالكيماويات الذي عرف في القرن التاسع عشر.

ينتج الدقيق والسيمد من القمح، ويصنع منها الخبز وأنواع المعكرونة والكاتو والبسكويت والمناقيش، والبرك، والبقلاوة ومنتجات أخرى مختلفة.

يتم الاستدلال على صفات الدقيق من خلال الخواص الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية الخاصة باختبارات الدقيق، بالإضافة إلى الصفات الريولوجية للعجين المصنع منه.

إن أهم الخواص التي تدل على جودة الدقيق هي: لون الدقيق، نسبة البروتين ونوعيته وتجانس حبيبات الدقيق، قدرة الدقيق على امتصاص الماء، قابلية العجن والتخمر، قابلية العجين على إعطاء الغاز، قدرة العجين على احتجاز الغاز، فعالية الدياستاز (الفعالية الأميلازية).

وتعتمد مواصفات الدقيق المستخدم على مصدره وعلى نوعية المنتج المراد الحصول عليه، فمثلاً:

ـــــ الدقيق المستخدم في صناعة الخبز والمعجنات: ينتج من القمح الطري Tr. Aestivum (vulgare)، وهذا القمح من النوع السداسي (n = 21) ويتميز بمجال واسع من القساوة ومحتوى بروتيني مختلف حسب الصنف.

ـــ الدقيق المستخدم في صناعة البسكويت: ينتج من القمح Tr.compactum, وهذا القمح من النوع السداسي ويتميز بمقطعه النشوي (محتوى بروتيني منخفض).

ـــ الدقيق المستخدم في صناعة المعكرونة: ينتج من القمح الصلب Tr. durum, وهذا القمح من النوع الرباعي ويتميز بمقطعه الشـفاف وبكمية صـبغة مرتفعة وكمية ونوعية بروتين ملائمة لصناعة المعكرونة وغير ملائمة لصناعة الخبز.

الخواص المحددة لجودة الدقيق

الخواص الفيزيائية:

أبعاد حبيبات الدقيق (التحبب):

يلعب حجم حبيبات الدقيق دوراً هاماً في عملية إنتاج الخبز وغيره من المنتجات التي يدخل في تركيبها، إذ يؤثر حجم الحبيبات على سـرعة العمليات البيوكيميائية والغروية التي تحدث، وبالتالي يؤثر على صـفات العجين وعلى نوعية الخبز ومردوده.

أبعاد الحبيبات في الدقيق الطبيعي عادة محصـورة ما بين 1-150µ، وبشـكل متوسط حوالي50% من الدقيق ذي حبات ينحصر حجمها بينµ 75-100، وهذا يعني أن كل 1 غ من الدقيق يحوي حوالي $1.5x10^6$ حبيبة، وعندما تصـغر حبيبات الدقيق فإن كمية الماء الممتص تزداد وتقل مدة العجن (زمن تشكل العجين).

يعتبر حجم حبيبات الدقيق مقياس لقساوة اندوسبيرم القمح ضمن شروط الطحن. حيث ينتج القمح الطري حبيبات دقيق صغيرة، في حين لا يمكن أن يكون حجم حبيبات الدقيق المنتج من قمح قاس صـغيرة كما هو في القمح الطري. ولإنتاج خبز جيد المواصفات يجب أن يكون أكثر من 50% من حجم حبيبات الدقيق أكبر منµ 75.

اللون:

يعتبر لون الدقيق ذو أهمية تجارية، ويزداد لون الدقيق قتامة بازدياد مردود الدقيق، وهذا اللون يتوقف على نسـبة اسـتخراج الدقيق ومدى اصـفراره ومدى تحببه ومدى احتوائه على التراب أو التفحم. ويقدر لون الدقيق عادة للتعرف على نسـبة استخراجه إذ يدكن اللون كلما ارتفعت نسبة الاستخراج بسبب زيادة نسبة النخالة.

ومن أهم مصادر اللون في الدقيق هي: (الفلافون في الرشيم، الكسانتوفيل في الاندوسبيرم، الكاروتينوئيدات في القشرة).

ويتغير لون الدقيق المخزن ويصبح أكثر بياضاً بسبب أكسدة المواد الملونة (الكاروتينات والكسانتوفيل وتفككها). إن نقل الدقيق بالخلخلة الهوائية (الشفط) في المطاحن والمخابر يسرع من عملية تبييض الدقيق بسبب عمليات التهوية والأكسدة التي يسببها أوكسجين الهواء.

ويمكن تصنيف الدرجة اللونية للدقيق حسب مردوده (نسبة الاسترجاع) وفق جهاز Kent-jones كما يلي:

مردود الدقيق	الدرجة اللونية (Kent-jones)
72	1.0-1.5
75	4.5-2.0
80	7.5-5.0
85	12.5-8.0

تعتمد قدرة الدقيق على الاسمرار أثناء معاملته على مدى توفر الحمض الأميني التيرازين وأنزيم متعدد الفينول أوكسيداز (بولي فينول أوكسيداز) والذي يسمى أيضاً بأنزيم التيرازيناز الذي يقوم بدور الوسيط في عملية أكسدة التيرازين حيث يتشكل بنتيجتها مادة الميلامين ذات اللون الأسمر التي تعكس هذا اللون على لون العجين ولون لبابة الخبز.

الخواص الكيميائية:

الرطوبة:

إذا كانت رطوبة الدقيق عند وضعه في مستودع المخزن أدنى من الرطوبة التوازنية الموافقة لرطوبة الهواء في المستودع يلاحظ أنه أثناء التخزين ترتفع رطوبته، أما عندما تكون رطوبة الدقيق عند وضعه في المستودع أعلى من الرطوبة التوازنية فيلاحظ انخفاض رطوبته.

يطرأ على الدقيق المعبأ في أكياس والمخزن في مستودعات أفران الخبز تغير كبير في رطوبته إذا كانت فترة تخزينه طويلة، أما عندما يكون زمن بقائه قصيراً فإن الرطوبة تتغير ببطء. وتزداد الحموضة بارتفاع نسبة الاستخراج وزيادة الرطوبة ودرجة الحرارة أثناء التخزين.

البروتينات:

كمية ونوعية البروتين من العوامل الأساسية المحددة للعلاقة بين المنتج النهائي وقوة الطحين.

كمية البروتين:

تتغير كمية بروتين القمح وفق للنوع وللصـــــنف ولكن التأثير الأكبر ناتج عن شروط النمو. محتوى البروتين المرتفع يكون بشكل عام في القمح القاسي، والمزروع في أماكن جافة، في تربة غنية بالآزوت والمزروع في موسم صيفي.

نوعية البروتين:

يتميز البروتين في دقيق القمح بمواصفات خاصة كونه يتألف من سلاسل طويلة ذات وزن جزيئي مرتفع ترتبط فيما بينها، إضافة لوجود روابط أخرى ما بين ببتيدات الحموض الأمينية وبسبب اختلاف هذه الروابط من جهة وكمية البروتين من جهة ثانية تحصل الفروق في مواصفات الدقيق.

هذا وتصنف بروتينات الدقيق كمايلي:

1.الألبومينات:

وهي تنحل في الماء والمحاليل الملحية.

2.الغلوبولينات:

وهي قليلة الذوبان في الماء، لكنها سريعة الذوبان في المحاليل الملحية.

3.البرولامينات:

اسمها مشتق من (البرولين + الأمين)، وهي بروتينات منحلة في المحاليل المائية للكحولات. وأهمها الغلياداين: وهو متسّيل، قليلة المطاطية، وهو يساهم في تحديد حجم الخبز.

4.الغلوتيلينات:

هي بروتينات غير منحلة في المحاليل المعتدلة والمحاليل الملحية والكحول لكن منحلة في المحاليل الحمضية والقلوية وفي المحاليل المرجعة للرابطة ثنائية الكبريت (دي سولفيت). وأهمها الغلوتينين: وهو قليل التسّيل، مرن، يشكل مستحلب في الأوساط الحمضية أو القلوية، يساعد في عمليات العجن عن طريق اتحاده بالزيوت.

يعد كل من الغلياداين والغلوتينين من أهم بروتينات دقيق القمح فاتحادهما بوجود الماء والأملاح الموجودة في الدقيق يكونان الغلوتين ***Glutein*** الذي يتحكم كماً ونوعاً بنوعية الدقيق وبالتالي العجين والمنتجات الخبيزية.

الألبومينات والغلوبولينات تشكل حوالي (***10%*** تقريباً) من البروتين الكلي أما من حيث النوعية فهي قليلة الأهمية على مواصفات الخبز الناتج.

إن البروتينات الأربعة المذكورة تختلف عن بعضها من حيث محتواها من الأحماض الأمينية.

كمية الرماد:

الرماد هو المادة غير العضوية المتبقية عند حرق الطحين عند درجة حرارة محددة. تتناقص المواد المعدنية المشكلة للرماد ضمن الحبة من الطبقات الخارجية باتجاه مركز الحبة، حيث يحتوي مركز الاندوسبيرم على % 0.3 في حين تحتوي النخالة على % 6-8 رماد. تعتبر نسبة الرماد عامل يمكن من خلاله تحديد نسبة الاستخراج، لذلك تستخدم في تصنيف الطحين. حيث يصنف الطحين في دول السوق المشتركة كما في بلدنا وفق لنسبة الرماد.

الحموضة:

تتعلق حموضة الدقيق بشكل أساسي بوجود الحموض الدسمة فيه، والتي تعتبر نواتج تحلل الدهون بالحلمهة، وكذلك بوجود المركبات الفوسفاتية الحامضية والمتشكلة

نتيجة لتحلل المركبات العضوية الفسفورية، كما تؤثر نواتج حلمهة البروتين أيضاً بدرجة محدودة وليست كبيرة على حموضة الدقيق، كما لا يهمل دور الحموض العضوية مثل حمض اللبن وحمض الخل وحمض الحماض وغيرها من الحموض أيضاً.

وتزداد حموضة الدقيق بشكل كبير في الأيام الأولى لعملية الطحن خلال (15-20) يوم وبعد تخزين الدقيق بعد هذه الفترة يلاحظ أن حموضته تزداد بشكل بطيء جداً. وتزداد الحموضة بارتفاع نسبة الاستخراج وزيادة الرطوبة ودرجة الحرارة أثناء التخزين.

إن نواتج الأكسدة لها دور في عملية تبييض الدقيق إيجابياً، ودور آخر سلبي في إعطاء الطعم المر للدقيق بسبب تشكل الألدهيدات ومواد أخرى غير مرغوبة.

الخواص التكنولوجية:

الغلوتين:

الغلوتين هو البروتين الأساسي في العجين المصنع من دقيق القمح، وهو المسؤول عن خواص اللزوجة والمرونة المميزة للعجين وهو المسؤول عن الاختلافات في جودة الخبز، وبشكل خاص هو الجزء الغير منحل من بوليمير الغلوتين HMW الذي يؤدي إلى الاختلاف في قوة العجين وجودة الخبز بين أنواع دقيق مختلفة.

يتشكل الغلوتين (الدابوق) بخلط الغليادين والغلوتنين مع الماء، والغلوتين هو المسئول عن إعطاء الشبكة العجينية المترابطة، وعند تحرر غازات التخمر بواسطة الخميرة المضافة تعمل هذه الشبكة على حجز هذه الغازات ومنع إفلاتها خارجاً، وبالتالي تعمل على نفخ العجين وتأمين الحجم اللازم للمنتج.

تقيم جودة الغلوتين بواسطة الاختبارات الريولوجية، وتعتبر الاختبارات الريولوجية مهمة حيث ترتبط خواص منتجات الفرن مع الخواص الريولوجية للعجين ويمكن من خلالها أيضا تحديد بنية العجينة.

إن الكمية الإجمالية للآزوت لا تتغير عملياً أثناء التخزين، لكن خزن الدقيق لفترة طويلة تؤدي إلى انخفاض كمية الغلوتين المغسول وانخفاض السعة المائية لهذا الغلوتين.

ويعد الدقيق قوياً، كلما احتوى على كميات كبيرة من الغلوتين ذي المواصفات الفيزيائية الجيدة.

الفعالية الأميلازية:

محتوى الحبوب من β- أميلاز يعتبر كاف، أما بالنسبة لمقادير **α** – أميلاز فهي تتعلق بنوع القمح وظروف الإنبات (حرارة، رطوبة، مطر،..) وتزداد فعالية الأنزيم بزيادة عملية إنتاش الحبوب عادة.

وتبين المقارنة التالية الفرق في نسبة المنتج الأساسي بين كل من β- أميلاز و**α** – أميلاز:

الناتج الأساسي (60%) الناتج الثانوي (40%)

نشاء + β- أميلاز ⟵ المالتوز الديكسترينات

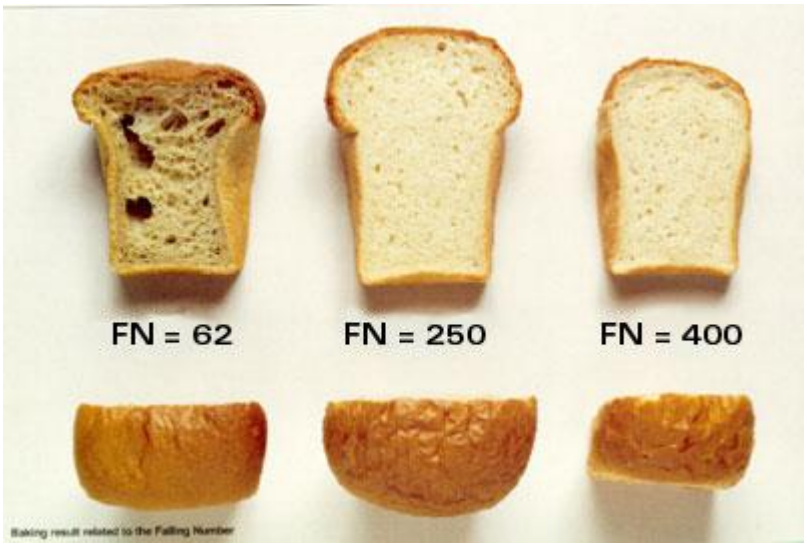
نشاء + **α** – أميلاز ⟵ الديكسترينات المالتوز

إن التأثير المشترك لكل من **α** وβ أميلاز مع بعضهما البعض يضمن تحلل أعظمي للنشاء.

يؤثر أنزيم **α** – أميلاز على زيادة تسيل النشاء بسبب تفكيكه إلى الديكسترينات والسكريات اللزجة، ففي حال كون الأنزيم ذي مقدار كاف في الدقيق فإنه يساعد على:

1. زيادة غاز CO_2 المتشكل.
2. الحصول على لون الخبز المناسب والتحكم به.
3. الحصول على خبز ذي مسامات صغيرة ومتجانسة.
4. زيادة قابلية العجين للاحتفاظ بالغاز وزيادة حجم الخبز.

لكن الزيادة المفرطة من الأنزيم أو القوة الأنزيمية تؤثر على لب الخبز وتزيد من لزوجته وعدد مساماته وبالتالي يكون حجم الخبز الناتج صغيراً. ويظهر الشكل (1) الفروقات بين شكل الخبز عند فعاليات أنزيم مختلفة.



الشكل (1)

الفصل الثاني

الخواص الريولوجية

مفهوم الريولوجيا: اللدونة ـ المرونة.

طرائق قياس الخواص الريولوجية:

ـ أثناء العجن:

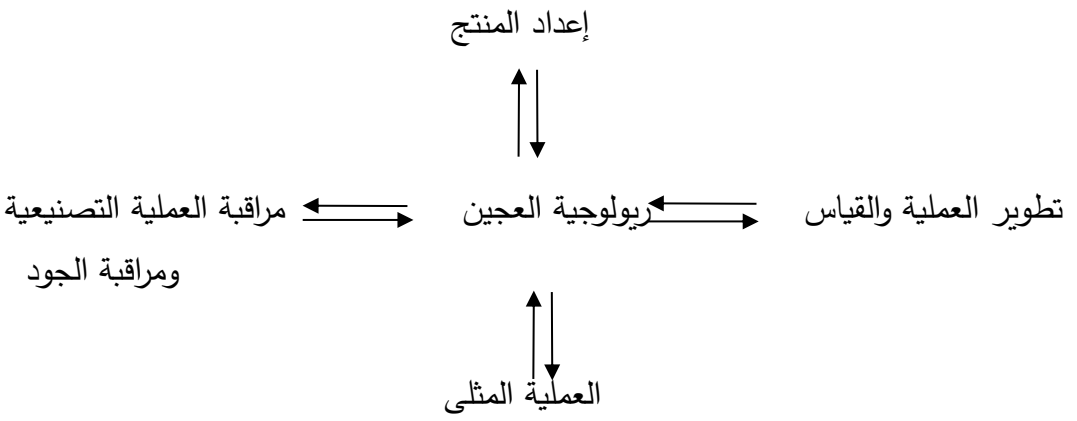
- الفارينوغراف.
- الميكسوغراف.

ـ العجين:

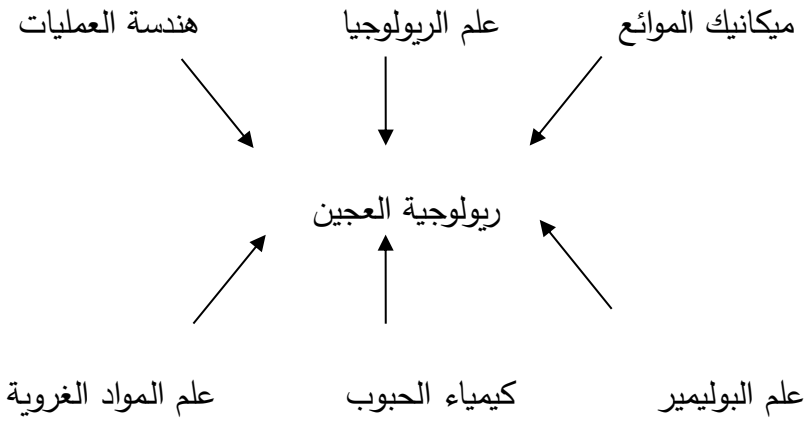
- الاكستنسوغراف.
- الألفيوغراف.

المظاهر الأساسية لريولوجية العجين

عند صـــناعة المنتجات الخبيزية نحتاج إلى تحديد كمي للعوامل التي تتحكم بريولوجية العجين, ويوضح الشكل (1-1) أسباب هذه الحاجة حيث تستخدم المعايير الميكانيكية الريولوجية في العديد من مراحل تصنيع المنتجات الجديدة, وللحصول على إنتاج ثابت خلال التصنيع يوجد عدة توقعات للخواص الريولوجية للعجين, ولكن تتطلب الدراسة العملية للخواص الريولوجية للعجين عدة مواضيع دراسية مختلفة كما يبين الشكل (2-1):



الشكل (1-1)



الشكل (2-1)

محاسن الاختبار الفيزيائي التجريبي:

1. يمكن إجراؤه بشكل سهل نسبياً وسريع مما يجعله عملياً.
2. يزودنا بمعرفة إرشادية (heuristic) كبيرة.

3. الأدوات المستخدمة في إجراء الاختبار ليست مكلفة.
4. اســـتخدام الأدوات لا يتطلب تدريب طويل في مجال العلوم الفيزيائية حيث أن الطرق المتبعة ثابتة تقريباً.

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

. المواد المرنة (Elastic) مثل النابض الفولاذي.

. المواد اللزجة (Viscous) مثل الزيت والماء.

. المواد اللدنة (Plastic) مثل عجينة الخبز.

وتعتبر 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 الصـــفتين على الثانية يعتمد على فترة التعرض للقوة المؤثرة.

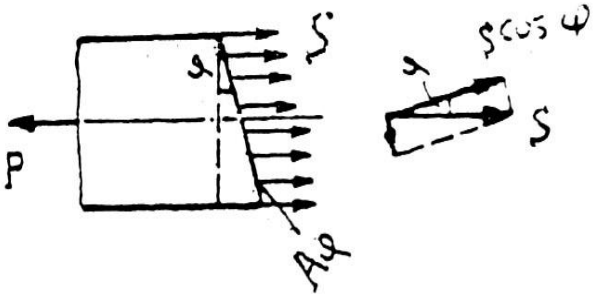
وعند التحدث عن الخواص الريولوجية للمواد لابد من التطرق إلى بعض المفاهيم الأساسية المتعلقة بها ومن أهمها:

الإجهاد (Stress) . التشوّه (Strain) . معدل التشوّه (Strain Rate):

الإجهاد: Stress

نقصد بالإجهاد القوة الداخلية المؤثرة على وحدة المساحة في نقطة معلومة من مقطع معين.

الإجهاد = القوة\ المساحة



من الممكن تحليل الإجهاد الكلي P إلى مركبتين:

مركبة عمودية على مستوى المقطع. تسمى بالإجهاد الناظمي (المستوي) Plane stress ويرمز إليها بالرمز σ.

مركبة تقع في مستوى المقطع. وتسمى الإجهاد المماسي (القص) Shearing stress ويرمز لها بـ τ.

ويُعبَّر عن رد الفعل أو التجاوب الريولوجي لأي مادة فيزيائياً بالاجهادات **(Stresses)**, والتي بدورها يعبر عنها حسابياً كتابع (functions) لكل من التشوه ومعدل التشوه أو التشوه والزمن.

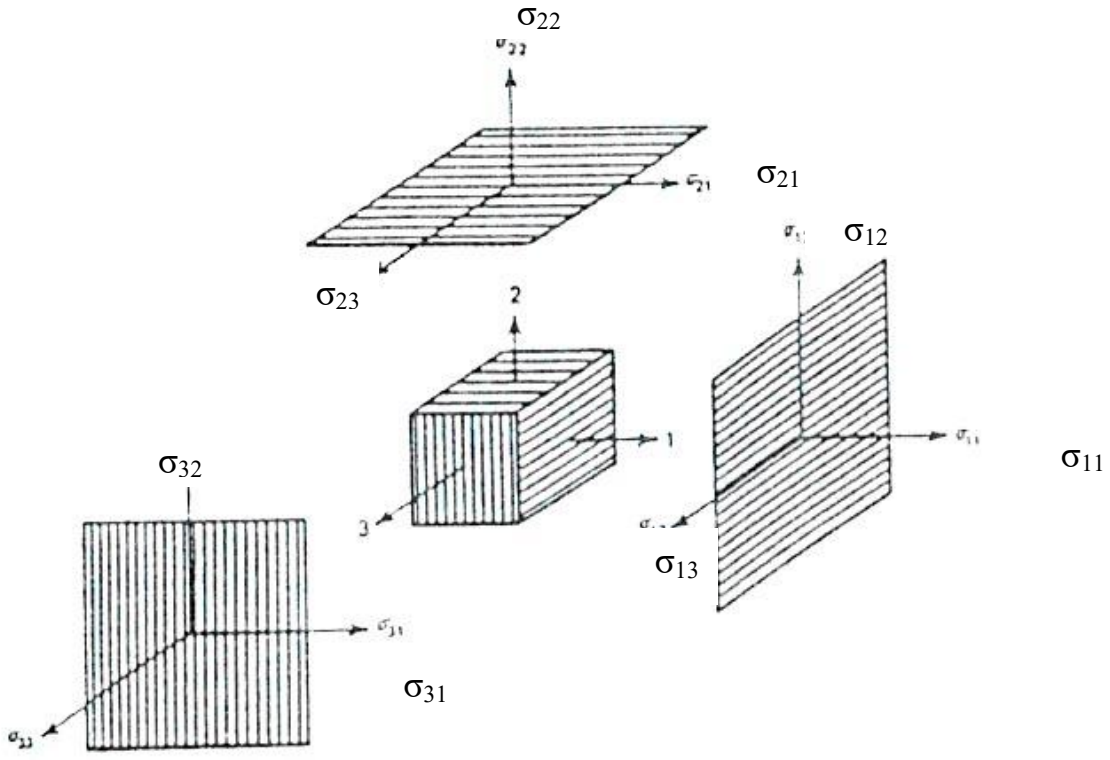
يعبر عن الإجهاد **(Stress)** فيزيائياً بأنه قياس القوة المطبقة على مادة تحت تأثير قوى خارجية، ويمكن للجسم أن يقوم برد فعل بـــ 9 اجهادات **(Stresses)** والتي تمثل بواسطة إجهاد الشد (the stress tensor) الشكل (3-1)، ولكن عملياً تكون 6 اجهادات **(Stresses)** فقط مستقلة ومرتبطة بكل نقطة في الجسم.

هناك نوعين من الاجهادات:

الأول: يؤثر في اتجاه موازي لأسطح المادة التي تتشوه تدعى اجهادات القص (Shear-stresses-).

الثاني: يؤثر في اتجاه عمودي على أسطح المادة التي تتشوه ويدعى اجهادات طبيعية (Normal stresses).

إن خاصية الإجهاد **(Stress)** ضرورية من أجل تحديد الخواص الريولوجية للمادة.



$\upsilon_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{33}$ ⟶ NORMAL STRESSES (اجهادات طبيعية)

$\sigma_{ij}, i \neq j$ ⟶ SHEAR STRESSES (اجهادات قص)

الشكل (3-1)

التشوّه: Strain

عملياً إن أي مادة تتشـــوه تحت تأثير قوى خارجية، وإن الكمية الريولوجية (rheological quantity) المتعلقة بالتشـويه هي **التشـوّه (Strain)**, وهو مقدار الإزاحة النسـبية بين جزئيات المادة، وهو أيضاً مقدار الشد (tensorial quantity) وكونه قياس نسبي للتشوه فإنه يعرّف بأنه نسبة كميتين لهما واحدة طول وبالتالي هو عدد لابعدي.

يعبَّر عن التشوّه عادة بالكمية النسبية (γ):

في حالة الشد أو الضغط:

$$\gamma = \Delta l / l_0 = (l - l_0) / l_0$$

l_0: طول العينة قبل الشد.

l: طول العينة بعد الشد.

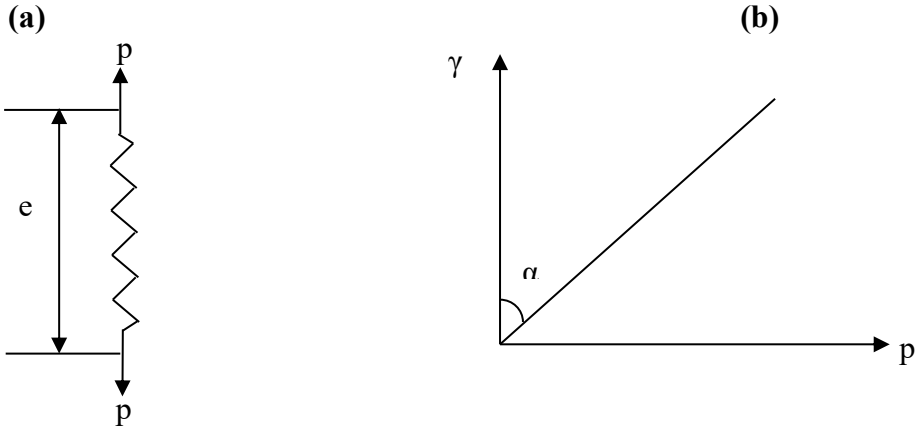
Δl: الاستطالة المطلقة.

في حالة الانزياح الجانبي:

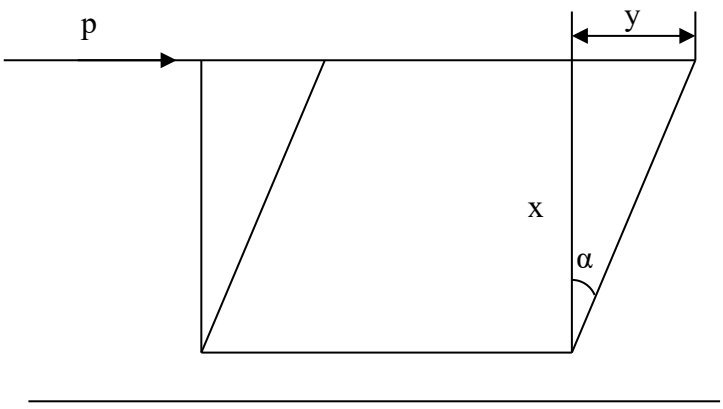
$$\gamma = dy / dx \quad or \quad \gamma = y / x = \tan\alpha$$

y : مسافة انتقال الطبقة.

x : ارتفاع الطبقة فوق السطح.



الشكل (4-1) نموذج جسم مرن مثالياً (a) وعلاقة التشوه بالإجهاد المطبق (b)



الشكل (5-1) مخطط يعبِر عن تشوه الانزياح

يدعى الجسم مرناً مثالياً إذا كان تشوهه عكوساً، ويحصل تشوه هذه الأجسام وفقاً لقانون هوك المعبر عن التناسب الطردي الخطي بين الإجهاد المطبق (القوة مقسومة على مساحة السطح المؤثرة فيه $p = F/S$) والتشوه النسبي الحاصل (γ).

ويأخذ قانون هوك الشكل التالي:

$$P = E\,\gamma$$

حيث يعبر معامل التناسب (E) المسمى معامل المرونة عن صلابة الجسم.

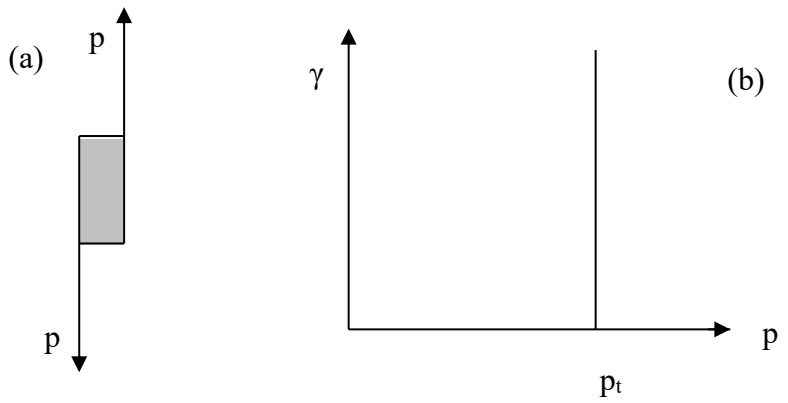
يتجلى الجسم المرن بالعلاقة الخطية بين (γ) و(P) كما في الشكل (1-4b)، وفي عودة الجسم إلى شكله الأصلي بعد رفع الإجهاد الخارجي (الحمل المطبق).

يدعى الجسم لدناً إذا كان تشوهه معدوماً مادام الإجهاد المطبق أصغر من قيمة ما (p_d) (حد الجريان)، ويتحول إلى سائل بسرعة كبيرة عند بلوغ هذا الإجهاد، أي أنه:

إذا كان $p<p_d$ يكون $\gamma = 0$ و $\gamma^0 = 0$ حيث (γ^0) سرعة التشوه النسبي (معدل التشوه).

إذا كان $p=p_d$ يكون $\gamma > 0$ و $\gamma^0 > 0$.

يتصرف الجسم اللدن المثالي كتصرف سطحين خشنين مرصوصين معاً، ولايمكن للقوى المماسية أن تزيحهما عن بعضهما البعض إلا إذا تغلبت على قوى الاحتكاك ويوضح الشكل (1-6) نموذجاً لهذه الأجسام.



الشكل (6-1) نموذج لجسم لدن مثالي (a) وعلاقة تشوهه بالإجهاد المطبق (b)

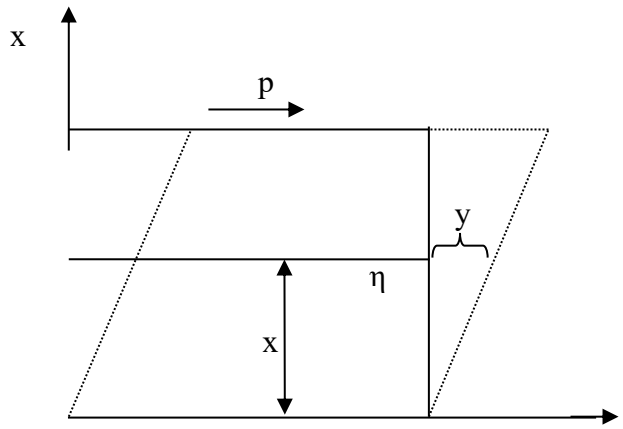
وتختلف الأجسام اللزجة عن الأجسام اللدنة في أن الأولى تستجيب عند تطبيق أي إجهاد عليها مهما كان صغيراً (P_d =0)، وفي حالة الأجسام اللزجة المثالية (عديمة البنية) تطبق المعادلة التالية:

$$P = \eta(d\gamma/dt) = \eta\,\gamma^0$$

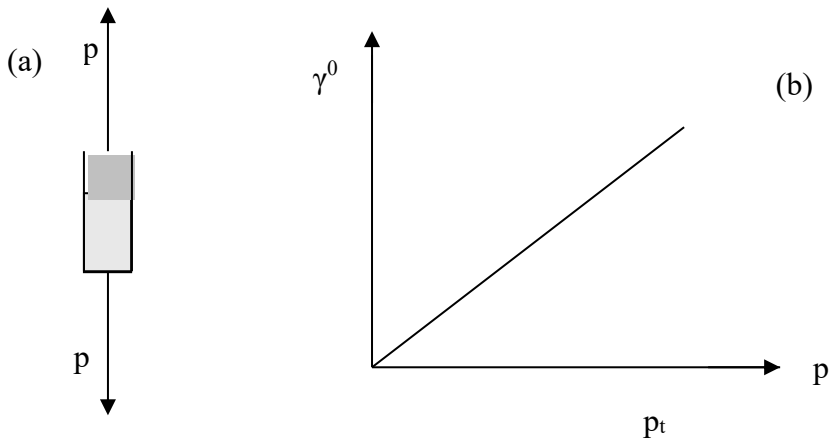
حيث (y) انزياح الطبقة (η) التي تبعد مسافة (x) عن الحواف المثبتة للجملة خلال الزمن.

ويوضح الشكل (7-1) نموذجاً لجريان جسم لزج مثبت من أحد طرفيه.

ويعبر عادة عن هذه الأجسام بالنموذج المبين في الشكل (8-1) وتكون من أجلها العلاقة خطية بين سرعة التشوه (γ^0) والإجهاد (p).



الشكل (7-1) مخطط جريان جسم لزج مثبت من أحد طرفيه



الشكل (8-1) نموذج لسائل لزج مثالي (a) وعلاقة سرعة تشوهه بالإجهاد لمطبق (b)

معدّل التشوّه: Strain Rate

عندما تسبب القوى الخارجية تدفق المادة تظهر كمية ريولوجية (rheological quantity) أخرى، وهي المعدل الذي يحصل عنده التشوه وتوصف هذه الكمية بواسطة كمية شدية (tensorial quantity) أخرى وهي معدل التشوّه (Strain Rate) وبوحدات الزمن العكسي. وفي المعايير الرياضية إن معدل التشوّه (Strain Rate) هو مشتق الزمن للتشوّه المطبق.

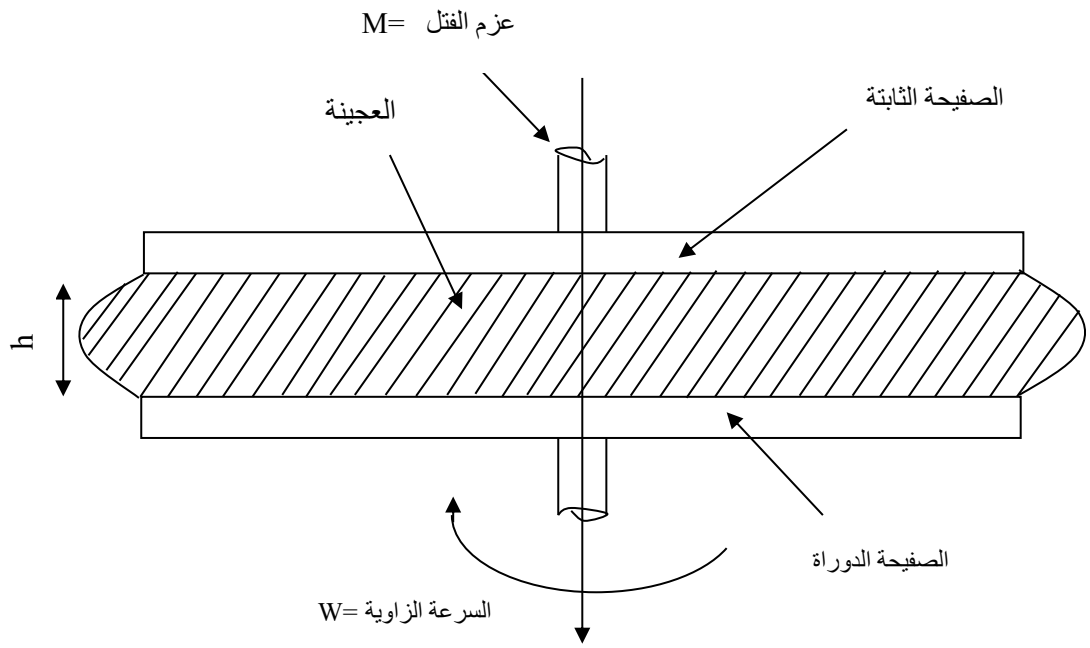
توضح عملية خلط العجين بشكل جيد الاختلافات الممكنة في مراحل التشويه عند معايير تصنيعية مختلفة، وتختلف الـ histories المطبقة بواسطة الخلاطات المخبرية (Laboratory mixers) عن تلك المطبقة بواسطة خلاطات المعمل التجريبية (Pilot plant mixers)، وكذلك تختلف هذه الأخيرة عن الخلاطات المعملية (plant scale mixers)، وبشكل عام تكون سرعة ذراع الخلاط معلومة لكن ترتيب الذراع والوعاء من المحتمل أن يكون مختلفاً في الخلاطات المختلفة.

هذين العاملين الذراع وترتيب الوعاء سيؤديان إلى تشوه العجين حتى في حال التشغيل بنفس سرعة الذراع. وفي المعايير الريولوجية (Rheological terms) تطبق الخلاطات تشوهات (strains) مختلفة ومعدلات تشوّه (Strain Rates) مختلفة على العجين، وبأي حال فإنه عند تطبيق نفس التشوهات (strains) ومعدلات التشوّه (Strain Rates) على العجين وبغض النظر عن حجم الخلاط فإن العجين الناتج يتمتع بنفس الخواص الفيزيائية، ولكن لسوء الحظ لا تتوفر لدينا طريقة لحساب التشوهات ومعدلات التشوّه الناتجة عن الخلاطات.

سلوك الإجهاد . تشوه (Strean- strees):

قد يكون أكثر جهازين نجاحاً من ناحية محاولة مجاراة الشـــروط الحركية خلال تصـــنيع الخبز هما الاكســـتنســـوغراف والألفيوغراف، حيث أن نماذج التشـــوهات تكون مشـــابهة لتلك التي تحدث خلال عملية التخمر والانتفاخ داخل الفرن، وعلى الرغم من ذلك توجد عدة عوائق ومن أهمها أن معدلات التخمر المطبقة على العجين المُختبر أعلى من تلك الموجودة عملياً. وتتطلب الحسابات والتحليلات المفصلة الحصول على فكرة محددة عن الخصائص المادية للعجين.

والمعالجة البديلة المقترحة تعتمد على التحسـينات الشـديدة لعلم القوى المحركة للقياسـات الريومترية في عينة العجين المتوضـعة بين صـفيحتين. كما هو موضـح في الشـكل (1-9) حيث أن القيمة الجبرية لتوزع معدل القص وإجهاد القص تظهر بشكل واضـح في هذا الشكل عند حافة الصـفيحة وفي كلتا الحالتين تظهر عينة العجين على شـكل قرص بقطر حوالي 2.5cm وارتفاع 0.25cm.



السرعة (Vilocity field) $=V_\theta = rzW/h$

معدل القص عند R (Shear rate at R) $= \gamma_R = RW/h$

إجهاد القص عند R (Shear Strees at R) $= \tau = 2M/\pi R^3$

الشكل (1-9)

إن عينة العجين الموضوعة بين الصفيحتين موضحة في الشكل (9-1). الصفيحة السفلية تدور بسرعة زاوية ثابتة (W) حيث أن دورانها يعطي ارتفاع لمعدل القص الثابت عند حافة الصفيحة.

يتم قياس الفتل عند الصفيحة العليا ويمكن حساب إجهاد القص عند حافة الصفيحة من المعادلة التالية:

$$\tau = 2M / \pi R^3$$

حيث أن ذلك اختبار لمعدل قص ثابت، يمكن الحصول على تشوّه القص الكلي الذي يطبق على عينة العجين بواسطة مضاعفة معدل القص مع مرور الزمن.

المائع الحقيقي والمائع المثالي:

يقصد بالمائع المثالي المائع الذي يحقق الشروط التالية:

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

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

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

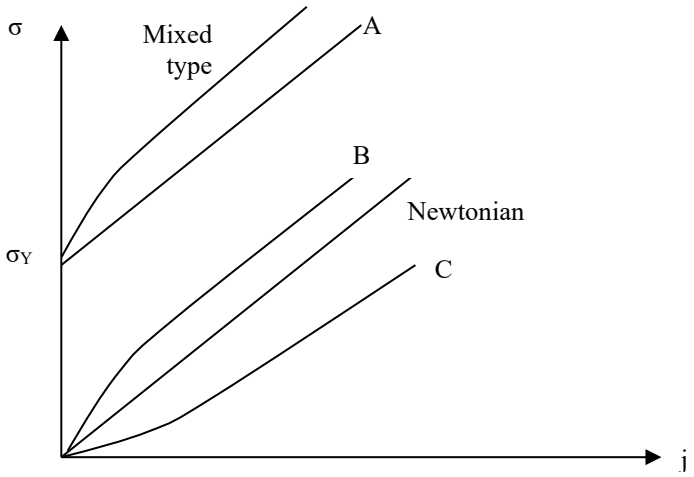
- سوائل نيوتونية: لا توجد علاقة بين مقاومة الاحتكاك لهذه السوائل وقيمة القوة المطبقة (Shear-independent).
- سوائل غير نيوتونية: تظهر معظم المواد علاقة معقدة بين معدل وإجهاد القص، حيث يمكن أن نميّز الأشكال التالية:

* 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 (10-1) 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 (10-1).

توجد مجموعة خاصة من السوائل البلاستيكية الكاذبة تسمى (Mixed type). لا تبدأ هذه المجموعة بالاستجابة للقوة المطبقة إلا بعد عتبة أو قيمة حدية من أمثلتها الكاتشب، الشكل (10-1).

* السوائل المتمددة (Dilatent): هذه المجموعة معاكسة تماماً للسوائل البلاستيكية الكاذبة، حيث تزداد اللزوجة الظاهرية لهذه المواد بزيادة معدل القص، مثل محلول مركز للنشـــاء والفواكه الملبســة بالســكر، تعود هذه المواد إلى لزوجتها الأصــلية عند زوال القوة المؤثرة، المنحني (C) الشكل (5-1).



الشكل (10-1) العلاقة بين معدل القص (j) وإجهاد القص (σ) للأنواع المختلفة من السوائل غير النيوتونية

قياس اللزوجة: Viscometry

جريان القص Shear flow:

يهدف قياس اللزوجة إلى تحديد العلاقة بين معدل القص (shear rate) وإجهاد القص (shear stress) المطبق على مادة في حالة ثابتة، فإذا كان الإجهاد متناسباً مع معدل القص عندها نصف المادة على أنها مائع نيوتوني، وتكون نسبة الإجهاد إلى معدل القص هي معامل اللزوجة.

ويصـنف العجين بين الموائع اللانيوتونية وتدعى النسـبة السـابقة باللزوجة الظاهرية. ومن السهل تفسير الاختبارات عندما يكون معدل القص متجانساً على كامل القطعة الخاضعة للاختبار ويتحقق هذا الشـرط عند التدفق بين اسـطوانات متحدة المركز وبحيث تكون المسـافات بينها قليلة أو في حالة التدفق بين صـفيحة ومخروط بحيث تكون الزاوية الحرة بينهما صـغيرة، وعند استخدام هذه الأجهزة يتم تسجيل إجهاد القص (shear stress) مع الزمن.

بعد تطبيق معدل قص (shear rate) ثابت يزداد إجهاد القص (shear stress) حتى معدل محدد وذلك بسبب رد الفعل المرن (Elastic response) للعجين، ونجد اعتماداً على ميل منحنيات الإجهاد مع الزمن أن إجهاد القص يزداد قليلاً مع ازدياد معدل القص.

عند معدلات قص تصـــل حتى 2×10^{-2} sec^{-1} يقترب إجهاد القص تدريجياً من قيمة ثابتة، وعند معدلات قص أعلى يصـــل إجهاد القص إلى قيمة عظمى ومن ثم ينخفض ثانية مما يدل أن تحطم البنية هو نتيجة التطبيق المستمر لإجهاد القص.

تعتمد الطريقة التقليدية لتحديد لزوجة ســائل ما على جعله يتدفق عبر انبوب أســطواني وإيجاد العلاقة بين تدرج الإجهاد ومعدل حجم التدفق

(The relation between the pressure gradient and the volume rate of flow). وإن هذا النوع من التدفق غير متجانس أي يكون معدل القص معدوماً عند محور الأنبوب بينما يكون أعظمياً عند جدرانه.

وبالرغم من ذلك يكون التفسير بالنسبة للموائع النيوتونية سهلاً ويكفي إجراء قياس واحد، ويمكن أن نســتخدم طريقة التدفق عبر انبوب أســطواني لإيجاد العلاقة بين معدل القص وإجهاد القص في الموائع اللانيوتونية. وعندما يكون منحني العلاقة بين معدل القص وإجهاد القص بشكل خط مستقيم فهذا يدل على أنهما يخضعان لقانون الطاقة:

$$\tau = \tau_0 .(D / D_0)^n$$

حيث:

D: معدل القص. D_0: معدل القص المرجعي (يتم اختياره عشوائياً).

τ: إجهاد القص. τ_0: إجهاد القص عندما $D=D_0$.

n: الأس exponent.

من أجل الموائع النيوتونية $n=1$.

جريان الشد: Extension flow

يعبَّر عن عملية الشد **(Extension)** بحسب مقياس Hencky بأنه اللوغاريتم الطبيعي للطول الفعلي للقطعة المختبرة إلى الطول الأولي لهذه القطعة، ويتناســب إجهاد الشــد مع قياس مقدار التمدد فوق مجال كبير من الشد.

تقنيات الشد:

هناك عدة أصناف لقياسات جريان الشد **(Extension flow)** تتضمن الشد البسيط أحادي المحور (Uni axial extension)، الفتل (Fibre wind-up or spinning) الجريان التجميعي (Converging flow)، التدفق الشــعري (Capillary extrusion)، وهناك عدة طرائق مستخدمة لقياس الخواص الريولوجية للعجين بواسطة الشدّ: مثل الشدّ البسيط أحادي المحور حيث يتم فيه شــدّ العجين باتجاه واحد. والشــدّ ثنائي المحور حيث يتم فيه شــدّ العجين

باتجاهين والذي يمكن إجراؤه عن طريق ضغط العجين بين سطحين أو بواسطة انتفاخ الفقاعة (bubble inflation).

الشد أحادي المحور: Uni axial extension

وهو أحد أقدم طرق الاختبار وأكثرها استخداماً لقياس خصائص المواد. بحيث يتم تثبيت نهايتي قطعة طويلة رفيعة من المادة ومن ثم يتم شد إحدى النهايتين بمعدل ثابت بواسطة أداة اختبار مناسبة ويتم قياس القوة بنفس الوقت بناءاً على قيمة الإزاحة الحاصلة في المادة ويتم رسم مخطط القوة . الإزاحة (التمدد).

يمكن أن تؤدي اختبارات الشد إلى تمدد منتظم تقريباً للعينة ويتم تقسيم القوة والتمدد على الأبعاد الأصلية للعينة للحصول على الإجهاد والتشوّه، ويسمح بالتخلص من الأبعاد الهندسية للعينة كأحد المتغيرات لكن بالنسبة للعجائن الخاضعة لتشوّه شدي كبير يجب أن يتم قياس التغير الفعلي الذي يطرأ على أبعاد العينة، وإن ميل منحني الإجهاد ـــــ التشوّه يعبّر عن الصلابة أو المرونة.

لقد بينت دراسات الباحثين حول اختبار الشد أحادي المحور أن السلوك الريولوجي للعجين لا يرتبط بعلاقة خطية مع الإجهاد أو مع معدل الإجهاد.

الشد ثنائي المحور: Biaxial extension

في اختبارات الشد ثنائي المحور يتم شد العينة بمعدلات متساوية باتجاهين متعامدين في مستوٍ واحد. وإن أكثر الطرائق استخداماً في قياس خصائص الشد ثنائي المحور للمواد الغذائية هي تقنيات الانتفاخ والضغط بين صفائح مسطحة باستخدام سطوح مزيّتة حيث يتم الحصول على جريان شدي بدون حصول احتكاك.

من الإيجابيات الأساسية لهذا الاختبار هو أن التشوه الحاصل مشابه للتشوه الحاصل عملياً في جدران الخلايا المحيطة بفقاعات الغاز المتمددة ضمن العجين أثناء فترة التخمر وفي الفرن.

مفهوم الريولوجيا: Rheology

الريولوجيا هي العلم الذي يدرس جريان وتشوه المواد. وبشكل عام لقياس السلوك الريولوجي لمادة ما يتم تطبيق إجهاد أو تشوه محدد مضبوط على هذه المادة لمدة زمنية محددة ومن ثم يتم قياس رد فعل القوة الناتجة (أو بالعكس) وذلك لتقديم دلالة عن معايير هذه المادة مثل القساوة واللزوجة والتصلب وقوة متانة المادة.

تتضمن الأهداف العامة للقياسات الريولوجية مايلي:

1. الحصول على وصف كمي للخصائص الميكانيكية للمادة.
2. الحصول على المعلومات المتعلقة بالبنية الجزيئية وبتركيب المادة.

3. توصيف ونمذجة أداء أو فعالية المادة خلال التصنيع ومن أجل ضبط الجودة.

يمكن استخدام المبادئ الريولوجية في عملية التحكم والتصميم وكأداة لنمذجة رد فعل المادة تجاه عمليات الجريان المعقدة وتجاه شروط التشوه التي نصادفها غالباً في مواقع التصنيع العملية التي لا يمكن الوصول إليها في القياسات الريولوجية التجريبية.

يمكن أن يرتبط علم الريولوجيا بالعملية الإنتاجية حيث أنه يتم استخدام العديد من الاختبارات الريولوجية لمحاولة التنبؤ عن جودة المنتج النهائي مثل مقاومة العجين لعملية العجن والرق وسلوكه خلال عملية الشواء.

إن معظم الاختبارات الريولوجية يتم إجراؤها تحت شروط إجهاد القص (shear stress)، بينما تكون تشوهات العجين ذات الإجهاد الكبير ذات طبيعة شدية (اجهادات شد) (tension strain) وإن إجهادات القص (shear stress) ذات التشوه الكبير تبدي رد فعل مختلف تماماً عن اجهادات الشد.

خواص المواد والمعادلة الريولوجية للحالة:

إحدى مزايا التشوه المحدد وعمليات التدفق في معايير الإجهادات والتشوهات هي إمكانية تحديد الخواص الريولوجية الأساسية تجريبياً. ويوجد ثلاث تعاريف أساسية عامة تُستخدم لتحديد اللزوجة (Viscosity) والمعاملات (Modulus) والتجاوب (compliance) كما هو موضّح في العلاقات التالية:

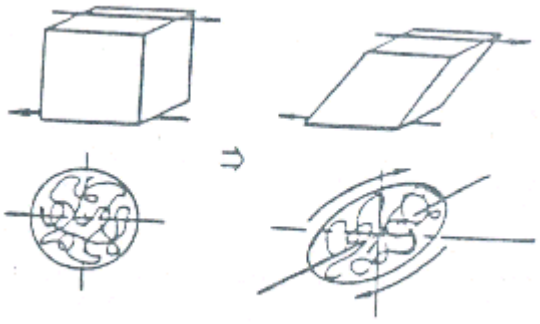
$$\text{Viscosity} = \text{stress/strain rate}$$
$$\text{Modulus} = \text{stress/strain}$$
$$\text{Compliance} = \text{strain / stress}$$

وتعطي لزوجة القص قياس للمقاومة التي نواجهها في جعل المادة تتدفق تحت شروط القص. وبالنسبة للسوائل ذات الوزن الجزيئي الصغير جداً تعتمد لزوجة القص على الوزن الجزيئي وعلى توزع الوزن الجزيئي وعلى تركيز البوليمير.

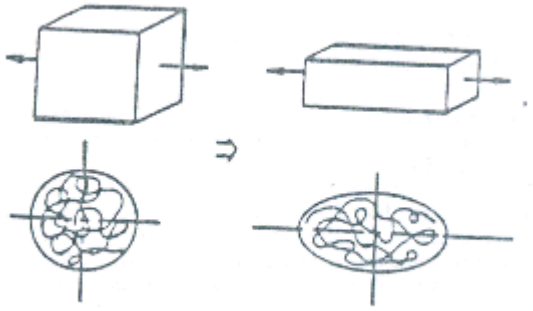
وبالنسبة للأنظمة الصمغية تعتمد هذه الأنظمة بشكل كبير على تركيز الجزيئات وعلى الشكل وعلى نوع وقوة الروابط الجزيئية. إن معرفة لزوجة القص ضرورية من أجل تحديد شروط درجة حرارة الخزن والشواء المثلى وعلى الرغم من هذين التطبيقين الأخيرين فإنه نظرياً ستكون لزوجة الشد أكثر ملائمة، حيث تعطي لزوجة الشد قياس للمقاومة التي نواجهها في جعل المواد تتدفق تحت تأثير عملية المط.

لا تتطلب كل عمليات التدفق وجود تشوهات قص واحدة، مثلاً عملية رق العجين التي يتم فيها تمدد العجين بشكل كبير إضافة إلى تدفق القص بين الاسطوانات، ومثال آخر هو عملية تمدد الخلية تحت تأثير الغاز خلال عملية تخمر العجين وارتفاع درجة حرارة الفرن. تعمل الطرائق

التجريبية الناجحة مثل برابندر اكستنسوغراف حسب نموذج لزوجة الشد. يوضح الشكل (11-1) الفرق بين تشوه الشد (Extensional deformation) وتشوّه القص (shear deformation).



a-shear deformation



b-Extensional deformation

الشكل (11 -1)

تسمح لنا عملية توصيف القوى والتشوهات بحسب قوانين الاجهادات والتشوهات بتحديد الخواص الفيزيائية الطبيعية للمواد، وتعرّف هذه الخواص الفيزيائية الأساسية في علم الريولوجيا بخصائص المادة. وتكون الخواص الريولوجية للمادة مستقلة عن عدة عوامل مثل الاختبارات الهندسية وحجم العينة.

وهناك فائدة أخرى للتعبير عن المواصفات الريولوجية من حيث التشوهات والاجهادات وهي أن المعلومات الناتجة يمكن التعبير عنها من خلال المعادلة الريولوجية للحالة.

يتم إعداد المعادلات الريولوجية للحالة من أجل جمع المعلومات حول مادة ما مثل السلوك المتوقع لهذه المادة تحت تأثير تشوهات معينة وبشروط تدفق مختلفة. ويعبر عن المعادلات الريولوجية للحالة حسابياً وهي تربط الإجهاد بالتشوّه والزمن (أو معدل التشوّه).

تطبيقات علم الريولوجيا في مجال منتجات الحبوب:

1. عملية العجن:

تعتبر عملية العجن عملية حرجة عند تصنيع المواد الغذائية فضلاً عن الدور الواضح للمكونات الخاضعة لعملية العجن ولبنية المادة الغذائية المتشكلة. فمثلاً عند تحضير العجائن السائلة وأنواع العجين الأخرى تقوم عملية العجن بتحسين لزوجة ومرونة الغلوتين وكذلك خصائص الغاز الموجود ضمن العجين.

وهناك علاقة وثيقة بين عملية العجن والتهوية وبين علم الريولوجيا، حيث أن تصميم الخلاط وعملية العجن (الخلط) ستؤدي إلى تحسين القوام وعملية التهوية والمواصفات الريولوجية إلى حدود مختلفة وبالتالي فإن المواصفات الريولوجية للمواد الغذائية تؤثر على الزمن والطاقة اللازمين للوصول إلى التكون الأمثل للمادة الغذائية.

ركزّت الدراسات التي أقيمت حول عملية العجن على النقاط التالية:

1. تأثيرات تصميم الخلاط وعملية العجن على تطور الخواص الريولوجية والقوام.
2. القياسات التجريبية للخواص الريولوجية أثناء عملية العجن أو استهلاك الطاقة.
3. تأثير المواصفات الريولوجية على نماذج عملية العجن وعلى أدائها.
4. نمذجة وتوقع نوع التشوه أثناء الخلط.

وعلى الرغم من الأهمية الواضحة لعملية العجن في تحسين الخواص الريولوجية وقوام العجين فإن المعلومات المتوفرة عن التغيرات التي تحصل أثناء المراحل المختلفة لعملية العجن قليلة.

ومن أهم الصعوبات المتعلقة بهذه الطرق من الاختبارات هي: عدم القدرة على أخذ ضياعات المحرك بعين الاعتبار مثل تأثيرات السطح والاحتكاك بين العجين والخلاط وتأثيرات عملية التهوية على الخواص الريولوجية.

لقد بينت الدراسات حول عملية العجن أنه يجب أن تكون سرعة عملية العجن والطاقة المقدمة فوق قيمة معينة وذلك لتقوية الشبكة الغلوتينية ولإنتاج خبز ذو نوعية جيدة. فعندما يتم تقديم كمية كافية من الطاقة ولزمن كافي يؤدي إلى إنتاج عجينة جيدة وبالتالي خبز ذو نوعية جيدة.

2. عملية الرق:

تعتبر عملية رق العجين بواسطة الاسطوانات عملية شائعة في مجال صناعة منتجات الحبوب. ويوجد العديد من المنتجات المختلفة والمواد الأولية التي تخضع لعملية الرق، ويختلف هدف عملية الرق بحسب نوع المنتج.

يتم رق العجين المخصص لصناعة الخبز في قالب معين لتشكيل قطع العجين ولضبط توزع فقاعات الغاز ضمن العجين، ويمكن أن يؤدي تكرار عملية الرق إلى تقوية الشبكة الغلوتينية في العجين المخصص لصناعة الخبز.

وتوجد عدة إجراءات رق مختلفة عن بعضها البعض فمنها أحادية الاسطوانة ومنها متعددة الاسطوانات، وبشكل عام يتغير شكل العجين خلال عملية الرق. وتحدد الخواص الريولوجية للعجين الضغوط والاجهادات خلال عملية الرق.

عندما يتم رق العجين المخصص لصناعة الخبز بشكل متكرر تتشكل الشبكة الغلوتينية التي تزيد من مرونة العجين وهذه الشبكة هي البنية الأساسية لصناعة الخبز، ويقاس تطور الشبكة الغلوتينية بمقدار الطاقة المستهلكة للحصول على العجين.

وأثبتت الدراسات أنه بقياس الطاقة المطلوبة فإن عملية الرق تتطلب %(15-10) من الطاقة المستهلكة أثناء العجن.

لقياس الخواص الريولوجية أثناء عملية الرق يمكن قياس القوة المطبقة على اسطوانات الرق وهذه القوة وقوة الفتل تعتمدان على قوة الدقيق، فالدقيق القوي يتطلب قوة أكبر وكذلك يؤثر قطر الاسطوانة وفجوتها على هذه القوة.

يمكن قياس الخواص الريولوجية للعجين بعد الرق مباشرة، وتزداد المقاومة في جهاز الاكستنسوغراف ولزوجة الشد مع تكرار عملية الرق ومن ثم تتناقص ثانية وتترافق اللزوجة العظمى مع الحجم الأعظمي للخبز الناتج.

لا توجد اختبارات قياسية لقياس الخواص الريولوجية لرقائق العجين واستخدمت عدة دراسات الاكستنسوغراف لتقييم عجينة الخبز وتستخدم الاختبارات القياسية العجين المستريح (الخاضع لفترة استراحة) بمستوى ماء متعلق بالعجينة.

تم وصف الخواص الريولوجية للعجين باستخدام قانون الطاقة والعلاقة بين الضغط ومعدل الإجهاد.

3.التخمر والشواء:

يعتبر التخمر مرحلة هامة في صناعة الخبز حيث أن تمدد فقاعات الغاز المندمجة مسبقا خلال عملية العجن يعطي البنية المسامية للخبز.

إن انخفاض كثافة العجين نتيجة زيادة حجم الغاز له تأثير في تخفيض اللزوجة ومعامل اللزوجة ولكن من الممكن أن تعمل انضغاطية الهواء على إبطال هذا التأثير وخاصة عند حجوم غاز أكبر وكثافات أقل.

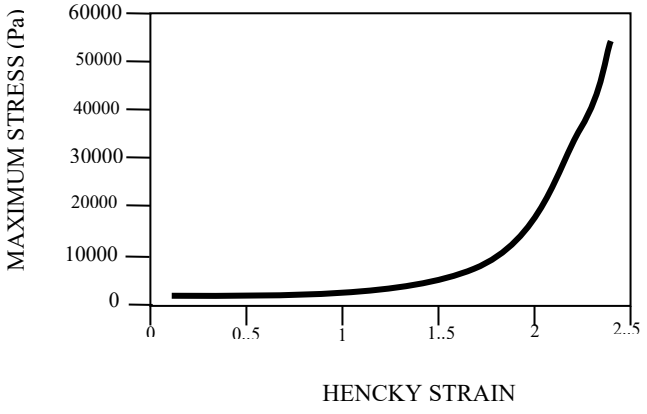
هناك طرائق أخرى لقياس الزيادة في ارتفاع وحجم المنتج المتخمر وذلك باستخدام عدة أجهزة مثل الريوفرمنتومتر أو الريزوغراف. تتغير المسامية مع زيادة ارتفاع العجين المتخمر خلال

مرحلتي التخمر والشـــواء ويحدد نمو فقاعات الغاز مقدار تمدد العجين وبالتالي الحجم الأعظمي للمنتج وقوامه.

يتعلق تمدد فقاعات الغاز بشكل مباشر بثباتية هذه الفقاعات وتعتبر الخواص الريولوجية لجدران الخلايا الغازية ذات أهمية كبيرة في المحافظة على ثباتية هذه الفقاعات وخاصـــة في حال عدم حصول نضج في مرحلة الشواء، وفي المحافظة على الغاز خلال مرحلة التخمر وبالتالي له أهمية في إعطاء القوام والحجم النهائيين للمنتج.

إن ضـــعف جدران الخلايا الغازية وعجزها عن اســـتيعاب تمدد هذه الخلايا يمكن توقعه باســـتخدام مقياس لقياس عدم الاســـتقرار في تمدد المواد البوليميرية ويدل هذا المقياس على أن الثباتية في تمدد المادة اللزجة والمرنة تعطي تشـــوّه أقل من التشـــوّه الذي يحدث عند الإجهاد الأعظمي في مخطط (القوة ــ التمدد) (Force-extension). ويعرّف هذا المقياس التشوّه الحرج الذي يحصـــل بعده وبشـــكل مؤكد تمزق جدران الخلايا الغازية، ويوّضـــح الشـــكل (12-1) العلاقة بين التشوّه والإجهاد الأعظمي.

إن التمدد المنتظم للغشاء اللزج والمرن أثناء عملية الانتفاخ يؤدي إلى عدم وصول التشوّه إلى القيمة العظمى، ويدل هذا المعيار أنه فيما بعد القيمة الحرجة للتشوّه تصبح المادة عاجزة عن التمدد بشكل متجانس وتصل إلى حالة انهيار حركي وعند التمدد الكبير للمواد يكون التشوّه اللدن منتظم على كامل العينات حتى الوصـــول إلى النقطة التي تكون عندها القوة أعظمية، وبعد هذه النقطة تبدأ القوة بالانخفاض وتحدث عندها عملية تشوّه لدنة غير منتظمة.



الشكل (12-1)

تســـمح عملية (strain hardening) لجدران الخلايا الغازية المتمددة بمقاومة الضـــعف وذلك بزيادة المقاومة الموضعية للتمدد، حيث تصبح سماكة جدران هذه الخلايا أقل ثخانة وتجعل الخلايا الغازية أكثر ثباتاً وأكثر قدرة على الاحتفاظ بالغاز وبذلك من المتوقع أن يكون العجين

الذي يتمتع بخصـــائص (strain hardening) جيدة عجين ذو قوام ناعم (خلايا غازية أصـــغر ذات جدران أقل ســـماكة وتوزع جيد للفقاعات ضـــمن العجين) وذات حجم خبز أكبر من العجين الذي يتمتع بخصائص (strain hardening) سيئة.

العوامل الفيزيائية المؤثرة على خصائص العجين:

أولاً: العمل الميكانيكي والزمن:

إن بعض التغيرات التي تطرأ على خصـــائص العجين خلال زمن معين هي في الحقيقة نتيجة للتفاعلات الكيميائية التي تحصل ببطء في العجين خلال الاستراحة. ويعزى النقص البطيء في مقاومة العجين غير الخاضع للمعاملة إلى التفاعلات البروتيوليتية والأمليوليتية.

وإن المثال الأكثر وضوحاً وتعبيراً عن تأثير العمل الميكانيكي على خصائص العجين هو عملية العجن التي ينتج عنها تشكيل العجين من خليط الدقيق والماء والمكونات الأخرى المضافة. وإن اسـتمرار عملية العجن بعد الوصـول إلى تشـكيل العجين يسـبب انهيار بنية العجين وهذا ما نسميه بالعجن الزائد (Overmixing).

وهناك تأثير آخر للعمل الميكانيكي يظهر في علاقة الإجهاد مع الزمن في اختبارات قياس اللزوجة (Viscometric) وذلك بتطبيق معدل قص (Shear rate) كبير بشـــكل كاف. ويؤدي القص في هذه الاختبارات إلى إنقاص اللزوجة الظاهرية، فإذا كان هذا النقص معتمداً على مقدار القص فقط عندها سـيحدث الإجهاد الأعظمي عند نفس القص بشـكل مسـتقل عن معدل القص.

وبشـكل عام يزداد القص عند الإجهاد الأعظمي بزيادة معدل القص. ويتضـح أن تحطيم بنية العجين يعتمد على مقدار القص ومعدل القص، ويمكن توضـيح تأثيرات عملية العجن والزمن على خصائص العجين من خلال تسجيل منحنيات التمدد ـ الحمولة (القوة) (load-extension عند فترات اسـتراحة مختلفة بين مرحلتي تشـكيل القطعة المختبرة وشـدها. وهكذا فإنه بعد عملية الخلط وبتقديم كمية قليلة من الطاقة تنقص مقاومة الشد بشكل تدريجي مع ازدياد فترة الاستراحة.

وتعمل عمليتي التكوير وإعطاء الشـــكل للقطعة المختبرة على تغيير بنيتها فتجعلها أكثر مقاومة للتشـوه ويدعى هذا بالتنشـيط البنيوي. وتكون زيادة المقاومة كنتيجة لاصـطفاف جزيئات الغلوتين بشـــكل جيد مما يســـمح بتشـــكيل عدد أكبر من الروابط الفيزيائية التصـــالبية بين هذه الجزيئات.

وتتبع عملية التنشـــيط البنيوي بالاســـتراحة البنيوية وعودة تلقائية إلى العينة المتوازنة مع عدد أقل من الروابط المتصـالبة ومقاومة أقل لعملية الشد، ويتم التعبير عن الاستراحة البنيوية في العديد من الحالات بواسطة معادلة القطع الزائد (hyperbolic equation) كمايلي:

$$R= R_a+ C/t$$

حيث أن:

R: المقاومة المقاسة عند قوة شد ثابتة وهي مصححّة بسبب إزاحة الحاضنة.

t: فترة الاستراحة (الارتخاء).

R_a: Asympotic Resistance or Asympotic Load.

C: ثابت الارتخاء البنيوي.

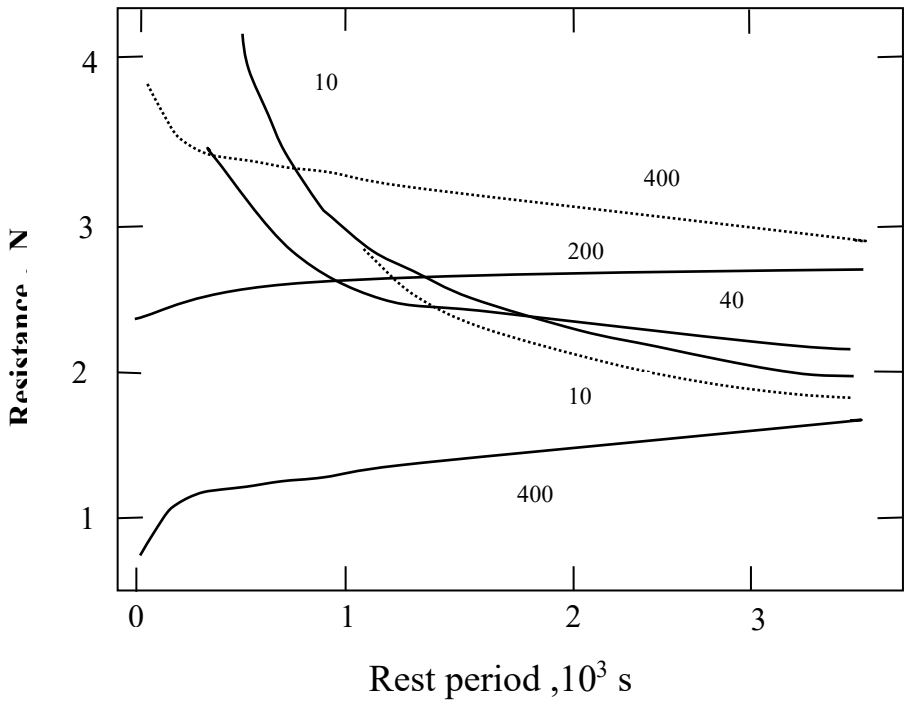
R_a وC: هما معياران يتم تعديلهما حتى يناسبا مجموعة القياسات بعد فترات استراحة مختلفة.

المقاومة المقابلة للمستوى الأعظمي للطاقة تكون صغيرة ومن ثم تزداد مع ازدياد فترة الاستراحة ويستعيد العجين بنيته بدلاً من ارتخائها، ومن أجل حدوث هذه الظاهرة يجب أن يتحقق شرطان هما:

1ً). يجب أن تكون عملية العجن شديدة أي أن يزيد مقدار الطاقة عن الحد المثالي اللازم في صناعة الخبز.

2ً). يجب أن يحتوي الوسط المحيط بعملية العجن على كمية كافية من الأوكسجين.

بعد الخلط بوجود الهواء مع إستخدام طاقة كبيرة فإن مخطط منحنيات المقاومة ـــــ زمن الإستراحة تأخذ عدة أشكال كما يوضح الشكل (13-1):



الشكل (13-1)

- الخط البياني المستمر يدل على عملية العجن بوجود الهواء.
- الخط البياني المنقط يدل على عملية العجن بوجود الآزوت.

تشـكل عملية الرقّ تطبيق عملي لتأثير العمل الميكانيكي على خواص العجين ويمكن أن تؤدي عملية رقّ العجين إلى إنضاجه بشكل كامل. وإن تكوين العجين بواسطة عملية الرقّ يحتاج إلى طاقة أقل منها عند إنضـــاج العجين بواســـطة عملية العجن، حيث أنه خلال عملية الرقّ يســـتهلك 3.1KJ/Kg وخلال العجن 22KJ/Kg وبالتالي فإنه يمكن للعمل الميكانيكي أن يؤثر إما إيجاباً أو سلباً، حيث يمكن أن يؤدي إلى تقوية بنية العجين وزيادة مقاومته للتشوه أو يمكن أن يضـــعفه وهذا يتوقف على حالة العجين وعلى طبيعة العمل الميكانيكي، وبالتالي فإن طاقة عملية العجن لاتصـف عملية العجن بشـكل تام ويعتمد العمل الميكانيكي على الأبعاد الهندسـية وعملية العجن.

ثانياً: درجة الحرارة:

إن الخصـائص الريولوجية لمعظم المواد حساسـة بشكل كبير تجاه الحرارة ومن هذه المواد العجين. وتدل الدراسـات أن مقاومة العجين للتشـوه تتناقص نسـبياً بحدود 0.03 لكل زيادة 1 كلفن في درجة الحرارة وهذا يعني زيادة معدل تخفيف الإجهاد (stress relaxation) ومعدل الاستراحة البنيوية ومعدل البثق بشكل كبير جداً.

وتوضح معادلة (Arrhenius) تأثير درجة الحرارة اعتماداً على طاقة التنشيط:

$$\eta = \eta_0 . \exp\left[(W/R).(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}) \right] \qquad (a)$$

حيث أن:

η: اللزوجة الظاهرية عند درجة الحرارة المطلقة T.

η_0: اللزوجة الظاهرية المرجعية عند درجة الحرارة المطلقة T_0.

W: طاقة التنشيط.

R: ثابت الغازات.

وفي حالة تخفيف الإجهاد والقياسـات الترددية يمكن أن تقدر طاقة التنشـيط على أسـاس مبدأ الحالة المثالية (Superposition) زمن ـــ حرارة، ويكون هذا المبدأ قابلاً للتطبيق إذا كانت مخططات الخصـائص المعبّر عنها بالنسـبة للوغاريتم الزمن أو التكرار عند درجات حرارة مختلفة متطابقة ماعدا اتجاه موازي لمحور الزمن أو التكرار.

عندما تتغير درجة الحرارة من T_0 إلى T تكون معادلة المنحني على طول محور الزمن هي:

$$\ln_a = (W/R).\ [(1/T)-(1/T_0)] \qquad (b)$$

مع زيادة درجة الحرارة تنخفض لزوجة العجين وتكون المقاومة المرنة التي يســببها نقص الأنتروبية (Entropy) على التشـــوّه (upon deformation) متناســـبة مع درجة الحرارة

المطلقة. عندما تزداد درجة الحرارة فوق 50C° تزداد اللزوجة بشـــكل حاد جداً وتعود هذه الزيادة الحادة إلى تجلتن النشـــاء وإلى بلمرة جزيئات الغلوتين إلى حد ما. ويمكن أن تؤثر الحرارة بشـكل غير مباشر على خصائص العجين، حيث تزداد سرعة التفاعلات الكيميائية الحاصلة في العجين مع ازدياد الحرارة.

الاختبارات الريولوجية:

تهدف الاختبارات الريولوجية إلى قياس القوى اللازمة لإحداث تشوهات محددة في المادة، مثل الإجهاد أو الشد بحيث تكون مستقلة عن حجم العينة وطريقة إجراء الاختبار.

تقيس الاختبارات الريولوجية خاصية محددة بشكل جيد مثل الإجهاد أو التشوّه أو التصلب أو اللزوجة. يتم عادة إخضـــاع قطعة صـــغيرة مختبرة إلى تشـــويه مضـــبوط بدقة باســـتخدام محرك ميكانيكي ويتم قياس القوة اعتماداً على الإزاحة الناتجة عنها، ويتم تحديد القوة المقابلة للإزاحة وذلك لرسم مخطط (القوة . الإزاحة).

عند دراسة المواد الصلبة يجب تقسيم القوة والإزاحة بحسب أبعاد العينة الأصلية ونتيجة لذلك يكون التشوه هو مقدار الإزاحة أو التمدد مقسوماً على البعد الأصلي (dL/L0):

dL: التمدد ، L 0: البعد الأصلي.

ولأن التغيرات في أبعاد العينة تكون صغيرة ومنتظمة مع الإزاحة فإنه يمكن إهمال تأثير حجم العينة كأحد المتغيرات.

يجب أن تكون الخصائص الريولوجية مستقلة عن الحجم والشكل وطريقة القياس المتبعة، أي يجب أن تكون بحيث أنه عندما يتم قياس صـــلابة الخبز أو العجين مثلاً في أحد المخابر يجب أن نحصـــل على نفس النتيجة في أي مخبر آخر في العالم حتى عندما نســـتخدم طريقة مختلفة لقياس بارامترات أو أحجام أو أشكال عينات مختلفة.

طرائق قياس الخواص الريولوجية:

في صناعة الحبوب تم استخدام مجموعة من الأجهزة لقياس الخواص الريولوجية لها مثل: البنيترومتر والتيكسترومتر (texturometer) والكونسيستومتر (consistometer) والاميلوغراف والفارينوغراف والميكسوغراف والاكستنسوغراف والألفيوغراف وأجهزة قياس اللزوجة وأجهزة لقياس عملية التخمر.

وغالباً ما تكون الأجهزة المستخدمة في قياس الخواص الريولوجية قوية ومتينة وقادرة على تحمل الوسط المحيط بالعمل المطلوب ولا تتطلب مهارة عالية أو عمال مدربين فنياً. وتعطي هذه الأجهزة مقداراً جيداً من البيانات فيما يخص الجودة والأداء فيما يتعلق بمنتجات الحبوب مثل الثباتية والقساوة والبنية واللزوجة وغيرها.

ويوضح الجدول التالي أهم الطرق الريولوجية المستخدمة لتوصيف منتجات الحبوب:

الطريقة	المنتجات	الخاصية المقاسة
الطرق التجريبية	–	–
أجهزة العجن– الفارينوغراف والميكسوغراف	العجين	زمن العجن – اللزوجة الظاهرية
الاكستنسوغراف	العجين	التمدد
الالفيوغراف	العجين – الغلوتين	التمدد
الاميلوغراف RVA	العجين	اللزوجة الظاهرية
الاميلوغراف RVA	المعلَّق	درجة حرارة التجلتن
الكونسيستومتر	الصلصات والأطعمة التي تصنع بشكل شطيرة	اللزوجة الظاهرية
وعاء الجريان	الصلصات والعجائن السائلة	اللزوجة الظاهرية
كرة السقوط	الموائع	اللزوجة الظاهرية
أجهزة قياس لزوجة المواد المتدفقة	الموائع والعجائن	اللزوجة الظاهرية
أجهزة التخمر	العجين	الحجم والارتفاع
البينترومتر	الأغذية نصف الصلبة والهلام	الثباتية والقساوة
التيكسترومتر TPA	الأغذية الصلبة	القوام والثباتية
الطرق الأساسية	–	–
الاسطوانات المتحدة المركز والصفائح المتوازية	العجائن والعجائن السائلة	اللزوجة الحركية
قياس الضغط الشعري وعملية البثق والجريان والأنبوبي	العجين	اللزوجة الخطية
الاسطوانات المتحدة المركز والصفائح المتوازية	المواد اللزجة والمرنة	المعاملات والوقت
التمدد	الأغذية الصلبة	الزوجة
نظام انتفاخ العجين	العجين	Strain hardening

الفارينوغراف:

يستخدم هذا الجهاز لتحديد امتصاصية دقيق القمح للماء وسلوكية العجين أثناء العجن، حيث يتم الحصول على مخطط الفارينوغرام ذي الارتفاع الثابت ويمكن الحصول من هذا المخطط على مؤشرات وقراءات تعطي فكرة عن خواص الدقيق.

ويستخدم جهاز الفارينوغراف بطريقتين أساسيتين متباينتين هما:

1. طريقة الدقيق ذو الوزن الثابت وفيها يتم استخدام 300gr من الدقيق برطوبة 14%.
2. وطريقة العجين ذو الوزن الثابت وفيها يتم استخدام 480gr من العجين.

ونظراً لأنه من الممكن ألا تعطي الإجراءات نتائج متطابقة تماماً يجب أن نحدد الطريقة المستخدمة عند تسجيل الامتصاصية والقيم الأخرى للفارينوغرام. ولكل من هاتين الطريقتين ميزات مختلفة عن الأخرى:

. طريقة الدقيق ذو الوزن الثابت 300gr:

1). يستخدم كمية ثابتة من المادة الجافة في كل اختبار.
2). لايمكن إجراء الفارينوغرام حتى يتم تحديد رطوبة الدقيق.
3). تُضبط الامتصاصية على أساس رطوبة 14%.
4). تتطلب مخطط لتصحيح وزن الدقيق على أساس رطوبة 14%.

. طريقة العجين ذو الوزن الثابت 480gr:

1). يمكن إجراء تجربة الفارينوغراف حالما يتم استلام الدقيق.
2). من الضروري وجود مخطط لمعرفة النسبة بين الدقيق والماء.
4). تستخدم كمية ثابتة من كتلة العجين في كل اختبار.

وفيما يتعلق بسرعة خلاط الفارينوغراف فإننا عندما نستخدم الدقيق القوي نستخدم سرعة عالية للفارينوغراف بينما عند استخدام الدقيق الطري الذي ينهار بسرعة كبيرة نستخدم سرعة منخفضة.

المبدأ:

يقيس الفارينوغراف عادة ويسجل قابلية العجين المشكل من الدقيق والماء لعملية العجن وكذلك زمن تكوين العجين وثباتيته وزمن إضعاف العجين ودرجة ضعفه.

يتم تحديد الثباتية العظمى للعجين عادة عن طريق تثبيت قيمة الماء المضاف والتي تتعلق بنوعية الدقيق المستخدم حيث أن الماء الممتص هذا يستخدم للحصول على مزيج يعطي خطا بيانيا، وهذا الخط كلما زادت ثباتية وزمن التكون وقل ضعف العجين وارتفعت النسبة الممتصة من الماء دلت على قوة الدقيق.

أنواع منحنيات الفارينوغراف:

يعبِّر منحني الفارينوغراف بشكل أساسي عن خاصتين فيزيائيتين هامتين للدقيق:

1) الامتصاصية أو كمية الماء اللازمة للحصول على عجين ذو قوام معيّن.
2) يقدِّم لمحة عن سلوك العجين خلال عملية الخلط.

يتمَّ تسجيل سلوك الدقيق مع الماء والذي يتمَّ عجنه حتى الحصول على قوام معيّن على مخطط حيث يعبِّر المحور الشاقولي فيه عن الثباتية (القوام) بواحدة البرابندر B.U بينما يعبِّر المحور الأفقي عن الزمن بواحدة الدقيقة. تتركز معظم المنحنيات حول منتصف المخطط أي حوالي خط 500BU.

تُصنف منحنيات الفارينوغراف تبعاً لشكل المنحني إلى :

i. زمن ذروة قصير وثبات قليل.
ii. زمن ذروة قصير وثبات عالي.
iii. زمن ذروة متوسط وثبات قليل.
iv. زمن ذروة متوسط وثبات عالي.
v. زمن ذروة طويل وثبات قليل.
vi. زمن ذروة طويل وثبات عالي.
vii. منحني بذروتين Sway back وانحدار (هبوط) في الجزء الأول من المنحني.

ويمكن أن تُصنّف أنواع الدقيق المختلفة التي تمَّ الحصول عليها من أنواع مختلفة من القمح تبعاً للمنحنيات المذكورة سابقاً.

وتختلف خصائص المنحني لنفس النوع من القمح من مكان لآخر حيث تُعدّ شروط المناخ والتربة خلال نمو النباتات من العوامل التي تؤثر على مُحتوى البروتين وعلى جودة الأقماح وبالتالي تؤثر بشكل غير مباشر على شكل منحني الفارينوغراف.

لوحظت علاقة قوية بين قوة الدقيق بشكل عام وبين محتوى البروتين حيث أنَّ الدقيق الذي يملك أقل نسبة بروتين يتميز بأقصر زمن ذروة والدقيق الذي يملك أعلى نسبة بروتين يتميز بأطول زمن ذروة، ولكن بالمقابل لا ترتبط الامتصاصية بمحتوى الأقماح من البروتين.

إن تقييم الرسم البياني الناتج والمسمى الفارينوغرام يختلف حسب الطريقة القياسية المتبعة فهناك ثلاث تقنيات متبعة مختلفة عن بعضها البعض وهي الأميركية AACC، والألمانية والدولية ICC ويكفي أن نقيم حسب إحدى هذه الطرق.

القيم التي يمكن قراءتها من الفارينوغرام:

1. زمن تكون العجين (D):

Dough Development Time or Optimum Mixing Time or Peak

يقاس هذا الوقت إلى أقرب نصف دقيقة من بدء إضافة الماء إلى تلك النقطة الواقعة في مجال أعلى ثبات وعند بدء ظهور الضعف مباشرة.

2. مقياس الفالورميتر : Vlorimeter

وهو مقياس خاص فبوضع الرسم البياني داخل هذه المسطرة المتحركة المدرجة يمكن قراءة رقم معين يتماشى مع قوة الدقيق.

3. مقاومة العجن (T): Tolerance Index Or Mixing Tolerance

وهو عدد وحدات برابندر من قمة المنحني Peak إلى قمة المنحني بعد 5 دقائق من بلوغ هذه القمة.

4. درجة الضعف: Drop - off

تقاس بواحدات براندر من خط 500 إلى مركز المنحنى مقاسا عند 20 دقيقة من بدء إضافة الماء.

5. ثبات العجين (S): Stability or Dough Consistence

وهو المسافة مقدرة بالدقائق لأقرب 0.5 دقيقة بين النقطة التي عندها تبدأ قمة المنحني في التقاطع مع خط 500 برابندر، والنقطة التي عندها تبارح قمة المنحني خط 500 برابندر أي وقت الرحيل.

6. زمن إضعاف العجين (W): Weakening Of The Dough or Time To Break Down

وهو مقدار الوقت من بدء الخلط حتى مركز المنحني الهابط عند نقطة القمة لمركز المنحني بمقدار 30 برابيندر وطريقة القياس تتلخص في رسم خط أفقي مار بمركز المنحني عند أعلى نقطة له ورسم خط آخر موازي له عند مستوي ينخفض عنه بمقدار 30 برابيندر ويحسب الوقت من بدء الخلط حتى مركز المنحني الهابط عندما يقطع هذا الخط السفلي.

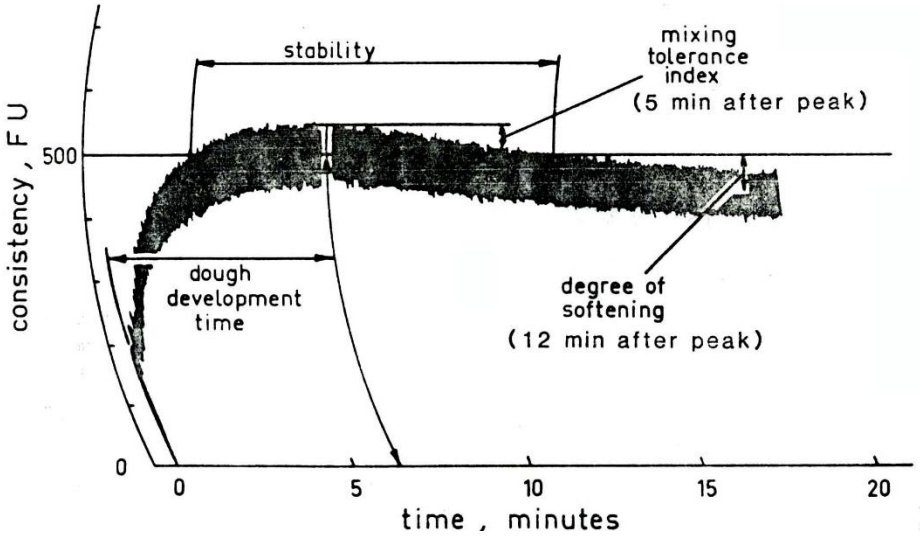
. كلما زادت S ، D ، كمية الماء المضافة كان ذلك دليلا على قوة الدقيق.

. كلما زادت T ، Drop- off كان ذلك دليلا على ضعف الدقيق.

وتُستخدم أيضاً عناصر رقمية أخرى في وصف منحني الفارينوغراف نذكر منها:

ـــــ عرض شـريط (عصـابة) المنحني بواحدة BU ودليل التحمّل الميكانيكي MTI وهو الفرق بِ BU بين قمة المنحني عند الذروة وحتى قمة المنحني بعد 15 min من بلوغ الذروة.

. نقطة الـ 20min: وهي الفرق بِ BU بين خط الـ 500 BU ومركز المنحني بعد 20min من بدء إضافة الماء.



المخطط

المكسوغراف:

وهو عبارة عن خلاط سريع الدوران تحيط به كابينة ذات درجة حرارة ثابتة للمحافظة على درجة حرارة العجين أثناء الخلط. كما أن درجة الرطوبة النسبية في الكابينة تضبط أوتوماتيكيا. والخلاط نفسه عبارة عن أربع أعمدة معدنية رأسية، وهذه الأعمدة الأربع تدور في العجينة متبادلة مع ثلاث أعمدة ثابتة. فكلما زاد تشكّل الغلوتين في العجينة كلما زاد الضغط على الأعمدة المتحركة، أي كلما زادت القوة اللازمة لدوران أعمدة الخلاط في العجينة، وهذه القوة الزائدة تسبب حركة وعاء الخلاط في شكل لولبي وهذه الحركة تسجل عن طريق روافع على ورق رسم بياني يتحرك على اسطوانة بسرعة منتظمة. فالميكسوغراف يسجل مقاومة العجينة للمط، ونتائجه تفيد في مقارنة أصناف القمح ببعضها البعض.

ويدرس المكسوغرام الناتج على ورق الرسم البياني للحصول على البيانات المتعلقة بقوة الدقيق فيرسم خط أفقي ماراً بمركز المنحي ثم تقاس المسافة من بداية المنحني حتى قمته (د) فهذه تعبر عن مرحلة تكوين العجينة، وتقاس المسافة بين حافتي المنحني عند مركزه على الخط الموازي لقاعدة الرسم البياني (ب) وهي تعبر عن مدى ثبات العجينة أثناء الخلط ويقاس ارتفاع مركز المنحني عن القاعدة (ج) للاستدلال على نسبة البروتين في الدقيق ودرجة امتصاصه للماء، إذ يقل الارتفاع بزيادة الامتصاص بينما يزيد بزيادة نسبة البروتين.

وقد تقاس الزاوية بين شقي المنحني الصاعد منهما والهابط وهذا ما يسمى بزاوية تكوين العجينة، كما قد تقاس زاوية ضعف العجينة وهي الزاوية الواقعة بين الخط الموازي لانحدار المنحني بعد المرور بنقطة القمة وبين الخط المستقيم الماس به عند مركز قمة المنحي، فهذه الزاوية الأخيرة كلما زادت كلما كان هبوط المنحني أسرع أي كلما بدى ظهور ضعف في العجينة.

فالبيانات التي تؤخذ من المكسوغرام عادة هي:

1.الوقت اللازم لبلوغ أقصى ارتفاع مسجلاً بالسنتيمترات أو بالدقائق.

2.أعلى ارتفاع عند القمة مقاساً من مركز المنحني إلى خط القاعدة.

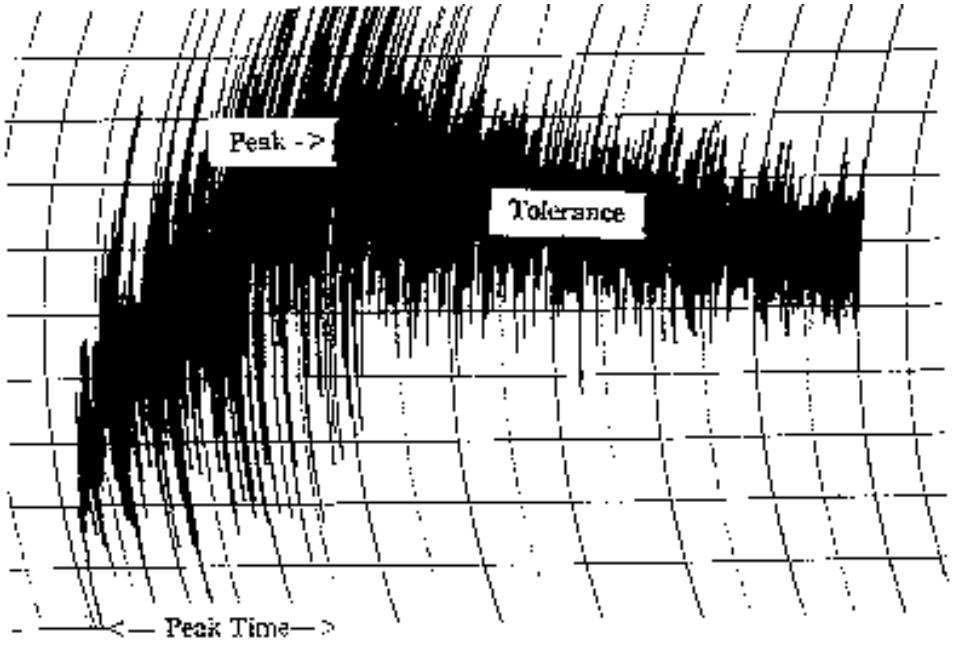
3.ارتفاع المنحني عند وقت محدد لاحق للقمة أو بعد بداية الخلط.

4.الزاوية بين الجزئين الصـــاعد والهابط من المنحني عند القمة، على أن يكون رأس الزاوية عند مركز المنحني وجانبا الزاوية هما خطان يرسـمان بطول مركز المنحني لمسـافة بضـع دقائق قبل بلوغ القمـة. ويمكن أيضـــاً قياس الزاويتين اللتين يكونهما هذان الخطان مع خطوط رأســـية لاستخدامها في وصف المنحني.

5. المسافة الأفقية بين خطي الزاوية السابق رسمها، مقاسة عند الحافة السفلية للمنحني عند وقت القمة.

6. المسـاحة تحت المنحني مقاسـة من مركزه إلى خط القاعدة ومن بداية الخلط حتى نهاية المدة المحددة للخلط، وهي عادة سبع دقائق.

وأهم البيانات التي يتم الحصـــول عليها من المكســـوغرام هي معرفة الزمن اللازم لخلط العجينة حتى الوصـول إلى تكوين مثالي للعجينة، وبالتالي فهو يفيد في التمييز بين عينات الدقيق التي تحتاج إلى مدة خلط أقل والعينات التي تحتاج إلى مدة أطول. وكذلك يوضـــح المكســـوغرام مدى تحمل الدقيق للخلط الزائد.



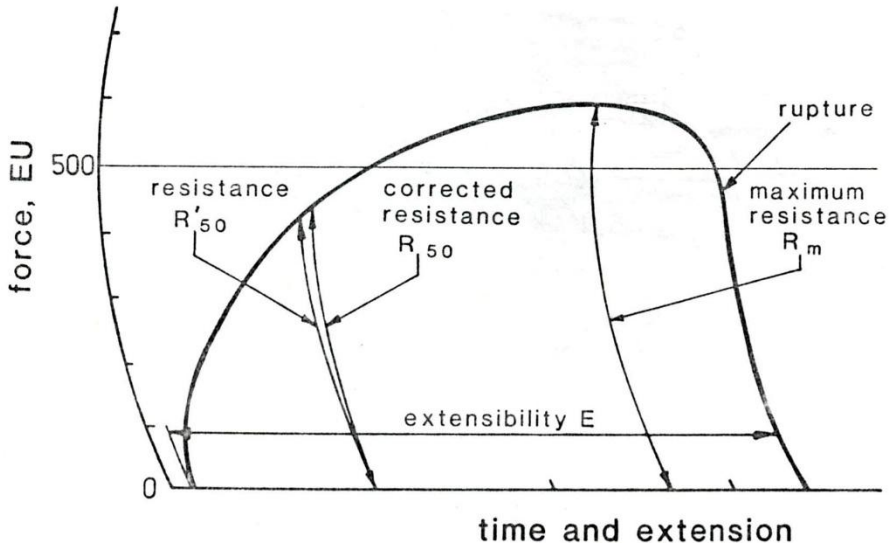
دلالات الميكسوغرام

الاكستنسوغراف:

يسجل جهاز الاكستنسوغراف منحني المطاطية لقطعة من العجين تشد حتى تنقطع. ويعتبر شكل هذا المنحني معبراً عن صفات الدقيق النوعية بصفة عامة وعن مدى استجابة الدقيق للمحسنات المضافة. ومن المعروف أنه كلما زادت المطاطية مع زيادة المقاومة للمط أي كلما زادت المساحة تحت المنحني كلما تحسن حجم الرغيف.

كما يتطلب الأمر توازن مطاطية العجينة مع مقاومتها للمط إذ كلما تحسن هذا التوازن كلما تحسن قوام الخبز ومسامية لبابته، ففي حالة ازدياد مطاطية العجينة بشكل واضح مقارنة بقدرتها على مقاومة المط يمكن علاج ذلك بإضافة القدر المناسب من برومات البوتاسيوم. ولا يعني ارتفاع الاكستنسوغرام تحسن صفات الدقيق، بل إن ذلك يتوقف على نوع المنتج الذي يستخدم هذا الدقيق في إنتاجه.

ونوضح في مايلي شكل مخطط الاكستنسوغراف وكيفية تقييمه للتعبير عن خواص العجين:



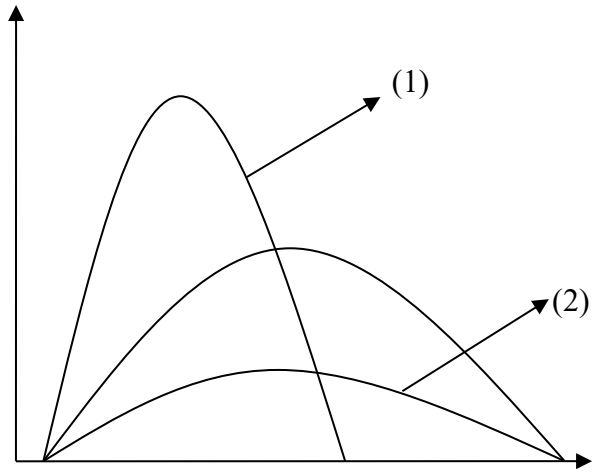
مخطط الأكستنسوغرام

1. أعلى مقاومة يبديها العجين للشد RM : وهي أعلى نقطة في المخطط مقدرة BU.
2. ثابت مقاومة العجين للشد R5: وهو ارتفاع المخطط بعد 5 دقائق من بدء شد العجين ويقدر BU

3. المطاطية E: طول قاعدة المنحني أو المخطط وتقاس من بدء شد العجين حتى انقطاعه وتقاس هذه المسافة mm، الدقيق الجيد للخبز يكون هناك علاقة ملائمة ما بين المقاومة و المطاطية.
4. القدرة A: وهي المساحة التي يرسمها البلانومتر والمعبرة عن مساحة القسم المرسوم تحت المخطط وتقدر cm^2 وكلما زادت هذه المساحة دل ذلك على قدرة احتجاز الغاز من قبل العجين وعلى قدرته على التخمر وبالتالي إمكانية عطائه حجما كبيرا من الخبز.

فوائد الأكستنسوغرام:

الفائدة الأولى: الشكل (1) يعني مطاطية قليلة ومقاومة للشد مرتفعة (دقيق قوي)، والشكل (2) يعني مطاطية عالية ومقاومة شد منخفضة (دقيق ضعيف)، يضاف إلى الدقيق القوي مرجعات أو يخلط بدقيق ضعيف، ويضاف للضعيف مؤكسدات ويخلط بالقوي لنحصل بالنهاية على دقيق ملائم لصناعة المعجنات.

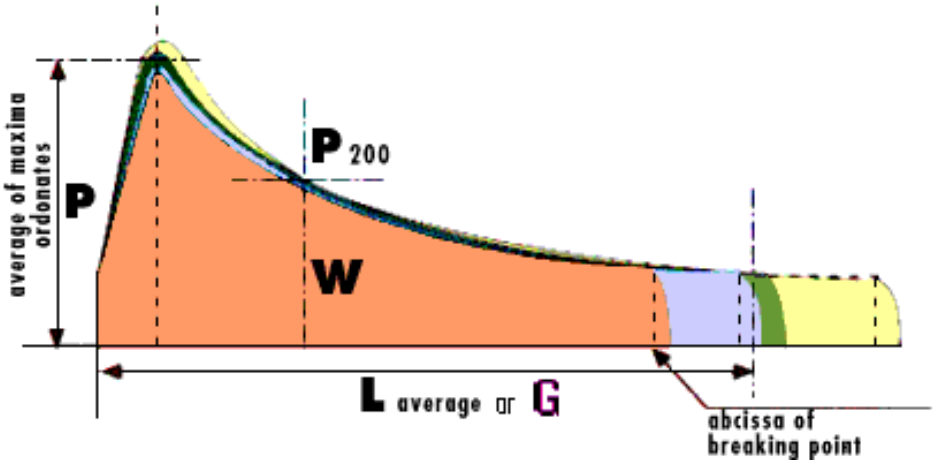


الألفيوغراف:

يستعمل جهاز الألفيوغراف أو الأكنسيستوميتر في قياس مدى قابلية غشاء رقيق من العجينة للتمدد ومدى مقاومته، وذلك بقياس ضغط تيار منتظم من الهواء على جدران شريحة من العجين حتى ينفجر جدارها. وهذه الشريحة من العجين تحضر بطريقة ثابتة محددة وتوضع بين قرصين معدنيين العلوي منهما به ثقب مستدير قطره 58mm بحيث يسمح بتمدد غشاء العجينة في شكل كرة أو فقاعة، أما القرص السفلي يسمح بدخول الهواء من خزانة صغيرة تقع أسفل هذا

القرص. وخزانة الهواء متصـــلة بســـاحة كبيرة تســـمح بتوليد ضـــغط الهواء إذ يترك الماء يرتفع بالســـاحة فيحل محل الهواء. ويثبت في خزانة الهواء مانومتر يتصـــل بعدة تمكن من تســـجيل تغيرات في ضغط الهواء في صورة رسم بياني أثناء إجراء الاختبار.

وتضـــبط درجة حرارة قرص العجين عند 25C° عند بداية الاختبار. ويلاحظ أن مقاومة العجينة للمط تبلغ أقصـــى مداها في بداية التجربة، ولذلك فالرســم البياني يرتفع ســريعاً إلى القمة. ويعلل هذا الضـــغط الشـــديد في بداية التجربة بعدم تجانس توزيع وتنظيم خيوط الغلوتين في العجينة. بينما يلاحظ بعد قليل أن الضغط قد نقص بشكل واضح حيث اضطرت هذه الخيوط إلى إعادة ترتيبها في شكل متوازي ومتقاطع، ولذلك فالرسم البياني ينخفض فجأة وبسرعة كبيرة بعض الوقت ثم يستمر في الهبوط تدريجياً بعد ذلك حتى نقطة انفجار كرة العجين.



الألفيوغرام

ويمثل ارتفاع قمة الرســم البياني ثبات العجينة أي مقاومتها للضـــغط في المرحلة الأولى خلال الفترة القصـيرة المحددة على الرسم البياني من نقطة بدايته إلى نقطة تقاطع العامود الساقط من قمته على قاعدته. وعادة يؤخذ من الرســـم البياني ثلاث قراءات هي:(1) الضـــغط المرتفع ض1، (2) الضـغط المتوسط ض2 خلال الفترة ض1ض2،(3) الضـغط المنخفض ض3 الناشـئُ عن انفجار الكرة.

ويمكن معرفة الحجم الكلي لكرة العجين فهو يساوي حجم الهواء الذي دفعه السائل في السحاحة، أي أن حجم الســـائل في الســـحاحة يحدد ذلك. كذلك يمكن معرفته بقياس المســـاحة الكلية تحت الرســـم البياني باســـتعمال البلانيمتر. وحجم الكرة هذا يعتبر دليلاً على قوة الدقيق بصـــفة عامة، ويعبر طول المســـافة على قاعدة المنحني من نقطة البداية(ب) حتى نقطة النهاية (ن) عن مدى قابلية العجينة للمط.

وجهاز الألفيوغراف من الأجهزة المفيدة في إعطاء صورة واضحة عن سلوك العجينة.

يوضح الشكل 8-1 منحنيات الإجهاد – تشوّه لعجائن دقيق القمح

الفصل الثالث

Bread الخبز

الخبز Bread

تعريف الخبزBread:

هو ناتج خلط الدقيق مع الماء والخميرة لزمن مناسب وتركه للتخمر وبعد ذلك شوائه للحصول على مايعرف بالخبز.

يعد الخبز مادة غذائية أساسية بالنسبة للإنسان، لما يحتويه من مركبات أساسية تلعب دوراً هاماً في عمليات الامتصاص والاستقلاب Metopalizm بالجسم مثل البروتينات والدهون والكربوهيدرات والفيتامينات والأملاح المعدنية، وتحدد القيمة الغذائية للخبز ليس فقط بكمية الحريرات الناتجة عن تمثل جسم الانسان لمركبات هذه المادة، بل وبمحتواه من الفيتامينات والأملاح المعدنية وبغنى تركيب بروتيناته من الحموض الأمينية الأساسية إضافة إلى المواد المشكلة للطعم والنكهة. لهذا فإن الخبز الأبيض الناتج عن تصنيع دقيق ذي نسبة استخراج منخفضة يتميز بقيمة غذائية أدنى من الخبز الناتج عن تصنيع دقيق ذي نسبة استخراج عالية. حيث أن عملية الاستخراج تستبعد النخالة من الدقيق الحاوية على معظم الفيتامينات والأنزيمات والأملاح المعدنية والحموض الأمينية اللامستبدلة، والتي تعد هامة جداً وضرورية لعمليات الاستقلاب في جسم الإنسان ولاستمرار النشاط الحياتي الطبيعي له.

من ناحية أخرى يعد الخبز المصنع من دقيق الاندوسبيرم متدني القيمة الغذائية ولا يضمن النشاط الحياتي بشكل طبيعي للانسان فيما إذا اعتُمد في وجباته اليومية بشكل أساسي.

يستخدم عالمياً في صناعة الخبز دقيق القمح والشيلم من أصناف مختلفة ويضاف أحياناً كميات قليلة وفق نسب مدروسة من دقيق الشعير أو الذرة الصفراء، ويعطي دقيق القمح أنواعاً مختلفة من الخبز الأبيض أما دقيق الشيلم فيعطي أنواعاً مختلفة من الخبز الأسود. وأحياناً يمكن الحصول على أنواع من الخبز من مزيج بنسب محددة من دقيق القمح ودقيق الشيلم، ويتصف الخبز الناتج بمواصفات تجمع بين خواص النوعين.

ولابد عند التحدث عن الخبز من ذكر أهم المراحل التي تمر بها عملية تصنيع الخبز ومختلف أنواع البيريوش (الخبز المحلى) وهي:

1. استقبال وتخزين المواد الأولية.
2. تحضير المواد الأولية لاستخدامها في عملية الإنتاج.
3. تحضير العجين.
4. تشكيل العجين.
5. الخبيز (الشواء).
6. تبريد الخبز وحفظه وتوزيعه.

وتختلف هذه المراحل عن بعضها البعض في تسلسل العمليات والشروط حسب نوعية المنتج المراد الحصول عليه. فمثلاً يختلف تشكيل العجين لإنتاج خبز السندويش عنه في إنتاج الخبز المرقد، حيث أنه لكل منهما شروطه ومواصفاته. وكذلك تختلف عملية الشواء في بيوت النار لإنتاج السندويش من حيث تصميمها ودرجة حرارتها وطولها وسيورها الناقلة وطريقة انتشار الحرارة في داخلها عن بيوت النار المستخدمة لإنتاج الخبز المرقد والخبز المشروح وخبز التنور وغيره، وبمواصفات بيوت النار وتصميمها وطريقة الحصول على الحرارة وقيم درجات الحرارة في بيوت النار.

وفي مايلي نشرح المراحل السابقة بشكل مختصر:

1. استقبال وتخزين المواد الأولية:

تشمل هذه المرحلة استقبال الدقيق بالطريقتين المتعارف عليهما بالاكياس في الشاحنات والدوكمة بالصهاريج حيث يتم تفريغها في اتلسيلوات المعدة لهذه الغاية عن طريق ضواغط هوائية مركبة على نفس الصهريج. أما الدقيق الوارد بواسطة الأكياس فيفرغ ويخزن في مستودعات خاصة كذلك بشكل مؤقت. ويتم تفريغ الكميات تباعاً في جورة السيلو وضخه بخلخلة الهواء pneumatic إلى السيلوات والتي يختلف عددها بحسب طاقة المخبز وسعتها وفقاً للشركة المصنعة.

ومن المواد الأولية التي تدخل في صناعة الخبز الدقيق والماء والخميرة والملح، أما المواد الاضافية فتشمل السكر، المواد الدسمة (سمون، زيوت)، البيض، الحليب منزوع الدسم، الحليب وغيره من المواد وفقاً لنوعية الخبز أو المعجنات المراد انتاجها وفقاً للوصفة Recipe التكنولوجية الخاصة بنوع محدد من الخبز.

ينقل الملح إلى مصانع الخبز بالشاحنات معبأ في أكياس ويخزن في الغرف المخصصة له بعيداً عن الرطوبة وعلى قواعد خشبية مرفوعة عن الأرض.

أما الخميرة والمواد الأخرى القابلة لتغير مواصفاتها بسرعة فتحفظ في برادات أو في غرف تبريد مجهزة في المصنع لهذه الغاية وفي الظروف الملائمة لكل نوع من هذه المواد.

2. تحضير المواد الأولية للإنتاج:

يتم تحضير خلطات الدقيق بناءاً على نتائج التحاليل المخبرية كما تحدد نسبة كل صنف من أصنافه، وبعد ذلك يتم المزج في محطات خاصة لمزج الدقيق ثم ينقل بواسطة نواقل خاصة إلى المناخل الخاصة حيث يتم تخليصه من الشوائب المعدنية باستخدام آلية مغناطيسية مركبة على السير الناقل، ثم يتابع الدقيق طريقه إلى السيلوات لتخزينه كمركز احتياطي بحيث يكفي لعمل المنشأة لمدة لاتقل عن اسبوع.

يضـــخ الدقيق وفق الحاجة بضـــغط الهواء ويمرر على موازين آلية حيث توزن العينة اللازمة للعجنة الواحدة. وتحفظ المياه الصالحة للشرب في خزان خاص فيها يتسع لكميات تكفي حاجة المنشـأة لمدة ثلاثة أيام على الأقل بدرجة الحرارة الطبيعية ويتم تسـخين الكميات اللازمة للعجين مع الاشارة إلى ضرورة إجراء الاختبارات الدورية للمياه في حال كان مصدرها من الآبار الجوفية.

الملح: يحل في الماء حتى الحصول على تركيز الاشباع ويرشح في أجهزة خاصة ويضخ إلى العجانة وفق الكمية اللازمة لمكونات العجينة.

الخميرة الطرية: تقتت بشكل مبدئي وتوضع في خلاط ويضاف إليها الماء الدافئ وتذاب حتى الحصول على معلق من الخميرة والماء وتضخ إلى العجانة على شكل محلول.

الخميرة الجافة: تذاب مباشـــرة في الماء الدافئ حتى الحصـــول على محلول معلق من الماء والخميرة وتستخدم في العجن وفق الحاجة، أما الخميرة الجافة سريعة الذوبان فتضاف أثناء العجن مع الدقيق مباشرة.

3. تحضير العجين:

تتألف عملية تحضير العجين بالطريقة المباشرة (بدون مخمور), من إضافة المواد الأولية في حلة العجين (دقيق, محلول خميرة, ماء, محلول ملحي) مباشـــرة إما يدوياً أو آلياً إذا كانت عملية الإنتاج ممكنة بشكل كامل مع مراعاة تغير درجة الحرارة حسب فصول السنة لضمان الحصـــول على درجة الحرارة المطلوبة للعجين, وبعدها يتم إجراء عملية العجن لهذه المواد حتى الحصول على عجينة متجانسة وبالمواصفات الفيزيائية المطلوبة, وبعد الإنتهاء من عملية العجن تترك العجينة حتى تختمر لفترة من الزمن حيث يتشكل نتيجة لعملية التخمر غاز Co_2 والكحول الإيتيلي مما يسمح بخلخلة العجين وزيادة حجمه.

لتحسـين الخواص الفيزيائية للعجين تجرى له عملية تليين أثناء التخمر (بالنسـبة للخبز السندويش أما الخبز العربي المرقد فلا يحتاج لذلك لقصر فترة تخمره ويكفي ضغطه باليد)، حيث يعاد عجنه لمدة تتراوح من 1-3min. تنطلق أثناء عملية التليين كمية كبيرة من غاز Co_2 مما يسمح بتنشيط الخميرة وكذلك تحسين الصفات الفيزيائية للعجين نتيجة للتأثير الميكانيكي الناتج عن ذراع العجانة.

يترك العجين ثانية بعد عملية التليين لإســـتكمال عملية التخمر وتتراوح فترة التخمر من 2-4 ســاعات بالنســبة للخبز الســندويش وتقل عن ذلك بالنســبة للخبز المرقد حيث تتراوح من 45min وحتى 2 ساعة.

ترفع بعد ذلك حلة العجين بواسطة رافعة خاصة إلى قمع آلة التقطيع أو التشكيل حيث يتم تفريغها.

4.تشكيل العجين واستراحته:

تتضمن هذه المرحلة عدة عمليات متسلسلة تبدأ بتقطيع العجين إلى قطع حسب الوزن المطلوب ومن ثم تكويرها وتشكيلها واستراحتها.يقطع العجين إلى قطع بواسطة آلة خاصة تسمى القطاعة, ومن ثم تتابع إلى آلة التكوير حيث تأخذ الشكل الكروي ومن ثم إلى غرفة الإستراحة الأولى التي تحتوي على حاضنات معلقة على سلاسل متحركة حيث تبقى في هذه الغرفة لمدة 3-7min. تنقل قطع العجين بعد الاستراحة الأولى إلى آلة التشكيل النهائي المطلوب للصمونة, ومن ثم تنتقل إلى غرفة الاستراحة النهائية بهدف خلخلة قطع العجين نتيجة لعمليات التخمر الجارية فيها. يجب المحافظة في هذه الغرف على ظروف ملائمة لإستمرار عملية الإستراحة بالشكل المناسب من درجة الحرارة ورطوبة الهواء (t = 35°,W=80-85%)، أما فترة استمرار الاستراحة النهائية فتتراوح من 25-55min حسب نوعية الخبز ووزن القطعة.

بالنسبة للخبز المرقد يتم التشكيل بعدة طرق من أجل الحصول على شكل الرغيف المتعارف عليه وبالسماكة المطلوبة, إذ يتم التقطيع والتكوير كما في الخبز الصمون ومن ثم الرق باتجاه أول والرق ثانية باتجاه متعامد معه أو يتم الحصول مباشرة على بساط عجين بسماكة معينة وبعدها يمرر البساط على القطاعة والتي تشبه الطباعات آخذة الشكل الاهليلجي وتتابع القطع الاهليلجية سيرها إلى اسطوانات رق مركبة فوق بعضها البعض ومصنوعة من معدن غير قابل للصدأ أو من التفلون وتضبط المسافة بينهما بما يتناسب والسماكة المطلوبة لرغيف الخبز, أو يتم الرق مباشرة بالحصول على بساط رقيق جداً من العجين وفقاً لسماكة الرغيف وذلك بمرور بساط العجين على عدة اسطوانات مركبة فوق بعضها البعض حيث يتم تخفيض السماكات على مراحل لبساط العجين, ويتابع بساط العجين السير إلى اسطوانة ركب عليها طباعات دائرية بالقطر المطلوب وإلى أسفل منها تتوضع إسطوانة أخرى ملساء وهنا يتم الحصول على قطع العجين على سيور ناقلة مصنوعة من القطن الممزوج مع خيوط نايلون أو من الكتان متوضعة فوق بعضها البعض بما يضمن بقاء قطع العجين فترة زمنية لاتقل عن عشرين دقيقة.

5. الخبيز (الشواء): Baking

تنتقل قطع العجين بعد الاستراحة النهائية إلى الفرن (بيت النار) Oven لإنجاز عملية الشواء ويختلف تصميم بيت النار وفقاً لنوعية الخبز المراد إنتاجه. تجري في قطع العجين أثناء خبيزها عمليات فيزيائية وكيميائية وحيوية وتحولها إلى خبز ناضج يلبي رغبة المستهك.

7. تبريد الخبز وحفظه:

تنتقل القطع الناتجة بعد عملية الشواء على سيور تبريد معدنية أو بلاستيكية بطول يضمن تبريد الخبز، وبعدها يعبأ الخبز في أكياس من البولي ايتيلين بأوزان مختلفة حسب

حاجة المستهلك. ومن ثم ينقل إلى مراكز التوزيع وفق حاجة الاستهلاك بواسطة سيارات مخصصة لنقل الخبز.

مردود الخبز:

يعرّف مردود الخبز بأنه مقدار الخبز الناتج من 100Kg دقيق.

مردود الخبز = (وزن الخبز /وزن الدقيق) × 100

العوامل المؤثرة على مردود الخبز:

1.رطوبة الدقيق:

كلما انخفضت رطوبة الدقيق أدى ذلك إلى ارتفاع مردود الخبز وبالعكس، وانطلاقاً من هنا يحسب المردود على أساس الرطوبة المعيارية للدقيق 14.5%.

2. خواص الدقيق الخبيزية:

تلعب خواص الدقيق دوراً فعالاً في الحصول على مردود جيد للخبز، فمثلاً من الصعب الحصول على خبز بمردود عادي إذا كان الدقيق سيء النوعية ومصاب. وهذا ينطبق على الدقيق الناتج من أقماح مصابة بحشرة السونة حيث يتصف الدقيق الناتج باحتوائه على كمية قليلة من الغلوتين وسيئة النوعية.

ويعود السبب في انخفاض مردود الخبز الناتج من هذا الدقيق إلى انخفاض كمية الماء المستعملة في العجن وعدم إمكانية رفع كمية الماء هذه لصعوبة مرور العجين الناتج في أقسام التشكيل.

3. كمية المواد التكميلية:

كلما زادت كمية المواد التكميلية الداخلة في وصفة الخبز المراد تحضيره كلما كان مردود الخبز أعلى، إلا أنه يجب التقيد بمقاديرها وفقاً للوصفة المحددة حتى لا ينعكس ذلك سلباً على مواصفات الخبز الناتج.

4. رطوبة العجين والخبز:

تزداد قيمة مردود الخبز مع ارتفاع رطوبة العجين، لكن لايمكن أن يكون ذلك وسيلة للحصول على مردود أكبر لما لذلك من منعكسات على القيمة الحريرية للخبز الناتج ويقلل من رغبة المستهلك. أما رطوبة الخبز فتحدد مسبقاً وفقاً لنوع المنتج.

5. الفواقد والضياعات التكنولوجية:

تنطلق أثناء عملية التخمر الكحولي للعجين الأحماض الطيارة والكحول وغاز ثاني أوكسيد الكربون ومواد طيارة متفرقة نقصاً في كتلة العجين وينعكس ذلك على مردود الخبز بالإضافة إلى الضياعات في الدقيق أثناء العمليات التحضيرية والضياعات في العجين خلال

مروره عبر مختلف الأقسام وأيضاً التفتت الحاصل للخبز خلال مروره على سيور التبريد وأثناء التبريد والتعبئة إضافة إلى الفاقد أثناء التخزين، كل ذلك يؤدي إلى تخفيض قيمة مردود الخبز.

عيوب الخبز المتعلقة بنوعية الدقيق:

ينسب إلى عيوب الخبز الناتجة عن استخدام دقيق مخالف للمواصفات المحددة العيوب التالية:

1. الرائحة الغريبة.
2. وجود صرصر (زحكة) على الأسنان نتيجة لوجود الرمل في الدقيق.
3. الطعم المر الشبيه بطعم الشيح.
4. اللون الباهت لسطح القشرة نتيجة لعدم كفاية القدرة المشكلة للسكر والقدرة المشكلة للغاز في الدقيق.
5. تدبق لبابة الخبز ناتجة عن استخدام دقيق مطحون من أقماح منتشة أو مصابة بالصقيع.
6. إنسياب وعدم تماسك الصمونة بدون قالب وانخفاض حجمها ومسامية لبابتها أثناء استخدام دقيق أقماح مصابة بحشرة السونة أو دقيق حديث الطحن أو دقيق ضعيف البروتين.

يمكن التخلص من الطعم المر أو الرائحة لدرجة معينة خلال مرحلة تحضير الحبوب للطحن وخلال عملية الطحن، أما في مصنع الخبز فيستحيل ذلك.

الصرصر على الأسنان يمكن تلافيه بتوجيه المطاحن بإجراء عمليات الغربلة وفصل الحصى عن الأقماح وكذلك بعمليات الصويل واستخدام كميات الماء الكافية للصويل. أما الطعم والرائحة غير الطبيعيتين فتحصل في حال عدم دقة المخبريين القائمين على العمل في استلام الدقيق.

القسم العملي

- أنواع الدقيق المستخدمة وخصائص كل منها.
- التجارب العملية المطبقة:
  1. الرطوبة.
  2. دليل الغلوتين.
  3. رقم السقوط.
  4. الفارينوغراف.
  5. الاكستنسوغراف.
  6. الخبز.
- النتائج العملية.
- المقترحات.

المواد المستخدمة:

تم استخدام نوعين من الدقيق مختلفين في قوة الغلوتين وهما دقيق زيرو إنتاج مطاحن خاصة في سوريا.

التجارب العملية:

1): تحديد الرطوبة :

تم تحديد الرطوبة باستخدام جهاز الأشعة تحت الحمراء Precisa 310M.

2): الغلوتين الرطب والجاف ودليل الغلوتين:

أجريت التجربة وفق للطريقة القياسية ICC 155.

3): تحديد رقم السقوط Falling number

أجريت التجربة وفق للطريقة القياسية ICC 107.

4) تجربة الفارينوغراف: Farinograph

باستخدام جهاز الفارينوغراف من شركة برابندر وفق الطريقة ICC 115.

5):تجربة الاكستنسوغراف: Extensograph

باستخدام جهاز الاكستنسوغراف من شركة برابندر وفق الطريقة ICC 114

6): تجربة الخبز:

يتم عجن المكونات بدرجة حرارة 30 م° و باستخدام عجانة ثنائية الذراع و يتناسب العجن مع زمن التطور في الفارينوغراف، نخمر بعدها لمدة 45 دقيقة، تقطع العجين و بشكل كتل مدورة بوزن بحدود 200 غ، تترك بعدها للاستراحة لمدة خمس دقائق و بعدها تفرد و تشكل و يليها عملية تخمير لمدة 20 دقيقة و بعدها تتم عملية الشواء بدرجة حرارة 500–550 م° و لمدة 40 ±5 ثانية.

يبرد الخبز العربي بعد عملية الشواء لمدة 10 دقيقة، و يعبأ في أكياس من البولي ايتيلين، و تتم عملية التقييم بعد ساعتين و بعد 24 ساعة .

تقييم الخبز بأشكاله:

الاختبارات الحسية:

أهم الاختبارات الحسية التي تجرى على الدقيق هي :, اختبار قطر الرغيف، رائحته، انفصال شطري الرغيف، حالة الرغيف أثناء ثنيه، اختبار المضغ، اختبار الطعم.

لون الرغيف، لب الرغيف

لون الخبز		لب الخبز	
بني إلى بني مصـــفر مع حروق كثيرة	1	عجيني الملمس دون مســـامات واضحة	1
بني فاتح مع حروق قليلة	2	عجيني الملمس مع قليـل من المسامات	2
أبيض بـاهت مع بقع بنيـة دون حروق	3	مسامات مختلفة الأقطار مع بقع عجينية	3
أبيض مصفر دون حروق	4	مســـامات متجانســـة مع بقع عجينية	4
متجـانس اللون دون حروق أو بقع	5	مسامات متجانسة دون بقع	5

قطر الرغيف:

العجين المرققة بشـــكل جيد تعطي رغيف بقطر 30 ســـم، إذا كان وزنها 200 غ وعندما يكون الرغيف ذو قطر أكبر فهذا يعني أن العجين مرن جدا وذو غلوتين ضـعيف، أما إذا كان الرغيف ذو قطر أصغر فهذا يدل على أن الغلوتين قوي وذو مقاومة عالية.

قطر الرغيف سم	الدرجة	قطر الرغيف سم	الدرجة
أكبر من 36	1 ض	25-28	4 ق
34-36	2 ض	22-25	3 ق
32-34	3 ض	22-19	2 ق
30-32	4 ض	أقل من 19	1 ق
30-28	5 مثالي	–	–

ويبين الجدول التالي الدرجات الواجب طرحها من التقييم في حالـة اختلاف قطري الرغيف أي عدم تناسق، بفرض كان لدينا رغيف قطراه 31-30 نأخذ القطر الوسطي وحسب الجدول السابق يتم التقييم وليكن 4 ض ونأخذ نسـبة القطرين إلى بعضـــهما البعض ولتكن 1.05:1 من الجدول التالي نجد أنه يجب طرح القيمة 0.5 من التقييم ويصبح التقييم 3.5.

نسبة قطري الرغيف	الدرجات الواجب طرحها من التقييم
1.05:1	0.5
1.15:1	1
1.25:1	1.5
1.35:1	2
1.45:1	2.5

قابلية المضغ والبيات

قابلية الخبز للمضغ		حالة الرغيف أثناء ثنيه	
خبز صعب المضغ	1	يتحطم كليا عند ثنيه	1
خبز قاسي	2	يتمزق معظمه عند ثنيه	2
خبز لزج جدا أثناء المضغ	3	يتمزق وسطه وتبقى الحواف متماسكة	3
خبز لزج أثناء المضغ	4	تمزق قليل في وسط الرغيف	4
خبز طري	5	لا يحدث تمزق	5

الطعم الرائحة

اختبار الطعم		نوع رائحة الرغيف	
طعم سيئ جدا . رملي، حامضي	1	رائحة حرق مع رائحة مواد غريبة	1
طعم سيئ بسبب الملح وحمض اللاكتيك	2	رائحة حرق متوسطة الشدة مع رائحة عفونة	2
طعم متوسط اللذة	3	رائحة حرق ضعيف	3
طعم جيد	4	رائحة دون الرائحة المميزة للخبز	4
طعم ممتاز شهي	5	رائحة الخبز المميزة	5

انفصال الشطرين

انفصال شطري الرغيف	
لا يوجد انفصال لشطري الرغيف إلا بنسبة ضئيلة	1
يوجد انفصال بين الشطرين لكن بسماكتين مختلفتين	2
يوجد انفصال بين الشطرين مع وجود فرق في السماكة بحدود 2 مل	3
انفصال في الشطرين مع تساوي السماكات في غالبية الرغيف ماعدا المنطقة المحيطة	4
انفصال في الشطرين مع تساوي السماكات في كامل الرغيف	5

النتائج العملية:

يبين الجدول (1) خصائص عينتي الدقيق المستخدمة في التجارب.

الجدول 1

الخصيصة	الدقيق A	الدقيق B
الرطوبة	**15.80**	**16.23**
الغلوتين الرطب*	**21.7**	**26.2**
الغلوتين الجاف*	**7.6**	**9.0**
دليل الغلوتين	**97**	**98**
رقم السقوط (ثانية)	**253**	**342**

* على أساس رطوبة 14%.

4. نتائج تجربة الفارينوغراف: Farinograph

يبين الجدول (4–1) كمية الماء الممتص للفارينوغراف (مل) للعينات المدروسة

	45rpm	63rpm	95rpm
العينة A			

10 م°	65.2	67.2	69.6
30 م°		59.4	59.0
40 م°	52.0	54.0	56.0
العينة B			
10 م°	69.3	67.2	69.6
30 م°	55.4	56.8	59.0
40 م°	52.6	54.2	56.5

المناقشة:

1- نلاحظ أن كمية الماء الممتص تتزايد مع ازدياد سرعة عملية الخلط.

2- نلاحظ أن كمية الماء الممتص تتناقص مع ارتفاع درجة الحرارة.

3- نلاحظ أن العينتين A وB متشابهتين من حيث نسبة الماء الممتص.

يبين الجدول (4-2) زمن الوصول (min) للعينات المدروسة

	45rpm	63rpm	95rpm
العينة A			
10 م°	16.2	15.3	10.9
30 م°	2.2	1.9	1.4
40 م°	1.9	1.7	1.2
العينة B			
10 م°			
30 م°	3	2.2	4.7
40 م°	2.4	1.7	1.5

المناقشة:

1-نلاحظ في النوع A تناقص زمن الوصول مع تزايد سرعة الخلط عند درجة حرارة معينة.

2-نلاحظ في النوع B تناقص زمن الوصول مع تزايد سرعة الخلط عند درجة الحرارة 40 م°أما عند الدرجة 30 م° فنلاحظ تناقص زمن الوصول ومن ثم ازدياده بشكل كبير.

3-نلاحظ في النوعين A وB تناقص زمن الوصـــول مع تزايد درجة الحرارة عند ســـرعة خلط معينة.

يبين الجدول (4-3) الثباتية (min) للعينات المدروسة

95rpm	63rpm	45rpm	
العينة A			
7.1	12.2	11.6	10 م°
1.2	2.1	3.1	30 م°
0.7	1.2	1.9	40 م°
العينة B			
			10 م°
7.1	12.9	18.4	30 م°
1	2.4	3.2	40 م°

المناقشة:

1-نلاحظ تناقص الثباتية مع تزايد سرعة الخلط عند درجة حرارة معينة.

2- نلاحظ تناقص الثباتية مع تزايد درجة الحرارة عند سرعة خلط معينة.

5. نتائج تجربة الاكستنسوغراف: Extensograph

قمنا بإجراء هذه التجربة على العينة (A) فقط، أما بالنســـبة للعينة B من الدقيق وهو الدقيق القوي فلم نتمكن من إجراء تجربة الاكستنسوغراف عليه بسبب عدم توفّر العينات اللازمة.

يبين الجدول (5-1) المطاطيةmm للعينات المدروسة :

95rpm	63rpm	45rpm	زمن التخمر 45 min
العينة A			
220	208	165	10 م°
158	162	151	30 م°
131	131	139	40 م°

95rpm	63rpm	45rpm	زمن التخمر 90 min
العينة A			
188	203	195	10 م°
161	158	143	30 م°
122	136	122	40 م°

95rpm	63rpm	45rpm	زمن التخمر 135 min
العينة A			
158	182	174	10 م°
149	154	155	30 م°
122	123	122	40 م°

المناقشة:

1- نلاحظ أنه عند سرعة خلط محددة تتناقص المطاطية مع ارتفاع درجة الحرارة .

-2

يبين الجدول (5-2) المقاومة Bu للعينات المدروسة

95rpm	63rpm	45rpm	زمن التخمر 45 min
العينة A			
			10 م°
304	328	365	30 م°
400	432	472	40 م°

95rpm	63rpm	45rpm	زمن التخمر 90 min
العينة A			
			10 م°
348	372	388	30 م°
487	542	608	40 م°

95rpm	63rpm	45rpm	زمن التخمر 135 min
العينة A			
			10 م°
364	338	372	30 م°
583	566	557	40 م°

يبين الجدول (5-3) **الطاقةcm2** للعينات المدروسة

95rpm	63rpm	45rpm	زمن التخمر 45 min
العينة A			
			10 م°
96	106	105	30 م°
90	97	112	40 م°

95rpm	63rpm	45rpm	زمن التخمر 90 min
العينة A			
			10 م°
107	118	103	30 م°

101	131	122	40 م°

95rpm	63rpm	45rpm	زمن التخمر 135 min
العينة A			
			10 م°
102	101	111	30 م°
116	118	113	40 م°

يبين الجدول (5-4) أعلى مقاومة يبديها العجين للشد Rm (Bu) للعينات المدروسة

95rpm	63rpm	45rpm	زمن التخمر 45 min
العينة A			
250	170	200	10 م°
472	487	513	30 م°
517	545	569	40 م°

95rpm	63rpm	45rpm	زمن التخمر 90 min
العينة A			
270	290	290	10 م°
529	572	546	30 م°
653	734	751	40 م°

95rpm	63rpm	45rpm	زمن التخمر 135 min
العينة A			
228	308	320	10 م°
549	505	541	30 م°

40 م°	708	742	768

6. نتائج تجربة الخبز:

1). نسب وتراكيز المواد المستخدمة لتحضير عينات العجين وشروط العجن لكل عينة:

العينة	وزن الـدقـيـق (gr)	محلول الملح (80 ml)	محلول الخميرة (30 ml)	درجة الحرارة (C°)	سرعة العجن (rpm)	مدة العجن (min)
1	300gr	2%	1.2%	10C°	**45rpm**	5min
2	300gr	2%	1.2%	10C°	63rpm	5min
3	300gr	2%	1.2%	10C°	95rpm	5min
4	300gr	2%	1.2%	30C°	45rpm	5min
5	300gr	2%	1.2%	30C°	63rpm	5min
6	300gr	2%	1.2%	30C°	95rpm	5min
7	300gr	2%	1.2%	40C°	45rpm	5min
8	300gr	2%	1.2%	40C°	63rpm	5min
9	300gr	2%	1.2%	40C°	95pm	5min

2). النتائج:

العينة	اللون	الطعم	الرائحة	اللب	القوام	المضغ	قطر الرغيف	انفصال الشطرين	الإجمالي
1	2	2	2	2	2	2	2	6	24
2	2	2	2	2	6	4	2	6	26
3	8	4	2	2	10	6	8	6	46
4	8	6	8	4	10	8	6	6	56
5	6	6	8	10	10	10	6	8	64
6	4	4	6	10	8	6	6	6	50
7	4	4	6	6	10	4	4	4	42
8	6	4	6	6	10	4	4	4	44
9	2	4	4	10	8	4	4	6	42

النتيجة:

ـــ تبيّن لنا النتائج السابقة أنه عند العمل على درجة الحرارة (30C°) وسرعة الخلط (63 rpm) نحصل على أفضل النتائج بالنسبة للخبز، ونحصل على نتائج مشابهة تقريباً عند السرعة (45rpm)، أما عند السرعة (95rpm) تكون مواصفات الخبز أقل جودة منها عند السرعتين السابقتين، مما يؤكد على أن السرعة المرتفعة أثرت بشكل سلبي على خصائص العجين عند الدرجة (30C°).

ـــ أما بالنسبة للعمل عند الدرجة (10C°) فلا نحصل على نتائج جيدة بالنسبة للخبز وذلك عند جميع السرعات، ولكن نلاحظ أنه عند السرعة (95rpm) تحسنّت مواصفات الخبز قليلاً بالمقارنة مع العينات الأخرى عند نفس الدرجة من الحرارة، وبالتالي نستنتج أن زيادة سرعة الخلط عوّض قليلاً النقص في درجة الحرارة، ولكن بالمحصلة نجد أن الدرجة (10C°) وعند جميع السرعات المجرّبة غير مناسبة للعمل.

. وأما بالنسبة للعمل عند الدرجة (40C°) فنجد أن هذه الدرجة تؤثر بشكل سلبي على جودة الخبز الناتج وذلك عند جميع الســـرعات حيث تكون النتائج متقاربة في جميع الحالات، مما يؤكد أن الدرجة (40 C°) غير مناسبة للعمل مهما غيرنا السرعة.