



الجمهورية العربية السورية
جامعة البعث
كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية
قسم الهندسة الغذائية

العلاقة بين الخصائص الريولوجية لأجهزة اختبار العجين

The relationship between rheological properties of Dough testing instruments

أطروحة ماجستير

إعداد المهندس

رواد زهرة

المشرف المساعد

الدكتور: مصطفى صطوف

إشراف

الدكتور: فرحان ألفين

تاريخ الدفاع: الخميس / 23 - 6 - 2011 /



الجمهورية العربية السورية
جامعة البعث
كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية
قسم الهندسة الغذائية

شهادة

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الرسالة هو نتيجة بحث قام به المهندس رواد منير زهرة تحت إشراف الدكتور فرحان ألفين والمشرف المساعد الدكتور مصطفى صطوف في قسم الهندسة الغذائية في كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية بجامعة البعث، وأي بحث آخر في هذا الموضوع موثق في النص.
تاريخ 2011/6/23

المشرف المساعد
د. مصطفى صطوف

المشرف
د. فرحان ألفين

المرشح
رواد منير زهرة

تصريح

أصرح بأن هذا البحث (العلاقة بين الخصائص الريولوجية لأجهزة اختبار العجين) لم يسبق أن قبل للحصول ولا هو مقدم حالياً للحصول على شهادة أخرى.
تاريخ 2011/6/23

المرشح
رواد منير زهرة



الجمهورية العربية السورية
جامعة البعث
كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية
قسم الهندسة الغذائية

بناءً على توصية لجنة الحكم قمت بتصحيح جميع الملاحظات والأخطاء التي أشار إليها أعضاء اللجنة.

المرشح
رواد منير زهرة

نشهد نحن أعضاء لجنة الحكم وبعد الإطلاع على التصحيحات التي أجراها المرشح في نص الرسالة أنه قد نفذ التصحيح المطلوب.

عضو
د. جهاد سمعان

عضو
د. محمود حداد

مشرف
د. فرحان ألفين



الجمهورية العربية السورية
جامعة البعث
كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية
قسم الهندسة الغذائية

CERTIFICATE

It is here by certified that the work described in this thesis is the result of the author's own investigation under the supervision of Dr. Farhan Alfin from department of Food Engineering. Faculty of Chemical & Petroleum Engineering Al Baath University, and any reference to other researchers work has been acknowledged in the text.

<i>Supervisor</i>	<i>Assistant Supervisor</i>	<i>Candidate</i>
<i>Dr . Farhan Alfin</i>	<i>Dr .Mostafa Satoof</i>	<i>Rawad Moneer Zahrah</i>

DECLARATION

It is hereby declare that this work (**The relationship between rheological properties of Dough testing instruments**) in my own work and has not been accepted, nor submitted for any other degree.

Date: 23 /6 / 2011

Candidate
Rawad Moneer Zahrah

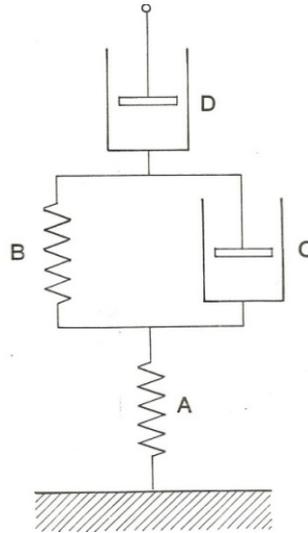
مقدمة

ينتج العجين بشكل تقليدي من خلط الماء والدقيق بإضافة مكونات أخرى كالمالح والخميرة، وبتقديم الطاقة اللازمة من قبل الخلاط نحصل على القوام الخاص بالعجين، فالطاقة الميكانيكية المقدمة من قبل الخلاط تلعب دوراً هاماً في ترطيب وانتشار جزيئات الدقيق (Flour particles) مما يساهم في تشكيل الشبكة البروتينية المستمرة. كما يساهم ارتباط النشاء ومكونات الدقيق الأخرى بسلاسل البروتين الخاصة بدقيق القمح (الغلوتين) في الحصول على عجينة تتميز بسلوك مطاطي - لزج (Visco-elastic behavior) (Eliasson and Larson, 1993).

هذا السلوك المطاطي - اللزج للعجين يجمع ما بين خصائص السوائل اللزجة تماماً، والمواد الصلبة المطاطية، فتأثير المكونات اللزجة في العجين نجده واضحاً حينما يتدفق العجين وينساب وفي ذات الوقت نجد أنه عند شد العجينة نفسها، وتركها حرةً فسرعان ما ستكتمش نتيجة وجود المكونات المطاطية، وهذه الصفة المطاطية للعجين تساعد في اختبار وتقييم مقاومة العجين للتشوه أثناء إجراء الاختبارات الريولوجية على العجين (Faubion and Hosenev, 1990).

ولما كانت عجينة دقيق القمح عبارة عن نظام غروي معقد، فإنها تخضع لتغيرات مستمرة في خواصها الفيزيائية حيث تنتج هذه الخصائص عن تفاعل المكونات الداخلة في تركيب الدقيق كالبروتين، والكربوهيدرات، والليبيدات ومكونات أخرى كالماء والهواء والتي تؤثر في خواص العجين. تركزت معظم الدراسات على تأثير الغلوتين بمكوناته الغلوتينين والجليادين على الخواص الفيزيائية، وبمعنى أدق على الخواص الريولوجية، فالجليادين يعتبر من البروتينات الصغيرة من حيث وزنها الجزيئي بالمقارنة مع الغلوتينين فالوزن الجزيئي للجليادين بحدود (40000) دالتون وهو مسؤول بشكل رئيسي عن السلوك اللزج للعجين، بينما يتميز الغلوتينين بوزن جزيئي مرتفع يصل إلى (3 مليون) دالتون وهو في المقابل المسؤول عن مطاطية العجين (Spies, 1989).

النموذج الميكانيكي الموضح بالشكل (1) يمثل سلوك المواد (المطاطة-اللزجة)، حيث تمثل العناصر D و C الجزء اللزج بينما يمثل كلاً من B و A الجزء المطاط ويوضح المخطط آلية شد معين بحيث تكون الإزاحة المتولدة في هذا النموذج مساوية تقريباً للشد والإجهاد الذي يخضع له العجين (Pomeranz, 1988).



الشكل (1) سلوك المواد المطاطية-اللزجة.

كما تمتاز الخصائص الريولوجية للعجين (Rheological properties of dough) بأهميتها الكبيرة في صناعة الخبز من خلال تحديد سلوك قطع العجين خلال المعاملة الميكانيكية بالإضافة إلى توقع خصائص جودة المنتجات النهائية، كما أنها تلعب دوراً هاماً في برامج ضبط ومراقبة الجودة (Quality controlling)، وتقييم مواصفات المكونات، وكذلك المنتجات النهائية، وقد نشرت العديد من الأبحاث في العقود القليلة الماضية، والتي تتناول هذا الموضوع، حيث صنفت الاختبارات النموذجية المستخدمة لتقييم السلوك الريولوجي للعجين إلى اختبارات تجريبية وصفية (Descriptive tests) واختبارات ريولوجية أساسية (Fundamental tests). الاختبارات التجريبية الوصفية فتستخدم بشكل واسع في مجال الصناعات العملية، كالمخابز والمطاحن، وغيرها، حيث تتميز هذه الاختبارات بأنها:

- تزودنا ببيانات مفيدة في تقييم الأداء، ومراقبة الجودة.
 - تتميز بمتانتها، وقدرتها على تحمل ظروف العمل في المنشآت الصناعية.
 - لا تتطلب موظفين بمستوى عالي من الكفاءة، والمهارة التقنية.
 - تزودنا بمعلومات غاية في الأهمية بخصوص نوعية، وأداء المنتجات الحبوبية، كالاتصاق، والقوام، واللزوجة، وغيرها.
- وبرغم ذلك إلا أن هذه الاختبارات لا تحقق المطلوب من الاختبارات الريولوجية الأساسية للأسباب التالية:

1. الطبيعة الهندسية المتغيرة للعينات المختبرة، كما أنها غير محددة بشكل جيد.
 2. صعوبة ضبط معدلات القص، والإجهاد والتعقيد المرافق لهذه العملية.
 3. صعوبة تحديد المؤشرات الريولوجية بشكل جيد، كالإجهاد، والقص، ومعدل الإجهاد، ومعامل اللزوجة (Wikstrom and Bohlin, 1999).
- لذلك تعتبر هذه الاختبارات وصفية تماماً، وتعتمد بشكل أساسي على نوع معدات الاختبار، بالإضافة إلى حجم، وهندسة العينة المختبرة، والشروط التي تجري ضمنها الاختبارات. وهي في غالبيتها تجريبية تستخدم لمراقبة سلوك عجائن الخبز أثناء المعاملات الميكانيكية والصناعية المختلفة. وأهم الاختبارات الريولوجية الوصفية هي الاختبارات التي تتم باستخدام أجهزة المكسوغراف، والأميلوغراف، والإكستنسوغراف، والفارينوغراف، والألفيوغراف.

أما الاختبارات الريولوجية الأساسية فتتميز بأنها :

- ذات تجهيزات معقدة وباهظة الثمن.
- تتطلب زمن طويل لانجاز الاختبارات.
- صعوبة المحافظة على الشروط الخاصة ببيئة العمل.
- تتطلب مستويات عالية من المهارة التقنية.
- صعوبة في تفسير النتائج التي تصدرها هذه الأجهزة.

للخلاطات المستخدمة وصعوبة قياس الخواص الريولوجية للعجين كالإجهاد ومعدل الإجهاد وغيرها من القياسات الريولوجية (Menjivar, 1990).

وبما أن عدد وتنوع المنتجات المصنعة من دقيق القمح قد ازداد بشكل واسع مؤخراً كالخبز والبسكويت والكعك وغيرها، وبما أن تشكيلة واسعة من هذه المنتجات والتي أساسها عجينة (الماء والدقيق) تبدي خصائص متماثلة أثناء التسخين الذي يرافق عمليات التصنيع فقد بات استخدام القياسات التجريبية لضبط جودة منتجاتها أمراً ملحاً، مما يتطلب تطوير الاختبارات التجريبية، وكذلك الأجهزة المستخدمة من أجل قياس استجابة العجين في كل مرحلة من مراحل التصنيع، وذلك لتوقع نوعية المنتج النهائي، وضبط التغيرات التي ترافق عمليات التصنيع وتقادي أي تغير في مواصفات المنتج النهائي (Chiotelli, et al., 2004). ومن المثير للاهتمام أنه في الآونة الأخيرة لوحظ انتشار هذه التقنيات والمعدات في العديد من المنشآت الاقتصادية (الخبزية) مما يظهر تنامي وعي المنتجين لأهمية الاختبارات الريولوجية في تقييم نوعية الدقيق المستخدم وخواصه الوظيفية وانعكاس ذلك على نوعية المنتج النهائي.

1: المسح المرجعي:

1-1- ما هي الريولوجيا: (What is Rheology)

هي دراسة كيفية تأثر المواد (تشوه المواد) خلال وبعد خضوعها لقوة ما، وتستخدم الريولوجيا لوصف وتحديد قوام مختلف المنتجات وذلك من خلال تحديد بعض المؤشرات الهامة: كاللزوجة (viscosity) والمطاطية (Extensibility) وكذلك نسبة التوزع أو الانتشار (Dispense Rate).

والجدير بالذكر أن الخصائص الريولوجية للمواد مشتقة من العلاقة بين الشد المطبق على المواد والتشوه المنطوي عن هذا الشد مع أخذ الزمن بعين الاعتبار.

أما أهمية الريولوجيا فهي تنطوي على ضبط الخواص الريولوجية من أجل العمليات والتطبيقات البوليميرية، وكذلك تحسين مواصفات المواد الغذائية كالعجين. وبالتالي للتعرف على مفهوم الريولوجيا (Rheology understanding) لا بد من قياس السلوك الريولوجي لمادة ما عبر تطبيق إجهاد (Stress) أو تشوه (shear) محدد ومضبوط 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.

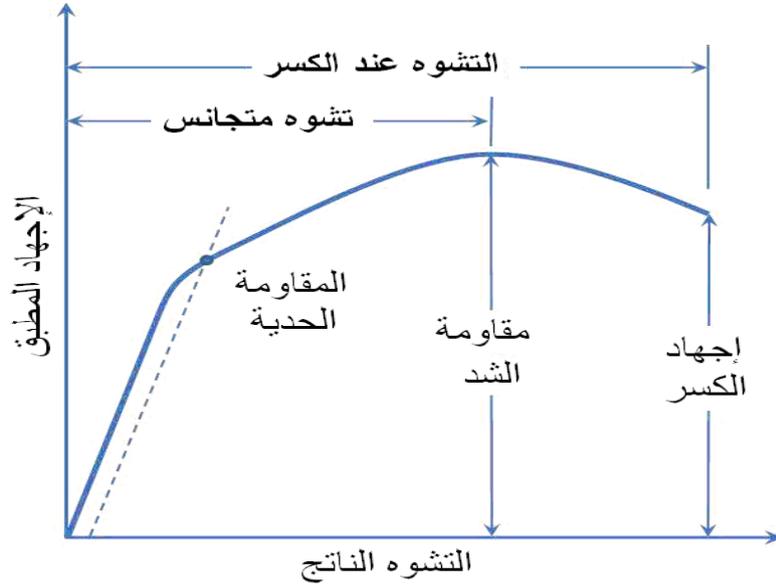
تتضمن الأهداف العامة للقياسات الريولوجية ما يلي:

- الحصول على وصف كمي للخصائص الميكانيكية للمادة.
- الحصول على المعلومات المتعلقة بالبنية الجزيئية وبتكوين المادة.
- توصيف ونمذجة أداء أو فعالية المادة خلال التصنيع من أجل ضبط الجودة.

يمكن استخدام المبادئ الريولوجية في عملية التحكم والتصميم كأداة لنمذجة ردود 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 (Scott and Richardson, 1997).

كما يمكن ربط علم الريولوجيا بالعملية الإنتاجية حيث يتم استخدام العديد من الاختبارات الريولوجية لمحاولة التنبؤ عن جودة المنتج النهائي مثل مقاومة العجين لعملية العجن والرق وسلوكه خلال عملية الشواء، فمعظم الاختبارات الريولوجية يتم إجراؤها تحت شروط إجهاد، وقص محددة (Shear-stress)، بينما تكون تشوهات العجين ذات الإجهاد الكبير ذات طبيعة شدية (Tension-strain)، في حين إجهادات القص (Shear-Stress) ذات التشوه الكبير تبدي رد فعل مختلف تماماً عن إجهادات الشد. والشكل (2) يوضح العلاقة بين الإجهاد والتشوه المنطوي عليه.



الشكل (2) العلاقة بين الإجهاد المطبق على مادة والتشوه الناتج عنه.

حيث تختلف المقاييس الريولوجية الأساسية من حيث: مقدار الإجهاد أو التشوه، أو من حيث نوع التشوه المطبق، كذلك ترتبط بنسبة التشوه، أو المدة الزمنية للإجهاد المطبق من أجل قياس خاصية ريولوجية معينة (Autio, et al., 1999).

2-1- الاختبارات الريولوجية: Rheological tests

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، حيث تقيس الاختبارات الريولوجية خاصية محددة بشكل جيد مثل الإجهاد أو التشوه أو التصلب أو اللزوجة، عند إخضاع قطعة صغيرة مختبرة إلى تشوه مضبوط بدقة باستخدام محرك ميكانيكي، ويتم قياس القوة اعتماداً على الإزاحة الناتجة عنها، ويتم تحديد القوة المقابلة للإزاحة وبذلك ينتج مخطط القوة . الإزاحة (Force-displacement curve).

وتجدر الإشارة إلى أن اختبارات الخصائص الريولوجية يجب أن تكون مستقلة عن حجم وشكل العينة وطريقة القياس المتبعة، حيث أنه عند قياس صلابة الخبز أو لزوجة العجين مثلاً في أحد المخابر يجب أن نحصل على النتيجة نفسها في أي مخبر آخر في العالم حتى عندما نستخدم طريقة مختلفة لقياس مؤشرات أو أحجام أو أشكال عينات مختلفة، لأن الهدف من الريولوجيا هو تحديد الخواص الفيزيائية بأسلوب يسمح بالمقارنة بين العينات المختلفة، والأحجام المختلفة، والأشكال المختلفة، وطرق الاختبار المستخدمة (Whorlow, 1992) .

قد تكون أكثر الأجهزة نجاحاً من ناحية محاولة مجارة الشروط الحركية خلال تصنيع الخبز هي أجهزة الإكستنسوغراف والألفيوغراف، حيث أن نماذج التشوهات التي تحدثها هذه الأجهزة تكون مشابهة لتلك التي تحدث خلال عملية التخمير والانتفاخ داخل الفرن، وعلى الرغم من ذلك توجد عدة عوائق ومن أهمها أن معدلات التخمير المطبقة على العجين المُختبر أعلى من تلك الموجودة عملياً. وتتطلب الحسابات والتحليلات المفصلة الحصول على فكرة محددة عن الخصائص المادية للعجين (Ferry, 1980 ; Barnes, et al., 1989).

وهناك عدة طرائق مستخدمة لقياس الخواص الريولوجية للعجين بواسطة الشد: مثل الشد البسيط أحادي المحور (Uniaxial extension) حيث يتم فيه شد قطع العجين المختبرة باتجاه واحد كما هو الحال بالنسبة لجهاز الإكستنسوغراف، والشد ثنائي المحور (Biaxial extension) حيث يتم فيه شد العجين باتجاهين والذي يمكن إجراؤه عن طريق ضغط قطعة

العجين بين سطحين، ثم نفخ قطعة العجين تلك باستخدام جهاز خاص للحصول على فقاعة العجين كما هو الحال في جهاز الألفيوغراف (Bubble inflation).

1-2-1 الشد أحادي المحور : Uniaxial extension

وهو أحد أقدم طرق الاختبار وأكثرها استخداماً لقياس خصائص المواد. بحيث يتم تثبيت نهايتي قطعة طويلة ورفيعة من المادة في جهاز خاص ومن ثم يتم شد إحدى النهايتين بمعدل ثابت بواسطة أداة اختبار مناسبة ويتم قياس القوة بذات الوقت بناءً على قيمة الإزاحة الحاصلة في المادة ويتم رسم مخطط القوة – الإزاحة (التمدد)، حيث تعد اختبارات الإكستنسوغراف أكثر التطبيقات أهمية في هذا النوع من الشد.

يمكن أن تؤدي اختبارات الشد إلى تمدد منتظم تقريباً للعينة ويتم تقسيم القوة والتمدد على الأبعاد الأصلية للعينة للحصول على الإجهاد والتشوه، ويسمح بالتخلص من الأبعاد الهندسية للعينة كأحد المتغيرات، لكن بالنسبة للعجائن الخاضعة لتشوه شدي كبير يجب أن يتم قياس التغير الفعلي الذي يطرأ على أبعاد العينة، وإن ميل منحنى (الإجهاد – التشوه) يعبر عن الصلابة أو المرونة. وقد بينت دراسات الباحثين حول اختبار الشد أحادي المحور أن السلوك الريولوجي للعجين لا يرتبط بعلاقة خطية مع الإجهاد أو مع معدل الإجهاد (Uthayakumara, et al., 2000).

2-2-1 الشد ثنائي المحور : Biaxial extension

في اختبارات الشد ثنائي المحور يتم شد العينة بمعدلات متساوية باتجاهين متعامدين في مستوى واحد، وإن أكثر الطرائق استخداماً في قياس خصائص الشد ثنائي المحور للمواد الغذائية هي تقنيات الانتفاخ والضغط بين صفائح مسطحة باستخدام سطوح مزيتة حيث يتم الحصول على جريان شدي بدون احتكاك. ومن 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، ولعل أكثر التطبيقات انتشاراً في تقنيات الشد ثنائي المحور الاختبارات التي يخضع لها العجين هي تلك المطبقة على جهاز الألفيوغراف (Wikstorm and Bohlin, 1999).

3-1- العوامل الفيزيائية المؤثرة على خصائص العجين:

1-3-1- العمل الميكانيكي والزمن: Mechanical work and Time

إن بعض التغيرات التي تطرأ على خصائص العجين خلال زمن معين هي في الحقيقة نتيجة للتفاعلات الكيميائية التي تحصل ببطء في العجين خلال فترة الاستراحة، ويعزى النقص البطيء في مقاومة العجين غير الخاضع للمعاملة إلى مختلف التفاعلات التي تحصل للعجين خلال مراحل تطوره، ولعل عملية العجن تعد المثال الأكثر وضوحاً وتعبيراً عن تأثير العمل الميكانيكي على خصائص العجين، حيث ينتج عنها تشكيل العجين من خلط الدقيق والماء والمكونات الأخرى المضافة. وإن استمرار عملية العجن بعد الوصول إلى تشكيل العجين يسبب انهيار بنية العجين وهذا ما نسميه بالعجن الزائد (overmixing) (Frazier, et al., 1985).

وبشكل عام يزداد القص عند الإجهاد الأعظمي بزيادة معدل القص. ويتضح أن تحطيم بنية العجين يعتمد على مقدار ومعدل القص، ويمكن توضيح تأثيرات عملية العجن والزمن على خصائص العجين من خلال تسجيل منحنيات التمدد - الحمولة (القوة) (load-extension) عند فترات استراحة مختلفة بين مرحلتين تشكيل القطعة المختبرة وشدها. وهكذا فإنه بعد عملية الخلط، وبتقديم كمية قليلة من الطاقة تنقص مقاومة الشد بشكل تدريجي مع ازدياد فترة الاستراحة، في حين تؤدي عمليتي التكوير، وإعطاء الشكل للقطعة المختبرة إلى تغيير بنيتها فتجعلها أكثر مقاومة للتشوه ويدعى هذا بالتنشيط البنيوي (structure activation). وتكون زيادة المقاومة كنتيجة لاصطفاف جزيئات الغلوتين بشكل جيد، مما يسمح بتشكيل عدد أكبر من الروابط الفيزيائية التصالبية بين هذه الجزيئات (Kilborn and Tipples, 1974).

تشكل عملية الرق تطبيق عملي لتأثير العمل الميكانيكي على خواص العجين ويمكن أن تؤدي عملية رق العجين إلى إنضاجه بشكل كامل. وإن تكوين العجين بواسطة الرق يحتاج إلى طاقة أقل منها عند إنضاج العجين بواسطة عملية العجن، حيث أنه خلال عملية الرق يستهلك 3.1 KJ/Kg وخلال العجن 22 KJ/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 يضعفه

ويخضع من مقاومته للتشوه، وهذا يتوقف على حالة العجين، وعلى طبيعة العمل الميكانيكي (Pomeranz, 1988).

1-3-2- درجة الحرارة: Temperature

إن الخصائص الريولوجية لمعظم المواد حساسة بشكل كبير تجاه الحرارة ومن هذه المواد العجين. وتدل الدراسات أن مقاومة العجين للتشوه تتناقص نسبياً 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.

عندما تزداد درجة الحرارة فوق 50 م° تزداد اللزوجة بشكل حاد جداً وتعود هذه الزيادة الحادة إلى تجلتن النشاء وإلى بلمرة جزيئات الغلوتين إلى حد ما. ويمكن أن تؤثر الحرارة بشكل غير مباشر على خصائص العجين، حيث تزداد سرعة التفاعلات الكيميائية الحاصلة في العجين مع ازدياد الحرارة (Bloksma and Nieman, 1975).

1-4-4- أهم العوامل الكيميائية المؤثرة على الخصائص الريولوجية

1-4-4-1- تأثير الملح على الخواص الريولوجية للعجين:

Effect of salt on rheological properties of dough

قامت العديد من الأبحاث بدراسة دور بعض مكونات العجين: كملح الطعام، والسكر، والدهن، وغيرها من المكونات والمضافات في تغيير الخواص الريولوجية للعجين، لكن لا يزال هناك بعض الخلاف على طبيعة تأثيرها، لذلك فإن استعمال مثل هذه المضافات في منتجات الحبوب لا يزال تجريبياً في غالبها > علاوة على ذلك هناك حالياً طلب متزايد على الأطعمة المملحة، والأطعمة منخفضة الدسم أو أغذية الحمية التي تلقى رواجاً جيداً عند المستهلك بشرط أن تحافظ هذه المنتجات على خواص المنتج الأصلي، لذلك أصبحت المعلومات عن الدور الوظيفي لهذه المكونات غاية في الأهمية وذلك لتطوير المنتج الجديد، والتحكم بالعمليات الصناعية، وتحقيق الجودة والنوعية (Chiotelli, et al., 2004).

فقد تناولت الدراسات السابقة تأثير بعض هذه المكونات على خصائص العجين وعلى نوعية المنتج النهائي. حيث أشارت الأبحاث السابقة إلى أن الملح المضاف إلى العجين يخفض من قابلية انحلال الغلوتين وذلك نتيجة زيادة قوة العجين من خلال تحريضه على تجمع جزيئات الغلوتين. عملياً يضاف الملح إلى العجين قبل بضع دقائق من نهاية عملية الخلط وذلك نتيجة تأثيره على تطور العجين وعلى قوامه كذلك، وتبعاً لـ (Feillet, et al., 1994) إن إضافة الملح إلى العجين يحسن من طبيعة وشدة التفاعلات الهيدروفوبية بين جزيئات البروتين في العجين، فأملح الصوديوم ذات التراكيز المنخفضة (أقل من 0.05 مول) تخفض من انحلالية الغلوتين كونها تحت جزيئات البروتين على التجمع بشكل مستقل عن طبيعة الأيون (Chiotelli, et al., 2004).

وقد أظهرت أبحاث سابقة لدى دراسة تأثير مستويات مختلفة من الملح (NaCl) أن لملح الطعام تأثير مقوي لخواص العجين كما لوحظ انخفاض في كمية الماء الممتص، وقليلاً ما تلاحظ هذه التأثيرات في تجارب الدقيق ربما نتيجة تعديل محتوى الماء للحصول على قوام عجين ثابت (Salovaara, 1982).

كما أشارت بعض الدراسات إلى أن إضافة الملح بنسبة 2%، يخفض من مقدرة الغلوتين على امتصاص الماء بنسبة 8% (Butow, et al., 2002). حيث بينت الدراسات المجراة على جهازي الفارينوغراف والإكستنسوغراف أن إضافة الملح أدت إلى زيادة زمن تشكل العجين، بالإضافة إلى زيادة في مقاومته للتمدد، وزيادة في قيم مطاطية العجين مما يؤكد حقيقة أن الملح يؤخر عملية تشكل الغلوتين خلال معاملة العجين للحصول على القوام المناسب (Wehrle, 1997; Butow, et al., 2002).

1-4-2- تأثير الماء على الخصائص الريولوجية للعجين:

Effect of water on rheological properties of dough

إن لمستوى الماء في العجين تأثير قوي على الخصائص الريولوجية من خلال تأثيره على صلابة العجين (dough stiffness) وارتباطه بالمكونات الموجودة فيها، حيث تتغير صلابة العجين ما بين (5-10)% فيما لو تغير محتوى الماء بمقدار (1)% على أساس المادة الجافة. كما تعد اللزوجة أكثر الخصائص حساسية لتغيرات المحتوى المائي في العجين، وعادة ما يكون هناك منافسة بين مكونات الدقيق على الماء، ففي حال كان الماء غير كاف لتلبية حاجة المكونات من الترطيب، فإن الغلوتين لا يصل إلى مستوى الترطيب المناسب وبالتالي فإن الطبيعة المرنة لا تصل إلى حدها القياسي. بالمقابل عند مستويات ماء مرتفعة نجد سيطرة المكونات اللزجة على العجين، وبالتالي نحصل على عجين متدبق (Rasper, et al., 1985).

وقد خلصت الأبحاث التي أجريت على أصناف مختلفة من العجين على جهازي الإكستنسوغراف والألفيوغراف أنه عند ارتفاع مستويات الماء المضاف إلى العجين نلاحظ زيادة في تمدد العجين يقابله انخفاض في مقاومتها للشد.

من الجدير بالذكر أن العديد من المكونات تمتص الماء في العجين إلا أن النشاء يعد المكون الوحيد الذي يمكن من خلاله تقدير كمية الماء الموجودة في العجين بدقة، ففي الحالة العادية يمتص كل 1 كغ من النشاء حوالي 0.45 كغ من الماء على أساس المادة الجافة، ولما كان نشاط الماء في العجين بالكاد أقل منه في الماء النقي (الصافي) بالتالي فإن النشاء سيمتص تقريباً كمية الماء نفسها التي يمتصها في حالة الماء الحر.

ومن المشكوك فيه فيما لو أن المحتوى المائي للمكونات الداخلة في تركيب العجين لها أي أثر على الخواص الفيزيائية إلا أن هذا التأثير درس على أساس الارتباط بين امتصاصية الدقيق للماء في الفارينوغراف مع محتواها المائي أو على أساس التغير في امتصاصية الماء عند إضافة هذه المكونات ولكن من الملاحظ أن الفرضية السابقة أغفلت التغيرات المرافقة كتغير حجم حبيبات النشاء وتغير نسب النشاء المتهتك، لذلك فإن التخمين الذي يستند إلى بيانات تجريبية أجراها العديد

من العلماء يعد أكثر موثوقية حيث يشير إلى أن البروتين يمتص الماء بنسبة 1-3 كغ/كغ من البروتين الجاف والنشاء المتهتك يمتص 1.5 - 2 كغ/كغ والبننوزات حوالي 10 كغ/كغ (Szczesniak, et al., 1983).

1-4-3- تأثير النشاء - الغلوتين على الخصائص الريولوجية للعجين

Effect of Starch-Gluten on rheological properties

تعاني مكونات الدقيق أثناء المعاملات الميكانيكية والحرارية المختلفة كالبننق وغيرها تعديلات مختلفة تتضمن الذوبان وبلمرة النشاء، وكذلك فقدان البروتين لخواصه الطبيعية (Colonna, et al., 1989).

فالعجين يصنف على أنه مادة مركبة تتألف من : طور مستمر من البروتين تنتشر فيه حبيبات النشاء، ومكونات أخرى غير منحلة، فحبيبات النشاء هذه لها دور معقد في تركيب العجين حيث أن الخصائص الجيلاتينية (الهلامية) لحبيبات النشاء تلعب دوراً هاماً في منتجات الخبز (Chen, et al., 1985).

كما تعتمد الخواص الريولوجية للدقيق في حالة المائع (طور العجين) على التغيرات الحاصلة في المكونات الداخلة في تركيب العجين، وإن فهم الخواص الريولوجية للعجين هام لفهم البناء الدقيق والهندسة البنيوية للمنتج النهائي، وعلى الرغم من أن النشاء يدخل بنسبة عالية في تركيب العجين إلا أن القليل فقط من الأبحاث حاولت ربط الخواص الريولوجية للعجين مع الخصائص الجزئية للنشاء (Della, et al., 1996). إنما معظم الدراسات تركزت على الدور الرئيسي الذي يلعبه بروتين دقيق القمح (الغلوتين) في تغير الخواص الريولوجية للعجين إضافة إلى بعض الدراسات التي تتناول فقدان البروتين لخواصه الطبيعية أثناء المعاملات المختلفة للعجين (Cuq, et al., 2000).

إلا أن هناك حاجة وضرورة واضحة لربط التغيرات في مكونات العجين خلال المعاملات المختلفة التي يعانها العجين _ للوصول إلى المنتج النهائي _ بخصائص مكونات الدقيق وتأثيرها على اللزوجة في طور العجين، حيث يلعب كلاً من نسبة (النشاء والغلوتين) وخصائص المكونات الداخلة في تركيب العجين دوراً هاماً في تحديد نوعية المنتج النهائي.

كما تجدر الإشارة إلى أن محتوى الرطوبة ودرجة حرارة عجين دقيق القمح هي التي تحدد من يلعب الدور الأساسي في تركيب المنتج النهائي إن كان النشاء أو الغلوتين، على سبيل المثال في العجائن ذات المحتوى العالي من الرطوبة (45-50) % كعجين الخبز فإن الغلوتين يشترك بشكل أساسي في تشكيل الشبكة المستمرة لهذه المنتجات (MacRitchie, 1992).

من جهة أخرى يلعب النشاء دوراً أكثر أهمية بالنسبة للعجائن ذات محتوى الرطوبة المنخفض أقل من 35 % كحبوب الفطور، والوجبات الخفيفة، ومن هنا نجد ضرورة وأهمية فهم تأثير كلاً من النشاء، والغلوتين فيما يتعلق بنوعية وكمية كلاً منهما على الخصائص الريولوجية لعجين دقيق القمح (Barron, et al., 2001; Colonna, et al., 1989).

1-5- تطبيقات علم الريولوجيا في مجال منتجات الحبوب:

1-5-1- العجن: Mixing

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 الخلط وعملية العجن (الخلط) ستؤدي إلى تحسين القوام والمواصفات الريولوجية إلى حدود مختلفة (Shah, et al., 1999).

وبالتالي فإن المواصفات الريولوجية للمواد الغذائية تؤثر على الزمن والطاقة اللازمين للوصول إلى التكوين الأمثل للمادة الغذائية، وهذا ما نراه في التنوع الكبير للخلطات المستعملة في صناعة الأغذية، وحقيقة أن إنتاج قوام مرغوب لمادة غذائية ما يتطلب خلطات خاصة (Cambpell, 1995).

ركزت الدراسات التي أجريت حول عملية العجن على النقاط التالية:

- تأثير تصميم الخلط وعملية العجن على تطور الخواص الريولوجية والقوام.
- القياسات التجريبية للخواص الريولوجية أثناء عملية العجن أو استهلاك الطاقة.
- تأثير المواصفات الريولوجية على أنماط عملية العجن وعلى أدائها.
- نمذجة وتوقع نوع التشوه أثناء خلط العجين.

ومن أهم الصعوبات المتعلقة بهذه الطرائق من الاختبارات هي: عدم القدرة على أخذ ضياعات المحرك بعين الاعتبار مثل تأثيرات السطح والاحتكاك بين العجين والخلط، وتأثيرات عملية التهوية على الخواص الريولوجية، وعلى الرغم من أن العجين مادة ذات طبيعة لزجة - مطاطية (Visco-elastic) والتي تبدي ارتخاء سريع بعد التشوه الحاصل فيها نتيجة العمليات المختلفة التي تخضع لها قطع العجين المختبرة في مخابر التحليل المختلفة، أو التي يخضع لها العجين في عمليات التصنيع المختلفة، وعلى الرغم من ذلك فإننا نحصل من خلال هذه الاختبارات على معلومات غاية في الأهمية حول تأثير الخلط على قوام العجين (Weegels, et al., 1996; Skerrit, et al., 1999).

وقد 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 والزمن يؤدي ذلك إلى إنتاج عجينة جيدة وبالتالي خبز ذو نوعية جيدة، وهذا الأمر يتعلق بشكل رئيسي بنوع الخلاط وبتكوين الدقيق، والمكونات الأساسية الداخلة في إنتاج العجين (Mani, et al., 1992).

1-5-2- الرق (Sheeting)

تعتبر عملية رق العجين بواسطة الأسطوانات عملية شائعة في مجال صناعة منتجات الحبوب، حيث يوجد العديد من المنتجات المختلفة والمواد الأولية التي تخضع لعملية الرق، ويختلف هدف عملية الرق بحسب نوع المنتج. حيث يتم رق العجين المخصص لصناعة الخبز في قالب معين لتشكيل قطع العجين ولضبط توزيع فقاعات الغاز ضمن العجين، ويمكن أن يؤدي تكرار عملية الرق إلى تقوية الشبكة الغلوتينية في العجين المخصص لصناعة الخبز. هناك عدة إجراءات رق مختلفة عن بعضها البعض فمنها أحادية الأسطوانة ومنها متعددة الأسطوانات، وبشكل عام يتغير شكل العجين خلال عملية الرق. وتحدد الخواص الريولوجية للعجين الضغوط والإجهاد خلال عملية الرق، وعند استعمال الخصائص الريولوجية ذات العلاقة بالتطبيقات الدقيقة لا بد من الدقة حيث يؤخذ مقدار الإجهاد ونسبته في الحسبان (Dobrazczyk, and Morgenstern, 2003)

أجريت العديد من الدراسات لإيجاد علاقة بين الخصائص الريولوجية الأساسية وعملية الرق فأغلب الاختبارات تجريبية في طبيعتها وتتعلق بخواص الدقيق. فحين 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 (kilbom and Tipples, 1974).

وأثبتت الدراسات أنه بقياس الطاقة المطلوبة فإن عملية الرق تتطلب % (10-15) من الطاقة المستهلكة أثناء العجن. ولقياس 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 (Kilborn and Preston, 1982; Raghavan, et al., 1996).

يمكن قياس الخواص الريولوجية للعجين بعد الرق مباشرة، وتزداد المقاومة في جهاز الإكستنسوغراف ولزوجة العجين مع تكرار عملية الرق، ومن ثم تتناقص ثانية، وتتناسب اللزوجة العظمى مع الحجم الأعظمي للخبز الناتج (Moss, 1980; Morgenstern, et al., 1999)

تختلف الخواص الريولوجية لعجينة الخبز عن الخواص الريولوجية للعجينة المعدة لصناعة المعجنات، فالعجينة ذات قيم المطاطية العالية وذات المقاومة المرتفعة للعجن تعطي منتج يرتفع أكثر أثناء الشواء وهذا ما تتميز به عجينة الخبز (Hay, 1993).

اعتمدت العديد من الدراسات على الإكستنسوغراف لتقييم عجينة الخبز، واستخدمت الاختبارات القياسية للعجين المستريح (الخاضع لفترة استراحة) بعد تحديد مستوى الماء المطلوب، والمتعلق بالعجينة باستخدام جهاز الفارينوغراف، وتم وصف الخواص الريولوجية للعجين اعتماداً على عوامل عدة أهمها، عرض رقاقة العجين، حجم الغاز في الفقاعة، بالإضافة إلى نسبة الماء في العجين المختبر. (Levine, 1997)

1-5-3- التخمر والشواء : (Fermentation and Baking)

يعتبر التخمر مرحلة هامة في صناعة الخبز حيث أن تمدد فقاعات الغاز المندمجة مسبقاً خلال عملية العجن يعطي البنية المسامية للخبز (Dobraszczyk, et al., 2002).

إن انخفاض كثافة العجين نتيجة زيادة حجم الغاز له تأثير في تخفيض اللزوجة، ولكن من الممكن أن يتسبب انضغاط الهواء في إبطال هذا التأثير وخاصة عند حجوم غاز أكبر وكثافات أقل، وعلى الرغم من أهمية التخمر في صناعة الخبز، أجريت معظم التجارب الريولوجية على العجين بدون خميرة وبدرجة حرارة الغرفة، وقد أجريت بعض الدراسات على الخصائص الريولوجية المتغيرة خلال التخمر والشواء، بالإضافة إلى الاختبارات الريولوجية المباشرة على عجائن الخبز المتخمرة (Massey, 2002; Sahi, 1999).

هناك طرائق أخرى لقياس الزيادة في ارتفاع وحجم المنتج المختمر، وذلك باستخدام عدة أجهزة مثل الريوفرمنتومتر، أو الريزوغراف، لكنها لا تعطي معلومات مباشرة حول ريولوجيا المادة، كما أنها لا تقيس القوة والتشوه المتغيران (Shah, et al., 1999).

ومن الجدير بالذكر أن المسامية تتغير مع زيادة ارتفاع العجين المختمر خلال مرحلتي التخمر والشواء، ويحدد نمو فقاعات الغاز مقدار تمدد العجين وبالتالي الحجم الأعظمي للمنتج وقوامه (He and Hoseny, 1991).

كما يتعلق تمدد فقاعات الغاز بشكل مباشر بثباتية هذه الفقاعات، وتعتبر الخواص الريولوجية لجدران الخلايا الغازية ذات أهمية كبيرة في المحافظة على ثباتية هذه الفقاعات وخاصة في حال عدم حصول نضج في مرحلة الشواء، وفي المحافظة على الغاز خلال مرحلة التخمر، وبالتالي له أهمية في إعطاء القوام والحجم النهائيين للمنتج (Dobraszczyk, et al., 2003)

كما أن ضعف جدران الخلايا الغازية، وعجزها عن استيعاب تمدد هذه الخلايا يمكن توقعه باستخدام مقياس لقياس عدم الاستقرار في تمدد المواد البوليميرية، ويدل هذا المقياس على أن الثباتية في تمدد المادة اللزجة والمرنة تعطي تشوه أقل من التشوه الذي يحدث عند الإجهاد الأعظمي في المخطط (القوة - التمدد) (Force - extension).

إن التمدد المنتظم للغشاء اللزج والمرن أثناء عملية الانتفاخ يؤدي إلى عدم وصول التشوه إلى القيمة العظمى، ويدل هذا المعيار أنه فيما بعد القيمة الحرجة للتشوه تصبح المادة عاجزة عن التمدد بشكل متجانس وتصل إلى حالة انهيار حركي، وعند التمدد الكبير للمواد يكون التشوه اللدن منتظم على كامل العينات حتى الوصول إلى النقطة التي تكون عندها القوة أعظمية، وبعد هذه النقطة تبدأ القوة بالانخفاض وتحدث عندها عملية تشوه لدنة غير منتظمة (Mackinley and Hassager, 1999).

كما تسمح عملية معاملة العجين ميكانيكياً بالعجن المنتظم تحت إجهاد معتدل وثابت والتي تسمى عملية التقسية بالإجهاد (strain hardening) لجدران الخلايا الغازية المتمددة بمقاومة الضعف وذلك بزيادة المقاومة الموضعية للتمدّد، 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 بخصائص (strain hardening) جيدة عجينة ذو قوام ناعم (خلايا غازية أصغر ذات جدران أقل سماكة وتوزع جيد للفقاعات ضمن العجين) وذات حجم خبز أكبر من العجين الذي يتمتع بخصائص (strain hardening) سيئة (Dobraszczyk, et al., 2003).

6-1- أجهزة اختبار العجين (Dough testing instruments)

1-6-1- خلطات العجين ذات المسجل: Dough recording mixtures

كانت أول محاولات ابتكار خلط عجين مسجل في العام 1927 عن طريق عالم الحبوب الهنغاري Jenó von Hankoczy. ومنذ نشوء أول خلطات العجين ذات المسجل حاول العلماء تحديد وتوصيف الخواص الفيزيائية للعجين، والتوقع الموضوعي لامتصاصية الدقيق المثالية للماء، وزمن الخلط المطلوب للحصول على العجينة الأمثل للمنتج النهائي المطلوب الحصول عليه. يعد جهاز الفارينوغراف بالإضافة إلى جهاز المكسوغراف من أجهزة الخلط الصغيرة ذات المسجل والأكثر استخداماً في أيامنا هذه، أضف إلى ذلك جهاز آخر لا يقل أهمية عن أي منهما وهو جهاز الكونسيستوغراف وكثيراً ما يستخدم هذا الجهاز بالنسبة لدقيق الأقماع الطرية أي الأقماع الأوروبية في الغالب. (Bloksma, 1984).

وعلى الرغم من أن كلاً من هذه الأجهزة يعمل وفق مبدأ عمل مختلف إلا أنها تستخدم لتوقع كمية الماء الممتص من قبل الدقيق بالإضافة إلى مؤشرات أخرى تتعلق بصناعة الخبز.

حيث تسجل خلطات هذه الأجهزة العزم الناتج أو مقاومة العجن الناتجة عن خلط العجين كما تسجل كذلك الطاقة اللازمة لعجن العجين عند سرعة ثابتة بالإضافة إلى تحديد المساحة المرسومة تحت المنحني والتي تعبر عن الطاقة اللازمة للعجن، ويولد المنحني المسجل معلومات عن التغيرات في الخواص الريولوجية خلال الخلط، هذه المنحنيات تتألف من جزء مرتفع يظهر ارتفاع في المقاومة مع زمن الخلط متبوعاً بانخفاض بطيء يكون أقل أو أكثر انحداراً تبعاً لانخفاض المقاومة، وعادة ما تكون القمة أما مستوية أو منبسطة أو بارزة وذلك تبعاً لنوعية المعدات أو نوعية الدقيق المستخدم (Faridi, 1990).

1-1-6-1 جهاز الفارينوغراف (Farinograph):



الشكل (3) جهاز الفارينوغراف

على الرغم من أن جهاز الفارينوغراف كان ولفترة طويلة يستخدم كأداة قياس تزودنا بالمعلومات التي تتعلق بخصائص الخلط والامتصاص للدقيق إلا أن هذه النتائج لا يمكن ترجمتها مباشرة إلى نتائج اختبار للصناعات الخبزية.

وقد عرف جهاز الفارينوغراف منذ عام 1930، ففي الخلاط الخاص بالجهاز يوجد ذراعي عجن لهما شكل Z، يدوران بعكس الاتجاه (كلا باتجاه الأخرى) وبسرعات مختلفة. بعد أن يوضع الدقيق وباقي المكونات في الخلاط يشغل الجهاز ثم يضاف الماء من أنبوبة خاصة بالجهاز، حيث ينقل العزم الواقع على أذرع الخلاط إلى راسم يمثله على شكل مخطط بياني يدعى الفارينوغرام.

يتميز الفارينوغراف بخلاطات ذات مقاسات مختلفة فإما أن يكون 50 غرام أو 300 غرام، كما يوجد خلاط لعينات غاية في الصغر، وهو خلاط ميكروفارينوغراف 10 غرام. تطبق هذه الطريقة على دقيق القمح من أجل تحديد الماء الممتص وسلوكية العجين. ويمكن الحصول من هذا المخطط على مؤشرات، وقراءات تعطي معلومات في غاية الأهمية عن خواص الدقيق.

1-6-1-2- الماء الممتص في الفارينوغراف Farinograph Water Absorption

إلى جانب القياسات الأساسية التي يعطيها مخطط الفارينوغراف هناك قيمة في غاية الأهمية يعطيها هذا الجهاز وهي الماء الممتص من قبل الدقيق حيث تمثل هذه القيمة كمية الماء المطلوبة من أجل تطور قوام العجين القياسي حتى الوصول إلى نقطة أو خط 500 برابندر على المخطط. عند الوصول إلى ما فوق الامتصاصية فإن مركز المنحني سيخفق في الوصول إلى خط 500 برابندر، أما عندما تكون كمية الماء غير كافية (دون الامتصاصية المطلوبة) فإن مركز المنحني سيتجاوز خط 500 برابندر.

على الرغم من أن الامتصاصية المقدره في الفارينوغراف قد لا تتطابق مع الامتصاصية الفعلية لمنتجات الخبيز إلا أن هناك علاقة ارتباط جيدة بين الاثنين (Tomas and Nigel, 1990).

فعلى سبيل المثال في عينات الدقيق التي تحتوي مستويات عالية نسبياً من النشاء المتهتك لا نلاحظ ارتباط الامتصاصية التي يعطيها الفارينوغراف بالامتصاصية الفعلية لعجينة الخبز حيث أن

امتصاصية الفارينوغراف في مثل هذه العينات ستكون أعلى من الامتصاصية الفعلية كون الماء الذي يحتجزه النشاء المتهتك سرعان ما سيطلقه أثناء تفاعلات التخمر الجارية للعجين وذلك عندما يتحطم النشاء من قبل إنزيمات الأميلاز، مثل هذا العجين سيكون لزج مما يؤكد أهمية تخفيض الامتصاصية عن التي حصلنا عليها من جهاز الفارينوغراف (Kunerth, 1985).

1-6-1-3- العوامل المؤثرة على مخطط الفارينوغراف :

Factors Affecting Farinogram

عند استخدام الفارينوغراف كجهاز مخبري فإن المعلومات التي سنورد ذكرها قد تساعد المجرى لتجاوز المشكلات مع الأجهزة وتعد كدليل لتقييم النتائج .

الاختلاف بين الأجهزة (Differences Between Instruments)

فقد بينت الدراسة بأنه قد يكون هناك مجال واسع لقيم الفارينوغراف التي نحصل عليها من اختبار عينة طحين واحدة على ثلاث أجهزة فارينوغراف مختلفة، فالاختلاف في هندسة وشروط عمل وعاء الخلط لها تأثيرات أكبر تحت التجربة، ومن المهم معرفة خصائص وعاء الخلط المستخدم في التجارب.

وقد لوحظ أن التطابق بين مخططات الفارينوغراف يكون أفضل عندما نستخدم وعاء الخلط نفسه على أجهزة فارينوغراف مختلفة مقارنةً مع أوعية خلط مختلفة على جهاز فارينوغراف واحد.

حجم الوعاء (Size of the bowl)

عندما نحصل على نتائج العينات المختبرة نلاحظ أن منحنيات العينات المختبرة في أجهزة الفارينوغراف ذات أوعية الـ 50 غرام هي أضعف قليلاً من نتائج العينات المختبرة في أوعية الـ 300 غرام.

ضبط الرطوبة: (Damping Adjustment)

يجب أن تضبط الرطوبة بشكل صحيح حتى لا يتجاوز أثر التذبذبات مجال (70-80) وحدة برايندر في قيمة القوام. وإن الترطيب الخاطئ يمكن أن يغير في القيم التي يعطيها الجهاز وخصوصاً زمن الوصول والثباتية، وزمن المغادرة في حال كان عرض الحزمة ضعيفاً جداً بالتالي سيكون زمن الوصول طويلاً بينما زمن الثباتية وزمن المغادرة سيكونان قصيران أما في حال كان عرض الحزمة عريضاً جداً فإن العكس صحيح.

وزن الدقيق: (Flour weight)

يجب أن يوزن الدقيق باستخدام ميزان دقيق بحساسية لا تقل عن 0.1g ولا بد أن ينخل الدقيق قبل أن يوزن لإزالة الأجسام الغريبة، الوزن غير الدقيق قد ينتج عن خطأ في وزن العينة أو نتيجة استخدام عينة ذات محتوى رطوبة غير مصحح في حساب وزن الدقيق المختبر.

الحرارة: (Temperature)

إن المصادر المحتملة لاختلاف درجة حرارة الدقيق أثناء الاختبار على جهاز الفارينوغراف هي دورة الحمام المائي - حرارة الماء المستخدم - حرارة الجو المحيط، ومن المهم أثناء الاختبار ومناقشة النتائج ضبط درجة الحرارة والحفاظ عليها ثابتة، ولضمان هذه الثباتية في الحرارة نستخدم ترموستات تسخين ومضخة لتدوير المياه حيث تشغل قبل ساعة من بدء العمل.

إن تغيرات الحرارة وبخاصة حرارة ماء المعايرة أو حرارة الدقيق المستخدم قد تؤثر على قياسات الفارينوغراف بشكل ملحوظ، ولقد أظهرت دراسات سابقة وجود علاقة لوغارتمية بين الامتصاصية، وزمن الخلط، وحرارة العجين عندما يبقى أي من هذه العوامل ثابتة. تلعب درجة حرارة الترموستات دوراً هاماً في عمل الفارينوغراف فتغيرات الحرارة ولو بضع أعشار من الدرجة يمكن أن يكون له أثر ملحوظ على المخطط الناتج.

تؤثر الشروط المحيطة من حرارة غرفة الاختبار والرطوبة النسبية عندما تكون مرتفعة أو منخفضة على حرارة الدقيق والماء المستخدم كذلك على حرارة الخلاط المستخدم، لذلك يوصى بوضع كل أجهزة الاختبار الفيزيائية في غرفة مضبوطة أو تحت السيطرة من حيث هذه الشروط (Faridi, 1990).

شروط وعاء الخلط (Mixing bowl condition)

إن الفسحة ما بين الأذرع ووعاء الخلط معدة مسبقاً من قبل المنتج ولكنه يزداد نتيجة الاستخدام المتكرر وبالتالي يعطي زيادةً في امتصاص الماء مما يسبب تغيير في الخصائص الأخرى لذلك كان لا بد من وجود موظفين مهرة لتعديل المسافة بينهما، ولذلك لا بد من تبديل الأوعية البالية والمتضررة.

رطوبة الدقيق: Flour moisture

يحدد محتوى رطوبة الدقيق (الوزن المفقود كنسبة مئوية للعينة المطلوبة والمسخنة على الدرجة 130° لمدة ساعة كاملة). إن أهمية التحديد الدقيق لمحتوى الرطوبة لا يمكن إغفالها كونها تؤثر على نسبة الدقيق التي سيضاف لها الماء في الخلاط، وكذلك على دقة تعديل الماء الممتص لعينة الدقيق على أساس رطوبة 14%.

كمية الماء: (Amount of water)

لا بد من استخدام الماء المقطر بشكل مستمر كما أنه لا بد من ضبط تدفق الماء من السحاحة الخاصة بالجهاز بحيث تفرغ الكمية المطلوبة من الماء خلال 20 ثانية، ولا بد من تنظيف الأنابيب دورياً. تجدر الملاحظة إلى أن كمية الماء التي تنتقل إلى الخلاط أخفض من الواقع نتيجة الالتصاق على جدران السحاحة، لذلك ستكون امتصاصية الماء المقاسة أعلى من القيم الحقيقية.

2-6-1- آلات التمدد تحت الحمل: Load-Extension Instruments

في العديد من الآلات المتوفرة تجارياً ترسم هذه الأجهزة منحنيات التمدد تحت الحمل (load-extension curves) لقطع عجينة الاختبار إلى أن تتمزق (AACC 1980) ويرسم منحنى يمثل القوة مقابل التمدد، ويمكن أن نقرأ من هذه التسجيلات (المخططات) المقاومة مقابل التشوه والامتطاط أيضاً.

1-2-6-1- الإكستنسوغراف: Extensograph

ابتكر جهاز الإكستنسوغراف عام 1936 لتزويدنا بالمعلومات عن العجينة التي تنتج عن الفارينوغراف، حيث تعتبر قياسات الإكستنسوغراف ذات طبيعة تجريبية، ومن الصعب تفسير معطياتها من ناحية الخصائص الريولوجية الأساسية بسبب الصعوبات الكامنة في فصل المكونات اللزجة عن مكونات المطاطية في المنحنيات الناتجة، وكذلك نتيجة السلوك المطاطي- اللزج (visco-elastic) غير المثالي لعجينة دقيق القمح. وما يميز الإكستنسوغراف عن غيره من الأجهزة التي تستخدم للغرض ذاته (كالألفيوغراف) بأنه مهياً خصيصاً للتعامل مع العجائن المخمرة ولاختبار مدى تأثير المحسنات المضافة للعجين على خصائصه (Sietz, 1991).



الشكل (4) جهاز الإكستنسوغراف

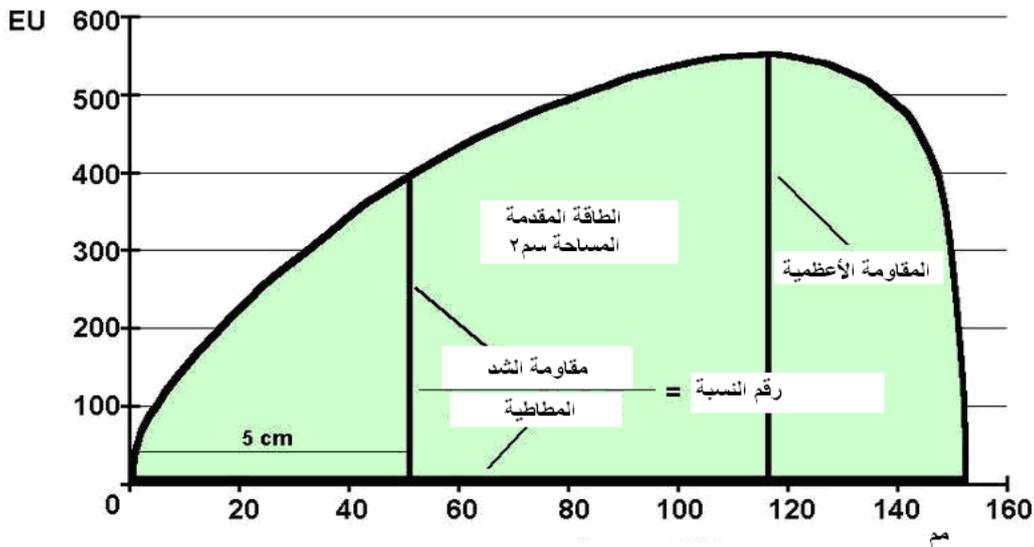
هناك طريقتان لتحضير العجينة المختبرة على جهاز الإكستنسوغراف:

طريقة AACC:

تشير هذه الطريقة إلى الخلط مدة 1 دقيقة ، وفترة استراحة حوالي 5 دقائق ومن ثم الخلط حتى الوصول إلى القوام المطلوب (AACC, 1983).

طريقة ICC:

تنص على الخلط المستمر دون توقف مدة 5 دقائق، وهذا الاختلاف في إجراءات الخلط يدل ضمناً على الاختلاف في كمية الماء المضاف، وتبعاً لكلا الطريقتين تخضع كل قطعة للشد ثلاث مرات بعد فترات استراحة 45، 90 و135 دقيقة. فالدقيق القوي يخلط 5 دقائق بينما يخلط الدقيق الضعيف (دقيق البسكويت) مدة دقيقة واحدة ويترك للاستراحة مدة 30 ثانية، ثم يخلط مرة أخرى مدة 30 ثانية (Raci, 1988).



الشكل (5) مخطط الإكستنسوغرام الذي يعطيه جهاز الإكستنسوغراف.

تصنف مخططات الإكستنسوغراف إلى ضعيفة، متوسطة القوة، وقوية، وقوية جداً وذلك تبعاً لقوة العجين، فعينات الدقيق التي تتميز بقيم منخفضة للمؤشر (A) أي أن المساحة تحت هذا المنحني أقل من 80 سم² تصنف على أنها ضعيفة، وفيما لو كانت بين (80 - 120) سم² تعتبر متوسطة ، وبين (120 - 200) سم² قوية، وفوق 200 سم² تعد قوية جداً. (Preston and Hoseny, 1991).

1-6-2-2- الألفيوغراف-كونسيستوغراف (Alveo-consistograph)



الشكل (6) جهاز الألفيو-كونسيستوغراف.

منذ تصنيع جهاز الألفيوغراف من قبل شركة شوبن الفرنسية (1921-1927) استخدم بشكل متزايد في كل من فرنسا، ومختلف الدول الأوروبية والشرق الأوسط ووسط وجنوب أمريكا من أجل تقييم نوعية الدقيق المطلوب لإنتاج الخبز الفرنسي والخبز المنزلي. كما ويعتبر هذا الجهاز مفيداً في تقييم نوعية الدقيق المستخدم لصناعة البسكويت والكيك (Berger and Grandvoinet, 1979) وكذلك يستخدم لتحديد تأثير المؤكسدات، والمواد المرجعة، والمحسّنات الأخرى المضافة لمعالجة العجين (Grandvoinet, 1979).

لوحظ في السنوات القليلة الماضية تزايد الاهتمام بتقنيات الألفيوغراف كأداة ريولوجية من أجل تقييم نوعية وأداء دقيق القمح، وخصوصاً دقيق القمح الطري، والجهاز الأوسع استخداماً هو جهاز الألفيوغراف الخاص بشركة شوبن الفرنسية (Faridi and Rasper, 1987).

يقيس هذا الجهاز مقاومة العجين للإمتطاط وإلى أي مدى يمكن أن تشد العجينة تحت ظروف الطريقة المتبعة، حيث تتمدد قطعة العجين - ذات السماكة المحددة مسبقاً والمحضرة تحت ظروف نوعية خاصة بالتجربة- بواسطة ضخ الهواء المضغوط إلى فقاعة حتى تتمزق، بالمقابل

يسجل ضغط الهواء داخل الفقاعة بشكل تخطيطي على ورق بواسطة جهاز تسجيل مانومتري خاص (Bettge, et al., 1989).

يتميز هذا الجهاز بأذرع تدور بعكس عقارب الساعة من أجل خلط العجين ومع عقارب الساعة من أجل بثق العجين، يبرد الخلاط بواسطة خزان ماء موصول إما بحمام مائي أو بصنوبر ماء لتبقي الخلاط على الدرجة 24 م°، لذلك يربط الخلاط بجهاز تسخين من أجل رفع حرارته إذا استدعى الأمر ذلك. بعد الخلط تبتق العجينة إلى صفيحة الاستلام عبر بوابة الاستلام والتي تكون مغلقة خلال مرحلة الخلط، حيث نحصل في هذا الجهاز على الهواء المضغوط من مضخة خاصة تزودنا به وبمعدل تدفق معايير، يعطي الهواء الضغط المطلوب لنفخ قطعة العجين المختبرة حتى الحصول على فقاعة العجين.

1-6-2-3- العوامل المؤثرة على الألفيو - كونسيستوغراف

Factor affecting Alveo-consistograph

رطوبة الدقيق: (Flour moisture)

يخلط 250 غرام دقيق مع حجم مناسب من المحلول الملحي 2.5 % المعد مسبقاً من أجل إعداد عجينة جهاز الألفيوغراف. هذا الإجراء ينتج عجينة بمحتوى رطوبة 43.5 % بغض النظر عن قدرة الدقيق على امتصاص الماء، حيث يعتمد حجم المحلول الملحي الواجب إضافته على محتوى رطوبة العينة .

إن الزيادة بمعدل 2.2 مل من المحلول الملحي تطابق (0.5) % فرق في محتوى رطوبة الدقيق. بالتالي فإن أهمية التحديد الدقيق لمحتوى رطوبة الدقيق قبل الاختبار لا يمكن إغفاله بالإضافة إلى ذلك قد يكون الخطأ الحاصل نتيجة خطأ في تحضير المحلول الملحي، حيث أن فرق بمقدار 0.55 % في تركيز المحلول الملحي سيتسبب بخطأ في نتائج الألفيوغراف (Preston, 1989)

الحرارة: (Temperature)

تعد الحرارة العامل الثاني الذي يساهم في اختلاف نتائج الألفيوغراف، فدرجة الحرارة المثالية للخلاط ولحجيرات التخمر هي 24 و25 درجة مئوية على التوالي، كذلك حرارة الجو المحيط لها تأثير عميق على نتائج الألفيوغراف، لأن إجراء الاختبار يتضمن معاملة العجين في عدة مراحل (البثق، المد، التقطيع، الاستراحة، التخمر، النفخ). قد تتوازن حرارة قطع عجين الاختبار مع شروط الوسط المحيط عند كل من هذه النقاط، وقد يتسبب الهواء الجاف بتشكيل قشرة على سطح قطع العجين، الأمر الذي يؤدي إلى تمزق مبكر لفقاعة العجين خلال الاختبار.

زمن الخلط Mixing time

عادة ما يكون زمن الخلط الكلي (7 دقائق) وهو ضروري للحصول على نتيجة ثابتة، في حال كان الزمن أقل أو أكبر من الزمن المثالي للخلط سيتغير شكل المخطط الناتج.

بوابة البثق: (Extrusion Gate)

في حال كانت البوابة أضيق مما هي في الوضع المثالي سنحتاج إلى عمل أكبر لدفع العجينة خارج الخلاط، وبالتالي التغيرات في تركيب العجين ستؤثر بالضرورة على النتائج.

زمن الاستراحة: (Rest time)

زمن الاستراحة المعطى لقطع العجين في حجيرات التخمر المعزولة حرارياً ينبغي أن تكون قريبة من 15 دقيقة قدر الإمكان، في حال كان الزمن أقل من ذلك سيتسبب ذلك في تغيرات في النتائج الحاصلة.

معدل تدفق الهواء: (Air flow Rate)

التغيرات في تدفق الهواء لها أثر عميق على قيم الألفيوغرام في الاختبارات النوعية المعمولة بشكل روتيني. كما يجب أن نحافظ على معدل تدفق الهواء عند المستويات المحددة والمعايرة على أساس يومي.

استخدام الزيت: (Use of oil)

يستخدم الزيت خلال مراحل مختلفة أثناء إجراء تجربة الألفيوغراف وذلك من أجل تزييت أجزاء مختلفة من الجهاز لمنع التصاق قطع العجين على السطوح، من المهم الإشارة إلى أن نوع الزيت وكذلك كمية هذا الزيت المضافة لهذا الغرض لما لها من تأثير على الخصائص الفيزيائية للعجين المختبر.

1-6-2-4- مقارنة بين جهازي الكونسيستوغراف والفارينوغراف Comparison between Farinograph and Consistograph

قامت شركة شوبن وبالتعاون مع المعهد الهولندي (TNO1) بدراسة ومقارنة بين جهازي شوبن . كونسيستوغراف وبرابندر.. فارينوغراف كون كلا الجهازين يستخدمان بشكل أساسي لحساب كمية الماء الممتص من قبل العجين، ونظرا لاختلاف الجهازين من حيث هندسة وتصميم الخلط كان من المثير للاهتمام عمل هذه المقارنة لملاحظة أثر هذه الاختلافات الميكانيكية على النتائج النهائية. ولما كانت كمية الماء الممتص هي المؤشر الأساسي الذي يعطيه كلا الجهازين، فقد أوضحت التجارب المجراة من قبل الشركة وجود ارتباط هام بين الجهازين .

ومن المثير للاهتمام أن قيم الماء الممتص المقدر باستخدام الكونسيستوغراف هي دوماً أقل من تلك المحسوبة باستخدام الفارينوغراف، ولكن عند إجراء التجارب عند الشروط نفسها على كلا الجهازين بدرجة حرارة 24 م° ومحلول ملحي بتركيز 2.5% كانت النتائج أكثر تقارباً. وقد أوضح الباحثون أن هذه الاختلافات في قيم الامتصاصية المقاسة في الجهازين المذكورين سابقاً سببه الاختلاف الكبير بين أذرع كل خلط عن الآخر وكذلك الاختلاف في هندسة كل خلط على حدا. الفارق الهام بين الجهازين أنه عند اختبار الدقيق على جهاز الكونسيستوغراف نكون أقل قلقاً من حدوث ظاهرة التدبق (Stickiness phenomenon)، فالعجين عند الدرجة 30 م° و بدون إضافة ملح يظهر تدبّقاً أكثر منه لنفس العجين عند حرارة 24م° وباستخدام محلول ملحي (Dubois and Juhue, 2000).

يتضمن الجزء الثاني من الدراسة مقارنة العجين المأخوذ من كلا الجهازين عند نقطة القوام الأعظمي، فقد أوضحت اختبارات التمدد أن عيني العجين متشابهتين عند هذه النقطة لدى مقارنة العجين المخلوّط تحت الشروط نفسها في كلا الخلاطين (Dubat, 2000).

2: هدف البحث:

نظراً للأهمية الإستراتيجية لمادة الدقيق عموماً ومادة الخبز بشكل خاص في منطقتنا ونتيجة الاستهلاك المتزايد من هذه المادة كان لا بد من السعي قدماً لتطوير هذه الصناعة والنهوض بها لتلبي جميع المتطلبات كماً ونوعاً، ونتيجة العلاقة الوثيقة التي تربط الاختبارات الريولوجية بخصائص العجين من جهة وبجودة المنتج المخبوز من جهة أخرى جاءت أهمية البحث في هذا المجال، حيث تكمن أهمية البحث بمدى حدائه وخاصة أنه لا توجد أي دراسة حاولت الربط ما بين الخصائص الريولوجية لأجهزة اختبار العجين، ونخص في بحثنا العلاقة بين المؤشرات التي يعطيها جهازي الفارينوغراف والكونسيسيتوغراف من جهة، والمؤشرات التي يعطيها جهازي الإكستنسوغراف والألفيوغراف من جهة أخرى.

من هذا المنطلق جاء الهدف من هذه الدراسة لبحث إمكانية إيجاد علاقات بين مختلف هذه التجهيزات ومحاولة الربط بينها من خلال علاقات إحصائية عن طريق تغيير بعض شروط عملها بما يتلاءم مع شروط عمل كلا الجهازين، وبما يتلاءم في الوقت عينه مع شروط التصنيع، مما يمكننا من معرفة الخصائص الريولوجية لدقيق ما عند توفر أحد الجهازين، ونقل هذه المعلومات إلى خصائص ريولوجية تخص الجهاز الآخر.

القسم العملي

مواد وطرائق البحث

Materials and Methods

3-1-1-المواد المستخدمة:

استُخدم في هذا البحث عشرة عينات مختلفة من دقيق الأقماع السورية من إنتاج عام (2008) خمس منها عينات دقيق موحد (بنسبة استخراج 80-85%) وهي العينات ذات الأرقام 1،2،3،4،5، وخمس عينات أخرى من الدقيق الأبيض (بنسبة استخراج 70-75%) وهي العينات ذات الأرقام 6،7،8،9،10.

3-2-الطرائق:

3-2-1- طرائق التحليل الكيميائية والتكنولوجية

3-2-1-1- الطرائق الكيميائية

تم تحديد الرطوبة وفقاً للطريقة القياسية (ICC No. 110/1) (ICC, 1976) ونسبة الرماد وفقاً للطريقة القياسية (ICC No. 104) (ICC, 1960) تمّ تحديد نسبة البروتين وفقاً لطريقة كلاهل (N*5.7) (AACC 46-10) (AACC, 1990).

3-2-1-2- الطرائق التكنولوجية:

أجريت تجربة الترسيب زيليني وفقاً للطريقة القياسية (ICC No. 116) (ICC, 1982). في حين تمّ تحديد الغلوتين الرطب والجاف بواسطة جهاز غلوتاميك (Perten Instruments AB) وفقاً للطريقة القياسية (ICC No. 155) (ICC, 1994)، تمّ تحديد نسبة النشاء المتهتك باستخدام جهاز قياس (تضرر) تهتك النشاء (SD-MATIC, Chopin).

3-2-1-3- الطرائق الريولوجية:

تم إجراء تجربة الفارينوغراف وفقاً للطريقة القياسية (ICC 115) (ICC, 1992). في حين تم إجراء تجربة الإكستنسوغراف وفقاً للطريقة القياسية (ICC 114) (ICC, 1992). أما تجربة الألفيوغراف أجريت وفقاً للطريقة القياسية (AACC, 2000)، وذلك عند شروط الترطيب الثابت والترطيب المعدل. كذلك تم إجراء تجربة الكونسيستوغراف وفقاً للطريقة القياسية (AACC, 2000)، في شروط الترطيب الثابت والترطيب المعدل.

تم إجراء تجربة الفارينوغراف وفقاً لأربع طرق وهي:

الطريقة الأولى (ط1): تم إجراء التجربة على أساس احتساب كمية الماء اللازم للوصول إلى مستوى ثابتة 700 برابندر بدلاً من 500 برابندر، وتم المحافظة على باقي شروط التجربة وفق الطريقة القياسية.

الطريقة الثانية (ط2): تم الإبقاء على جميع شروط التجربة القياسية باستثناء إضافة الملح وبنسبة 2% على أساس وزن الدقيق المضاف.

الطريقة الثالثة (ط3): تم تثبيت مستوى الثباتية عند 700 برابندر، وكذلك إضافة الملح بنسبة 2% على أساس وزن الدقيق، وتم المحافظة على باقي شروط التجربة القياسية.

الطريقة الرابعة (ط4): استخدم محلول ملحي (بتركيز 2%) عوضاً عن إضافة الملح بشكل مباشر وتم إضافة الماء للوصول إلى محتوى ماء نهائي قدره 52% .

تم إجراء تجربة الإكستنسوغراف بعد تعديلها وفقاً لطريقتين وهما:

الطريقة الأولى: تم تحضير العجينة باستخدام جهاز الفارينوغراف بحيث يصل القوام إلى 700 برابندر بدلاً من 500 برابندر، وتم المحافظة على الشروط الأخرى وفقاً للطريقة القياسية.

الطريقة الثانية: استخدمنا محلول ملحي (بتركيز 2%) عوضاً عن إضافة الملح بشكل مباشر وتم إضافة الماء للوصول إلى محتوى ماء نهائي قدره 52%.

4: النتائج والمناقشة:

4-1- الخصائص الكيميائية والتكنولوجية للقمح:

يُبين الجدول (1) الخصائص الكيميائية والتكنولوجية لعينات الدقيق المدروسة .

تراوحت نسبة الرماد في عينات الدقيق المدروسة بين (0.68-0.99%). أعلى نسبة رماد تميزت بها العينة رقم 4 (0.99%)، بينما تميز دقيق العينة رقم 6 بأقل نسبة رماد (0.68%) حيث تبين ارتفاع نسب الرماد في عينات الدقيق الموحد ويعزى الأمر إلى نسب الاستخراج العالية حيث تزداد نسبة الرماد مع زيادة نسب الاستخراج (Karababa and Ercan, 1995).

لوحظ وجود فرق واضح بين نسب البروتين للعينات المدروسة سواء كانت من الدقيق الأبيض أو من عينات الدقيق الموحد، مما يؤكد عدم التأثير الواضح للعينات بنسب الاستخراج المطبقة لكل منها.

أعلى نسبة غلوتين رطب وجاف لدقيق العينة رقم 6، وأقل نسبة للعينة رقم 1 وعلى الرغم من أن العينة رقم 6 تميزت بنسبة غلوتين رطب وجاف منخفضة إلا أن دليل الغلوتين كان مرتفع. من الملاحظ عدم وجود فرق كبير في قيم دليل الغلوتين بين عينات الدقيق الأبيض وعينات الدقيق الموحد مما يشير إلى عدم تأثير واضح للعينات بنسبة الاستخراج وإنما يرجع هذا الأمر إلى نوعية البروتين التي تتأثر بشروط الزراعة والصنف (Karababa and Ercan, 1995).

لوحظ كذلك تفاوت واضح في قيم رقم السقوط بين عينات الدقيق الموحد، وعينات الدقيق الأبيض، حيث لوحظ انخفاض قيم هذا المؤشر في عينات الدقيق الموحد بالمقارنة مع عينات الدقيق الأبيض، ويعزى هذا الأمر إلى ارتفاع معدل نشاط ألفا أميلاز في الدقيق مرتفع الاستخراج، وهذه نتيجة مماثلة لنتائج وضحتها دراسات سابقة (Aziz et al 2006).

الجدول (1) الخصائص الكيميائية والتكنولوجية لعينات الدقيق المدروسة										
العينة الخاصية	1ع	2ع	3ع	4ع	5ع	6ع	7ع	8ع	9ع	10ع
الرطوبة (%)	13.5	13.0	14.2	13.2	13.7	15.0	14.6	14.4	13.9	14.5
الرماد (%)	0.9	0.89	0.83	0.99	0.95	0.68	0.73	0.72	0.75	0.70
البروتين (%)	10.4	10.7	11.3	10.2	10.5	12.5	11.5	11.7	10.9	11.2
الغلوتين الرطب (%)	27.7	27.9	31.5	30.4	29	36.0	30.5	32.2	28	30.2
الغلوتين الجاف (%)	9.8	10.3	10.3	10.0	9.9	11.5	9.7	10.5	10.2	10.4
دليل الغلوتين GI	88	90	82	85	80	76	80	74	71	79
حجم راسب زيتني (مل)	20	24	29	24	23	32	27	31	30	29
رقم السقوط (ثانية)	389	377	394	400	398	455	438	425	419	433
النشاء الممتك UCD	11.9	12.4	15.6	11.1	12.0	24.0	21.5	22.0	20.6	18.0

تراوحت قيم ترسيب زليني بين (20 - 32) مل لعينات الدقيق المدروسة، مما يبين انخفاض هذا المؤشر نسبياً. في حين تراوحت نسب النشاء المتهتك للعينات بين UCD (11,1 - 24) حيث كانت نسبة النشاء المتهتك الأقل للعينة رقم 4 (UCD 11,1)، بينما تميزت العينة رقم 5 بأعلى نسبة نشاء متهتك (24 UCD)، وقد تميزت عينات الدقيق الموحد بنسبة نشاء متهتك أقل من نسبة النشاء المتهتك لعينات الدقيق الأبيض، ويعزى هذا الأمر إلى درجات التنعيم العالية التي يخضع لها الدقيق الأبيض ذي الاستخراج المنخفض. وهذا ما أشارت إليه بعض الدراسات السابقة (Aziz et al 2006).

4-2- المواصفات الريولوجية للدقيق:

4-2-1 نتائج الفارينوغراف :

4-2-1-1 نسبة الماء الممتص المقدر بجهاز الفارينوغراف:

يبين الجدول (2) قيم الماء الممتص المقدر بجهاز الفارينوغراف وفق الطرائق المذكورة بالفقرة

3-1-2-3.

تبين من خلال نتائج تقدير نسبة الماء (اللازم للعجين للوصول إلى القوام المطلوب) بالطرائق الخمس المذكورة سابقاً والمبينة في الجدول (2) أن نسبة الماء المحتسبة بالطريقة القياسية (مستوى ثباتية 500 برابندر) للعينات العشرة أكبر من كميتها المحتسبة بباقي الطرائق. وبالمقارنة مع نسب الماء المقدر بالطريقة الثانية والتي تماثل الطريقة القياسية باستثناء إضافة ملح بنسبة 2%، فقد تبين انخفاض واضح لنسبة الماء الممتص، وهذا ما أشارت إليه دراسات سابقة، فقد أكد الباحث (Hlynka, 1962) أن إضافة الملح بمقدار 1% يخفض الماء الممتص بنسبة 2.3%.

تبين لنا نفس النتيجة عند مقارنة الماء الممتص المقدر بالطريقة الأولى (الوصول إلى مستوى ثباتية BU 700)، مع الماء الممتص المقدر بالطريقة الثالثة (الوصول إلى مستوى ثباتية BU 700 ولكن بإضافة ملح)، مما يؤكد أن إضافة الملح إلى الدقيق يخفض نسبة الماء الممتص

من قبل هذا الدقيق عند عجنه. في حين كانت كمية الماء المحسوبة بالطريقة الرابعة (شروط الترطيب المعدل) أقل من تلك المقدره بالطريقة القياسية لكنها أكبر نسبياً من القيم المقابلة في الطرائق الثلاث الباقية.

الجدول (2) نسبة الماء الممتص المقدر بجهاز الفارينوغراف %

ط4	ط3	ط2	ط1	القياسية	الطريقة العينة
55.0	50.0	54.2	52.0	56.4	1
57.2	52.0	57.0	54.3	58.5	2
55.9	50.1	57.2	54.4	59	3
57.2	52.5	56.2	55.0	58	4
56.0	50.0	55.2	52.2	56.8	5
60.0	54.3	60.4	58.3	62	6
58.6	55.5	57.8	56.3	60.4	7
58.6	52.0	59.8	56.8	61.5	8
56.9	54.7	58.3	56.0	59.7	9
56.6	51.2	56.6	54.6	58.3	10
57.2	52.0	57.0	55.0	59.0	المتوسط

4-2-1-2 زمن تشكل العجين :

يبين الجدول (3) زمن تشكل العجين المقاس في جهاز الفارينوغراف للعينات المدروسة تبعاً للطرائق الخمس الأنفة الذكر.

بينت النتائج التي تم الحصول عليها ارتفاع واضح لقيم زمن تشكل العجين المقدر بالطريقة الثانية (ثباتية 500 برابندر + ملح) بالمقارنة مع الطريقة القياسية (ثباتية 500 برابندر بدون ملح)، كما تبين ارتفاع قيم ذات المؤشر بالطريقة الثالثة (ثباتية 700 برابندر مع ملح) بالمقارنة مع الطريقة الأولى (ثباتية 700 برابندر بدون ملح)، مما يؤكد أن إضافة الملح للعجين يسبب زيادةً في زمن

تشكله، وقد أكدت دراسات سابقة النتيجة ذاتها فقد أوضح Preston (1989) أن إضافة الملح بمقدار 1% زاد من زمن تشكل العجين بمقدار 0.5 دقيقة. هذا وقد لوحظ انخفاض واضح لهذا المؤشر في الطريقة الرابعة (شروط الترطيب المعدل).

كذلك تبين ارتفاع قيم زمن تشكل العجين لعينات الدقيق الأبيض (نسبة استخراج 70%) في كل من الطريقتين القياسية والطريقة الثانية (مستوى ثباتية 500 برايندر + ملح) في حين لم يكن الفرق واضحاً بين قيم زمن تشكل العجين لعينات الدقيق الموحد ولعينات الدقيق الأبيض في الطرق الباقية.

الجدول (3) زمن تشكل العجين المقدر بجهاز الفارينوغراف (دقيقة)

ط4	ط3	ط2	ط1	القياسية	الطريقة العينة
2.3	5.5	3.4	2.4	2.7	1
2.1	3.7	5.3	2.5	2.6	2
4.8	4.5	4.7	3.5	4.5	3
3.5	4.3	2.5	1.2	2.4	4
3.0	3.2	3.5	2.3	3.1	5
3.1	4.4	6.9	2.5	5.7	6
2.3	5.8	5.0	3.0	5.1	7
2.0	5.4	6.7	3.4	5.5	8
2.0	5.1	5.5	2.7	4.0	9
3.8	4.5	4.2	3.0	4.2	10
2.9	4.8	4.7	2.5	4.0	المتوسط

4-2-1-3- زمن ثباتية العجين:

يبين الجدول (4) زمن ثباتية العجين المقاس في جهاز الفارينوغراف تبعاً للطرائق الخمس الأنفة الذكر.

لوحظ من خلال نتائج التجارب المبينة في الجدول (4) ارتفاع واضح لقيم زمن ثباتية العجين للعينات المختبرة بالطريقة الثانية (مستوى ثباتية 500 برابندر مع ملح) بالمقارنة بالطريقة القياسية، بالإضافة إلى ارتفاع واضح لهذه القيم عند استخدام الطريقة الثالثة (مستوى ثباتية 700 برابندر مع ملح) بالمقارنة مع نتائج الطريقة الأولى. مما يثبت تأثير الملح الواضح على النتائج حيث ازدادت قيم ثباتية العجين مع إضافة الملح.

لم نلاحظ من خلال النتائج التي حصلنا عليها وجود فرق واضح في قيم هذا المؤشر ما بين عينات الدقيق الموحد، وعينات الدقيق الأبيض في أي من الطرائق الخمس المدروسة. بالإضافة إلى ارتفاع في زمن ثباتية العجين عند استخدام الملح كأحد شروط هذه الطرق بالمقارنة مع الطرائق التي لم نستخدم فيها الملح.

الجدول (4) زمن ثباتية العجين المقدر بجهاز الفارينوغراف (دقيقة)

ط4	ط3	ط2	ط1	القياسية	الطريقة العينة
4.1	5.7	5.9	1.3	2.5	1
3.2	5.1	11.1	2.0	3.3	2
5.2	7.6	10.3	3.0	3.4	3
4.9	5.3	11.6	1.2	2.3	4
4.4	5.6	4.2	2.3	3.1	5
4.9	7.2	10.5	3.9	7.5	6
3.3	6.6	6.6	1.6	4.5	7
6.0	8.8	11.9	2.8	5.0	8
2.5	3.2	11.3	2.2	4.4	9
4.2	5.9	7.3	2.4	3.9	10
4.0	6.0	9.0	2.0	4.0	المتوسط

4-1-2-4-رقم جودة الفارينوغراف المقدر بجهاز الفارينوغراف :

بين الجدول (5) رقم جودة الفارينوغراف للعينات العشر المدروسة عند تطبيق الطرائق الخمس المستخدمة في هذا البحث.

لوحظ من خلال النتائج التي أعطاها الجهاز ارتفاع قيم مؤشر جودة الفارينوغراف للعينات عند تطبيق شروط الطريقة الثانية (مستوى ثابتية 500 برابندر + ملح)، في حين لوحظ انخفاض واضح لقيم هذا المؤشر عند تطبيق الطريقة الأولى (مستوى ثابتية 700 برابندر)، كما لم نلاحظ وجود فرق واضح لقيم هذا المؤشر ما بين عينات الدقيق الأبيض أو الدقيق الموحد عند تطبيق أي من الطرائق الخمس المذكورة مسبقاً.

عموماً لوحظ ارتفاع قيم هذا المؤشر عند تطبيق الطرائق التي رافقها إضافة ملح أكثر بالمقارنة مع الطرائق التي لم يستخدم الملح كأحد شروط تطبيقها.

الجدول (5) رقم جودة الفارينوغراف FU لعينات الدقيق المدروسة

ط4	ط3	ط2	ط1	القياسية	الطريقة العينه
39	53	96	31	37	1
38	51	69	33	40	2
75	60	115	44	62	3
48	58	60	39	49	4
45	52	69	37	51	5
77	59	104	34	48	6
32	57	90	37	48	7
46	55	119	44	57	8
41	44	66	32	38	9
43	53	67	44	48	10
48	54	86	38	48	المتوسط

5-1-2-4 درجة ضعف العجين BU :

يبين الجدول (6) قيم ضعف العجين للعينات المدروسة مقدرةً بوحدة برايندر وذلك عند طرائق القياس الخمس المدروسة.

الجدول (6) قيم ضعف العجين (برابندر BU) لعينات الدقيق المدروسة

ط4	ط3	ط2	ط1	القياسية	الطريقة العينه
128	94	66	175	122	1
188	127	81	214	129	2
80	115	60	164	90	3
126	107	78	152	89	4
124	115	73	173	104	5
101	83	26	137	113	6
243	126	68	195	110	7
101	78	59	186	106	8
113	130	81	207	123	9
130	104	86	128	93	10
133	108	68	173	108	المتوسط

تبين النتائج التي حصلنا عليها ارتفاع قيم ضعف العجين للعينات عند تطبيق الطريقة الأولى (مستوى ثابتة 700 برايندر) بالمقارنة مع نتائج الطريقة الثالثة (ثابتة 700 برايندر مع ملح)، كذلك الأمر تبين ارتفاع هذه القيم عند تطبيق الطريقة القياسية بالمقارنة مع نتائج الطريقة الثانية، وبذلك نستنتج أن إضافة الملح تساعد في تقوية العجين وتقلل من قيم ضعف العجين.

4-2-2- نتائج الإكستنسوغراف :

4-2-2-1 المطاطية (قابلية المط):

يبين الجدول (7) نتائج الإكستنسوغراف لعينات الدقيق المدروسة باستخدام طرق الاختبار الثلاث.

الجدول (7) قابلية مط العجين E في جهاز الإكستنسوغراف (ملم)

الطريقة الثانية			الطريقة الأولى			الطريقة القياسية			الطريقة العينة
135	90	45	135	90	45	135	90	45	الزمن العينة
146	141	133	166	171	147	155	180	154	1
130	137	143	188	195	200	190	181	220	2
169	148	163	191	184	178	180	172	200	3
80	127	122	150	159	182	138	185	154	4
217	132	137	186	139	149	151	170	156	5
174	184	190	198	200	188	216	214	203	6
159	153	167	145	149	175	167	140	199	7
146	171	174	189	145	161	174	144	201	8
130	141	150	169	191	161	168	146	189	9
127	130	148	130	135	145	154	177	178	10
149	147	153	167	171	168	168	169	182	المتوسط

فقد تبين أن قيم قابلية امتطاط العجين عند زمن تخمر 45 دقيقة تميل للارتفاع عند استخدام الطريقة القياسية مقارنة مع ذات القيم عند الطريقة الأولى (مستوى الثباتية 700 برابندر)، وذلك لأن كمية الماء المضافة هي أعلى في الطريقة القياسية مما يعطي مطاطية أكبر ولكن هذا لم يؤثر على قيمها في الزمن 90 دقيقة، والزمن 135 دقيقة حيث كانت قيم المطاطية باستخدام الطريقة القياسية هي أقل من قيمتها باستخدام الطريقة الأولى. في حين نجد أن قيم الامتطاط عند تطبيق الطريقة الثانية (الترطيب المعدل) كانت (وعند مختلف الأزمنة 45، 90، 135 دقيقة)

جميعها منخفضة بالمقارنة مع القيم المقابلة في كلا الطريقتين الباقيتين (مستوى ثابتية 500 برابندر، ومستوى ثابتية 700 برابندر).

4-2-2-2 مقاومة الشد العظمى R_{max} في الإكستنسوغراف للعينات المدروسة:

الجدول (8) مقاومة الشد العظمى (R_{MAX}) لعينات الدقيق المدروسة (BU)

الطريقة الثانية			الطريقة الأولى			الطريقة القياسية			الطريقة العينه
135	90	45	135	90	45	135	90	45	الزمن العينه
208	184	171	426	403	364	207	197	212	1
264	280	279	369	374	350	346	371	341	2
235	183	203	405	390	245	181	164	134	3
240	234	197	420	407	313	230	249	226	4
355	338	298	187	227	230	229	280	242	5
179	176	169	299	272	252	181	192	173	6
166	311	289	512	376	299	150	266	218	7
213	175	151	313	303	199	226	249	169	8
305	300	256	394	349	268	201	211	163	9
358	319	260	486	411	370	229	255	218	10
252	250	227	381	351	289	218	243	210	المتوسط

تبين من خلال نتائج الإكستنسوغراف لعينات الدقيق المدروسة المبينة في الجدول (8) أن قيم مقاومة الشد العظمى كانت أعلى للعينات المدروسة عند استخدام الطريقة الأولى (مستوى ثابتية 700 برابندر) بالمقارنة مع بقية النتائج في كلا الطريقتين المتبقيتين وبخاصة عند زمن تخمر (135 دقيقة)، في حين لوحظ تقارب واضح للنتائج عند استخدام الطريقتين الباقيتين (الطريقة القياسية) و (طريقة الترطيب المعدل) وذلك عند مختلف الأزمنة (45، 90، 135) دقيقة.

4-2-2-3 مقاومة الشد عند مسافة 5 سم R_5 :

الجدول (9) مقاومة الشد عند مسافة 5 سم (BU) لعينات الدقيق المدروسة

الطريقة الثانية			الطريقة الأولى			الطريقة القياسية			الطريقة العينة
135	90	45	135	90	45	135	90	45	الزمن العينة
206	182	170	390	377	351	211	180	80	1
177	180	173	231	244	250	228	238	232	2
235	183	202	358	334	315	170	159	134	3
218	216	186	351	339	262	206	216	184	4
257	261	236	164	208	207	217	222	209	5
249	156	157	249	228	216	152	167	144	6
178	311	288	441	332	276	143	238	194	7
207	167	154	283	274	187	214	217	151	8
304	300	244	374	339	266	220	206	263	9
355	318	260	448	384	318	250	240	213	10
239	227	207	329	306	265	201	208	180	المتوسط

تبين النتائج الموضحة في الجدول (9) نتائج الإكستنسوغراف لمقاومة الشد عند مسافة 5 سم R5 حيث لوحظ ارتفاع قيم هذا المؤشر عند تطبيق الطريقة الأولى (مستوى ثابتية 700 برابندر) وذلك عند مختلف الأزمنة (45، 90، 135) دقيقة، بالمقارنة مع باقي الطريقتين في حين نجد أن نتائج الطريقة القياسية (مستوى ثابتية 500 برابندر) تميزت بقيم منخفضة لهذا المؤشر.

4-2-2-4 الطاقة (مساحة منحنى الإكستنسوغراف) :

الجدول (10) مساحة منحنى الإكستنسوغراف لعينات الدقيق المدروسة (سم2)

الطريقة الثانية			الطريقة الأولى			الطريقة القياسية			الطريقة العينة
135	90	45	135	90	45	135	90	45	الزمن العينة
47	45	41	84	78	75	51	50	26	1
77	81	79	99	106	100	105	110	102	2
44	32	38	81	55	42	52	47	37	3
56	53	47	84	82	78	62	64	57	4
76	74	71	31	88	94	57	55	61	5
39	46	43	67	56	60	46	23	48	6
55	69	63	102	88	79	58	69	67	7
41	28	37	59	59	48	48	52	41	8
57	57	50	82	73	61	53	51	41	9
68	62	53	91	81	73	55	59	60	10
56	54	52	78	74	69	59	58	45	المتوسط

يبين الجدول (10) نتائج المساحة المحسوبة تحت منحنى الإكستنسوغراف لعينات الدقيق المدروسة وفقاً للطريقة القياسية والطريقة الأولى والثانية حيث أظهرت النتائج ارتفاع قيم المساحة للعينات عند تطبيق الطريقة الأولى (مستوى ثابتية 700 برايندر) بالمقارنة مع ذات النتائج عند تطبيق الطريقتين المتبقيتين، في حين كانت النتائج متقاربة عند تطبيق الطريقة القياسية (مستوى ثابتية 500 برايندر)، وعند تطبيق الطريقة الثانية (مستوى ترطيب معدل).

5-2-2-4 قيم نسبة مقاومة الشد الأعظمي إلى قابلية المط :

الجدول (11) نسبة مقاومة الشد العظمي إلى قابلية مط العجين R_{MAX} / E

الطريقة الثانية			الطريقة الأولى			الطريقة القياسية			الطريقة
									العينة
135	90	45	135	90	45	135	90	45	الزمن
									العينة
1.4	1.2	1.1	2.3	2.2	2.0	1.3	1.1	0.5	1
1.5	1.5	1.4	1.9	1.8	1.9	1.6	1.7	1.4	2
1.8	1.5	1.5	2.0	1.9	1.7	0.9	0.9	0.8	3
1.4	1.4	1.2	2.4	2.3	1.5	1.2	1.3	1.1	4
2.3	2.1	1.8	1.9	1.8	1.5	1.3	1.8	1.5	5
1.1	0.9	1.0	1.6	1.6	1.3	0.9	0.4	0.8	6
2.0	2.1	1.9	3.0	1.2	1.5	2.3	1.5	1.0	7
1.6	1.2	1.0	2.0	1.5	1.2	1.3	1.5	1.0	8
1.7	2.3	1.7	2.1	2.4	1.8	1.5	1.3	1.0	9
2.8	2.5	1.9	3.4	2.8	2.2	1.6	1.6	1.1	10
1.8	1.7	1.5	2.3	2.0	1.7	1.4	1.3	1.0	المتوسط

يعبر مؤشر نسبة مقاومة شد العجين إلى قابلية مط العجين R_{MAX} / E عن جودة العجين، حيث تشير النتائج إلى ارتفاع قيم هذا المؤشر عند تطبيق الطريقة الأولى (مستوى ثابتية 700 برابندر) عند مختلف الأزمنة (45، 90، 135 دقيقة) بالمقارنة مع الطريقتين الباقيتين، في حين نجد انخفاض قيم هذا المؤشر عند تطبيق الطريقة القياسية.

3-2-4- نتائج جهاز الكونسيستوغراف :

جدول (12) نتائج جهاز الكونسيستوغراف عند مستوى ترطيب ثابت لعينات الدقيق

H/C	W/C	P/C	الطريقة العينة
52.0	56.0	2709	1ع
54.4	56.4	2580	2ع
53.0	57.8	3134	3ع
52.4	56.6	2853	4ع
53.3	55.9	2690	5ع
57.5	57.4	2010	6ع
56.1	57.5	3064	7ع
55.6	56.3	2780	8ع
54.8	57.5	3063	9ع
54.2	55.4	2575	10ع
52.0	56.5	2725	المتوسط

P/C : قيم الضغط الأعظمي المقاس بجهاز الكونسيستوغراف مقدرًا بوحدة الميلي بار .

/C : شرط الترطيب الثابت (constant hydration).

W/c : نسبة الماء الممتص عند شرط الترطيب الثابت.

H/c : نسبة الماء المعدل.

جدول (13) نتائج جهاز الكونسيستوغراف عند مستوى ترطيب معدل لعينات الدقيق

Zw	W/a	P/a	الطريقة
			العينة
86	52.0	2190	1ع
168	54.4	2197	2ع
119	53.0	2229	3ع
101	52.4	2256	4ع
130	53.3	2179	5ع
112	57.5	2199	6ع
104	56.1	2160	7ع
114	55.6	2225	8ع
142	54.8	2205	9ع
115	54.2	2245	10ع
119	52.0	2239	المتوسط

P/a : قيم الضغط الأعظمي المقاس بجهاز الكونسيستوغراف مقدرًا بوحدة الملي بار .

$/a$: شرط الترطيب المعدل (Adapted hydration).

W/a : نسبة الماء الممتص عند شرط الترطيب المعدل.

Zw : زمن الوصول للضغط الأعظمي.

لوحظ من خلال نتائج جهاز الكونسيستوغراف بالنسبة لعينات الدقيق المدروسة والمبينة في الجدول (12) باستخدام طريقة الترطيب الثابت والجدول (13) باستخدام طريقة الترطيب المعدل، ارتفاع قيم الضغط الأعظمي P_{max} المقاس بطريقة الترطيب الثابت مقارنة مع قيم العينات المقاسة بطريقة الترطيب المعدل. في حين وجدنا نتائج متقاربة لقيم كمية الماء الممتص، وكذلك بالنسبة للماء المعدل.

4-2-4- نتائج جهاز الألفيوغراف :

جدول (14) نتائج جهاز الألفيوغراف عند مستوى ترطيب ثابت				
Ac	G/C	L/C	P m/c	الطريقة
				العينة
154	21	64	53	1ع
210	17	58	69	2ع
101	21.2	91	115	3ع
155	14.1	40	105	4ع
197	17.8	69	101	5ع
106	16.4	103	80	6ع
188	19.4	85	74	7ع
115	17.7	90	76	8ع
158	19.9	63	43	9ع
174	15.9	51	108	10ع
158	18	69	82	المتوسط

P m/c : الضغط الأعظمي عند شروط الترطيب الثابت مقدرةً بوحدة ميلي متر زئبقي.

L/C : قيمة تمدد العجين عند شروط الترطيب الثابت مقدرةً بوحدة الملي متر .

G/C : قيمة معامل الانتفاخ عند شروط الترطيب الثابت.

Ac : قيمة الطاقة المبذولة لحين انفجار فقاعة العجين عند مستوى الترطيب الثابت.

تبين من خلال نتائج جهاز الألفيوغراف عند مقارنة الطريقتين طريقة (شروط الترطيب الثابت) جدول رقم (14) وطريقة (شروط الترطيب المعدل) جدول رقم (15) ارتفاع قيم الضغط الأعظمي المقاس عند طريقة الترطيب الثابت مقارنة مع نتائج الضغط الأعظمي المقاس عند شروط الترطيب المعدل، في حين لاحظنا ارتفاع قيم تمدد العجين في طريقة الترطيب المعدل مقارنة مع نتائج ذات العينات على الجهاز في طريقة الترطيب الثابت.

كذلك لوحظ ارتفاع قيم معامل انتفاخ العجين G/a في طريقة الترطيب المعدل أكثر منه في طريقة الترطيب الثابت.

أما في ما يتعلق بالطاقة المبذولة لحين انفجار فقاعة العجين تبين ارتفاع قيم هذا المؤشر بشكل واضح في طريقة الترطيب الثابت مقارنة مع نتائج العينات بالطريقة الثانية.

جدول (15) نتائج جهاز الألفيوغراف عند مستوى ترطيب معدل				
A_a	G/a	L/a	$P_{m/a}$	الطريقة العينه
75	23	89	39	1ع
84	17.9	65	47	2ع
148	24.5	105	51	3ع
86	16.1	52	66	4ع
98	19.7	110	53	5ع
84	21.7	115	54	6ع
127	22.7	104	49	7ع
134	20.1	87	59	8ع
86	20.4	72	55	9ع
81	16.1	57	58	10ع
100.3	20.22	85.6	53.1	المتوسط

$P_{m/a}$: الضغط الأعظمي عند شروط الترطيب المعدل.

L/a : قيمة تمدد العجين عند شروط الترطيب المعدل.

G/a : قيمة معامل الانتفاخ عند شروط الترطيب المعدل.

A_a : قيمة الطاقة المبذولة لحين انفجار فقاعة العجين عند مستوى ترطيب معدل.

5- الدراسة الإحصائية للنتائج:

5-1- علاقة الخواص الكيميائية بالخواص التكنولوجية لعينات الدقيق المدروسة:

أظهرت النتائج الإحصائية التي تربط كلاً من نتائج الاختبارات الكيميائية والتكنولوجية للعينات المدروسة المبينة في الجدول (16) وجود علاقة ارتباط سلبية بين نسبة النشاء المتهتك ورماد العينات المدروسة بمعامل ارتباط $r = -0.97$ فكلما زادت نسبة النشاء المتهتك في العينات كان ذلك مؤشراً على انخفاض نسبة الرماد، وهذا يتفق مع كون عينات الدقيق الأبيض (عينات دقيق الزيرو) تمتاز بنسبة نشاء متهتك عالية في حين أن نسبة الرماد منخفضة في هذه العينات، وكذلك نجد أنه مع ارتفاع نسبة الرماد في عينات الدقيق الموحد انخفاض نسبة النشاء المتهتك، وقد ذكر في دراسة سابقة وجود علاقة ارتباط سلبية بين نسبة النشاء المتهتك ونسبة الرماد (Meredith, et al., 1987). كذلك لوحظ وجود علاقة ارتباط إيجابية بين كلاً من نسبة النشاء المتهتك ونسبة البروتين P بمعامل ارتباط $r = 0.90$.

الجدول(16) علاقة الخصائص الكيميائية بالخصائص التكنولوجية لعينات الدقيق المدروسة:				
راسب زليني مل	البروتين %	نسبة الرماد %	الرطوبة %	
0.88**	0.90*	- 0.97*	0.89**	النشاء المتهتك
0.84**	-	-0.90*	-	البروتين %
-	0.84**	- 0.82**	0.75**	راسب زليني
-	0.86**	-	0.80**	الغلوتين الرطب
-	-	- 0.86**	-	الرطوبة %
.P < 0.05 : ** , P ≤ 0.01 : *				

في حين بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية ما بين نسبة النشاء المتهتك وحجم راسب زليني بمعامل ارتباط $r = 0.88$ ، مما يؤكد على انخفاض نوعية البروتين مع ارتفاع نسبة النشاء المتهتك أي انخفاض رقم جودة البروتين.

لوحظ كذلك وجود علاقة ارتباط سلبية بين نسبة الرماد و حجم راسب زليني بمعامل ارتباط $r = - 0.82$ ، كذلك تبين وجود علاقة ارتباط سلبية بين نسبة الرماد والبروتين بمعامل ارتباط $r = 0.90$. كما بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية بين نسبة البروتين وحجم راسب زليني بمعامل ارتباط $r = 0.84$. بالإضافة لعلاقة ارتباط إيجابية بين نسبة البروتين ونسبة الغلوتين الرطب بمعامل ارتباط $r = 0.86$.

تبين وجود علاقة ارتباط إيجابية بين نسبة الرطوبة، ونسبة الغلوتين الرطب بمعامل ارتباط $r = 0.80$ ، وقد أكدت دراسات سابقة ذات النتيجة حيث بين (Popan, 2009) أن نسبة الغلوتين الرطب تتناسب طردياً مع نسبة الرطوبة.

كذلك تبين وجود علاقة ارتباط إيجابية بين نسبة الرطوبة، ونسبة النشاء المتهتك بمعامل ارتباط $r = 0.89$ بالإضافة إلى علاقة ارتباط سلبية بين نسبة الرطوبة ونسبة رماد العينات المختبرة بمعامل ارتباط $r = - 0.86$ ، وهناك دراسات سابقة بينت نفس النتيجة (Popan, 2009).

2-5-2- علاقة الخصائص الريولوجية للعينات بالخصائص الكيميائية والتكنولوجية:

2-5-1- علاقة قيم الفارينوغراف بالخواص الكيميائية والتكنولوجية لعينات الدقيق المدروسة.

يبين الجدول (17) علاقة الخصائص الريولوجية للعجين المحضر بالطريقة القياسية (مستوى ثابتية 500 برابندر) مع الخصائص الكيميائية والتكنولوجية لعينات الدقيق، فقد تبين وجود علاقة ارتباط إيجابية بين حجم الراسب زليني ونسبة الماء الممتص المقاسة بالفارينوغراف عند قوام 500 برابندر بمعامل ارتباط $r = 0.86$ ، بالإضافة إلى وجود علاقة ارتباط إيجابية بين نسبة

البروتين، ونسبة الماء الممتص بمعامل ارتباط $r = 0.89$ ، وقد خلصت دراسات سابقة إلى هذه النتيجة حيث أثبت Kent (1980) وجود علاقة ارتباط إيجابية بين نسبة البروتين في العينات المختبرة ونسبة الماء الممتص في الفارينوغراف للوصول إلى مستوى ثابتية 500 برايندر. بالإضافة إلى علاقة ارتباط إيجابية أيضاً بين نسبة البروتين وزمن تطور العجين بمعامل ارتباط $r = 0.90$.

تبين كذلك وجود علاقة ارتباط إيجابية بين نسبة النشاء المتهتك ونسبة الماء الممتص في الفارينوغراف بمعامل ارتباط $r = 0.92$ ، وقد أعطت دراسات سابقة ذات النتيجة حيث بين (Jovanovich, et al., 2003) أنه مع زيادة نسبة النشاء المتهتك لوحظ ازدياد نسبة الماء الممتص المقدر في الفارينوغراف من أجل الوصول إلى مستوى ثابتية 500 برايندر، وقد أشارت دراسات أخرى إلى ارتفاع نسبة الماء الممتص في جهاز الفارينوغراف مع ازدياد نسبة النشاء المتهتك في الدقيق المختبر (Belder and Slager, 1983). كما تبين وجود علاقة ارتباط إيجابية بين نسبة النشاء المتهتك وزمن تطور العجين المقاسة في الفارينوغراف بمعامل ارتباط $r = 0.85$ ، وقد أشارت الدراسات السابقة إلى أن ارتفاع مستوى النشاء المتهتك في عينات الدقيق المختبرة أدى إلى زيادة الزمن اللازم لتطور العجين (Koslov, et al., 1980).

بينت النتائج كذلك وجود علاقة ارتباط إيجابية بين حجم راسب زليني وزمن تطور العجين بمعامل ارتباط $r = 0.78$. بالإضافة إلى علاقة ارتباط إيجابية بين زمن ثابتية العجين ونسبة النشاء المتهتك $r = 0.84$ ، تبين كذلك وجود علاقة ارتباط إيجابية بين زمن ثابتية العجين ونسبة البروتين $r = 0.87$. لوحظ كذلك وجود علاقة ارتباط سلبية بين نسبة الرماد من جهة وكلاً من نسبة الماء الممتص، وزمن ثابتية العجين من جهة أخرى بمعامل ارتباط $r = -0.84$ ، $r = -0.88$ على التوالي.

الجدول (17) علاقة قيم الفارينوغراف - للعينات المختبرة بالطريقة القياسية - مع الخصائص الكيميائية والتكنولوجية.

الماء الممتص %	زمن ثباتية العجين دقيقة	زمن تطور العجين دقيقة	
0.86**	0.80**	0.76**	راسب زليني / مل
0.89**	0.87**	0.90*	البروتين %
0.92**	0.84**	0.85**	النشاء المتهتك %
- 0.88**	- 0.84**		الرماد %
* : $P \leq 0.01$, ** : $P < 0.05$.			

يبين الجدول (18) علاقة الخواص الريولوجية للعجين المحضر بالطريقة الثانية مع الخصائص الكيميائية والتكنولوجية لعينات الدقيق. بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية بين الماء الممتص بالفارينوغراف عند قوام 500 برابندر مع ملح ونسبة البروتين بمعامل ارتباط $r = 0.86$ ، وكذلك أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية بين زمن تطور العجين ونسبة البروتين بمعامل ارتباط $r = 0.85$.

بالإضافة إلى علاقة ارتباط إيجابية بين نسبة الماء الممتص ونسبة النشاء المتهتك بمعامل ارتباط $r = 0.87$ ، وقد لوحظ كذلك علاقة إيجابية بين هذين المؤشرين عند دراسة العلاقات في الفقرة السابقة، أي أننا لاحظنا أنه كلما زادت نسبة النشاء المتهتك في العينة المدروسة زادت كمية الماء الممتص المقدر في الفارينوغراف. كذلك الأمر بالنسبة للعلاقة بين زمن تطور العجين ونسبة النشاء المتهتك حيث لوحظ وجود علاقة ارتباط إيجابية بين هذين المؤشرين بمعامل ارتباط $r = 0.83$.

وقد تبين أيضاً وجود علاقة ارتباط إيجابية بين حجم راسب زليني ونسبة الماء الممتص بمعامل ارتباط $r = 0.89$ ، وذات العلاقة وجدناها بين حجم الراسب زليني وزمن تطور العجين بمعامل ارتباط $r = 0.87$ ، بمعنى أنه كلما زاد حجم الراسب زليني ازداد الزمن اللازم لتطور العجين.

الجدول (18) علاقة قيم الفارينوغراف - للعينات المختبرة بالطريقة الثانية - مع الخصائص الكيميائية والتكنولوجية.

راسب زليني مل	النشاء المتهتك %	البروتين %	
0.89**	0.87**	0.87**	الماء الممتص
0.87**	0.83**	0.85**	زمن تطور
.P < 0.05 : ** , P ≤ 0.01 : *			

يبين الجدول (19) علاقة الخصائص الريولوجية للعينات المحضرة بالطريقة الأولى مع الخصائص التكنولوجية والكيميائية. حيث أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية بين نسبة البروتين ونسبة الماء الممتص بمعامل ارتباط $r = 0.80$ ، بالإضافة إلى علاقة ارتباط إيجابية ما بين زمن ثباتية العجين ونسبة البروتين بمعامل ارتباط $r = 0.82$. كما لاحظنا وجود علاقة ارتباط إيجابية بين حجم راسب زليني ونسبة الماء الممتص بمعامل ارتباط $r = 0.84$ ، كذلك تبين وجود علاقة ارتباط إيجابية ما بين حجم راسب زليني وزمن ثباتية العجين بمعامل ارتباط $r = 0.77$.

والجدير بالذكر وجود علاقة ارتباط إيجابية بين نسبة الماء الممتص ونسبة النشاء المتهتك بمعامل ارتباط $r = 0.86$ ، وقد لاحظنا أهمية هذه العلاقة حيث تكرر هذا الارتباط في دراسة العلاقات السابقة. ملاحظة: لدى دراسة العلاقات الإحصائية ما بين الخصائص الكيميائية والتكنولوجية للعينات المدروسة وقيم الفارينوغراف للعينات المحضرة بالطريقة الثالثة لم نلاحظ وجود أي علاقات ارتباط معنوية.

الجدول (19) علاقة قيم الفارينوغراف - للعينات المختبرة بالطريقة الأولى - مع الخصائص الكيميائية والتكنولوجية.

النشاء المتهتك %	راسب زليني	البروتين %	
0.86**	0.84**	0.80**	الماء الممتص %
-	0.77**	0.82**	زمن ثباتية
.P < 0.05 : ** , P ≤ 0.01 : *			

5-2-2- علاقة قيم الإكستنسوغراف للعجين بالخواص الكيميائية والتكنولوجية لعينات الدقيق

المدرسة

تجدر الملاحظة إلى أننا لم نتوصل خلال دراستنا إلى وجود علاقات ارتباط معنوية ما بين المؤشرات المقاسة في جهاز الإكستنسوغراف لعينات العجين (المحضرة بالطريقة القياسية أو المحضرة بالطريقة الأولى) مع الخصائص الكيميائية والتكنولوجية لعينات الدقيق.

يبين الجدول (20) وجود علاقات ارتباط هامة ما بين قيم الإكستنسوغراف للعجينة المحضرة عند إضافة محلول ملحي ثابت والخواص الكيميائية والتكنولوجية لعينات الدقيق.

لوحظ وجود علاقة ارتباط إيجابية بين قيمة المطاطية بعد تخمر مدة 45 دقيقة ونسبة البروتين بمعامل ارتباط $r = 0.98$ ، كذلك لوحظ علاقة مماثلة بين قيمة المطاطية المذكورة سابقاً وحجم راسب زليني بمعامل ارتباط $r = 0.81$ ، تبين كذلك وجود علاقة ارتباط إيجابية بين مؤشر المطاطية بعد تخمر مدة 45 دقيقة ونسب النشاء المتهتك المقاسة للعينات بمعامل ارتباط $r = 0.89$.

كما تبين وجود علاقة ارتباط سلبية بين مؤشر المطاطية E45 ونسبة الرماد في العينات المدروسة بمعامل ارتباط $r = - 0.89$ كذلك لوحظت علاقة مماثلة ما بين قيمة المطاطية E90 ونسبة الرماد وكانت قيمة معامل الارتباط $r = - 0.87$.

كذلك الأمر تبين لنا وجود علاقة ارتباط إيجابية قيمة المطاطية E90 ونسبة النشاء المتهتك بمعامل ارتباط $r = 0.86$ ، بالإضافة إلى علاقة ارتباط إيجابية بين قيمة المطاطية ذاتها ونسبة الغلوتين الرطب بمعامل ارتباط $r = 0.83$. كما تبين وجود علاقة ارتباط إيجابية ما بين نسبة البروتين وقيمة مطاطية E90 بمعامل ارتباط $r = 0.89$.

الجدول (20) علاقة قيم الإكستنسوغراف للعجين المحضر بالطريقة المعدلة (الطريقة الثانية) بالخواص الكيميائية والتكنولوجية

البروتين	راسب زليني	النشاء	الغلوتين	الرماد	
%	مل	المتهتك %	%	%	
0.98*	0.81**	0.89**	-	-0.89**	E/45
0.89**	-	0.86**	0.83**	-0.87**	E/90
.P < 0.05 : ** , P ≤ 0.01 : *					

5-2-3- علاقة قيم الكونسيستوغراف بالخواص الكيميائية والتكنولوجية لعينات الدقيق المدروسة:

تبين نتيجة بحثنا عدم وجود علاقات ارتباط معنوية بين قيم الكونسيستوغراف عند مستوى ترطيب ثابت (CH) والخصائص الكيميائية والتكنولوجية لعينات الدقيق المختبرة.

في حين تبين وجود عدد من العلاقات ما بين قيم الكونسيستوغراف عند مستوى ترطيب معدل (AH) والخصائص الكيميائية والتكنولوجية كما يظهرها الجدول (21) حيث تبين وجود علاقة ارتباط سلبية بين نسبة الماء الممتص في جهاز الكونسيستوغراف (عند مستوى ترطيب معدل) ونسبة الرماد في العينات المدروسة بمعامل ارتباط $r = -0.80$ ، في حين تبين وجود علاقة ارتباط إيجابية بين قيم الضغط الأعظمي المقاس في جهاز الكونسيستوغراف ونسبة الرماد بمعامل ارتباط $r = 0.74$ ، في حين لوحظ وجود علاقة ارتباط إيجابية بين نسبة الماء الممتص وحجم راسب زليني بمعامل ارتباط $r = 0.74$.

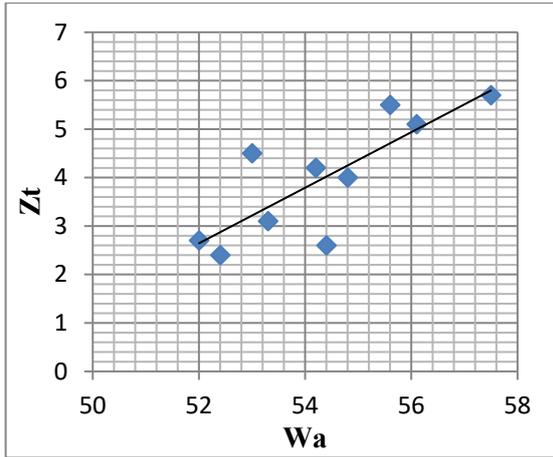
تبين وجود علاقة ارتباط سلبية بين قيم الضغط الأعظمي، وحجم راسب زليني بمعامل ارتباط $r = -0.76$ ، كذلك لوحظ وجود علاقة ارتباط إيجابية أيضاً بين نسبة الماء الممتص ونسبة البروتين بمعامل ارتباط $r = 0.87$ ، بالإضافة لعلاقة ارتباط سلبية بين قيم الضغط ونسبة البروتين بمعامل ارتباط $r = -0.87$ ، تبين كذلك وجود علاقة ارتباط إيجابية بين نسبة الماء الممتص ونسبة النشاء المتهتك بمعامل ارتباط $r = 0.89$ ، كما تبين وجود علاقة ارتباط سلبية بين قيم الضغط ونسبة النشاء المتهتك بمعامل ارتباط $r = -0.82$.

الجدول (21) علاقة قيم الكونسيستوغراف مع الخصائص الكيميائية والتكنولوجية:

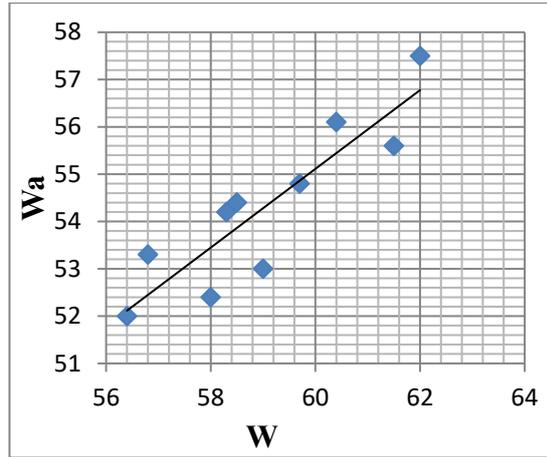
البروتين %	النشاء المتهتك %	راسب زليني مل	الرماد %	الرطوبة %	
0.87**	0.89**	0.74**	-0.80 **	-	W/a
-0.87 **	-0.82 **	-0.76 **	0.74 **	-	P/a
.P < 0.05 : **, P ≤ 0.01 : *					

3-5- علاقة قيم الفارينوغراف بقيم الكونسيستوغراف

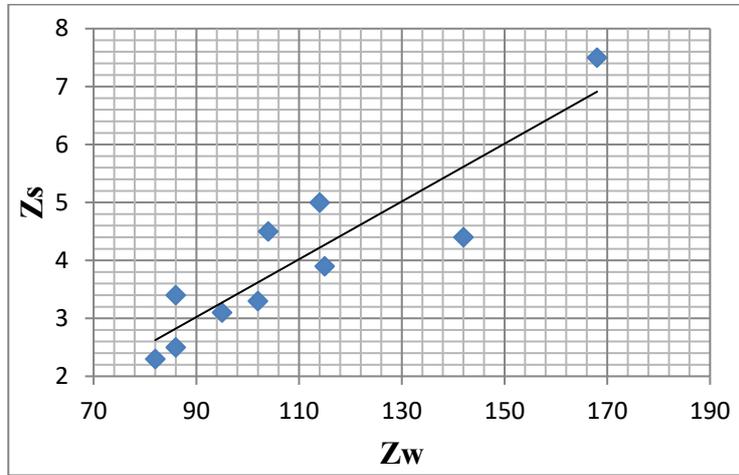
يبين الجدول (22)، والأشكال (7)، (8)، (9) أهم العلاقات التي يربط بين المؤشرات التي يعطيها جهازي الفارينوغراف، والكونسيستوغراف فقد تبين وجود علاقة ارتباط إيجابية ما بين كمية الماء الممتص المقدره بجهاز الفارينوغراف وكمية الماء الممتص المقدره في جهاز الكونسيستوغراف بطريقة الترطيب المعدل بمعامل ارتباط $r = 0.89$. بالإضافة إلى علاقة ارتباط إيجابية أيضاً ما بين كمية الماء الممتص في جهاز الكونسيستوغراف و زمن تطور العجين المقدر في جهاز الفارينوغراف بمعامل ارتباط $r = 0.81$ ، بينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية بين زمن الوصول إلى الضغط الأعظمي في جهاز الكونسيستوغراف عند شروط الترطيب المعدل وزمن ثباتية العجين المقدره في جهاز الفارينوغراف بالطريقة المذكورة سابقاً وبمعامل ارتباط $r = 0.93$ ، كذلك الأمر حصلنا على علاقة ارتباط سلبية ما بين كمية الماء الممتص في الفارينوغراف وقيم الضغط الأعظمي المقاس في جهاز الكونسيستوغراف بطريقة الترطيب المعدل بمعامل ارتباط $r = - 0.91$. لوحظ وجود علاقات ارتباط إيجابية بين قيم الضغط الأعظمي المذكورة سابقاً من جهة، وكلاً من زمن تطور العجين، وزمن ثباتية العجين من جهة أخرى بمعامل ارتباط $r = - 0.88, 0.89$ على التوالي.



الشكل (8) العلاقة بين Z_t , W/a



الشكل (7) العلاقة بين W , W/a



الشكل (9) العلاقة بين Z_s , Z_w

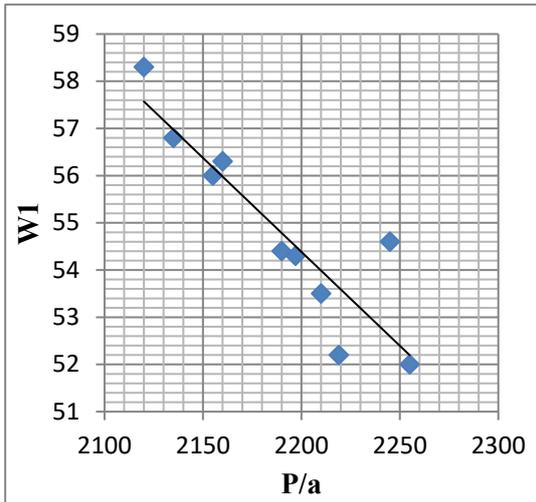
الجدول (22) علاقة قيم الفارينوغراف (الطريقة القياسية) برابندر مع خصائص الكونسيستوغراف

Z_s	Z_T	W	
-	0.81**	0.89**	W /a
-0.89**	-0.88**	-0.91*	P/a
0.93*	-	-	Sw
.P < 0.05 : ** , P ≤ 0.01 : *			

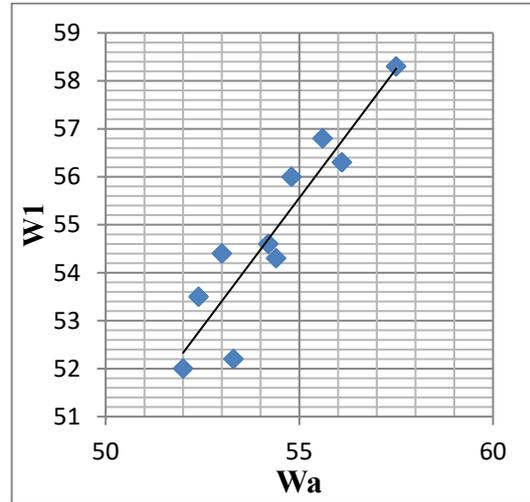
يبين الجدول (23) والأشكال (10)، (11)، (12) أهم العلاقات ما بين قيم الفارينوغراف بالطريقة الأولى (عند تغير مستوى الثباتية إلى 700 برابندر) وقيم الكونسيستوغراف عند شرطي الترطيب الثابت والترطيب المعدل.

فقد أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية ما بين نسبة الماء الممتص في الفارينوغراف (الطريقة الثانية) ونسبة الماء في جهاز الكونسيستوغراف بطريقة الترطيب المعدل بمعامل ارتباط $r = 0.92$.

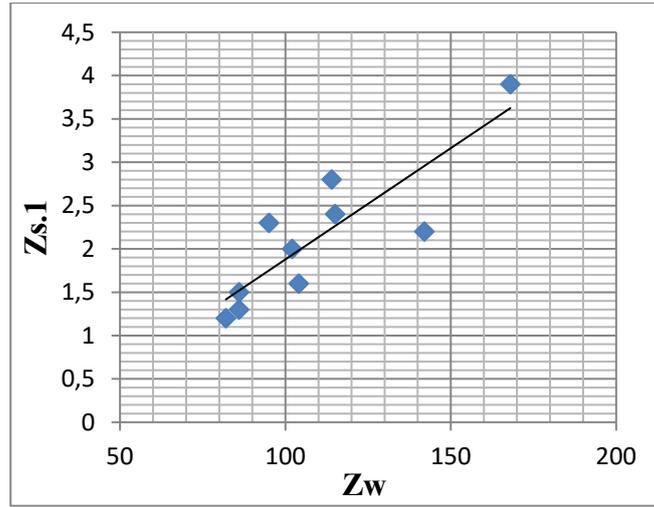
تبين وجود علاقة ارتباط سلبية بين نسبة الماء الممتص في الفارينوغراف قيم الضغط الأعظمي المقاس في جهاز الكونسيستوغراف بمعامل ارتباط $r = -0.91$ ، كما وبينت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية بين زمن الثباتية في الفارينوغراف وزمن الوصول إلى الضغط الأعظمي في الكونسيستوغراف بمعامل ارتباط $r = 0.86$ ، كما لوحظ وجود علاقة ارتباط سلبية بين قيم الضغط الأعظمي وزمن ثباتية العجين بمعامل ارتباط $r = -0.73$.



الشكل (11) العلاقة بين W1 , P/a



الشكل (10) العلاقة بين W1 , W/a



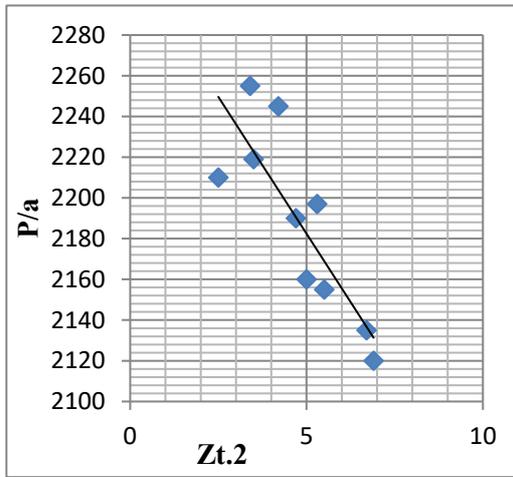
الشكل (12) العلاقة بين Z_w , $Z_{s.1}$

الجدول (23) العلاقة بين قيم الفارينوغراف (بالطريقة الأولى) مع خصائص الكونسيستوغراف

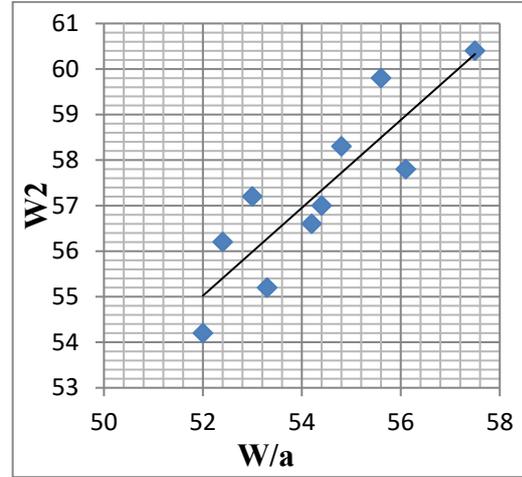
$Z_{s.1}$	$W.1$	
-	0.92*	W/a
-0.73 **	-0.91*	P/a
0.86**	-	Z_w
$.P < 0.05 : ** , P \leq 0.01 : *$		

يبين الجدول (24) والأشكال (13)، (14)، (15)، (16) العلاقات التي تربط ما بين نتائج الفارينوغراف (الطريقة الثانية) ونتائج الكونسيستوغراف فقد أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية بين نسبة الماء الممتص المقدرة في الفارينوغراف (بالطريقة الثانية) ونسبة الماء الممتص المقدرة في الكونسيستوغراف بطريقة الترطيب المعدل بمعامل ارتباط $r = 0.87$. لوحظت كذلك علاقة مماثلة ما بين نسبة الماء الممتص في الكونسيستوغراف وزمن تطور العجين بمعامل ارتباط $r = 0.86$ ، ذكرت في دراسات سابقة علاقة مماثلة للعلاقات الناتجة Dubat, et al., (2000).

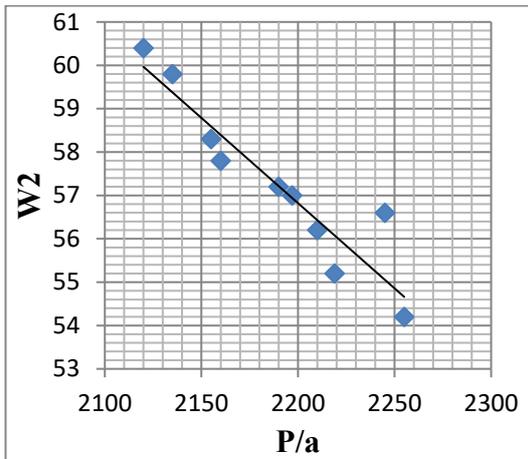
كما وجدت علاقة ارتباط سلبية ما بين زمن تطور العجين المقاس في جهاز الفارينوغراف قيم الضغط الأعظمي المقدر في جهاز الكونسيستوغراف بطريقة الترطيب المعدل بمعامل ارتباط $r = -0.85$ ، تبين وجود علاقة مماثلة ما بين نسبة الماء الممتص المقاس في جهاز الفارينوغراف والضغط الأعظمي بمعامل ارتباط $r = -0.93$ ، والجدير بالذكر أننا من خلال دراستنا لم نجد أي علاقة ارتباط ما بين كمية الماء المقاسة في الفارينوغراف وكمية الماء المقاسة في الكونسيستوغراف عند بروتوكول الترطيب الثابت.



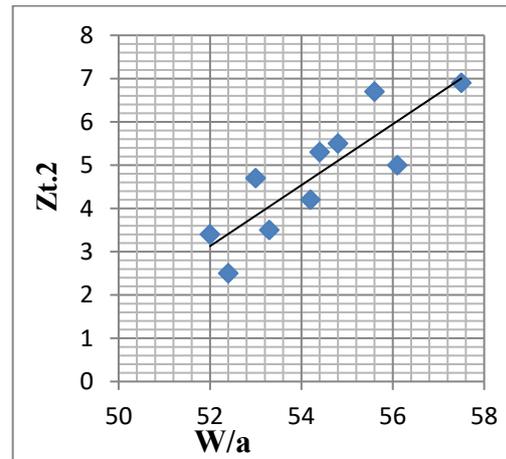
الشكل (14) العلاقة بين P/a , $Zt.2$



الشكل (13) العلاقة بين W/a , $W2$



الشكل (16) العلاقة بين P/a , $W2$

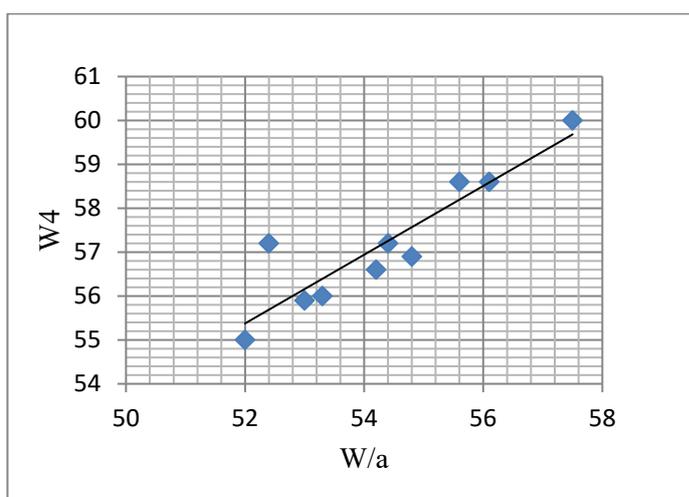


الشكل (15) العلاقة بين $Zt.2$, W/a

الجدول (24) علاقة قيم الفارينوغراف (بالطريقة الثانية) مع خصائص الكونسيستوغراف.

ZT.2	W2	
0.86**	0.87**	W/a
-0.85**	-93.0 *	P/a
.P < 0.05 : ** , P ≤ 0.01 : *		

يبين الجدول (25) والشكل (17) علاقة قيم الفارينوغراف عند استخدام الطريقة المعدلة (إضافة محلول ملحي تركيز 2%) مع قيم الكونسيستوغراف. حيث أظهرت النتائج علاقة ارتباط إيجابية بين نسبة الماء الممتص في الفارينوغراف ونسبة الماء الممتص في الكونسيستوغراف بطريقة الترطيب المعدل بمعامل ارتباط $r = 0.85$.



الشكل (17) العلاقة بين W/a , W4

الجدول (25) علاقة قيم الفارينوغراف (الطريقة الرابعة) مع خصائص الكونسيستوغراف

P/a	W/a	
-	0.91*	W4
.P < 0.05 : ** , P ≤ 0.01 : *		

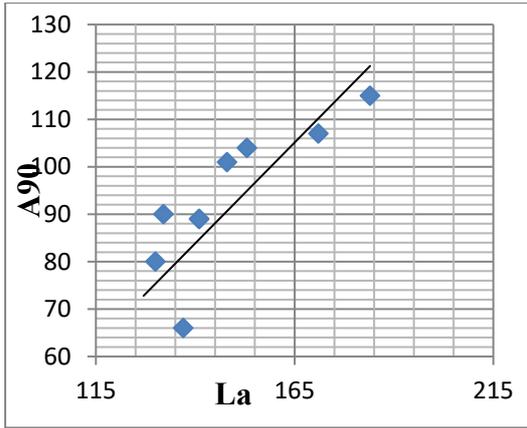
4-5- علاقة قيم الإكستنسوغراف بقيم الألفيوغراف:

لاحظنا نتيجة بحثنا عند محاولة ربط المؤشرات التي يعطيها جهازي الإكستنسوغراف والألفيوغراف عدم وجود علاقات ارتباط ما بين قيم الإكستنسوغراف لدى اختبار العجين المحضر بالطريقة القياسية (قوام 500 برابندر) مع قيم الألفيوغراف في كلا شرطي الترطيب الثابت والترطيب المعدل. في حين يبين الجدول (26) والأشكال (18)، (19)، (20)، (21) العلاقات بين قيم الإكستنسوغراف (الطريقة الأولى) وقيم الألفيوغراف عند كلا الطريقتين الترطيب الثابت والترطيب المعدل.

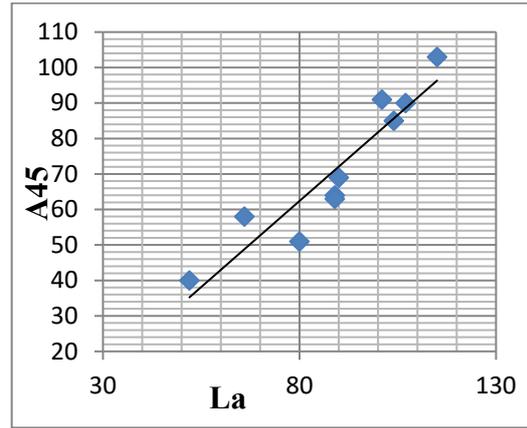
حيث أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط إيجابية ما بين قيم تمدد العجين المقاسة في جهاز الألفيوغراف A_{45} والطاقة المصروفة لحين انقطاع العجين المختبر على جهاز الإكستنسوغراف عند زمن 45 دقيقة A_{45} بمعامل ارتباط $r = 0.89$. كذلك الأمر لاحظنا وجود علاقة ارتباط إيجابية ما بين قيم تمدد العجين المقاسة في جهاز الألفيوغراف A_{90} والطاقة المصروفة لحين انقطاع العجين المختبر على جهاز الإكستنسوغراف عند زمن 90 دقيقة A_{90} بمعامل ارتباط $r = 0.89$ ، كذلك تبين وجود علاقة ارتباط إيجابية ما بين قيم الطاقة المحتسبة لحين انفجار فقاعة العجين على جهاز الألفيوغراف بطريقة الترطيب الثابت A_c والطاقة المصروفة لحين انقطاع العجين والمحسوبة بجهاز الإكستنسوغراف عند زمن التخمر 45 دقيقة A_{45} بمعامل ارتباط $r = 0.91$ بالإضافة إلى علاقة ارتباط إيجابية ما بين A_{90} و A_c بمعامل ارتباط $r = 0.84$.

الجدول (26) علاقة قيم الإكستنسوغراف عند قوام 700 برابندر مع خصائص الألفيوغراف

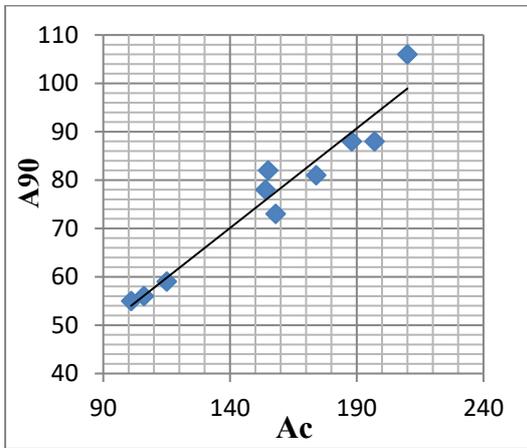
A_{90}	A_{45}	R_{90}	R_{45}	
0.890**	0.888**	-	-	La
0.844**	0.912*	-	-	A_c
.P < 0.05 : ** , P ≤ 0.01 : *				



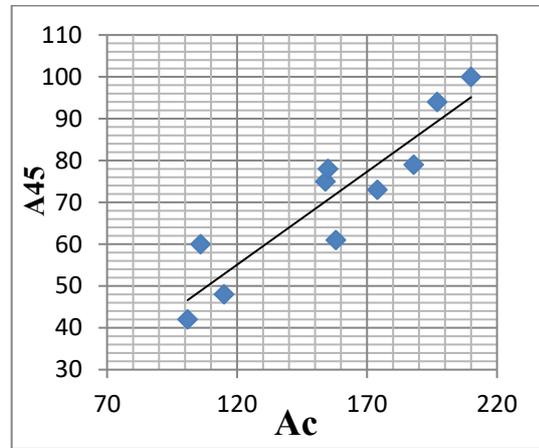
الشكل (19) العلاقة بين A_{90} ، L/a



الشكل (18) العلاقة بين A_{45} ، L/a



الشكل (21) العلاقة بين A_{90} و A_c



الشكل (20) العلاقة بين A_{45} و A_c

يبين الجدول (27) والأشكال (22)، (23)، (24)، (25)، (26)، (27)، (28) علاقة قيم الإكستنسوغراف (الطريقة الثانية) مع قيم الألفيوغراف عند طريقي الترطيب الثابت والترطيب المعدل. فقد لوحظ نتيجة بحثنا وجود علاقة ارتباط إيجابية ما بين قيمة التمدد L_a المقاسة في جهاز الألفيوغراف عند طريقة الترطيب المعدل وقيمة المطاطية E_{45} المقاسة في جهاز الإكستنسوغراف عند زمني تخمر 45 دقيقة بمعامل ارتباط $r = 0.84$ ، تبين كذلك وجود علاقة ارتباط إيجابية بين قيمة التمدد L_a وقيمة المطاطية E_{90} بمعامل ارتباط $r = 0.89$ ، تبين وجود علاقة ارتباط إيجابية ما بين قيمة تمدد العجين المقاسة في جهاز الألفيوغراف بطريقة الترطيب الثابت L_c وقيمة E_{45} بمعامل ارتباط $r = 0.81$. لوحظ وجود علاقة ارتباط إيجابية بين قيمة

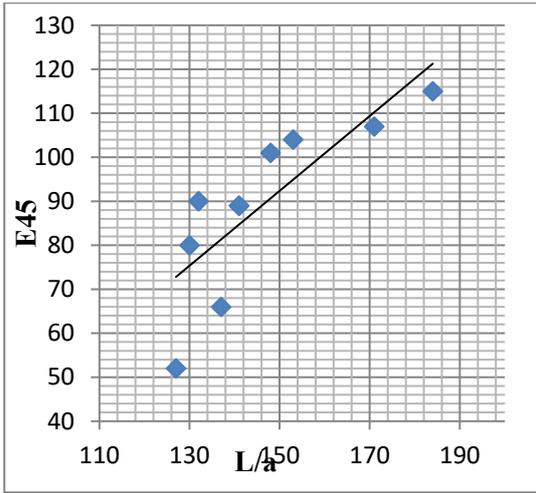
Pc الضغط الأعظمي المقاس في جهاز الألفيوغراف بطريقة الترطيب الثابت وقيمة R90 مقاومة الشد الأعظمي عند زمن تخمر 90 دقيقة بمعامل ارتباط $r = 0.92$

ذكر في دراسات سابقة وجود علاقات مماثلة للعلاقات التي حصلنا عليها حيث بينت هذه الدراسات (أنه عند مقارنة العجين المخروط في نفس الشروط من حيث استخدام محلول ملحي بدل الماء المقطر وإضافة المحلول الملحي بنسبة ثابتة) وجود علاقات ارتباط إيجابية ما بين قيم التمدد المقاسة في كلا الجهازين.

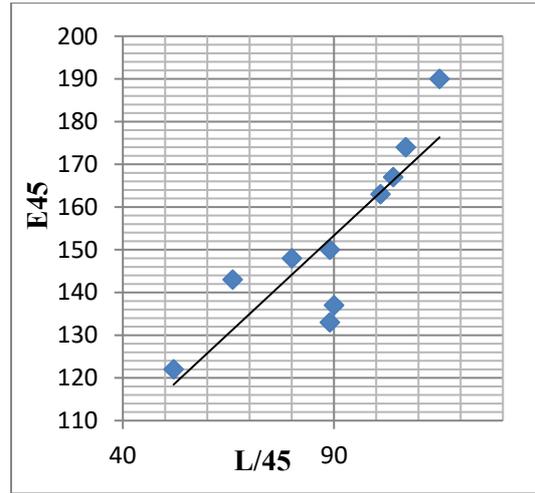
وكذلك تبين وجود علاقة ارتباط إيجابية بين قيمة Pc الضغط الأعظمي المقاس في جهاز الألفيوغراف بطريقة الترطيب الثابت وقيمة R135 مقاومة الشد الأعظمي عند زمن تخمر 135 دقيقة بمعامل ارتباط $r = 0.876$. كذلك لوحظ وجود علاقة ارتباط إيجابية هامة بين قيمة الطاقة المحسوبة في جهاز الألفيوغراف بطريقة الترطيب الثابت و قيمة الطاقة A90 المقاسة في جهاز الإكستنسوغراف عند زمن تخمر 90 دقيقة بمعامل ارتباط $r = 0.955$ ، كذلك لوحظ وجود علاقة ارتباط إيجابية هامة بين قيمة الطاقة A_c المحسوبة في جهاز الألفيوغراف بطريقة الترطيب الثابت و قيمة الطاقة A135 المقاسة في جهاز الإكستنسوغراف عند زمن تخمر 135 دقيقة بمعامل ارتباط $r = 0.897$.

الجدول (27) علاقة قيم الإكستنسوغراف (الطريقة المعدلة) مع خصائص الألفيوغراف

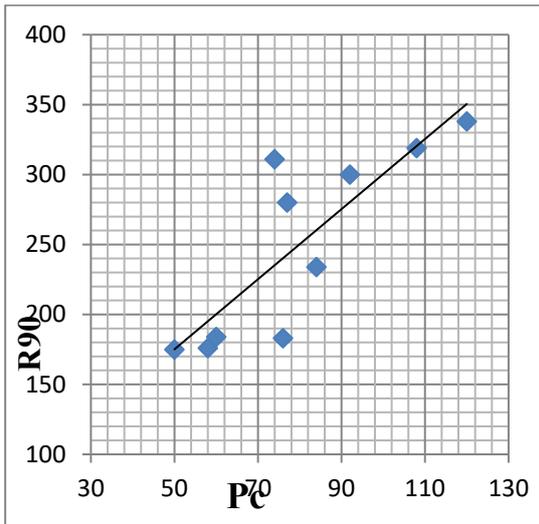
A ₁₃₅	A ₉₀	R ₁₃₅	R ₉₀	E ₉₀	E ₄₅	
-	-	-	-	0.89**	0.84**	L/a
-	-	-	-	-	0.81**	L/c
-	-	0.88**	0.92*	-	-	P _c
0.90**	0.96*	-	-	-	-	A _c
.P < 0.05 : ** , P ≤ 0.01 : *						



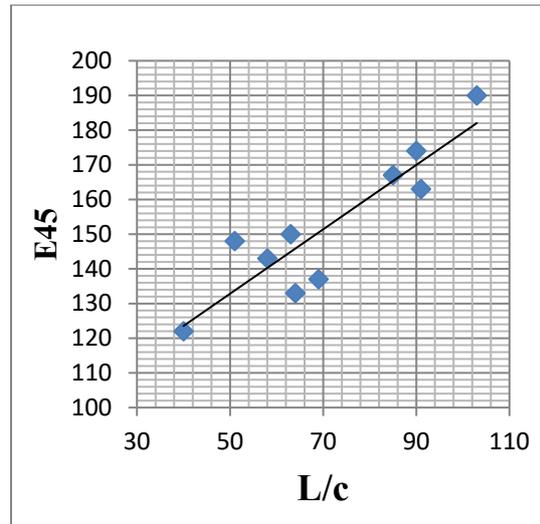
الشكل (23) العلاقة بين L/a و $E90$



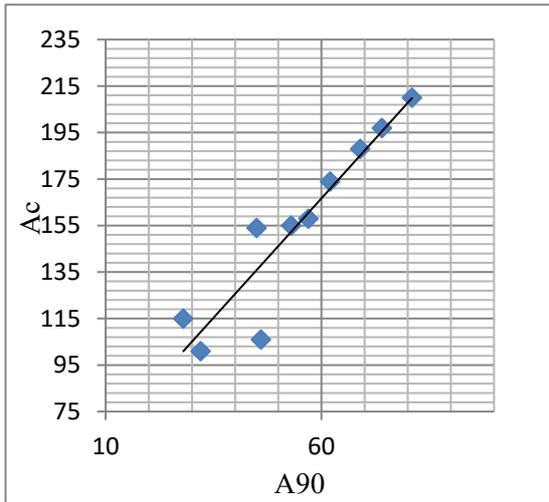
الشكل (22) العلاقة بين L/a و $E45$



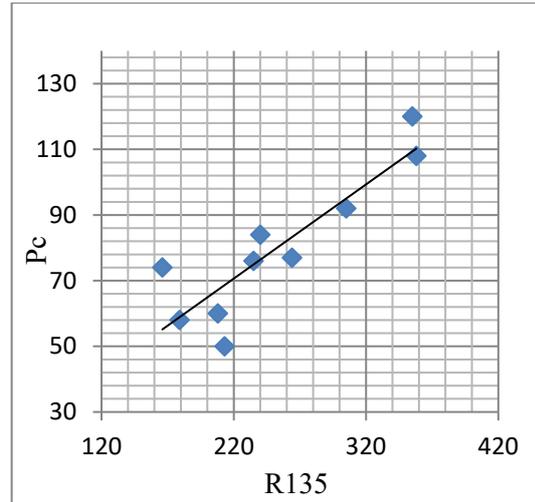
الشكل (25) العلاقة بين P/c و $R90$



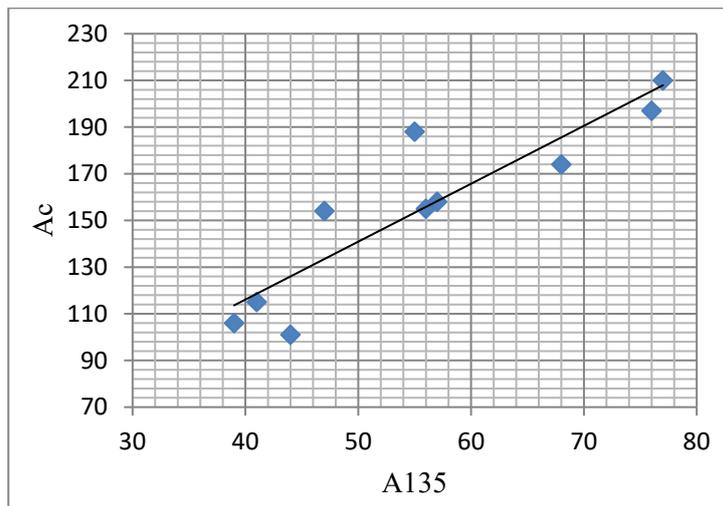
الشكل (24) العلاقة بين L/c و $E45$



الشكل (27) العلاقة بين A90 و Ac



الشكل (26) العلاقة بين R135 و P/c



الشكل (28) العلاقة بين A135 و Ac

6- الاستنتاجات:

قمنا في هذا البحث بدراسة عشرة عينات من دقيق السوق المحلية خمسة منها من عينات الدقيق الأبيض، والعينات الخمس الباقية من عينات الدقيق الموحد، ثم قمنا بتحديد الخصائص الكيميائية والتكنولوجية لعينات الدقيق المدروسة، بالإضافة إلى تحديد الخصائص الريولوجية للعجين المعد من عينات الدقيق باستخدام الأجهزة المذكورة سابقاً.

والجدير بالذكر أننا في هذا البحث قمنا بتغيير شروط عمل الأجهزة بما يتناسب مع عمل كلا الجهازين للوصول إلى شروط مثلى تتلاءم وعمل الجهازين بحيث نحصل على علاقات تربط بين مختلف المؤشرات التي تعطيها تلك الأجهزة.

فقد تم تغيير شروط عمل جهاز الفارينوغراف بحيث تم قياس كمية الماء الممتص عند قوام 700 برابندر كذلك قمنا بإضافة الملح، وفي تجربة أخرى قمنا باستخدام محلول ملحي بتركيز 2% عوضاً عن الماء المقطر في التجربة القياسية.

وبناءً على البيانات والنتائج الإحصائية التي وصلنا إليها خلصنا إلى ما يلي:

1. ارتفاع نسبة الماء الممتص المقدر في الفارينوغراف مع زيادة نسبة البروتين وزيادة حجم الراسب زليني.
2. ارتفاع نسبة الماء الممتص المقدر في الفارينوغراف مع زيادة نسبة النشاء المتهتك في العينات المدروسة وكذلك الأمر لوحظ زيادة في زمن تطور العجين.
3. وجود علاقات ارتباط هامة بين نسبة الماء الممتص المقدر في الفارينوغراف ونسبة الماء الممتص المقدر بجهاز الكونسيستوغراف عند شروط الترطيب المعدل
4. ازدادت معنوية معاملات الارتباط بين كمية الماء الممتص في الفارينوغراف والماء المقدر في

الكونسيستوغراف عند استخدام محلول ملحي بدلاً من الماء المقطر، وبتطبيق شروط ترطيب معدّل على طريقة الفارينوغراف.

5. لوحظ وجود علاقة ارتباط سلبية ما بين قيم مقاومة الشد الأعظمي (عند زمني تخمر 45 ، 90 دقيقة) المقاس في جهاز الإكستنسوغراف (عند قوام 700 برابندر)، وقيم الضغط الأعظمي المقدر في جهاز الألفيوغراف وذلك عند بروتوكول الترطيب المعدّل.

6. تبين وجود علاقة ارتباط معنوي هام ما بين الطاقة المقدمة للعجين في كلا الجهازين وبشكل خاص عند زمني تخمر 45 ، 90 دقيقة على جهاز الإكستنسوغراف وعند شروط الترطيب الثابت على جهاز الألفيوغراف.

7. لوحظ وجود علاقة ارتباط إيجابية ما بين قيم المطاطية المقاسة في جهاز الإكستنسوغراف (عند زمني تخمر 45 ، 90 دقيقة بطريقة الترطيب المعدّل)، وقيم التمدد المقاسة في جهاز الألفيوغراف عند شروط الترطيب المعدّل.

8. لوحظ وجود علاقة ارتباط إيجابية ما بين قيم مقاومة الشد العظمي المقاسة في جهاز الإكستنسوغراف (عند زمني تخمر 90، 135 دقيقة وعند شروط الترطيب الثابت) وقيم الضغط الأعظمي المقاس في جهاز الألفيوغراف عند شروط الترطيب الثابت.

9. عند اختبار العجين المخلوط في نفس الشروط - من حيث استخدام محلول ملحي بدل الماء المقطر واستخدام شروط ترطيب معدّل على جهازي الفارينوغراف والإكستنسوغراف بما يتلاءم مع شروط عمل جهازي الكونسيستوغراف والألفيوغراف - لوحظ وجود علاقات تربط ما بين المؤشرات المختلفة التي تزودنا بها هذه الأجهزة.

7- المقترحات:

نظراً لأهمية مادة الخبز العربي في مجتمعنا باعتباره مادة رئيسية في غذائنا اليومي لا بد من لفت النظر إلى ضرورة تطوير هذه الصناعة، والنهوض بها من أجل زيادة وتحسين نوعية المنتج المخبوز، بما يلبي متطلبات السوق المحلية، ويحقق التنوع الجيد فيها، وفي هذا السياق لا بد الإشارة إلى أهمية الاختبارات الريولوجية وعلاقتها المباشرة بجودة المنتج النهائي وبرامج ضبط الجودة، مما يجعل وجود أجهزة الاختبارات الريولوجية حاجة ملحة في مخابزنا الآلية، والمنشآت الخبزية المختلفة للحصول على منتج يتمتع بالثبات والجودة العالية. ولما كان بحثنا يتناول هذا الموضوع وبما أننا خلصنا إلى إمكانية ربط نتائج أهم الأجهزة المستخدمة في هذا المجال مع بعضهما، وذلك لوجود علاقات ارتباط ذات معنى إحصائي.

نرجو وناشد الجهات المعنية من أجل إعطاء هذه الاختبارات أهمية أكبر في المستقبل القريب، وتفعيل البحث العلمي وتطبيقاته العملية على أرض الواقع خدمة للعلم والعمل، وبما يحقق نتائج مهمة في مجال صناعة الخبز والمعجنات.

وبذلك نقترح من خلال بحثنا والنتائج التي توصلنا إليها على كل من يبحث في موضوع العلاقات الريولوجية لأجهزة اختبار العجين تعديل طريقة عمل جهاز الفارينوغراف (باستخدام محلول ملحي بتركيز 2%) واستخدام الترطيب المعدل كطريقة لعمل الكونسيستوغراف وفقاً لما ورد في بحثنا سابقاً للحصول على علاقات ارتباط معنوية مهمة بين هذه الأجهزة. ونرجو أن يكون هذا البحث نواة لدراسات أكثر وأعقق فيما يتعلق بربط أجهزة الاختبار الريولوجية ببعضها من خلال ربط المؤشرات وتعديل شروط عمل بعضها وإيجاد معادلات تربط بين مختلف مؤشرات هذه الأجهزة.

المراجع

References

- AACC, 2000. **Approved methods of the AACC.** Method 44-15A, Method 54-10. The Association: St. Paul, MN, USA.
- Autio, K Flander, L., Kinnunon, A., Heinonen, R. 2001. **Bread quality relationship with rheological measurements of wheat flour dough.** Cereal chemistry. 78, 654-657.
- Autio, K Flander, L., Kinnunon, A., Heinonen, R. 1999. **comparison of small and large deformation measurements of whole meal rye doughs.** Cereal chemistry. 76, 912-914.
- Aziz, M., Sayeddin, S., Payghambardoost, S., 2006. **Effect of flour extraction on flour composition, dough rheological characteristics and quality of flat bread.** J. Agric. Sci. Technol. vol. 8: pp 325.
- Barnes, H.A., Hutton, J.F., Walters, K., 1989. **An Introduction to Rheology,** Elsevier, Amsterdam.
- Barron, C., Bouchet, B., Della Valle, G., Gallant, D.J., Planchot, V., 2001. **Microscopical study of the destructuring of waxy maize and smooth pea starches by shear and heat at low hydration.** Journal of Cereal Science 33, 289-300.
- Belderok, B., and Slager, E. A. 1983. **Effect van zetmeel bess chadiiging in tarwebloem op deeg-en broodeigenschappen.** Voedings middle entechnologie 16, 34-39.
- Bettge, A., Rubenthaler, G. L., and Pomeranz, Y. 1989. Alveograph algorithms to predict functional. properties of wheat in bread and cookie baking. Cereal Chem. 66-81.
- Bloksma, A. H., 1984. **Theoretical aspects of the Farinograph.** in The Farinograph hand book, 3rd. Am. Assoc. cereal chem., St. Paul, MN. 7-12.
- Bloksma, A. H., Bushuk, W., 1988. **Rheology and chemistry of dough.** In: Pomeranz, Y., (Ed.), Wheat Chemistry and Technology II, AACC, St Paul, Minnesota, USA. pp 131-218.
- Bloksma, A. H., and Nieman, W., 1975. **the effects of temperature on some rheological properties of wheat flour doughs.** J. Texture Stud. 6:343-361.
- Brabender, M., 1973. Resistography . **Adynamic quick method to classify wheat and flour quality.** Cereal chemistry. 18: 206-210.
- Butow, B.J., Gras, P. W., Haraszi, R and Bekes 2002. **Effects of different salts on mixing and extension parameters of a diverse group of wheat cultivars using 2-g mixograph and Extensograph methods,** Cereal Chemistry, 79 826-833.

- Campbell, G.M., 1995. **New mixing technology for the food industry.** Food Technology International Europe, 119–122.
- Campos, D. T., Steffe, J. F., and Ng, P. K. W., 1996. **Mixing wheat flour and ice to form undeveloped dough.** Cereal Chem. 73:105-107.
- Cheftel, J.C., Cuq, J. L., Lorient, D., 1985. **Amino acids, peptides and proteins.** In: Fennema, O.R. (Ed.), Food Chemistry, second ed. Marcel Dekker, INC, New York, pp. 245–269.
- Chen, J., and D'Appolonia, B. L. 1985. **Alveograph studies on hard red spring wheat flour.** Cereal Foods World 12:862.
- Chiotelli, E., Rolee, A., Meste, M., 2004. **Rheological Properties of Soft Wheat Flour Doughs: Effect of Salt and Triglycerides,** Cereal Chemistry. 81: 459-468.
- Colonna, P., Tayeb, J., Mercier, C., 1989. **Extrusion cooking of starch and starchy products.** In: **Extrusion cooking,** C. Mercier, P. Linko and J. Harper (Eds.), American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, USA, pp. 247–319.
- Cuq, B., Boutrot, F., Redl, A., Lullien-Pellerin, V., 2000. **Study of the temperature effect on the formation of wheat gluten network: influence on mechanical properties and protein solubility.** Journal of Agricultural and Food Chemistry 48, 2954–2959.
- Della Valle, G., Colonna, P., Patria, A., Vergnes, B., 1996. **Influence of amylase content on the viscous behaviour of low hydrated molten starches.** Journal of Rheology 40, 347–362.
- Dobraszczyk, B.J., Campbell, G.M., Gan, Z., 2000. **Bread—a unique food.** In: Dobraszczyk, B.J., Dendy, D.A.V. (Eds.), Cereals and Cereal Products: Technology and Chemistry, Aspen Publishers, USA.
- Dobraszczyk, B.J., Morgenstern, M. P., 2003. **Rheology and breadmaking process.** Journal of Cereal Science 38 229-245.
- Dobraszczyk, B.J., Schofield, J.D., 2002. **Rapid assessment and prediction of wheat and gluten baking quality with the 2-g direct drive mixograph using multivariate statistical analysis.** Cereal Chemistry 79, 607–612.
- Dobraszczyk, B.J., Smewing, J., Albertini, M., Maesmans, G., Schofield, J.D., 2003. **Extensional rheology and stability of gas cell walls in bread doughs at elevated temperatures in relation to breadmaking performance.** Cereal Chemistry 80, 218–224.
- Dubat, A, M., 2000: (Consistograph provides new method of measuring water absorption capacity of flour). World Grain June, 28(4) 425-432.

- Dubois, M., and Juhue, B., 2000: **The importance of Experimental milling for determining rheological parameters as measured by the Alveograph.** *Cereal Food World*, 45, 385-388.
- Eliasson, A. C., and Larsson, K., 1993. *Cereals in Breadmaking. A Molecular Colloidal Approach.* Marcel Dekker: New Year.pp128.
- Eleni Chiotelli,^{1,2} Arnaud Rolée,³ and Martine Le Meste.2004. **Rheological Properties of Soft Wheat Flour Doughs: Effect of Salt and Triglycerides.** *Cereal Chem.* 81(4):459–468.
- Faridi, H., and RASPER, V.,1987. **The Alveograph Hand book.** American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN 1987.
- Faridi, H., 1990, **Farinograph and Alveograph applications in flour testing.** AIP Technical Buletin volume 12.
- Faubion, J. M., Dreese, P. C. Diehl, K. C. 1985. Dynamic rheological testing of wheat flour doughs. In: *Rheology of wheat products.* H. Faridi, ed. AACC, st. paul. MN, 91-116.
- Faubion, J. M., and Hoseney, R. C. 1990. **The viscoelastic properties of wheat flour doughs.** Chap. 2 in: **Dough Rheology and Baked Product Texture.** H. Faridi, and J. M. Faubion eds. AVI Publishing: New York.
- Feillet, P., Guinet, R., Morel, M. H., and Rouau, X. 1994. **La pâte.Formation et développementin:** La panification française. R. Guinet, and B. Godon, eds. Lavoisier: Paris. Pages 226-279.
- Ferry, J.D., 1980. **Viscoelastic Properties of Polymers,** Wiley, New York.
- Graessley, W.W., 1974. **The entanglement concept in polymer rheology.** *Advances in Polymer Science* 16, 1–179.
- Frazier, P. J., Fitchett, C. S., Eggitt, P. W. 1985. Laboratory measurement of dough development. In: *Rheology of wheat products.* Faridi, H. AACC, st. Paul, MN, 151-175.
- Hay, R. L., 1993. **Effect of flour quality characteristics on puff pastry baking performance.** *Cereal Chemistry* 70, 392–396.
- He, H., Hoseney, R.C., 1991. **Gas retention of different cereal flours.** *Cereal Chemistry* 68, 334–336.
- Hlynka, I. 1962. **Influence of temperature, speed of mixing, and salt on some rheological properties of dough in the farinograph.** *Cereal Chem.* 39:286.
- ICC, 1982, ICC- STANDARD **International Association For Cereal Chemistry.**
- ICC, 1976 . International Association for Cereal Science and Technology (ICC) standard method no. 110/1. **Determination of the Moisture Content of Cereals and Cereal Products.**, Vienna: ICC Secretariat.

- ICC, 1960 International Association for Cereal Science and Technology (ICC) standard method no. 104/1. **Determination of ash in Cereals and Cereal Products..**, Vienna: ICC Secretariat.
- ICC, 1978 International Association for Cereal Science and Technology (ICC) standard method no. 114/1. Method for using the brabnder Extensograph., Vienna: ICC Secretariat.
- ICC ,1994. International Association for Cereal Science and Technology (ICC) standard method no. 155. **Determination of wet Gluten quantity and Quality of Whole Wheat meal and Wheat Flour.** Vienna: ICC Secretariat.
- Karababa, E. ve Ercan, R., 1995. **Makarnalık buğdayların ekmeklik potansiyeli ve kalitesi**, Gıda, 20(3) 153-159.
- Kent, 1980. **Bread baking Technology**, in Tech of Cereal. 3rd . Ed, Pergamum Press Ltd, Oxford, England, pp: 133-143.
- Kilborn, R .H., Preston, K.R., 1982. **A dough sheeting and molding property indicator.** Cereal Chemistry 59, 171–174.
- Kilborn, R. H., Tipples, K.H., 1974. **Implications of the mechanical development of bread dough by means of sheeting rolls.** Cereal Chemistry 51, 648–657.
- Kosolov, G. F. 1980. **Effect of starch on the baking properties of wheat flour.** Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Pishch. Tekhnol. 1980: 132-133.
- Kunerth, W. H.1985. **Use of the mixograph ad Farinograph in wheat quality evaluation.** AACC, St. Paul, MN. Volume (2)pp112-120.
- Levine, L. S. 1997. **A preliminary investigation of the deformation of cereal pellets by flaking rolls.** Cereal Foods World 42, 444–451.
- Muller, H.G., 1975. **Rheology and the conventional bread and biscuit making process.** Cereal Chemistry 52, 89r–105r.
- MacKinley, G.H., Hassager, O., 1999. **The Considere condition and rapid stretching of linear and branched polymer melts.** Journal of Rheology 43, 1195–1212.
- MacRitchie, F., 1992. **Physico-chemical properties of wheat proteins in relation to functionality.** Advances in Food and Nutrition Research 36, 1–87.
- Mani, K., Eliasson, A. C., Lindahl, L., 1992. **Rheological properties and bread making quality of wheat flour doughs made with different dough mixers.** Cereal Chemistry 69, 222–225.
- Massey, A.H., 2002. **Air inclusion mechanisms and bubble dynamics in intermediate viscosity food systems.** PhD thesis, The University of Reading, UK.

- Menjivar, J. A., 1990. **Fundamental aspects of dough rheology**, In: Dough Rheology and Baked Products Tester. H. Faridi and J. M. Faubion eds. Van Nostrand Reinhold, New York, USA, pp 1-28.
- Morgenstern, M.P., Zheng, H., Ross, M., Campanella, O.H., 1999. **Rheological properties of sheeted wheat flour dough measured with large deformations**. International Journal of Food Properties 2, 365-275.
- Moss, H.J., 1980. **Strength requirements of doughs destined for repeated sheeting compared with those of normal doughs**. Cereal Chemistry 57, 195–197.
- Tipple, K. H. Meredith., 1987." **Factors affecting Farinograph**" grain research laboratory, AACC 55 (5) 625-660.
- Pyler. E. J., 1988. **baking Science and Technology** (Volume 2), Sosland Publishing Company, Merriam, KS .
- Pomeranz, Y. 1988. **Wheat chemistry and technology**, Volume II. Washington state university , Pullman, Washington, USA. Published by AACC, Inc. St. Paul, Minnesota, Volume 5, p 160-162.
- Preston, K., 1989. **Effects of natural salt on the physical properties of Canadian wheat flour** . Cereal Chem. 66 : 144-148 .
- Preston, K. R., Hoseny, R. C., 1991. **Applications of extensograph** In: Rasper VF, Preston KR {ed} **The Extensograph Handbook**. American Association of Cereal Chemists Inc., St. Company, Chicago, pp 834-897.
- Raci, J., 1988. **Official testing methods of the cereal chemistry**. division of the Royal Australian Chemical Institute Extensograph testing-Official Method ed. Royal.
- Raghavan, C.V., Babu, R.S., Chand, N., Rao, P.N.S., 1996. **Response surface analysis of power consumption of dough sheeting as a function of gap, reduction ratio, water, salt and fat**. Journal of Food Science and Technology-Mysore 33, 313–321.
- Rasper, V. F., Hardy, K. M. Flucher, G. R. 1985. **Constant water content vs. constant consistency techniques in Alveograph of soft wheat flours**. Pages 51-73 in: rheology of Wheat products .H. Faridi, ed. Am. ASSOC. cereal Chem., St. Paul, MN.
- Sahi, S.S., 1999. **Influence of aeration and emulsifiers on cake batter rheology and textural properties of cakes**. In: Campbell, G.M., Webb, C., Pandiella, S.S., Niranjana, K. (Eds.), Bubbles in Food, American Association of Cereal Chemists, St Paul, Minnesota, USA.
- Salovaara, H. 1982. Effects of partial sodium chloride replacement by other salts on wheat dough Rheology and breadmaking, Cereal Chemistry. 59, 422-426.
- Schofield, J., Booth, G., Timms, M., 1984. **Effects of heat on wheat gluten**. Pages 81 – 90 in: Proc. 2nd Int. Workshop on gluten Proteins. A. Graveland

- and J. H. E. Moonen, eds. TNO Cereal, flour and Bread Institute, Wageningen, the Netherlands.
- Scott, G., Richardson, P., 1997. **The application of computational fluid dynamics in the food industry.** Trends in Food Science and Technology 8, 119–124.
- Shah, P., Campbell, G.M., Dale, C., Rudder, A., 1999. **Modelling bubble growth during proving of bread dough Predicting the output from chopin rheofermentometer.** In: Campbell, G.M., Webb, C., Pandiella, S.S., Niranjan, K. (Eds.), Bubbles in Food UMIST Manchester. UK, pp 95-106..
- Sietz, W., 1991. **The Brabender extensograph** In: Rasper, F., Preston KR (eds) The extensograph hand book . American Association Of Cereal Chemists Inc., St. Paul Minnesota, PP 1-4
- Skerrit, J.H., Hac, L., Bekes, F., 1999. **Depolymerization of the glutenin macropolymer during dough mixing: I. Changes in levels, molecular weight distribution and overall composition.** Cereal Chemistry 76, 395–401.
- Spies, R., 1989. **Application of rheology in the bread industry.** In H. Faridi & J. M. Faubion (Eds.), Dough rheology and baked product texture pp. 343–359. New York: Springer.
- Szczesniak, A. S., Loh, J., Mannel, W. R. 1983. **Effect of moisture transfer on dynamic viscoelastic properties of flour - water systems.** J. Rheol. 27: 537-556.
- Thomas, D., Nigel, G., 1990. **Prediction of mechanical dough development water absorption, and baking performance from farinograph parameters.** Journal of the science of food and Agriculture's. 53, pp 243-252.
- Uthayakumaran, S., Newberry, M., Keentock, M., Stoddard, F.L., Bekes, F., 2000. **Basic rheology of bread dough with modified protein content and glutenin to gliadin ratios.** Cereal Chemistry 77, 744–749.
- Weegels, P.L., van der Pijpekamp, A.M., Graveland, A., Hamer, R.J., Schofield, J.D., 1996. **Depolymerisation and re-polymerisation of wheat glutenin during dough processing. I. Relationships between glutenin macropolymer content and quality parameters.** Journal of Cereal Science 23, 103–111.
- Wehrle, K., 1997. **Effects of lactic acid, acetic acid, and table salt on fundamental rheological properties of wheat dough,** Cereal Chemistry, 25, 739- 744.
- Whorlow, R.W., 1992. **Rheological Techniques,** 2nd ed.,, Ellis Horwood, Chichester, UK.
- Wikstrom, K., Bohlin, L., 1999. **Extensional flow studies of wheat flour Dough. II. Experimental method for measurements in constant extension rate squeezing flow and application to flours varying in breadmaking performance.** Journal of Cereal Science 29, 227–234.

كلمة شكر

أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى أستاذي المشرفين:

الدكتور فرحان ألفين.

الدكتور مصطفى صطوف.

الذين أشرفا على هذا البحث ممتن لهم عطاءهم وتوجيهاتهم القيمة, وسعة

صدورهم, ولهم مني جزيل الشكر.

الشكر الجزيل للسادة أعضاء لجنة الحكم:

الدكتور محمود حداد

الدكتور جهاد سمعان

على تكريمهم بتقييم هذا البحث وإغنائهم له بملاحظاتهم.

كما أشكر كل من ساهم في انجاز هذا البحث