

دراسة الخواص الريولوجية للدقيق الناتج من بعض أصناف القمح السوري وخلطاتها باستخدام المكسولاب

رباب سعود*⁽¹⁾ ورامز محمد⁽¹⁾ وسناء ساره⁽²⁾

(1). قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية

(2). قسم علم الحياة، كلية العلوم، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية

(* للمراسلة: م. رباب سعود. البريد الإلكتروني: rabab.s.saoud.2019@gmail.com)

تاريخ القبول: 2022/03/20

تاريخ الاستلام: 2021/12/10

الملخص:

هدف البحث إلى دراسة الخواص الريولوجية للدقيق المستخرج من أربعة أصناف من القمح السوري بنسبة استخراج 70% بعد خلطها مع بعضها البعض على الشكل التالي/شام4-شام8- (شام4 وشام5) - (شام4 وشام7) - (شام8 وشام5) - (شام8 وشام7) // باستخدام جهاز المكسولاب، تم تنفيذ البحث بالتعاون بين مخبر الحبوب في كلية الزراعة في جامعة تشرين ومخبر الحبوب في المؤسسة العامة لتجارة وتخزين وتصنيع الحبوب فرع اللاذقية خلال العامين 2020-2021، بينت النتائج زيادة قيم C₂ في الدقيق بعد إضافة 20% من القمح الصلب للخلطات، وكانت أعلى قيمة في دقيق الخلطة (شام4 وشام5) 0.46 نيوتن م⁻¹، تفاوتت قيم C₃ بين (1.59-1.82) نيوتن م⁻¹، وكانت أقل قيمة في دقيق الخلطة (شام4 وشام7)، كما راوحت قيم C₄ بين (1.5-1.87) نيوتن م⁻¹ وكانت أقل القيم في دقيق الصنف شام8 وخلطاته، بينما راوحت قيم C₅ بين (3.03-3.36) نيوتن م⁻¹، كما أوضحت النتائج زيادة ثابتية الدقيق بعد إضافة القمح الصلب للخلطات، وراوحت القيم بين (6-7.47) د في دقيق الصنف شام8 ودقيق الخلطة (شام4 وشام5) على التوالي، وراوحت قيم الامتصاصية بين (55-57.03)% وزمن تطور العجين بين (3.33-4.16) د، وأظهرت نتائج البحث أن دقيق الخلطة (شام4 وشام5) هو الدقيق الأفضل بين العينات المدروسة، كما تفوق دقيق الصنف شام4 على دقيق الصنف شام8 من حيث الخواص الريولوجية.

الكلمات المفتاحية: دقيق القمح الصلب، دقيق قمح الخبز، الخواص الريولوجية لدقيق القمح السوري، المكسولاب.

المقدمة:

يعتبر علم الريولوجيا أحد أفرع علم الفيزياء الذي يدرس تغير سلوك المادة استجابة للإجهاد المطبق عليها، ووفقاً لسلوكها يتم وصفها إما نيوتونية أو غير نيوتونية (Schramm, 2004)، إن معظم المواد الغذائية التي تظهر خصائص اللزوجة والمرونة تعتبر غير نيوتونية، ويمكن اعتبار العجين النظام الأكثر تميزاً كنظام لزج مطاطي حسب علم المواد، يظهر سلوك متغير الصفات الريولوجية، هذا السلوك ناتج عن هيكل معقد للعجين يحوي نشا بين 75-80 %، محاط بشبكة بروتين ثلاثية الأبعاد بنسبة 20 إلى 25% (Hadnadev et al., 2011)، ويعد علم الريولوجيا أداة لتقييم الجودة، تستخدم من أجل مراقبة الخواص الميكانيكية وتغييرات المادة لتقليد سلوك المواد، وبالتالي توقع خواص وجودة المنتج النهائي (Dobraszczyk and Morgenstern, 2003)، ويعد علم الريولوجيا من بين تقانات الحبوب الحديثة للكشف عن جودة الدقيق وتأثير الإضافات على سلوك العجين (Hadnadev et al., 2013)، وقد صنفت الاختبارات النموذجية المستخدمة لتقييم السلوك الريولوجي للعجين إلى اختبارات تجريبية وصفية Descriptive tests، واختبارات ريولوجية أساسية Fundamental tests (Campos, 1996)، ونظراً لصعوبة الاختبارات الريولوجية الأساسية، يتم اعتماد الاختبارات التجريبية فهي الأسرع في اختبار مدى ملاءمة الدقيق والقمح من حيث جودته لتصنيع المنتجات المختلفة (Koksel et al., 2009)، ويتم استخدام أجهزة برابندر brabender لقياس الخواص الريولوجية مثل جهاز الفارينوغراف والاكستينوسوغراف والأميلوغراف (Xhabiri et al., 2016)، وبالرغم من أهمية هذه الأجهزة، فإنه خلال العقود القليلة الماضية كان هناك جهود كبيرة لإدخال أجهزة جديدة من شأنها التخلص من مشاكل الأجهزة السابقة، والتي تستغرق وقتاً طويلاً، ولا يتم من خلالها تقييم الدقيق تقيماً شاملاً، فمثلاً لتقييم جودة البروتين ونوعيته لعينة دقيق يتم استخدام الفارينوغراف أو الإكستينوسوغراف، ويجب استخدام جهاز الأميلوغراف لتقييم النشا في هذا الدقيق (Dapčević et al., 2009)، وهذا التحليل المنفصل لن يكون كافياً ودقيقاً بسبب تأثير التفاعل المتبادل بين مكونات الدقيق وهذا له دوراً مهماً في تقييم الجودة الشاملة (Fustier et al., 2007). تم إطلاق جهاز المكسولاب عام 2005 من شركة شوبان الفرنسية Tripette & Renaud Chopin ليغطي معلومات تتعلق بالخواص الريولوجية للدقيق أثناء عملية صنع الخبز، فهو يسمح بتحديد خصائص الخلط وتسخين العجين باستخدام خيار شوبان الشامل، معطياً بيانات عن خصائص البروتين والنشا والأنزيمات الأميلازية في الدقيق يتضمنها في اختبار واحد وبعبء أقل من 50غ، حيث يقيس العزم الناتج عن العجن بين نصلي المعجن الذي يخضع فيه العجين لإجهاد مزدوج (إجهاد العجن ودرجة الحرارة)، وبالتالي باستخدام المكسولاب يمكن محاكاة العملية التي تجرى أثناء تصنيع المخبوزات والتي تخضع خلالها العجائن لعمل متغير ودرجات حرارة متغيرة (Dapčević et al., 2009)، وقد تم خلال السنوات القليلة الماضية استخدام المكسولاب لتقييمات عديدة كتطوير منتجات خالية من الغلوتين (Zhang et al., 2017)، إضافة لدراسة تأثير دقيق القمح المنبت على خواص العجين (Banu et al., 2020)، ويعد المكسولاب أداة واعدة لتقييم الخواص الريولوجية للعجين، حيث يتميز بإمكانية استعماله في اختبارات تقييم القمح لتصنيع المخبوزات بناءً على زمن ثبات العجين العالي وقيم C₂ وزمن التطور العجين (Banu et al., 2011)، وقد بينت أغلب الدراسات أن دقيق القمح القوي له زمن تطور أطول وزمن ثبات أعلى، وتعتبر قوة الدقيق عن حالة التوازن بين مطاطية العجين ومرورته، وتبدي العجينة القوية مطاطية أقل ومرونة أعلى، وبالتالي يتم

تحديد الاستخدام النهائي لأنواع الدقيق في تصنيع المنتجات المختلفة بحسب قوة الدقيق، كما أن البيانات المقدمة لها أهمية بالنسبة لمنتجين القمح.

أهمية البحث وأهدافه:

تتوقف جودة المنتج النهائي على نوعية الدقيق المستخدم في تصنيعه ومدى ملاءمته من حيث التركيب والخواص وخاصة قوة البروتين وما لها من أهمية في تحديد الوجهة التصنيعية للدقيق، لذلك يهدف هذا البحث إلى: - دراسة الخواص الريولوجية لعينات الدقيق استخراج 70% لتحديد أقواها وأفضلها باستخدام جهاز المكسولاب لما له من أهمية في محاكاة العملية التصنيعية التي تخضع لها العجائن وإعطاء تقييم شامل للدقيق من ناحية خواص البروتين والنشا والنشاط الأميلازي.

- دراسة تأثير إضافة القمح الصلب بنسبة 20% للخلطة على الخواص الريولوجية للدقيق الناتج.

مواد البحث وطرقه:

مواد البحث:

تضمنت المادة التجريبية أربعة أصناف من القمح السوري: القمح الصلب *Triticum durum* شام5 - شام7، و قمح الخبز *Triticum aestivum* شام4 - شام8، تم الحصول على العينات من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية - محطة بحوث قرحتا موسم عام 2019.

يمتاز الصنف شام7 بغلته العالية ومقاومته لمرض الصدأ الأصفر ويتحمل صدأ الورقة، كما تمتاز حبوبه بمواصفات تصنيعية جيدة، أما الصنف شام5 فهو مقاوم للجفاف ومبكر بالنضج مقاوم للرقاد ومتحمل للصقيع يمتلك صفات جيدة لتصنيع البرغل والمعجنات وغلته عالية في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، في حين يتميز صنف شام8 بإنتاجه العالي ومقاومة الرقاد وتتمتع حبوبه بصفات تصنيعية جيدة، وبالنسبة لصنف شام4 فيتميز بغلته العالية ومقاومته للرقاد (دليل أصناف القمح في سوريا، 2021).

طرائق العمل:

نظفت عينات القمح من الشوائب والأجرام، ورطبت الحبوب النظيفة حتى الوصول إلى درجة 15.5% لأصناف قمح الخبز و15.7% للخلطات (80% قمح الخبز و20% قمح صلب)، لمدة 24 ساعة بدرجة حرارة الغرفة، بعد حساب كمية الماء المضاف حسب طريقة AACC رقم 26-95 (AACC, 2000)، طحنت الحبوب النظيفة والمكيفة باستخدام مطحنة Brabender المجهزة بمناخل مناسبة وذلك حسب طريقة AACC رقم 26-50 (AACC, 2000) لإنتاج دقيق بنسب استخراج 70%، حيث تم الحصول على ستة أنواع من الدقيق وهي: / شام4 - شام8 - خلطة (شام4 وشام5) - خلطة (شام4 وشام7) - خلطة (شام8 وشام5) - خلطة (شام8 وشام7) /.

اختبار المكسولاب: تم تحديد السلوك الريولوجي لعينات المختلفة بواسطة جهاز المكسولاب Chopin Mixolab باستخدام طريقة ICC رقم 173-2006، وقد تم اتباع بروتوكول chopin+ القياسي الشامل (سرعة الخلط ثابتة عند 80 دورة في الدقيقة، وزن العجين 75 غ، والعزم عند النقطة C₁ 1.1 +/- 0.05 نيوتن م⁻¹، زمن الاختبار 45 د) للحصول على المنحني والبروفایل الخاص بالاختبار.

التحليل الإحصائي: حللت البيانات إحصائياً باستخدام برنامج تحليل التباين (Gen state -10) وذلك بحساب متوسطات المكررات للعناصر المدروسة في جميع العينات وحساب جداول تحليل التباين للوقوف على الفروق معنوية بين المعاملات المدروسة عن طريق حساب قيم أقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية 0.05 ومعامل الاختلاف %CV.

النتائج والمناقشة:

C21: تعبر قيمة C2 عن مقاومة الغلوتين لعملية إضعافه بفعل العمل الميكانيكي ودرجة الحرارة، ويبين المنحني الخاص باختبار المكسولاب أن أقل عزم يكون عند هذه النقطة، وكلما ازدادت هذه القيمة تعني أن العجين مقاوم للحرارة والخلط (Elemo *et al.*, 2017)، كما أنها ترتبط ارتباط وثيق بكمية الغلوتين، فالدقيق الحاوي على نسبة الغلوتين الأعلى يعطي قيم C2 أعلى، وهذا ما أكدته دراسة (Codina *et al.*, 2008) حيث زادت قيمة C2 بإضافة الغلوتين للدقيق المدروس، كما أصبحت شبكة الغلوتين أكثر إحكاماً، وقد وجدت علاقة ايجابية بين جودة الخبز وقيمة C2 وحجم الرغيف، ولكن أكدت الدراسات أن زيادتها عن 0.6 نيوتن م⁻¹ يكون له آثار سلبية حيث يتم منع العجين من التطور بشكل صحيح، وبالتالي إنتاج خبز منخفض الحجم. يتضح من الجدول رقم (1) الفروقات العالية في قيم C2 بين دقيق الأصناف والخلطات المدروسة، فبينما بلغت قيم الأصناف (0.35-0.45) نيوتن م⁻¹ لصنفي شام4 و شام8 على التوالي، ازدادت القيم بعد إضافة 20% من القمح الصلب للخلطات وراوحت ضمن مجال (0.37 - 0.46) نيوتن م⁻¹ لدقيق الخلطة (شام8 وشام7) والخلطة (شام4 و شام5) على التوالي، وهذا يعود إلى زيادة نسبة البروتين والغلوتين في دقيق الخلطات بعد إضافة القمح الصلب، اتفقت النتائج مع دراسة (Elemo *et al.*, 2017) حيث راوحت قيم C2 لعينات دقيق القمح المدروسة بين (0.39 - 0.46) نيوتن م⁻¹، بينما كانت القيم للدقيق الناتج من القمح الأبيض بين (0.585-0.662) نيوتن م⁻¹، وللدقيق الناتج من القمح الأحمر بين (0.571-0.621) نيوتن م⁻¹ (Ekinci and Gökbulut, 2020)، تعود الفروق السابقة إلى تأثير الصنف (عامل وراثي)، وسنة النمو (عوامل بيئية وزراعية)، والتفاعل بينهم (Lacko- Bartošová *et al.*, 2019).

C1- C2: يشير هذا الفرق أيضاً إلى مقاومة الغلوتين للعجن والحرارة، وكلما قل الفرق كان الغلوتين أقوى، تبين النتائج في الجدول رقم (1) أن الفروقات عالية بين العينات المدروسة، بلغت قيمة دقيق صنف شام4 0.72، ودقيق صنف شام8 0.78، وانخفضت القيم مع إضافة 20% من القمح الصلب للخلطات لتصبح قيمة الفرق 0.7 في دقيق الخلطة (شام8 وشام5)، و0.67 في دقيق الخلطة (شام4 وشام5) وهي القيمة الأقل بين دقيق العينات المدروسة، وبالتالي هو الدقيق الأكثر مقاومة لإضعاف الغلوتين بين العينات المدروسة.

C3: تقيس هذه النقطة التزايد الحاصل في اللزوجة بسبب جانتة النشا، والتي تعود إلى كسر الروابط الهيدروجينية في النشا وامتصاص الماء بوجود الحرارة، وتمثل قيمة C3 ذروة اللزوجة في منحني المكسولاب (Dapčević *et al.*, 2009)، يبين الجدول رقم (1) وجود فروقات معنوية عالية بين العينات المدروسة، سجل دقيق الأصناف قيماً أعلى من دقيق الخلطات الخاصة به، وبلغت قيم دقيق الصنفين شام4 وشام8 (1.69-1.82) نيوتن م⁻¹ على التوالي، انخفضت القيم في دقيق الخلطات وراوحت بين (1.59-1.75) نيوتن م⁻¹ في دقيق الخلطة (شام4 وشام7) والخلطة (شام8 و شام5) على التوالي، في حين بلغت 1.61 نيوتن م⁻¹ في دقيق الخلطة (شام4 و شام5)، و1.71 نيوتن م⁻¹ في دقيق الخلطة (شام8

وشام7)، يعزى هذا الانخفاض لزيادة النشا المتهتك في دقيق القمح الصلب والذي تربطه علاقة عكسية مع C3 (Singh *et al.*, 2019)، أيضاً زيادة نسبة الأربينوكزيلان في الدقيق تخفض قيم C3 فقد أكدت الدراسات أنه يتواجد الغرويات المائية يقل توافر الماء لحبيبات النشا اللازمة لانتفاخها وجلتنتها (Pahwa, 2016; Mironeasa and Codină, 2017)، راوحت قيم C3 لعينات دقيق القمح النيجيري بين (1.78-2.33) نيوتن م⁻¹ (Elemo *et al.*, 2017)، في حين راوحت القيم لدقيق القمح الأبيض بين (1.461-1.611) نيوتن م⁻¹، ولدقيق القمح الأحمر بين (1.583-1.832) نيوتن م⁻¹ (Ekinci and Gökbulut, 2020)، تعود الفروقات السابقة إلى تأثير قيمة C3 بمحتوى النشا في الدقيق، وجودة حبيباته التي تمتص الماء خلال زيادة درجات الحرارة (Xhabiri *et al.*, 2016)، وإلى نشاط الأنزيمات الأميلازية والتي بزيادة نشاطها تقلل من اللزوجة (Souza and Magalhães, 2010)، بالإضافة إلى تأثير الصنف والظروف الزراعية والبيئية خلال نمو القمح.

الجدول (1): متوسط قيم نقاط منحنى المكسولاب للعينات المدروسة

الصنف	C2	C3	C4	C5	C1-C2	C5-C4
شام4	0.45 c	1.69 c	1.87 d	3.36 d	0.72 c	1.49 b
(شام4 وشام5)	0.46 c	1.61 b	1.85 d	3.17 bc	0.67 a	1.32 a
(شام4 وشام7)	0.45 c	1.59 a	1.76 c	3.08 ab	0.7 b	1.32 a
شام8	0.35 a	1.82 f	1.56 b	3.21 c	0.78 d	1.66 c
(شام8 وشام5)	0.39 b	1.75 e	1.51 a	3.03 a	0.70 b	1.52 b
(شام8 وشام7)	0.37 b	1.71 d	1.50 a	3.2 c	0.72 c	1.7 c
CV%	2.0	0.2	0.1	0.9	0.6	1.9
LSD 0.05	0.02	0.01	0.02	0.09	0.01	0.11
	***	***	***	***	***	***
SD	0.01	0.004	0.004	0.04	0.004	0.05

الأرقام في الجدول هي متوسطات لثلاث مكررات، اختلاف الحرف الصغير بين المتوسطات عمودياً يعني وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية $p < 0.05$ ، وجود *** يدل على الفروق معنوية كبيرة.

C4: تعبر هذه النقطة عن ثبات الهلام المتشكل بوجود درجات حرارة مرتفعة ونشاط الأنزيمات الأميلازية (Coțovanu *et al.*, 2020)، وبالعودة إلى القيم الإحصائية المبينة في الجدول رقم (1) يلاحظ وجود فروقات معنوية بين العينات المدروسة، وكانت أعلى قيمة لدقيق صنف شام4 1.87 نيوتن م⁻¹، بينما كانت في دقيق صنف شام8 1.56 نيوتن م⁻¹، مع ملاحظة انخفاض القيم عند الخلط مع القمح الصلب بنسبة 20%، وراوحت قيم الخلطات بين (1.5-1.85) نيوتن م⁻¹ في دقيق الخلطة (شام8 وشام7) ودقيق الخلطة (شام4 وشام5) على التوالي، وبلغت القيمة في الخلطة (شام4 و شام7) 1.76 نيوتن م⁻¹، يمكن أن يعزى هذا الانخفاض لزيادة النشا المتهتك في دقيق القمح الصلب، راوحت قيم C4 لدقيق القمح النيجيري بين (1.57-2.16) نيوتن م⁻¹ (Elemo *et al.*, 2017)، بينما تفاوتت القيم لدقيق القمح الأبيض بين (1.344-1.487) نيوتن م⁻¹، ولدقيق القمح الأحمر بين (1.508-1.609) نيوتن م⁻¹ (Ekinci and Gökbulut, 2020)، يمكن تفسير الاختلاف في قيم C4 بارتباطها بمحتوى الأميلوز، وبحجم حبيبات النشا (Tang and Copeland, 2007)، كما تقل هذه القيمة في العينات التي يكون فيها نشاط الأنزيمات الأميلازية أعلى (Hadnadev *et al.*, 2013).

C5: يتضح من المنحني الخاص بجهاز المكسولاب زيادة العزم عند هذه النقطة وهذا مرتبط بإعادة تبلور النشا وتراجع بعد التبريد (Huang *et al.*, 2010)، إن إعادة التنظيم هذه للنشا تقلل من فترة تخزين المنتجات المخبوزة (Cai *et al.*, 2014)، لوحظ وفقاً للجدول رقم (1) الفروق المعنوية لدقيق الأصناف والخلطات، بلغت قيم دقيق الصنفين شامه 4 وشامه 8 (3.21-3.36) نيوتن م⁻¹ على التوالي، وكانت للخلطات ضمن مجال بين (3.03-3.2) نيوتن م⁻¹ في دقيق الخلطة (شامه 8 وشامه 5) ودقيق الخلطة (شامه 8 وشامه 7) على التوالي، تفاوتت القيم لدقيق القمح النيجيري بين (2.76-3.41) نيوتن م⁻¹ (Elemo *et al.*, 2017)، بينما راوحت القيم لدقيق القمح الأبيض بين (1.917-2.342) نيوتن م⁻¹، ولدقيق القمح الأحمر بين (2.661-2.349) نيوتن م⁻¹ (Ekinci and Gökbulut, 2020). تشير الفروقات والاختلافات السابقة إلى اختلاف قدرة النشا على التراجع بعد التبريد والتي تتأثر بمحتوى النشا من الأميلوز والأميلوبكتين فالأميلوز أسرع في التبلور (Coțovanu *et al.*, 2020)، كما تنخفض قيمة C5 بزيادة نشاط الأنزيمات الأميلازية (Hadnadev *et al.*, 2013)، ولنسبة الدهون العالية أيضاً دوراً هاماً في التغيرات التي تحدث عند إعادة الارتباط وتبلور النشا (Banu *et al.*, 2012)، وتقل قيم C5 بزيادة قساوة القمح ونسبة النشا المتهتك في الدقيق (Singh *et al.*, 2019) وهذا ما يفسر انخفاضها في دقيق الخلطات عن دقيق الأصناف.

C5-C4: يعبر هذا الفرق عن مؤشر تبلور النشا، وترتبط القيمة العالية له بفترة تخزين منخفضة للمخبوزات الناتجة (Chopin Applications Laboratory, 2009)، وبالعودة إلى النتائج في الجدول رقم (1) يلاحظ وجود فروقات معنوية للعينات المدروسة، كانت القيم في دقيق الأصناف شامه 4 وشامه 8 (1.66-1.49) على التوالي، في حين انخفضت في الخلطات وكانت أعلى القيم في دقيق الخلطة (شامه 8 وشامه 7) 1.7، وأقلها في دقيق الخلطتين (شامه 4 وشامه 5) و(شامه 4 وشامه 7) 1.32، وبالتالي يعتبر دقيق هاتين الخلطتين الأقل بيئاتاً بين دقيق العينات المدروسة.

الثباتية: هي الوقت بالدقائق اللازم حتى ينخفض عزم الدوران عن العزم في النقطة C1 بنسبة 11% (Dapčević *et al.*, 2009)، وهي مقياس لمقاومة العجين للمزج، وكلما ارتفعت قيمة الثباتية كلما كانت العجينة أقوى (Elemo *et al.*, 2017)، يبين الجدول رقم (2) وجود فروقات معنوية للعينات المدروسة في قيم الثباتية، بلغت قيم الثباتية لدقيق الصنفين شامه 8 وشامه 4 (6-6.63) د على التوالي، بينما راوح مجال القيم للخلطات بين (6.65-7.47) د في دقيق الخلطة (شامه 8 وشامه 7) والخلطة (شامه 4 وشامه 5) على التوالي، يحوي القمح الصلب نسب غلوتينيين أعلى من قمح الخبز وهذا ما يفسر زيادة الثباتية في دقيق الخلطات، راوحت قيم الثباتية لعينات الدقيق الناتجة من أصناف القمح النيجيرية ضمن مجال (3.42-6.67) د (Elemo *et al.*, 2017)، وفي دراسة للباحثين (Ekinci and Gökbulut, 2020) كانت القيم لدقيق القمح الأحمر بين (4.53-6.3) د ولدقيق القمح الأبيض بين (1.15-7.47) د، وبلغت الثباتية في دقيق صنف رشيد 3.3 د (Ramadhan and nasir, 2017)، يمكن تفسير الاختلاف بقيم الثباتية بارتباطها بعدة عوامل أهمها جودة الغلوتين (Dapčević *et al.*, 2009)، فهي تزيد بزيادة نسبة الغلوتينيين في بروتين الدقيق، بينما زيادة نسبة (الغليادين/الغلوتينين) يقلل من ثباتية العجين، كما تلعب الروابط بين البروتينات (قوى فيزيائية وكيميائية) دوراً هاماً في الخواص الريولوجية للعجين، وغالباً ما يعود استقرار وثبات العجين إلى الروابط ثنائية السلفيد الموجودة في تركيب البروتين (Banu *et al.*, 2012)، أيضاً هناك دور للعوامل الأخرى كالصنف وظروف الزراعة ونشاط البروتين في الدقيق.

امتصاصية الماء: سجلت فروقات عالية لقيم امتصاص الماء في دقيق الأصناف والخلطات الموضحة في الجدول رقم (2)، ففي حين كانت قيم امتصاصية الماء (55-52.1)% في دقيق الصنفين شام4 وشام8 على التوالي، زادت قيم الامتصاص لدقيق الخلطات وراوحت بين (55.03 - 57.03) % في دقيق الخلطة (شام4 وشام5) والخلطة (شام4 وشام7) على التوالي، وتعزى هذه الزيادة إلى زيادة كمية النشا المتهتك والبروتين في الدقيق الناتج، بلغت الامتصاصية لدقيق صنف رشيد 56.8 % (Ramadhan and nasir, 2017)، بينما وجد الباحثان Ekinci and Gökbulut (2020) أن امتصاصية دقيق القمح الأبيض كانت بين (66.4-69.6) %، ودقيق القمح الأحمر بين (66.4-68.4) %، بينما راوحت امتصاصية دقيق القمح النيجري بين (57.4-67.4) % (Elemo et al., 2017)، تختلف قيم امتصاص الماء بحسب كمية ونوعية الغلوتين والنشا في الدقيق (Dapčević et al., 2009 ; Xhabiri et al., 2016)

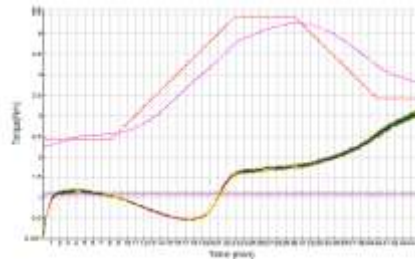
الجدول (2): متوسط قيم بعض الخواص الريولوجية لدقيق العينات المدروسة

الصلابة (د)	زمن التطور(د)	الامتصاصية %	الصنف
6.63 b	4.06 d	55 d	شام4
7.47 d	4.16 f	55.03 d	(شام4 وشام5)
7.03 c	4.11 e	57.03 e	(شام4 وشام7)
6 a	3.33 a	52.10 a	شام8
6.8 bc	3.88 c	53.83 c	(شام8 وشام5)
6.65 b	3.77 b	53.10 b	(شام8 وشام7)
0.4	0.1	0.2	CV%
0.17***	0.02***	0.46***	LSD 0.05
0.08	0.01	0.21	SD

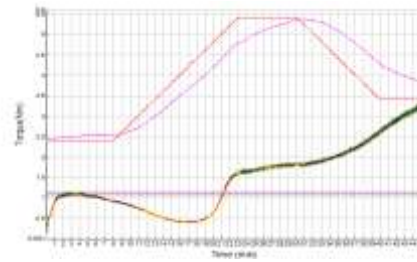
الأرقام في الجدول هي متوسطات لثلاث مكررات، اختلاف الحرف الصغير بين المتوسطات عمودياً يعني وجود فروق معنوية عند مستوى معنوية $p < 0.05$ ، وجود *** يدل على الفروق معنوية كبيرة.

زمن التطور: هو الزمن اللازم لوصول العجين إلى قوام يكون العزم المطبق عليه 1.1 نيوتن م⁻¹ وذلك بعد الترطيب المناسب للدقيق (Banu et al., 2012)، وكلما كان الدقيق أقوى سيكون زمن تطور العجين أطول (Dapčević et al., 2009)، يلاحظ من الجدول رقم (2) الفروقات العالية في قيم زمن التطور بين دقيق الأصناف والخلطات المدروسة، حيث كانت قيمتها (3.33 - 4.06) د في دقيق صنفين شام8 وشام4 على التوالي، بينما راوحت القيم لدقيق الخلطات بين (3.77 - 4.16) د في دقيق الخلطة (شام8 وشام7) والخلطة (شام4 وشام5) على التوالي، وتبين القيم السابقة زيادة زمن التطور بعد إضافة القمح الصلب للخلطات، قد يعود هذا لزيادة نسبة الاربينوكلزيان والبروتينات في الدقيق، بلغت قيمة زمن التطور لدقيق صنف القمح رشيد 3.5 د (Ramadhan and nasir, 2017)، وراوحت القيم في عينات دقيق القمح النيجيرية بين (0.63-2.17) د (Elemo et al., 2017)، بينما كان متوسط قيمة زمن التطور لدقيق القمح الأبيض 1.95 د، ولدقيق القمح الأحمر 8.96 د (Ekinci and Gökbulut, 2020)، يمكن تفسير الاختلافات في قيم زمن التطور إلى تأثيرها بشدة بكمية البروتين في الدقيق وبخصائص الغلوتين، إضافة إلى خصائص النشا ولكن بشكل أقل (Aydoğan et al., 2013).

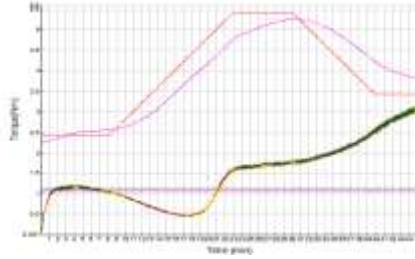
تبين الأشكال التالية الشكل العام للمنحنيات الخاصة بعينات الدقيق المدروسة:



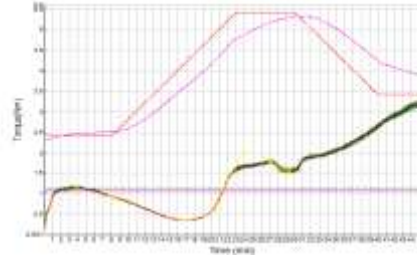
الشكل (2) منحنى دقيق الصنف شام4



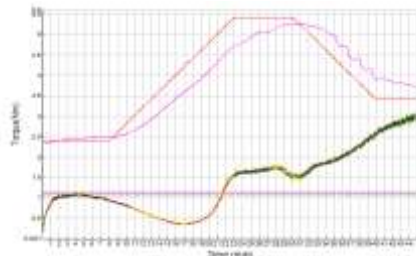
الشكل (1) منحنى دقيق الخلطة (شام4 و شام5)



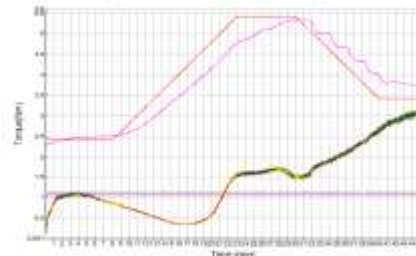
الشكل (4) منحنى دقيق الصنف شام8



الشكل (3) منحنى دقيق الصنف (شام4 وشام7)



الشكل (6) منحنى دقيق الصنف (شام8 و شام7)



الشكل (5) منحنى دقيق الصنف (شام8 و شام5)

دلائل البروفاييل النوعية: دليل امتصاص الماء يتبين من بروفاييلات العينات المدروسة أن الدرجات لدليل الامتصاصية راوحت بين 1-3، وكانت الدرجة الأعلى في دقيق الخلطتين (شام4 وشام5) و(شام4 وشام7).

دليل الخلط هو سلوك العجين عند الخلط، والقيم العالية له تعني ثباتية أكبر للعجين، يلاحظ من البروفاييلات للعينات المدروسة أن درجات دليل الخلط للعينات راوحت بين (2-4)، وكانت أعلى درجة في دقيق الخلطتين (شام4 وشام5) و(شام4 وشام7).

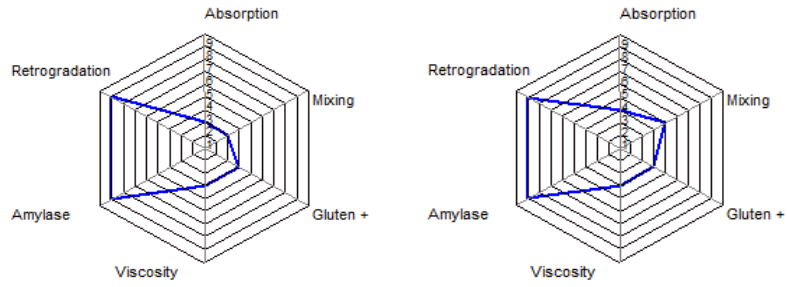
دليل الغلوتين هو سلوك الغلوتين عند التسخين، والقيم العالية لهذا الدليل تعني مقاومة أعلى للغلوتين لإضعافه بفعل الحرارة والخلط، كما يعبر هذا الدليل عن كمية ونوعية الغلوتين حيث يتعلق بشكل كبير في كمية الغلوتين، وبنسبة الغلوتينين/ غلبيادين، وكلما كانت هذه النسبة أكبر كان الدليل أعلى (Collar et al., 2007)، ويتضح من بروفاييلات العينات المدروسة أن درجات دليل الغلوتين كانت 3 لكافة العينات المدروسة باستثناء دقيق الصنف شام8 كانت درجته 2.

دليل اللزوجة تبين بروفاييلات العينات المدروسة أن درجة دليل اللزوجة في دقيق الصنف شام4 وخلطاته كانت 3، بينما في دقيق الصنف شام8 وخلطاته كانت 4، أي أنها أعلى باللزوجة عند التسخين، وأكثر قدرة على تشكيل الهلام.

دليل الفعالية الأميلازية يلاحظ من بروفاييلات عينات دقيق المدروسة أن درجة دليل الفعالية الأميلازية كانت 8 في دقيق الصنف شام8 وخلطاته، بينما في دقيق الصنف شام8 وخلطاته كانت الدرجة 6 أي أن نشاط أنزيمات الأميلاز أعلى.

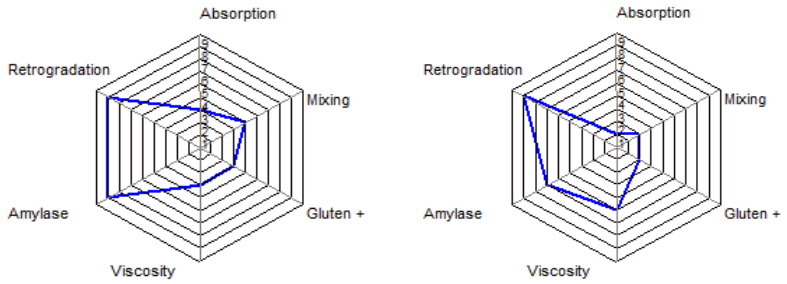
دليل إعادة التبلور يتضح من خلال بروفاييلات العينات المدروسة أنه لم يكن هناك أي فروق بدرجة دليل التبلور لدقيق الأصناف والخلطات وكانت الدرجة 8 لكافة العينات المدروسة، أي أن المنتجات ستكون سريعة البياض.

تبين الأشكال التالية البروفائلات الخاصة بعينات الدقيق المدروسة:



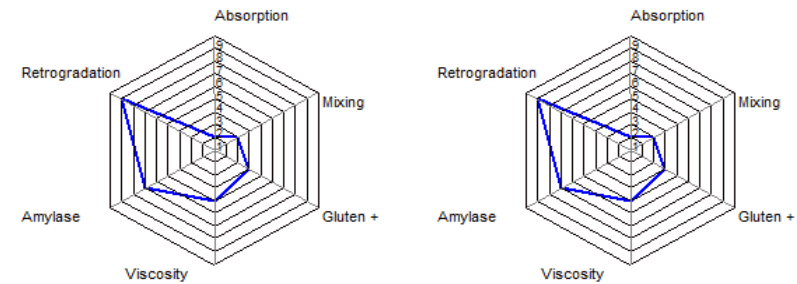
الشكل (8) بروفائل دقيق الخلطة (شام 4 وشام 5)

الشكل (7) بروفائل دقيق الصنف شام 4



الشكل (10) بروفائل دقيق الصنف شام 8

الشكل (9) بروفائل دقيق الخلطة (شام 4 وشام 7)



الشكل (12) بروفائل دقيق الخلطة (شام 8 وشام 7)

الشكل (11) بروفائل دقيق الخلطة (شام 8 وشام 5)

الاستنتاجات:

تفوق الصنف شام 4 على دقيق الصنف شام 8 في خواصه الريولوجية، في حين تفوق دقيق الخلطة (شام 4 وشام 5) على جميع العينات المدروسة في الخواص الريولوجية، وكانت العجينة الناتجة عنه هي الأكثر مقاومة للحرارة والعمل الميكانيكي حيث بلغت قيمة C_2 0.46 نيوتن م⁻¹ وهو الدقيق ذو الغلوتين الأقوى والأكثر ثباتاً بين العينات المدروسة فقد بلغت ثباتيته 7.47 دقيقة، في حين كان دقيق الصنف شام 8 هو الأسرع بتجلت النشا وتشكيل الهلام بين أنواع الدقيق المدروسة، حيث بلغت قيمة C_3 1.82 نيوتن م⁻¹، بينما أبدى دقيق الصنف شام 4 قيمة أعلى لناحية درجة ثبات النشا المتجلت وكانت قيمة C_4 1.87 نيوتن م⁻¹، كما كان مؤشر إعادة تبلور النشا عالياً لجميع العينات المدروسة، وبالاعتماد على قيم الفرق C_5-C_4 فإن منتجات دقيق الخلطة (شام 4 وشام 5) والخلطة (شام 4 وشام 7) ستكون هي الأقل بيئاتاً، وبالتالي يوصى باستخدام دقيق الخلطة (شام 4 وشام 5) في تصنيع المخبوزات المتخمرة، لأن العجين الناتج عنه هو الأقوى وهذا ينعكس إيجاباً على

جودة المنتجات، كما يوصى بدراسة الخواص الريولوجية للدقيق الناتج من أصناف أخرى ذات أصول محلية لمعرفة المتغيرات الريولوجية وتحديد الوجهة التصنيعية المثلى له.

المراجع:

- دليل أصناف القمح في سوريا. الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، 2021، دمشق، سوريا.
- American Association of Cereal Chemists (2000). Approved Methods of the AACCC, 10th edn, USA.
- Aydoğan, S.; A. Göçmen Akçacık; M. Şahin; H. Önmez; B. Demir and E. Yakışır (2013). Ekmeklik buğday çeşitlerinde fizikokimyasal ve reolojik özelliklerin belirlenmesi. Tarbit Derg. 22(2): 74-85.
- Banu, I.; G. Stoenescu; V.S. Ionescu; and I. Aprodu (2012). Effect of The Addition of Wheat Bran Stream on Dough Rheology And Bread Quality. Fascicle VI – Food Technology. 36(1): 39-52.
- Banu, I.; G. Stoenescu; V.S. Ionescu; and I. Aprodu (2011). Estimation of the Baking Quality of Wheat Flours Based on Rheological Parameters of the Mixolab Curve. Czech J. Food Sci. 29(1), 35–44.
- Banu, I.; L. Livia Patra; I. Vasilean; G. Horincar; and I. Aprodu (2020). Impact of Germination and Fermentation on Rheological and Thermo-Mechanical Properties of Wheat and Triticale Flours. Appl. Sci. 10(21) : 7635.
- Cai, L.; I. Choi; J.N. Hyun; Y.K. Jeong; and B.K. Baik (2014). Influence of bran particle size on bread-baking quality of whole grain wheat flour and starch retrogradation. Cereal Chemistry. 91(1): 65– 71.
- Campos, D. T.; J.F. Steffe; and P.K.W. Ng (1996). Mixing wheat flour and ice to form undeveloped dough. Cereal Chem. 73(1): 105-107.
- Chopin Applications Laboratory (2009). Mixolab applications handbook. Rheological and enzymatic analysis. France: Villeneuve la Garenne.
- Codina, G.G.; D. Bordei; and V. Paslaru (2008). The effects of different doses of gluten on Rheological behaviour of dough and bread quality. Roumanian Society of Biological Sciences. 13 (6): 37-42.
- Collar, C.; C. Bollain; and C.M. Rosell (2007). Rheological behaviour of formulated bread doughs during mixing and heating. Food Science and Technology International. 13(2): 99-107.
- Coțovanu, I.; G. Stoenescu; and S. Mironeasa (2020). Amaranth Influence On Wheat Flour Dough Rheology: Optimal Particle Size And Amount of Floure Replacement. J Microbiol Biotech Food Sci . 10(3): 366-373.
- Dapčević, T.; M. Hadnadev; and M. Pojić (2009). Evaluation of the Possibility to Replace Conventional Rheological Wheat Flour Quality Control Instruments with the New Measurement Tool – Mixolab. Agriculturae Conspectus Scientificus. 74(3): 169-174.
- Dobraszczyk, B. J.; and M.P. Morgenstern (2003). Review: Rheology and the breadmaking process. Journal of Cereal Science. 38: 229-245.
- Ekinci, P.D.; and Gökbulut, I (2020). Determination of the Rheological Properties of Red and White Bread Wheat Flours with Different Methods. [doi: 10.20944/preprints202001.0172.v1](https://doi.org/10.20944/preprints202001.0172.v1).

- Elemo, G.N.; A.A. Osibanjo; .O.P Ibidapo; A.O. Ogunji; W.B. Asiru; T. Zakari; and O.G. Olabanji (2017). Rheological characteristics and baking quality of flours from Nigerian grown wheat. *African Journal of Food Science*.11(12): 376-382.
- Fustier P.; F. Castaigne; S.L. Turgeon; and C.G. Biliaderis (2007). Flour constituent interactions and their influence on dough rheology and quality of semi-sweet biscuits: A mixture design approach with reconstituted blends of gluten, water-solubles and starch fractions. *J Cereal Sci*. 48: 144-158.
- Hadnađev, M.; T. Dapčević Hadnađev; O. Šimurina; and B. Filipčev (2013). Empirical and Fundamental Rheological Properties of Wheat Flour Dough as Affected by Different Climatic Conditions . *J. Agr. Sci. Tech*. 15: 1381-1391.
- Hadnađev, T.D.; M. Pojić; M. Hadnađev; and T. Aleksandra (2011).The Role of Empirical Rheology in Flour Quality Control. *Wide Spectra of Quality Control*. <https://www.researchgate.net/publication/221913320>.
- Huang, W.; L. Li; F. Wang; J. Wan; M. Tilley; C. Ren; and S. Wu (2010). Effects of Transglutaminase on the Rheological and Mixolab Thermomechanical Characteristics of Oat Dough. *Food Chemistry*. 121(4): 934-939.
- ICC (2006). Standard Method of the International Association for Cereal Chemistry173, International Association for Cereal and Science and Technology: Vienna, Austria.
- Koksel,H.; K. Kahraman; T.Sanal; D.S.Ozay; andA.Dubat(2009).Potential utilization of Mixolab for quality evaluation of bread wheat genotypes. *Cereal Chem*.86(5):522526.
- Lacko-Bartošová, M.; P. Konvalina; and L. Lacko- Bartošová (2019). Baking Quality Prediction of Spelt Wheat Based On Rheological And Mixolab Parameters. *Acta Alimentaria*. 48(2): 213–220.
- Mironeasa, S., and G.G. Codină (2017). The mixolab rheological properties and dough microstructure of defatted mustard seed–wheat composite flours. *Journal of Food Processing and Preservation*. 41(5): 13130.
- Pahwa, A.; A. Kaur; and R. Puri (2016). Influence of hydrocolloids on the quality of major flat breads: A review. *Journal of Food Processing*.<https://doi.org/10.1155/2016/8750258>
- Ramadhan., H. J.; and J.M. Nasir (2017). Synergetic effect of enzymes treatment (transglutaminase and amylase) on some rheological properties for the Iraqi wheat flour of Al-Rasheed class. available online at <http://proceedings.sriweb.org>.
- Schramm, G. (2004). *A Practical Approach to Rheology and Rheometry* (2nd edition), Thermo Electron (Karlsruhe) GmbH, Karlsruhe, Germany, 291.
- Singh, N.; H.S. Gujral; M. Katyal; and B. Sharma (2019). Relationship of Mixolab characteristics with protein, pasting, dynamic and empirical rheological characteristics of flours from Indian wheat varieties with diverse grain hardness. *J Food Sci Technol*. 56(5): 2679–2686.
- Souza, P.M.; and P. Magalhães (2010). Application -amylase in industry - A review. *Brazilian Journal of microbial Microbiology*. 41(4): 850–861.
- Tang, M. C.; and L. Copeland (2007). Analysis of complexes between lipids and wheat starch. *Carbohydrate Polymers*, 67(1): 80-85.

- Xhabiri, G.Q.; N. Durmishi; X. Idrizi; I. Ferati; and I. Hoxha (2016). Rheological qualities of dough from mixture of flour and wheat bran and possible correlation between bra bender and mixolab Chopin equipments. *MOJ Food Process Technol.* 2(4): 121-128.
- Zhang, D.; T. Mu; and H. Sun (2017). Comparative study of the effect of starches from five different sources on the rheological properties of gluten-free model doughs. *Carbohydrate Polymers.* 176 : 345–355

Study of the Rheological Properties of Flour Produced From Some Varieties of Syrian Wheat and their Mixtures Using Mixolab

Rabab Saoud^{(1)*}, Ramez Mohammad⁽¹⁾ and Sanaa Sara⁽²⁾

(1). Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture , Tishreen University, Lattakia. Syria

(2). Department of Biology, Faculty of Science , Tishreen University, Lattakia. Syria

(*Corresponding author: Eng. Rabab Saoud. E-Mail: rabab.s.saoud.2019@gmail.com)

Received 10/12/2021 Accepted 20/03/2022

Abstract

The aim of the research is to study the rheological properties of flour extracted from four varieties of Syrian wheat at extraction rate 70% after mixing them with each other as follows: /Sham₄ - Shams – (Sham₄ and Shams) – (Sham₄ and Sham₇)- (Sham₈ and Shams) – (Sham₈ and Sham₇)/ Using the Mixlab device, the research was carried out in cooperation between the grain laboratory at the Faculty of Agriculture at Tishreen University and the grain laboratory in the General Organization for Trade, Storage and Processing of Grains, Latakia Branch during the period 2020- 2021, The results showed an increase in C₂ values in flour after adding 20% of durum wheat to the mixtures, and the highest value was in the flour (Sham₄ and Shams) 0.46 N. M⁻¹, C₃ values ranged between (1.59-1.82) N. M⁻¹, and the lowest value was in flour (Sham₄ and Sham₇) mixture, C₄ values ranged between (1.5-1.87) N. M⁻¹ and the lowest values were in Cham₈ and its mixtures, while C₅ values ranged between (3.03-3.36) N. M⁻¹, The results also showed an increase in the stability of dough by adding durum wheat to the mixtures, and the values ranged between 6 minutes in the flour of Cham₈ and 7.47 minutes in the flour of the mixture (Sham₄ and Shams), the water absorption values ranged between (55-57.03)% and the development time between (3.33-4.16) minutes, The results of the research showed that the flour of the mixture (Sham₄ and Shams) was the strongest flour among the studied samples, and the flour of Cham₄ variety was superior to the flour of Cham₈ in terms of rheological properties.

Keywords: durum wheat flour, soft wheat flour, rheological properties of Syrian wheat flour, mixolab.