دراسة الخواص الفيزيوكيميائية والريولوجية والتكنولوجية لبعض أصناف وسلالات أكساد من قمح الخبز تحت ظروف الزراعة المطرية

Study of The Physicochemical, Rheological and Technological Properties of Some Acsad Variety and Genotypes of Bread Wheat Cultivated Under Rainfed Conditions

د. عبود الصالح[1]

Dr. Abboud Alsaleh[1]

dr.abboud.alsaleh@gmail.com

Received 21 February 2024; Accepted 28 April 2024

(1) المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة/ أكساد، دمشق، سورية.

(1) The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands/ACSAD, Damascus, Syria.

الملخص

يهدف البحث إلى دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية والتصنيعية لصنف من قمح الخبز أكساد 1133 (*Triticum aestivum* L.) وأربع سلالات مبشرة (أكساد 1398 وأكساد 1470 وأكساد 1416 وأكساد 1544) من حصاد الموسم الزراعي 2022 - 2023، تحت الظروف المطرية في محطة بحوث ازرع، سورية. أظهرت سلالات أكساد المبشرة تميزًا في صفاتها الفيزيائية حيث كان الوزن النوعي مرتفعًا، وتفوق بعضها على الصنف أكساد 1133، تفوقت سلالة أكساد 1544 على باقي السلالات المدروسة بصفة وزن ألف حبة وتميزت سلالات أكساد المبشرة بالبللورية العالية وتفوقت بشكل معنوي على الصنف 1133، كما تميزت هذه السلالة بالمحتوى البروتيني العالي مما يجعلها ملائمة لإنتاج أنواع الخبز كافة وبمواصفات حسية ونوعية عالية، وكانت نسب الاستخراج في سلالات أكساد المدروسة مرتفعة، وتقاربت متوسطات تحبب ولون ورماد الدقيق لكافة سلالات أكساد بشكل كبير مع قيم الصنف 1133 وتتوافق مع المعايير العالمية لمواصفات للدقيق. بيّنت الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق صنف أكساد 1133 وسلالات القمح المدروسة ارتفاع رقم السقوط، لذا فهي مناسبة جدًّا لتصنيع كافة أنواع الخبز، كما لوحظ ارتفاع بروتين الدقيق وجودته من خلال نسب الغلوتين الرطب والجاف ودليل الغلوتين. أظهرت الاختبارات الريولوجية ارتفاع زمن تكون العجين وثباتيته لكافة السلالات المدروسة التي قارب معظمها قيم الصنف 1133. كما كانت مطاطية ومقاومة وقدرة العجين جيدة بشكلٍ عام لدى كافة السلالات المدروسة. وبناء على ما يميز سلالات أكساد المبشرة 1398 و1470 و1416 من قمح الخبز من صفات نوعية، فهي مؤهلة للاعتماد في الدول العربية.

الكلمات المفتاحية: سلالات وأصناف قمح الخبز، أكساد، الخواص الفيزيوكيميائية، الخواص الريولوجية، الخواص التصنيعية، جهاز الاكستنسوغراف، جهاز الفارينوغراف.

©2025 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands. **ISSN: 2305-5243/ EISSN: 3005-6438. (p: 60-81)**

Abstract

The research aims to study the physicochemical, rheological, and manufacturing characteristics of the wheat variety Acsad 1133 (Triticum aestivum L.) and four promising lines (Acsad 1398, Acsad 1470, Acsad 1416, and Acsad 1544) harvested during the 2022-2023 agricultural season, under the rainfed conditions at the Izraa Research Station, Syria. The Acsad promising lines showed distinct physical characteristics, with high-test weight, and some outperformed the Acsad 1133 variety. As for the thousand-kernel weight, the Acsad 1544 line outperformed the other genetic lines. The Acsad promising lines were distinguished by their high-water absorption and significantly outperformed the variety 1133, as well as by their high protein content, making them suitable for producing all kinds of bread with high sensory and qualitative traits. The extraction rates in the studied Acsad lines were high, and the averages of granulation, color, and ash content for all Acsad lines were low, closely resembling the values of the 1133 variety and meeting the international standards for flour traits. The physicochemical characteristics of the flour for the Acsad 1133 variety and the studied wheat lines showed an increase in the falling number, making them very suitable for manufacturing all kinds of bread. An increase in the flour protein and its quality was also observed through the wet and dry gluten ratios and the gluten index. The rheological tests showed an increase in dough formation time and stability for all the studied lines, which closely approached the values of the 1133 variety. The elasticity, resistance, and overall dough strength were good for all the studied lines, closely resembling the 1133 variety. Based on the distinctive qualitative characteristics of the promising Acsad wheat 1398, 1470 and 1416 bread wheat lines, they are qualified for certification in Arab countries.

Keywords: Lines and Varieties of Bread Wheat, Acsad, Physicochemical Properties, Rheological Properties, Technological Properties, Extensograph, Farinograph.

المقدمة

يعدُّ القمح من أهم محاصيل الحبوب في العالم ويمثل 21% من الطلب العالمي على الغذاء، حيث يعتمد عليه أكثر من 80% من سكان العالم كمصدر للبروتينات والسعرات الحرارية والألياف (Al-Saleh,1995; Shewry, 2009; Shiferaw, 2013; Khalid *et al.,* 2023). على الصعيد العالمي، يجري إنتاج أكثر من 771 مليون طن من القمح سنويًّا من مساحة تقدر بـ 220 مليون هكتار (FAO,2021). ومع تزايد عدد سكان العالم، من المتوقع أن يزيد الطلب على القمح بحلول عام 2050 بنسبة 33% بمعدل سنوي قدره 1.6% (FAO, 2010). إن ارتفاع الطلب الناتج عن زيادة عدد السكان والتحول في أذواق المستهلكين لمنتجات القمح يوجب زيادة في الإنتاج العالمي للقمح بنسبة 40% تقريبًا (FAO, 2023).

للقمح نوعان رئيسيان هما قمح الخبز سداسي الصيغة الصبغية (*Triticum aestivum*)، الذي يشكل حوالي 95% من القمح المنتج عالميًا، والقمح الصلب رباعي الصيغة الصبغية (*Triticum durum*)، الذي يمثل 5% المتبقية من إجمالي إنتاج القمح العالمي. ويختلف هذان النوعان من القمح في تركيب ونوعية الحبوب والاستخدام النهائي لهما (Sharma *et al.,* 2020).

تعود أهمية القمح لاحتوائه على الغلوتين بنسبة مرتفعة، الذي يتكون من بروتيني التخزين الغلياذين والغلوتينين، اللذان يُشكلان من خلال ارتباطهما مع النشاء والليبيدات أثناء عملية العجن الشبكة الغلوتينية ذات الخواص الفريدة في حجز فقاعات الغاز أثناء عملية التخمر معطية نواتج الخبيز ذات الوزن النوعي المنخفض، بالإضافة إلى اكتسابه خواص أخرى كالإسفنجية والمطاطية والمقاومة للشد (Al-Saleh and Brenan, 2012; Yazar, 2023)، لذلك يعتمد الأمن الغذائي والتغذية في العالم على كمية ونوعية القمح الذي يجري إنتاجه. هناك تحديات كبيرة تعترض زيادة إنتاج الغذاء التي تتمثل في ثباتية مساحة الأراضي الزراعية ومحدودية الموارد المائية وتأثيرات تغير المناخ.

تحدد الخصائص الفيزيائية والكيميائية لحبوب القمح صفاتها النوعية، وتعتمد هذه الصفات على الخواص الوراثية للحبوب بالإضافة إلى تأثير البيئة والتفاعل فيما بينها. تعد الخواص الفيزيائية والتركيب الكيميائي والخواص البيوكيميائية أهم العوامل التي تعبر عن جودة الحبوب. تؤثر الظروف البيئية السائدة أثناء موسم النمو على جودة الحبوب، ولا سيما الإجهاد المائي والحراري ولاسيما إذا ما تزامن مع مرحلة امتلاء الحبوب حيث يؤثر بشكل كبير على جودة حبوب القمح وإنتاجيتها (Lama *et al.,* 2023; Al-Saleh, 2023).

إن الهدف الرئيسي في برامج تربية قمح الخبز هو إنتاج أصناف يمكن أن يصنع منها الخبز بجودة عالية، وبما أن محتوى بروتين الحبوب هو العامل الحاسم في صناعة الخبز حيث يؤدي المحتوى العالي منه إلى الحصول على الخبز بأنواعه المختلفة بمواصفات جيدة، لذا فإن المحتوى البروتيني هو أهم صفة في تقييم نوعية الحبوب كما أنه عامل أساس في تحديد سعر القمح في التبادلات التجارية العالمية (Fossati *et al.*, 2011).

يعرف الطحن بأنه تحطيم حبوب القمح واستخراج الدقيق، وتتيح عملية الطحن إمكانية فصل الجزء الرئيسي من حبوب القمح وهو الأندوسبرم الغني بالمركبات ذات الوظائف التكنولوجية عن النخالة والجنين. وفي الوقت نفسه، يجري تحطيم الأندوسبرم إلى جزيئات الدقيق الصغيرة. عند إضافة الماء، يوفر السطح الكبير لجزيئات الدقيق ترطيبًا متجانسًا وكاملًا وشبه فوري لجزيئات البروتين الكبيرة، وهي الظاهرة الأولى والأساسية لتكوين العجين وتطوره (Pagani *et al.*, 2014).

يعد الرماد أحد المؤشرات الرئيسية لجودة دقيق القمح واستخداماته. يتكون الرماد الناتج من الدقيق من عناصر كالفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم بشكل رئيسي والمغنيسيوم والحديد والزنك والنحاس بشكل ثانوي. تحتوي حبوب القمح الكاملة على 1 إلى 3% من المكونات المعدنية، ويعود هذا الاختلاف للتركيب الوراثي ولنوع وصنف القمح بالإضافة إلى موقع النمو وموسم الزراعة (Carson and Edwards, 2009; Anjum *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2023). توزّع العناصر المعدنية في الحبة بشكل غير متساو، حيث تحتوي طبقة الأليرون والأغلفة على حوالي 68%، الأندوسبرم 20%، والجنين 12% من إجمالي العناصر المعدنية (Al-Saleh, 1995; Ficco *et al.*, 2018). عادة ما يكون الدقيق الذي يتميز بمستوى رماد أعلى أقل نقاوة ويحتوي على جزيئات نخالة أكثر نعومة، ولذلك فإن الرماد هو مؤشر يستخدم على نطاق واسع لنقاوة الدقيق ومعدل استخراجه أثناء

الطحن. من الناحية الغذائية، تترافق زيادة محتوى الرماد في الدقيق مع زيادة في محتوى الألياف الغذائية والفيتامينات والبروتينات غير الغلوتينية وهذا أمر مرغوب فيه. ومع ذلك، فإن الجودة الفنية للدقيق عالي الرماد أقل لأنه يتميز بلون أغمق ونشاط أكبر للإنزيمات المحللة للبروتين.

يتشكل الغلوتين من مجموعة من البروتينات في القمح ويكون مسؤولاً عن إعطاء العجين بنيته القوية؛ لذا تعد كمية الغلوتين ونوعيته مؤشر نوعي لجودة خبز القمح. يؤدي الغلوتين من بين مكونات جودة القمح الدور الأكثر أهمية في تحديد الاستخدام الصناعي للقمح، وبالتالي فإن قوة الغلوتين هي أحد المعايير المستخدمة في تصنيف القمح. بشكل عام، يؤدي الدقيق الذي يحتوي على نسبة عالية من الغلوتين إلى نتائج أفضل نظرًا لأنه يتمتع بإمكانية كبيرة في حجم الرغيف مع امتصاص أعلى للماء (Chopf and Scherf, 2021). يجري التحكم بالغلوتين وراثيًا ولكنه قد يختلف بشكل كبير اعتمادًا على نوع وصنف القمح وموقع الزراعة والظروف المناخية وخصوبة التربة، بالإضافة إلى والتفاعلات المعقدة بين هذه العوامل(Filip *et al.*, 2023) .

تتغير جودة الغلوتين بحسب الأنماط الجينية والبيئة، حيث تسبب الاختلافات الجينية ولا سيما التباين الأليلي لبروتينات الغلوتين بين الأنماط الجينية تباينًا في جودة الغلوتين. إن العلاقات بين الاختلافات الأليلية في تكوين الوحدات الفرعية ذات الوزن الجزيئي العالي للبروتين وقوة العجين قوية وثابتة (Shewry *et al.*, 1992). من ناحية أخرى، تختلف العوامل البيئية كدرجة الحرارة وتوافر المياه وتوافر العناصر الغذائية ولا سيما النيتروجين والكبريت في الحقول، ويسبب التباين في هذه العوامل البيئية خلال موسم النمو تغيرات في جودة الغلوتين.

تتراكم بروتينات الغلوتين المكونة من الغلوتينين والغليادين في أندوسبرم القمح أثناء ملء الحبوب. تعد الغلوتينينات عبارة عن بروتينات بوليمرية تتكون من وحدات فرعية ذات وزن جزيئي مرتفع من الغلوتين (HMW) ووحدات فرعية من الغلوتين ذات وزن جزيئي منخفض. على الرغم من أن نسبة HMW في إجمالي بروتينات الغلوتين صغيرة، إلا أن مساهمتها في جودة صناعة الخبز هي من بين الأكبر من خلال تكوين بوليمرات الغلوتينين الكبيرة (Gupta *et al.*, 1993). الغليادين هي مجموعة من البروتينات الأحادية المسؤولة عن لزوجة العجين أو قابليته للتمدد. كما أن نسبة الغلوتينين إلى الغليادين تؤثر أيضًا على خصائص الغلوتين. من الناحية العملية، يشير مصطلح الغلوتين إلى البروتينات، لأنها تؤدي دورًا رئيسيًا في تحديد جودة الخبز الفريدة للقمح من خلال منح العجين القدرة على امتصاص الماء والتماسك واللزوجة والمرونة (Edwards *et al.*, 2007).

يعد معامل الغلوتين (GI) مقياسًا لجودة غلوتين القمح الذي يُستخدم لتحديد فيما إذا كانت بنية الغلوتين قوية أم ضعيفة (AACC, 2010)، فتكون جودة الغلوتين ضعيفة (GI <30%) أو جيدة (GI =30-80%) أو قوية (GI> 80%) (Oikonomou *et al.*, 2015). يمكن تصنيف القمح الذي يحتوي على مكونات بروتينية مماثلة وفقًا لقيم معامل الغلوتين، بمعنى آخر، يرتبط معامل الغلوتين بمتغيرات قوة البروتين.

إن إنتاجية صنف القمح وجودة حبوبه هي النتيجة النهائية للتفاعلات بين الصنف والبيئة التي يزرع فيها. تعتمد جودة القمح على العوامل الوراثية ولكن للظروف البيئية ومواقع الزراعة والممارسات الزراعية المنفذة خلال المراحل المختلفة من نمو القمح التي لها تأثير كبير في خصائص جودة الحبوب. بشكل عام، تشير جودة القمح إلى مدى ملاءمته لاستخدام نهائي معين بناءً على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والريولوجية والغذائية لحبوب القمح.

يعد محتوى البروتين أحد عوامل الجودة الرئيسية التي تحدد مدى ملاءمة القمح لنوع معين من المنتجات لأنه يؤثر على عوامل أخرى بما في ذلك ثبات العجين وحجم الرغيف والقدرة على امتصاص الماء (Al-Saleh and Brennan, 2012; Zhang *et al.*, 2023). تعدُّ كمية ونوعية البروتين مهمة في تقدير نوعية الدقيق وجودة المنتج النهائي المصنع منه (Sharma *et al.*, 2020). ومع ذلك، فإن برامج تحسين قمح الخبز تكون موجهة في معظمها لتلبية احتياجات الجودة المطلوبة من قبل المستخدمين النهائيين. تستخدم أصناف القمح التي جرى تطويرها لجميع الاستخدامات كالخبيز بأنواعه والحلويات والمعجنات وما إلى ذلك، وتشير التقديرات إلى أن ما يقرب من 80% من إجمالي القمح المنتج يستخدم لإنتاج الخبز، وتتأثر الصفات الحسية للخبز بالصنف وطريقة الطحن وظروف تخزين القمح والدقيق والخصائص الريولوجية للدقيق وتقنيات العجن وطريقة الخبز ودرجة حرارة الفرن (Lancelot *et al.*, 2021).

يعد الحفاظ على إنتاج القمح بجودة عالية أمرًا مهمًّا لضمان الأمن الغذائي. ومع تغير المناخ المستمر والاحتباس الحراري، أصبحت الأحداث المناخية الشديدة والإجهادات اللا أحيائية أكثر حدة التي عادة لا يمكن التنبؤ بها (Le Gouis *et al.*, 2020). تؤثر الأحداث المناخية كالحرارة والجفاف والأمطار الغزيرة والتراكيز العالية لثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بشكل فعلي وكبير على إنتاج وجودة القمح في جميع أنحاء العالم. ويعتمد مدى الخسائر على مرحلة نمو النبات المتضررة وشدة الإجهاد (Long *et al.*, 2022). لذلك، فإن تطوير الأنماط الجينية للقمح المقاومة لمختلف الإجهادات اللاأحيائية أمر بالغ الأهمية للأمن الغذائي في ظل تغير المناخ المستمر. من بين الإجهادات اللاأحيائية التي يفرضها تغير المناخ، يعدُّ إجهاد الحرارة والجفاف الأكثر ضررًا لنمو القمح وتطوره (Mamrutha *et al.*, 2020).

جرى تحديد الجفاف أثناء استطالة الساق والإجهاد الحراري أثناء مرحلة ملء الحبوب كعوامل بيئية مهمة بشكل خاص تؤثر على إنتاجية القمح وجودته، لأن الجفاف والحرارة يعوقان نمو وتطور أعضاء نبات القمح المختلفة ومعدل التمثيل الضوئي وامتصاص النبات للمغذيات والخصوبة وعدد السنابل ودرجة امتلاء الحبوب (Le Gouis *et al.*, 2020; Mamrutha *et al.*, 2020; Lama *et al.*, 2023). تشهد مناطق مثل البحر المتوسط وجنوب أوروبا تأثيرات أعلى للإجهاد الحراري والجفاف مقارنة بالمناطق الأخرى، مما يتسبب في خسائر كبيرة في الإنتاج الاقتصادي والغذائي (European Environment Agency EEA, 2019).

يُقترح أن يؤدي ارتفاع متوسط درجة حرارة الهواء العالمية بمقدار من 1 إلى 3 درجات مئوية إلى انخفاض إنتاج القمح بنسبة تصل إلى 28% (Zhang *et al.*, 2021). يعد إنتاج القمح عمومًا محط اهتمام رئيسي نظرًا لعلاقته المباشرة بالأمن الغذائي (Asseng *et al.*, 2019). ومع ذلك، فإن الشركات المصنعة لمختلف المنتجات الغذائية القائمة على القمح، وأهمها الخبز، تتطلب دقيق قمح بجودة بروتينية محددة (Johansson *et al.*, 2020). يتم تحديد جودة القمح بشكل أساسي من خلال الغلوتين المطلوب في دقيق خبز القمح والمسؤول عن مطاطية ومقاومة العجين والذي غالبا ما تتأثر كميته ونوعيته سلبًا بالحرارة والجفاف (Lama *et al.*, 2022). أظهرت الدراسات زيادة إجمالي محتوى البروتين ومحتوى الغلوتين بنسبة 65% و32% على التوالي، في ظل الإجهاد الحراري والجفاف المشترك مقارنة بالظروف الطبيعية (Sattar *et al.*, 2020). ووجد أيضاً أن نسب الأنواع المختلفة من البروتينات، مثل الغلوتينينات ذات الوزن الجزيئي العالي (HMW) والوزن الجزيئي المنخفض (LMW)،

وألفا وبيتا وغاما وأوميغا غليادين، تزداد في ظل ظروف الاجهاد الحراري بالمقارنة مع الظروف الطبيعية (Zhao *et al.,* 2022). تعتمد قابلية نباتات القمح للإجهادات اللاأحيائية على مدة وتكرار وشدة ظروف الإجهاد التي تتعرض لها النباتات (Qaseem *et al.,* 2019). بسبب الآليات الأيضية والفيزيولوجية التكيفية التي طورتها نباتات القمح، يمكن أن تختلف الاستجابات الفيزيولوجية في مراحل النمو المختلفة بين الأنماط الجينية (Rampino *et al.,* 2006).

ونظرًا لوقوع معظم أراضي زراعة القمح في منطقتنا العربية في المناطق الجافة وشبة الجافة؛ لذا يتوجب التركيز على حالة المواصفات النوعية للحبوب في ظل ظروف الإجهادات اللاأحيائية كالجفاف والحرارة السائدة بالإضافة إلى الإجهادات والصفات الأخرى، لذا أُجريت الدراسة لتقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية والريولوجية لصنف من أصناف أكساد من قمح الخبز بالإضافة إلى أربع سلالات مبشرة والمزروعة في منطقة شبة جافة، بهدف تقييم جودتها ومدى ملاءمتها لتصنيع المنتجات الغذائية.

مواد وطرائق البحث

مواد البحث

استُخدمت عينات حبوب صنف قمح الخبز (*Triticum aestivum* L.) (أكساد 1133) وأربع سلالات مبشرة (أكساد 1398 وأكساد 1470 وأكساد 1416وأكساد 1544) من حصاد الموسم الزراعي 2022 - 2023، تحت الظروف المطرية في محطة بحوث إزرع التابعة لمنظمة المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) في سورية، حيث يبلغ متوسط معدّل الهطل المطري السنوي فيها 289 مم، وذلك بهدف تقييم خواصها الفيزيوكيميائية والريولوجية. أجريت الاختبارات في مخابر أكساد ومخبر الحبوب المركزي بالسبينة التابع للسورية للحبوب.

طرائق البحث

تحضير العينات

قبل البدء بالاختبارات جرى تنظيف عينات حبوب القمح المستخدمة من الأجرام وهي كل ما يرافق القمح من مواد مختلفة نباتية أو غير نباتية، والشوائب وهي الحبوب غير السليمة بكل أشكالها، باستخدام غربالين الأول فتحاته (2×20 ملم)، والثاني (1×20 مم)، كما جرى ترطيب الحبوب بعد تنظيفها لرفع المحتوى المائي إلى 15%، لمدة 48 ساعة عند درجة حرارة الغرفة (20 درجة مئوية)، أضيف ماء الترطيب حسب طريقة جمعية كيميائيي الحبوب الأمريكية American Association of Cereal Chemists (AACC) رقم 95-26 (AACC, 2000). ثمّ طُحنت الحبوب بعد انتهاء فترة التكييف باستعمال مطحنة بوهلر Buhler junior mill لإنتاج الدقيق، التي تحتاج إلى عينة 2 كغ كحد أدنى وبطاقة طحنية قدرها 6 كغ قمح/ساعة، بهدف إجراء الاختبارات عليه. يجري حساب نسبة الاستخراج العادية المئوية للدقيق من خلال وزن كمية الدقيق الناتجة من طحن عينة القمح بعد التنظيف، أما فيما يتعلق بالاستخراج السكري فيضاف إلى الدقيق النخالة الناعمة والناتجة عن عملية الطحن مما يزيد من النسبة المئوية للاستخراج.

الاختبارات الفيزيائية للحبوب

1- الوزن النوعي: قدر الوزن النوعي لأصناف الحبوب المختبرة باستعمال جهاز Hectoliter Weight, Type 96007 ذي الحجم 250 سم^3، بثلاثة مكررات لكل عينة.

2- وزن ألف حبة: قُدّر وزن ألف حبة عن طريق عد 200 حبة من كل عينة بعد تنظيفها ووزنها ثمّ حساب وزن الألف حبة وتكرار ذلك لثلاث مرات وتسجيل النتائج كمتوسطات.

3- بللورية الحبوب: جرى تقدير بللورية الحبوب باستخدام جهاز Farinotome de Pohl بستة مكررات.

الاختبارات الكيميائية للحبوب

1- المحتوى المائي: جرى تقدير المحتوى المائي لعينات الدقيق وفقًا لطريقة AACC رقم 44-A15 (AACC, 2000).

2- تحبب الدقيق: جرى نخل كمية محددة من الدقيق بواسطة منخل هزاز آلي يحتوي على عدة مناخل تفصل الدقيق إلى مجموعات حسب أقطار الحبيبات وذلك خلال فترة زمنية محددة، وجرى الاختبار باستخدام 50 غرام دقيق وضعت فوق المنخل العلوي مع وضع كرات مطاطية للتجانس، وتبلغ فتحات المنخل العلوي 265 ميكرونًا، أما السفلي 112 ميكرونًا، جرى النخل لمدة 5 دقائق ثمّ تم وزن الدقيق المتبقي فوق المنخل العلوي والسفلي وحسبت نسبة التحبب.

3- لون الدقيق: جرى قياس لون الدقيق باستخدام جهاز Satake Colour Grader PCGA Series 4 وفقًا لطريقة (Wang *et al.*, 2016).

4- حموضة الدقيق: قدرت حموضة الدقيق بطريقة AACC ذات الرقم 02-02 (AACC, 2000).

5- المحتوى البروتيني: جرى تقدير المحتوى البروتيني بطريقة كلداهل Crude Protein Improved Kjeldahl حسب طريقة AACC 46-10 وذلك باعتماد معامل التحويل N ×5.7 (AACC, 2000).

6- نوعية وكمية الغلوتين: قُدرت النسبة المئوية للغلوتين الرطب والجاف ودليل الغلوتين بحسب طريقة AACC رقم 38-12 A، (AACC, 2000) باستخدام جهاز غسيل الغلوتين Perten Glutomatic Chambers 2200، حيث تغسل عينة الدقيق من النشاء والبروتينات الذوابة بواسطة محلول كلوريد الصوديوم 2.5%، ثم تُؤخذ كتلة البروتين المتبقية ويُجمع الجزء المتبقي فوق المنخل ويوزن ويحسب دليل الغلوتين وفقا لما يلي:

$$\text{دليل الغلوتين} = \frac{\text{وزن الغلوتين المتبقي فوق المنخل}}{\text{وزن الغلوتين الكلي}} \times 100$$

أما نسبة الغلوتين الجاف فتحسب بعد عملية تجفيف العينة بمجفف خاص.

7- رقم السقوط: جرى اختبار رقم السقوط بحسب طريقة AACC رقم 56-81B (AACC, 2000) باستخدام جهاز Hagberg Falling Number (Perten Instruments AB, Sweden).

8- الرماد: قدرت نسبة الرماد بحسب طريقة AACC رقم 01-08 (AACC, 2000)

اختبارات الدقيق الريولوجية

1- الفارينوغراف: أجريت الاختبارات على الدقيق باستخدام جهاز الفارينوغراف بحسب طريقة AACC رقم 21-54 (AACC, 2000)، ومن خلال مخططات الفارينوغرام لكل عينة سُجلت المعطيات التالية: نسبة امتصاص الماء وزمن تكون العجين وزمن ثبات العجين وضعف العجين والرقم الفالوريمتري.

2- الأكستنسوغراف: جرى اختبار عينات الدقيق المختلفة باستخدام جهاز الأكستنسوغراف وذلك وفقًا لطريقة AACC رقم 10-54 (AACC, 2000)، ومن خلال مخططات الأكستنسوغرام سُجلت المعايير التالية: قدرة العجين ومقاومة العجين للشد ومقاومة العجين العظمى للشد بالإضافة إلى مرونة ومطاطية العجين.

التحليل الإحصائي

أُجريت جميع التحاليل على ثلاثة مكررات وجرى تحليلها إحصائيا باستخدام برنامج Genstat 12. أجري اختبار تحليل التباين (ANOVA) باستخدام تحليل One way ANOVA، ثم تُبعت بحساب قيم أقل فرق معنوي LSD بين المتغيرات عند مستوى المعنوية 5%، ومعامل التباين (CV%) لكل صفة مدروسة، كما حُسبت قيم معامل الارتباط البسيط correlation Simple بين الصفات المدروسة لعينات القمح.

النتائج والمناقشة

الخصائص الفيزيوكيميائية لأصناف القمح

بلغ متوسط نسبة الأجرام في العينات المدروسة 0.1% التي تعد منخفضة، حيث تراوحت بين 0.05 و0.12%، بينما تراوحت نسبة الشوائب بين 0.5 و1.6% وبمتوسط 1.13%، مما يدل على ملاءمتها لإجراء الاختبارات المختلفة، لذا فنتائج تحاليل العينات معبرة عن مواصفات الأصناف التي أخذت منها (الجدول 1).

إن من أهم العوامل المعتمدة في تصنيف جودة القمح هو اختبار الوزن النوعي، فزيادة الوزن النوعي تدل على زيادة كمية المادة الجافة مما يعطي استخراجًا عاليًا من الدقيق (Zhang *et al.,* 2021). يتغير الوزن النوعي للحبوب اعتمادًا على التركيب الوراثي والظروف البيئية والممارسات الزراعية، وقد وجد أن متوسط الوزن النوعي لأصناف وسلالات أكساد كان 80.3 كغ/هكتولتر، ولقد تفوقت سلالة أكساد 1544 على الباقي وبفرق معنوي حيث بلغ وزنها النوعي 82 كغ/هكتولتر (الجدول 1) ووفقًا للتصنيف العالمي للأقماح فإن قمح الدرجة الأولى هو الذي يزيد وزنه النوعي عن 78 كغ/هكتولتر، وبناء عليه تعد أقماح أكساد المدروسة متميزة عالميًا (Lukow, 2006; Manley *et al.*, 2009).

يعبر وزن ألف حبة (TKW) عن حالة حبة القمح وهو خاصية أساسية تميز أصناف القمح ذات الجودة الفيزيائية والفيزيولوجية للحبوب في حالة القيم العالية منها. عمومًا، تكون قيم وزن ألف المرتفعة مرتبطة إيجابا بالاستخراج المحتمل للطحين، لأن نسبة الاستخراج مرتبطة بشكل وثيق بحجم الحبوب ونسبة الأندوسبرم إلى نسبة الجنين والأغلفة. يستخدم مربو القمح وأخصائيو الطحن هذه الطريقة إضافة لاختبار الوزن النوعي لتقييم حالة حبوب القمح واستخراج الدقيق المحتمل منها (Ponce-Garcia *et al.,* 2017; Wang and Fu, 2020). تراوحت قيم الأصناف المختبرة في هذه الدراسة بين 40 و45 غرام بمتوسط 41.8 غرام، وسجلت السلالة أكساد 1544أعلى قيمة حيث بلغت 45 غرام (الجدول 1).

إن الاختلافات في وزن الألف حبة بين أصناف القمح قد تكون ناجمة عن الاختلافات في التركيب الوراثي للأصناف والسلالات باعتبار أنها قد تعرضت لنفس الظروف البيئية، لذا فإن عمليات البناء الحيوي وتراكم النشاء والبروتين في الحبوب جرت تحت نفس الظروف.

الجدول 1. الخصائص الفيزيوكيميائية لأصناف وسلالات قمح الخبز المدروسة

الصفة / الطرز الوراثية	أجرام%	شوائب%	وزن نوعي (كغ/ هـ.ل$^{-1}$)	وزن ألف حبة (غ)	بللورية (%)	محتوى مائي (%)	محتوى بروتيني (%)
أكساد 1133	0.11 b	1.60 c	80.0 a	40.0 b	79.0 c	10.4 c	15.9 a
أكساد 1398	0.12 b	1.50 c	80.7 a	41.0 b	95.0 a	11.1 a	15.1 b
أكساد 1470	0.11 b	1.10 b	79.0 a	41.0 b	97.0 a	10.5 c	13.2 d
أكساد 1416	0.05 a	0.97 b	80.0 a	42.0 b	94.0 ab	11.1a	13.8 c
أكساد 1544	0.11 b	0.50 a	82.0 a	45.0 a	91.0 b	10.7 b	12.2 e
المتوسط	0.10	1.13	80.3	41.8	91.20	10.8	14.0
L.S.D	0.03	0.22	2.36	1.79	2.06	0.10	0.27
C.V	16.5	10.0	1.6	2.3	1.2	0.5	1.0

* تدل الأحرف المشتركة في العمود الواحد على عدم وجود فروقات معنوية على مستوى دلالة إحصائية P≤0.05.

تعد بللورية الحبوب عاملاً مهمًّا في تحسين جودة الاستخدام النهائي للقمح، ويُفضل استخدام الحبوب متوسطة الصلابة لتصنيع الخبز لأن مستويات النشاء المتضررة في الدقيق الناتج تكون ملائمة لزيادة امتصاص الماء للعجين الذي يرغب به الخبازون (Araya *et al.,* 2019; Al-Saleh, 2023). لقد كان متوسط بللورية الأصناف والسلالات المدروسة 91.3% الذي يعدُّ قيمة عالية تؤهلها للاستخدام لكافة انواع المنتجات التي تعتمد على القمح وسجلت سلالة أكساد 1470 أعلى درجة من البللورية حيث بلغت 97% (الجدول 1).

يعد المحتوى المائي للحبوب في القمح أمرًا ذا أهمية كبيرة بعد الحصاد، حيث يؤدي ارتفاع المحتوى المائي لزيادة نشاط الكائنات الحية الدقيقة ولا سيما الفطور، كما يزيد من التفاعلات الحيوية مسببا تضرر الحبوب وضعف حيويتها مما يقلل من إمكانية تخزينها وقابليتها للطحن والتصنيع، ويعد المحتوى المائي 11% الأكثر ملاءمة لظروف التخزين والتصنيع (Al-Saleh, 1995; Nithya *et al.,* 2011). لقد تراوح المحتوى المائي للحبوب في الأصناف والسلالات بين 4.10 إلى11.1% وبمتوسط قدره 10.8% وبذلك تكون جميع الأصناف صالحة بامتياز للتخزين والتصنيع بآن واحد (الجدول 1).

من المعروف أن محتوى بروتين القمح يتراوح بين 12-20% تقريبًا (Alisa *et al.,* 2015)، ويعتمد ذلك بشكل أساسي على الصنف، ولكن من المعروف أنه يتأثر بالظروف المناخية ولا سيما تعرض النبات للإجهاد المائي أثناء فترة ملء الحبوب، وكذلك بمعدل الأسمدة النيتروجينية ووقت إضافتها ونيتروجين التربة المتبقي. (Ames *et al.,* 2003). لقد تراوحت نسبة البروتين في الأصناف والسلالات المدروسة بين 13.0 و15.3% بمتوسط مقداره 14% الذي يعدُّ عاليًا ويحقق متطلبات صناعة الخبز وكان الصنف 1133 الأعلى من حيث المحتوى البروتيني من بين الأصناف والسلالات المدروسة حيث بلغت نسبته 15.9% (الجدول 1).

خصائص عملية الطحن

أخذت عينات الحبوب بحدود 4 إلى5 كغ تقريبًا من الحبوب الجافة والنظيفة من أصناف وسلالات أكساد الخمسة المدروسة، حيث جرى ترطيبها إلى المحتوى المائي الملائم لكل صنف كما ذكر آنفًا، وجرى طحنها إلى دقيق عالي الجودة، ومن ثمّ جرى قياس أداء الطحن للحبوب Milling Performance من خلال كمية الدقيق الناتج وكمية النخالة العادية والسكرية ونسبة استخراج الدقيق (الجدول 2).

يوضح الجدول (2) كمية الدقيق الناتجة عن طحن كل صنف أو سلالة، التي تراوحت بين 2.340 كغ للصنف أكساد 1133 و3.478 كغ لسلالة أكساد 1416، أمّا كمية النخالة العادية، فقد تراوحت بين 0.105 كغ لسلالة أكساد 1416 إلى 0.180 كغ لدى سلالة أكساد 1470، بينما تراوحت كمية النخالة السكرية بين 0.455 كغ لدى صنف أكساد 1133 و0.810 كغ في صنف أكساد 1416. كانت هناك فروقات معنوية بين جميع الأصناف المدروسة في كميات الدقيق ومشتقاته نظرًا لتباين كميات القمح المطحونة (الجدول 2).

كان متوسط نسبة الاستخراج للأصناف المدروسة مرتفعًا في جميع الأصناف حيث بلغ 72.7%، وتراوحت نسبة الاستخراج بدون النخالة السكرية بين 70% لدى صنف أكساد 1133 إلى 74% لدى سلالة أكساد 1416، أما عند إضافة النخالة السكرية إلى الدقيق، فقد ارتفع متوسط نسبة الاستخراج إلى 89% وتراوحت قيمها بين 84% لدى صنف أكساد 1133 و91% لدى سلالة أكساد 1416 وبفروقاتٍ معنوية بين الأصناف المدروسة.

الجدول 2. نتائج الطحن ومواصفات الدقيق لعينات أصناف وسلالات قمح الخبز المدروسة

الصفة / الطرز الوراثية	وزن القمح (غ)	وزن الدقيق (غ)	النخالة السكرية (غ)	النخالة العادية (غ)	الاستخراج العادي%	الاستخراج مع السكرية%
أكساد 1133	3350 e	2340 e	455 e	155 c	70 c	84 b
أكساد 1398	3880 d	2850 d	600 d	140 d	74 a	89 a
أكساد 1470	4180 b	2990 b	770 b	180 a	72 b	90 a
أكساد 1416	4700 a	3478 a	810 a	105 e	74 a	91 a
أكساد 1544	4000 c	2930 c	660 c	160 b	73.3 ab	90 a
المتوسط	4022	2917.7	659	148	72.7	89
L.S.D	7.59	7.09	9.23	2.63	1.08	1.95
CV	0.1	0.1	0.7	0.9	0.8	1.2

* تدل الأحرف المشتركة في العمود الواحد على عدم وجود فروقات معنوية على مستوى دلالة إحصائية $P \leq 0.05$.

يجري عادة تصنيف الأقماح التي تتجاوز فيها نسبة استخراج الدقيق 70% على أنها أقماح ذات نوعية ممتازة (Dexter *et al.,* 2004)، لذا تعدُّ أصناف وسلالات أكساد صالحة لتصنيع جميع منتجات الخبيز، كما تعطي هذه الاصناف نسب استخراج عالية بعد إضافة النخالة السكرية وبذلك تحقق مردود عالي من الدقيق الذي يستخدم في إنتاج الخبير الخاص بالتغذية العلاجية (Marc, 2017).

الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق

بيّن اختبار تحبب الدقيق أن نعومة الدقيق الناتج ممتازة، حيث كانت كمية الدقيق النازل من المنخل الأوّل أكبر من 99.8% للسلالة أكساد 1544وكان المتوسط 90.6% لإجمالي العينات المدروسة، كما كان متوسط الدقيق الباقي على المنخل الثاني 50.4%، وتدل القيم المتحصل عليها من اختبار التحبب على تجانس حبيبات الدقيق وصلاحيتها لتصنيع الخبز، حيث أن ذلك يعد عاملاً أساسيًّا في تحديد نوعية المنتج النهائي المصنع من الدقيق (Al-Saleh,1995: Vouris *et al.,* 2018).

يعد محتوى الرماد في الدقيق عاملاً مهمًّا في تقييم جودة الدقيق(Czaja *et al.,* 2020) . لقد كان متوسط الرماد للعينات المدروسة 1.06% حيث تراوحت قيمه بين 1.02% لسلالة أكساد 1416 و1.09% لسلالة أكساد 1470 وهذا يدلل على جودة عملية فصل النخالة عن الدقيق أثناء عملية الطحن، وترافق ذلك مع درجات لون منخفضة للدقيق فقد كان المتوسط 2.0 درجة مع تباين بين لون العينات الذي تراوح بين 1.3 درجة للصنف أكساد 1544 و3.3 درجة للصنف أكساد 1133 (الجدول 3).

الجدول 3. الصفات الفيزيوكيميائية لدقيق أصناف وسلالات قمح الخبز المدروسة

الصفة / الطرز الوراثية	التحبب 1%	التحبب 2%	الرماد%	اللون	حموضة الدقيق
أكساد 1133	99.3 b	63.0 a	1.08 a	3.3 a	2.0 a
أكساد 1398	99.6 ab	43.0 c	1.04 a	2.0 b	1.5 b
أكساد 1470	99.7 a	49.0 b	1.09 a	2.1 b	2.0 a
أكساد 1416	99.7 a	49.6 b	1.02 a	1.4 c	1.7 ab
أكساد 1544	99.8 a	47.5 b	1.05 a	1.3 c	1.9 a
المتوسط	99.6	50.4	1.06	2.0	1.8
L.S.D	0.24	1.49	0.07	0.16	0.20
CV	0.1	1.6	3.3	4.3	5.8

* تدل الأحرف المشتركة في العمود الواحد على عدم وجود فروقات معنوية على مستوى دلالة إحصائية P≤0.05.

من المعلوم أن تزايد نسبة الرماد في الدقيق يرفع من درجة اللون .ونظراً لوجود علاقة خطية بين محتوى الدقيق من الرماد ودرجة لونه (Kim and Flores, 1999; Al-Saleh , 2023) لتوضع معظم العناصر المعدنية في الأغلفة، فارتفاع نسبة الأغلفة في الدقيق يرفع درجة اللون، ومن النتائج يتبين أن درجات لون ونسب رماد دقيق عينات سلالات وأصناف أكساد المدروسة تتوافق مع نسب الرماد ودرجات اللون لدى الدقيق وفقًا لما هو متعارف عليه عالميًّا (Williams *et al.,* 1988).

تباين متوسط درجة حموضة الدقيق بين 1.5 و2.0 درجة وبمتوسط 1.8، التي تُعد ضمن القيم الطبيعية لحموضة الدقيق وهذا دليل عدم تعرض القمح لتغيرات كيميائية أو كيميائية حيوية قبل الطحن وعدم وجود نشاط ملموس لأنزيم lipase (Al-Saleh, 1995; Salman and Copeland, 2007) (الجدول 3).

يمكن أن يلاحظ من الجدول (4) ارتفاع المحتوى البروتيني للدقيق الذي تراوح بين 11.1 و14.4% وبفروق معنوية بين صنف أكساد 1133 وسلالات أكساد المدروسة وبمتوسط 13.0%، وتعود هذه النسب المرتفعة في الدقيق لارتفاع محتوى

الحبوب من البروتين في جميع أصناف وسلالات القمح المدروسة، وبالتالي فهي ملائمة لصناعة الخبز وكافة المخبوزات الاخرى المصنعة منه (الجدول 4).

بينت نتائج تقدير الغلوتين الرطب لأصناف وسلالات أكساد المبشرة والمستخدمة في الدراسة إلى تقارب في قيمها وبمتوسط قدره 32.7%، وقد تراوحت بين 26% للسلالة 1544 و44% للسلالة 1398 (الجدول 4). وبناء على ذلك، يمكن تقييم قيم الغلوتين الرطب التي جرى الحصول عليها في هذه الدراسة من الناحية الكمية بأنها جيدة جداً في مجملها، حيث تعدّ كمية الغلوتين الرطب التي تزيد عن 35% في القمح نسبة غلوتين عالية، وما بين 28و35% ذات محتوى غلوتيني جيد، وما بين 20 و27% متوسط المحتوى غلوتيني، وأقل من 20% فهو ضعيف المحتوى الغلوتيني. (Williams *et al.,* 1988) بين Pomeranz (1988) بأن غلوتين القمح يتمتع بقدرة ثابتة نسبيًا على امتصاص الماء وهي حوالي 2.8 مرة من محتوى الغلوتين الجاف، لذلك جاءت النتائج متوافقة مع هذا الاستنتاج حيث تراوحت نسبة الغلوتين الجاف في العينات بين 9.5% و15.1% وبمتوسط مقداره 11.5%.

الجدول 4. خصائص بروتين وغلوتين دقيق أصناف وسلالات قمح الخبز المدروسة

الصفة / الطرز الوراثية	بروتين الدقيق%	الغلوتين الرطب%	الغلوتين الجاف%	معامل الغلوتين%	رقم السقوط ثا
أكساد 1133	14.4 a	33.0 b	11.5 b	48.0 d	369 d
أكساد 1398	14.2 a	44.1 a	15.1 a	56.1 c	438 c
أكساد 1470	12.6 b	32.1 b	11.3 b	54.5 c	495 b
أكساد 1416	12.6 b	28.5 c	10.3 c	87.0 a	444 c
أكساد 1544	11.1 c	26.0 d	9.5 d	77.7 b	545 a
المتوسط	13.0	32.7	11.5	64.7	458
L.S. D	0.15	1.14	0.45	3.0	8.3
CV	0.6	1.9	2.1	2.4	1.0

* تدل الأحرف المشتركة في العمود الواحد على عدم وجود فروقات معنوية على مستوى دلالة إحصائية $P \leq 0.05$.

أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن قيم معامل الغلوتين قد تراوحت بين 48% للصنف أكساد 1133 و87% للسلالة 1416 وبمتوسط مقداره 64.7% (الجدول 4)، وتبين هذه النتائج أن غلوتين القمح لأصناف وسلالات أكساد جيدة إلى قوية. وبالنظر إلى النتائج المذكورة أعلاه، سيتمكن منتجو الدقيق من أصناف أكساد من إنتاج دقيق بجودة ممتازة تسمح بإنتاج كل أنواع الخبيز المطلوبة.

يؤدي تعرض الحبوب بعد حصادها للرطوبة المرتفعة إلى زيادة النشاط الأميليزي فيتضرر نشاء أندوسبرم الحبوب وبالتالي يتأثر رقم سقوط الحبوب، الذي عادة يعطي فكرة عن نوعية وحجم الخبز الناتج، وعادة يجب أن يكون رقم السقوط بحدود 250 ثانية لكي يعطي خبز جيد الحجم والقوام (Al-Saleh, 1995; He *et al.,* 2019). لقد كان نشاط الأنزيم ألفا أميليز α-amylase في دقيق العينات منخفضًا في كافة أصناف القمح المدروسة (الجدول 4)، حيث تراوح رقم السقوط بين 369 ثانية عند صنف قمح الخبز أكساد 1133، و545 ثانية في سلالة القمح الصلب أكساد1544، وبمتوسط 458 ثانية، وهذا

يدل على جفاف ساد أثناء موسم الحصاد، وتُعد هذه القيم المتدنية من النشاط الأنزيمي ملائمة جدًّا لإنتاج الخبز بكافة أنواعه.

الخصائص الريولوجية للدقيق

لدراسة الخصائص الريولوجية لدقيق أصناف أكساد من قمح الخبز جرى استخدام تقنيتي الفارينوغراف والاكستنسوغراف (الجدولين 5 و6). كان متوسط امتصاص الدقيق للماء مرتفعًا، حيث بلغ 62% وتراوح بين 58.8% للصنف أكساد 1133 و64% لسلالة أكساد 1398، ويُعزى ارتفاع نسبة امتصاص الماء إلى نعومة الدقيق المختبر. لقد كان متوسط زمن تكون العجين 4.3 دقيقة وهي تعدّ قيمة ممتازة، أما زمن التكون لعجينة السلالة 1398 فبلغ 6 دقائق وهو رقم عال جدًّا يعبر عن نوعية غلوتين متميزة جدًّا لدى هذه السلالة. لقد كان متوسط زمن ثبات العجين 3.8 دقيقة، وتراوح بين 3 لصنف أكساد 1133 و4.4 دقيقة لدى سلالة قمح الخبز أكساد 1470، ويدل ذلك على جودة غلوتين عالية وملائمة لتصنيع الخبز بأنواعه المختلفة بمواصفات حسية ونوعية متميزتين. بلغ متوسط درجة ضعف العجين 61 وحدة برا بندر (BU) وهو ضمن المعدل الطبيعي لأقماح المنطقة العربية، كما تراوحت قيم الفالوريمتري بين 51 و62.3 بمتوسط قدره 56.5 (الجدول 5).

الجدول 5. نتائج الخواص الريولوجية لدقيق أصناف وسلالات قمح الخبز المدروسة باستخدام الفارينوغراف

الصفة / الطرز الوراثية	امتصاص الماء (%)	زمن التكون (د)	زمن الثبات (د)	الضعف (BU)	الفالوريمتري
أكساد 1133	58.8 b	3.9 c	3.0 b	59.7 b	52.0 bc
أكساد 1398	64.0 a	6.0 a	3.2 b	59.0 b	62.3 a
أكساد 1470	62.1 a	4.4 b	4.4 a	59.0 b	55.0 b
أكساد 1416	62.0 a	4.2 bc	4.1 a	68.3 a	51.0 c
أكساد 1544	62.7 a	3.0 d	4.1 a	58.7 b	62.3 a
المتوسط	62.0	4.3	3.8	61.0	56.5
L.S. D	1.5	0.2	0.28	3.3	2.4
CV	1.3	2.3	4.0	2.9	2.2

* تدل الأحرف المشتركة في العمود الواحد على عدم وجود فروقات معنوية على مستوى دلالة إحصائية $P \leq 0.05$.

يظهر الجدول (6) وجود فروقاتٍ معنوية بالنسبة لصفة مطاطية العجين بين الأصناف المدروسة، حيث تدرجت من 121.7 ملم للسلالة أكساد 1416 إلى 162 ملم لسلالة أكساد 1398 مع وجود فروقاتٍ معنوية فيما بينها، بمتوسط 137.5 مم، كما تباين متوسط مقاومة العجين للشد عند اجراء اختبار الاكستنسوغراف بين 322 BU لدى سلالة أكساد1470 و408BU لدى سلالة أكساد 1544 وبمتوسط مقاومة قدره 342 BU، وكانت المقاومة العظمى للشد 428BU لدى السلالة أكساد 1544. أما بالنسبة لقدرة العجين فقد كان متوسطها 63 سم^2 وكانت القدرة العظمى 77 سم^2 لدى صنف أكساد 1133 وبوجود فروقاتٍ معنوية بين العينات المدروسة.

الجدول 6. نتائج الخواص الريولوجية لدقيق أصناف وسلالات قمح الخبز المدروسة باستخدام الاكستنسوغراف

الصفة / الطرز الوراثية	المطاطية (ملم)	مقاومة الشد (BU)	المقاومة العظمى للشد (BU)	الرقم النسبي	قدرة العجين ($سم^2$)
أكساد 1133	131.7 c	331 b	333 c	3.5 a	77 a
أكساد 1398	162.0 a	326 bc	377 b	2.1 e	73 b
أكساد 1470	141.0 b	322 c	343 c	2.4 d	57 d
أكساد 1416	121.7 d	325 bc	329 c	2.7 c	46 e
أكساد 1544	131.0 c	408 a	428 a	3.2 b	62 c
المتوسط	137.5	342	362	2.8	63
L.S. D	2.2	4.4	9.6	0.2	1.6
CV	0.9	0.7	1.4	3.2	1.3

* تدل الأحرف المشتركة في العمود الواحد على عدم وجود فروقات معنوية على مستوى دلالة إحصائية P≤0.05.

علاقات الارتباط للصفات المدروسة

يظهر تحليل معاملات الارتباط (الجدول 7) وجود ارتباط إيجابي للوزن النوعي مع مقاومة العجين (r=0.858) والمقاومة العظمى(r=0.879) وكذلك مع قيم الفالوريمتري (r=0.705) ووزن ألف حبة (r=0.778)، أما فيما يتعلق بوزن ألف حبة فقد كان هناك ارتباط سلبي له مع الغلوتين الجاف (r=-0.566) وارتباط إيجابي مع مقاومة العجين (r=0.905) ومع المقاومة العظمى(r=0.815) ومع قيمة الفالوريمتري (r=0.524) وثباتيه العجين (r=0.516)، ودليل الغلوتين (r=0.707) كما كان لوزن ألف حبة ارتباط سلبي مع المحتوى البروتيني للقمح (r=-0.832) ومع بروتين الدقيق (r=-0.894) ومع الغلوتين الرطب (r=-0.588) والغلوتين الجاف (r=-0.566) وكان الارتباط إيجابيًا مع دليل الغلوتين (r=0.707)، كما كان هناك ارتباط سلبي لوزن ألف حبة مع لون الدقيق (r=-0.778) ورماده (r=-0.378).

كما وجد ارتباط إيجابي بين بللورية حبوب القمح وكل من امتصاص الدقيق للماء (r=0.857) وثباتية العجين (r=0.662) وقدرة العجين (r=0.602) وكذلك ارتباط إيجابي للبللورية مع كل من بروتين القمح (r=0.563) وبروتين الدقيق (r=0.402) وكذلك أيضًا مع لون الدقيق (r=0.736)، ويعود ذلك إلى أن ارتفاع نسبة البللورية في حبوب القمح عائد لارتفاع نسبة البروتين فيها والذي يؤثر إيجابًا على قدرة وثباتيه العجين وكذلك على لون الدقيق (Al-Saleh and Brennan, 2012).

بينت الدراسة وجود ارتباط بين المحتوى البروتيني للقمح وقدرة العجين الناتج عنه (r=0.645) وكذلك مع مطاطيته (r=0.309) ومع زمن تكونه (r=0.525) وثباتيته وبشكل معنوي (r=889) وعلى ارتباط سلبي بين المحتوى البروتيني للقمح مع ضعف العجين (r=-0.809)، أما بالنسبة إلى الغلوتين الرطب والجاف فقد كان ارتباط المحتوى البروتيني معهما إيجابياً (r=0.645، r=0.626 على التوالي) وكذلك تزايد المحتوى البروتيني للدقيق بزيادة بروتين القمح بارتباط معنوي (r=0.975)، وهذا يتوافق مع ما أثبتته الدراسات السابقة (Gortner and Sharp, 2002).

الجدول 7. نتائج علاقات الارتباط بين الصفات المدروسة في سلالات وأصناف أكساد من قمح الخبز

	الوزن النوعي	1000 حبة	البللورية	بروتين القمح	استخراج1	استخراج2	تحبب 1	تحبب 2	الرماد	اللون	بروتين دقيق
القدرة	0.199	0.364-	0.602	0.645	0.513-	0.802-	0.698-	0.323	0.410	0.715	0.632
المقاومة	0.858	0.905	0.098-	0.634-	0.136	0.164	0.450	0.131-	0.111-	0.445-	0.728-
المطاطية	0.010	0.304-	0.322	0.309	0.205	0.033-	0.066-	0.521-	0.110	0.140	0.464
فالوريمتري	0.705	0.524	0.329	0.318-	0.446	0.260	0.429	0.670-	0.140-	0.386-	0.254-
الضعف	0.212-	0.011-	0.148	0.015-	0.381	0.365	0.146	0.031	0.664-	0.352-	0.088-
الثباتية	0.128-	0.516	0.662	0.889	0.356	0.794	0.827	0.395-	0.025-	0.691-	0.827-
التكون	0.312-	0.583-	0.381	0.525	0.331	0.049	0.166-	0.449-	0.175-	0.132	0.668
الامتصاص	0.333	0.428	0.857	0.459-	0.888	0.785	0.757	0.996-	0.496-	0.756-	0.333-
رقم سقوط	0.418	0.830	0.617	0.959-	0.479	0.738	0.912	0.625-	0.075-	0.780-	0.903-
دليل. غ	0.407	0.707	0.358	0.614-	0.676	0.703	0.684	0.346-	0.772-	0.845-	0.697-
غ. الجاف	0.141-	0.566-	0.155	0.626	0.156	0.191-	0.329-	0.330-	0.037-	0.305	0.747
غ. الرطب	0.158-	0.588-	0.129	0.645	0.120	0.222-	0.358-	0.300-	0.005-	0.339	0.764
بروتين. د	0.421-	0.894-	0.402	0.975	0.373-	0.673-	0.843-	0.349	0.170	0.775	-
اللون	0.433-	0.778-	0.736	0.798	0.873	0.934-	0.947-	0.764	0.656	-	-
الرماد	0.447-	0.378-	0.310-	0.110-	0.818	0.512-	0.338-	0.469	-	-	-
التحبب 2	0.270-	0.409-	0.895-	0.484-	0.882-	0.816-	0.779-	-	-	-	-
التحبب 1	0.312	0.756	0.813	0.909-	0.751	0.946	-	-	-	-	-
استخراج2	0.108	0.552	0.909	0.759-	0.845	-	-	-	-	-	-
استخراج1	0.362	0.480	0.773	0.429-	-	-	-	-	-	-	-
بروتين ق	0.320-	0.832-	0.563	-	-	-	-	-	-	-	-
البللورية	0.111-	0.257	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1000 حبة	0.778	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

تتمة الجدول 7. نتائج علاقات الارتباط بين الصفات المدروسة

	غلوتين رطب	غلوتين جاف	دليل الغلوتين	رقم السقوط	الامتصاص	التكون	الثباتية	الضعف	فالوريمتري	المطاطية	المقاومة
القدرة	0.577	0.556	0.778-	0.460-	0.272-	0.253	0.848	0.718-	0.335	0.547	0.105
المقاومة	0.532-	0.522-	0.407	0.672	0.168	0.677-	0.232	0.311-	0.573	0.247-	
المطاطية	0.905	0.908	0.571-	0.046-	0.539	0.813	0.836-	0.588-	0.632		
فالوريمتري	0.328	0.343	0.018-	0.560	0.712	0.198	0.050-	0.621-			
الضعف	0.324-	0.308-	0.694	0.202-	0.052-	0.045-	0.247				
الثباتية	0.622-	0.608-	0.554	0.778	0.340	0.392					
التكون	0.934	0.941	0.384-	0.369-	0.451						
الامتصاص	0.321	0.352	0.344	0.610							
رقم السقوط	0.436-	0.417-	0.474								
د. الغلوتين	0.596-	0.567-									
غ. الجاف	0.999										

*، **: الفروق معنوية على مستوى دلالة إحصائية 5 و1%، على التوالي

د. الغلوتين: دليل الغلوتين؛ بروتين د: بروتين الدقيق؛ بروتين. ق: بروتين القمح؛ د. الغلوتين: دليل الغلوتين؛ غ. الجاف: الغلوتين الجاف.

ارتبطت نسبة استخراج الدقيق بشكل إيجابي مع درجة لونه (r=0.873) ويعود ذلك إلى أن زيادة نسبة الاستخراج تزيد من نسبة الأغلفة ذات اللون الغامق التي تذهب مع الدقيق مما يزيد من درجة لونه وكذلك نسبة الرماد فيه (r=0.818)، كما أن هناك ارتباطًا إيجابيًّا بين نسبة الاستخراج وامتصاص الدقيق (r=0.888) وكذلك مع زمن تكون العجين (r=0.331) وهذا يتوافق مع دراسات سابقة (Al Saleh, 1995)، كما ارتبط لون الدقيق إيجابًا مع نسبة البروتين فيه (r=0.798)، كما

وجد ارتباط إيجابي بين لون الدقيق ونسبة الرماد فيه (r=0.656) (Hidalgo *et al.,* 2014). وإنه من الطبيعي أن يكون هناك ارتباط إيجابي مطلق (r=0.999) في قمح الخبز بين نسبة الغلوتين الرطب والجاف وهذا ما أظهرته نتائج علاقات الارتباط في الجدول (7)، كما تظهر النتائج ارتباط نسبة الغلوتين الجاف إيجابًا مع كل من المطاطية (r=0.908) وزمن تكون العجين (r=0.941)، وتنسجم هذه النتائج مع دراسات عديدة سابقة (Hare, 2017; Al-Saleh, 2023). ارتبطت ثباتيه العجين مع قدرته (r=0.848) وبشكل إيجابي، بينت النتائج علاقة كل من المقاومة العظمى (r=-0.506) وقدرة العجين (r=-0.718) بضعفه حيث كان الارتباط سلبيًّا مع كليهما.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

- أظهرت سلالات أكساد المبشرة تميزًا في صفاتها الفيزيائية حيث كان الوزن النوعي مرتفعًا، وتفوق بعضها على الصنف أكساد 1133 الذي يتميز بصفات نوعية ممتازة. أما بالنسبة إلى لوزن ألف حبة فقد تفوقت سلالة أكساد 1544 على باقي السلالات وكذلك على الصنف 1133. تميزت سلالات أكساد المبشرة بالبللورية العالية وتفوقت بشكل معنوي على الصنف المعتمد 1133، كما وتميزت هذه السلالة بالمحتوى البروتيني العالي ولكنها لم تتجاوز نسبة البروتين في الصنف أكساد 1133 البالغة 15.9% مما يجعلها ملائمة لإنتاج كافة أنواع الخبز وبمواصفات حسية ونوعية عالية.
- لقد كانت نسب الاستخراج في سلالات أكساد المدروسة مرتفعة سواءً بدون النخالة السكرية أو بعد إضافتها الى الدقيق، وتجاوزت جميعها نسبة استخراج الصنف 1133 والبالغة 70%، كما كانت متوسطات تحبب ولون ورماد الدقيق لكافة سلالات أكساد منخفضة وتتقارب بشكل كبير مع قيم الصنف 1133 وتضاهي المعايير العالمية لمواصفات للدقيق.
- بيّنت الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق لصنف أكساد 1133 وسلالات القمح المدروسة ارتفاع رقم السقوط، لذا فهي ملائمة جدًّا لتصنيع كافة أنواع الخبز، كما لوحظ ارتفاع بروتين الدقيق وجودته من خلال نسب الغلوتين الرطب والجاف ودليل الغلوتين.
- تظهر نتائج الفارينوغرام ارتفاع زمن تكون العجين وثباتيته لكافة السلالات المدروسة التي قارب معظمها قيم الصنف 1133. كما تبين نتائج الاكستنسوغرام مطاطية ومقاومة وقدرة عجين جيدة بشكلٍ عام لدى كافة السلالات المدروسة، وتتقارب مع الصنف 1133، وتميزت السلالة 1398 في المقاومة العظمى لشد العجين وقدرته.
- بينت معاملات الارتباط علاقة المحتوى البروتيني للحبوب ووزنها النوعي وشفافيتها ووزن الألف حبة مع المواصفات الجيدة للعجين المصنع منها وذلك بشكل وثيق من حيث ثباتية العجين ومقاومته وقدرته وبالتالي جودة الخبز المصنع بكافة أنواعه.

التوصيات

- نوصي باعتماد سلالات أكساد المبشرة من قمح الخبز أكساد 1398 و1470 و1416 لما تتمتع به من مواصفات نوعية ممتازة.
- الاستمرار بتقييم المواصفات النوعية لأصناف وسلالات أكساد المبشرة كل موسم لتأثر هذه المواصفات بالظروف البيئية والإجهادات والمعاملات الزراعية.

شكر وتقدير

أتوجه بالشكر العميم للمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، وللسورية للحبوب لتوفير الامكانات والتجهيزات التي ساهمت في تنفيذ البحث.

المراجع

- AACC. 2000. Approved Methods of the AACC, 10th edn. Methods 44-15A, 08-01, 46-10, 38-12A, 54-21, 54-10. St Paul, MN. AACC.
- AACC. 2010. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. AACCI Method 26-95.01, 38-12.02, 44-15.02, 46-10.01 and 55-10.01. Approved Methods of Analyses 11th Edition, The Association: St. Paul, MN.
- Alisa-N. Sieber, Tobias Würschum, and Friedrich H. Longin. 2015. Vitreosity, its stability and relationship to protein content in durum wheat. Journal of Cereal Science, Volume 61, 2015, Pages 71-77.
- AL-Saleh Abboud. 1995. Cereal technology. Aleppo University Publication. Pp13-37.
- Al-Saleh, A., Marion, D., and Gallant, D. J. 1986. Microstructure of mealy and vitreous wheat endosperms (Triticum durum L.) with special emphasis on location and polymorphic behavior of lipids, Food Microstructure., 5, 131.
- Al-Saleh and C. S. Brennan. 2012. Bread wheat quality: some physical, chemical and rheological characteristics of Syrian and English bread wheat samples, Foods, vol. 1, pp. 3-17.
- Al-Saleh Abboud. 2023. Study of the physicochemical and rheological properties of some Acsad bread and durum wheat cultivars grown under rainfed conditions. The Arab Journal for Arid Environments, Acsad.Vol.16 (3) pp 101-116.
- Ames N.P., Clarke J.M., Dexter J.E., Woods S.M., Selles F.and B. Marchylo. 2003. Effects of nitrogen fertilizer on protein quantity and gluten strength parameters in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) cultivars of variable gluten strength. *Cereal Chem.*, *80*, 113-243.
- Anjum, S., Xie, X.-y., Wang, L.-c., Saleem, M., Man, C., and Lei, W. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. Afr. J. Agric. Res. 6, 2026-2032.
- Arya, S., Sadawarte, P., and Ashish, W. 2015. Importance of damaged starch in bakery products-a review. *Starch*, *1*, 2019.
- Asseng S, Martre P, Maiorano A, Rötter R. P, O'leary G. J and Fitzgerald G. J. 2019. Climate change impact and adaptation for wheat protein. Glob. Change Biol. 25 (1), 155-173.

- Carson, G.R.; Edwards, N.M. 2009. Criteria of Wheat and Flour Quality. In WHEAT: Chemistry and Technology, American Association of Cereal Chemists: St Paul, MN, USA; pp. 97-118, doi:10.1094/9781891127557.004.
- Chopf, Marina, and Katharina Anne Scherf. 2021. Water absorption capacity determines the functionality of vital gluten related to specific bread volume. Foods 10, no. (2): 228.
- Czaja, Tomasz, Aldona Sobota, and Roman Szostak. 2020. Quantification of ash and moisture in wheat flour by Raman spectroscopy. *Foods* 9, no. 3: 280.
- Dexter, J. E., Doust, M. A., Raciti, C. N., Lombardo, G. M., Clarke, F. R., Clarke, J. M., and D. W Hatcher. 2004. Effect of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) semolina extraction rate on semolina refinement, strength indicators and pasta properties. *Canadian journal of plant science*, 84(4), 1001-1013.
- EEA (European Environment Agency). 2019. Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe. EEA Report No 4/2019. Copenhagen, Denmark.
- FAO. 2010. The State of food insecurity in the world-addressing food insecurity in protracted crises. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO. 2021. FAOSTAT statistical database. Available at: https://search.library.wisc.edu/ catalog/ 999890171702121.
- FAO. 2023. World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2023. Rome.
- Ficco, D. B., Beleggia, R., Pecorella, I., Giovanniello, V., Frenda, A. S., and Vita, P. D. 2020. Relationship between seed morphological traits and ash and mineral distribution along the kernel using debranning in durum wheats from different geographic sites. Foods, 9(11), 1523.
- Filip, E., Woronko, K., Stępień, E., and Czarniecka, N. 2023. An overview of factors affecting the functional quality of common wheat (Triticum aestivum L.). International journal of molecular sciences, 24(8), 7524.
- Fossati D., Brabant, C., and Kleijer, G. 2011. Yield, protein content, bread making quality and market requirements of wheat (pp. 179-182).
- Hare, R. 2017. Durum wheat: Grain-quality characteristics and management of quality requirements. In C. Wrigley, I. Batey, and D. Miskelly (Eds.), *Cereal grains: Assessing and managing quality*. Elsevier Ltd. Second edition, pp. 135-151.
- He, Y., Lin, Y. L., Chen, C., Tsai, M. H., and Lin, A. H. M. 2019. Impacts of starch and the interactions between starch and other macromolecules on wheat falling number. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 18(3), 641-654.
- Hidalgo, A., Fongaro, L., and Brandolini, A. 2014. Wheat flour granulometry determines colour perception. Food Research International, 64, 363-370.

- Gortner, R. A., and Sharp, P. F. 2002. The Physico-Chemical Properties of Strong and Weak Flours. III. The Journal of Physical Chemistry, 27(5), 481-493.
- Gupta RB, Khan K, MacRitchie F. 1993. Biochemical basis of flour properties in bread wheats. I. Effects of variation in the quantity and size distribution of polymeric protein. J Cereal Sci. Jul; 18:23-41.
- Johansson, E., Branlard, G., Cuniberti, M., Flagella, Z., Hüsken, A., Nurit, E., et al. 2020. Genotypic and environmental effects on wheat technological and nutritional quality, in Wheat quality for improving processing and human health (Springer), 171- 204.
- Khalid A, Hameed A and Tahir MF. 2023. Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. Front. Nutr. 10:1053196.
- Lama, S., Vallenback, P., Hall, S. A., Kuzmenkova, M., and Kuktaite, R. 2022. Prolonged heat and drought versus cool climate on the Swedish spring wheat breeding lines: impact on the gluten protein quality and grain microstructure. Food Energy Secur. 11 (2), 1-17.
- Lama S, Leiva F, Vallenback P, Chawade A and Kuktaite R. 2023 Impacts of heat, drought, and combined heat-drought stress on yield, phenotypic traits, and gluten protein traits: capturing stability of spring wheat in excessive environments. Front. Plant Sci. 14: 1179701.
- Lancelot, E., Fontaine, J., Grua-Priol, J., and Le-Bail, A. 2021. Effect of long-term storage conditions on wheat flour and bread baking properties. *Food Chemistry*, 346, 128902.
- Le Gouis, J., Oury, F.-X., and Charmet, G. 2020. How changes in climate and agricultural practices influenced wheat production in Western Europe. J. Cereal Sci. 93, 102960.
- Li, J., Liu, C., Yin, Y., Sun, X., and Wu, J. 2023. Characterization of ash content in wheat flour using data fusion. Infrared Physics and Technology, 133, 104792.
- Long, X. X., Ju, H., Wang, J. D., Gong, S. H., and Li, G. Y. 2022. Impact of climate change on wheat yield and quality in the Yellow River Basin under RCP8. 5 during 2020—2050. *Advances in Climate Change Research*, *13*(3), 397-407.
- Lukow, O. M. 2006. Wheat flour classification. Bakery Products: Science and Technology, 69-86.
- Mamrutha, H. M., Rinki, K., Venkatesh, K., Gopalareddy, K., Khan, H., Mishra, C. N.,. .. and Singh, G. P. 2020. Impact of high night temperature stress on different growth stages of wheat. *Plant Physiology Reports*, *25*, 707-715.
- Mamrutha, H. M., Khobra, R., Sendhil, R., Munjal, R., Sai Prasad, S. V., Biradar, S., et al. 2020. Developing stress intensity index and prioritizing hotspot locations for screening wheat genotypes under climate change scenario. Ecol. Indic. 118, 106714. doi: 10.1016/j.ecolind.2020.106714

- Manley, M.G., Engelbrecht, M.L., Williams, P.C. and Kidd, M. 2009. Assessment of variance in the measurement of hectoliter mass of wheat, using equipment from different grain producing and exporting countries. Biosystems Engineering, 103(2), 176-186.
- Marc P. McRae. 2017. Health Benefits of Dietary Whole Grains: An Umbrella Review of Meta-Analyses Journal of Chiropractic Medicine, Vol.16 (1)10-18.
- Nithya U, Chelladurai V., Jayas D.S and N.D.G White. 2011. Safe storage guidelines for durum wheat, Journal of Stored Products Research, Vol.47(4)328-333
- Oikonomou N. A., Bakalis S., Rahman M. S. and M. K. Krokida. 2015. Gluten Index for Wheat Products: Main Variables in Affecting the Value and Nonlinear Regression Model, International Journal of Food Properties, 18:1, 1-11.
- Pagani, M. A., Marti, A., and Bottega, G. 2014. Wheat milling and flour quality evaluation. Bakery products science and technology, 17-53.
- Patil, R. M., Oak, M. D., Tamhankar, S. A., and Rao, V. S. 2009. Molecular mapping of QTLs for gluten strength as measured by sedimentation volume and mixograph in durum wheat. *Triticum turgidum* L. ssp *durum*). J. Cereal Sci. 49 (3), 378-386.
- Payne, P. I. 1983. Breeding for protein quantity and protein quality in seed crops, in Seed proteins. Annual proceedings of the phytochemical society of Europe held at Versailles, September 1981. 223-253.
- Payne, P. I. 1987. Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread-making quality. Plant Physiol. 38, 13.
- Pomeranz, Y. 1988 Wheat chemistry and technology (3rd ed.) St. Paul: AACC.
- Ponce-Garcia, N., Ramirez-Wong, B., Escalante-Aburto, A., Torres-Chávez, P. I., and Serna-Saldivar, S. O. 2017. Grading factors of wheat kernels based on their physical properties. Wheat improvement, management and utilization, 275.
- Prasad, M., Kumar, N., Kulwal, P., Röder, M., Balyan, H. and Dhaliwal, H. 2003. QTL analysis for grain protein content using SSR markers and validation studies using NILs in bread wheat. Theor. Appl. Genet. 106 (4), 659-667.
- Qaseem, M. F., Qureshi, R., and Shaheen, H. 2019. Effects of pre-anthesis drought, heat and their combination on the growth, yield and physiology of diverse wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes varying in sensitivity to heat and drought stress. Sci. Rep. 9 (1), 6955.
- Rampino, P., Pataleo, S., Gerardi, C., Mita, G., and Perrotta, C. 2006. Drought stress response in wheat: physiological and molecular analysis of resistant and sensitive genotypes. Plant Cell Environ. 29 (12), 2143-2152.

- Salman, H., and Copeland, L. 2007. Effect of storage on fat acidity and pasting characteristics of wheat flour. *Cereal Chemistry*, 84(6), 600-606.
- Sattar, A., Sher, A., Ijaz, M., Ullah, M., Ahmad, N., and Umar, U. U.-D. 2020. Individual and combined effect of terminal drought and heat stress on allometric growth, grain yield and quality of bread wheat. Pak. J. Bot. 52(2), 405-412.
- Sharma, A., Garg, S., Sheikh, I., Vyas, P., and Dhaliwal, H. S. 2020. Effect of wheat grain protein composition on end-use quality. Journal of Food Science and Technology, 57, 2771-2785.
- Shewry PR, Halford NG, Tatham AS. 1992. High-molecular weight subunits of wheat glutenin. J Cereal Sci. Mar; 15:105-120.
- Shewry, P. R. 2009. Wheat. J. Exp. Bot. 60, 1537-1553.
- Shewry, Peter R., and Hey S. J. 2015. The contribution of wheat to human diet and health. Food Energy Secur. 4 (3), 178-202.
- Shiferaw, B. 2013. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. Food Sec.5, 291-317.
- Vouris, D. G., Lazaridou, A., Mandala, I. G., and Biliaderis, C. G. 2018. Wheat bread quality attributes using jet milling flour fractions. LWT, 92, 540-547.
- Wang, H., Liu, C. and Wen, J. 2016. Comparison of unheated and heated bran on flour quality: Effects of particle size and addition levels. Journal of Food Processing and Preservation, 41, e12992.
- Wang, K.; Fu, B.X. 2020. Inter-Relationships between Test Weight, Thousand-Kernel Weight, Kernel Size Distribution and Their Effects on Durum Wheat Milling, Semolina Composition and Pasta Processing Quality. *Foods*, *9*, 1308.
- WHO. 2018. Accelerating the end of hunger and malnutrition global event. Bangkok, Thailand: WHO. Available at: https://www.who.int/news-room/events/detail/2018/11/29/ default-calendar/accelerating-the-end-of-hunger-and-malnutrition-global-event.
- Williams, F, J El-Haramein, N Hani and R Safouh. 1988. Crop quality evaluation methods and guidelines. *Crop quality evaluation methods and guidelines.* 14, Ed. 2.
- Yazar, G. 2023 Wheat Flour Quality Assessment by Fundamental Non-Linear Rheological Methods: A Critical Review. Foods, 12, 3353.
- Zhang, C., Zheng, B., and He, Y. 2021. Improving grain yield via promotion of kernel weight in high yielding winter wheat genotypes. *Biology*, *11*(1), 42.

- Zhang-Biehn, S., Fritz, A. K., Zhang, G., Evers, B., Regan, R., and Poland, J. 2021. Accelerating wheat breeding for end-use quality through association mapping and multivariate genomic prediction. Plant Genome 14 (3), e20164.
- Zhang, H., Liu, S., Feng, X., Ren, F., and Wang, J. 2023. Effect of hydrocolloids on gluten proteins, dough, and flour products: A review. *Food Research International*, *164*, 112292.
- Zhao, K., Tao, Y., Liu, M., Yang, D., Zhu, M., Ding, J., et al. 2022. Does temporary heat stress or low temperature stress similarly affect yield, starch, and protein of winter wheat grain during grain filling? J. Cereal Sci. 103, 1-10.

N° Ref: 1179