تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية والريولوجية والتصنيعية لبعض أصناف وسلالات أكساد من القمح

Evaluation of the Physicochemical, Rheological, and Technological Properties of Some ACSAD Varieties and Lines of Wheat

د. عبود الصالح[1]

Dr. Abboud Alsaleh[1]

dr.abboud.alsaleh@gmail.com

https://doi.org/10.66805/AAE-19.1.113129

Received 27 February 2025; Accepted 12 May 2025

(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

بهدف إجراء دراسة مقارنة للخواص الفيزيوكيميائية والريولوجية والتصنيعية لبعض أصناف وسلالات أكساد من قمح الخبز والقمح الصلب تحت ظروف الزراعة المطرية اختُبرت عينات حبوب صنف قمح الخبز أكساد 1133 وأربع سلالات مبشرة، كما اختُبرت حبوب ثلاثة أصناف قمح صلب وسلالتين مبشرتين ناتجة عن الموسم الزراعي 2022 - 2023، تحت الظروف المطرية في محطة بحوث إزرع التابعة لمنظمة المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) في سورية. أظهرت النتائج تميّز المحتوى البروتيني لأصناف أكساد من القمح الصلب بالارتفاع، حيث تراوح بين 13 و15.3%، كما كان المحتوى البروتيني لأصناف أكساد مرتفعًا في قمح الخبز، وتراوح بين 13.2 و15.9%. كانت نسب استخراج الدقيق في أصناف أكساد المدروسة مرتفعة، إذْ بلغت بالمتوسط 73% بالمقارنة مع المعايير العالمية التي تبدأ من النسبة 70%، كما كان تحبب ولون ورماد الدقيق في أصناف وسلالات أكساد من قمح الخبز منخفضًا للدقيق بالمقارنة مع الصفات نفسها لدى القمح الصلب ويضاهي معايير المواصفات العالمية. بيّنت الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق أصناف وسلالات القمح المدروسة ارتفاع رقم السقوط، كما لوحظ ارتفاع بروتين الدقيق وجودته من خلال نسب الغلوتين الرطب والجاف ودليل الغلوتين. وتميزت أصناف وسلالات أكساد من قمح الخبز بزمن ثبات عالي للعجين بلغ حتى 4.4 دقيقة، فيما كانت قيم هذه الخاصية أقل لدى أصناف وسلالات القمح الصلب. رغم جودة الخواص الريولوجية للأصناف والسلالات المدروسة من كلا نوعي القمح، لكن أظهرت نتائج الدراسة أن قيم مطاطية العجين وقدرته في أصناف وسلالات القمح الصلب كانت أقل بالمقارنة مع قيم المطاطية والقدرة أصناف وسلالات قمح الخبز، أما بالنسبة إلى مقاومة العجين، فقد كانت أكبر في القمح الصلب بالمقارنة مع قمح الخبز.

الكلمات المفتاحية: القمح، أصناف وسلالات أكساد، الصفات النوعية، الخواص الريولوجية.

©2026 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands. **ISSN: 2305-5243/ EISSN: 3005-6438. (p: 113-129)**

Abstract

Grain samples of bread wheat variety ACSAD 1133 and four potential lines, in addition to three durum wheat varieties (ACSAD1105, ACSAD1469, and ACSAD65) and two promising lines were utilized to compare the physicochemical, rheological and technological characteristics under rain-fed conditions. The experiment was carried out during the 2022–2023 cropping season, at Izraa Research Station, which belongs to Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD) in Syria. The protein content of ACSAD durum wheat varieties was slightly higher in the range from 13.2 to 15.9%, although it was still rather high, ranging from 13.3% to 15.3% in bread genotypes. When compared to worldwide norms, which start at 70%, the flour extraction rates in the ACSAD cultivars under study were found to be high at 73%. The ACSAD bread wheat varieties and lines were found to have flour with granulation, color, and ash content that were comparable to international features and lower than those of durum wheat. High starch quality is indicated by a high falling number in the physicochemical properties of the flour of the studied wheat varieties and lines, particularly in durum wheat genotypes. The gluten index and wet and dry gluten ratios also showed high flour protein and quality. Dough stability times of up to 4.4 minutes were high for ACSAD bread wheat types and lines, but they were lower for durum wheat. The results demonstrated that dough elasticity and strength were lower than those of bread wheat were both wheat species had high rheological characteristics. Compared to bread wheat, durum wheat has a stronger dough.

Key words: Wheat, ACSAD Varieties and Lines, Quality Characteristics, Rheological Properties.

المقدمة

إن أهم أنواع القمح المزروعة في مختلف أنحاء العالم هو قمح الخبز *Triticum aestivum*، وهو نوع سداسي الصيغة الصبغية يُطلق عليه عادةً اسم قمح الخبز، والقمح الصلب *T. turgidum var. durum* الذي هو نوع رباعي الصيغة الصبغية والمتكيف مع المناخ الجاف والحار. يُعد القمح ثالث أكثر أنواع الحبوب شيوعًا في جميع أنحاء العالم، حيث جرى حصاد أكثر من 800 مليون طن في عام 2023 (FAO, 2023). ومع ذلك، فإن القمح لا ينافسه أي محصول حبي في نطاق زراعته الممتد من 67 درجة شمالاً في الدول الأسكندنافية وروسيا إلى 45 درجة جنوبًا في الأرجنتين، بما في ذلك المناطق المرتفعة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية (Feldman, 1995). وهناك طلب متزايد على القمح في أسواق جديدة خارج منطقة تكيفه المناخي، ويستند الطلب العالمي المتزايد للقمح إلى القدرة على صنع منتجات غذائية فريدة من نوعها والاستهلاك المتزايد لهذه المنتجات المصنعة منه، حيث تسمح الخصائص الفريدة للبروتين الغلوتيني بإنتاج الخبز وغيره من السلع المخبوزة والمعكرونة ومجموعة من الأغذية الأخرى (الصالح، 2025a).

يعد القمح الصلب وقمح الخبز نوعان من الحبوب يتكيفان جيدًا مع البيئات المتوسطية، حيث يستخدم القمح الصلب بشكل أساسي لإنتاج السميد لصناعة المعكرونة، في حين أن الخبز هو المنتج النهائي الرئيس لدقيق قمح الخبز. يتحمل القمح الصلب إجهادات الحرارة والجفاف بصورة أكبر بالمقارنة مع قمح الخبز ومع إنتاجية أقل (Giunta *et al.*, 2019).

يمكن تحليل المحصول النهائي للحبوب لكل من قمح الخبز والقمح الصلب من حيث تطور ونمو كل من مكونات المحصول المختلفة (عدد السنابل في وحدة المساحة وعدد الحبوب في السنبلة، التي تحدد عدد الحبوب في وحدة المساحة، ومتوسط وزن الحبوب) (Slafer and Rawson, 1994; Slafer *et al.*, 2009). يكون وزن الحبوب أعلى بشكل ثابت في القمح الصلب منه في قمح الخبز، في حين أن العكس صحيح بالنسبة إلى عدد الحبوب (Marti and Slafer, 2014) وهذا فرق مهم للتكيف لأن وزن الحبوب يحدده بشكل أساسي بعد الإزهار، في حين يتأثر عدد الحبوب بشكل أكبر بظروف ما قبل الإزهار.

يختلف قمح الخبز والقمح الصلب في نسبة بروتين الحبوب التي تكون أعلى عادةً في القمح الصلب منها في قمح الخبز. (Brankovic *et al.*, 2018) ترتبط نسبة البروتين ارتباطًا وثيقًا بالإنتاجية من خلال عدد الحبوب، لأن العدد الأعلى منها مسؤول عن إعطاء محصول مرتفع، والذي يمكن أن يخلق اختلالًا بين مصدر النيتروجين الذي يمثله كمية النيتروجين الممتصة أثناء الإزهار، والنيتروجين المصروف الذي يمثله عدد الحبوب الموضوعة (Acreche and Slafer, 2009) .ويجري تأكيد ذلك من خلال المحدودية الكبيرة لمصدر تراكم النيتروجين في حبوب القمح في البيئات المتوسطية، مما يولد علاقة سلبية بين كمية النتروجين بالملغ لكل حبة وعدد الحبوب في وحدة المساحة (Martre *et al.*, 2003).

يوفر القمح عالميا ما يقرب من 20% من إجمالي السعرات الحرارية الغذائية للبشرية و21% من استهلاك البروتين اليومي (Shiferaw *et al.*, 2013). مع زيادة عدد السكان والتحضر الحاصل، يتزايد الاستهلاك والطلب المرتبط بمنتجات الأغذية القائمة على القمح (Peña, 2007)؛ وبالتالي، فإن استدامة إنتاج القمح وجودته أمر مهم لضمان الأمن الغذائي. مع تغير المناخ المستمر والاحتباس الحراري العالمي، أصبحت الظروف المناخية غير المعتادة والضغوط اللا أحيائية أكثر حدة ولا يمكن التنبؤ بها (Le Gouis *et al.,* 2020). تؤثر التغيرات المناخية مثل الحرارة والجفاف والأمطار الغزيرة والتراكيز الجوية العالية لثاني أكسيد الكربون على إنتاج وجودة القمح (Yadav *et al.,* 2020).

تؤثر هذه العوامل سلبًا على اقتصاد الغذاء العالمي وجودة القمح، وتعتمد مدى الخسائر على مرحلة نمو النبات المتأثرة وشدة الإجهاد (Wahid *et al.*2007؛ Lan *et al.*2022)، لذلك فإن تحديد الطرز الوراثية الأكثر تحملاً للإجهادات اللاأحيائية المختلفة أمر بالغ الأهمية للأمن الغذائي في ظل تغير المناخ المستمر.

من بين الإجهادات اللاأحيائية التي يفرضها تغير المناخ، يُعتقد أن إجهادات الحرارة والجفاف تسبب أكبر ضرر لنمو القمح وتطوره (Mamrutha *et al.*,2020). لقد جرى تحديد الجفاف أثناء فترة استطالة الساق والإجهاد الحراري أثناء مرحلة ملء الحبوب كعوامل بيئية مهمة بشكل خاص تؤثر على مردود محصول القمح وجودته (Le Gouis *et al.*2020،). يرجع ذلك إلى أن الجفاف والحرارة يضعفان نمو وتطور أعضاء نبات القمح المختلفة ومعدل التمثيل الضوئي والخصوبة وعدد السنابل وملء الحبوب وامتصاص النبات للمغذيات (Hurkman and Wood, 2011; Lan *et al.*, 2022). لقد لوحظت خسائر في الغلة

بسبب الإجهادات الحرارية والجفاف منفردة أو مجتمعة في العديد من البلدان في أوروبا، بما في ذلك فنلندا والسويد وفرنسا وبلجيكا (Kumar *et al*,2020; Le Gouis *et al*., 2020; Lama *et al*., 2022).

تعاني مناطق مثل البحر الأبيض المتوسط وجنوب أوروبا من تأثيرات أعلى للإجهادات الحرارية والجفاف مقارنة بالمناطق الأخرى، مما يتسبب في خسائر اقتصادية وانخفاض في إنتاج الأغذية. يؤدي ارتفاع درجة حرارة الهواء العالمية المتوسطة بمقدار من 1 إلى 3 درجات مئوية إلى انخفاض إنتاج القمح بنسبة تصل إلى 28٪ (Shew *et al*., 2020; Zhang *et al*., 2022). كما لوحظ انخفاض في الغلة بنسبة تصل إلى 40٪ في ظل ظروف الحرارة والجفاف مجتمعة مقارنة بالظروف الممطرة والباردة (Lama *et al*., 2022). يحتاج مصنعو المنتجات الغذائية المختلفة القائمة على القمح، مثل الخبز والمعكرونة إلى دقيق قمح بجودة بروتينية محددة (Johansson *et al*., 2020). تتحدد جودة القمح بشكل أساسي من خلال بروتينه الرئيسي، الغلوتين، الذي غالبًا ما تتأثر كميته وجودته سلبًا بالحرارة والجفاف، فعلى سبيل المثال، يتأثر المحتوى المرتفع نسبيًا من البروتين والغلوتين القوي المطلوب في دقيق خبز القمح بالحرارة الشديدة والإجهادات الجافة (Kuktaite *et al*., 2004; Sattar *et al*., 2020; Lama *et al*., 2022).

هناك أعداد متزايدة من الدراسات حول تأثيرات تغير المناخ على إنتاجية المحاصيل، لكن تأثر نوعية هذه المحاصيل حظيت باهتمام أقل بكثير على الرغم من أن هذا جانب بالغ الأهمية من جوانب الأمن الغذائي. فنسبة بروتين الحبوب ونوعيته سمات مهمة تؤثر على الجودة الغذائية وعلى الاستخدام النهائي لها وكذلك على خصائص الخبز المصنع منها (الصالح،2022؛ الصالح، 2025a).

يعتمد تركيز بروتين الحبوب والقمح بشكل خاص على مجموعة من العوامل مثل الطراز الوراثي للمحصول والتربة وإدارة المحصول وظروف الطقس (Triboi and Triboi-Blondel, 2001). يزداد تركيز بروتين الحبوب مع الإجهاد الناجم عن الجفاف وارتفاع درجات الحرارة بسبب انخفاض تراكم النشا (Triboi and Triboi-Blondel, 2006).

مبررات وأهداف البحث

نظراً 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 المرتفعة السائدة بالإضافة إلى الإجهادات الاخرى، لذا أُجريت الدراسة بهدف مقارنة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والريولوجية لبعض أصناف وسلالات أكساد من قمح الخبز والقمح الصلب تحت ظروف الزراعة المطرية بهدف تقييم جودتها ومدى ملاءمتها لتصنيع المنتجات الغذائية القائمة على القمح.

مواد وطرائق البحث

استُخدمت عينات حبوب صنف قمح الخبز (*Triticum aestivum* L.) أكساد 1133 وأربع سلالات مبشرة (أكساد 1398 وأكساد 1470 وأكساد 1416 وأكساد 1544)، كما استُخدمت حبوب ثلاثة أصناف قمح صلب (*Triticum durum* L.) (أكساد 65، وأكساد 1469 وأكساد 1105) وسلالتين مبشرتين (أكساد 1675 وأكساد 1729) ناتجة عن 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.

طرائق البحث

تحضير العينات

قبل البدء بالاختبارات جرى تنظيف عينات حبوب القمح المستخدمة من الأجرام والشوائب باستخدام غربالين الأول فتحاته (2×20 ملم)، والثاني (1×20 مم)، كما جرى ترطيب الحبوب بعد تنظيفها لرفع المحتوى المائي لقمح الخبز إلى 15%، لمدة 48 ساعة بالنسبة لقمح الخبز، ورفع المحتوى المائي للقمح الصلب إلى 16% ولمدة 72 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. 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 الى 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: تم تقدير 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: قدرت بللورية الحبوب باستخدام جهاز Farinotome de Pohl بستة مكررات (الصالح، 1995).

الاختبارات الكيميائية للحبوب

1- المحتوى المائي: جرى تقدير المحتوى المائي لعينات الدقيق وفقاً لطريقة AACC رقم 15A-44 (AACC, 2000).

2- تحبب الدقيق: نُخلت كمية محددة من الدقيق بواسطة منخل هزاز آلي يحتوي على عدة مناخل تفصل الدقيق إلى مجموعات حسب أقطار الحبيبات خلال فترة زمنية محددة، وجرى الاختبار باستخدام 50غرام 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 وُزن الدقيق المتبقي فوق المنخل العلوي (التحبب 1) والسفلي (التحبب 2) وحسبت نسبة التحبب (الصالح، 1995).

3- لون الدقيق: جرى قياس لون الدقيق باستخدام جهاز Satake Colour Grader PCGA Series 4 وفقاً لطريقة (Wang *et al.*, 2017).

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 بحسب 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 حسب طريقة AACC رقم 12-38 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: اختُبر 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 54-21 (AACC, 2000)، ومن خلال مخططات الفارينوغرام لكل عينة سُجلت المعطيات التالية: نسبة امتصاص الماء وزمن تكون العجين وزمن ثبات العجين وضعف العجين من مخطط الفارينوغرام والرقم الفالوريمتري ويحسب بواسطة مسطرة خاصة Valorimeter مدرجة من صفر إلى مائة من شركة Brabender وقيم الفالوريمتري تعبر عن إجمالي القراءات السابقة كالثبات والضعف والقيم المرتفعة منه تدل على جودة العجين أما القيم المخفضة فتدل على سوء العجين.

2- الاكستنسوغراف: جرى اختبار عينات الدقيق المختلفة باستخدام جهاز الاكستنسوغراف وذلك وفقًا لطريقة AACC رقم 54-10 (AACC, 2010)، ومن خلال مخططات الأكستنسوغرام سُجلت المعايير التالية: قدرة العجين ومقاومة العجين للشد ومقاومة العجين العظمى للشد بالإضافة إلى مرونة ومطاطية العجين.

التحليل الإحصائي

أجريت جميع التحاليل على ثلاثة مكررات وحُللت 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.

النتائج والمناقشة

يظهر الجدول (1)، أن الوزن النوعي لأصناف وسلالات أكساد من القمح الصلب يتراوح بين 78 و81 كغ/هيكتولتر وكان في المتوسط 79.8 كغ/هيكتولتر، أما بالنسبة إلى الوزن النوعي لأصناف وسلالات أكساد من قمح الخبز فقد تراوح بين 79 و80 كغ/هيكتولتر، باستثناء السلالة المبشرة أكساد 1544 التي بلغ وزنها النوعي 82 كغ/هيكتولتر وبمتوسط قدره 80.3 كغ/هيكتولتر، وبالنسبة إلى اختبار وزن الألف حبة، فقد تراوح بين 40 و43 غرام وبمتوسط 41.6 غرام لسلالات وأصناف من القمح الصلب باستثناء أكساد 65 الذي كان وزن ألف حبة له 39 غرام فقط، وهي بالمجمل متقاربة مع وزن ألف حبة لأصناف وسلالات أكساد من قمح الخبز التي كانت في المتوسط بحدود 41.8 غرام باستثناء السلالة المبشرة 1544 ذات وزن ألف حبة الأعلى (45 غرام). لقد كانت درجة البللورية لأصناف وسلالات أكساد من القمح الصلب عالية، حيث تراوحت بين91 و99%، وبمتوسط قدره 95.4% وهي أعلى بالمقارنة بدرجات بللورية سلالات وأصناف أكساد من قمح الخبز رغم ارتفاعها التي تراوحت قيمها بين 79و97%، وبلغ متوسطها 84%، وتعد الصفات الفيزيائية السابقة الذكر لأصناف أكساد من كلا نوعي القمح متميزة وتضاهي الكثير من أصناف القمح المزروعة في البيئات الجافة. فيما يتعلق بالمحتوى المائي لسلالات وأصناف أكساد من كلا نوعي القمح فقد كانت متقاربة بمتوسط قدره 10.6%، ويعزى ذلك لزراعتها تحت نفس الظروف البيئية (الصالح، 1995).

الجدول 1. الخصائص الفيزيوكيميائية لأصناف وسلالات قمح الخبز والقمح الصلب المدروسة

الصفة / الطرز الوراثية	الوزن النوعي (كغ.هـ.ل$^{-1}$)	وزن الأف حبة (غ)	درجة البلورية (%)	المحتوى المائي (%)	المحتوى البروتيني (%)
أكساد 1133	80.0 abc	40.0 a	79.0 f	10.4 ab	15.9 a
أكساد 1398	80.7 abc	41.0 bcde	95.0 bcd	11.1 d	15.1 b
أكساد 1470	79.0 bc	41.0 bcde	97.0 abc	10.5 bc	13.2 e
أكساد 1416	80.0 abc	42.0 bcd	94.0 cde	11.1d	13.8 d
أكساد 1544	82.0 a	45.0 a	91.0 e	10.7 c	12.2 f
المتوسط	80.3	41.8	84	10.8	14
أكساد 65	78 c	39.0 e	98 ab	10.2 a	14.4 c
أكساد 1469	80 abc	43.0 abcd	91 e	10.5 bc	13.9 d
أكساد 1105	80 abc	43.0 ab	99 a	10.5 bc	15.3 b
أكساد1729	81 ab	40.0 de	95 bcd	10.6 bc	13.6 d
أكساد 1675	80 abc	43.0 abc	94 de	10.5 bc	13.0 e
المتوسط	79.8	41.6	95.4	10.5	14
L.S. D 5%	1.44	1.61	1.69	0.15	0.20
C.V مكررات	0.1	0.4	0.6	0.5	0.2

تظهر نتائج تحاليل المحتوى البروتيني لأصناف وسلالات أكساد من القمح الصلب ارتفاعًا، حيث تراوحت قيمه بين 13.0% و15.3% وبمتوسط مقداره 14%، أما بالنسبة إلى قمح الخبز فقد تراوحت نسبته بين 13.2% و15.9% باستثناء السلالة 1544 التي انخفض محتواها البروتيني إلى 12.2% فقط، وبمتوسط للعينات المدروسة قدره 14% أيضًا، ما يجعل

أصناف أكساد تضاهي من حيث المحتوى البروتيني أصناف القمح العالمية مما يؤهلها للاستخدام في كافة الصناعات الغذائية التي تعتمد على القمح، ويعود ذلك إلى ظروف البيئة الجافة التي تمت فيها الزراعة (الصالح، 2025b).

تبين نتائج الجدول (2)، أن نسبة الاستخراج لأصناف وسلالات أكساد المدروسة من قمح الخبز كانت مرتفعة بالمقارنة مع المعايير العالمية التي تبدأ من النسبة 70%، حيث بلغت في المتوسط 72.7% (Peterson *et al.*, 1983)، وكان أعلاها نسبة استخراج السلالتين أكساد 1398 وأكساد 1416 والتي بلغت 74%. أما بالنسبة إلى القمح الصلب فقد بلغ متوسط نسبة الاستخراج 72.4%، وكانت السلالة 1675 هي الأفضل من حيث نسبة الاستخراج (74%)، وفيما يتعلق بنسبة الاستخراج بعد إضافة النخالة السكرية فقد ارتفعت إلى 90% في المتوسط لكافة الأصناف والسلالات من نوعي القمح، وتميز كل من صنفي أكساد 65 وأكساد 1469 وسلالة أكساد 1675 بنسبة استخراج عالية بلغت حوالي 92%.

الجدول 2. نتائج عملية طحن عينات أصناف وسلالات قمح الخبز والقمح الصلب المدروسة

الصفة / الطرز الوراثية	وزن القمح (غ)	وزن الدقيق (غ)	النخالة السكرية (غ)	النخالة العادية (غ)	الاستخراج العادي%	الاستخراج مع السكرية%
أكساد 1133	3350 j	2340 h	455 i	155 d	70 d	84 e
أكساد 1398	3880 f	2850 f	600 h	140 f	74 a	89 cd
أكساد 1470	4180 d	2990 d	770 c	180 b	72 bc	90 bcd
أكساد 1416	4700 b	3478 a	810 b	105 i	74 a	91 abc
أكساد 1544	4000 e	2930 e	660 f	160 c	73.3 ab	90 bcd
المتوسط	3922	2916.6	659	148	72.7	88.8
أكساد 65	3750 h	2700 g	750 d	105 i	72.1 bc	92.1 ab
أكساد 1469	4532 c	3250 g	924 a	130 g	71.7 bcd	92.1 ab
أكساد 1105	3700 i	2710 d	620 g	120 h	73.0 ab	90.1 bcd
أكساد1729	4780 a	3400 b	810 b	149 e	71.0 cd	88.1 d
أكساد 1675	3853 g	2850 f	720 e	190 a	74.0 a	92.6 a
المتوسط	4123	2982	764.8	138.8	72.4	91
L.S. D 5%	7.20	8.95	6.75	2.30	0.91	1.34
CV مكررات	0.1	0.1	0.3	0.3	0.6	0.3

بينت الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق أصناف وسلالات أكساد من قمح الخبز والقمح الصلب (الجدول 3) ارتفاع نسبة التحبب على المنخل العلوي التي كان متوسطها 99.6% لقمح الخبز و99.4% للقمح الصلب، كما كان متوسطها على المنخل الثاني 50.4% لقمح الخبز و34.5% للقمح الصلب، مما يدل على جودة الدقيق الناتج من أصناف وسلالات أكساد. وفيما يتعلق برماد دقيق أصناف وسلالات القمح الصلب فقد كان متوسطها 1.25%، وهو أعلى من متوسط الرماد في أصناف وسلالات قمح الخبز الذي كان متوسطه 1.06%، أي أن رماد دقيق القمح الصلب يكون مرتفعًا بالمقارنة مع رماد دقيق قمح الخبز وهذه النتائج تتماشى مع ما توصل إليه (Ciudad-Mulero *et al.*, 2021).

كان لون الدقيق الناتج عن عمليات الطحن ممتازاً لكلا نوعي القمح، وبلغ في المتوسط لسلالات وأصناف أكساد من قمح الخبز 2.02 درجة، و2.67 درجة للقمح الصلب، ومع ذلك فقد كان لون الدقيق لأصناف سلالات أكساد من قمح الخبز أكثر ابيضاضًا منه في القمح الصلب لاحتواء الأخير على نسبة أعلى من أصبغة الكاروتين والكزانتوفيل، وهذا يتوافق مع نتائج العديد من الدراسات السابقة (Ficco Donatella *et al.*, 2014; Colasuonno *et al.*, 2019). بلغ متوسط حموضة دقيق قمح الخبز 1.82 درجة ولدقيق القمح الصلب 1.94 درجة، وهي متقاربة وتقع ضمن المعدل الطبيعي لدى نوعي القمح ولا تُعبّر عن نشاط أنزيمي عالي (Kechkin *et al.*, 2020).

الجدول 3. الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق أصناف وسلالات قمح الخبز والقمح الصلب المدروسة

الصفة / الطرز الوراثية	التحبب 1%	التحبب 2	الرماد	اللون	الحموضة
أكساد 1133	99.3 a	63.0 a	1.08 de	3.3 a	2.0 ab
أكساد 1398	99.6 a	43.0 d	1.04 e	2.0 cd	1.5 c
أكساد 1470	99.7 a	49.0 bc	1.09 cde	2.1 c	2.0 ab
أكساد 1416	99.7 a	49.6 b	1.02 e	1.4 de	1.7 bc
أكساد 1544	99.8 a	47.5 c	1.05 de	1.3 e	1.9 ab
المتوسط	99.6	50.4	1.06	2.02	1.82
أكساد 65	99.3 a	33.0 fg	1.17 bc	2.77 ab	1.90 ab
أكساد 1469	99.5 a	34.5 ef	1.13 bcd	2.00 cd	2.10 a
أكساد 1105	99.3 a	31.3 gh	1.33 a	3.37 a	2.00 ab
أكساد1729	99.5 a	30.6 h	1.40 a	2.40 bc	1.70 bc
أكساد 1675	99.3 a	34.8 e	1.20 b	2.80 ab	2.00 ab
المتوسط	99.4	34.5	1.25	2.67	1.94
L.S. D 5%	0.39	1.0	0.04	0.36	0.17
CV مكررات	0.1	0.5	1.0	5.2	1.9

بينت دراسة خصائص بروتين وغلوتين الدقيق لأصناف وسلالات أكساد من قمح الخبز والقمح الصلب (الجدول 4) ارتفاع المحتوى البروتيني للدقيق الناتج، ويعود ذلك لارتفاع نسبة البروتين في القمح المستخدم في الطحن، حيث بلغ متوسطه 13% لقمح الخبز و13.6% للقمح الصلب، أما بالنسبة إلى الغلوتين الرطب فقد كان متوسطه 32.7% لأصناف وسلالات قمح الخبز و34.3% للقمح الصلب، وهو أعلى من سابقه للارتباط الوثيق بين نسب الغلوتين الرطب مع نسب بروتين الدقيق المستخرج منه، وتميزت سلالة أكساد 1398 من قمح الخبز بنسبة غلوتين مرتفعة بلغت 44%، كما تميز الصنف أكساد 1105 من القمح الصلب بارتفاع نسبة الغلوتين الرطب، حيث بلغت 40%، أما بالنسبة إلى الغلوتين الجاف فقد تماشت نتائجه مع نتائج الغلوتين الرطب نظرًا لأنه ناتج عن عملية تجفيف الغلوتين الرطب فقط.

يعبر مصطلح دليل الغلوتين Gluten Index عن جودة الغلوتين، حيث إن ارتفاعه يدل على نوعية مميزة لخواصه الكيميائية، وهو مؤشر هام لنوعية العجين وخصائصه الريولوجية، وقد بلغ متوسط دليل الغلوتين للعينات المدروسة من قمح الخبز 64.7%، وتميزت السلالة أكساد 1416من قمح الخبز بدليل غلوتين عالٍ بلغ 87%، كما تميزت السلالة 1729 من

القمح الصلب بارتفاع دليل الغلوتين ليصل 92.7%، أما متوسط دليل الغلوتين للقمح الصلب المدروسة فكان 70.5%، وهو أعلى من دليل الغلوتين لدى قمح الخبز (64.7%)، وهذا يتوافق مع (Maria Ciudad-Mulero *et al., 2021*). أما فيما يتعلق برقم السقوط فقد كان متوسطه للعينات المدروسة من قمح الخبز 458 ثانية، وللقمح الصلب 421 ثانية، وهذا يدل أن النشاط الأميليزي في كافة السلالات والأصناف المدروسة كان منخفضًا، ويعود ذلك إلى الجفاف السائد أثناء فترة الحصاد، كما كان رقم السقوط لبعض السلالات مرتفعًا جدًّا، حيث بلغ 545 ثانية لدى سلالة أكساد 1544 من قمح الخبز، وكذلك للسلالة أكساد 1675 حيث بلغ 510 ثانية وذلك نتيجة الجفاف أثناء فترة الحصاد.

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

الصفة / الطرز الوراثية	بروتين الدقيق %	الغلوتين الرطب %	الغلوتين الجاف %	دليل الغلوتين	رقم السقوط (ثا)
أكساد 1133	14.4 ab	33.0 cd	11.5 cd	48.0 g	369 ef
أكساد 1398	14.2 abc	44.1 a	15.1 a	56.1 f	438 d
أكساد 1470	12.6 d	32.1 d	11.3 de	54.5 f	495 b
أكساد 1416	12.6 d	28.5 e	10.3 fg	87.0 b	444 d
أكساد 1544	11.1 e	26.0 f	9.5 g	77.7 cd	545 a
المتوسط	13	32.7	11.5	64.7	458
أكساد 65	13.6 abcd	35.0 c	13.0 b	64.5 e	382.7 e
أكساد 1469	13.5 bcd	34.5 c	12.4 bc	74.3 d	365.0 f
أكساد 1105	14.7 a	39.5 b	12.5 b	39.6 h	384.3 e
أكساد1729	13.1 cd	33.6 cd	12.2 bc	92.7 a	461.7 c
أكساد 1675	13.1 cd	29.0 e	10.5 ef	81.1 c	510.0 b
المتوسط	13.6	34.3	12.2	70.5	421
L.S. D 5%	0.64	1.17	0.48	2.1	8.7
CV مكررات	0.9	0.3	0.8	0.2	0.3

يظهر الجدول (5) نتائج الخواص الريولوجية لدقيق أصناف وسلالات قمح الخبز والقمح الصلب المدروسة باستخدام الفارينوغراف، والتي تبين أن متوسط امتصاص الماء لكل من الأصناف والسلالات المدروسة من قمح الخبز بلغ 62%، بينما كان متوسط امتصاص الماء لأصناف وسلالات أكساد من القمح الصلب مرتفعًا حيث بلغ 67.3%، ويعزى ذلك لكمية ونوعية بروتين القمح الصلب (Lindahl and Eliasson,1992) (الصالح، 2025b). بلغ متوسط زمن تكون العجين لأصناف وسلالات قمح الخبز 4.3 دقيقة، وهو أعلى بالمقارنة مع متوسط زمن التكون للقمح الصلب (3.2 دقيقة) وكان زمن التكوّن لدى السلالة أكساد 1398 من قمح الخبز عالياً جداً حيث وصل إلى 6 دقائق.

أما بالنسبة إلى زمن ثبات العجين فقد كان في المتوسط لعينات قمح الخبز المدروسة 3.75 دقيقة، وتميزت السلالة 1470 من بين أصناف وسلالات أكساد من قمح الخبز، حيث بلغ زمن ثباتها 4.4 دقيقة، أما أصناف وسلالات القمح الصلب فقد كان الصنف أكساد 1105 هو الأفضل من حيث ثبات العجين الذي بلغ 3.4 دقيقة، وكان متوسط الثبات 2.7 دقيقة.

أظهرت النتائج أن ضعف العجين لدى أصناف وسلالات القمح الصلب قد بلغ 85.8 BU وكان أكبر من ضعف العجين لدى سلالات وأصناف قمح الخبز الذي بلغ متوسطه 61 BU فقط.

لقد كان متوسط قيم الفالوريمتري للعينات المدروسة من قمح الخبز 56.5، وقد تميزت السلالتين أكساد 1398 وأكساد 1544 بقيمه مرتفعة بلغت 62.3 لكليهما، أما بالنسبة لأصناف وسلالات أكساد من القمح الصلب فقد كان أفضلها أكساد 65، حيث بلغت قيمة الفالوريمتري له 52، أما متوسط قيم الفالوريمتري لعينات القمح الصلب فقد كان 49.

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

الصفة / الطرز الوراثية	امتصاص الماء (%)	زمن التكون (د)	زمن الثبات (د)	الضعف (BU)	الفالوريمتري
أكساد 1133	58.8 e	3.9 c	3.0 cd	59.7 d	52.0 bc
أكساد 1398	64.0 cd	6.0 a	3.2 bc	59.0 d	62.3 a
أكساد 1470	62.1 d	4.4 b	4.4 a	59.0 d	55.0 b
أكساد 1416	62.0 d	4.2 bc	4.1 a	68.3 c	51.0 bcd
أكساد 1544	62.7 d	3.0 d	4.1 a	58.7 d	62.3 a
المتوسط	62	4.3	3.75	61	56.5
أكساد 65	66.0 bc	4.2 d	3.0 bcd	78.3 b	52.0 bc
أكساد 1469	66.5 ab	3.2 d	2.6 de	78.0 b	51.0 bcd
أكساد 1105	68.5 a	3.1 d	3.4 b	78.0 b	49.0 cde
أكساد1729	67.8 ab	2.6 e	2.1 f	95.0 a	45.3 e
أكساد 1675	67.7 ab	2.5 e	2.2 ef	100.0 a	47.7 de
المتوسط	67.3	3.2	2.7	85.8	49
L.S. D 5%	1.3	0.2	0.25	4.5	2.3
CV مكررات	0.7	1.0	1.1	2.1	0.9

أظهرت نتائج دراسة الخواص الريولوجية لدقيق أصناف وسلالات قمح الخبز المدروسة باستخدام الأكستنسوغراف (الجدول 6)، أن متوسط مطاطية العجين لهذه العينات 137.5 مم، وكانت قيمة المطاطية الأعلى لسلالة أكساد 1398 التي بلغت 162 مم، وبالنسبة لأصناف وسلالات القمح الصلب فقد كان متوسط مطاطيتها 127مم، وهو أقل بالمقارنة مع قيم المطاطية لقمح الخبز، وهذا يتوافق مع (Ji-chun *et al.*, 2007) (الصالح، 2025a).

وفيما يتعلق بنتائج مقاومة العجين للشد لعينات قمح الخبز، فقد بلغ متوسطه 342.4 BU، وقد أظهرت السلالة أكساد 1544 المقاومة الأكبر حيث بلغت 408 BU، أما بالنسبة إلى أصناف وسلالات أكساد من القمح الصلب فقد كان الصنف أكساد 65 ذو القيمة الأعلى (375 BU)، وبمتوسط للعينات المدروسة قدره 273 BU، تواءمت قيم المقاومة العظمى للشد في كافة العينات مع مقاومة الشد لكل عينة سواء كان ارتفاعًا أو انخفاضًا.

من خلال الرقم النسبي الذي ينتج عن قسمة قيمة مطاطية العجين على قيمة مقاومته للشد، يظهر لنا قيم جيدة بالنسبة إلى عينات قمح الخبز الملائمة لتصنيع الخبيز بكافة أنواعه وكانت في المتوسط 2.8، أما بالنسبة إلى قيم الرقم النسبي

للقمح الصلب فقد كانت أقل (1.6)، ولكنها تنسجم مع استخدامات القمح الصلب في الصناعة الغذائية كالمعكرونة (Cecchini *et al.*, 2021).

تظهر قدرة العجين لأصناف وسلالات قمح الخبز (63 سم^2) قيمًا أعلى بالمقارنة مع قدرة سلالات وأصناف القمح الصلب (47 سم^2) وهذا يعود إلى ارتفاع مطاطية العجين لدى عينات قمح الخبز بدرجة أكبر من عينات القمح الصلب.

الجدول 6. نتائج الخواص الريولوجية لدقيق أصناف وسلالات قمح الخبز المدروسة والقمح الصلب باستخدام الأكستنسوغراف

الصفة / الطرز الوراثية	المطاطية (ملم)	مقاومة الشد (BU)	المقاومة العظمى (BU)	الرقم النسبي	القدرة (سم^2)
أكساد 1133	131.7 cd	331 c	333 de	3.5 a	77 a
أكساد 1398	162.0 a	326 cd	377 c	2.1 ef	73 b
أكساد 1470	141.0 b	322 d	343 d	2.4 de	57 d
أكساد 1416	121.7 e	325 cd	329 e	2.7 cd	46 f
أكساد 1544	131.0 cd	408 a	428 a	3.2 ab	62 c
المتوسط	137.5	342.4	362	2.8	63
أكساد 65	131.7 cd	375 b	405 b	2.9 bc	63 c
أكساد 1469	128.0 d	292 e	292 f	2.3 e	40 g
أكساد 1105	113.3 f	244 f	245 g	2.2 e	52 e
أكساد1729	136.0 bc	222 h	230 h	1.6 g	35 h
أكساد 1675	127.0 d	232 g	231 h	1.8 fg	46 f
المتوسط	127	273	281	1.6	47
L.S. D 5%	2.9	3.8	7.0	0.2	1.8
CV مكررات	0.4	0.6	0.2	2.2	0.8

الاستنتاجات

- تميزت أصناف وسلالات أكساد المدروسة في صفاتها الفيزيائية بشكل عام، لكن الوزن النوعي ووزن ألف حبة والبللورية لأصناف وسلالات أكساد من القمح الصلب كانت أعلى في هذه الصفات منها لدى أصناف وسلالات أكساد من قمح الخبز.
- تميز المحتوى البروتيني لأصناف أكساد من القمح الصلب بالارتفاع حيث تراوح بين 13 و15.3%، كما كان المحتوى البروتيني لأصناف أكساد مرتفعًا في قمح الخبز وتراوح بين 13.2 و15.9% مما يؤهلها للاستعمال في الصناعات الغذائية التي تعتمد على القمح.
- كانت نسب الاستخراج في أصناف أكساد المدروسة سواءً بدون النخالة السكرية أو بعد إضافتها إلى الدقيق مرتفعة، أما بالنسبة إلى نسبة الاستخراج بعد إضافة النخالة السكرية لكافة الأصناف والسلالات ولكنها كانت أعلى لدى أصناف وسلالات قمح الخبز بالمقارنة مع القمح الصلب، كما كان تحبب ولون ورماد الدقيق لكافة أصناف وسلالات أكساد منخفضًا ويضاهي معايير المواصفات العالمية للدقيق وكانت مواصفات دقيق قمح الخبز أفضل من القمح الصلب.

- إن نسبة رماد الدقيق في كلا نوعي القمح منخفضةً وقد بلغ بالمتوسط 1.15% وكانت نسبة الرماد في أصناف وسلالات القمح الصلب أعلى منه بالمقارنة مع أصناف وسلالات قمح الخبز.
- بيّنت الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق أصناف وسلالات القمح المدروسة ارتفاع رقم السقوط، الذي يدل على ضعف النشاط الأنزيمي الأميليزي، وهذا يدل على ارتفاع جودة النشاء وعدم تضرره، وهي صفة مرغوبة عند تصنيع الخبز، حيث يجب أن يتجاوز رقم السقوط 250 ثانية، وقد تحقق ذلك في جميع الأصناف المدروسة التي تميزت بمتوسط قدره 440 ثانية، كما لوحظ ارتفاع بروتين الدقيق وجودته من خلال نسب الغلوتين الرطب والجاف ودليل الغلوتين.
- تميزت أصناف وسلالات أكساد من قمح الخبز بزمن ثبات عالي للعجين بلغ حتى 4.4 دقيقة، فيما كانت قيم هذه الخاصية أقل لدى أصناف وسلالات القمح الصلب.
- رغم جودة الخواص الريولوجية للأصناف والسلالات المدروسة من كلا نوعي القمح، لكن نتائج الدراسة أظهرت أن قيم مطاطية العجين وقدرته أقل بالمقارنة مع قيم المطاطية والقدرة لقمح الخبز، أما بالنسبة إلى مقاومة العجين فقد كانت أكبر في القمح الصلب مقارنة مع قمح الخبز.

شكر وتقدير

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

المراجع

- الصالح، عبود. (1995). تكنولوجيا الحبوب، منشورات جامعة حلب، ص 13-37.
- الصالح، عبود. (2022). دراسة الخواص الفيزيوكيميائية والريولوجية لبعض أصناف أكساد من القمح الطري والقاسي تحت ظروف الزراعة المطرية. المجلة العربية للبيئات الجافة. المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، 15(1-2) 1-10.
- الصالح، عبود. (2025a). دراسة الخواص الفيزيوكيميائية والريولوجية والتكنولوجية لبعض أصناف وسلالات أكساد من القمح الصلب تحت ظروف الزراعة المطرية. المجلة العربية للبيئات الجافة. المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، 18(1)، 99-119.
- الصالح، عبود. (2025b). دراسة الخواص الفيزيوكيميائية والريولوجية والتكنولوجية لبعض أصناف وسلالات أكساد من قمح الخبز تحت ظروف الزراعة المطرية. المجلة العربية للبيئات الجافة. المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، 18 (2)، 60-81.
- 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.
- Acreche, M.M., Slafer, G.A. (2009). Variation of grain nitrogen content in relation with grain yield in old and modern Spanish wheats grown under a wide range of agronomic conditions in a Mediterranean region. J. Agric. Sci. 147, 657-667.
- 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.
- Brankovic, G., Dodig, D., Pajic, V., Kandic, V., Knezevic, D., Đuric, N., Zivanovic, T. (2018). Genetic parameters of Triticum aestivum and Triticum durum for technological quality properties in Serbia. Zemdirbyste Agric. 105, 39-48.
- Cecchini, C., Bresciani, A., Menesatti, P., Pagani, M. A., & Marti, A. (2021). Assessing the Rheological Properties of Durum Wheat Semolina: A Review. Foods. 10 (12): 2947.
- Ciudad-Mulero, M., Matallana-González, M. C., Callejo, M. J., Carrillo, J. M., Morales, P., & Fernandez-Ruiz, V. 2021. Durum and Bread Wheat Flours. Preliminary Mineral Characterization and Its Potential Health Claims. Agronomy, 11(1), 108.
- Colasuonno P, Marcotuli I, Blanco A, Maccaferri M, Condorelli GE, Tuberosa R, Parada R, de Camargo AC, Schwember AR, Gadaleta A. (2019). Carotenoid Pigment Content in Durum Wheat (Triticum turgidum L. var durum): An Overview of Quantitative Trait Loci and Candidate Genes. Front Plant Sci. 7; 10:1347.
- FAO. (2023). FAOSTAT statistical database. Available at: https://www.fao.org/faostat
- Ficco Donatella B. M., Mastrangelo Anna M., Trono Daniela, Borrelli Grazia M., De Vita Pasquale, Fares Clara, Beleggia Romina, Platani Cristiano, Papa Roberto. (2014). The colors of durum wheat: a review. Crop and Pasture Science 65, 1-15.
- Feldman, M. (1995). Wheats. In J. Smartt, N. W. Simmonds, eds. Evolution of crop plants. Longman Scientific and Technical, Harlow, UK. Pp. 185-192.
- Giunta, F., Pruneddu, G., & Motzo, R. (2019). Grain yield and grain protein of old and modern durum wheat cultivars grown under different cropping systems. Field Crops Research, 230, 107-120.
- Hare, R. (2017). Durum wheat: Grain-quality characteristics and management of quality requirements. In C. Wrigley, I. Batey, & D. Miskelly (Eds.), Cereal grains: Assessing and managing quality. Elsevier Ltd. Second Ed, pp. 135-151,

- Hurkman W. J. and D.F. Wood. (2011). High temperature during grain fill alters the morphology of protein and starch deposits in the starchy endosperm cells of developing wheat (*Triticum aestivum* L.) grain, Journal of agricultural and food chemistry, 59(9),4938-4946.
- 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.
- Ji-chun, T. I. A. N., Rui-Bo, H. U., Zhi-ying, D. E. N. G., & Yan-Xun, W. (2007). The variation and stability analysis of wheat dough stability time. Agricultural Sciences in China, 6(2), 143-149.
- Kechkin, V. A. Ermolaev, M. V. Ivanov, A. I. Romanenko E.A.Gurkovskaya. (2020). Dependence of fat acidity value on wheat grain storage conditions. BIO Web Conf. 17 00107
- Kumar, D., Kushwaha, S., Delvento, C., Liatukas, Z., Vivekanand, V., Svensson, J. T., Henriksson, T., Brazauskas, G., & Chawade, A. (2020). Affordable Phenotyping of Winter Wheat under Field and Controlled Conditions for Drought Tolerance. Agronomy, 10(6), 882.
- Kuktaite, R., Larsson, H., and Johansson, E. (2004). Variation in protein composition of wheat flour and its relationship to dough mixing behavior. J. Cereal Sci. 40 (1), 31- 39.
- Lama, S.; Kuzmenkova, M.; Vallenback, P.; Kuktaite, R. (2022). Striving for Stability in the Dough Mixing Quality of Spring Wheat under the Influence of Prolonged Heat and Drought. Plants, 11, 2662-2677.
- Le Gouis, J., Oury, F. X., & Charmet, G. (2020). How changes in climate and agricultural practices influenced wheat production in Western Europe. Journal of Cereal Science, 93, 102960.
- Lan, Y., Chawade, A., Kuktaite, R., & Johansson, E. (2022). Climate change impact on wheat performance effects on vigor, plant traits and yield from early and late drought stress in diverse lines. International journal of molecular sciences, 23(6), 3333.
- Lindahl L. and A. C. Eliasson. (1992). A Comparison of Some Rheological Properties of Durum and Wheat Flour Doughs. Cereal Chem. 69:30-34
- Martre, P., Porter, J.R., Jamieson, P.D., Triboi, E. (2003). Modeling grain nitrogen accumulation and protein composition to understand the Sink/Source regulations of nitrogen remobilization for wheat. Plant Physiol. 133, 1959-1967.
- Marti, J., & Slafer, G. A. (2014). Bread and durum wheat yields under a wide range of environmental conditions. Field Crops Research, 156, 258-271.
- Mamrutha, H. M., Rinki, K., Venkatesh, K., Gopalareddy, K., Khan, H., Mishra, C. N., & Singh, G. P. (2020). Impact of high night temperature stress on different growth stages of wheat. Plant Physiology Reports, 25, 707-715.

- Maria Ciudad-Mulero 1 , Maria Cruz Matallana-Gonzalez 1 , Maria Jesus Callejo , José M. Carrillo, Patricia Morales 1, and Virginia Fernandez-Ruiz. (2021). Durum and Bread Wheat Flours. Preliminary Mineral Characterization and Its Potential Health Claims. Agronomy, 11, 108. https://doi.org/10.3390/agronomy11010108
- Mis, Antoni, and E. Klockiewicz-Kamińska. (2002). Technological significance of evaluation of physical properties of wheat single-kernels and their heterogeneity". Acta Agroph. 78: 185-197.
- Peña, R. J. (2007). Current and future trends of wheat quality needs. In Wheat Production in Stressed Environments: Proceedings of the seventh International Wheat Conference, 27 November–2 December 2005, Mar del Plata, Argentina (pp. 411-424). Springer Netherlands.
- Peterson, C. J., Johnson, V. A., and Mattern, P. J. (1983). Evaluation of variation in mineral element concentrations in wheat flour, Cereal Chem. 60:450-455.
- 34. Pomeranz Y., Bolling H., Zwingelberg H. (1984). Wheat hardness and baking properties of wheat f1our. 1. Cereal Sci., 2, 137-143.
- 35. Sattar, A., Sher, A., Ijaz, M., Ullah, M. S., 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.
- Shew, A. M., Tack, J. B., Nalley, L. L., and Chaminuka, P. (2020). Yield reduction under climate warming varies among wheat cultivars in South Africa. Nat. Commun. 11 (1), 4408.
- Shewry, P. R., Tatham, A. S., and Lazzeri, P. (1997). Biotechnology of Wheat Quality. J. Sci. Food Agric. 73 (4), 397–406.
- Shiferaw, B., Smale, M., Braun, H. J., Duveiller, E., Reynolds, M., & Muricho, G. (2013). Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. Food security, 5, 291-317.
- Slafer, G.A., Savin, R. (1994). Source-sink relationships and grain mass at different positions within the spike in wheat. Field Crops Res. 37, 39-49
- Slafer, G., Kantolic, A., Appendino, M., Miralles, D., Savin, R. (2009). Crop development: genetic control, environmental modulation and relevance for genetic improvement of crop yield. In: Sadras, V.O., Calderini, D.F. (Eds.), Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy. Academic Press, San Diego, pp. 277-308.
- Triboi, E., and A.M. Triboi-Blondel. (2001). Environmental effect on wheat grain growth and composition. Symposium “Wheat quality”, Reading (UK). 17-19 Sep. 2001. Aspect Appl. Biol. 64: 91-101.

- Triboi, E., and A.M. Triboi-Blondel. (2006). Productivity and Seed Composition, European Journal of Agronomy 16: 163-186
- Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2007). Heat tolerance in plants: an overview. Environmental and experimental botany, 61(3), 199-223.
- Wang, H., Liu, C., & Wen, J. (2017). Comparison of unheated and heated bran on flour quality: effects of particle size and addition levels. Journal of Food Processing and Preservation, 41(4), e12992.
- Yadav, G., Luthra, S., Jakhar, S. K., Mangla, S. K., & Rai, D. P. (2020). A framework to overcome sustainable supply chain challenges through solution measures of industry 4.0 and circular economy: An automotive case. Journal of Cleaner Production, 254, 120112.
- Zhang, T., He, Y., DePauw, R., Jin, Z., Garvin, D., Yue, X. (2022). Climate change may outpace current wheat breeding yield improvements in North America. Nat. Commun. 13 (1), 5591.

N° Ref: 1200