
تحسين الخصائص الريولوجية والتصنيعية لدقيق القمح عن طريق الإحلال الجزئي بنسب مختلفة من دقيق الشعير

* صلاح علي الهليل

■ الملخص

تأثير إضافة نسب مختلفة من دقيق الشعير المنتج من صنف الشعير المحلي والمعروف باسم ريحان (Rihane) على بعض الخصائص الريولوجية المهمة في صناعة الخبز مع دقيق القمح المستخدم في صناعة الخبز محلياً والنتائج من خليط من القمح الكندي والأوكراني قد تم تناولها خلال هذه الدراسة. نتائج الاختبارات الكيميائية الأولية لبعض العناصر الهامة (الرطوبة، البروتين، الدهن، الرماد والألياف) أشارت لتفوق دقيق الشعير على نظيره المنتج من دقيق القمح في محتواه من كافة العناصر المذكورة. نسبة الاستبدال بدقيق الشعير كانت 5، 15، 25 و35 % كان لها تأثير في رفع قيمة زمن الوصول لخط 500B.U، وقت النضوج للعجينة وكذلك معدل العجن الحرج ارتفع وفق بيانات منحني الفارينوجرام، قيم غاز التخمر المقاسة بجهاز الفرمنتوجراف زادت بزيادة نسبة الخلط بدقيق الشعير، ومن جهة أخرى انخفضت كل من درجة حرارة الجلطنة واللزوجة القصوى لعينات الدقيق المستبدل جزئياً بدقيق الشعير (الدقيق المركب) وفق نتائج منحني الاميلوجرام. نسبة الامتصاص للماء والثابتية (الاستقرارية) المقاسة بجهاز الفارينوجراف انخفضت في الدقيق المركب بمقارنتها مع الدقيق الشاهد، كذلك انخفضت قيم المطاطية والمساحة تحت المنحنى المقدرة باستخدام جهاز الاكستنسوجراف لعجائن دقيق الدقيق المركب.

الخصائص الحسية تأثرت بشدة، حيث انخفضت درجة اللون، النكهة، طراوة اللب، الحجم والقبول العام بشكل معنوي بزيادة نسبة الاستبدال بدقيق الشعير. أوضحت الدراسة ان نسبة الاستبدال بدقيق الشعير تعتبر مقبولة في حدود 5 - 15 % ، أعلى من هذه النسبة تكون النتائج سلبية على الخصائص الريولوجية لدقيق القمح.

● الكلمات المفتاحية: دقيق القمح، دقيق الشعير، الخصائص الريولوجية

■ المقدمة

تحتل الحبوب الغذائية ومنتجاتها أهمية كبرى ومكانة أساسية في وجبة الإنسان اليومية في جميع أرجاء العالم على حد سواء وإن اختلفت طرق إعدادها، حيث يترجع القمح على قمة هرم الإنتاج العالمي من بين المحاصيل الأخرى ويرجع ذلك لسهولة إنتاجه ورخص ثمن المنتجات المصنعة منه بالإضافة لاحتوائه على معظم الاحتياجات التغذوية اليومية (Knuckles et al, 1997). دقيق القمح والمنتجات المصنعة من عجائنه تعتبر ذات قيمة غذائية منخفضة نوعاً ما وخصوصاً عند استخدام الدقيق التجاري ذي نسبة الاستخلاص 72 % وهو ما يعرف بالدقيق الفاخر، يمكن تحسين القيمة الغذائية لتلك المنتجات من خلال زيادة نسبة الاستخلاص، كما يمكن استخدام بروتينات بعض البقوليات، البروتينات الزيتية ومطحون الحبوب الأخرى لزيادة القيمة الغذائية لدقيق القمح ومنتجاته الخبزية المتنوعة (Kahlon et al, 1993). محصول نبات الشعير يعتبر من محاصيل الحبوب ذات الأهمية الاقتصادية، حيث يحتل المرتبة الرابعة من حيث أهميته العالمية بعد محاصيل كل من الأرز والذرة (Panozzo et al., 1991). ترجع أهمية محصول حبوب الشعير لإمكانية زراعته في بيئات مختلفة إذ يعتبر من المحاصيل المقاومة للملوحة والجفاف، بالرغم من أهميته الصحية والتصنيعية إلا إن استخداماته في معظم أرجاء العالم لازالت مقتصرة على إنتاج الأعلاف الحيوانية بالدرجة الأولى، بعض دول الشرق الأوسط وافريقيا تستخدم الشعير كغذاء مباشر للإنسان إلى جانب استخدامه كعلف للحيوان وهذا قد يرجع بشكل أساسي لأسباب اقتصادية وليس لأهمية الشعير ومكوناته من الناحية الصحية (Bhatty 1981م).

الاهتمام بتطوير صناعة منتجات حبوب الشعير ازداد بشكل ملحوظ خلال السنوات الأخيرة نتيجة الظروف الاقتصادية وارتفاع سعر حبوب القمح وكذلك زيادة الوعي

الصحي من حيث أهمية هذه الحبوب لعلاج العديد من الأمراض وخصوصاً أمراض المعدة وتصلب الشرايين لاحتواء الشعير على نسب عالية من الألياف الغذائية الذائبة وغير الذائبة مثل البيتا جلوكون التي تعمل على خفض نسبة الكوليسترول الضار في الدم وكذلك خفض نسبة جلوكون الدم وأيضاً تقليل الإصابة بالتهابات القولون (الجبوري، 2011). طرق الاستفادة من مطحون الشعير في أغلب الصناعات تعتمد طريقة الخلط الجزئي مع دقيق القمح وهي طريقة أصبحت شائعة لمعظم أنواع الحبوب وقد حققت تحسينات ملحوظة من حيث القيمة الغذائية والتصنيعية. الدراسة الحالية هدفت في الأساس للاستفادة من الخصائص الغذائية لدقيق الشعير من خلال إنتاج دقيق مركب والذي هو عبارة عن خليط ما بين دقيق القمح ودقيق الشعير بحيث يضاف الأخير بنسب مختلفة مع دقيق القمح ومن ثم دراسة تأثير إضافة تلك النسب على القيمة الغذائية والخصائص التصنيعية من خلال دراسة تأثيرها على بعض الخصائص الريولوجية الهامة في صناعة الخبز.

■ مواد البحث وطرائقه

● تحضير العينات للدراسة

استخدم صنف الدقيق المحلي والمستخلص من صنف الأقماح الطرية (Triticum aesteivum) بنسبة استخلاص 72%. بالنسبة لحبوب الشعير من صنف ريحان تم الحصول عليه من مركز البحوث الزراعية بمدينة البيضاء وتم طحنه بواسطة الطاحونة العملية من طراز بوهلر وفق الطريقة القياسية المنصوص عليها (AACC, 2000) رقم (29 - 26)، ومن ثم استخدم منخل بقطر 8XXX للحصول على دقيق ناعم، جُمعت عينات دقيق الشعير وحفظت في الثلاجة داخل أكياس من البولي ايثيلين على درجة حرارة $7 \pm 2^\circ$ م لحين إجراء الاختبارات المطلوبة. تمت إضافته لدقيق القمح عن طريق الاستبدال الجزئي بنسبة 5، 15، 25 و 35% من الوزن الكلي لعينة دقيق القمح.

■ الطرائق:

● الطرق الفيزيوكيميائية

الاختبارات الفيزيوكيميائية بالنسبة لعينات الدقيق وكذلك البسكويت قُدرت باستخدام الطرق المعتمدة من قبل الجمعية الأمريكية لكيميائي الحبوب (AACC, 2000). النسبة المئوية للرطوبة قُدرت باستخدام جهاز Rapid Moisture Tester على درجة حرارة 130° م

وفق الطريقة القياسية (AACC, 2000) رقم 44 - 15A، النسبة المئوية للرماد تم تقديرها باستخدام الطريقة رقم 08 - 01، النسبة المئوية للبروتين الكلي تم تقديرها بواسطة طريقة كداهل Crud - Protein - Improved Kjeidahl رقم 46 - 10، النسبة المئوية للدهون كانت باستخدام جهاز سوكلت الطريقة القياسية (AACC, 2000) رقم 10 - 40، أما النسبة المئوية للألياف الخام أجريت وفق الطريقة القياسية الموصوفة (AACC, 2000) رقم 30 - 10. ضغط غاز الخميرة تم تقديره باستخدام جهاز الفرمنتوجراف وفق الطريقة القياسية الموصوفة (AACC, 2000).

■ الاختبارات الريولوجية

اختبارات الفارينوجراف لتقدير نسبة الامتصاص، زمن الوصول، زمن تطور العجينة، زمن الاستقرار للعجينة، زمن المغادرة ومعامل العجن الحرج فقد تمت وفق الطريقة المعتمدة من قبل AACC رقم 22 - 54 (AACC, 2000) باستخدام حوض الخلط سعة 300 جرام. استخدم جهاز الاكستنسوجراف لتقدير خاصية مقاومة الشد، خاصية المرونة والمطاطية وفق الطريقة المعتمدة من قبل AACC رقم 10 - 45 (AACC, 2000) للزوجة القصوى والتي هي عبارة عن أقصى قمة للمنحني مقدرة على أساس وحدات برايندر قبل أن يبدأ في التراجع، وكذلك تم تقدير درجة حرارة الجلطة تم تقديرها باستخدام جهاز الاميلوجراف وفق الطريقة المعتمدة بواسطة (AACC, 2000) وذلك من خلال وزن 60جم من الدقيق ومن ثم خلطه مع 450 مل من الماء المقطر، المخلوط تم مزجه بشكل جيد حتى زالت منه جميع التكتلات، ومن ثم نُقل إلى حوض جهاز الأميلوجراف المضبوط على درجة حرارة 25°م وتم تسخينه إلى درجة 95°م على معدل 1.5 دقيقة، ثم التثبيت على هذه الدرجة لمدة 15 دقيقة وبعد ذلك تم تبريدها إلى درجة 50°م على نفس المعدل.

■ صناعة الخبز

الخبز تم إعداده باستخدام الطريقة المستمرة ذات المرحلة الواحدة Straight dough Method طبقاً لما ورد في (AACC, 2000)، المكونات الرئيسية هي دقيق القمح، ملح 1.4 %، خميرة جافة نشطة 0.75 % وماء. عمليات الخلط تمت باستخدام جهاز Kg Mixing 40 bowel، درجة حرارة الماء كانت 22 ± 2°م، درجة الحرارة الأولية للخلط والدقيق كانت 22.5 و 23°م على التوالي. عملية العجن تمت باستخدام عجان من نوع Kemper ST 15 على

سرعتين مختلفتين لمدة 7 دقائق (2 دقيقة على سرعة بطيئة + 5 دقائق على سرعة عالية) حتى وصلت درجة حرارة العجينة إلى ما بين $24 - 26^{\circ}\text{C}$. بعد عملية الخلط تركت العجينة لتتخمّر لمدة 15 دقيقة على درجة حرارة الغرفة $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ، بعد عملية التخمير الأولية، قُطعت العجينة إلى قطع متساوية حوالي 150 ± 2 جم ومن ثم تشكيلها وفقاً للحجم الملائم. عملية الخبز تمت باستخدام الفرن الكهربائي Amono Dx oven 145 - 104T1 على درجة حرارة 225°C لمدة 20 دقيقة.

اختبار قياس حجم الخبز: أجري هذا الاختبار بقياس حجم بذور اللفت المزاحة باستخدام الطريقة القياسية رقم 10 - 10 وفق (AACC, 2000)، حيث ملئ قالب قياس الحجم ببذور اللفت إلى السطح العلوي ثم تمت تسويته بواسطة المسطرة، وضعت بذور اللفت في مخبار مدرج لمعرفة حجم بذور اللفت الذي شكل الحجم الكلي لقالب القياس، ومن ثم وضع رغيف الخبز في قالب القياس وغطي ببذور اللفت مع تسوية السطح العلوي بواسطة المسطرة، وأخيراً قياس حجم بذور اللفت المتبقية في المخبار والتي تمثل حجم الرغيف.

قياس ارتفاع الرغيف: قيس حجم الرغيف بعد أن تم تقطيعه لشرائح طولية عند أقصى ارتفاع في المنتصف، وسجل الارتفاع بالسنتيمتر باستخدام القدم ذات الورنية (عبد الرازق وحامد، 2016)

الحجم النوعي للرغيف: تم الحصول على هذه القيمة من خلال قسمة حجم الرغيف على وزنه.

■ الاختبارات الحسية:

أجريت الاختبارات الحسية لعينات الخبز وفق الطريقة التي وصفها (Kulp et al, 1985) باستخدام 9 محكمين مدربين وذوي خبرة في مجال التقييم الحسي. استخدم مقياس غير مُدرج طوله 15 سم (Anette K Thybo, 2005) لإجراء عملية التقييم للخصائص الحسية المدروسة.

■ التحليل الإحصائي

معظم البيانات كانت متوسطات لعدد 5 مكررات، استخدم التصميم العشوائي الكامل (CRD) باستخدام (General Linear Model GLM) ثم أُتبع باختبار Tukey لتحديد الفروق المعنوية ما بين المتوسطات مستوى ثقة 5% ($P \leq 0.05$)، تلك الاختبارات أجريت عن

طريق البرنامج الإحصائي Minitab 16. الجداول والرسومات البيانية أنجزت باستخدام برنامج (Microsoft Excel 2010) ..

■ النتائج والمناقشة

● الخصائص الفزيوكيميائية لدقيق القمح ودقيق الشعير

أظهرت نتائج الاختبارات الكيميائية لعينات دقيق القمح ودقيق الشعير والمبينة بالشكل (1) إن نسبة الرطوبة لدقيق الشعير كانت 11.59 % ، بينما سجل دقيق القمح رطوبة مقدارها 9.35 % ، حيث يرجع الارتفاع المسجل لدقيق الشعير لعمليات التكيف التي تسبق عملية الطحن. نسبة البروتين كانت مختلفة ما بين كل من دقيق القمح ودقيق الشعير حيث سجل الأخير نسبة بروتين 13.39 % بينما سجل دقيق القمح نسبة بروتين 11.87 % ، حيث إن نسبة البروتين هي ما يحدد الاستخدامات الممكنة للدقيق المنتج (Macritchie,1984).

نسبة الدهن لكل من دقيق القمح ودقيق الشعير كانت متباينة، حيث سجل دقيق الشعير نسبة أعلى من دقيق القمح كما هو مبين في الشكل (1) وقد يرجع سبب انخفاض نسبة الدهن لدقيق القمح مقارنة مع دقيق الشعير لنسبة الاستخلاص 72 % التي تعرض لها دقيق القمح مقارنة بدقيق الشعير، حيث إن الدهن بالنسبة لحبة القمح يتركز في الجنين والذي يتم نزعها أثناء خطوات الطحن لتجنب تعرض الدقيق لعمليات الأكسدة أو مهاجمته من بعض أنواع الانزيمات المحللة للدهن وبذلك تتخفض نسبة الدهن في دقيق القمح (Henry 1996). نسبة الرماد لعينة دقيق الشعير كانت 2.11 % بينما كانت في دقيق القمح 0.72 % ، نتائج اختبار نسبة الرماد كانت متوافقة مع نتائج دراسة كل (Kahlon et al. 1993؛ الجبوري، 2001) حيث أكدت كل منهما على أن نسبة الرماد بشكل عام تعتمد على نسبة الاستخلاص والتي أيضاً انعكست على نسبة الألياف حيث سجلت عينات دقيق الشعير ارتفاعاً ملحوظاً مقارنة مع عينات دقيق القمح.

تأثير الخلط الجزئي لدقيق القمح بدقيق الشعير على الخصائص الريولوجية للعجين نتائج الاختبارات الريولوجية باستخدام جهاز الفارينوجراف والموضحة بالجدول (1)، أظهرت أن الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بنسب مختلفة من دقيق الشعير كان له تأثير معنوي على بعض الخصائص المدروسة، نسبة الامتصاص والتي هي عبارة عن كمية الماء اللازمة أو التي يحتاجها مخلوط الدقيق (العجينة) للوصول بمنحنى الفارينوجرام لخط B.U 500. انخفضت بشكل تدريجي مع زيادة نسبة الخلط بدقيق الشعير حيث سجل الدقيق

الشاهد غير المحتوي على أي نسبة من دقيق الشعير أعلى نسبة امتصاص 64.29 % . بينما سجل الدقيق المركب ذو نسبة الخلط 35 % بدقيق الشعير 61.97 % ، هذا الانخفاض التدريجي لنسبة الامتصاص قد يعزى لنوعية البروتين، النشأ، طريقة الطحن، درجة نعومة الدقيق و نسبة الجلوتين، كل تلك العوامل لها تأثير في زيادة نسبة الامتصاص حتى يتمكن الدقيق من تأسيس الشبكة الجلوتينية (Hoseny, 1986)، الحدود المثلى للامتصاصية بالنسبة لدقيق القمح تتراوح ما بين 60.1 – 69.7 % ، وفي حال تغير نسبة الجلوتين بإضافة أنواع أخرى من البروتينات أو النشأ والدهن فإن ذلك يؤدي في كثير من الأحيان لخفض نسبة امتصاصية الدقيق للماء وهذا ما حصل بالتحديد في هذه الدراسة عند الخلط بنسب مختلفة من دقيق الشعير وكذلك توافق مع ما أكده العابدي (1995).

اختبار زمن الوصول، عبارة عن الزمن بالدقيقة لوصول منحنى الفارينوجرام لخط 500B.U بعد تشغيل الخلاط وإضافة الماء وهو يتأثر بشكل كبير بنسبة الجلوتين، فسرعة تكون الشبكة الجلوتينية تؤدي لسرعة وصول العجينة للقوام المطلوب (Chung,1986)، ومن خلال الجدول رقم (1) نلاحظ .

جدول (1) الخصائص الريولوجية لدقيق القمح الصافي ودقيق القمح المستبدل جزئياً بدقيق الشعير

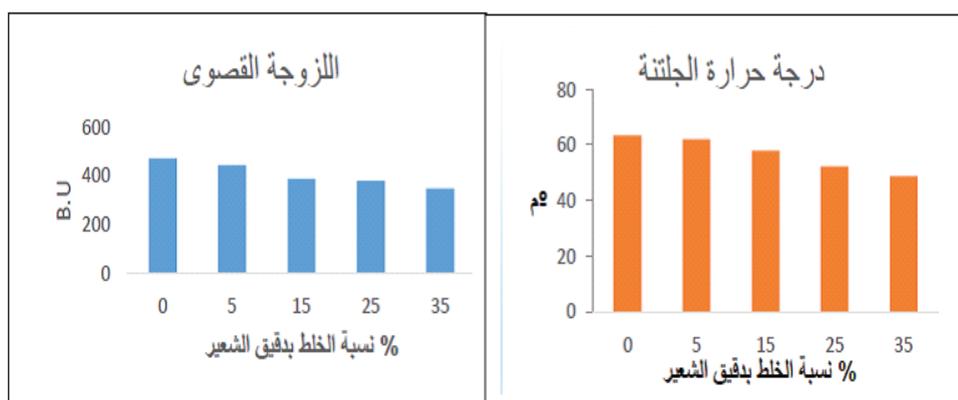
معامل العجن الحرج (BU)	زمن المغادرة (دقيقة)	زمن الاستقرار للعجينة (دقيقة)	زمن تطور العجينة (دقيقة)	زمن الوصول (دقيقة)	نسبة امتصاص الماء	نسبة الاستبد البدقيق الشعير	العينة
37.61 ^d	10.84 ^a	8.29 ^a	3.47 ^d	1.96 ^c	64.29 ^a	0	دقيق القمح (الشاهد)
40.61 ^d	10.30 ^a	7.27 ^a	4.37 ^c	3.19 ^b	64.12 ^a	5	دقيق مركب 1
66.40 ^c	8.60 ^b	4.14 ^b	4.82 ^{bc}	3.71 ^{ab}	63.82 ^a	15	دقيق مركب 2
81.61 ^b	8.11 ^b	4.27 ^b	5.45 ^b	4.21 ^a	63.17 ^{ab}	25	دقيق مركب 3
93.81 ^a	6.91 ^c	3.61 ^b	6.92 ^a	4.47 ^a	61.97 ^b	35	دقيق مركب 4

المتوسطات التي تشترك في حرف واحد في كل صف على حدة لا يوجد بينها فروق معنوية ($P \leq 0.05$)

إن زمن الوصول لدقيق القمح الشاهد استغرق 1.9 دقيقة، أما أنواع الدقيق المركب الأخرى ذات النسب المختلفة من دقيق الشعير تراوحت ما بين 3.19 - 4.47 دقيقة، هذه النتائج كانت متقاربة ومتوافقة مع نتائج دراسة كل من (الجبوري، 2011؛ عبدالرازق و حامد، 2016)، ارتفاع زمن الوصول للعجائن المحتوية على نسب مختلفة من دقيق الشعير على نسبة عالية من الألياف التي تحتفظ بالماء وتعيق بروتين الجلوتين للوصول قوام والذي يترتب عليه ضعف في الشبكة المتكونة (العابدين، 1995). تطور أو نضج العجينة يعتبر مؤشراً على اكتمال تكون الشبكة الجلوتينية والتي تتطلب إعادة هيكلة الأواصر ثنائية الكبريت الناشئة في الأساس من اتحاد كل من بروتين الجلوتينين والجليادين عن طريق الحامض الأميني السيستئين حتى الوصول للتجانس التام ما بين مكونات العجينة (Chung, 1986)، من خلال الجدول (1) نلاحظ أن زمن تطور العجينة يزداد مع زيادة نسبة الخلط أو الاستبدال بدقيق الشعير، حيث سجل الدقيق المركب 3 ذو نسبة الخلط 35 % بدقيق الشعير 6.92 دقيقة والتي تعتبر معنوية ($P \leq 0.05$) مقارنة مع الدقيق الشاهد وأنواع الدقيق المركب الأخرى، أقل زمن تطور للعجين سجله دقيق القمح الصافي بزمن 3.47 دقيقة والذي كان منخفض بشكل معنوي مقارنة مع بقية أنواع الدقيق المركب الأخرى. ارتفاع زمن التطور للعجينة يعود أساساً لعاملين أساسيين، الأولى هي عملية التخفيف الحاصل لنسبة أو تركيز الجلوتين في العينة والذي يترتب عليه زيادة في الزمن اللازم لحدوث التجانس لكامل مكونات العجينة، العامل الثاني يرجع لقدرة جزئيات الشعير على تقليل الماء المتاح والمطلوب لاكمال الخلط والتجانس بسبب مكوناتها المحبة للماء (Zvonko, 2005؛ الجبوري، 2011). زمن الاستقرار هو قدرة العجينة على الاستقرار والثبات على خط 500B.U، من خلال النتائج المتحصل عليها لعينات الدقيق المركب والمخلوط بنسب مختلفة من دقيق الشعير لوحظ وجود علاقة عكسية بين نسبة الاستقرار ونسبة الخلط بدقيق الشعير حيث إنه كلما زادت النسبة انخفض زمن الاستقرار، من خلال الجدول (1) نلاحظ ان دقيق الشاهد سجل أعلى زمن استقرار 8.29 دقيقة يليه الدقيق المركب بنسبة خلط 5 % دقيق شعير بزمن 7.27 دقيقة، بالرغم ان الاختلاف بينهما لم يكن معنوياً ($P \leq 0.05$) إلا إنه كان معنوياً مع باقي عينات الدراسة، انخفاض زمن الاستقرار والذي يعكس القوة لعجائن الدقيق المركب يرجع لانخفاض نسبة الجلوتين، هذه النتائج كانت متوافقة مع نتائج دراسة كل من الجبوري، 2011 و Hardeep 2005 ،

نتائج زمن الاستقرار تعكس بدورها زمن مغادرة العجينة لخط 500B.U، بمعنى أن العينات التي سجلت أقل زمن استقرار ذاتها سجلت أقل زمن مغادرة ويرجع السبب أيضاً لضعف الشبكة الجلوتينية الناتج عن تخفيف تركيز الجلوتين.

اختبارات الاميلوجراف والتي تضمنت قياس درجة حرارة الجلتنة واللزوجة القصوى شكل (2) (أ، ب) أشارت لوجود اختلافات معنوية ($P \leq 0.05$) ما بين عينة الشاهد وعينات الدقيق المركب ما عدا عينة الدقيق ذات نسبة الخلط 5%. أعلى درجة حرارة للجلتنة (شكل 3، أ) سجلها دقيق الشاهد حيث بلغت 63.45° ، بينما أقل درجة حرارة للجلتنة كانت 48.70° م سجلها الدقيق المركب ذو نسبة الخلط 35% بدقيق الشعير، هذا الاختلاف المعنوي يرجع في الأساس لطبيعة التركيب البلوري لحبيبات النشا لكل من دقيق القمح ودقيق الشعير، حيث إن للتركيب البلوري أهمية كبيرة في تحديد درجة حرارة الجلتنة فكلما كان التركيب البلوري أكثر انتظاماً احتاج لطاقة أكبر لحدوث عملية التشرب واكتمال عملية التهلم وخصوصاً مع مركب الأميلوز الذي له دور كبير في هذه تحديد درجة حرارة التهلم لأنه من المركبات المسؤولة عن العشوائية في حبات النشا (Morrison, 1994; Weber, 1973). اللزوجة القصوى (شكل 2، ب) لعينة الدقيق الشاهد سجلت اختلافاً معنويًا مع باقي عينات الدقيق المركب، حيث سجل الدقيق الشاهد أعلى لزوجة قصوى مقدارها 741B.U بينما سجل الدقيق المركب



شكل (2): تأثير الخلط بنسب من دقيق الشعير على درجة حرارة الجلتنة (أ) واللزوجة القصوى (ب) للعجينة

بنسبة 35% دقيق شعير لزوجة قصوى مقدارها B.U 348، هذه النتائج مخالفة لنتائج كل من (Sumner et al, 1985; Bhatti, 1986 والجبوري، 2011)، ويعزى ذلك إلى أن اللزوجة القصوى للعجينة تعتمد على نشاط إنزيمات الأميليز بنوعها ألفا وبيتا، وإن هذا النشاط يتأثر بالظروف البيئية والتخزينية للدقيق (Burkus and Temelli, 2005)، وبشكل عام فإن الانزيمات تواجدتها في حبوب الشعير أكثر منه في حبوب القمح وأن الشعير يعتبر احد مصادر الإنزيم الرئيسية وخصوصاً في حالة الشعير المنبت (Morris et al., 2014).

اختبار الاكستتسوجراف لقياس كل من خاصية المطاطية، المرونة وقوة العجينة على فترات راحة مختلفة 45، 90 و 135 دقيقة كما هو مبين بالجدول (2) أوضحت ان أنواع الدقيق المخلوط بنسب مختلفة من دقيق الشعير قد سجل أقل مطاطية مقارنة بدقيق الشاهد وخصوصاً خلال فترات الراحة 90 و 35 دقيقة، هذا الانخفاض المعنوي الملحوظ يرجع أساساً لضعف الشبكة الجلوتينية نتيجة التخفيف الحاصل لمركب الجلوتين بدقيق الشعير، وهذا التأثير يتجلى بوضوح مع ارتفاع نسبة الخلط بدقيق الشعير، وقد يرجع السبب أيضاً لانخفاض نسبة الماء المتاح بسبب امتصاصها من خلال مكونات دقيق الشعير، كذلك زيادة النشاط لانزيمات البروتينيز في دقيق الشعير الذي يعمل على خفض المقاومة خلال فترات الراحة (Panozzo et al, 1991)، بشكل عام فإن ارتفاع المطاطية عن الحدود المثلى يُعد مؤشر على عدم صلاحية الدقيق لصناعة الخبز (Azizi, 2004)، كذلك من الملحوظ خلال الجدول (2) تفاوت قيم نسب المقاومة/ المطاطية خلال فترات الراحة، هذه النسب تعكس التوازن في كل من المطاطية والمرونة المناسبة للعجينة لتكون ملائمة لصناعة الخبز، حيث وجد أن نسبة 2 : 4 هي الأفضل وفي حال انخفضت عن هذه النسبة يكون العجين مائلاً للسيولة بسبب ارتفاع نشاط انزيمات ألفا وبيتا اميليز، وفي حال ارتفعت النسبة عن 4 تكون العجينة متصلبة (Bhatti, 1986)، هذه النتائج كانت على توافق مع نتائج (الجبوري، 2011)، قوة العجينة والتي تمثلها المساحة تحت المنحنى والتي تقاس بوحدة (سم²) تعكس المحصلة لكل من المرونة والمطاطية فكلما كانت المساحة أكبر كانت العجينة أقوى وهذا يرتبط بشكل أساسي بكمية ونوعية الجلوتين في العجينة (عبدالرازق و حامد، 2016)، من خلال النتائج بالجدول (2) نلاحظ أن

المساحة انخفضت بزيادة نسبة الاستبدال بدقيق الشعير وخصوصاً خلال فترة الراحة 90 - 135 دقيقة مقارنة بدقيق الشاهد إلا في حالة الدقيق المركب ذي نسبة الاستبدال 5 و 15 % في فترة الراحة 45 دقيقة فقد سجل 123.67 و 126.67 سم² على التوالي مقارنة بدقيق الشاهد الذي سجل 94.33 سم².

اختبار الفرمنتوجراف، أظهرت نتائج ضغط الغاز الناتج من تخمر العجينة (النتائج غير مدرجة) ان الضغط يزداد بشكل تدريجي كلما زادت نسبة الاستبدال بدقيق الشعير وهذه الزيادة ملحوظة خلال أزمنة التخمر المدروسة 15، 30، 40، 45، 60، 75، 90، 105، 120، 135، 150 و 165 دقيقة مقارنة مع الدقيق الشاهد. أعلى نسبة لضغط الغاز سجله الدقيق المركب 35 % حيث كانت قيمته 21.82 سم²/زئبق عند زمن تخمر 165 دقيقة والذي كان مختلفا بشكل معنوي ($P \leq 0.05$) مع الدقيق الشاهد الذي سجل ضغط غار مقداره 17.57 سم²/زئبق، بالرغم من أن جميع عينات الدقيق المركب بنسب مختلفة من دقيق الشعير قد سجلت أعلى قيمة من الضغط مقارنة مع ما سجله دقيق الشاهد إلا إن حجم الخبز كان أكبر في حالة الدقيق الشاهد والسبب يرجع لمتانة وجودة بناء الشبكة الجلوتينية، حيث يعتبر بروتين الجلوتين هو المسؤول الرئيسي عن احتجاز الغاز الناتج من الخميرة من خلال الشبكة التي يكونها والتي بدورها تعمل على زيادة حجم الخبز الناتج (Burkus and Temelli, 2005).

الاختبارات الطبيعية

وزن الخبز، الوزن النوعي وحجم الخبز، تعتبر من أهم الخصائص أو الصفات الطبيعية التي يعتمد عليها لتقييم جودة الخبز، نتائج الاختبارات لتلك الصفات والموضحة بالجدول (3) تشير إلى أن الخبز المنتج من دقيق القمح غير المحتوي على أي نسبة من دقيق الشعير (الشاهد) قد تفوق على عينات الخبز المحتوية على نسب مختلفة من دقيق الشعير وخاصة في خاصية الحجم والسبب الرئيسي في ذلك هو احتواؤه على أعلى نسبة من الجلوتين مقارنة مع باقي العينات المركبة والتي حدث فيها تخفيف لنسبة الجلوتين نتيجة الخلط بنسب من دقيق الشعير.

جدول (2): تأثير نسبة الاستبدال بدقيق الشعير وفترات الراحة على بعض الخصائص الريولوجية المقاسة بجهاز الاكستنسوجراف.

المساحة	المطاطية/مقاومة المطاطية	مقاومة المطاطية	المطاطية	فترة الراحة	نسبة الاستبدال بدقيق الشعير	العينة
سم ³		B.U	ملم	دقيقة	%	
94.33 ^b	2.61 ^b	375.3 ^a	144.0 ^b		0	دقيق القمح (الشاهد)
123.67 ^a	1.68 ^b	320.7 ^b	190.7 ^a		5	دقيق مركب 1
126.67 ^a	0.73 ^c	139.7 ^c	191.3 ^a	45.00	15	دقيق مركب 2
22.00 ^c	1.67 ^b	124.3 ^c	74.67 ^c		25	دقيق مركب 3
12.67 ^d	0.72 ^c	43.3 ^d	61.7 ^d		35	دقيق مركب 4
113.83 ^a	3.64 ^a	516.5 ^a	142.5 ^a		0	دقيق القمح (الشاهد)
78.83 ^{ab}	1.75 ^b	272.3 ^b	156.8 ^a		5	دقيق مركب 1
79.50 ^{abc}	0.91 ^{bc}	111.2 ^c	133.7 ^a	90.00	15	دقيق مركب 2
19.33 ^{bc}	1.34 ^{bc}	93.8 ^c	68.8 ^b		25	دقيق مركب 3
10.33 ^c	0.66 ^c	36.3 ^c	54.7 ^b		35	دقيق مركب 4
123.1 ^a	5.54 ^a	692.7 ^a	125.1 ^a		0	دقيق القمح (الشاهد)
18.33 ^b	1.35 ^b	140.7 ^b	104.0 ^b		5	دقيق مركب 1
12.01 ^c	0.88 ^c	54.1 ^c	61.3 ^c	135.00	15	دقيق مركب 2
10.10 ^{cd}	0.72 ^{cd}	37.7 ^d	53.1 ^d		25	دقيق مركب 3
6.33 ^d	0.47 ^d	19.3 ^c	41.3 ^c		35	دقيق مركب 4

المتوسطات التي تشترك في حرف واحد في كل صف على حدة لا يوجد بينها فروق معنوية ($P \leq 0.05$)

جدول (3): تأثير نسبة الاستبدال بنسب مختلفة من دقيق الشعير على بعض الخصائص الطبيعية للخبز

العينة	نسبة الاستبدال بدقيق الشعير	حجم الخبز	وزن الخبز	الحجم النوعي
	%	ملم	جم	
دقيق القمح (الشاهد)	0	452.4 ^a	138.6 ^a	3.42 ^a
دقيق مركب 1	5	392.6 ^b	140.8 ^a	3.12 ^b
دقيق مركب 2	15	364.2 ^b	139.8 ^a	2.69 ^c
دقيق مركب 3	25	312.4 ^c	139.0 ^a	2.37 ^d
دقيق مركب 4	35	275.8 ^c	141.2 ^a	2.14 ^d

المتوسطات التي تشترك في حرف واحد في كل صف على حدة لا يوجد بينها فروق معنوية ($P \leq 0.05$)

الزيادة في وزن الخبز كانت طردية مع زياد نسبة الخلط بدقيق الشعير، ويرجع السبب في هذه الزيادة لقدرة جزئيات الشعير المطحون على امتصاص واحتجاز كمية كبيرة من الماء (Trogh *et al*, 2004)، بالنسبة للحجم النوعي والذي يمثل الحجم لوزن ثابت (سم³/جم)، فقد سجل دقيق القمح أعلى حجم نوعي مقداره 3.42 سم³/جم مقارنة مع الحجم النوعي لباقي أصناف الدقيق المستبدل جزئياً بدقيق الشعير كما هو كوضح بالجدول (3).

الاختبارات الحسية

الجدول (4) يوضح نتائج التقييم الحسي للخبز المنتج من دقيق القمح الصايف وأصناف الدقيق المركب بنسب مختلفة من دقيق الشعير 5، 15، 25 و 35 %، ومن خلال تلك النتائج يتضح أن الخبز المنتج من دقيق القمح الصايف قد سجل أعلى درجات خلال التقييم في كافة الخصائص المدروسة. خاصية الحجم لخبز الدقيق الصايف سجلت 13.14 من 15، يليه الدقيق المركب بنسبة 5، 15، 25 و 35 % على التوالي، والسبب في تفوق الخبز المنتج من القمح الصايف في هذه الخاصية هو احتواؤه على أعلى نسبة من الجلوتين مقارنة مع أصناف الدقيق الأخرى التي حصل لها تخفيف في نسبة الجلوتين بسبب عملية الإحلال بنسبة من دقيق الشعير، هذا الإحلال سبب في ضعف الشبكة الجلوتينية وبالتالي

خفض قدرتها على تكوين شبكة جلوتينية متينة تكفل الاحتفاظ بغاز CO₂ والذي من شأنه أن يزيد من حجم الخبز.

جدول (4): تأثير الاستبدال الجزئي بدقيق الشعير على بعض الخصائص الحسية للخبز المنتج

العينة (%)	نسبة الاستبدال (%)	الحجم	لون القشرة	التجانس السطحي	الشكل العام	لون اللب	طراوة اللب	النكهة	القبول العام
دقيق القمح (الشاهد)	0	13.41 ^a	12.78 ^a	13.22 ^a	13.66 ^a	13.52 ^a	13.87 ^a	14.19 ^a	14.17 ^a
دقيق مركب 1	5	10.21 ^b	11.86 ^{ab}	10.86 ^b	7.01 ^b	11.51 ^b	12.66 ^b	13.23 ^{ab}	12.77 ^{ab}
دقيق مركب 2	15	8.41 ^c	10.83 ^{ab}	10.19 ^b	4.28 ^c	9.89 ^{bc}	11.78 ^{bc}	12.99 ^{ab}	12.04 ^{bc}
دقيق مركب 3	25	6.90 ^d	10.15 ^b	9.97 ^b	4.11 ^c	9.25 ^c	10.83 ^{cd}	12.88 ^{ab}	11.55 ^{bc}
دقيق مركب 4	35	5.79 ^d	10.08 ^b	9.18 ^b	3.16 ^c	9.22 ^c	10.07 ^d	11.78 ^b	10.87 ^c

المتوسطات التي تشترك في حرف واحد في كل صف على حدة لا يوجد بينها فروق معنوية (P ≤ 0.05)

لون الخبز من حيث لون القشرة الخارجية واللب والمفضل بالنسبة للمستهلك وليس حسب درجة القتامة والتي تزداد طردياً مع زيادة نسبة الردة في اللب وفق الجدول (4) سُجلت لصالح الخبز المنتج من دقيق الشاهد أيضاً بواقع 12.78 للقشرة الخارجية و13.52 درجة، وهذا يفسر تفضيل المستهلك للون الفاتح عن الغامق خصوصاً فيما يتعلق باللبن الداخلي للخبز، هذه النتائج توافقت مع نتائج (Trogh et al, 2004; Bhatti, 1986) والجبوري، (2011).

■ الخلاصة

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن عملية الخلط أو الاستبدال الجزئي لدقيق القمح بنسب مختلفة من دقيق الشعير 5، 15، 25 و35 % قد زادت من القيمة الحيوية والتغذوية لدقيق المركب الناتج وهذا ملحوظ من خلال نتائج الجدول (1)، إلا إن نتائج الاختبارات الريولوجية أكدت أن الدقيق الصافي من حبوب القمح كانت الأفضل مقارنة مع أنواع الدقيق المركب، فقد تبين من خلال النتائج أنه كلما ارتفعت نسبة الخلط بدقيق الشعير كلما تأثرت الخصائص الريولوجية والحسية المدروسة بشكل سلبي أكبر. ربما تكون النتائج وفق المعايير القياسية لبعض الخصائص المدروسة كانت ضد عملية الاستبدال، ولكن من وجهة نظر أخرى تتماشى مع الجوانب الصحية والدراسات العلمية التي تشجع استخدام منتجات المطحون الكامل لأنواع الحبوب المختلفة تشير إلى أنه كلما زادت نسبة الإحلال أو الاستبدال بدقيق الحبوب مثل الشعير والدخن وغيرها كلما كانت النتائج إيجابية على مستوى الصحة العامة للإنسان، وذلك يرجع لكمية الألياف الغذائية

سواء الذائبة منها وغير الذائبة ودورها الفعال في علاج بعض الأمراض داخل الجهاز الهضمي (Dahl and Stewart,2015)، فقد لوحظ خلال السنوات الأخيرة توجه عالمي للاستفادة من مكونات الحبوب للحد الأقصى وهذا انعكس على مبيعات منتجات الحبوب الكاملة مقارنة بتلك المنتجة فقط من الاندوسبيرم .

أخيرا يمكن القول من خلال نتائج هذه الدراسة إن استخدام نسبة في حدود 5 - 10 % من دقيق الشعير يمكن أن ترفع من القيمة الغذائية للخبز المنتج وتأثيرها على الخصائص الريولوجية يكون ضئيلا جدا مقارنة بالمنافع الصحية المصاحبة لهذا الاستبدال.

■ المراجع

- الجبوري، ص.ح. 2011. تأثير إضافة طحين الشعير على الخواص الريولوجية لطحين الحنطة. مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية، 11، 25 - 35.
- عبد الرازق. ا.ن.ع. وحامد، س.خ. 2016a. تأثير إضافة استرات حمض الطرطريك ثنائي الأسيتيل أحادي وثنائي الجلسريد DATEM على الصفات الريولوجية والفيزيائية والحسية للخبز المصنوع من دقيق بعض أصناف القمح المزروعة في ليبيا. 16 - 1. Jordan Journal of Agricultural Sciences.
- العابدين، س. وآخرون. 1995. تأثير بعض الأحماض الغذائية على الصفات الريولوجية لعجين طحين الحنطة وجودة الخبز. مجلة زراعة الرافدين، 27 (2)، 50 - 55.

- AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (10th. ed). American Association of cereal chemists, St. Paul, MN, USA.
- Anette K, I, E, Benchman and K. Brandt. 2005. Integration of sensory and objective measurements of tomato quality: quantitative assessment of the effect of harvest date as compared with growth medium (soil versus rockwool), electrical conductivity, variety and maturity. J Sci Food Agric 85:2289–2296.
- Azizi, M. H. and V.G. Rao. 2004. Effect of surfactant gel and gum combinations on dough rheological characteristics and quality of bread. Journal of Food Quality. 27(5): 320 - 336..
- Bhatti, R. 1986. Physiochemical and functional (breadmaking) properties of hull - less barley fractions. Cereal Chem, 63, 31 - 35.
- Bhatti, R.S and Rosnagel B.G. 1981. Nutritional requirements in feed barley pag 341 in: proc fourth Int. Barley Genct. symp: din burgh
- University press: Edinburgh. UK. Burkus, Z. and Temelli, F. 2005. Rheological properties of barley β - glucan. Carbohydrate Polymers, 59, 459 - 465.
- Chung, O. 1986. Lipid - protein interactions in wheat flour, dough, gluten, and protein fractions. Cereal foods world (USA).
- Dahl, W. J. and STEWART, M. L. 2015. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: health implications of dietary fiber. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 115, 1861 - 1870.
- Hardeep, S.G. and Shalini. 2005. Instrumental texture of chaplias of fected by barley flour, glycol monostearate and sodium chloride. International Journal Food properties. Vol. 8: 377 – 358.
- Henry, R. J and kettewell P. S. 1996. Cereal Grain Quality. 1st ed. Chapman and Gall, London. 3 – 43.
- Hosney, R. C. 1986. Yeast leavened products in principles of cereal science and technology. Assoc. Cereal chem. Inc., stpanl. Minnesota.
- Kahlon, T., Chow, F., Knuckles, B. and Chiu, M. 1993. Cholesterol lowering effects in hamsters of b - glucan enriched barley fraction, dehulled whole barley, rice bran, and oat bran and their combinations. Cereal Chem, 70, 435 - 440.
- Knuckles, B., Hudson, C., Chiu, M. and Sayre, R. 1997. Effect of beta - glucan barley fractions in high - fiber bread and pasta. Cereal foods world (USA).

- Kulp, K., Chung, H., Martinez, Anaya, M. and Doerry, W. 1985. Fermentation of water ferments and bread quality. *Cereal Chemistry*, 62, 55 - 59.
- Macritchie, F. 1984. Baking quality of wheat flour. *Advances in food Research* 29: 210 – 277.
- Morrif, C. F., oppa, L. R., Simeone, M. C. and Lafiandra, D. 2014. Non - transgenic soft textured tetraploid wheat plants having grain with soft textured endosperm, endosperm therefrom and uses thereof. Google Patents.
- Morrison, R. 1994. Analysis of cereal starches in: modern methods of plant analysis. Springer verlag, Heidelberg, vol. 14.
- Panozzo, J., Bekes, F., Obrien, L. and Khan, A. 1991. Selection of wheat breeders' lines for improved baking quality based on their free lipid content. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42, 715 - 721.
- Sumner, A., Gbre - Egzizbher, A., Tyler, R. and Rossnagel, B. 1985. Composition and properties of pearled and fines fractions from hulled and hull - less barley. *Cereal Chem*, 62, 112 - 116.
- Trogh, I., Courtin, C., Andersson, A., Åman, P., Sorensen, J. and Delcour, J. 2004. The combined use of hull - less barley flour and xylanase as a strategy for wheat/hull - less barley flour breads with increased arabinoxylan and (1→ 3, 1→ 4) - β - D - glucan levels. *Journal of Cereal Science*, 40, 257 - 267.
- Weber, E. 1973. Structure and composition of cereal components as related to their potential industrial utilization. Iv. Lipids page 161 in: industrial uses of cereal. AACC. ; st. paul. MN.
- Zvonko, B. A. T. F. 2005. Rheological properties of barley B–glucan. *Nutritional science, carbohydrate polymers* vol. 59 p. 459– 465.