تأثير نقص الاحتياجات المائية وإضافة الحبوب الضامرة في أداء طحن الحبوب والخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية لدقيق قمح الخبز السوري

جهاد سمعان* أحمد العرموش*

الملخص

يتأثر نبات القمح في مختلف مراحل نموه بالعوامل البيئية التي تؤثر في جودة الحبوب الناتجة. ومن العوامل البيئية السيئة التي يتعرض لها نبات القمح هي الجفاف، الذي يؤدي الى ضمور الحبوب وانخفاض نسبة استخراج الدقيق. بناءً على ما سبق، هدف البحث إلى التحري عن الخصائص الفيزيائية والكيميائية والريولوجية للدقيق الناتج عن حبوب قمح ضامرة ومقارنتها بحبوب قمح سليمة. تمّ اختيار صنف القمح الطري السوري شام8، بالإضافة الى عينات قمح ضامرة من الصنف نفسه. طُحنت العينات إلى دقيق لتحديد أداء طحن الحبوب، الخصائص الكيميائية للدقيق والخصائص الريولوجية حسب الطرائق المعتمدة في AACC. بيّن تقييم أداء طحن الحبوب الانخفاض المعنوي في نسبة استخراج الدقيق للحبوب الضامرة مقارنةً بالحبوب السليمة، حيث انخفضت نسبة استخراج الدقيق بمقدار 9.44%. أظهر التحليل الكيميائي لأنواع عينات دقيق القمح تفوق خصائص الغلوتين الكمية والنوعية لدقيق حبوب القمح الضامرة مقارنةً بدقيق الحبوب السليمة، لكن ترافق ذلك مع زيادة في نسبة الرماد ودرجة اللون. بالإضافة الى ذلك، أظهر دقيق الحبوب الضامرة مؤشرات فارينوغراف أفضل من دقيق الحبوب السليمة، كما ازدادت مرونة العجينة ومقامتها للشد مقاسةً بجهاز الاكستينسوغراف. ترافق ارتفاع نسبة الحبوب الضامرة

الكلمات المفتاحية: قمح الخبز، حبوب ضامرة، الفارينوغراف، الاكستينسوغراف.

* مدرس في قسم علوم الأغذية – كلية الزراعة – جامعة دمشق.

* عضو هيئة فنية في قسم علوم الأغذية – كلية الزراعة– جامعة دمشق.

Effect of Water Stress and the Addition of Shriveled Wheat Kernels on Milling Performance and the Physiochemical and Rheological Properties of Syrian bread Wheat Flour

Jihad Samaan* **Ahmad Al-Armosh****

Abstract

Wheat is widely influenced by the environmental conditions which in turn affect kernels quality. Drought is unfavorable environmental conditions affects wheat crop resulting in shriveled kernels and thus reduces flour extraction rate. Consequently the aim of this research was to investigate the physical, chemical and rheological properties of sound and shriveled kernels of bread wheat. The Syrian bread wheat variety $Cham_8$ was selected, in addition to shriveled wheat samples of the same variety. Samples were milled into flour to determine the kernels milling performance and flour chemical and rheological properties according to the AACC approved methods. Milling performance of wheat kernels revealed a significant reduction in flour extraction rate of the shriveled kernels compared with the normal ones, where the flour extraction decreased by 9.44%. The chemical characteristics of the wheat flour samples demonstrated a significant improvement in gluten quality and quantity of the shriveled kernels flour comparing with the sound kernels flour. However, ash content and flour colour were increased. Moreover, flour extracted from the shriveled wheat kernels revealed better farinograph parameters than the normal wheat kernels flour. Nevertheless, dough extensibility and maximum resistance to extension increased as measured by the extensograph technique. Elevated shrunken wheat kernels accompanied with reduction in flour yield and improved gluten quality and farinograph properties and changes in dough elasticity.

Keywords: Bread wheat, shriveled kernels, farinograph, extensograph.

* **Lecturer, Food Science Department, Faculty of Agriculture, Damascus University.**

** **Teaching Assistant, Food Science Department, Faculty of Agriculture.**

المقدمة

القمح (Triticum ssp L.) واحد من أهم المحاصيل الغذائية في العالم، حيث يحتل المرتبة الثانية بعد الرز (Pomeranz وWilliams، 1990). وتعود شعبية القمح وانتشاره الواسع لكونه وخلافاً لأنواع المحاصيل الأخرى الشعير، الرز، الذرة الصفراء، الشوفان، الشيلم والدخن، يحتوي على كمية عالية من مركب الغلوتين Gluten وهو البروتين الناتج عن اتحاد البروتينات المخزونة Storage proteins للقمح (الغلیادين والغلوتينين) مع مركبات أخرى مثل الكربوهيدرات واللبيدات وعناصر معدنية (Feillet، 1980). يعطي الغلوتين صفة المطاطية Elasticity المهمة من أجل الحصول على خبز ذو جودة عالية (Weegels وزملاؤه، 1996؛ Khatkar وSchofield، 1997). وعلى الرغم من وجود أكثر من 30,000 صنف قمح حول العالم، أهم نوعين للقمح هما قمح الخبز Bread wheat والقمح القاسي Durum wheat. يُعد قمح الخبز (Triticum aestivm L.) ذو دور مهم بين محاصيل الحبوب كغذاءٍ أساسي. ونظراً لتزايد سكان العالم، هناك احتياجات متزايدة من أجل وضع طرائق وتقنيات جديدة للحصول على محاصيل قمح ذات مواصفات مرتفعة، حيث يتمثل التحدي الأساسي في عصرنا الحالي بإنتاج أنواع قمح ذات إنتاجية مرتفعة ومواصفات تكنولوجية جيدة، بالإضافة لمقاومتها وتحملها لمجال واسع من العوامل الأحيائية (المسببات المرضية والآفات الحشرية)، والعوامل اللاأحيائية (الجفاف، والملوحة، والحرارة المرتفعة .. غيرها).

يتأثر نبات القمح في مختلف مراحل وأطوار نموه بالعوامل البيئية التي تؤثر في جودة الحبوب الناتجة، وهذه بدورها تؤثر في أداء عملية الطحن وجودة المنتج النهائي (Dexter وEdwards، 1998a,b). يُزرع القمح تحت ظروف الزراعتين المروية والبعلية في جميع أنحاء العالم. وفي ظل الظروف البعلية، كثيراً ما تتعرض الحبوب في المراحل المختلفة من عملية تطورها لحبوب ناضجة إلى اجهادات تتراوح من خفيفة الى شديدة. ومن هذه الاجهادات نقص الاحتياجات المائية (الجفاف)، الذي يُسبب ضموراً للحبوب، الذي يصيب الحبوب خلال مرحلة الامتلاء، حيث يسبب الجفاف تراجعاً في نشاط

الأوراق في التمثيل الضوئي، ويتراجع معدّل انتقال نواتج التمثيل الضوئي من المصدر Source (الأوراق، والسوق) إلى المصب Sink (الحبوب)، ما يتسبب في ضمورها ونقص وزنها، فتنخفض نسبة الاندوسبيرم، ما يؤدي إلى انخفاض نسبة استخراج الدقيق (Sieling وزملاؤه، 1994؛ Panozzo و Eagles، 2000؛ Day و Barmore، 1971). بالإضافة إلى ذلك، فإنّ نقص الاحتياجات المائية يمكن أن يُسبب انخفاضاً في عدد السنابل وعدد الحبوب في السنبلة الواحدة (Innes و Blackwell، 1981). وعلى الرغم من أن تأثير الجفاف في تطور محصول القمح والمردود تمّ توثيقه جيداً (Ahmadi و Baker، 2001 ؛ Barlow وزملاؤه، 1980؛ Khanna-Chopra وزملاؤه، 1994؛ Wardlaw، 2002)، إلاّ أنّ الدراسات المتعلقة بالتغيرات في خصائص النشاء والبروتين للحبوب الناضجة ما تزال ضعيفة.

بيّنت دراسات سابقة (Barber و Jessop، 1987) في أستراليا و(Garrot وزملاؤه، 1994) في أمريكا أن الاجهاد المائي لمحصول القمح أثناء النمو ترافق مع انخفاض المردود إلى الثلثين وزيادة كمية بروتين الحبوب قليلاً. درس Singh وزملاؤه (2008) تأثير الإجهاد المائي في مراحل مختلفة من تطور الحبوب في خصائص النشاء والبروتين لأصناف قمح مختلفة، وقد لوحظ أنّ التغيرات في الخصائص الحرارية والتهلم للنشاء والناجمة عن الإجهاد المائي عائدة إلى التغيرات في محتوى الدهون، والأميلوز وتوزيع حبيبات النشاء. بالإضافة إلى ذلك، كان تأثير الإجهاد المائي في تراكم البروتينات المختلفة القابلة للذوبان وغير القابلة للذوبان معنوي. وبيّن Ozturk و Aydin (2004) أنّ نقص الاحتياجات المائية لمجموعة من أصناف القمح التركية الشتوية أدّت إلى انخفاض مردود الحبوب ووزن الألف حبة، بينما ازدادت من الناحية الكيميائية نسبة البروتينات، وحجم الراسب، وكمية الغلوتين الرطب. من جهةٍ أخرى، درس Randall و Moss (1990) تأثير الجفاف خلال نمو النبات في خصائص الدقيق الريولوجية وجودة الخبز، حيث لاحظوا حدوث انخفاض معنوي في المقاومة العظمى للشد مقاسةً

بجهاز الاكستينسوغراف وحجم الرغيف، وأشاروا إلى أنّ الجفاف يُسرّع من عملية التدهور البيولوجي للحبوب Biological aging ويزيد معدّل فقد الماء من الحبوب.

تُعد ظاهرة نقص الاحتياجات المائية (الجفاف) من الظواهر المهمة التي يتعرض لها إنتاج محصول القمح تحت الظروف البعلية، وبخاصةٍ قمح الخبز، في سورية. ونظراً لندرة البحوث المحلية التي تبين تأثير الجفاف في خصائص الدقيق وجودة المنتج النهائي، هدف البحث إلى دراسة تأثير نقص الاحتياجات المائية (الجفاف) في أداء الطحن لحبوب القمح الطري السوري والخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية للدقيق الناتج. ودراسة تأثير إضافة دقيق الحبوب الضامرة في الخصائص الكيميائية والريولوجية للدقيق الناتج.

مواد البحث وطرائقه

جمع العينات وتحضيرها: استخدم في هذه الدراسة الصنف شام8 من قمح الخبز السوري، بالاضافة إلى عينات حبوب قمح ضامرة من الصنف نفسه، تمّ الحصول عليها من مخبر الحبوب المركزي. وأُجريت الاختبارات في مخابر كلية الزراعة، قسم علوم الأغذية ومخبر الحبوب المركزي في منطقة السبينة خلال الفترة الزمنية بين كانون الأول 2015 ونيسان 2016. تمّ في البداية تنظيف عينات القمح من الشوائب والأجرام باستخدام منخلين الأول قطر فتحاته 2×20 مم والثاني قطر فتحاته 1×20 مم. رُطبت الحبوب النظيفة في الخلطة إلى محتوى مائي 15.5% مدّة 24 ساعة بدرجة حرارة الغرفة 19 مْ ورطوبة جوية 70%، حيث حُسبت كمية الماء المضاف حسب طريقة AACC رقم 95-26 (AACC، 2000). طُحنت الحبوب النظيفة والمكيفة باستعمال مطحنة Brabender حسب AACC رقم 50-26 (AACC، 2000) لإنتاج دقيق عالي الجودة (دقيق زيرو).

لاختبارات الكيميائية للدقيق:

المحتوى المائي: قدرت الرطوبة لعينات الدقيق حسب AACC رقم 44-A15 (AACC، 2000).

النسبة المئوية للرماد: تمّ قياس النسبة المئوية للرماد حسب AACC رقم 01-08 (AACC، 2000) وعبر عنها كنسبة مئوية من الوزن الجاف.

اختبار كمية ونوعية الغلوتين: تمّ تقدير كمية الغلوتين الرطب والجاف ونوعيته (دليل الغلوتين) حسب AACC رقم 38-A12 (AACC، 2000) باستخدام غسالة الغلوتين (Perten Glutomatic 2200 chambers).

درجة اللون: قيست درجة لون الدقيق باستخدام جهاز Satake PCGA Series 4 Colour Grader.

الاختبارات الريولوجية للدقيق:

اختبار الفارينوغراف: حسب طريقة AACC رقم 21-54 (AACC، 2000) باستخدام جهاز الفارينوغراف ذو الحوض سعة 300غ وتم تسجيل القراءات التالية: الامتصاصية، زمن تطور العجينة، زمن الثبات، الضعف والرقم الفالوريمتري.

اختبار الإكستنسوغراف: حسب طريقة AACC رقم 10-54 (AACC، 2000) باستخدام جهاز الإكستنسوغراف وتم تسجيل القراءات التالية: القدرة، مقاومة الشد، المقاومة العظمى للشد، المرونة والمطاطية.

التحليل الإحصائي: أُجريت جميع الاختبارات بثلاثة مكررات وسجلت النتائج كمتوسطات ± الانحراف المعياري. أجري اختبار تحليل التباين ANOVA ثمّ تبع باختبار Tukey لتحديد الفروقات المعنوية بين المتوسطات على مستوى معنوية ($p \leq 0.05$) باستخدام البرنامج الاحصائي Minitab 14.

النتائج والمناقشة

خصائص عملية الطحن لعينات الحبوب: أخذت عينات بوزن 500 غ من الحبوب الجافة والنظيفة لحبوب صنف القمح شام8 (السليمة والضامرة بالإضافة إلى خلطات من

نوعي الحبوب بنسبة 15%، 30% و45%) وكُيفت إلى المحتوى المائي الملائم للطحن، كما ذُكر سابقاً، وطُحنت إلى دقيق عالي الجودة (دقيق زيرو)، ومن ثم قيس أداء الطحن للحبوب Milling Performance من خلال كمية الدقيق، كمية النخالة، زمن الطحن، التدفق ونسبة استخراج الدقيق كما هو مبين في الجدول (1). لوحظ الانخفاض المعنوي لكمية الدقيق الناتج عن طحن الحبوب الضامرة، حيث أعطت الحبوب الضامرة كمية دقيق 356.50 غ ، أما عينات القمح السليمة فقد أعطت 398.11 غ. وترافق انخفاض كمية الدقيق مع زيادة كمية النخالة، حيث كانت للحبوب السليمة والضامرة 132.12 غ و186.25 غ على التوالي. من جهةٍ أخرى، ازداد زمن الطحن وانخفض التدفق للحبوب الضامرة (5.04 د، 1.79 غ . ثا$^{-1}$) بالمقارنة مع الحبوب السليمة (4.20 د، 2.10 غ . ثا$^{-1}$). وإنّ أهم ما يُلاحظ في الجدول (1) هو الانخفاض المعنوي لنسبة استخراج دقيق الحبوب الضامرة بالمقارنة مع الحبوب السليمة، حيث أعطت الحبوب السليمة نسبة استخراج دقيق 75.50%، وانخفضت هذه النسبة إلى 66.06% للحبوب الضامرة، وهذا يعني انخفاض نسبة استخراج الدقيق بمقدار 9.44%.

بيّنت دراسة أداء عملية طحن عينات حبوب الصنف شام8 المضاف لها نسب مختلفة من الحبوب الضامرة انخفاض معنوي في كمية الدقيق (394.10 – 371.15 غ) ونسبة الاستخراج (74.43–69.66%) مع ارتفاع نسبة الحبوب الضامرة في العينة، وترافق ذلك مع زيادة كمية النخالة (138.11–164.51 غ) والتدفق (1.49– 1.85 غ . ثا$^{-1}$)، بينما لم يتأثر زمن الطحن بإضافة الحبوب الضامرة. تتوافق هذه النتائج مع دراسة سابقة بيّنت انخفاض مردود الدقيق عند تعرض النباتات خلال مرحلة النضج الفزيولوجي إلى الإجهاد المائي (Noorka وزملاؤه، 2009).

الجدول (1). نتائج عملية طحن عينات حبوب القمح.

الصفة	حبوب سليمة	حبوب ضامرة	85% حبوب سليمة + 15% حبوب ضامرة	70% حبوب سليمة + 30% حبوب ضامرة	55% حبوب سليمة + 45% حبوب ضامرة
وزن القمح الجاف (غ)	500.10 ± 0.24^{a}	500.02 ± 0.04^{a}	500.10 ± 0.20^{a}	500.05 ± 0.05^{a}	500.10 ± 0.04^{a}
وزن القمح الرطب (غ)	531.21 ± 0.11^{a}	543.25 ± 0.34^{b}	533.11 ± 0.12^{a}	535.21 ± 0.25^{c}	536.14 ± 0.55^{c}
كمية الدقيق (غ)	398.11 ± 0.29^{a}	356.50 ± 0.44^{b}	394.10 ± 0.20^{c}	379.22 ± 0.42^{d}	371.15 ± 0.12^{e}
كمية النخالة (غ)	132.12 ± 0.24^{a}	186.25 ± 0.31^{b}	138.11 ± 0.22^{c}	155.21 ± 0.32^{d}	164.51 ± 0.25^{e}
زمن الطحن (د)	4.25 ± 0.02^{a}	5.04 ± 0.11^{b}	4.35 ± 0.12^{a}	4.44 ± 0.15^{a}	4.49 ± 0.54^{a}
التدفق (غ . ثا$^{-1}$)	2.10 ± 0.15^{a}	1.79 ± 0.11^{b}	1.49 ± 0.19^{c}	1.88 ± 0.17^{d}	1.85 ± 0.15^{d}
نسبة الاستخراج (%)	75.50 ± 0.25^{a}	66.06 ± 0.51^{b}	74.43 ± 0.15^{a}	71.37 ± 0.10^{c}	69.66 ± 0.31^{d}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$).

الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق عينات حبوب القمح: درُست الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق الناتج عن طحن عينات القمح الطري السليمة والضامرة وخلطات النوعين (الجدول، 2). لوحظ عدم وجود فروقاتٍ معنوية في المحتوى المائي بين دقيق عينات الحبوب. على النقيض من ذلك، اختلفت بقية المؤشرات الفيزيوكيميائية معنوياً، حيث ازدادت النسبة المئوية للرماد على أساس الوزن الجاف من 0.55% لدقيق الحبوب السليمة إلى 0.76% لدقيق الحبوب الضامرة. وترافقت زيادة النسبة المئوية للرماد مع زيادة درجة اللون، حيث أعطى دقيق الحبوب الضامرة درجة لون 3.11 ودقيق الحبوب السليمة 1.50. من جهةٍ أخرى، بيّنت دراسة كمية ونوعية الغلوتين زيادة معنوية في دقيق الحبوب الضامرة، حيث كانت النسبة المئوية للغلوتين الرطب، والنسبة المئوية للغلوتين الجاف، ودليل الغلوتين لدقيق الحبوب السليمة 26.88%، 8.90% و62.50%، وازدادت معنوياً إلى 39.19%، 12.96%، و69.20% لدقيق الحبوب الضامرة، هذه النتائج تتوافق

مع (Ozturk و Aydin، 2004). بيّن تحليل الخصائص الكيميائية للنخالة الناتجة عن طحن عينات الحبوب عدم ظهور فروق معنوية في المحتوى المائي للعينات، لكن النسبة المئوية للرماد انخفضت من4.31% للحبوب السليمة إلى 4% للحبوب الضامرة. ازدادت المؤشرات الكيميائية معنوياً للدقيق الناتج عن طحن عينات الحبوب مع ارتفاع نسبة الحبوب الضامرة في الخلطة، حيث تراوحت النسبة المئوية للرماد على أساس الوزن الجاف بين 0.58–0.69%، درجة لون الدقيق 1.62– 2.49 درجة، النسبة المئوية للغلوتين الرطب 28.12 – 33.60%، النسبة المئوية للغلوتين الجاف 9.22–11.02%، ودليل الغلوتين 62.10–65.25%، في حين انخفضت النسبة المئوية لرماد النخالة (4.20–3.94%).

الجدول (2). الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق عينات حبوب القمح.

الصفة	حبوب سليمة	حبوب ضامرة	85% حبوب سليمة + 15% حبوب ضامرة	70% حبوب سليمة + 30% حبوب ضامرة	55% حبوب سليمة + 45% حبوب ضامرة
المحتوى المائي للدقيق (%)	14.28 ± 0.09^{a}	14.45 ± 0.10^{a}	14.31 ± 0.11^{a}	14.33 ± 0.15^{a}	14.40 ± 0.12^{a}
رماد الدقيق (%)	0.55 ± 0.05^{a}	0.76 ± 0.11^{b}	0.58 ± 0.15^{a}	0.63 ± 0.19^{c}	0.69 ± 0.61^{d}
لون الدقيق (درجة)	1.50 ± 0.21^{a}	3.11 ± 0.11^{b}	1.62 ± 0.41^{c}	1.65 ± 0.15^{c}	2.49 ± 0.22^{d}
الغلوتين الرطب (%)	26.88 ± 0.18^{a}	39.19 ± 0.17^{b}	28.12 ± 0.15^{c}	31.32 ± 0.11^{d}	33.60 ± 0.10^{e}
الغلوتين الجاف (%)	8.90 ± 0.25^{a}	12.96 ± 0.15^{b}	9.22 ± 0.21^{c}	10.08 ± 0.45^{d}	11.02 ± 0.24^{e}
دليل الغلوتين (%)	62.50 ± 0.21^{a}	69.20 ± 0.11^{b}	62.10 ± 0.11^{a}	64.10 ± 0.15^{c}	65.25 ± 0.41^{c}
المحتوى المائي للنخالة (%)	14.32 ± 0.11^{a}	14.51 ± 0.22^{a}	14.34 ± 0.18^{a}	14.40 ± 0.24^{a}	14.45 ± 0.15^{a}
رماد النخالة (%)	4.31 ± 0.15^{a}	4.00 ± 0.56^{b}	4.20 ± 0.12^{a}	3.90 ± 0.16^{b}	3.94 ± 0.31^{b}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروقاتٍ معنوية ($p \leq 0.05$).

الخصائص الريولوجية لدقيق عينات حبوب القمح: تمّت دراسة الخصائص الريولوجية لدقيق حبوب القمح السليمة والضامرة وخلطات الحبوب باستعمال تقنية الفارينوغراف (الجدول، 3) وتقنية الاكستينسوغراف (الجدول، 4). بيّن الجدول (3) أنّ دقيق الحبوب الضامرة أظهر خصائص ريولوجية أفضل من حيث الامتصاصية (63.50%)، زمن تطور العجينة (6.15 دقيقة)، زمن ثبات العجينة (7.30 دقيقة)، ضعف العجينة (50.50 BU)، والرقم الفالوريمتري (66.00) بالمقارنة مع دقيق الحبوب السليمة الذي أعطى القيم التالية: 59.50%، 3.00 دقيقة، 3.00 دقيقة، 100.50 BU و48.00 على التوالي، ويرتبط ذلك بارتفاع كمية ونوعية غلوتين دقيق الحبوب الضامرة (الجدول، 2). بيّن تحليل مؤشرات الفارينوغراف لعينات دقيق خلطات الحبوب تحسن مع ارتفاع نسبة الحبوب الضامرة، حيث ازدادت النسبة المئوية لامتصاص الدقيق للماء (59.30–61.00%)، زمن تطور العجينة (3.15 – 4.30 دقيقة)، زمن ثبات العجينة (3.15–4.30 دقيقة)، والرقم الفالوريمتري (49.00 – 55.00)، في حين انخفضت درجة ضعف العجينة (95.00 – 80.50 BU).

الجدول (3). نتائج الفارينوغراف لدقيق عينات حبوب القمح.

الصفة	حبوب سليمة	حبوب ضامرة	85% حبوب سليمة + 15% حبوب ضامرة	70% حبوب سليمة + 30% حبوب ضامرة	55% حبوب سليمة + 45% حبوب ضامرة
الامتصاصية (%)	59.50 ± 0.10^{a}	63.50 ± 0.11^{b}	59.30 ± 0.13^{a}	60.60 ± 0.14^{c}	61.00 ± 0.12^{c}
زمن التطور(د)	3.00 ± 0.22^{a}	6.15 ± 0.12^{b}	3.15 ± 0.25^{a}	4.00 ± 0.19^{c}	4.30 ± 0.25^{d}
زمن الثبات (د)	3.00 ± 0.16^{a}	7.30 ± 0.14^{b}	3.15 ± 0.10^{a}	3.45 ± 0.24^{c}	4.30 ± 0.15^{d}
الضعف (BU)	100.50 ± 0.10^{a}	50.50 ± 0.11^{b}	95.00 ± 0.66^{a}	80.00 ± 0.15^{c}	80.50 ± 0.45^{c}
الرقم الفالوريمتري	48.00 ± 0.11^{a}	66.00 ± 0.22^{b}	49.00 ± 0.16^{a}	54.00 ± 0.24^{c}	55.00 ± 0.21^{c}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$).

من جهة أخرى، بين تحليل الخصائص الريولوجية باستخدام تقنية الاكستنسوغراف (الجدول، 4) الزيادة المعنوية في القدرة (70.10 – 138.25 سم^2)، مقاومة الشد (300.55 – 380.00 BU)، المقاومة العظمى للشد (390.45–540.50 BU)، والمرونة (133.15– 183.85 مم) لدقيق عينات حبوب القمح الضامرة مقارنةً بالسليمة، في حين لم تختلف المطاطية معنوياً بين نوعي الدقيق، ويعود ذلك إلى أنّ المطاطية تُحسب تبعاً للنسبة (المقاومة العظمى للشد/المرونة). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Randall وMoss (1990). بالإضافة إلى ذلك، لوحظ ارتفاع معنوي في القدرة (83.05–119.00 سم^2)، مقاومة الشد (320.15 – 360.20 BU)، المقاومة العظمى للشد (420.00 – 490.00 BU) والمرونة (144.40– 163.20 مم) مع ارتفاع نسبة دقيق الحبوب الضامرة في الخلطة. في دراسة سابقة قام بها Li وزملاؤه، (2013) لتوضيح تأثير الجفاف في الخصائص الريولوجية لدقيق القمح الطري، بيّن انخفاض في المرونة (L) لدقيق الحبوب الضامرة مقاسةً بجهاز الألفيوغراف.

الجدول (4). نتائج الإكستينسوغراف لدقيق عينات حبوب القمح.

الصفة	حبوب سليمة	حبوب ضامرة	85% حبوب سليمة + 15% حبوب ضامرة	70% حبوب سليمة + 30% حبوب ضامرة	55% حبوب سليمة + 45% حبوب ضامرة
القدرة (سم^2)	70.10 ± 0.25^a	138.25 ± 0.12^b	83.05 ± 0.23^c	95.15 ± 0.15^d	110.00 ± 0.22^e
مقاومة الشد (BU)	300.55 ± 1.12^a	380.00 ± 1.16^b	320.15 ± 0.10^c	335.65 ± 0.15^d	360.20 ± 0.14^e
المقاومة العظمى للشد (BU)	390.45 ± 1.22^a	540.50 ± 1.05^b	420.00 ± 0.12^c	470.25 ± 0.15^d	490.00 ± 0.44^e
المرونة (مم)	133.15 ± 1.22^a	183.85 ± 0.45^b	144.40 ± 0.21^c	156.10 ± 0.55^d	163.20 ± 0.22^e
المطاطية	2.93 ± 0.22^a	2.94 ± 0.54^a	2.91 ± 0.20^a	3.01 ± 0.65^a	3.00 ± 0.15^a

الاستنتاجات

1. بين تقييم أداء طحن الحبوب الانخفاض المعنوي في كمية الدقيق ونسبة استخراج الدقيق للحبوب الضامرة مقارنةً بالحبوب السليمة، حيث انخفضت نسبة استخراج الدقيق بمقدار 9.44%.
2. أظهر تحليل الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق عينات حبوب القمح السليمة والضامرة الارتفاع المعنوي في النسبة المئوية للغلوتين الرطب، النسبة المئوية للغلوتين الجاف ودليل الغلوتين للحبوب الضامرة، وهي جميعاً تعتبر صفات جيدة، لكن ترافق ذلك مع زيادة النسبة المئوية للرماد على أساس الوزن الجاف ودرجة اللون.
3. أظهرت عينات دقيق حبوب القمح الضامرة خصائص فارينوغراف أفضل من عينات دقيق حبوب القمح السليمة، حيث ازدادت درجة امتصاص الدقيق للماء، وزمن تطور العجينة، وزمن ثبات العجينة، والرقم الفالوريمتري، وانخفضت درجة ضعف العجينة.
4. تميزت عجينة دقيق حبوب القمح الضامرة زيادة القدرة، ومقاومة الشد، والمقاومة العظمى للشد والمرونة مقاسةً بجهاز الاكستينسوغراف.
5. ترافق ارتفاع نسبة الحبوب الضامرة في عينات الحبوب السليمة مع انخفاض في مردود الدقيق، وتحسن في خصائص الغلوتين ومؤشرات الفارينوغراف وتغيرات في مرونة العجينة.

المراجع العلمية

AACC. 2000. Approved Methods of the AACC, 10th edn. Methods 38-12A, 08-01, 26-95, 26-50, 54-21, 54-10, 44-15A. St Paul, MN. AACC.

Ahmadi, A. and D. A. Baker. 2001. The effect of water stress on grain filling processes in wheat. Journal of Agricultural Science, 136: 257-269.

Barber, J. S. and R. S. Jessop. 1987. Factors affecting yield and quality in irrigated wheat. Journal of Agriculture Science, 109: 19-26.

Barlow, E. W. R., J. E. Lee., R. Munns. and M. G. Smart. 1980. Water relations of the development grains. Australian Journal of Plant Physiology, 7: 519-525.

Day, A. D and M. A. Barmore. 1971. Effects of soilmoisture stress on the yield and quality offlour from wheat (Triticum aestivum L.). Agronomy Journal, 63: 115-116.

Dexter, E. J and N. M. Edwards. 1998a. The implications of frequently encountered grading factors on the processing quality of common wheat. Association of Operative Millers Bulletin, June, 7115-7122.

Dexter, E. J and N. M. Edwards. 1998b. The implications of frequently encountered grading factors on the processing quality of durum wheat. Association of Operative Millers Bulletin, October, 7165-7171.

Feillet, P. 1980. Wheat proteins. Evaluation and measurements of wheat quality. In: Inglett, G.E. and Munck, L. Cereals for Foods and Beverages. Academic Press, New York, USA. 183.

Garrot, D. J., M. J Ottman., D. D. Fangmeier and S. H. Husman. 1994. Quantifying wheat water stress with crop water stress index to schedule irrigations. Agronomy Journal, 86: 195-199.

Innes, P and R. D. Blackwell. 1981. The effect of drought on the water use and yield of two spring wheat genotypes. The Journal of Agricultural Science, 96: 603-610.

Khanna-Chopra, R., P. S. S. Rao., M. Maheswari., L. Xiaobing. and Shivshanker, K. S. 1994. Effect of water deficit on accumulation of dry matter, carbon and nitrogen in the kernels of wheat genotypes differing in yield stability. Annals of Botany, 74: 503-511.

Khatkar, B. S and J. D. Schofield. 1997. Molecular and physico-chemical basis of breadmaking-properties of wheat gluten proteins: A critical appraisal. Journal of Food Science and Technology, 34: 85-102.

Li, Y., Wu, Y., Hernandez-Espinosa, N. and Peña, J. R. 2013. The influence of drought and heat stress on the expression of end-use quality parameters of common wheat. Journal of Cereal Science, 57: 73-78.

Noorka, I. R., S. Rehman., J. R. Haidry and I. Khaliq. 2009. Effect of water stress on physico-chemical properties of wheat (Triticum aestivum L.). Pakistan Journal of Botany, 41: 2917-2924.

Ozturk, A. and F. Aydin. 2004. Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. Journal of Agronomy and Crop Science, 190: 93-99.

Panozzo, J. F. and H. A. Eagles. 2000. Cultivar and environmental effects on quality characters in wheat. II. Protein. Australian Journal of Agricultural Research 51: 629-636.

Pomeranz, Y. and P. C. Williams. 1990. Wheat hardness: Its genetic, structure and biochemical background, measurement and significance. In: Pomeranz, Y. Advances in Cereal Science and Technology. AACC, St. Paul, Minnesota, USA. 471-557.

Randall, P. J. and H. J. Moss. 1990. Some effects of temperature regime during grain filling on wheat quality. Australian Journal of Agricultural Research, 41: 603-617.

Sieling, K., O. Christen., H. Richter-Harder and H. Hanus. 1994. Effects of temporary water stress after anthesis on grain yield and yield

components in different tiller categories of two spring wheat varieties. Journal of Agronomy and Crop Science, 173: 32-40.
Singh, S., G. Singh., P. Singh and N. Singh. 2008. Effect of water stress at different stages of grain development on the characteristics of starch and protein of different wheat varieties. Food Chemistry, 108: 130–139.
Wardlaw, I. F. 2002. Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. Annals of Botany, 90: 469-476.
Weegels, P. L., R. J. Hamer and J. D. Schofield. 1996. Critical review. Functional properties of wheat glutenin. Journal of Cereal Science, 23: 1-18.

تاريخ ورود البحث:2016/8/16
تاريخ قبول البحث:2016/10/11