دراسة الخواص الفيزيوكيميائية والريولوجية والتكنولوجية لبعض أصناف وسلالات أكساد من القمح الصلب تحت ظروف الزراعة المطرية

Study of The Physicochemical, Rheological and Technological Properties of Some Acsad Genotypes and Varieties of Durum Wheat Cultivated Under Rain-Fed 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 والتكنولوجية لثلاثة أصناف من القمح الصلب (*Triticum durum* L.) (أكساد 65، وأكساد 1469 وأكساد 1105) وسلالتين مبشرتين (أكساد 1675 وأكساد 1729) من حصاد الموسم الزراعي 2022-2023، تحت الظروف المطرية في محطة بحوث إزرع. أظهرت نتائج الاختبارات الفيزيائية أن الوزن النوعي لسلالات وأصناف قمح أكساد بلغ بالمتوسط 80 كغ/هكتولتر، وتفوقت سلالة أكساد 1729 وبشكل معنوي على باقي السلالات والأصناف، في حين لم يكن هناك فروق معنوية في وزن ألف حبة بين السلالة المبشرة أكساد 1675 والصنفين أكساد 1105 وأكساد 1469 ووصل بالمتوسط وزن الألف حبة إلى 41.4 غرام. كما تميزت أصناف وسلالات أكساد المدروسة بالبللورية العالية (99%) والمحتوى البروتيني المميز والذي تراوح بين 13.6 و15.3%، مما يؤهلها للاستعمال في الصناعات الغذائية التي يعتمد تصنيعها على القمح الصلب، بلغت نسبة الاستخراج في سلالة أكساد 1675 مقدار 74% وكانت أعلى بشكل معنوي من باقي السلالات والأصناف المدروسة. كان تحبب ولون ورماد الدقيق لكافة أصناف وسلالات أكساد منخفضًا ويتوافق مع معايير الدقيق المعتمدة عالميًا، كما كان رقم السقوط للدقيق مرتفعًا (بالمتوسط 421 ثانية)، مما يدل على جودة النشاء وعدم تضرره، ولوحظ ارتفاع بروتين الدقيق وجودته من خلال نسب الغلوتين الرطب والجاف ودليل الغلوتين، وكذلك ارتفاع ثبات العجين للسلالات والأصناف المدروسة ولا سيما الصنف 1105. كما كانت مطاطية ومقاومة وقدرة العجين جيدة بشكل عام لدى كافة الأصناف المدروسة ولا سيما الصنف أكساد65. بينت التحاليل الإحصائية العلاقة الوثيقة بين كل من المحتوى

©2025 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands. **ISSN: 2305-5243/ EISSN: 3005-6438. (p: 99-119)**

البروتيني للحبوب والوزن النوعي والبللورية ووزن ألف حبة من جهة والمواصفات الجيدة للعجين من حيث الثباتية والمقاومة والقدرة من جهة أخرى، وبالتالي جودة كافة أنواع الخبز المصنع منه. تتمتع السلالتان المبشرتان من القمح الصلب أكساد 1729 و1675 بمواصفات نوعية تؤهلانهما للاعتماد في الدول العربية.

الكلمات المفتاحية: سلالات وأصناف القمح الصلب أكساد، الخواص الفيزوكيميائية، الخواص الريولوجية، جهاز الاكستنسوغراف، جهاز الفارينوغراف.

Abstract

The research aims to study the physical, chemical, rheological, and technological characteristics of three varieties of durum wheat (*Triticum durum* L.) (Acsad 65, Acsad 1469, and Acsad 1105) and two promising lines (Acsad 1675 and Acsad 1729) harvested during the agricultural season 2022 - 2023, under rainfed conditions at the Izraa Research Station, Syria. The results of the physical tests showed that the test weight of Acsad wheat varieties and lines averaged 80 kg/hectoliter, with Acsad 1729 line significantly outperforming the other lines and varieties. There were no significant differences in the thousand-kernel weight between the promising line Acsad 1675 and the varieties Acsad 1105 and Acsad 1469, with an average thousand-grain weight of 41.4 grams. The studied Acsad varieties and lines were characterized by high vitreousness (99%) and distinctive protein content ranging between 13.6 and 15.3%, qualifying them for use in food industries based on durum wheat. The extraction rate in Acsad 1675 line was 74%, significantly higher than the other studied lines and varieties. The flour granulation, color, and ash content for all Acsad varieties and lines were low and compatible with internationally approved flour standards. The flour falling number was high (average 421 seconds), indicating good starch quality. The flour protein content and quality were observed through wet and dry gluten ratios, gluten index, and dough stability, especially in variety 1105. The dough elasticity, resistance, and overall dough strength were good in all studied varieties, especially in variety Acsad 65. Statistical analysis revealed a strong correlation between the protein content of grains, test weight, vitreousness, thousand-kernel weight on one hand, and the desirable properties of dough in terms of consistency, resistance, and strength on the other hand, thus ensuring the quality of all types of bread made from it. The two promising lines of durum wheat Acsad 1729 and 1675 possess quality traits that qualify them for certification in Arab countries.

Keywords: Acsad wheat Genotypes and varieties, physical- chemical- rheological properties, extensograph, farinograph.

المقدمة

يعد القمح المحصول الرئيس في العالم، وهو المصدر الأهم للطاقة (الكربوهيدرات) والبروتين والألياف في النظام الغذائي للإنسان (Al-Saleh, 1995; Khalid *et al.*, 2023). تتكون حبوب القمح من (8-18)% من البروتين والكربوهيدرات (Subedi *et al.*, 2023; Al-Saleh, 2023)، ويحتوي القمح الصلب على الغلوتين بنسبةٍ مرتفعةٍ الذي يتكون من بروتيني التخزين، الغلياذين والغلوتينين، اللذين 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 (Shewry *et al.*, 2015; Hare, 2017; Nigro *et al.*, 2019)، بالإضافة إلى اكتسابه خواص أخرى كالإسفنجية والمطاطية Extensibility والمقاومة للشد Resistance (Al-Saleh and Brenan, 2012 ; Yazar, 2023)، لذلك يعتمد الأمن الغذائي في العالم على كمية ونوعية القمح الذي يُنتج في جميع أنحاء العالم. ويزداد الطلب على القمح بسبب الزيادة السكانية الكبيرة في العالم سنويًا وهناك حاجة ملحة لزيادة إنتاج الغذاء بنسبة 60% تقريبًا لإطعام عدد السكان المتوقع أن يصل إلى 9 مليارات بحلول عام 2050 (Zhang *et al.*, 2021). تعترض سبل زيادة إنتاج الغذاء تحديات كبيرة تتمثل في صعوبة إمكانية زيادة مساحة الأراضي الزراعية والموارد المائية المحدودة وتأثيرات تغير المناخ. كما تواجه برامج تربية القمح في العالم تحديًا مشتركًا للحفاظ على الإنتاج الزراعي وزيادته مع تحسين صفات الجودة في الوقت نفسه لتلبية احتياجات السوق الدولية المتنوعة وشركات المطاحن والمخابز والمستهلكين (Echeverry-Solarte *et al.*, 2015; Sharma *et al.*, 2020).

لزيادة إنتاج القمح، ركز الباحثون على مكونات الغلة المختلفة (وزن الحبة، طول الحبة، طول السنبلة، عدد الحبوب في السنبلة، عدد السنابل في وحدة المساحة..... الخ) والصفات المرتبطة بها (ارتفاع النبات ومحتوى الكلوروفيل. .... الخ) ومقاومة الإجهادات الأحيائية واللاأحيائية (Sun *et al.*, 2017; Pradhan *et al.*, 2020; Ghimire *et al.*, 2022; Subedi *et al.*, 2023)، ونتيجة لذلك جرى تحقيق تقدم كبير في الخمسين عامًا الماضية حيث زادت إنتاجية القمح في العالم من 1.4 طن للهكتار في عام 1970 إلى 3.5 طن للهكتار في عام 2019 (FAO, 2021). يعد تحسين مواصفات حبوب القمح بهدف رفع جودة المنتجات المصنعة End-Use Quality of Wheat هدفًا معقدًا بطبيعته لبرامج تربية الحبوب؛ لأن صفات الجودة تتحدد من خلال مزيج من العديد من المورثات التي ترتكز عليها مسارات استقلابية متنوعة (Mann *et al.*, 2009)، كما ترتبط العديد من هذه الصفات أيضًا ببعضها البعض مما يزيد الأمور تعقيدًا (Prasad *et al.*, 2003; Mann *et al.*, 2009; Li and yang, 2017)، إلى جانب ذلك، غالبًا ما تكون صفات جودة مثلى لمجموعة مستهلكين لا تلائم مجموعات أخرى من المستهلكين (Echeverry-Solarte *et al.*, 2015, Sherman *et al.*, 2018)، ففي أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية، يُصنع الخبز من أصناف القمح التي تنتج عجينة شديدة المرونة Strongly elastic dough مع قليل من المطاطيةExtensibility ، وقد لا تكون هذه الأصناف ملائمة لصنع منتجات القمح الأخرى مثل الكوكيز والبسكويت الذي يُصنَّع من عجينة شديدة المطاطية Highly extensible dough (Payne, 1983). وبالمثل، يصنع النودلز المستهلك في جنوب آسيا من أصناف القمح ذات الخصائص المتوسطة بين الطرفين السابقين، أما الخبز والبيتزا فتصنع من القمح ذي الغلوتين القوي High gluten strength (Lindgren and Simsek, 2016)، لذلك يتعين على مربّي القمح أن يسعوا إلى تطوير أصناف من القمح بمعايير جودة تلبي المتطلبات الخاصة لصناعة الطحن وللمستهلكين (Prasad *et al.*, 2003; Mann *et al.*, 2009) . خلال العصور السابقة، كانت جودة القمح تعني بشكل أساسي للناس جودة الخبز

(Kiszonas and Morris, 2017)، لكن في العقود القليلة الماضية، أصبح الناس أكثر وعيًا بعاداتهم الغذائية وطوروا تفضيلًا لمنتجات القمح المختلفة ذات صفات جودة محددة. كان تطوير هذه المجموعة الواسعة من المنتجات ممكنًا بفضل الدراسات التي أجريت على الأساس الوراثي الوظيفي والجزيئي لجودة حبوب القمح ولا سيما لبروتيناته ووحداتها الفرعية (Payne, 1987; Shewry *et al.*, 1997; Khalid *et al.,* 2017). الأمر الذي أدى إلى تنوع المنتجات المصنعة من القمح حاليًا إلى إيجاد مجموعة واسعة من المواصفات المتباينة للحبوب المطلوبة لجودة المنتجات النهائية. أُجريت الأبحاث المرتبطة بنوعية الحبوب بما في ذلك رسم خرائط وتوضع الصفات النوعية (QTL) Quantitative Trait Loci ورسم خرائط الارتباط والانتخاب بمساعدة الواسمات الجزيئية (Patil *et al.*, 2009; Reif *et al.*, 2011; Brasier *et al.*, 2020).

تعود نوعية حبوب القمح، بشكل عام، إلى مزيج من بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه الحبوب، وتعتمد على خواصها الوراثية وتأثير البيئة والتفاعل فيما بينها. يُعبَّر عن جودة الحبوب من خلال مجموعة معقدة من الصفات بما في ذلك خواصها الفيزيائية وتركيبها الكيميائي وخواصها البيوكيميائية. تتأثر جودة الحبوب بالظروف البيئية السائدة أثناء موسم النمو ولا سيما الإجهاد المائي والحراري ولاسيما إذا ما تزامن ذلك مع مرحلة امتلاء الحبوب حيث يؤثر بشكل كبير على جودة حبوب القمح وإنتاجيتها (Lama *et al.*, 2023).

يعدُّ الرماد أحد المؤشرات الرئيسة لجودة دقيق القمح واستخداماته. يتكون الرماد الناتج من الدقيق من الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم بشكل رئيس والمغنيسيوم والحديد والزنك والنحاس بشكل ثانوي، وتحتوي حبوب القمح الكاملة على 1.17-2.96% من المكونات المعدنية (Carson and Edwards, 2009)، توزّع العناصر المعدنية في الحبة بشكل غير متساو، حيث تحتوي طبقة الأليرون والأغلفة على حوالي 68%، والأندوسبرم 20%، والجنين 12% من إجمالي العناصر المعدنية (Al-Saleh, 1995). يعدُّ عادة الدقيق الحاوي على نسبة رماد عالية أقل نقاوة، ويحتوي على جزيئات نخالة أكثر نعومة ولذلك فإن نسبة الرماد تدل على نقاوة الدقيق ومعدل استخراجه أثناء الطحن. يحتوي القمح الصلب بشكل طبيعي على مستوى أعلى من الرماد في الأندوسبرم بالمقارنة مع قمح الخبز، وتترافق زيادة محتوى الرماد في الدقيق مع زيادة في محتوى الألياف الغذائية والفيتامينات والبروتينات غير الغلوتينية وهذا أمر مرغوب فيه. وتعد جودة الدقيق عالي الرماد أقل لأنه يتميز بلون أغمق ونشاط أكبر للإنزيمات المحللة للبروتين.

تعد بللورية الحبوب عاملًا مهمًّا في جودة الاستخدام النهائي للقمح الصلب، الذي يستخدم في تحضير المعكرونة بأنواعها والمصنعة من السميد الذي يتكون من أجزاء كبيرة من الأندوسبرم التي مردها صلابة أندوسبرم الحبة، وكذلك بالنسبة إلى الشعيرية والبرغل والكسكس والفريكة واللازانيا التي تحتاج إلى حبوب صلبة أو متوسطة الصلابة، كما يُفضل استخدام الحبوب الصلبة أو متوسطة الصلابة لتصنيع خبز القمح الصلب المخمر والمسطح؛ لأن مستويات النشاء المتضررة في الدقيق الناتج تكون عالية نتيجة للضغط العالي الذي تعرضت له الحبوب أثناء الطحن نظرًا لصلابتها، مما يؤدي الى تضرر قسم لابأس به من حبيبات النشاء مؤديًا لزيادة امتصاص الماء للعجين الذي يرغب به الخبازون (Araya *et al.*, 2019; Al-Saleh, 2023).عادة عندما يجري غسل النشا والبروتينات القابلة للذوبان في الماء من العجين، فإن الكتلة اللزجة المتبقية تحتوي بشكل أساسي على أجزاء بروتينية غير قابلة للذوبان في الماء تسمى "الغلوتين". يعد تكوين الأجزاء "الغلوتينية" من حبوب القمح

أمرًا ضروريًا للجودة التصنيعية. يشير مصطلح "الغلوتين" إلى البروتينات، لأنها تؤدي دورًا رئيسيًّا في تحديد جودة الخبز الفريدة للقمح من خلال منح العجين القدرة على امتصاص الماء والتماسك واللزوجة والمرونة (Edwards *et al.*, 2007). يعرف الغلوتين بأنه مجموعة من البروتينات في الحبوب وخاصة القمح والمسؤولة عن البنية القوية للعجين، لذا يعدُّ الغلوتين مؤشرًا مهمًّا لجودة خبز القمح وتحديد استخداماته التصنيعية، وبالتالي فإن قوة الغلوتين هي أحد المعايير المستخدمة في تصنيف القمح. يؤدي الدقيق الذي يحتوي على نسبة عالية من الغلوتين إلى نتائج أفضل نظرًا لأنه يتمتع بإمكانية كبيرة في زيادة حجم الرغيف مع امتصاص أعلى للماء (Chopf and Scherf, 2021)، تتحدد نسب ونوعية الغلوتين بحسب العوامل الوراثية للصنف كما يتأثر بالظروف المناخية وبالتفاعلات المعقدة بين هذه العوامل (Koga *et al.*, 2019).

يشكل القمح الصلب *Triticum durum* حوالي 6% من المساحة المزروعة بالقمح في العالم ويتراوح إنتاجه السنوي بين 37-40 مليون طن (FAO, 2023)، وتعد البلدان ذات المناخ المتوسطي وكندا أكبر منتجي القمح الصلب ومستهلكي منتجاته (Martinez-Moreno *et al.*, 2022)، يتكيف القمح الصلب بشكل جيد مع المناطق الجافة ذات معدلات هطول الأمطار المتغيرة والإجهاد الحراري كحوض البحر المتوسط، التي تزرع دوله ما يقرب من 50% من المساحة المزروعة وتنتج نصف الانتاج العالمي. يتميز القمح الصلب بمحتوى عال من البروتين والمعادن والفيتامينات والكاروتينات بالمقارنة مع قمح الخبز (Colasuonno *et al.*, 2019).

يعد نوع القمح الصلب ذا قساوة عالية، حيث تعني كلمة Durum باللاتينية "الصلب"، وهذا يجعل حبوبه الصلبة جدًّا ملائمة لإنتاج السميد، إذ يتكسر الأندوسبرم فيه إلى أجزاء خشنة، ويوفر مردودًا عاليًا من السميد عند الطحن مقارنة بأنواع القمح الأخرى التي تعطي غالبيتها أجزاء أكثر نعومة مشكلة الدقيق (Al-Saleh *et al.*, 1986). يستخدم السميد الذي يحتوي على نسبة عالية من بروتين الغلوتين القوي المتميز باللون الأصفر اللماع والمكسر الزجاجي في صنع المعكرونة الفاخرة والشعيرية والبرغل والكسكس والفريكة ومجموعة واسعة من المنتجات التقليدية الأخرى. تُصنع المعكرونة عالية الجودة في الدول الصناعية في مصانع البثق الكبيرة، حيث يجري ترطيب السميد بالماء ثم خلطه للحصول على قوام عجين متماسك تحت التفريغ، ثم يجري بثقه من خلال قوالب ذات أشكال مختلفة تحت ضغط كبير، وفي النهاية تُجفّف قبل التعبئة (Dexter *et al.*, 1989). تتميز المعكرونة وغيرها من المنتجات المصنعة من القمح الصلب بعمليات تصنيع بسيطة نسبيًّا وتتضمن إضافة القليل من المكونات الأخرى، إن وجدت (Padalino *et al.*, 2014)، إن خصائص جودة الحبوب لها تأثير كبير جدًا على جودة المنتج النهائي. تبذل برامج التربية الحديثة للقمح الصلب جهدًا لتحسين جودة الحبوب، كما تطبق المنشآت الصناعية الحديثة اختبارات باستخدام أدوات تحليلية متطورة لمراقبة جودة الحبوب المستخدمة لضمان جودة المنتجات النهائية التي تصنعها (Hare, 2017; Giri and Sakhale, 2022).

أُجريت الدراسة بهدف تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية والريولوجية لثلاثة من أصناف أكساد من القمح الصلب وسلالتين مبشرتين من القمح الصلب أيضا، بهدف تقييم جودتها ومدى ملاءمتها لتصنيع المنتجات الغذائية القائمة على دقيق القمح.

مواد وطرائق البحث

مواد البحث

استُخدمت حبوب ثلاثة أصناف من القمح الصلب (*Triticum durum* L.) (أكساد 65، وأكساد 1469 وأكساد 1105) وسلالتين مبشرتين (أكساد 1675 وأكساد 1729) من حصاد الموسم الزراعي 2022 - 2023، تحت الظروف المطرية في محطة بحوث إزرع التابعة للمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) في سورية، حيث يبلغ متوسط معدّل الهطل المطري السنوي فيها 289 مم.

طرائق البحث

تحضير العينات

قبل البدء بالاختبارات جرى تنظيف عينات 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 إلى 15.5%، لمدة 48 ساعة عند درجة حرارة الغرفة (20 درجة مئوية). أضيف ماء الترطيب حسب طريقة جمعية كيميائي الحبوب الأمريكيةِ American Association of Cereal Chemists (AACC) رقم 26-95 (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 وطاقتها الطحنية 6 كغ قمح/ساعة، بهدف إجراء الاختبارات عليه. تحسب نسبة الاستخراج العادية المئوية للدقيق من خلال وزن كمية الدقيق الناتجة من طحن عينة القمح بعد التنظيف، أما بالنسبة إلى الاستخراج السكري فيضاف الى الدقيق النخالة الناعمة والناتجة عن عملية الطحن مما يزيد من النسبة المئوية للاستخراج.

الاختبارات الفيزيائية للحبوب

- الوزن النوعي: قدر الوزن النوعي لأصناف الحبوب المختبرة باستعمال جهاز Hectoliter Weight (Type 96007) ذي الحجم 250 سم^3، بثلاثة مكررات لكل عينة.
- وزن ألف حبة: جرى 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.
- بللورية الحبوب: جرى تقدير شفافية الحبوب باستخدام جهاز Farinotome de Pohl بستة مكررات.

الاختبارات الكيميائية للحبوب

- المحتوى المائي: جرى تقدير المحتوى المائي لعينات الدقيق وفقًا لطريقة AACC رقم 44-A15 (AACC, 2000).
- 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 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 تم وزن الدقيق المتبقي فوق المنخل العلوي والسفلي وحسبت نسبة التحبب(Al Saleh, 1995) .

- اللون: قدر لون الدقيق باستخدام جهاز Satake Colour Grader PCGA Series 4 وفقًا لطريقة (Wang *et al.*, 2016).
- حموضة الدقيق: قدرت حموضة الدقيق بطريقة AACC ذات الرقم 02-02 (AACC, 2000).
- 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).
- نوعية وكمية الغلوتين: قُدّرت النسبة المئوية للغلوتين الرطب والجاف ودليل الغلوتين حسب طريقة AACC رقم A12-38 (AACC, 2000). باستخدام جهاز غسيل الغلوتين Perten Glutomatic Chambers 2200 ، حيث تغسل عينة الدقيق من النشاء والبروتينات الذوابة بواسطة محلول كلوريد الصوديوم2.5%، 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.

- رقم السقوط: اختُبر رقم السقوط بحسب طريقة AACC رقم 56-81B (AACC, 2000). باستخدام جهاز Hagberg Falling Number (Perten Instruments AB, Sweden).
- الرماد: قدرت نسبة الرماد بحسب طريقة AACC رقم 01-08 (AACC, 2000).

اختبارات الدقيق الريولوجية

- الفارينوغراف: أجريت الاختبارات على الدقيق باستخدام جهاز الفارينوغراف بحسب طريقة AACC رقم 54-21 (AACC, 2000)، ومن خلال مخططات الفارينوغرام لكل عينة تمّ تسجيل المعطيات التالية: نسبة امتصاص الماء وزمن تكون العجين وزمن ثبات العجين وضعف العجين والرقم الفالوريمتري.
- الإكستنسوغراف: جرى اختبار عينات الدقيق المختلفة باستخدام جهاز الاكستنسوغراف وذلك وفقًا لطريقة AACC رقم 54-10 (AACC, 2000)، ومن خلال مخططات الأكستنسوغرام جرى تسجيل المعايير التالية: قدرة العجين، مقاومة 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

الصفات الفيزيوكيميائية لأصناف القمح

يبين الجدول (1) أنّ متوسط نسبة الأجرام في العينات المدروسة منخفضة وتراوحت بين 0.05 و0.32% بمتوسط 0.14%، بينما تراوحت نسبة الشوائب بين 1.1 و2.1% وبمتوسط 0.22%، مما يدل على ملاءمتها لإجراء الاختبارات المختلفة عليها وذلك لانخفاض نسبها.

يعد الوزن النوعي أحد العوامل التي تعتمد في تصنيف جودة القمح، فكلما زاد الوزن النوعي زادت كمية المادة الجافة وبالتالي يزداد استخراج الدقيق (Wang and Fu, 2020)، يعتمد الوزن النوعي على التركيب الوراثي والظروف البيئية والممارسات الزراعية، وقد وجد أن متوسط الوزن النوعي لأصناف وسلالات أكساد قد تراوح من 78 إلى 81 كغ/هكتولتر مما يضعها في مصاف الاقماح الجيدة جدًّا، حيث يجري عالميًّا توصيف أصناف القمح التي يزيد وزنها النوعي عن 78 كغ/هكتولتر على أنها قمح من الدرجة الأولى (Manley *et al.*, 2009)، ولقد تفوقت سلالة أكساد 1729 وبشكل معنوي على باقي السلالات والأصناف حيث بلغ وزنها النوعي 81 كغ/هكتولتر (الجدول 1).

يعدُّ وزن ألف حبة أداة مفيدة لتقييم مردود عملية طحن الحبوب، ويسهم حجم الحبة بشكل مباشر في تحسين نسبة استخراج السميد أو الدقيق من الحبوب (Wang and Fu, 2020). تراوحت قيم وزن ألف حبة للأصناف المختبرة بين 39.0 و43.0 غرام بمتوسط 41.4 غرام، وسجل صنفا القمح أكساد 1105و1469 وسلالة أكساد 1675 أعلى قيمة حيث بلغت 43 غرام (الجدول 1). إن الاختلافات في وزن الألف حبة بين أصناف القمح ناجمة عن الاختلافات في التركيب الوراثي للأصناف والسلالات باعتبار أنها قد تعرضت لنفس الظروف البيئية.

الجدول 1. الصفات الفيزيوكيميائية لأصناف وسلالات القمح الصلب المدروسة

الصفة / الطرز الوراثية	الأجرام (%)	الشوائب (%)	الوزن. النوعي (كغ/هـ. ل$^{-1}$)	وزن ألف حبة (غ)	البلورية (%)	المحتوى المائي (%)	المحتوى البروتيني (%)
أكساد 65	0.05 ^{a}	1.9 ^{bc}	78 ^{c}	39.0 ^{b}	98 ^{a}	10.2 ^{b}	14.4 ^{b}
أكساد 1469	0.12 ^{b}	1.6 ^{b}	80 ^{b}	43.0 ^{a}	91 ^{c}	10.5 ^{ab}	13.9 ^{c}
أكساد 1105	0.02 ^{a}	1.1 ^{a}	80 ^{b}	43.0 ^{a}	99 ^{a}	10.5 ^{ab}	15.3 ^{a}
أكساد 1729	0.18 ^{b}	1.1 ^{a}	81 ^{a}	40.0 ^{b}	95 ^{b}	10.6 ^{a}	13.6 ^{d}
أكساد 1675	0.32 ^{c}	2.1 ^{c}	80 ^{b}	43.0 ^{a}	94 ^{b}	10.5 ^{ab}	13.0 ^{e}
المتوسط	0.14	1.57	80	41.4	95.3	10.5	14.1
L.S.D	0.04	0.22	0.27	1.3	1.5	0.2	0.2
C.V	16.0	7.3	0.2	1.6	0.8	1.0	0.7

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

لقد كان متوسط البللورية في الأصناف والسلالات المدروسة 95.3% الذي يعدُّ قيمة عالية تجعلها صالحة للاستخدام لكافة أنواع المنتجات التي تعتمد على القمح الصلب، وسجل صنفا أكساد 1105 وأكساد 65 أعلى درجة من البللورية حيث بلغا 99% و98% على التوالي (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 الفطريات، ويزيد 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). تراوح المحتوى المائي للحبوب في عينات القمح من سلالات وأصناف أكساد بين 10.2 إلى 10.6% وبمتوسط 10.5% وبذلك تكون جميع الأصناف صالحة للتخزين والتصنيع بآن واحد (الجدول 1).

يعد محتوى بروتين الحبوب في القمح عاملًا حاسمًا في صناعة الخبز وإنتاج السميد ويؤدي المحتوى العالي من البروتين في القمح إلى الحصول على الخبز بأنواعه المختلفة بمواصفات جيدة، كما يؤدي إلى إنتاج سميد فاخر يسمح بإنتاج معكرونة بمواصفات عالية. تعتمد جودة المنتجات المصنعة من القمح الصلب بشكل كبير على كمية ونوعية البروتين الموجود في حبوب أصناف القمح المختلفة. من المعروف أن محتوى بروتين القمح الصلب يتراوح بين 12و20% تقريبًا (Alisa *et al.*, 2015)، ويعتمد ذلك بشكل أساسي على الصنف، ولكنه يتأثر أيضًا بالظروف المناخية ولا سيما تعرض النبات للإجهاد المائي في أثناء فترة امتلاء ونضج الحبوب، وكذلك بمعدل الأسمدة النيتروجينية ووقت إضافتها ونيتروجين التربة المتبقي (Ames *et al.*, 2003). تراوحت نسبة البروتين في الأصناف والسلالات المدروسة بين 13.0 و15.3% بمتوسط مقداره 14.1% الذي يعدُّ عاليًا ويحقق متطلبات صناعة الأغذية المعتمدة على القمح الصلب، وكان الصنف 1105 الأعلى من حيث المحتوى البروتيني من بين الأصناف المدروسة (الجدول 1).

خصائص عملية الطحن وخواص الدقيق

يهدف طحن القمح إلى فصل أكبر قدر ممكن من الأندوسبرم عن الأغلفة والجنين وتحويله إلى دقيق أو سميد حسب الحالة. يجري التعبير تقليديا عن نقاوة دقيق القمح بمحتوى الرماد الذي تزداد كميته من المركز باتجاه الطبقات الخارجية لحبة القمح(Kim and Flores, 1999) . أخذت عينات الحبوب بوزن 5 كغ تقريبًا من الحبوب الجافة والنظيفة من أصناف وسلالات قمح أكساد الخمسة المدروسة، حيث تمّ 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).

الجدول 2. نتائج خصائص الطحن ومواصفات الدقيق لعينات أصناف وسلالات القمح الصلب المدروسة

الصفة / الطرز الوراثية	وزن القمح (غ)	وزن الدقيق (غ)	النخالة السكرية (غ)	النخالة العادية (غ)	الاستخراج العادي%	الاستخراج السكري%
أكساد 65	3750 ^{d}	2700 ^{d}	750 ^{c}	105 ^{e}	72.1 ^{c}	92.1 ^{b}
أكساد 1469	4532 ^{b}	3250 ^{b}	924 ^{a}	130 ^{c}	71.7 ^{cd}	92.1 ^{b}
أكساد 1105	3700 ^{e}	2710 ^{d}	620 ^{e}	120 ^{d}	73.0 ^{b}	90.1 ^{c}
أكساد 1729	4780 ^{a}	3400 ^{a}	810 ^{b}	149 ^{b}	71.0 ^{d}	88.1 ^{d}
أكساد 1675	3853 ^{c}	2850 ^{c}	720 ^{d}	190 ^{a}	74.0 ^{a}	92.6 ^{a}
المتوسط	4123.1	2982	764.8	139	72.4	91.0
L.S. D	7.8	7.6	5.5	2.6	0.5	0.21
CV	0.1	0.1	0.4	1.0	0.4	0.1

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

يوضح الجدول (2) كمية الدقيق الناتجة عن طحن كل صنف أو سلالة، التي تراوحت بين 2.700 كغ للصنف أكساد 65 و3.400 كغ لسلالة أكساد 1729، أمّا كمية النخالة العادية، فقد تراوحت بين 0.105 كغ لصنف القمح أكساد65 إلى 0.190 كغ لدى سلالة أكساد 1675، بينما تراوحت كمية النخالة السكرية بين 0.924 كغ لدى صنف أكساد 1469 و0.620 كغ في صنف أكساد1105. كانت هناك فروقات معنوية بين جميع الأصناف المدروسة في كميات الدقيق ومشتقاته (الجدول 2).

كان متوسط نسبة الاستخراج للأصناف المدروسة مرتفعًا في جميع الأصناف حيث بلغ بالمتوسط 72.4%، وتراوحت نسبة الاستخراج بدون النخالة العادي بين 72.1% لدى صنف أكساد65 إلى 74% لدى سلالة أكساد 1675، أما عند إضافة النخالة السكرية إلى الدقيق، فقد ارتفع متوسط نسبة الاستخراج إلى 91% وتراوحت قيمها بين 90.1% لدى صنف أكساد 1105 و92.6% لدى سلالة أكساد 1675 وبفروقاتٍ معنوية بين الأصناف المدروسة.

تصنف الأقماح الصلبة التي تتجاوز فيها نسبة استخراج الدقيق والسميد 70% على أنها أقماح ذات نوعية ممتازة (Dexter *et al.*, 2004)، لذا تعدُّ أصناف وسلالات أكساد صالحة لتصنيع جميع المنتجات التي يعتمد إنتاجها على دقيق أو سميد القمح الصلب كما تعطي هذه الأصناف نسب استخراج عالية بعد إضافة النخالة السكرية وبذلك تحقق مردودًا عاليًا من الدقيق الذي يستخدم في إنتاج الخبز الخاص بالتغذية العلاجية (Marc, 2017).

الصفات الفيزيوكيميائية للدقيق

بيّنت نتائج اختبار تحبب الدقيق نعومة الدقيق، حيث كانت كمية الدقيق النازل من المنخل الأوّل أكبر من 99% وبمتوسط 99.4% كما كان متوسط الدقيق الباقي على المنخل السفلي 32.8%، وتدل القيم المتحصل عليها على تجانس حبيبات الدقيق وصلاحيتها لتصنيع الخبز، حيث إن ذلك عامل أساسي في تحديد نوعية المنتج النهائي (Al-Saleh,1995).

كان متوسط الرماد في العينات المدروسة 1.20%، حيث تراوحت قيمها بين 1.13% للصنف أكساد 1469 و1.40% لسلالة أكساد 1729 وهذا يدل على جودة عملية فصل النخالة عن السميد والطحين أثناء عملية الطحن، وترافق ذلك مع درجات لون منخفضة للدقيق فقد كان متوسط درجة اللون للعينات المدروسة 2.67 درجة مع تباين بين لون العينات الذي تراوح بين 2 درجة للصنف أكساد 1469 و3.37 درجة للصنف أكساد 1105(الجدول 3)، ومن المعلوم أن تزايد نسبة الرماد في الدقيق أو السميد يرفع من درجة اللون. (Kim and Flores, 1999)

بينت العديد من الدراسات وجود علاقة خطية بين محتوى الدقيق من الرماد ودرجة لونه (Kim and Flores,1999; Al-Saleh, 2023) وذلك لتوضع معظم العناصر المعدنية في الأغلفة فارتفاع نسبة الأغلفة في الدقيق يزيد من درجة اللون، لذلك فمتوسط درجات اللون للعينات المدروسة (2.67 درجة لونية) يجعله دقيق متميز وفق التصنيف العالمي (Williams, 1988).

تباين متوسط درجة حموضة عينات الدقيق بين 1.7 و2.0 درجة وبمتوسط 1.94، وتُعد هذه النتائج ضمن القيم الطبيعية للحموضة في الدقيق وهذا دليل عدم تعرض القمح أو الدقيق الناتج عنه لتغيرات كيميائية أو كيميائية حيوية قبل الطحن أو بعده وعدم وجود لنشاط ملموس لأنزيم الليباز (Al-Saleh, 1995; Salman and Copeland, 2007) (الجدول 3).

الجدول 3. الصفات الفيزيوكيميائية لدقيق أصناف وسلالات القمح الصلب المدروسة

الصفة / الطرز الوراثية	التحبب 1%	التحبب 2%	الرماد%	اللون	حموضة الدقيق
أكساد 65	99.3 a	33.0 b	1.17 c	2.77 ab	1.90 ab
أكساد 1469	99.5 a	34.5 a	1.13 d	2.00 b	2.10 a
أكساد 1105	99.3 a	31.3 c	1.33 b	3.37 a	2.00 ab
أكساد 1729	99.5 a	30.6 d	1.40 a	2.40 b	1.70 b
أكساد 1675	99.3 a	34.8 a	1.20 c	2.80 ab	2.00 ab
المتوسط	99.4	32.8	1.25	2.67	1.94
L.S.D	0.5	0.4	0.02	0.52	0.19
CV	0.3	0.7	0.9	10.3	5.3

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

يلاحظ من الجدول (4) ارتفاع المحتوى البروتيني للدقيق الذي تراوح بين 13.1 و14.7% وبمتوسط 13.6%، وبالتالي فهي ملائمة لصناعة الخبز وكافة المخبوزات الأخرى المصنعة منه.

أظهرت نتائج تقدير نسبة الغلوتين الرطب لأصناف وسلالات أكساد في الدراسة إلى تقارب في قيمها وبمتوسط قدره 34.3%، وقد تراوحت بين 29% للسلالة 1675 و40% للصنف 1105 (الجدول 4). إن قيم الغلوتين الرطب التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة من الناحية الكمية تعد بأنها جيدة جدًّا في مجملها وهذا يتوافق مع ما ذكره Williams وزملاؤه الذين أكَّدوا أن كمية الغلوتين الرطب التي تزيد عن 35% في القمح هي نسبة عالية، وما بين 28 و35% جيدة، وما بين 20-27% فهي متوسطة المحتوى الغلوتيني، وأقل من 20% فهي ضعيفة المحتوى الغلوتيني (Williams *et al.*, 1988). فقد بين Pratt (1971) وPomeranz (1988) بأن غلوتين القمح يتمتع بقدرة ثابتة نسبيًّا 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 10.5% و13% وبمتوسط مقداره 12.1%.

الجدول 4. صفات بروتين وغلوتين دقيق أصناف وسلالات القمح الصلب المدروسة

الصفة / الطرز الوراثية	بروتين الدقيق %	الغلوتين الرطب%	الغلوتين الجاف %	معامل الغلوتين%	رقم السقوط ثانية
أكساد 65	13.6 b	35 b	13.0 a	65 d	383 cd
أكساد 1469	13.5 b	35 b	12.4 a	75 c	365 d
أكساد 1105	14.7 a	40 a	12.5 a	40 e	384 c
أكساد 1729	13.1 b	34 b	12.2 a	93 a	462 b
أكساد 1675	13.1 b	29 c	10.5 b	81 b	510 a
المتوسط	13.6	34.3	12.1	71	421
L.S.D	1.0	1.6	0.54	1.3	11.5
CV	4.0	2.4	2.3	1.0	1.5

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

يحتوي القمح على خليط معقد من البروتينات التي لها خاصية فريدة تتمثل في قدرتها على تكوين عجينة لزجة مرنة عندما يخلط الدقيق مع الماء. ويعد معامل الغلوتين (GI) مقياسًا لجودة غلوتين القمح، ويُستخدم لتحديد فيما إذا كانت بنية الغلوتين قوية أم ضعيفة (AACCI, 2010). يعدّ معامل الغلوتين (GI) معيار لجودته فتكون ضعيفة (GI <30%) أو جيدة (GI = 30-80%) أو قوية (GI>80%) (Oikonomou *et al.*, 2015). أظهرت النتائج أن قيم معامل الغلوتين قد تراوحت بين 40% للصنف أكساد 1105 و93% للسلالة 1729 وبمتوسط مقداره 71% (الجدول 4). وتبين هذه النتائج إلى أن غلوتين القمح لأصناف وسلالات أكساد هي بين متوسطة إلى جيدة. وبالنظر إلى النتائج المذكورة أعلاه، سيتمكن منتجو الدقيق من أصناف أكساد من إنتاج دقيق بجودة ممتازة تسمح بإنتاج كل أنواع الخبيز المطلوبة. يعبر رقم السقوط عن حالة النشاط الأميليزي وتأثيره على نشاء أندوسبرم الحبوب وبالتالي إمكانية تضرر الحبوب أثناء التخزين في حال كان مرتفعًا، كما يمكن أن يعطي رقم السقوط فكرة عن نوعية وحجم الخبز الناتج، وعادة يجب أن يكون رقم السقوط بحدود 250 ثانية لكي يعطي خبزًا جيد الحجم والقوام (Al-Saleh, 1995) وفيما يتعلق بنشاط الأنزيم ألفا أميليز α-amylase في الدقيق، فقد كان منخفضاً في كافة أصناف القمح المدروسة (الجدول 4)، حيث تراوح رقم السقوط بين 365 ثانية عند صنف القمح الصلب أكساد 1469، و510 ثانية في سلالة القمح الصلب أكساد 1675، وبمتوسط421 ثانية، وهذا يدل على الجفاف الذي ساد أثناء موسم النمو، وتُعد هذه القيم المتدنية من النشاط الأنزيمي ملائمة جدًّا لإنتاج الخبز بكافة أنواعه (Al Saleh, 2023).

الخصائص الريولوجية للدقيق

دُرست الخصائص الريولوجية لدقيق أصناف أكساد باستخدام تقنيتي الفارينوغراف والأكستنسوغراف (الجدولين 5 و6). كان متوسط امتصاص الدقيق للماء مرتفعًا، حيث بلغ 67% وتراوحت قيمه بين 66% للصنف أكساد 65 و69% للصنف أكساد 1105، ويُعزى ارتفاع نسبة امتصاص الماء إلى نعومة الدقيق المختبر. لقد كان متوسط زمن تكون العجين 3.1 دقيقة وهي تعدُّ قيمة جيدة وقد كان زمن التكون لعجينة الصنف أكساد 65 الأطول وبلغ 4.2 دقيقة، وكان متوسط زمن ثبات العجين 2.7 دقيقة، وتراوح بين 2.1 لسلالة أكساد 1729 و3.4 دقيقة لدى صنف القمح الصلب أكساد1105، ويدل ذلك على جودة غلوتين ملائمة لتصنيع الخبيز. بلغ متوسط درجة ضعف العجين 86 وحدة برابندر (BU) وهو ضمن المعدل الطبيعي لأقماح المنطقة العربية، كما تراوحت قيم الفالوريمتري بين 45 و52 بمتوسط قدره 49 (الجدول 5).

الجدول 5. نتائج الخواص الريولوجية لدقيق أصناف وسلالات القمح الصلب باستخدام الفارينوغراف

الصفة / الطرز الوراثية	امتصاص الماء(%)	زمن التكون(د)	زمن الثبات(د)	الضعف (BU)	الفالوريمتري
أكساد 65	66 ^{b}	4.2 ^{a}	3.0 ^{ab}	78.3 ^{b}	52.0 ^{a}
أكساد 1469	67 ^{b}	3.2 ^{b}	2.6 ^{b}	78.0 ^{b}	51.0 ^{ab}
أكساد 1105	69 ^{a}	3.1 ^{b}	3.4 ^{a}	78.0 ^{b}	49.0 ^{ab}
أكساد 1729	68 ^{ab}	2.6 ^{c}	2.1 ^{c}	95.0 ^{a}	45.3 ^{c}
أكساد 1675	68 ^{ab}	2.5 ^{c}	2.2 ^{c}	100.0 ^{a}	47.7 bc
المتوسط	67	3.1	2.7	86.0	49.0
L.S. D	1.14	0.25	0.3	5.9	2.1
CV	0.9	4.3	4.9	3.7	2.3

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

يبين الجدول (6) وجود فروقات معنوية بين الأصناف المدروسة بالنسبة إلى مطاطية العجين، حيث تدرجت من 113 مم للصنف أكساد 1105 إلى 136 مم لسلالة أكساد 1729 مع وجود فروقاتٍ معنوية فيما بينها، بمتوسط 127 مم، كما تباين متوسط مقاومة العجين للشد عند إجراء اختبار الأكستنسوغراف بين 222 Brabender Unit (BU) لدى سلالة أكساد 1729 و375 BU لدى الصنف أكساد 65 وبمتوسط مقاومة قدره 273 BU، وكانت المقاومة العظمى للشد الأعلى 405 BUلدى الصنف أكساد 65، وتراوح متوسط قدرة العجين قرابة 47.3 سم^2 وكانت القدرة العظمى 63 سم^2 لدى صنف أكساد 65 مع وجود فروقاتٍ معنوية بين الأصناف والسلالات المدروسة.

الجدول 6. نتائج الخواص الريولوجية لدقيق أصناف وسلالات القمح الصلب باستخدام الأكستنسوغراف

الصفة / الطرز الوراثية	المطاطية (مم)	مقاومة الشد (BU)	المقاومة العظمى للشد (BU)	الرقم النسبي	قدرة العجين (سم^2)
أكساد 65	132 ^{ab}	375 ^{a}	405 ^{a}	2.9 ^{a}	63 ^{a}
أكساد 1469	128 ^{b}	292 ^{b}	292 ^{b}	2.3 ^{b}	40 ^{d}
أكساد 1105	113 ^{c}	244 ^{c}	245 ^{c}	2.2 ^{bc}	52 ^{b}
أكساد 1729	136 ^{a}	222 ^{e}	230 ^{d}	1.6 ^{d}	35 e
أكساد 1675	127 ^{b}	231 ^{d}	231 ^{d}	1.8 ^{cd}	46 ^{c}
المتوسط	127	273	281	2.2	47.3
L.S.D	3.4	4.3	6.2	0.2	2.4
CV	1.4	0.8	1.2	5.6	2.6

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

علاقات الارتباط للصفات المدروسة

تبين النتائج في الجدول (7) أن للوزن النوعي ارتباطًا إيجابيًّا مع امتصاص الدقيق للماء (r=0.926) وكذلك مع تَكُّون العجين وبشكل معنوي (r=0.904) وثباتيته (r=0.518) وضعفه (r=0.514)، وارتباط سلبي مع مقاومة العجين (r=-922) وقدرته (r=0.917) وبشكل معنوي لكليهما. كما كان هناك ارتباط سلبي بين وزن الألف حبة والغلوتين الجاف (r=-0.506) وكذلك مع مقاومة العجين (r=-0.518)، وهذه النتائج تتوافق مع ما وجده (Mis and Kaminski, 2002). كما وجد أن هناك ارتباطًا إيجابيًّا بين بللورية حبوب القمح وكل من قدرة العجين (r=0.690) وثباتيته (r=0.667) وكذلك ارتباطًا إيجابيًّا للبللورية مع كل من بروتين القمح (r=693) وبروتين الدقيق (r=0.629) وكذلك أيضًا مع لون الدقيق (r=0.864)، ويعود ذلك إلى أن ارتفاع نسبة البللورية في حبوب القمح عائد لارتفاع نسبة البروتين فيها والذي يؤثر إيجابًا على قدرة وثباتيه العجين (Al-Saleh and Brennan, 2012).

وبينت الدراسة وجود ارتباط بين المحتوى البروتيني للقمح وقدرة العجين الناتج عنه (r=0.511) وكذلك مع مطاطيته (r=0.663) ومع زمن تكونه (r=0.522) وثباتيته بشكل معنوي (r=943) 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 وبشكل معنوي (r=0.968، r=0.727 على التوالي) وكذلك تزايد المحتوى البروتيني للدقيق بزيادة بروتين القمح بارتباط معنوي r قدره 0.940، وهذا يتوافق مع ما أثبتته الدراسات السابقة (Pomeranz *et al.*, 1984).

كما ارتبطت نسبة استخراج الدقيق بشكل إيجابي مع درجة لون الدقيق (r=0.607) ويعود ذلك إلى أن زيادة نسبة الاستخراج تزيد من نسبة الأغلفة ذات اللون الغامق التي تذهب مع الدقيق مما يزيد من درجة لون الدقيق (Al Saleh, 1955)، وارتبط تحبب الدقيق سلبًا مع لونه (r=-0.838) وكذلك صفة قدرة العجين مع التحبب (r=-0.812)، كما ارتبط لون الدقيق مع مطاطية العجين الناتج عنه وارتبط اللون إيجابًا مع نسبة البروتين فيه (r=0.678). بينت النتائج ارتباط نسبة البروتين في الدقيق مع مطاطية العجين الناتج عنه، كما ارتبط بروتين الدقيق إيجابًا مع نسبة الغلوتين الرطب(r=0.885) وبشكل معنوي وكذلك مع الغلوتين الجاف (r=0.464).

ارتبطت نسبة الغلوتين الجاف إيجابًا مع كل من المقاومة (r=0.612) ومدة تكون العجين (r=0.748) وثباتية العجين (r=0.607) وسلباً مع ضعف العجين (r=-0.828)، كما ارتبط امتصاص العجين للماء مع مقاومة العجين الناتج وبشكل سلبي (r=-0.870)، وارتبط زمن تكون العجين مع قدرة العجين ومقاومته وثباتيته بشكل إيجابي (0.797، 0.964، 0.626 على التوالي) وسلبًا مع ضعفه (r=-0.760)، وتنسجم هذه النتائج مع دراسات سابقة (Shewry *et al.*, 1997; Hare, 2017; Al-Saleh, 2023).

ارتبطت ثباتيه العجين مع قدرته (r=0.703) وبشكل إيجابي، أما مع ضعف العجين فقد كان ارتباطه سلبيًّا مع الثباتية (r=-0.731). بينت النتائج علاقة كل من مقاومة العجين (r=-0.643) وقدرة العجين(r=-0.487) بضعفه حيث كان الارتباط سلبيًّا مع كليهما، كما بينت النتائج ارتباط مقاومة العجين مع قدرته بشكل إيجابي (r=0.730).

الجدول 7. نتائج علاقات الارتباط بين الصفات المدروسة في سلالات وأصناف أكساد من القمح الصلب

	الوزن النوعي	1000 حبة	البللورية	بروتين القمح	استخراج1	استخراج2	تحبب 1	تحبب 2	الرماد	اللون	بروتين دقيق
القدرة	-0.917*	0.313-	0.690	0.511	0.360	0.470	0.812-	0.100	0.359-	0.581	0.444
المقاومة	-0.922*	0.518-	0.192	0.289	0.190-	0.506	0.230-	0.265	0.636-	0.111-	0.076
المطاطية	0.005	0.666-	0.411	0.663-	0.574	0.116-	0.513	0.052	0.061	0.702-	0.878*-
فالورمتري	0.831-	0.043-	0.067	0.408	0.064	0.704	0.291-	0.478	0.797-	0.038-	0.329
الضعف	0.514	0.033	0.266-	0.809-	0.256	0.169-	0.054	0.063	0.321	0.073-	0.690-
الثباتية	0.518	0.075	0.667	0.943*	0.169	0.128	0.518-	0.203-	0.087-	0.614	0.928
التكون	0.904	0.523-	0.398	0.522	0.207-	0.355	0.297-	0.056	0.468-	0.072	0.304
الامتصاص	0.692	0.464	0.281	0.146	0.337	0.545-	0.133-	0.486-	0.752	0.558	0.354
رقم سقوط	0.432	0.063	0.159-	0.752-	0.391	0.100-	0.106-	0.086	0.300	0.066	0.608-
دليل. غ	0.388	0.275-	0.649-	0.896*-	0.357-	0.145-	0.594	0.159	0.038	0.718-	0.964**-
غ. الجاف	0.402-	0.506-	0.381	0.727	0.660	0.263	0.172	0.467-	0.044	0.033-	0.464
غ. الرطب	0.126-	0.019-	0.568	0.968**	0.270-	0.359-	0.065-	0.584-	0.290	0.402	0.885*
بروتين. د	0.174-	0.293	0.629	0.940*	0.205	0.091-	0.417-	0.350-	0.167	0.678	
اللون	0.211	0.099	0.864	0.562	0.607	0.069-	0.838-	0.344-	0.349		
الرماد	0.611	0.177-	0.421	0.188	0.252-	0.938*-	0.151	0.900*-			
التحبب 2	0.312-	0.416	0.594-	0.487-	0.473	0.923*	0.141-				
التحبب 1	0.583	0.046-	0.682-	0.305-	0.789-	0.436-					
استخراج2	0.617	0.292	0.260-	0.195-	0.566						
استخراج1	0.164-	0.562	0.185	0.074-							
بروتين ق	0.305	0.017	0.693								
البللورية	0.398	0.367-									
1000 حبة	0.421										

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	0.303	0.353	0.633-	0.364-	0.350-	0.797	0.703	0.487-	0.686	0.291-	0.730
المقاومة	0.191	0.612	0.241-	0.619-	0.870-	0.964	0.434	0.643-	0.873	0.201	
المطاطية	0.578-	0.002-	0.873	0.295	0.539-	0.032	0.731-	0.398	0.189-		
فالوريمتري	0.300	0.493	0.497-	0.744-	0.722-	0.851	0.613	0.789-			
الضعف	0.799-	0.828-	0.706	0.986	0.383	0.760-	0.830-				
الثباتية	0.843	0.607	**0.968-	0.739-	0.013	0.626					
التكون	0.426	0.748	0.436-	0.724-	0.725-						
الامتصاص	0.176	0.390-	0.207-	0.420							
رقم السقوط	0.779-	0.861-	0.599								
د. الغلوتين	0.784-	0.410-									
غ. الجاف	0.783										

*، **: 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.

الاستنتاجات والتوصيات

- تميزت أصناف أكساد المعتمدة في صفاتها الفيزيائية بارتفاع الوزن النوعي وتفوق لسلالة أكساد 1729 معنويًا على باقي الاصناف والسلالات أما في وزن ألف حبة فقد تساوت السلالة أكساد 1675 مع الصنفين أكساد1105 وأكساد 1469، وتميزت أصناف وسلالات أكساد بالبللورية العالية، وتميزت بالمحتوى البروتيني العالي مما يؤهلها للاستعمال في الصناعات الغذائية التي تعتمد على القمح الصلب.
- ارتفعت نسب الاستخراج في أصناف أكساد المدروسة سواءً بدون النخالة السكرية أو بعد إضافتها الى الدقيق، وتميزت سلالة أكساد1675 بارتفاع نسبة استخراجها معنويًا والذي بلغ 74%، كما كان تحبب ولون ورماد الدقيق لكافة أصناف وسلالات أكساد منخفضًا ويضاهي معايير المواصفات العالمية للدقيق.
- 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، مما يُعد مرغوبًا به عند تصنيع الخبز، حيث يجب أن يتجاوز رقم السقوط 250 ثانية، وقد تحقق ذلك في جميع الأصناف المدروسة التي تميزت بمتوسط قدره 421 ثانية، كما لوحظ ارتفاع بروتين الدقيق وجودته من خلال نسب الغلوتين الرطب والجاف ودليل الغلوتين.
- تبين من دراسة نتائج الفارينوغرام ارتفاع ثبات العجين ولكافة الأصناف والسلالات المدروسة ولا سيما الصنف 1105، كما كان ضعف العجين محدودًا في جميعها.
- أظهرت نتائج الأكستنسوغرام مطاطية ومقاومة وقدرة عجين جيدة بشكلٍ عام لدى كافة الأصناف المدروسة، ولا سيما الصنف أكساد 65.
- بينت معاملات الارتباط العلاقة الوثيقة للمحتوى البروتيني للحبوب ووزنها النوعي وشفافيتها ووزن الالف حبة مع المواصفات الجيدة للعجين المصنع منه من حيث ثباتيته ومقاومته وقدرته وبالتالي جودة الخبيز وكافة المنتجات المصنعة منه.

- تتمتع السلالتان المبشرتان من القمح الصلب أكساد 1729 و1675 بمواصفات نوعية جيدة تؤهلانهما للاعتماد في الدول العربية.

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.
- AACCI. 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, pp 71-77.
- AL-Saleh Abboud. 1995. Cereal technology. Aleppo University Publication, Pp.13-37.
- 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 Microstruct., 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. 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.
- Arya, S., Sadawarte, P., and Ashish, W. 2015. Importance of damaged starch in bakery products-a review. *Starch*, *1*, 2019.
- Brasier K, Ward B, Smith J, Seago J, Oakes J, and Balota M. 2020. Identification of quantitative trait loci associated with nitrogen use efficiency in winter wheat. PLOS ONE 15(2): e0228775. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228775

- 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.
- Colasuonno P, Marcotuli I, Blanco A, Maccaferri M, Condorelli GE, Tuberosa R, Parada R, de Camargo AC, Schwember AR and A. Gadaleta. 2019. Carotenoid Pigment Content in Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. var *durum*): An Overview of Quantitative Trait Loci and Candidate Genes. Front. Plant Sci. 10:1347.
- Dexter, J. E., R. R. Matsuo, and D. G. Martin. 1989. The relationship of durum wheat test weight to milling performance and spaghetti quality. Tecnica Molitoria (Italy).
- 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.
- Echeverry-Solarte, M., Kumar, A., Kianian, S., Simsek, S., Alamri, M. S., and Mantovani, E. E. 2015. New QTL alleles for quality-related traits in spring wheat revealed by RIL population derived from supernumerary × non-supernumerary spikelet genotypes. Theor. Appl. Genet.128 (5), 893-912.
- Echeverry-Solarte, M., Kumar, A., Kianian, S., Simsek, S., Alamri, M. S.,and Mantovani, E. E. 2015. New QTL alleles for quality-related traits in spring wheat revealed by RIL population derived from supernumerary × non-supernumerary spikelet genotypes. Theor. Appl. Genet.128 (5), 893-912.
- Edwards, N.M.; Gianibelli, M.C.; McCaig, T.N.; Clarke, J.M.; Ames, N.P.; Larroque, O.R.; and J.E. Dexter. 2007. Relationships between dough strength, polymeric protein quantity and composition for diverse durum wheat genotypes. Journal of Cereal Science, 45 (2), 140-149.
- FAO. 2021. FAOSTAT statistical database. Available at: https://search.library.wisc.edu/ catalog/ 999890171702121.
- FAO. 2023. World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2023. Rome. https://doi.org/10.4060/cc8166en.
- 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 ed, pp. 135-151.

- Ghimire, B., Mergoum, M., Martinez-Espinoza, A. D., Sapkota, S., Pradhan, S., and Babar, M. A. 2022. Genetics of Fusarium head blight resistance in soft red winter wheat using a genome-wide association study. Plant Genome 15, e20222.
- Giri, N.A., and Sakhale, B.K. 2022. Effect of protein enrichment on quality characteristics and glycemic index of gluten free sweet potato (Ipomoea batatas L.) spaghetti. J Food Sci Technol, 59, 2410-2419.
- Khalid KH, Ohm JB, Simsek S. 2017. Whole wheat bread: effect of bran fractions on dough and end-product quality. J Cereal Sci 78:48-56
- 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.
- Kim, Y. S., and R. A. Flores. 1999. Determination of bran contamination in wheat flours using ash content, color, and bran speck counts. Cereal chemistry (76) 6: 957-961.
- Kiszonas, A. M., and Morris, C. F. 2017. Wheat breeding for quality: A historical review. Cereal Chem. J. 95 17-34. CCHEM-05-17-0103-FI.
- 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.
- Li, W., and Yang, B. 2017. Translational genomics of grain size regulation in wheat. Theor. Appl. Genet.130 (9), 1765-1771.
- Lindgren, A., and Simsek, S. 2016. Evaluation of hard red spring wheat mill stream fractions using solvent retention capacity test: Solvent retention capacity of mill fractions. J. Food Process. Preserv.40 (2), 131-139.
- 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.
- Mann, G., Diffey, S., Cullis, B., Azanza, F., Martin, D. and Kelly, A. 2009. Genetic control of wheat quality: Interactions between chromosomal regions determining protein content and composition, dough rheology, and sponge and dough baking properties. Theor. Appl. Genet.118 (8), 1519-1537.
- Marc P. McRae. 2017. Health Benefits of Dietary Whole Grains: An Umbrella Review of Meta-Analyses Journal of Chiropractic Medicine, 16(1), pp10-18.

- Martínez-Moreno, F.; Ammar, K.; Solís, I. 2022. Global Changes in Cultivated Area and Breeding Activities of Durum Wheat from 1800 to Date: A Historical Review. Agronomy 2022, 12, 1135. https:// doi.org/10.3390/agronomy12051135.
- 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.
- Nigro, D., Gadaleta, A., Mangini, G., Colasuonno, P., Marcotuli, I. and A. Giancaspro. 2019. Candidate genes and genome-wide association study of grain protein content and protein deviation in durum wheat. Planta 249 (4), 1157-1175.
- Nithya U, Chelladurai V., Jayas D.S and N.D.G White. 2011. Safe storage guide genotypes for durum wheat, Journal of Stored Products Research, Volume 47, Issue 4,2011, pp 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) pp 1-11.
- Padalino L, Mastromatteo M, Lecce L, Spinelli S, Contò F, and Del Nobile MA. 2014. Effect of durum wheat cultivars on physico-chemical and sensory properties of spaghetti. J Sci Food Agric.; 94(11):2196-204.
- Pomeranz Y., Bolling H., Zwingelberg H. 1984. Wheat hardness and baking properties of wheat f1 our. 1. Cereal Sci., 2, 137-143.
- Pomeranz Y. 1988. Wheat chemistry and technology (3rd ed.) St. Paul,AACC.
- Pratt, D. B. 1971. Criteria of flour quality. In Y. Pomeranz (Ed.). Wheat: Chemistry and Technology St. Paul: AACC, pp.201-226.
- 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.
- Pradhan, S., Babar, M. A., Bai, G., Khan, J., Shahi, D. and Avci, M. 2020. Genetic dissection of heat-responsive physiological traits to improve adaptation and increase yield potential in soft winter wheat. BMC Genomics 21 (1), 315.

- 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.
- Reif, J. C., Gowda, M., Maurer, H. P., Longin, C. F. H., Korzun, V. and Ebmeyer, E. 2011. Association mapping for quality traits in soft winter wheat. Theor. Appl. Genet. 122 (5), 961-970.
- Salman, H., and Copeland, L. 2007. Effect of storage on fat acidity and pasting characteristics of wheat flour. Cereal Chemistry, 84(6), 600-606.
- Sharma A, Garg S, Sheikh I, Vyas P and Dhaliwal HS. 2020. Effect of wheat grain protein composition on end-use quality, J Food Sci Technol.; 57(8): 2771-2785
- Sherman JD, Varella AC, Lanning SP, Martin JM, Heo HY, Nash D, Talbert LE. 2018 Effect of a gene for high dough strength on whole wheat baking parameters of hard white spring wheat. Cereal Chem 95(3):411-417
- Shewry, P. R., Tatham, A. S., and Lazzeri, P. 1997. Biotechnology of Wheat Quality. J. Sci. Food Agric. 73 (4), 397-406.
- Shewry, Peter R., and Hey S. J. 2015. The contribution of wheat to human diet and health. Food Energy Secur. 4 (3), 178-202.
- Shiori Koga, Anne Rieder, Simon Ballance, Anne Kjersti Uhlen and Eva Veiseth-Kent. 2019. Gluten-Degrading Proteases in Wheat Infected by Fusarium graminearum, Protease Identification and Effects on Gluten and Dough Properties. Journal of Agricultural and Food Chemistry 67:40, pp 11025-11034.
- Subedi M, Ghimire B, Bagwell JW, Buck JW and Mergoum M. 2023. Wheat end-use quality: State of art, genetics, genomics-assisted improvement, future challenges, and opportunities. Front. Genet. 13:1032601.
- 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, P., El-Haramein, F. J., Hani, N., and Safouh, R. 1988. 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-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.

N° Ref: 1170