The North African Journal of Scientific Publishing (NAJSP)
مجلة شمال إفريقيا للنشر العلمي (NAJSP)
E-ISSN: 2959-4820
Volume 3, Issue 1, January - March 2025
Page No: 147-161
Website: https://najsp.com/index.php/home/index
SJIFactor 2024: 5.49 معامل التأثير العربي (AIF) 2024: 0.71 ISI 2024: 0.696

تأثير إضافة دقيق فول الصويا على الخصائص الريولوجية لعجين دقيق القمح

ماجد نوري معيو[1]، إحميده الغراري الزقطاط[2*]، خالد محمد بن نصر[3]
[1]مركز البحوث الزراعية والحيوانية، طرابلس، ليبيا
[2]قسم علوم وتقنية الأغذية، كلية الزراعة، جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا
[3]قسم الإنتاج الحيواني، كلية الزراعة، جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا

Effect Of Adding Soybean Flour on The Rheological Properties of Wheat Flour Dough

Majed Nouri Maaew[1], Ahmeda Algarari Alzagtat[2*], Khaled Mohamed Ben Naser[3]
[1]Agricultural and Animal Research Center, Tripoli, Libya
[2]Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tripoli, Tripoli, Libya
[3]Department of Animal Production, Faculty of Agriculture, University of Tripoli, Libya

[*]Corresponding author a.alzagtat@uot.edu.ly [*]المؤلف المراسل
تاريخ النشر: 2025-03-11 تاريخ القبول: 2025-02-25 تاريخ الاستلام: 2025-01-03

الملخص
تهدف هذه الدراسة لتقييم الخصائص الريولوجية لعجين دقيق القمح المدعم بدقيق فول الصويا وتحديد أفضل النسب الملائمة لتحسين جودة وخصائص العجين. تم إضافة دقيق فول الصويا منزوع الدهن إلي دقيق القمح (المحلي، المستورد والخليط) كلاً على حدا عن طريق الاستبدال الجزئي بنسبة 0%، 5%، 10% و15% من وزن الدقيق. أظهرت نتائج الاختبارات الكيميائية إنخفاضاً معنوياً في النسبة المئوية للجلوتين الرطب والجاف كلما زادت نسبة الخلط بدقيق فول الصويا، حيث كانت عند نسبة إستبدال 10% (29.40% و9.31%) بالمقارنة مع عينة الشاهد التي بلغت (31.68% و10.18%) على التوالي. تبين من خلال نتائج دراسة الخصائص الريولوجية للدقيق المحلي، المستورد والخليط ارتفاع معنوي لبعض من هذه الخصائص فمثلاً عند نسبة إستبدال 10% ارتفعت امتصاصية الدقيق للماء من 56.60% (عينة الشاهد) إلى 57.56%، ازدادت قيمة زمن تطور العجين تدريجياً من 1.72 في النسبة 0% إلى 1.78 في نسبة إستبدال 10%. كما بينت النتائج إرتفاع في قيمة كل من C1 (كمية الماء الممتص للعجين) وC2 (ضعف قوة البروتين)، وإنخفضت قيمة كل من C3 التي تدل على (تجلتن النشا)، C4 (نشاط إنزيم الأميليز) وقيمة C5 (تراجع النشا). لذلك يتضح بأن الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بدقيق فول الصويا له مستقبل واعد لإنتاج عجين مناسب لصناعة الخبز وبعض منتجات المخابز.

الكلمات المفتاحية: دقيق فول الصويا، دقيق القمح، الخصائص الريولوجية، العجين.

Abstract
This study aims to evaluate the rheological properties of wheat flour dough enriched with soybean flour and determine the best appropriate ratios to improve the quality and properties of the dough. Defatted soybean flour was added to wheat flour (local, imported and blended) separately by partial replacement at 0%, 5%, 10% and 15%. The results of the chemical tests showed a significant decrease in the percentage of wet and dry gluten as the mixing ratio with soybean flour increased., at the 10% replacement ratio, it was (29.40% and 9.31%) compared to the control sample, which

amounted to (29.40% and 9.31%). 31.68% and 10.18%, respectively. The results of the study of the rheological properties of local, imported and mixture flour showed a significant increase in some of these properties. For example, at a 10% replacement ratio, the water absorption of the flour increased from 56.60% (control sample) to 57.56%, The value of the dough development time gradually increased from 1.72 in the 0% replacement ratio to 1.78 in the 10% replacement ratio. The results also showed an increase in the value of C1 (the amount of water absorbed by the dough), and the value of C2 (weakness of protein dough), and the value of C3 (starch gelatinization), C4 (amylase activity) and C5 (starch decline) decreased. Therefore, it is clear that partial replacement of wheat flour with soybean flour has a promising future for producing dough suitable for bread and some bakery products.

Keywords: Soybean flour, wheat flour, rheological properties, dough.

المقدمة

تمثل حبوب القمح المحصول الغذائي الاستراتيجي الأهم من الناحية الاقتصادية حيث تعتبر غذاءً رئيسياً لشعوب العالم وتدخل في تحضير كثير من الوجبات بعد طحنها كالخبز، والمعجنات، والمكرونة والكيك (صالح وآخرون، 2014). يستخدم القمح في معظم بلدان العالم في إنتاج الدقيق اللازم لصناعة الخبز والخبيز وغيره، حيث يعتبر الغذاء الرئيسي لمعظم المجتمعات البشرية. يعتبر القمح ذو قيمة تغذوية جيدة حيث يحتوي على أغلب العناصر التي يحتاجها الجسم، (Mepba وآخرون، 2007)، والجدول رقم (1) يبين التركيب الكيميائي لدقيق القمح. دعت منظمة الصحة العالمية World Health Organization (WHO) إلى توفير الغذاء الصحي المتكامل وخاصة الأغذية التي تُؤمن البروتين من مصادر غير تقليدية. لذلك نجد الحاجة الماسة إلى الاستعانة بالمحاصيل الزراعية المحتوية على البروتين النباتي وتحسينها وعمل الدراسات والأبحاث عن مدى ملاءمتها كغذاء صحي متكامل وذلك عن طريق تدعيم المنتجات الغذائية بها. لا يقتصر التدعيم على إضافة الفيتامينات والمعادن فقط، بل يحدث التدعيم بإضافة المواد البروتينية أيضاً، أن الاحتياجات اليومية من العناصر المغذية تختلف بحسب العمر، الجنس، النشاط الفيزيائي للجسم ووزن الجسم. استخدمت بعض المحاصيل الزراعية لإغناء العديد من المنتجات الغذائية وذلك بغرض تحسين قيمتها الغذائية مثل إضافة دقيق فول الصويا لبعض المنتجات الغذائية لزيادة نسبة البروتين والأحماض الأمينية الأساسية وخاصةً الليسين وبعض العناصر المعدنية (Milley وآخرون 2017).

يعتبر فول الصويا أحد أهم مصادر الإضافات للخبز، كونه من أهم المحاصيل الزيتية والبروتينية في العالم، حيث يعتبر غني ببعض الأحماض الأمينية الأساسية ومن أهمها اللايسين والذي يفتقر له دقيق القمح في هذا الحمض الأميني حيث يقدر محتوى فول الصويا من هذا الحمض 7.0غ/100غ بروتين، علماً بأن الاحتياجات اليومية للفرد من اللايسين كما حددته منظمتي الأغذية والزراعة والصحة العالمية هو 5.8 غ/100غ بروتين (FAO، 2020). كما أن بروتين الصويا يعادل حوالي أربع أضعاف محتوي القمح، وأربع أضعاف محتوي البيض و12 ضعف محتوى الحليب من هذا الحمض الأميني. إن عملية الإغناء بالمصادر البروتينية تشمل استخدام دقيق فول الصويا وكذلك بروتين الصويا المعزول لصناعة الخبز والبسكويت حيث يمكن أن ترفع نسبة البروتين في المنتج بمقدار 60 – 100% (Serrem وآخرون، 2010). يدعم هذا الرأي أيضاً Otegbayo وآخرون (2018) بشأن تشجيع تقنية إستعمال الدقيق المركب في مجال الصناعات الغذائية من أجل الإستغلال الإقتصادي الأمثل للمواد الخام في إنتاج منتجات غذائية عالية الجودة وغنية بالعناصر الغذائية المختلفة مثل الخبز والخبيز المضاف له دقيق الصويا.

تتمثل القيمة الغذائية لفول الصويا في إحتواء كل 100 غرام من فول الصويا على حوالي 466 كيلو سعر حراري، 40 غرام بروتين، 19 غرام دهون و26 غرام كربوهيدرات، إضافة إلى العديد من العناصر المعدنية منها البوتاسيوم 1797 مغ، الكالسيوم 277 مغ، فسفور 704 مغ، ماغنيسيوم 280 مغ، حديد 15.7 مغ، زنك 4.9 مغ و2 مغ من الصوديوم، ويتميز أيضاً بأنه يحتوي على معظم الأحماض الأمينية

الأساسية وهي فالين، لايسين، ليوسين، أيزو ليوسين، ثريونين، تربتوفان، ميثيونين وفينايل ألانين. بالإضافة إلى إحتوائه على معظم مجموعة فيتامينات ب المركب ومنها الثيامين والريبوفلافين والنياسين وحمض الفوليك إضافة الي فيتامين ج. أما من الناحية الصحية فقد ثبت أن تناول فول الصويا قد يحمي من حدوث الإصابة بداء الزهايمر، ولعل ذلك يرجع الي إحتواء البذور على مادة مشابهة للإستروجين تعرف بالإستروجينات النباتية (Phytoestrogens) وكذلك (Isoflavones)، وقد أظهرت الدراسات الحديثة أن لتلك المركبات دور هام في الوقاية والعلاج من العديد من الأمراض المزمنة كالأمراض الوعائية القلبية، والسرطانات، والسكري، وهشاشة العظام وتحسين الوظائف الإدراكية (الأميري وآخرون، 2009؛ Chen وآخرون، 2012؛ Urigacha، 2020). إضافة بعض من منتجات فول الصويا مثل حليب فول الصويا ودقيق فول الصويا بنسب مختلفة الى دقيق القمح يؤدي إلى تحسين الصفات الكيميائية والنوعية والريولوجية للمنتجات المختلفة كالخبز وغيره، حيث يزداد مستوى البروتين، الألياف، الرماد والعناصر المعدنية مثل الفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم إضافة الى تحسين في الطعم والرائحة المرغوبتين للمنتجات مع خواص شكلية مشابهة جيده وأكثر تقبلاً من قبل المستهلكين (غانم، 2018 ;جواد، 2010; Otegbayo وآخرون 2018 ; Taghdir وآخرون 2016). كذلك بإضافة الذرة والقمح وفول الصويا لتحسين الجودة التغذوية والحسية لمنتجات الخبيز والخبز تتحسن الخصائص الفيزيائية والكيميائية وبعض العناصر المعدنية والسعرات الحرارية والمغذيات المهمة للمستهلك (Daba Arinola & Akingbala;.2021 و 2022).

خبز فول الصويا له تأثير على مؤشر نسبة السكر في الدم، حيث إن الخبز العادي يحتوي على قيمة عالية لمؤشر السكر Glycemic index (GI) في الدم، لذلك فإن إغناء المنتجات الغذائية القائمة على الحبوب مع الحبوب الأخرى مثل فول الصويا الذي يحتوي على نسبة عالية من البروتين والألياف يحظى بإهتمام كبير في مجال البحث العلمي وتحسين أغذية مرضى السكر، بإعتبار أن فول الصويا يحتوي على واحدة من أدنى قيم المؤشر فـ2صجالجلايسيمي لجميع البقوليات (Haque وآخرون 2020). ظهرت مبررات الدراسة وفق التساؤلات التالية: إرتفاع سعر رغيف الخبز وخاصةً بعد رفع الدعم عن الدقيق، تَدني الجودة والقيمة الغذائية لرغيف الخبز ونُدرة الدراسات والبحوث المحلية حول إستخدام دقيق فول الصويا في إنتاج الخبز والخبيز. عليه تهدف هذه الدراسة إلى معرفة تأثير إضافة دقيق فول الصويا وتحديد أفضل النسب للحصول على مواصفات نوعية وحسية وريولوجية جيدة للعجين، ورفع القيمة الغذائية وخاصة من حيث البروتينات، الألياف والعناصر المعدنية وكذلك توازن أفضل للأحماض الأمينية وإمكانية تحسين الصفات الريولوجية والحسية لرغيف الخبز.

مواد وطرائق البحث

المواد (العينات)

أجريت هذه الدراسة على نوعين من دقيق القمح، فكانت العينة الأولى دقيق منتج محلياً تم الحصول عليها من أحد المطاحن بمدينة طرابلس، بينما كانت العينة الثانية دقيق مستورد تم الحصول عليه من الأسواق المحلية، والعينة الثالثة هي عبارة عن خليط بنسبة 50% من الدقيق المحلي و50% من الدقيق المستورد كما هي موضحة بالجدول رقم 1. أما مسحوق فول الصويا منزوع الدهن فقد تم الحصول عليه من الشركة الوطنية للمطاحن والأعلاف بمدينة طرابلس، جهزت العينات بقسم علوم وتقنية الأغذية / كلية الزراعة / جامعة طرابلس وأجريت الإختبارات بمركز الرقابة على الأغذية والأدوية فرع طرابلس.

طرائق البحث

أُجريت عملية تحضير دقيق مسحوق فول الصويا بمركز البحوث الزراعية والحيوانية/ فرع المنطقة الغربية بمدينة طرابلس وذلك بإجراء عملية تنظيف المسحوق وإزالة الشوائب والمواد الغريبة ومن ثم طحنه وغربلته بواسطة غربال سعة فتحاته 250 ميكروميتر وتعبئته وتخزينه في أكياس بلاستيكية لحين الإستعمال.

جدول 1: عدد ونوع عينات دقيق القمح المستبدل بدقيق فول الصويا المستخدمة في الدراسة.

عدد المكررات لكل عينة	رمز المعاملة	نسبة دقيق القمح %	نسبة إضافة دقيق فول الصويا منزوع الدهن %
3	A_o	100% محلي	%0
3	B_o	100% مستورد	%0
3	C_o	100% خليط 50:50	%0
3	A_5	%95	%5
3	B_5	%95	%5
3	C_5	%95	%5
3	A_{10}	%90	%10
3	B_{10}	%90	%10
3	C_{10}	%90	%10
3	A_{15}	%85	%15
3	B_{15}	%85	%15
3	C_{15}	%85	%15

- عدد عوامل دقيق القمح = 3.
- عدد عوامل الإضافة = 4.
- عدد المعاملات في الدراسة = (3) عوامل دقيق القمح × (4) عوامل الإضافة = 12 معاملة مختلفة (التداخل).
- عدد المكررات لكل معاملة = 3 مكررات.
- عدد العينات الكلية في التجربة = 12 (معاملة) × 3 (مكررات) = 36 عينة.

الإختبارات الريولوجية لعجينة الدقيق

تم دراسة الخصائص الريولوجية للدقيق والعجين عن طريق جهاز الميكسولاب (Mixolab) صنع شركة شوبان Chopin technologies الفرنسية. Mixolab عبارة عن جهاز لعملية خلط العجين يستخدم لقياس الخواص الريولوجية للعجينة الخاضعة للضغط المزدوج الناتج عن الخلط وتغيرات درجة الحرارة. فهو يقيس عزم الدوران (Nm) بالنيوتن متر الذي تنتجه العجينة بين شفرتي الخلط. يعتمد الاختبار على تحضير عينة عجين ثابتة الوزن ورطبة للحصول على القوام المستهدف خلال مراحل الاختبار في بروتوكول شوبان حيث يبلغ وزن عينة الدقيق 75 غرام والقوام المستهدف 1.1± 0.05 نيوتن متر وفق البرنامج الموضح بالجدول رقم 2. استخدمت الطرق الواردة مع بروتوكول دليل الجهاز، ومن أهم المعلومات والنتائج التي يتم الحصول عليها من هذا الجهاز هي قياس الخصائص الريولوجية للدقيق والعجين: نسبة إمتصاصية الدقيق للماء، ثباتية الدقيق والعجين، زمن تطور العجين، كمية الماء الممتص للعجين (C1)، ضعف البروتين (C2)، تجلتن النشا (C3)، نشاط إنزيم الأميليز (C4) وتراجع النشا (C5).

جدول 2: طريقة تقدير الخصائص الريولوجية للعجين وفق بروتوكول شركة شوبان (Chopin).

(بروتوكول شركة شوبانChopin)	
سرعة الخلط	80 دورة/ثانية
قوة العزم	1.10 نيوتن متر (Nm)
وزن العجين	75غ
درجة حرارة وعاء الجهاز	30 درجة مئوية
درجة الحرارة للخطوة الأولى	30 درجة مئوية
زمن للخطوة الأولى	8 دقائق
درجة الحرارة للخطوة الثانية	90 درجة مئوية

معدل الزيادة للحرارة في الخطوة الأولى	ة مئوية/دقيقة
درجة حرارة الخطوة الثانية	7 دقائق
معدل الانخفاض للحرارة في الخطوة الثانية	-4درجة مئوية/دقيقة
درجة حرارة الخطوة الثالثة	50 درجة مئوية
زمن للخطوة الثالثة	5 دقائق
الزمن الكلي للتحليل	45 دقيقة

تقدير الجلوتين الرطب والجاف

قدرت نسبة الجلوتين وفق الطريقة رقم (11-38) والمعتمدة من قبل الرابطة الأمريكية لكيميائي الحبوب American Association of Cereal Chemists (AACC، 2000). كما تم تجفيف الجلوتين الرطب في الفرن الكهربائي عند درجة حرارة 100±5 درجة مئوية لمدة ساعتين.

التحليل الإحصائي

أخذت القراءات والنتائج لجميع العينات لثلاث مكررات وتم التعبير عن النتائج بالمتوسطات مع الانحراف المعياري (±SD). صممت التجربة طبق التصميم العشوائي الكامل Complete Randomized Design (CRD) وأجري تحليل التباين والاختبارات الإحصائية باستعمال برنامج نظام التحليل الاحصائي Statistical Analysis System(SAS، 2002)، وأستخدم اختبار دانكن (Duncan) متعدد الحدود لتحديد معنوية الفروق بين متوسطات المعاملات المختلفة عند مستوى معنوية ≥ 0.01، واستخدام برنامج Microsoft Exile لتمثيل وعرض البيانات.

النتائج والمناقشة

الجلوتين الرطب والجاف Wet and Dry Gluten

الجلوتين هو الكتلة المتبقية بعد غسل العجينة يدوياً أو باستخدام جهاز غسل الجلوتين (Giutomatic Gluten Washer) وقُدرت كنسبة مئوية للجلوتين الرطب والجاف (جدول رقم 3). نسبة الجلوتين الرطب لعينات خلطات الدقيق الثلاثة تراوحت ما بين 27.79-31.68% أعلاها كانت لعينة الدقيق الشاهد (0%) وأقلها لعينة الدقيق المستبدل بنسبة 15%، سجلت نسبة الجلوتين الرطب 30.60%، 29.40% لكل من عينات الدقيق المستبدل عند نسبتي 5% و10% من دقيق فول الصويا على التوالي. تبين من خلال نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية ما بين العينات، حيث لوحظ انخفاض نسبة الجلوتين الرطب والجاف بزيادة نسبة الاستبدال عند مستوى احتمالية ≥ 0.01، ويرجع سبب الانخفاض لافتقار دقيق فول الصويا للبروتينات المكونة للجلوتين، فهو البروتين الرئيسي في دقيق القمح ويتكون من الجلوتين Glutenin والجليادين Gliadin، كما أن بروتين الجلوبيولين Globuline هو البروتين الرئيسي في فول الصويا ويقسم إلى نوعين رئيسيين هما الجلايسينين Glysinin والكونجلايسينين Conglysinin. النتائج المتحصل عليها اتفقت مع كلاً من (Dhingra وJood، 2004؛ Sana وآخرون، 2012؛ Zhang وآخرون، 2020). يعطي إختبار الجلوتين مؤشراً واضحاً على استخدامات الدقيق التصنيعية، من حيث تكوين الشبكة الجلوتينية وقدرته على الاحتفاظ بغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 المتكون بفعل نشاط الخميرة لإظهار حجم رغيف الخبز (Roccia وآخرون، 2009).

الخصائص الريولوجية للعجين Rheological Properties of Dough

تعتبر دراسة التغيرات في الخواص الريولوجية للعجائن باستخدام جهاز المكسولاب من الأهمية بمكان للتنبؤ بجودة المنتجات النهائية للعجين، كما يعتبر الاختلاف بين صفتي المطاطية واللزوجة للمعجنات من أهم العوامل المحددة لمراقبة جودة المعجنات، والهدف الأساسي من تقدير وقياس الصفات الريولوجية هو تحديد جودة وخصائص الدقيق وأصناف القمح المختلفة طبقاً لكفاءة أداء العجين. إن تحديد الصفات الريولوجية للعجين تعتبر ضرورية جداً وذلك من حيث توفر الوقت والجهد وتقييم خصائص العجين للحكم على جودة منتجات المخابز النهائية (Janssen وآخرون، 1996).

جدول 3: تأثير مستوى إضافة دقيق فول الصويا على المتوسط العام لنسبة الجلوتين الرطب والجاف لخلطات الدقيق الثلاثة

مستوى الإضافة (%) للمتوسط العام لخلطات الدقيق الثلاثة	نسبة الجلوتين (المتوسط ± SD)	
	نسبة الجلوتين الرطب (%)	نسبة الجلوتين الجاف (%)
%0	0.69±31.68 a	0.21±10.18 a
%5	0.50±30.60 b	0.59±9.64 b
%10	0.33±29.40 c	0.22±9.31 c
%15	0.56±27.79 d	0.36±8.91 d
الخطأ القياسي المشترك	0.085	0.080

- المتوسطات التي تحمل حروف متشابهة (a، b، c، d) في العمود الواحد لا توجد بينها فروق معنوية عند مستوى احتمالية ≥ 0.01

خصائص العجينة أثناء الخلط Dough Properties During Mixing

نسبة امتصاصية الماء Water Absorption

هي قدرة الدقيق على امتصاص كمية من الماء لتكوين العجينة مقدرة كنسبة مئوية باستخدام جهاز الفارينوجراف (Farinograph) للوصول بالمنحنى إلى خط 500 B.U وتقاس مباشرة من السحاحة المرفقة بجهاز الفارينوجراف (المواصفة القياسية الليبية رقم 2015/177 لدقيق القمح) كما يمكن استخدام جهاز المكسولاب لتحديد تلك الخاصية. تشير بيانات الجدول (4) إلى وجود فروق معنوية (P≤0.01) للمتوسطات الحسابية لمعدل امتصاص الدقيق للماء، حيث كانت نسبة الامتصاصية لعينة الدقيق الشاهد 56.60%، بينما إضافة دقيق فول الصويا أدت إلى زيادة طفيفة في نسبة الامتصاصية لعينات الدقيق فكانت أعلى نسبة امتصاصية 58.17% عند نسبة استبدال 15% لدقيق فول الصويا مقارنة بجميع أنواع الدقيق، بينما سجلت 56.98% و57.56% عند نسبتي 5% و10% دقيق فول الصويا على التوالي. كلما زادت امتصاصية الدقيق للماء زادت ثباتية العجين أثناء الخلط. لوحظ من خلال النتائج بأن جميع العينات مطابقة للمواصفة القياسية الليبية المذكورة سلفاً والتي تشير بأن لا تقل نسبة امتصاص الماء عن 55%. بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية ما بين عينة الشاهد وباقي عينات الدقيق المستبدل بدقيق فول الصويا ويرجع السبب وراء الزيادة الطفيفة في نسبة الامتصاصية لعينات الدقيق المستبدل لارتفاع نسبة البروتين ولاحتواء بروتين فول الصويا على مجاميع مستقطبة محبة للماء وهي مجاميع الهيدروكسيل (-OH) ومجاميع الكربوكسيل (-COO) على طول السلسلة الببتيدية للبروتين والتي تعمل على ربط كمية إضافية من الماء، وبذلك تزداد امتصاصية الماء عند إضافة دقيق فول الصويا إلي دقيق القمح مقارنة بعينة الشاهد وذلك قبل إضافة دقيق فول الصويا وهذه النتائج تتوافق مع كلا من (Yaseen وآخرون، 2009؛ جواد، 2010؛ Al-Zahrani، 2011؛ Sana وآخرون، 2012).

زمن ثباتية العجين Dough Stability Time

يشير الجدول رقم (4) إلى وجود فروق معنوية (P≤0.01) بين المتوسطات الحسابية لزمن ثباتية العجين لجميع خلطات الدقيق الثلاثة، إذ بلغ أعلى فرق معنوي في دقيق القمح المستبدل بنسبة 15% دقيق فول الصويا بزمن ثباتية بلغ 11.28 دقيقة، في حين انخفض في دقيق القمح الشاهد بزمن ثباتيه 9.71 دقيقة، بينما كان زمن الثابتية 10.07 دقيقة و10.77 دقيقة للدقيق المستبدل عند نسبتي استبدال 5% و10% دقيق فول الصويا على التوالي، وكلما كان زمن ثباتيه العجين أطول كلما كان الدقيق أقوى ومناسب جداً للعديد من منتجات الخبز والخبيز.

جدول 4: تأثير مستوى إضافة دقيق فول الصويا على المتوسط العام لصفات الريولوجية لخلطات الدقيق

مستوى الإضافة (%) للمتوسط العام لخلطات الدقيق الثلاثة	الصفات الريولوجية (المتوسط ± SD)		
	نسبة امتصاصية الدقيق للماء (%)	زمن ثباتيه العجين (دقيقة)	زمن تطور العجين (دقيقة)
%0	0.78±56.60 d	0.38±9.71 d	0.26±1.72 a
%5	0.53±56.98 c	0.26±10.07 c	0.30±1.56 a
%10	0.54±57.56 b	0.20±10.77 b	0.26±1.78 a
%15	0.52±58.17 a	0.12±11.28 a	0.26±1.72 a
الخطأ القياسي المشترك	0.094	0.100	0.087

المتوسطات التي تحمل حروف متشابهة (a، b، c، d) في العمود الواحد لا توجد بينها فروق معنوية عند مستوى احتمالية ≥ 0.01

حيث تبين أن جميع عينات الدقيق كانت مطابقة للمواصفة القياسية الليبية رقم 2015/177 لدقيق القمح والتي تشير إلى أن زمن الثبات للعجينة يجب ألا يقل عن 10 دقائق لدقيق الخبز باستثناء عينة الدقيق الشاهد والتي كانت غير مطابقة للمواصفة المذكورة. لوحظ من خلال نتائج التحليل الإحصائي زيادة معنوية بين عينة الشاهد وباقي عينات الدقيق المستبدل بدقيق فول الصويا كلما زادت نسبة الخلط، هذه الزيادة اتفقت مع ما وجده كل من (Janssen وآخرون، 1996؛ Brandner وآخرون، 2022) فيما يخص دقيق القمح إذ أشاروا إلى أن ارتفاع نسبة البروتين الكلي والجلوتين الرطب ترتبط طردياً مع ارتفاع ثباتيه العجينة وبالتالي قدرتها على تكوين شبكة جلوتينية قوية والاحتفاظ بغاز ثاني اكسيد الكربون أثناء عملية تجهيز وإنتاج الخبز. يمكن معرفة جودة الدقيق المستخدم في صناعة الخبز، الخبيز والمعجنات، وذلك لانخفاض محتواه من الجلوتين الرطب وانخفاض جودته التي لها دور كبير في رفع ثباتية واستقرار العجينة بالرغم من انخفاض محتواها البروتيني وخاصة عينة الشاهد الذي أظهرت انخفاض زمن ثباتية العجين وارتفاع محتواها من الجلوتين، والعكس من ذلك يمكن ملاحظته في عينات دقيق القمح المستبدل وخاصة عند نسبتي الاستبدال 10% و15% حيث ارتفع زمن ثباتية العجينة بارتفاع محتواها البروتيني، وبالتالي تكون مناسبة جداً لإنتاج الخبز وهذا يتوافق مع نتائج بحوث ودراسات كلاً من (Yaseen وآخرون، 2009؛ Sana وآخرون، 2012؛ Zhang وآخرون، 2020).

زمن تطور العجين Dough Development Time

يلاحظ من الجدول رقم (4) عدم وجود فروق معنوية بين المتوسط العام لزمن تطور العجين لخلطات دقيق القمح المحلي، المستورد والخليط، حيث تفوق دقيق القمح عند نسبة الاستبدال 10% بزمن نضج بلغ 1.78 دقيقة مقارنةً مع جميع أنواع الدقيق، في حين أظهرت عينة دقيق القمح الشاهد أدنى زمن نضج والذي بلغ 1.72 دقيقة وذلك قبل إضافة دقيق فول الصويا، بينما سجلت 1.56 دقيقة عند نسبة استبدال 5%. إن إضافة دقيق فول الصويا قد أدت إلى زيادة زمن تطور العجينة كلما زادت نسبة الاستبدال، فكان أعلى زمن عند نسبة 10% حتى الوصول إلى نسبة استبدال 15% والتي انخفضت مرة أخرى حيث بلغت 1.72 دقيقة إلا أن هذا الانخفاض يعتبر غير معنوي. انخفاض محتوى الجلوتين الرطب لدقيق القمح عند نسبة استبدال 15% انعكس سلباً على انخفاض فترة زمن تطور العجينة، وكلما كان زمن تطور العجين أطول كلما كان الدقيق أقوى. هذه النتائج اتفقت مع ما وجده كلاً من (Yaseen وآخرون، 2009؛ Al-Zahrani، 2011؛ Sana وآخرون، 2012).

خصائص العجن Dough Properties

تم دراسة الخصائص الريولوجية للعجين كمتوسط عام لخلطات دقيق القمح الثلاثة (محلي، مستورد وخليط)، عن طريق قياس كل من قيمة العزم (C1) والتي تدل على كمية الماء الممتص للعجين، (C2) التي تدل على ضعف البروتين، (C3) تجلتن النشا، (C4) نشاط إنزيم الأميليز و(C5) تراجع النشا، كما هي موضحة بالشكل رقم 1، 2، 3 باستخدام جهاز الميكسولاب Mixolab analysis.

كمية الماء الممتص Water Absorption (C1) وضعف البروتين Protein (C2) Weakening

من خلال بيانات الجدول رقم (5) عند إستبدال نسب مختلفة (0%، 5%، 10% و15%) من دقيق فول الصويا بدقيق القمح (محلي، مستورد وخليط) نجد أن قيمة C1 تزداد تدريجياً مع زيادة نسب الاستبدال بدقيق فول الصويا، ومن الملاحظ بأنه عند نسبة استبدال 15% بداءت قيمة C1 تنخفض ولكن هذا الإنخفاض غير معنوية، في حين وجد (Yaseen وآخرون، 2009؛ Sana وآخرون، 2012) بأن كمية الماء الممتص تزداد مع زيادة نسبة الاستبدال بدقيق فول الصويا بالإضافة إلي زيادة زمن ثباتية العجين، حيث أنه كلما كان زمن مقاومة وتطور العجين أطول كلما كان القيق أجود وأقوى، وذلك يرجع لمجاميع الهيدروكسيل الموجودة في دقيق فول الصويا والتي تسمح بربط جزئيات الماء وبالتالي يزداد تماسك العجين وثباتها. هذه النتائج والتفسيرات تتوافق أيضاً مع العديد من الدراسات التي قام بها كل من (Roccia وآخرون، 2009؛ Banu وآخرون، 2012؛ مصري وعبد الحميد، 2017) على أنواع مختلفة من الألياف واستبدالها بدقيق القمح في إنتاج الخبز. أما قيمة C2 نجد بأنها وبشكل عام تزداد تدريجياً مع زيادة نسبة الاستبدال كما هو موضح بالأشكال رقم 1، 2، 3 ويرجع ذلك إلى أنه مع زيادة نسبة الاستبدال بدقيق فول الصويا تزداد كمية الماء الممتص وبالتالي تزداد لزوجة العجين وبالتالي ضعف البروتين. هذه النتائج تتوافق مع نتائج كلاً من (مصري وعبد الحميد، 2017) اللذان وجدا بأنه عند زيادة نسبة نخالة الدقيق من 3% إلى 30%، زادت قيمة C2 من 0.39 إلى 0.46 Nm على التوالي، كذلك تتوافق مع نتائج التقييم الإحصائي حيث نلاحظ وجود فرق معنوي لنسب الاستبدال المختلفة على قيمة C2 للعجين الناتج عند استخدام دقيق فول الصويا.

تجلتن النشا Starch Gelatinization (C3) ونشاط إنزيم الأميليز Amylase (C4) Activity

نلاحظ من خلال الجدول رقم (6) ان قيم تجلتن النشأ (C3) تنخفض تدريجياً مع زيادة نسب الاستبدال، كما أن قيم إنزيم الأميليز (C4) تنخفض أيضاً تدريجياً مع زيادة نسب الاستبدال وذلك لانخفاض نسبة النشا كمتوسط عام بسبب استبدال جزء من خلطات دقيق القمح الثلاثة (محلي، مستورد وخليط) بدقيق فول الصويا (الأشكال 1، 2، 3). حيث ان تكسير أوهضم جزء من النشا بواسطة إنزيم ألفا أميليز إلى جلوكوز ومالتوز ودكسترينات مختلفة وهي مطلوبة لعمل الخميرة في عملية التخمر لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون وبالتالي تعطي حجم المنتج، وزيادة نشاط إنزيم ألفا أميليز يؤدي إلى زيادة ليونة العجينة وضعف قوتها والتي يترتب عليها انخفاض صفات الخبز المنتج. هذه النتائج تتوافق مع ما وجده كل من (Banu وآخرون، 2012؛ مصري وعبد الحميد، 2017؛ Ungureanu-Iuga وآخرون، 2021؛ Brandner وآخرون، 2022). وأيضا نلاحظ وجود فروق معنوية لنسب الاستبدال في قيم كل من C3 وC4 للعجين عند استخدام دقيق فول الصويا.

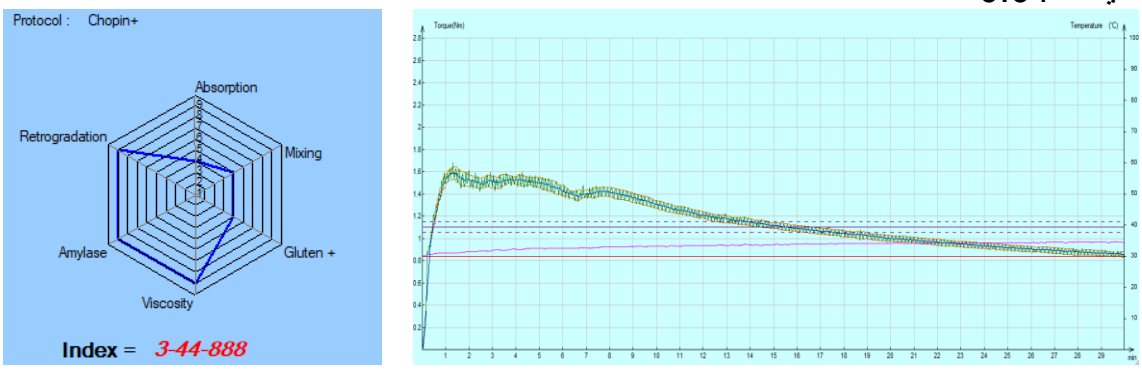
تراجع أو تبلور النشا Starch Retrogradation (C5)

نلاحظ من خلال الجدول رقم (7) ان قيمة C5 والتي تدل على تبلور أو تراجع النشا خلال مرحلة التبريد حيث أنها انخفضت تدريجياً مع زيادة نسب الاستبدال، أي أن إضافة دقيق فول الصويا يؤدي لزيادة فترة صلاحية المنتج (البيات) بسبب زيادة نسبة الألياف وتبلور وتراجع النشأ كما هي موضحة بالأشكال رقم 1، 2، 3. هذه النتائج تتوافق مع ما ذكره كل من (Banu وآخرون، 2012؛ مصري وعبد الحميد، 2017) عندما أضاف نخالة القمح بنسب متعددة إلى دقيق القمح حيث انخفضت قيمة C5 إي تراجع النشأ مع زيادة نسبة الاستبدال.

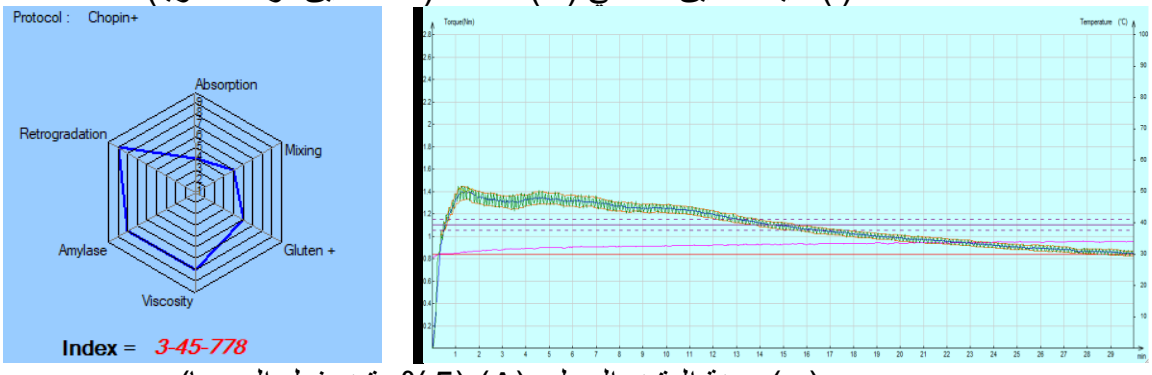
جدول 5: تأثير مستوى إضافة دقيق فول الصويا على المتوسط العام لكمية الماء الممتص للعجين وضعف البروتين لخلطات الدقيق الثلاثة

	الصفات الريولوجية (المتوسط ± SD)						
	كمية الماء الممتص للعجين (C1)			ضعف البروتين (C2)			
	الزمن (دقيقة)	عزم الدوران (Nm)	درجة حرارة العجين	الزمن (دقيقة)	عزم الدوران (Nm)	درجة حرارة العجين	
%0	0.11±1.35 b	0.11±1.16 a	0.71±30.09 bc	16.49 c 0.30±	0.06±0.52 b	55.59 c 0.79±	
%5	1.47 b 0.14±	0.05±1.17 a	0.48±29.38 c	0.29±16.92 bc	0.05±0.52 b	1.50±57.55 b	
%10	3.29±3.52 b	1.19 a 0.04±	1.01±30.82 b	0.37±17.05 b	0.03±0.57 a	1.50±58.98 ab	
%15	0.44±8.16 a	1.16 a 0.09±	0.68±31.88 a	0.47±17.62 a	0.04±0.57 a	1.91±60.08 a	
الخطأ القياسي المشترك	0.738	0.017	0.319	0.157	0.006	0.491	

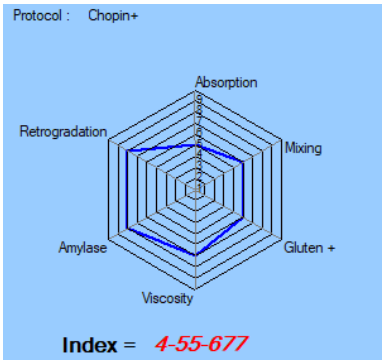
- المتوسطات التي تحمل حروف متشابهة (a، b، c) في العمود الواحد لا توجد بينها فروق معنوية عند مستوى احتمالية ≥ 0.01

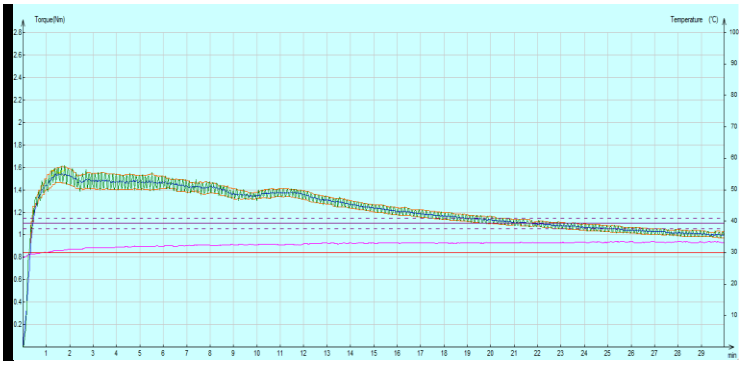


(ا) عينة الدقيق المحلي (A) الشاهد (0% دقيق فول الصويا)

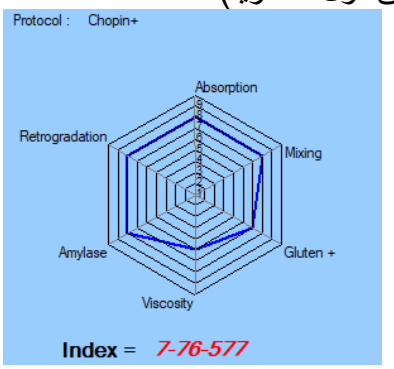


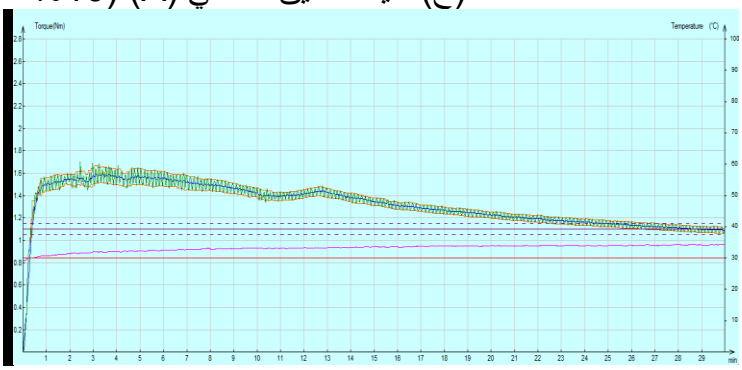
(ب) عينة الدقيق المحلي (A) (5% دقيق فول الصويا)





(ج) عينة الدقيق المحلي (A) (10% دقيق فول الصويا)





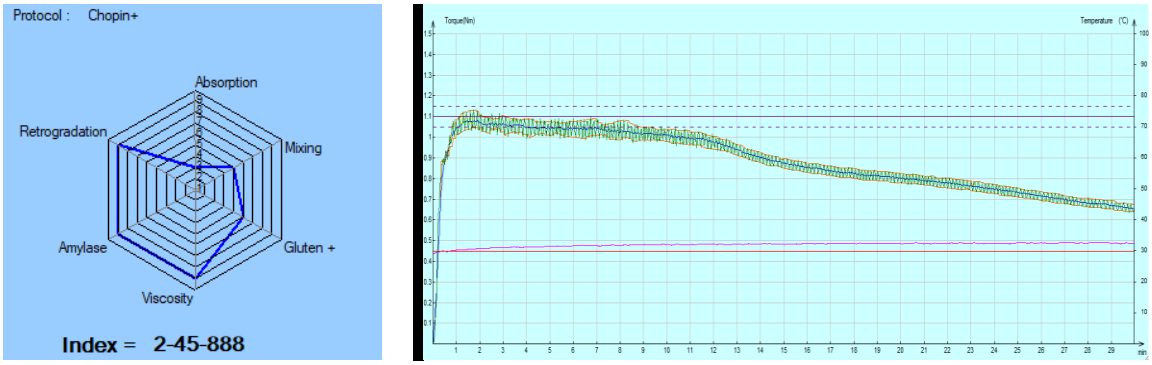
(د) عينة الدقيق المحلي (A) (15% دقيق فول الصويا)

شكل 1: نتائج جهاز الميكسولاب لعينات دقيق القمح المحلي (A)

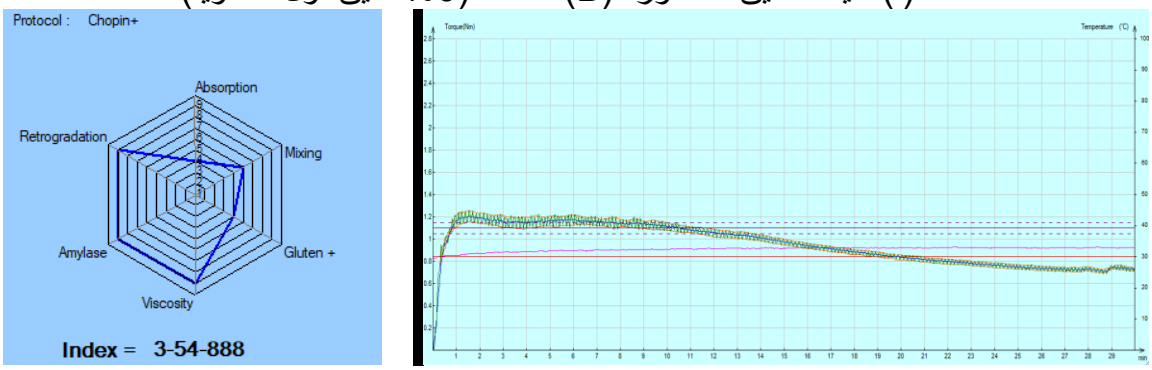
جدول 6: تأثير مستوى إضافة دقيق فول الصويا على المتوسط العام لتراجع النشا لخلطات الدقيق الثلاثة.

مستوى الإضافة (%) للمتوسط العام لخلطات الدقيق الثلاثة	الصفات الريولوجية (المتوسط ± SD)					
	تجلتن النشا (C3)			نشاط إنزيم الأميليز (C4)		
	الزمن (دقيقة)	عزم الدوران (N/m)	درجة حرارة العجين °س	الزمن (دقيقة)	عزم الدوران (N/m)	درجة حرارة العجين °س
%0	24.30 a 0.50±	2.12 a 0.07±	81.90 a 1.37±	28.49 b 0.61±	2.06 a 0.06±	87.51 b 1.28±
%5	24.42 a 0.55±	2.05 b 0.09±	82.12 a 1.44±	30.43 a 1.24±	1.97 b 0.12±	88.60 ab 0.85±
%10	24.27 a 0.53±	±2.05 b 0.10	82.75 a 1.59±	31.18 a 0.19±	1.95 b 0.13±	88.90 a 1.09±
%15	24.17 a 0.38±	1.98 c 0.11±	81.90 a 2.11±	30.73 a 0.92±	1.84 c 0.14±	88.68 ab 1.24±
الخطأ القياسي المشترك	0.167	0.013	0.728	0.291	0.015	0.416

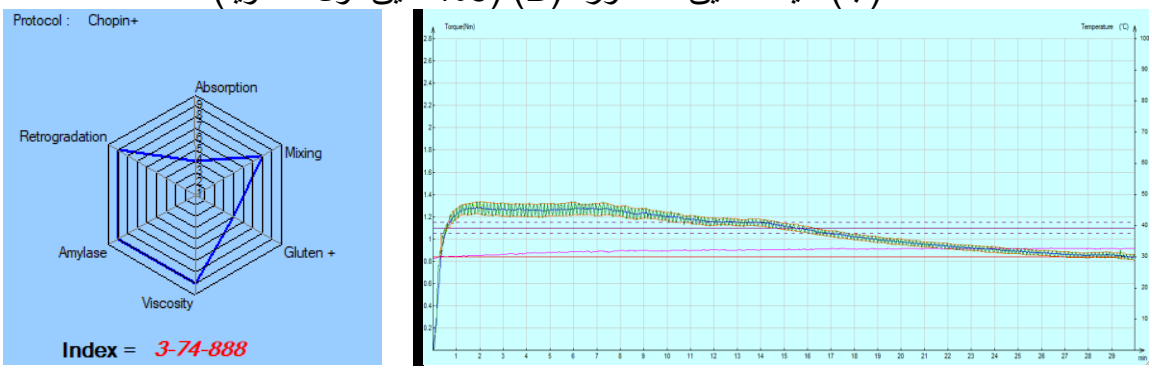
المتوسطات التي تحمل حروف متشابهة (a، b، c) في العمود الواحد لا توجد بينها فروق معنوية عند مستوى إحتمالية ≥ 0.01



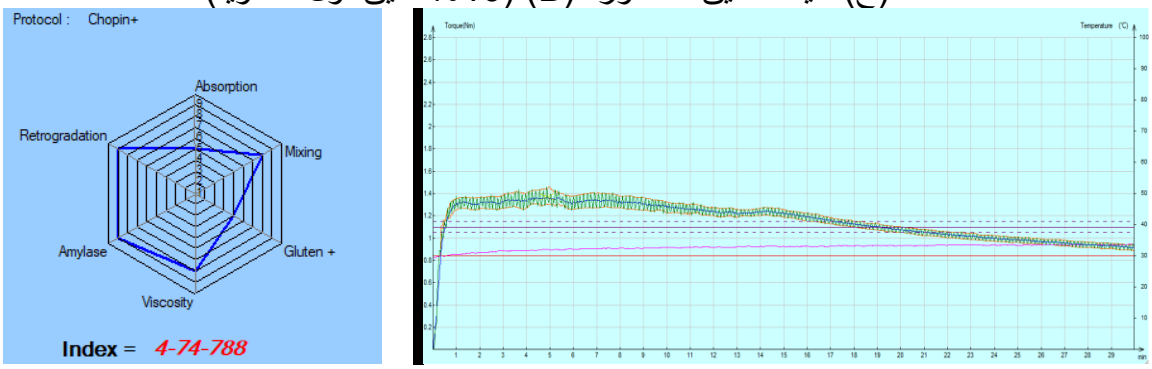
(ا) عينة الدقيق المستورد (B) الشاهد (0% دقيق فول الصويا)



(ب) عينة الدقيق المستورد (B) (5% دقيق فول الصويا)

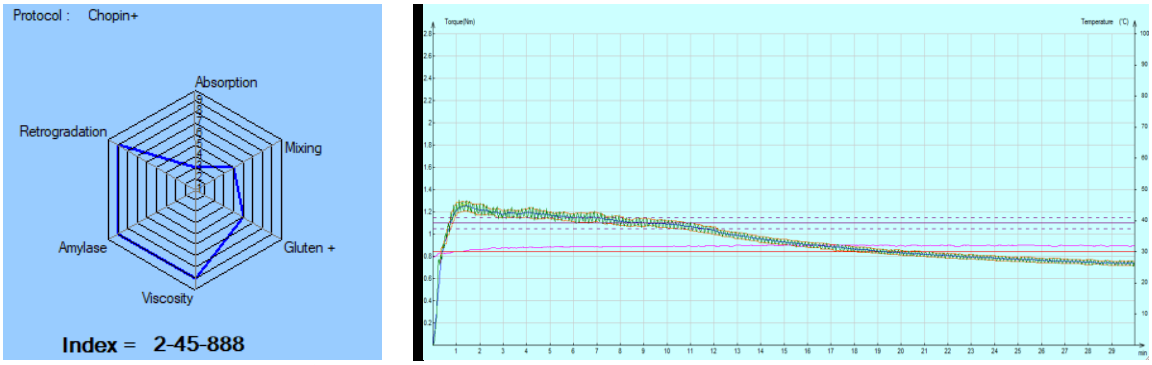


(ج) عينة الدقيق المستورد (B) (10% دقيق فول الصويا)

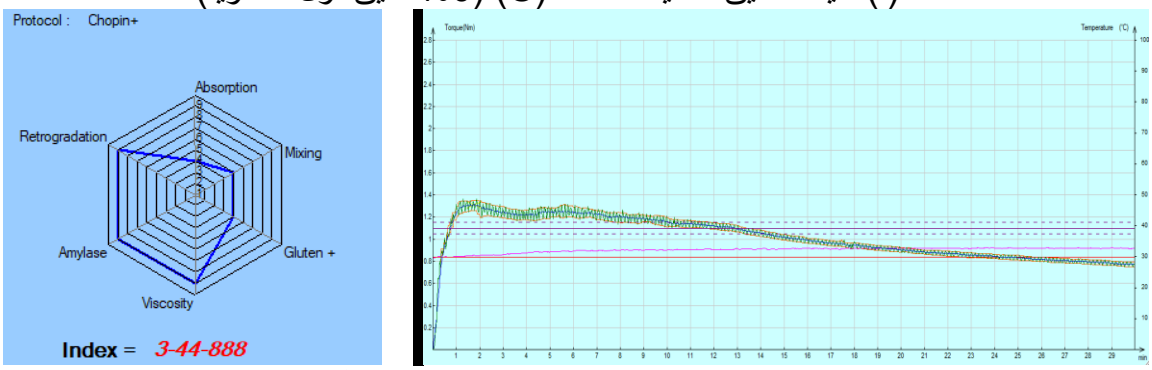


(د) عينة الدقيق المستورد (B) (15% دقيق فول الصويا)

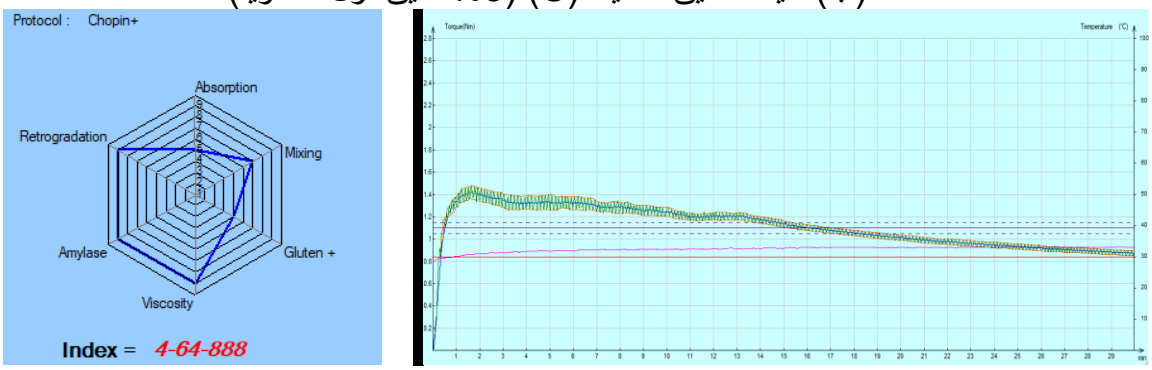
شكل 2: نتائج جهاز الميكسولاب لعينات دقيق القمح المستورد (B).



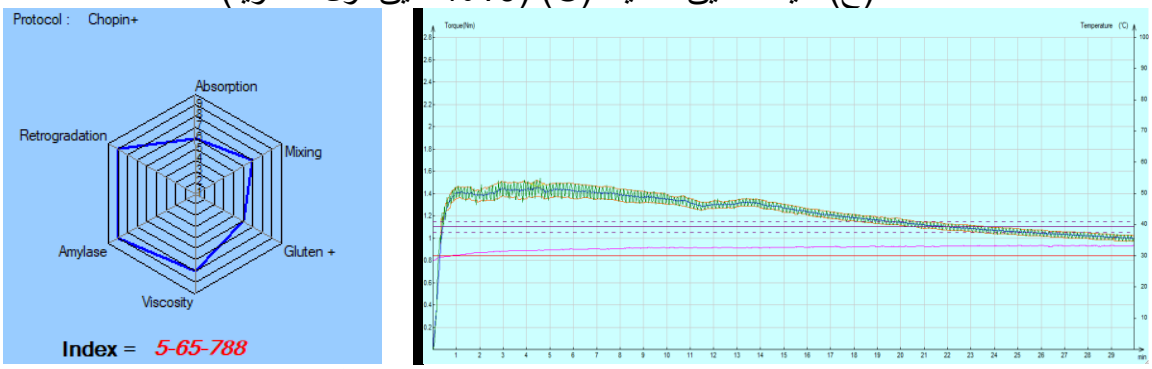
(ا) عينة الدقيق الخليط الشاهد (C) (0% دقيق فول الصويا)



(ب) عينة الدقيق الخليط (C) (5% دقيق فول الصويا)



(ج) عينة الدقيق الخليط (C) (10% دقيق فول الصويا)



(د) عينة الدقيق الخليط (C) (15% دقيق فول الصويا)

شكل 3: نتائج جهاز الميكسولاب لعينات دقيق القمح الخليط (C).

خاتمة

نتيجة لإستبدال دقيق فول الصويا بدقيق القمح بنسب مختلفة (0%، 5%، 10%، 15%)، إتضح إنخفاض نسبة الجلوتين الرطب والجاف بزيادة نسبة الإستبدال، ويرجع سبب الإنخفاض لافتقار دقيق فول الصويا للبروتينات المكونة للجلوتين وهي الجلوتنين Glutenin والجليادين Gliadin المتواجدين بدقيق القمح، كما أن بروتين الجلوبيولين Globuline وهو البروتين الرئيسي بفول الصويا والذي يقسم إلى نوعين رئيسيين هما الجلايسينين Glysinin والكونجلايسينين Conglysinin، حيث نتج عن ذلك تحسين الخصائص الريولوجية للدقيق وخاصة بنسبة 10% فمثلاً ازداد عزم الدوران لكمية إمتصاص الماء للعجين (C1) من Nm1.16 إلى Nm1.19 لعينة الشاهد (0%) وعينة 10%، أما ضعف البروتين (C2) فازداد من 0.52 إلى 0.57 وتجلتن النشأ (C3) إنخفض من 2.12 إلى 2.05 كما إنخفض أيضاً نشاط إنزيم الأميليز (C4) من 2.06 إلى 1.95 وكذلك إنخفض تراجع النشأ (C5) من 3.74 إلى 3.16 جميعها على التوالي. وبذلك تحسن ثباتيه العجين، مرونة العجين وزمن تطور العجين وهذا يجعل من الأهمية بمكان ضرورة إستبدال جزئي لدقيق القمح بدقيق فول الصويا بنسب 10% لتحسين جودة وخواص منتجات الخبز والخبيز.

المراجع

1. الأميري، عامر؛ عزيز، جاسم محمد واقديم، بشير (2009) التركيب الكيميائي لبذور بعض أصناف فول الصويا Glycine max وإمكانية استعمالها في تصنيع أغذية الأطفال الحبوبية المساعدة. مجلة ام سلمة للعلوم، 6(1): 86-98.
2. جواد، شاكر محمود. (2010). استخدام طحين فول الصويا منزوع الدهن في انتاج خبز التنور العراقي. مجلة جامعة كربلاء العلمية، 8(2): 82-87.
3. صالح، احمد عماد؛ العبد الله، بيان ياسين والنزال، احمد اسماعيل. (2014). دراسة صفات حفظ الخبز والنوعية الميكروبية للطحين والخبز المنتج في قضاء تكريت. مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية، 14(2): 222-240.
4. مصري، محمد؛ عبد الحميد، عبير عبد الملك. 2017). تأثير إضافة مصادر مختلفة من الألياف في خصائص الجودة للخبز الأوروبي (الصمون). المجلة الأردنية في العلوم الزراعية، 12(3): 931-947.
5. A.A.C.C. (2000). Approved Methods, 8th ed., American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, U.S.A.
6. Al-Zahrani, A.S. (2011). Fortification of some bakery products with defatted soy flour. Journal Food and Dairy Science, Mansoura University, 2(3): 115-122.
7. Arinola, S.O. and Akingbala, J.O. (2022). Effects of soy flour on the quality attributes of gluten free bread produced from breadfruit flour. Croatian Journal of Food Science and Technology, 14(1): 116-123.
8. Banu, I.; Stoenescu, S.; Ionescu, V.S. and Aprodu, I. (2012). Effect of the addition of wheat bran stream on dough rheology and bread quality. Food Technology, 36 (1): 39-52.
9. Brandner, S.; Becker, T. and Jekle, M. (2022). Gluten-starch interface characteristics and wheat dough rheology-Insights from hybrid artificial systems. Journal Food Science. 87: 1375-1385.
10. Chen, K.I.; Erh, M.H.; Su, N.W.; Liu, W.H.; Chou, C.C. and Cheng, K.C. (2012). Soy foods and soybean products: from traditional use to modern applications. Applied Microbiology and Biotechnology, 96: 9-22.

11. Daba, M. (2021). Determination of maize-wheat-soybean blending Ratio for improved nutritional and process quality of bread in selected zones of Oromia, Ethiopia. International Journal of Science, Technology and Society, 9(3): 119-126.
12. Dhingra, S. and Jood, S. (2004). Effect of flour blending on functional, baking and organoleptic characteristics of bread. International Journal of Food Science and Technology, 39: 213-222.
13. Food and Agriculture Organization. FAO (2020). Production quantities of soybeans by country. [online] available at: http:// www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize [Accessed 18 April. 2020].
14. Haque, M.M.; Hossain, M.A.; Uddin zim, A.F.; Abdulaziz, M. and Hoque, M.A. (2020). Quality analysis of soy bread and its effects on glycemic index. Current Research in Nutrition and Food Science Technology, 8(1): 79-87.
15. Janssen, A.M.; van Vliet, T. and Vereijken, J.M. (1996). Rheological behavior of wheat glutens at small and large deformations. Journal of Cereal Science. 23(1): 19-31.
16. Mepba, H.D.; Eboh, L. and Nwaojigwa, S.U. (2007). Chemical composition, functional and baking properties of wheat-plantain composite flours. African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development, 7(1): 1-22.
17. Milley, M.A.; Forrest Faison, C.; Dana, M.G.; O'Keefe, G.B. and Ediger, M. A. (2017). Nutrition and menu standards for human performance optimization. Departments of the Army, the Navy, and the Air Force Washington, USA. pp. 1-20.
18. Otegbayo, B.O.; Gerez, C.L.; Iturriaga, L.B. and Taranto, M.P. (2018). Soybean sourdough as bio-ingredients to enhances physical and functional properties of wheat bakery products. Advance Journal of Food Science and Technology, 13(4): 161-169.
19. Roccia, P.; Ribotta, P.D.; Perez, G.T. and Leon, A.E. (2009). Influence of soy protein on rheological properties and water retention capacity of wheat gluten. Food Science and Technology, 42: 358-362.
20. Sana, M.; Xhabiri, G.; Seferi, E. and Sinani, A. (2012). Influence of soy flour in baked products. Albanian Journal Agricultural Sciences, 11(4): 255-259.
21. Serrem, C.A.; De Kock, H.L. and Taylor, J.N. (2010). Nutritional quality, sensory quality and consumer acceptability of sorghum and bread wheat biscuits fortified with defatted soy flour. International Journal of Food Science and Technology, 46(1): 74-83.
22. Statistical Analysis System (SAS). (2002). SAS Version 9.00. SAS Institute In., Cary, NC, USA.

23. Taghdir, M.; Mazloomi, S.M.; Honar, N.; Sepandi, M.; Ashourpour, M. and Salehi, M. (2016). Effect of soy flour on nutritional, physicochemical, and sensory characteristics of gluten-free bread. Wiley Food Science and Nutrition, 5(3): 1-7.
24. Ungureanu-Iuga, M.; Atudorei, D.; Codină, G. G. and Mironeasa, S. (2021). Rheological Approaches of Wheat Flour Dough Enriched with Germinated Soybean and Lentil. Journal Applied Sciences, 11: 1-22.
25. Urigacha, S.D. (2020). The effect of wheat, tef and soybean flours blending ratio and baking temperature on nutritional quality of bread. International Journal of Food Science and Biotechnology, 5(4): 72-82.
26. Yaseen, A.A.; Shouk, A.A. and Abousalem, F.M. (2009). Effect of okara addition on bread quality. Journal Agricultural Science Mansoura University, 34(12): 11147-11155.
27. Zhang, Y.; Guo, X.; Shi, C. and Ren, C. (2020). Effect of soy proteins on characteristics of dough and gluten. Food Chemistry, 318: 1-9.