Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences

مجلة جامعة وادي الشاطئ للعلوم البحتة والتطبيقية

Volume 4, No. 1, January-June 2026 Online ISSN: 3006-0877 المجلد 4، الاصدار 1، يناير - يونيو 2026

RESEARCH ARTICLE **TRADITIONAL FOODS**

Traditional Processing Methods in the Preparation of Libyan *Suwayqa* and Their Scientific Evidence

Abobakr Salem Abobakr[1,*], Ali Muktar Elgerbi[2], Muna Abdulsalam Ilowefah[1]

[1]Department of Food Technology, Faculty of Food Science, Wadi Alshatii University, Brack, Libya
[2]Department of Biology, Faculty of Education, Wadi Alshatii University, Brack, Libya

ARTICLE HISTORY
Received 15 March 2026
Revised 13 April 2026
Accepted 18 April 2026
Online 21 April 2026

KEYWORDS
Barley;
Suwayqa;
Traditional practices;
Roasting;
Functional food.

ABSTRACT

This paper documents and analyzes the traditional practices of preparing Libyan "Suwayqa" and aims to decode the underlying nutritional wisdom inherited in its preparation, through a methodology that combines ethnographic documentation and a systematic review of scientific literature. Suwayqa is a traditional dish based on roasted and ground barley mixed with olive oil and medicinal herbs. Its preparation stages include soaking in a saline solution (10-12 hours), sand roasting (280°C for 20 seconds), dehulling, then grinding and mixing with herbs at a rate of 2% and fenugreek at 0.4%.The results showed that soaking activates the phytase enzyme, reducing phytates by 40-60% and enhancing the bioavailability of minerals, while also releasing beta-glucan responsible for lowering cholesterol and regulating blood sugar. Roasting leads to a reduction in bulk density by 47.8-59.1%, the formation of resistant starch by 15-25%, and an increase in antioxidant activity by 16.8-108.2% despite the reduction in phenols and flavonoids, due to the formation of Maillard reaction products. Dehulling contributes to the removal of antinutrients while preserving the aleurone layer rich in proteins and vitamins. Studies also show that Ammodaucus leucotrichus lowers blood sugar in animal models, while fenugreek reduces the glycemic index by 20-30%.Suwayqa combines culinary heritage with scientifically supported health benefits, being rich in fiber, improving digestion, supporting heart health, and regulating glucose levels, making it a distinguished example of functional foods that bridge authenticity and health benefits.

المعاملات التصنيعية التقليدية في تحضير السويقة الليبية ودلائلها العلمية

ابوبكر سالم ابوبكر*[1]، علي مختار الجربي[2]، منى عبد السلام لويفة[1]

الملخص

تتناول هذه الورقة توثيق وتحليل الممارسات التقليدية لتحضير السويقة الليبية، وتهدف إلى فك الشفرة الكامنة وراء الحكمة الغذائية المتوارثة في إعدادها، وذلك من خلال منهجية تجمع بين التوثيق الإثنوغرافي والمراجعة المنهجية للأدبيات العلمية. السويقة وجبة شعبية تعتمد على الشعير المحمص والمطحون الممزوج بزيت الزيتون والأعشاب الطبية، وتمر مراحل تحضيرها بالنقع في محلول ملحي (12-10 ساعة)، والتحميص بالرمل الساخن (280°م لمدة 20 ثانية)، وإزالة الغلاف الخارجي، ثم الطحن والخلط مع الأعشاب بنسبة 2% والحلبة بنسبة 0.4%.أظهرت النتائج أن النقع ينشط إنزيم الفيتاز مما يخفض الفايتات بنسبة 40-60% ويعزز التوافر الحيوي للمعادن، كما يحرر البيتا-جلوكان المسؤول عن خفض الكوليسترول وتنظيم سكر الدم. أما التحميص فيؤدي إلى انخفاض الكثافة الظاهرية بنسبة 47.8-59.1%، وتكوين النشا المقاوم بنسبة 15-25%، وارتفاع النشاط المضاد للأكسدة بنسبة 16.8-108.2% رغم انخفاض الفينولات والفلافونويدات، وذلك بفضل تكوين نواتج تفاعل ميلارد. كما تساهم إزالة الغلاف في التخلص من مضادات التغذية مع الحفاظ على طبقة الأليورون الغنية بالبروتينات والفيتامينات. وتظهر الدراسات أن الكمون الصوفي يخفض سكر الدم في النماذج الحيوانية، بينما تقلل الحلبة المؤشر الجلايسيمي بنسبة 20-30%.تجمع السويقة بين التراث الغذائي والفوائد الصحية المدعومة بأدلة علمية، فهي غنية بالألياف، تحسن الهضم، تدعم صحة القلب، وتنظم مستويات الجلوكوز، مما يجعلها مثالاً مميزاً للأغذية الوظيفية.

الكلمات المفتاحية

الشعير
السويقة
التحميص
العمليات التقليدية
الأغذية الوظيفية

المقدمة

تمثل الأغذية التقليدية مخزوناً حياً للخبرات المتراكمة عبر الأجيال، حيث تختزل في طياتها حكمةً غذائيةً فريدة وهي التزاوج بين البساطة والعمق الوظيفي، وفي هذا السياق تبرز "السويقة" الليبية كنموذج فريد للأطعمة الوظيفية التقليدية التي تجسد التفاعل بين المكونات الطبيعية وتقنيات المعالجة المتطورة.

تُعدّ الأغذية التقليدية مرآةً للمعرفة الغذائية المتوارثة عبر الأجيال، حيث تجمع بين البساطة في المكونات والدقة في طرق التحضير،

*Corresponding author
https://doi.org/10.63318/waujpasv4i1_42
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

بما يعكس فهماً عميقاً للوظائف التغذوية والصحية، وتبرز "السويقة" الليبية كمثال مميز على هذه الأطعمة، إذ تمثل نموذجاً للأغذية الوظيفية التقليدية التي تُظهر التفاعل المتوازن بين المواد الخام الطبيعية وأساليب المعالجة اليدوية الدقيقة، مما يمنحها قيمة غذائية وصحية خاصة.

السويقة هي وجبة ليبية تقليدية تحضر من الشعير المحمص والمطحون، وتُعرف أيضاً باسم "الزميتة" أو "الزميطة" في مدن مختلفة من ليبيا، حيث يتم تحضيرها بعد تحميص الشعير وطحنه ثم عجنه بالماء والزيت (زيت الزيتون غالباً)، يُعجَن مسحوق الشعير الناتج بالماء وزيت الزيتون، وقد يُضاف إليه السكر أو رب التمر بحسب الذوق، وتُؤكل السويقة عادةً مع الحليب أو الشاي، مما يجعلها وجبة مشبعة وصحية، حاضرة في مائدة الفطور أو السحور خلال شهر رمضان، أو كمخزون غذائي في المواسم والمناسبات.

تبدأ عملية إعداد السويقة بعدة مراحل تبدأ بتنظيف حبوب الشعير، ثم نقعها في ماءٍ مملح، يلي ذلك تحميصها إما على الرمل الساخن أو داخل الفرن، ثم تُجرى عملية "التغييز" لإزالة القشرة الخارجية، وبعدها تُطحن الحبوب جيداً، وغالباً ما تُخلط ببعض الأعشاب الطبية الطبيعية لتعزيز النكهة وزيادة القيمة الغذائية.

تكمن أهمية العمليات التقليدية التي تجري على الشعير وتحويله من مادة خام إلى منتج وظيفي عالي القيمة وقابل للاستهلاك، ففي مرحلة النقع التي تستغرق 10-12 ساعة يُسهم في تنشط إنزيم الفيتاز (Phytase) الذاتي الذي يعمل على خفض محتوى الفايتات بنسبة 40-60% مما يُعزز التوافر الحيوي للمعادن في المنتج النهائي[1] ، أما التحميص بالرمل الساخن فيؤدي إلى تهلم جزئي للنشا وتحويله الى النشا المقاوم من النوع الثالث (RS3) بنسبة 15-25% [2] ويسهم ذلك في رفع محتوى الألياف الغذائية، وهو ما يفسر الملاحظات التقليدية حول ملائمة السويقة لمرضى السكري.

يُضاف إلى الشعير مزيج من الأعشاب الطبية الوظيفية بنسبة 2% من بينها الكمون الصوفي أو ما يسمى محلياً بكمونة الابل *(Ammodaucus leucotrichus)* والذي يحتوي على مركبات *Dillapiole* ذات الخصائص الفعالة في خفض سكر الدم [3]، كما تُضاف الحلبة *(Trigonella foenum-graecum)* الغنية بمركب الجالاكتومانان (Galactomannan) والذي يساهم في تقليل المؤشر الجلايسيمي للوجبة بنسبة تتراوح بين 20- 30% [4] .

تُعدّ هذه الدراسة الأولى من نوعها التي تسعى إلى تفسير الآليات الكيميائية والحيوية الكامنة وراء هذه الممارسات التقليدية المرتبطة بتحضير السويقة، وذلك في ضوء الأدلة العلمية الحديثة، ولذلك اعتمد البحث على منهجية متكاملة تجمع بين التوثيق الإثنوغرافي للطرق التقليدية، والمراجعة المنهجية للأدبيات العلمية ذات الصلة بالقيمة الغذائية والتأثيرات الصحية لمكونات السويقة ومراحل إعدادها، ويهدف هذا التوجه إلى ربط الحكمة الشعبية الموروثة بالأساس العلمي، مع الحرص على الحفاظ على الأصالة الثقافية لهذا التراث الغذائي الفريد.

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم محاولة علمية منهجية لفك الشفرة الكامنة وراء الحكمة الغذائية المتوارثة في تحضير السويقة الليبية، وذلك من خلال تحقيق مجموعة من الأهداف التي تجمع بين التوثيق العلمي والتحصين الثقافي لهذا الإرث الغذائي الفريد قبل أن يندثر، وقد تم تنفيذ ذلك من خلال رصد دقيق للخطوات التحضيرية كما يمارسها حاملو هذه المعرفة المحلية في منطقة وادي الشاطئ، مع تحليل العوامل المؤثرة في كل مرحلة من مراحل الإعداد، وشملت منهجية البحث محورين رئيسيين: اولاً المنهجية الإثنوغرافية: (Ethnographic Methodology) حيث أُجريت مقابلات مع نساء ذات خبرة في إعداد الاطعمة التقليدية بهدف توثيق الممارسات المحلية بدقة، ثانياً البحث الأدبي: استُخدمت قواعد بيانات علمية مثل Google Scholar, PubMed, Scopus للبحث باستخدام مصطلحات مختارة منها: (Traditional barley processing, Sand roasting grains, Dehulling effects, Beta-glucan bioavailability, Functional herbs diabetes, Ammodaucus leucotrichus, Phytate reduction, Maillard reaction nutrition, Libyan traditional foods)، حيث تم انتقاء المراجعات المنهجية والدراسات التجريبية المنشورة في مجلات محكمة ذات معامل تأثير مرتفع، لضمان موثوقية النتائج وجودتها.

القيمة الغذائية لحبوب الشعير

تُعدّ حبوب الشعير *(Hordeum vulgare)* من المحاصيل الموسمية القادر على التكيف والنمو تحت ظروف مناخية متنوعة تشمل المناطق الجافة، شبه الجافة، والرطبة، ويُصنف الشعير من الحبوب الغذائية العلاجية *(Nutraceutical grains)*، لاحتوائه على مجموعة من المركبات النشطة بيولوجياً، مثل *β-glucan*، والمركبات الفينولية، ومضادات الأكسدة، وفيتامينات B المركب، بالإضافة إلى التوكوترينولات والتوكوفيرولات (فيتامين ه)، مما يمنحه خصائص غذائية وصحية فريدة [5, 6]

الشعير محصول حبوبي مهم يحتل المرتبة الرابعة في الإنتاج العالمي، ويلعب دوراً مهماً في تغذية الإنسان يُستخدم في معظم أنحاء العالم أساساً كحبوب لعمليات التخمير وصناعة المشروبات الكحولية، إلا أن جزءاً منه يُوظف أيضاً في المنتجات المخبوزة، يُعد الشعير محصولاً قديماً ذو أهمية زراعية وتقليدية كبيرة، حيث يُزرع على نطاق واسع في مختلف أنحاء العالم ضمن المناخات المعتدلة خلال موسمي الصيف والشتاء [8,7]

يُعد الشعير مصدراً جيداً للبروتين، حيث تتراوح نسبة البروتين في حبوب الشعير بين 10-20%، وتتراكم بشكل رئيسي في السويداء، وتُشير الدراسات إلى أن محتوى البروتين يتأثر بعوامل متعددة، أبرزها نوع الصنف المزروع [10,9] ويتميز بروتين الشعير بتركيبة معقدة تحتوي على طيفاً واسعاً من الأحماض الأمينية، التي تتأثر بشكل مباشر بعمليات المعالجة المختلفة، مثل التحميص، وان للتربتوفان وهو من الاحماض الامينية للشعير، دور محتمل في تحسين المزاج والتقيل من الاكتئاب لدى كبار السن حسب دراسة اجريت على اشخاص تناولوا غذاء التلبينة والذي يحتوي علة نسبة كبيرة من الشعير وهو المكون الاساسي لها [13,12,11] ، وقد كشفت التحاليل الكيميائية أن بروتينات الشعير المختلفة (الألبومين، الجلوبيولين، البرولامين، والجلوتلين) تحتوي على تراكيز متفاوتة من أحماض أمينية مهمة، مثل حمض الجلوتاميك، والليوسين، والبرولين، والفينيل ألانين [13]، وقد أظهرت عملية التحميص قدرة ملحوظة على إحداث تغييرات دقيقة في محتوى الأحماض الأمينية، إذ لوحظ على سبيل المثال، ارتفاع في تركيز حمضي التيروزين والفالين عند التعرض لدرجات التحميص العالية، مما يشير إلى أن المعالجة الحرارية تُسهم في تعدل من ملف الأحماض الأمينية المتاح حيوياً [13,12].

يُعد الشعير من الحبوب ذات الأهمية الغذائية العالية، ويُظهر إمكانات واعدة كغذاء وظيفي بفضل تركيبته الغنية بالمركبات النشطة بيولوجياً، وعلى الرغم من أن الشعير يُصنف كرابع أهم محصول حبوب عالمياً، إلا أن استخدامه في تغذية الإنسان لا يزال محدوداً، حيث يُستخدم ما يقرب من 2% فقط من الإنتاج العالمي للاستهلاك البشري، بينما يُوجه الجزء الأكبر منه كعلف للحيوان، تُعزى النسبة المنخفضة لاستهلاك الشعير في النظام الغذائي البشري إلى الخصائص الحسية غير المرغوبة الناتجة بشكل رئيسي عن محتواه العالي من الألياف، مما يُقلل من تقبله لدى المستهلك، ويُشير ذلك إلى الحاجة لتطوير أصناف محسّنة أو تبني

تقنيات معالجة فعالة تعزز من جاذبيته كغذاء، يتميز الشعير بمحتواه العالي من الألياف الغذائية، وخاصة البيتا جلوكان (β-glucan)، والتي تُعرف بفوائدها الصحية المتعددة، بما في ذلك دورها في تنظيم مستويات الجلوكوز في الدم، وخفض الكوليسترول، وتقليل خطر الإصابة بسرطان القولون، تُسهم المعاملات التصنيعية المختلفة في تحسين الخصائص الغذائية والحسية للشعير، على سبيل المثال، يُمكن أن يُؤدي الطهي بالبثق إلى زيادة محتوى الألياف الغذائية القابلة للذوبان في دقيق الشعير، مما يُعزز من فوائده الصحية[10]، كما أن التحميص يُمكن أن يُحسن من الخصائص الحسية لمنتجات الشعير دون التأثير سلباً على محتواه من البروتين أو الألياف[14]، ومع ذلك، ينبغي الإشارة إلى أن بعض المعالجات التقليدية قد تُؤثر سلباً على توافر بعض المركبات الحيوية في الشعير، فمثلاً، يُمكن أن تُقلل عملية التقشير من محتوى البوليفينولات (Polyphenole) الكلي [10]، في المقابل، يُسهم النقع بدور فعّال في تحسين الخصائص الكيميائية، والفيزيائية، والوظيفية، وكذلك القيمة الغذائية للحبوب والبقوليات، مما يعزز من جودتها كغذاء وظيفي [15].

المعاملات التصنيعية لتحضير السويقة

تُعد المعاملات التصنيعية التي تجرى على الأغذية أو المواد الخام عمليات حيوية تهدف إلى تحويل المادة من حالتها الأولية إلى شكل أكثر قابلية للاستهلاك أو الاستخدام، أو لتحسين خصائصها الوظيفية أو الحسية، وتشمل هذه العمليات مجموعة واسعة من التقنيات التي يمكن أن تؤثر بشكل كبير على التركيب الكيميائي، والقيمة الغذائية، والخصائص الحسية، وكذلك فترة صلاحية المنتج، وبالرغم من أن بعض هذه المعاملات التصنيعية تهدف إلى تعزيز النكهة أو تسهيل التخزين والتوزيع، إلا أنها قد تُحدث تحديات تتعلق بالحفاظ على المكونات النشطة بيولوجياً والمغذيات الأساسية، وبالتالي، فإن تحقيق توازن بين الخصائص المرغوبة وتقليل الفاقد الغذائي يمثل تحدياً رئيسياً في تطوير طرق معالجة فعالة ومستدامة [8]، وقد لوحظ أن الأغذية التي تعرضت لعمليات تصنيعية اقل حدة تحتفظ بنسبة اعلى من الفوائد الصحية مقارنة بالأطعمة التي تعرضت لعمليات تصنيعية اكثر حدة [16].

وفيما يتعلق بإعداد السويقة من حبة الشعير، فإنها تمر بعدد من العمليات التصنيعية الأساسية، وهي: النقع في محلول ملحي، مما يساعد على تليين الحبة وتهيئتها للمعالجة التالية. التجفيف الجزئي، لتقليل نسبة الرطوبة وتسهيل الخطوات اللاحقة. التحميص، الذي يُسهم في تطوير النكهة واللون وتحسين القوام. التغييز (إزالة الغلاف الخارجي)، لتحسين القوام وسهولة الطحن. الطحن، للحصول على المنتج النهائي الناعم والمناسب للاستهلاك، حيث تمثل هذه الخطوات سلسلة متكاملة تهدف إلى الحفاظ على الخصائص الغذائية والوظيفية لحبة الشعير، مع تحسين قابلية استهلاكها وتخزينها ضمن منتج السويقة التقليدي.

النقع أو السلق مع إضافة الملح

تشير الروايات الشعبية والمقابلات الميدانية إلى اعتماد طريقتين رئيسيتين لتحضير السويقة ففي الأولى يستخدم النقع الطويل لمدة تتراوح بين (12-10 ساعة) والثانية السلق القصير لمدة تقارب (~30 دقيقة) وكلا الطريقتين تتم عادةً مع إضافة كمية قليلة من الملح، يُساهم هذا المعامل الحراري- الرطوبي في تفعيل بعض الإنزيمات الداخلية الموجودة طبيعياً في حبة الشعير، ومن أبرزها إنزيم الفيتاز (Phytase) وإنزيمات الأميليز (Amylases)، حيث يعمل الفيتاز على تحليل حمض الفايتك (Phytic Acid)، الذي يُعد من مضادات التغذية المهمة، نظراً لقدرته على الارتباط بالمعادن الأساسية مثل الحديد، الزنك، والكالسيوم، مما يقلل من توافرها الحيوي وقدرة الجسم على امتصاصها [17].

أما إنزيمات الأميليز، فهي تساهم في تحليل النشويات المعقدة إلى سكريات أبسط، مما يُحسن من الطعم، والهضم، والقيمة الغذائية العامة للمنتج النهائي [18]، بالتالي، فإن هذه المرحلة ليست فقط خطوة تقنية تمهيدية، بل تلعب دوراً وظيفياً مهماً في تحسين الخصائص الغذائية للسويقة، من خلال تعزيز امتصاص المغذيات وتقليل المركبات الضارة.

علاوة على ذلك، يُساهم هذا التحلل إلى زيادة كبيرة في التوافر الحيوي لعدد من المعادن الأساسية، ويُساعد في تقليل مضادات التغذية الأخرى، مثل مركبات التانين (Tannins) التي تُعيق امتصاص البروتينات والمعادن ومثبطات التربسين (Trypsin inhibitors)التي تعيق الإنزيمات المسؤولة عن هضم البروتين [14]، كما أن تعرض الشعير للماء والحرارة يؤدي إلى تحلل جزئي في جدران خلايا الإندوسبيرم، والتي تُعد غنية بمركب البيتا-جلوكان (β-glucan)، مما يُساهم في تحرير هذا المركب وتحسين خصائصه الوظيفية لاحقاً في المنتج النهائي، خصوصاً لما له من فوائد صحية مثبتة مثل خفض الكوليسترول وتنظيم سكر الدم [19].

تُعتبر الساعات الاثنتا عشرة الأولى من نقع حبوب الشعير في الماء رحلة تحول ديناميكية، تنتقل فيها البذور من حالة السكون الفيزيولوجي العميق إلى حالة من النشاط الحيوي المتسارع، وتبدأ هذه الرحلة بمجرد ملامسة الحبوب للماء، حيث تحدث سلسلة من التغيرات البيوكيميائية والفيزيائية داخل البذرة وأولى هذه التغيرات هي عملية التشرب (Imbibition)، والتي تُعد حجر الأساس في تنشيط العمليات الحيوية، حيث تبدأ الحبة بامتصاص الماء بشكل سريع، وقد أشارت الدراسات إلى أن البذور تمتص ما يقرب من نصف كمية الماء خلال الساعات الأربع الأولى فقط مما يُمثل استجابة أولية قوية تؤدي لاحقاً إلى تفعيل الإنزيمات وزيادة النفاذية الخلوية هذا الامتصاص السريع يؤدي إلى تغيرات مورفولوجية واضحة، حيث تنتفخ الحبوب ويزداد حجمها، ويصبح ترطيب أنسجة الجنين الداخلية مرئياً تحت المجهر، معلناً عن بداية "إيقاظ" البذرة من سباتها الطبيعي ودخولها في المرحلة النشطة من دورة حياتها مع استمرار عملية النقع من الساعة الرابعة وحتى الثامنة، تدخل البذرة مرحلة أكثر حيوية تتسارع فيها التغيرات الكيميائية الداخلية، حيث يتباطأ معدل امتصاص الماء تدريجياً، في حين يزداد معدل التنفس الخلوي بشكل مطرد، مما يُشير إلى بدء استهلاك الطاقة المخزنة وتنشيط العمليات الأيضية التي تُعد ضرورية للتحولات اللاحقة في نسيج الحبة ووظائفها الحيوية [21,20]، في هذه الفترة تبدأ الإنزيمات الخاملة سابقاً مثل الأميليز في ممارسة نشاطها، حيث يبدأ تحطيم جزيئات النشا المعقدة إلى سكريات أبسط، مما يؤدي إلى زيادة ملحوظة في محتوى السكريات البسيطة والمختزلة، هذا التحول لا يقتصر على توفير مصدر سريع للطاقة فحسب، بل يساهم أيضاً في توحيد استعداد البذور للإنبات، مما يحسن من انتظام نموها لاحقاً ويُعد خطوة مهمة في ضبط جودة المنتج النهائي عند الوصول إلى الفترة ما بين 8 و 12 ساعة من النقع، تكون البذرة قد دخلت لمرحلة الكمون (Lag Phase)، وهي فترة تبدو فيها البذور مستقرة ظاهرياً لكنها تُخفي نشاطاً أيضياً داخلياً مكثفاً، خلال هذه المرحلة، يصل معدل التنفس إلى ذروته، وتكون البذرة في أقصى درجات استعدادها للإنبات[20] ، خلال هذه المرحلة المتقدمة من النقع، يُصبح تأثير النقع على المكونات الغذائية أكثر وضوحاً، حيث يُلاحظ انخفاض طفيف في محتوى المركبات المعقدة مثل النشا والبيتا-جلوكان والبنتوزان (Pentosans)، ويُعزى هذا الانخفاض إلى عاملين رئيسيين، الأول تسرب جزء من هذه المركبات إلى ماء النقع نتيجة زيادة نفاذية جدران الخلايا، اما الثاني بدء تحللها الإنزيمي التدريجي داخل

الحبة، تحت تأثير إنزيمات مثل الأميليز وبيتا-جلوكاناز [22]، هذا التحلل المستمر لا يقتصر على خفض محتوى المركبات المعقدة، بل يُساهم أيضاً في تغذية مخزون السكريات البسيطة والمختزلة، مما يُوفر مصدراً سريعاً للطاقة خلال العمليات الأيضية النشطة، ويدعم استعداد البذور الكامل للإنبات[22,20]

إضافة إلى التغيرات البيوكيميائية، يُساهم الماء على تليين قشرة الحبة الصلبة وأنسجتها الداخلية، مما يُسهل بشكل كبير عمليات المعالجة اللاحقة مثل الطحن أو التقشير، ويُحسن من قابليتها للهضم لدى الإنسان، وعلى المستوى المجهري يؤدي استمرار النقع إلى تفكك جزئي في البنية الداخلية للحبة، حيث تبدأ الروابط الفيزيائية بين جزيئات النشا والبروتين في الضعف، وتظهر بعض التشققات أو الفجوات في الهيكل النشوي، هذا التغير البنيوي يُؤدي إلى زيادة مساحة السطح المتاحة للإنزيمات مما يُعزز من كفاءة التحلل الإنزيمي لاحقاً ويُسرّع من تفكيك المركبات المعقدة أثناء المراحل اللاحقة من المعالجة [12].

التجفيف الجزئي

بعد اكتمال مرحلة النقع تتم تصفية حبوب الشعير من ماء النقع، وتُترك لتجف بشكل جزئي فقط، بحيث تحتفظ الحبوب بدرجة طفيفة من الرطوبة، وتُعد هذه الخطوة مهمة من الناحية التصنيعية لضبط محتوى الرطوبة عند المستوى الأمثل للخطوة المحورية التالية وهي التحميص بالرمل الساخن، يُساهم هذا التجفيف الجزئي في تحقيق توازن دقيق بين تجنب الرطوبة الزائدة التي قد تُعيق التحميص أو تؤدي إلى التلبك، وبين الاحتفاظ برطوبة كافية تسمح بحدوث تفاعلات كيميائية حيوية حرارية داخل الحبة أثناء التحميص، وعلى رأسها تفاعل ميلارد (Maillard Reaction) المسؤول عن توليد مركبات النكهة واللون البني المرغوب في المنتج النهائي، وجود الرطوبة المتبقية داخل الحبة يضمن أن هذه التفاعلات تجري بشكل متجانس دون احتراق أو تفحم خارجي، مما يُحافظ على جودة المنتج من حيث الطعم، اللون، والقيمة الغذائية [23].

التحميص بالرمل الساخن ("الملال")

تُعد عملية التحميص بالرمل الساخن قلب العمليات التقليدية في اعداد السويقة، لما لها من تأثير مباشر على الخصائص الحسية والفيزيائية للمنتج النهائي، في هذه المرحلة، يُستخدم الرمل الصافي كوسيط نقل حراري فائق الكفاءة بسبب سعته الحرارية العالية وقدرته على توصيل الحرارة بسرعة وانتظام إلى الحبوب، يتم تعريض حبوب الشعير ذات الرطوبة الجزئية للرمل الساخن لفترة زمنية قصير جداً (ثوانٍ معدودة) مما يؤدي إلى "انفتاح الحبة" ومن تم فرقعتها بشكل لحظي، نتيجة التبخر السريع للرطوبة الداخلية المحبوسة في نسيج الحبة هذا التبخر الفجائي يُولد ضغطاً داخلياً يؤدي إلى تمدد مفاجئ في البنية الداخلية، ما يُغير من شكل الحبة وقوامها، ويُعزز من خواصها الحسية مثل القرمشة والمذاق، كما يُعد هذا التغيير البنيوي أساساً لسهولة الطحن لاحقاً، ولتحقيق القوام النهائي المطلوب في السويقة [7، 24].

تعتمد ميكانيكية التحميص بالرمل على النقل الحراري السريع عبر التوصيل المباشر من الرمل الساخن إلى حبوب الشعير مما يؤدي إلى تبخر فوري للرطوبة الداخلية وتوليد ضغط بخاري هائل [25] ، هذا الضغط يدفع النشا المتهلم إلى التمدد بشكل انفجاري في عملية تُعرف بالفرقعة (Puffing)، مما ينتج عنه زيادة كبيرة في حجم الحبة، وتكوين بنية داخلية مسامية وهشة، وانخفاض ملحوظ في الكثافة الظاهرية قد يصل إلى 59.1 % [5]، كما يُسهم هذا الضغط الداخلي في تفكك القشرة الخارجية للحبة، مما يُسهل إزالتها لاحقاً خلال عملية التغييز ويُعزز من الخصائص الحسية كالقوام الخفيف والطعم المحمص المطلوب في المنتج النهائي[6 ,25]، هذا التحول البنيوي والفيزيائي الذي يُحدثه التحميص لا يُعد فقط مهماً من الناحية التقنية، بل يلعب دوراً مباشراً في رفع قابلية الهضم وتحسين الصفات الوظيفية للسويقة.

كما أن التمدد المفاجئ الناتج عن الضغط البخاري الداخلي يُضعف بشكل كبير التصاق الغلاف باللب (الإندوسبيرم)، مما يهيئ الحبوب بشكل فعّال لعملية إزالة الغلاف (التغييز) بسهولة وكفاءة عالية، كما تعمل الحرارة المرتفعة على تعقيم الحبوب من خلال قتل الأحياء الدقيقة والجراثيم السطحية ودنترة البروتينات وارتفاع ذوبانيتها مما يحسن قابليتها للهضم[25] ، تجمع هذه المرحلة بين التحولات الفيزيائية، والكيميائية، والوظيفية، وتُعد محورية في تحديد قوام، ونكهة، وقيمة السويقة النهائية.

إضافة إلى التغيرات الفيزيائية والهيكلية، يتعرض النشا خلال التحميص إلى عملية تهلم جزئي (Partial Gelatinization) تحت تأثير الحرارة المرتفعة، مما يُغير من بنيته ويزيد من قابليته للتحلل الإنزيمي لاحقاً، كما تتسبب الحرارة في حدوث تفاعلات كيميائية حرارية هامة، من أبرزها تفاعل ميلارد (Maillard Reaction) بين السكريات المختزلة والأحماض الأمينية، والكرملة (Caramelization)الناتجة عن تكسير السكريات تحت الحرارة الجافة، تؤدي هذه التفاعلات إلى تكوين مجموعة معقدة من المركبات الطيارة، التي تمنح المنتج النهائي النكهة الجوزية المميزة والرائحة العطرية المحببة [6,7,8].

يُعد التحميص بالرمل (Sand Roasting) تقنية حرارية تقليدية شائعة الاستخدام في معالجة الحبوب في عدد من دول العالم، ويتميز بقدرته على إحداث تغييرات حرارية سريعة تؤثر بشكل مباشر على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمنتج، ففي الهند يُستخدم التحميص بالرمل لإنتاج مشروب "ساتو" الشعبي من الشعير، حيث يُحمص الشعير الكامل في الرمل الساخن عند درجات حرارة تتراوح بين 250 إلى 300° م لفترة قصيرة مما يؤدي إلى انتفاخ الحبة وانفصال الغلاف، والتي تُزال لاحقًا قبل عملية الطحن[5].

يُستخدم التحميص بالرمل على نطاق واسع في الهند من قبل بائعي الأطعمة في الشوارع وسكان القرى والصناعات المنزلية لإنتاج مجموعة متنوعة من المنتجات الغذائية ذات القيمة المضافة من الحبوب والدخن والبقوليات، وتكمن أهمية هذه العملية في دورها تُسهم هذه العملية في إكساب المنتجات خصائص مرغوبة مثل القرمشة، وزيادة الحجم، وتحسن اللون وتعزيز الرائحة والنكهة والقوام، علاوة على ذلك، تُسهم عملية التحميص بالرمل في رفع القيمة الغذائية للمنتجات من خلال تحسين قابلية هضم الكربوهيدرات والبروتينات، وزيادة مستويات الألياف الغذائية والمعادن ومضادات الأكسدة، إلى جانب خفض مستويات المركبات المضادة للتغذية، كما تضمن هذه العملية القضاء التام على الميكروبات الموجودة في البذور، مما يساعد على إطالة مدة صلاحية المنتج وتعزيز تقبّل المستهلك له، تحسن المعاملة الحرارية التوافر الحيوي للمعادن من خلال تحطيم مضادات التغذية المتبقية وتليين الألياف، مما يزيد من إمكانية وصول الإنزيمات الهاضمة للمغذيات لاحقاً [26] كذلك تقلل الحرارة من نشاط الإنزيمات والمحتوى المائي، وقد أظهرت الدراسات أن التحميص وسيلة فعالة في تقليل محتوى الإنزيمات في حبوب الشعير، مما يطيل العمر الافتراضي للحبوب المحمصة قبل الطحن النهائي [27]. تُشير الدراسات إلى أن التحميص الذي يُجرى عادةً على درجات حرارة منخفضة أو متوسطة، يُسهم بشكل فعال في تحسين الخصائص الحسية لمنتجات الشعير، بما في ذلك النكهة والرائحة، دون أن يُؤثر سلباً على المكونات الغذائية الأساسية مثل البروتين، الدهون، النشا، ومحتوى البيتا جلوكان [14].

تأثير التحميص على الكربوهيدرات

أظهرت دراسة حديثة زيادة في محتوى الكربوهيدرات الكلية عند التقشير والتحميص مقارنة بحبوب الشعير الكاملة والخام [8]، كما أن التحميص يحسن من قابلية هضم الكربوهيدرات، مما يرفع قيمتها الغذائية [24]، كما تعمل عملية التحميص على احداث تعديلات غذائية ووظيفية عميقة مثل تكون النشا المقاوم (Resistant Starch). حيث تؤدي الحرارة المرتفعة والسريعة إلى تكوين الهلام بشكل جزئي (Partial gelatinization) للنشا وإعادة تنظيم سلاسله لاحقا أثناء التبريد، مما يزيد من نسبة النشا المقاوم، النشا المقاوم (RS3) لا يُهضم في الأمعاء الدقيقة، بل يتخمر في القولون منتجاً أحماض دهنية قصيرة السلسلة ذات فوائد صحية عديدة (للأمعاء، وتنظيم سكر الدم) فهو يسلك سلوك الالياف. ففي دراسة اجراها Zhao [2] تم فيها تحميص حبوب الشعير عند نسبة رطوبة 16% ولمدة 16 دقيقة على درجة حرارة 180°م وكان تأثير هذه الظروف طفيف على خواص النشا في العينة المحمصة مقارنة بخواص النشا في العينة الضابطة، كما انخفضت شدة ظاهرة انحراف الضوء المستقطب عند مروره بالحبيبة النشوية (Birefringence)، والقدرة على الانتفاخ، والذوبانية بشكل طفيف، هذا ولم يختفي التقاطع الصليبي، بينما زادت نسبة الجزء النشوي المتبلور بشكل طفيف، ولم يتغير صفة التقاطع الصليبي (Maltose cross)، ذكر الباحثون أيضا ان نشا العينة المحمصة اظهر ارتفاعاً في درجة حرارة التهلم، بينما انخفضت اللزوجة، وارتفعت درجة الحرارة الابتدائية ودرجة الحرارة عند اقصى لزوجة، وانخفاض ما يعرف بمجموع الطاقة الداخلية للنظام (Enthalpy) وهو ما يترجم هنا بالكمية الحرارية اللازمة لنضج المنتج الغذائي اثناء الطبخ [27]، وفي دراسة مشابهة أدى تحميص حبوب الشعير إلى زيادة ملحوظة في درجة حرارة التهلم [5]، كما أفادت دراسات أخرى بانخفاض في درجة الحرارة الابتدائية للتهلم وΔH في الشوفان المحمص [28,29].

يتراوح محتوى الألياف في الشعير المحمص بين 12.61% و15.48%، إذ تسهم درجات الحرارة المنخفضة في الحفاظ على الألياف، بينما تؤدي الحرارة المرتفعة إلى تحطيم الكربوهيدرات المعقدة [7]، وقد لوحظ انخفاض في محتوى الألياف الخام في عدد من أصناف الشعير بعد التحميص، ويرجع ذلك إلى التغيرات الهيكلية في بنية جدار الخلية بسبب درجة حرارة التحميص المرتفعة، مما يؤدي إلى كسر الروابط بين سلاسل السكريات المتعددة والروابط الجليكوسيدية في الألياف [8]، كما ان عملية التحميص ترفع من مستويات الألياف الغذائية الذائبة، مما يعزز فوائدها الصحية [25,30] ، لم يسجل أي تأثير على المحتوى من الدهون والبروتين والنشا والبيتا-جلوكان، في حين حدث تغير طفيف في جزيئات الألياف الغذائية بشكل عام، أحدث التحميص انخفاضا ملحوظا في لزوجة البيتا جلوكان بمقدار 1.9 ضعف في الحبوب، وخلص الباحثين الى انه يُمكن تحسين جودة الطعم، بالإضافة إلى تركيبة صحية ومغذية لمنتجات الشعير عن طريق التحميص على نطاق درجات حرارة منخفضة إلى متوسطة [14].

أجريت دراسة تم فيها اخضاع أصناف مختلفة من الشعير منزوع الغلاف للتحميص في الرمل الساخن (280°م لمدة 20 ثانية) اظهر فيها دقيق الحبوب المحمصة قدرة أعلى على امتصاص الماء والذوبانية وامتصاص الزيت، أدت عملية التحميص الى ارتفاع كمية البيتا جلوكان غير القابل للذوبان والمحتوى من النشا المتضرر مع انخفاض مصاحب في نسبة البيتا جلوكان الذائب، ايضا أثّر التحميص بشكل معنوي على خصائص اللزوجة [5].

تأثير التحميص على البروتين

تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة لمعقدات البروتين وبوليفينول للشعير المحمص على درجات حرارة متفاوتة، ووجد أن التحميص عزز ذوبان الجلوبيولين والبرولامين والجلوتينين، في الأثناء انخفضت ذوبانية الالبيومين، كما سهل ارتباط هذه البروتينات بالبوليفينول، لوحظ كذلك أن النشاط المضاد للأكسدة لمعقدات البروتين وبوليفينول أعلى بكثير من نشاط البروتينات الحرة، اضف إلى ذلك ارتفعت قطبية الاحماض الامينية في جميع أجزاء البروتينات الأربعة بعد عملية التحميص، وبينت نتائج فحص المجهر الالكتروني حدوث تحول في البنية الثانوية والثالثة للألبومين والجلوبيولين والجلوتيلين من حالة منتظمة إلى أخرى غير منتظمة، مع تطور مجموعات وظيفية أكثر في السلاسل الجانبية للجزيئات البروتينية الكارهة للماء، الامر الذي وفر مواقع ارتباط أكبر مع البوليفينولات، مما أدى إلى زيادة القدرة التأكسيدية لمعقد البروتين- بوليفينول، تجدر الإشارة إلى أن البروتينات والبوليفينولات مكونات كيميائية مهمة في الشعير، فأثناء عملية التحميص تتفاعل البروتينات والبوليفينولات وتؤثر على بعضها البعض، مما يؤدي لاحقاً إلى تغير خصائصهما الغذائية والوظيفية [13].

تأثير التحميص على المستخلص الايثيري

تشير الدراسات إلى أن عملية التحميص يؤدي إلى تغيرات واضحة في محتوى المستخلص الإيثيري للشعير، حيث يتراوح في الشعير المحمص بين 2.27% و4.28%، ويعزى هذا التباين في المحتوى الدهني إلى عدة عوامل ترتبط بظروف المعاملة الحرارية، فعند ارتفاع درجات الحرارة أثناء التحميص، تحدث عمليات تحلل حراري للدهون، مما يؤدي إلى تغير في بنيتها الجزيئية وزيادة قابليتها للاستخلاص [7]، ومن الجدير بالذكر أن المحتوى المنخفض للدهون يسهم في إطالة العمر الافتراضي للمنتج من خلال تقليل فرص حدوث التزنخ التأكسدي، وهذا الانخفاض النسبي في محتوى الدهون يرتبط أيضاً بتحسن خصائص التخزين والحفظ، كما تؤكد الدراسات أن التغيرات في المحتوى الدهني تعتمد بشكل كبير على نوعية الصنف ودرجة الحرارة المستخدمة في التحميص، حيث تظهر بعض الأصناف استجابة مختلفة لظروف المعاملة الحرارية[8].

من الناحية التطبيقية، فإن فهم هذه التغيرات في المحتوى الدهني أثناء التحميص يساعد في تحسين ظروف المعاملة للحفاظ على القيمة الغذائية مع ضمان جودة المنتج واستقراره خلال التخزين [5]، وتؤكد هذه النتائج أهمية التحكم الدقيق في ظروف التحميص لتحقيق التوازن الأمثل بين الجودة الغذائية وخصائص الحفظ.

تأثير التحميص على الفينولات الكلية والقدرة التأكسيدية

يؤدي التحميص بالرمل إلى انخفاض محتوى الفينولات الكلية بنسبة تتراوح بين 8.5% و49.6%، نتيجة التحلل الحراري للمركبات الفينولية الحساسة للحرارة [5]، وقد أكدت دراسة أخرى هذا الانخفاض في الفينولات الكلية بعد التحميص [6,30].

حظيت الفلافونويدات باهتمام واسع النطاق نظراً لتأثيراتها المتعددة في تعزيز صحة الإنسان، والتي ترتبط في الغالب بخصائصها المضادة للأكسدة [31]، بالإضافة إلى تأثيراتها التآزرية مع مضادات أكسدة أخرى [32]، وقد ترجع آلية عمل الفلافونويدات المضادة للأكسدة من التفاعل بينها وبين أيونات بعض المعادن وخاصةً الحديد والنحاس[34,33,]، انخفض محتوى الفلافونويدات في الشعير المحمص بالرمل بنسبة تراوحت بين 24.5% و53.2%، مما يشير إلى حساسية هذه المركبات لدرجات الحرارة المرتفعة [5]، وفي دراسة اخرى لوحظ انخفاض طفيف في محتوى الفلافونويد في الشعير المحمص مقارنة بالشعير الخام، مما

يشير إلى أن المعاملة الحرارية تؤدي إلى انخفاض في محتوى الفلافونويد وبالتالي انخفاض في الأنشطة المضادة للأكسدة [8]، الفلافونويدات هي مركبات حساسة للحرارة وبالتالي فإن التعرض لها أثناء التحميص قد يكون سببًا لانخفاض الفلافونويدات [36,35].

على الرغم من انخفاض الفينولات والفلافونويدات، فإن التحميص يؤدي إلى زيادة النشاط المضاد للأكسدة بنسبة تتراوح بين 16.8% و108.2%، وقد يرجع ذلك إلى تكون مركبات جديدة مثل نواتج تفاعل ميلارد[5]، كما لوحظ ارتفاع في القدرة على إزالة جذور الهيدروكسيل وبيروكسيد الهيدروجين الحرة [6].

يتضمن التحميص عادةً تعريض الحبوب الجافة لحرارة جافة لفترات قصيرة (250-160°م لمدة 5-15 دقيقة)، مع أن بعض المنتجات تعتمد على معاملات مسبقة إضافية مثل نقع الحبوب الخام في الماء، تُنتج عملية التحميص مركبات تفاعل ميلارد، والتي يُعتقد إنها مسؤولة عن معظم القدرة التأكسيدية المزعومة للشعير المحمص، أضف إلى ذلك تحسن قابلية هضم المنتجات المعد منه، وذلك راجع إلى جلتنة النشا وتحلل ودنترة البروتينات، كما للعملية دور في تعزيز النكهة والاستساغة [5, 37, 38, 39] .

وفي نتائج معاكسة اظهرتها دراسة ركزت على التأثيرات المضادة للأكسدة للمستخلصات المائية للشعير المحمص تحت درجات حرارة مختلفة، وُجد أن نواتج تفاعل ميلارد ارتفعت بارتفاع درجات حرارة التحميص، بالرغم من ان مستخلصات كل من الشعير المحمص وغير المحمص اظهرا حماية معنوية ضد تلف البروتينات، إلا أن كفاءة مضادات الأكسدة في العينات المحمصة كانت اقل من قدرة العينات غير المحمصة، حيث ابدت العينات الضابطة فعالية أكثر في كبح الجذور الحرة، وجذور الهيدروكسيل، والحديد المخلبي مقارنة بالعينات المحمصة، وارجع سبب ذلك الى تلف مكونات مضادات الأكسدة الطبيعية المتمثلة في الكاتشين والتوكوفيرول واللوتين مع الارتفاع في درجة حرارة التحميص [37].

تم تحميص ثمانية أصناف مختلفة من الشعير بالرمل والميكروويف وتم دراسة مدى تأثير ذلك على النشاط المضاد للأكسدة والمحتوى الكلي للمركبات الفينولية والتلون البني غير الإنزيمي، ونشاط انزيم أوكسيديز البوليفينول، والمحتوى الكلي من الفلافونويد الكلي، والقوة الاختزالية للعينة ونشاط خلب المعادن، بينت النتائج ان التحميص باستخدام الرمل رفع مؤشر الانتفاخ، بينما أدى التحميص في الميكروويف إلى زيادة اعلى في اصفرار العينة، كما اظهر التحميص انخفاضا معنويا في كل من المركبات الفينولية والمحتوى الكلي من الفلافونويد ولكن الانخفاض كان اقل بطريقة التحميص بالرمل مقارنة بالميكروويف، هذا وقد ارتفعت القدرة التأكسيدية و قوة الاختزال والقدرة على خلب المعادن بشكل ملحوظ، تجدر الإشارة الى ان هذا الارتفاع كان في العينات المحمصة بالرمل اعلى منه بالميكروويف، ايضا ارتفع معدل التلون البني غير الإنزيمي وكان مؤشره أعلى في الشعير المحمص بالرمل، بينما سجلت المعاملة بالميكروويف انخفاض أكبر في نشاط إنزيم بوليفينول [5]. يمكن أن تعزى الزيادة في خلب المعادن بعد التحميص إلى تغيير البنية التركيبية للمركبات الفينولية و/أو تحللها إلى منتجات تفاعل ميلارد المختلفة مثل الميلانويدات التي يمكن أن تقوم بدور مضادات للأكسدة [40 , 41]

تأثير التحميص على الخواص الحسية للشعير

يؤدي التحميص إلى تكوين نواتج تفاعل ميلارد، مثل الميلانويدات، التي تساهم في تعزيز النشاط المضاد للأكسدة، كما لوحظ ارتفاع كبير في مؤشر التلون غير الإنزيمي، حيث تراوحت الزيادة بين 315% و774%، مما يعكس تكون هذه المركبات [35] وتلون المادة المحمصة باللون المصفر المرغوب، ولكن من عيوب ذلك أن ارتفاع درجة حرارة التحميص لفترة طويلة يؤدي إلى تطور مركب الأكريلاميد، وذلك بسبب ارتباطه بتفاعلات ميلارد [7]، وتشير الدراسات إلى أن زيادة نسبة الأكريلاميد تؤثر سلبًا على الصحة إذا تجاوزت مستويات معينة (2.6 ميكروجرام/ كجم من وزن الجسم في اليوم [43,42]، ففي إحدى الدراسات ارتفعت مستويات الأكريلاميد بسبب التحميص إلى قيم عالية وصلت الى 322 ميكروغرام/كجم [14] ، وقد يرجع السبب الى استخدام درجات حرارة عالية او زمن تحميص طويل، يؤثر التحميص بشكل كبير على الخصائص اللونية للشعير، حيث يؤدي ارتفاع درجة حرارة التحميص وزيادة مدته إلى انخفاض في قيمة *Lالدالة على اللون الفاتح، مما يدل على دكانة لون المنتج، كما لوحظ انخفاض عام في قيم الاحمرار (a*) مع زيادة شدة التحميص، بينما أظهرت قيم الاصفرار(b*) تباينًا، حيث كانت أعلى في ظروف التحميص المعتدلة وأقل عند درجات الحرارة المرتفعة وازمنة المعاملة الطويلة [7].

أجريت دراسة تم فيها اخضاع أصناف مختلفة من الشعير منزوع الغلاف للتحميص في الرمل الساخن (280°م لمدة 20 ثانية) لوحظ من خلال ذلك انخفاض صلابة الحبوب والكثافة الظاهرية، كما ارتفع متوسط القطر الهندسي بشكل معنوي بعد التحميص، وزادت قيم كل منa* وb* كمؤشر على دكانة اللون بشكل ملحوظ، بينما انخفضت L* الدالة على اللون الفاتح بشكل كبير [5].

يُحسن التحميص من لون المنتجات الغذائية، حيث يُلاحظ تحسن في اللون العام، ومع ذلك، يمكن أن يؤثر التحميص على شدة اللون، ففي القمح المحمص بالرمل، لوحظ انخفاض في قيم جهاز قياس اللون (Chroma values)، مما يشير إلى تغيرات في شدة اللون، تُعزى هذه التغيرات اللونية غالبًا إلى تفاعلات ميلارد والكرملة التي تحدث أثناء المعاملة الحرارية [24]، يُؤثر التحميص على لون الشعير من خلال تفاعلات الاسمرار غير الإنزيمية، حيث يُمكن أن يُسهم في زيادة الميلانويدات (Melanoidins) ذات اللون البني [44].

يُسهم التحميص في إكساب المنتجات الغذائية نكهة مرغوبة ومميزة (لوزية)، فخلال المعاملة بالحرارة العالية والقصيرة، تُصبح المنتجات متميزة بخصائص مثل الانتفاخ ، والقرمشة، والحجم، وتحسن اللون، والنكهة، والقوام [25]، هذه التأثيرات الحسية تُعد من أبرز فوائد التحميص، حيث تُسهم في زيادة قبول المستهلك للمنتجات المحمصة، تُعد الخصائص الحسية مثل القوام، والنكهة، والقبول العام من العوامل الحاسمة في تحديد جودة المنتجات الغذائية وقبول المستهلك لها، وفي دراسة حديثة حول الشعير المحمص تم تقييم هذه الخصائص بواسطة مقيمين غير مدربين باستخدام مقياس من 1 (خاصية ضعيفة) إلى 9 (خاصية قصوى)، وقد أظهرت النتائج أن التحميص يؤثر بشكل كبير على هذه الخصائص، حيث تراوحت تقييمات الرائحة من 3.99 إلى 8.55، والطعم من 4.21 إلى 8.46، والقوام من 4.78 إلى 8.92، والقبول العام من 4.12 إلى 8.34، وقد أشارت الدراسة إلى أن الظروف المثلى للتحميص (352 °م لمدة دقيقتين) أدت إلى تحسن ملحوظ في الطعم (8.35)، والقوام (8.92)، والنكهة (8.10)، والقبول العام (8.18) لمنتجات الشعير المحمص [7]. يُعد التحميص معاملة حرارية فعالة لتحسين الخصائص الحسية لمنتجات الشعير، تُعزى هذه التحسينات إلى نواتج تفاعلات "ميلارد وعملية الكرملة التي تُسهم في إضفاء نكهات وألوان مرغوبة [10].

تأثير التحميص على الكثافة الظاهرية

أظهرت نتائج [5] أن التحميص بالرمل يؤدي إلى انخفاض كبير في الكثافة الظاهرية لحبوب الشعير، حيث تراوح الانخفاض بين

47.8% إلى 59.1%، وهو معدل أعلى مما تحقق بالطهي بالميكروويف، يُعزى هذا الانخفاض إلى التمدد الهيكلي داخل الحبة نتيجة لتكوّن البخار وزيادة الضغط الداخلي أثناء المعالجة الحرارية السريعة، مما يُحسن من القوام ويزيد من هشاشة المنتج النهائي، ترجع آلية تقليل الكثافة الظاهرية للمنتجات الغذائية أثناء التحميص إلى عدة عوامل مرتبطة بالمعاملة الحرارية السريعة، فعند تعريض الحبوب لدرجات حرارة عالية في التحميص بالرمل، يتبخر الماء الموجود داخل الحبوب بسرعة فائقة، مما يؤدي إلى توليد ضغط بخاري عالٍ، هذا الضغط يدفع النشا المتجلتن (gelatinized starch) إلى التمدد، ويُحدث تمدداً سريعاً للحبيبات وتكوين مساحات فراغية كبيرة داخل البنية الخلوية للمنتج، تُعرف هذه العملية بـ الفرقعة (puffing)، والتي ينتج عنها زيادة كبيرة في الحجم مع بقاء الكتلة ثابتة نسبياً، وبالتالي انخفاض الكثافة الظاهرية، على سبيل المثال، في الحمص المحمص بالرمل، يؤدي توليد الفراغات داخل البنية الحبيبية المدمجة إلى تمدد النشا في السويداء وتعزيز مساحة السطح، مما اسهم في تقليل الكثافة الظاهرية [25، 45].

ازالة الغلاف الخارجي (التغييز)

تستخدم اداة اسطوانية (عصا خشبية) في الفرك الخفيف للحبوب المحمصة لإزالة الغلاف (Husk) الخارجي (Partial Dehulling) فمن الناحية التكنولوجية والغذائية، هي إزالة مركز مضادات التغذية، حيث تتركز الفايتات والألياف غير القابلة للذوبان (السليلوز، اللجنين) والمركبات الاخرى بشكل أساسي في الغلاف الخارجي، فإزالته تقلل بشكل كبير من محتوى الفايتات وبالتالي تزيد التوافر الحيوي للمعادن [19]، ومن فوائد عملية ازالة الغلاف الحفاظ على الألياف على عكس التكرير الكامل للشعير، تحافظ هذه العملية وما يسمى تقليدياً بـ "التغييز" على جزء كبير من طبقة الاليرون (Aleurone layer) الغنية بالبروتينات، والفيتامينات خاصة مجموعة ب المركب، والألياف الغذائية وخاصة البيتا جلوكان، حيث يُعد البيتا-جلوكان العنصر الوظيفي الأبرز في الشعير المرتبط بفوائد خفض الكوليسترول وتنظيم سكر الدم [45]، ومن فوائد عملية التغييز تحسين جودة الطحين فإزالة الغلاف الخارجي الصلب ينتج عنه طحين أنعم وأكثر تجانساً (قابلية تصنيعية أعلى) عند المرحلة النهائية، فعملية الطحن تعزز من مساحة السطح المعرضة، الامر الذي يعزز بشكل كبير استخلاص المركبات النشطة حيويا من الشعير والأعشاب أثناء استهلاك السويقة ومن ثم سهولة هضمها وامتصاصها [46].

تُساهم ازالة الغلاف في تحسين الخصائص الحسية للشعير، مما يجعله أكثر ملائمة للاستخدام في مجموعة متنوعة من المنتجات الغذائية المضافة، تُشكل الخصائص الحسية غير المقبولة للشعير الخام تحديًا لاستخدامه في تغذية الإنسان، لذلك، تُعد طرق المعالجة المبتكرة، مثل التغييز، ضرورية لتحسين الخصائص الحسية للشعير وزيادة قبوله كغذاء ذو قيمة مضافة [22].

عملية ازالة الغلاف لم تكن حديثة فقد وردت في السنة المطهرة ففي حديث السيدة عائشة سألت سهل بن سعد، فقلت: هل أكل رسول الله ﷺ النقي؟ فقال سهل: ما رأى رسول الله ﷺ النقي من حين ابتعثه الله حتى قبضه الله، قال: فقلت: هل كانت لكم في عهد رسول الله ﷺ مناخل؟ قال: ما رأى رسول الله ﷺ منخلًا من حين ابتعثه الله حتى قبضه الله، قال: قلت: كيف كنتم تأكلون الشعير غير منخول؟ قال: كنا نطحنه وننفخه، فيطير ماطار، وما بقي ثريناه فأكلناه [47]، فتقليدياً كان التقشير أو ازالة الغلاف يُجرى لضمان مذاق أفضل للمنتجات.

من الملاحظ أن حبوب الشعير الكاملة مصدراً غنياً بالمركبات النشطة حيوياً، خاصة المركبات الفينولية والفلافونويدات والالياف الغذائية، والتي تساهم بشكل كبير في نشاطها المضاد للأكسدة وفوائدها الصحية، ومع ذلك، تتأثر هذه المركبات بشكل كبير بطرق المعالجة التي تخضع لها الحبوب قبل استهلاكها، وتعتبر عملية ازالة الغلاف التي يتم فيها إزالة الطبقات الخارجية للحبة، من أكثر العمليات تأثيراً على هذا المحتوى، تتركز غالبية المركبات الفينولية، مثل حمض الفيروليك (Ferulic acid)، في الطبقات الخارجية من حبة الشعير، وتحديدًا في القشرة (Hull) وطبقة الأليورون (Aleurone layer) نتيجة لذلك، يؤدي تقشير الحبوب إلى فقدان جزء كبير من هذه المركبات الحيوية [10].

وقد أكدت دراسة حديثة أجراها [8] هذا التأثير بشكل عملي، حيث أظهرت أن عملية التقشير أدت إلى انخفاض حاد في إجمالي المحتوى الفينولي وإجمالي محتوى الفلافونويد في أصناف الشعير المختلفة، وقد أدى هذا الانخفاض بشكل مباشر إلى تراجع ملحوظ في النشاط المضاد للأكسدة (Antioxidant Activity)، حيث سجل الشعير المقشر أضعف قدرة على تحييد الجذور الحرة مقارنة بالشعير كامل الحبة، وخلصت الدراسة إلى أن التقشير كان مسؤولاً عن أكبر نسبة فقدان للمركبات النشطة بيولوجيًا مقارنة بطرق المعالجة الحرارية مثل التحميص أو الطهي، تجدر الاشارة الى ان المركبات الفينولية المتركزة في الغلاف الخارجي (Hull) لها وظيفية حماية الحبة من التلف الحيوي المتمثل في الاحياء المجهرية وربما البيئية، كما ان هذه الطبقة ليست من الاجزاء الصالحة بشريا للأكل وبالتالي خسارتها بما تحتويها من مركبات وظيفية لا يعتبر تأثيرا معنويا على القيمة الغذائية والوظيفية لحبة الشعير، طالما ان الحبة احتفظت بالطبقات الخارجية المحيطة بها مباشرة وبأجزائها الداخلية.

الاعشاب الطبية الوظيفية

يتم خلط حبوب الشعير منزوعة الغلاف والمحمصة مع مزيج من الأعشاب بنسبة تقريبية 98% شعير و2% أعشاب، ثم يطحن الخليط للحصول على مسحوق "السويقة"، فالأعشاب المضافة تضفي نكهة ورائحة مميزة تعزز القبول الحسي للمنتج، ايضا تمثل هذه الإضافة البسيطة كمياً تأثير نوعي في القيمة الغذائية والوظيفية.

فالكمون الصوفي (*Ammodaucus leucotrichus*) قد وجدت الدراسات التي أجريت على حيوانات التجارب التأثيرات الواعدة لنبات الكمون الصوفي في علاج مرض السكري، أدى إعطاء المستخلص المائي لثمار النبات عن طريق الفم إلى انخفاض كبير في مستويات سكر الدم في الجرذان المصابة بالسكري [48]، كما لوحظ أن للمستخلص تأثيراً إيجابياً على البنية النسيجية للكبد وقدرة ملحوظة على تحسين تحمل الجلوكوز، مما يؤكد دوره المحتمل في إدارة مرض السكري وحماية الأعضاء الحيوية من مضاعفات مرض السكري[49]، الزعتر (*Thymus vulgaris capitatus*) والاكليل (*Origanum vulgare*) غنيان بالزيوت الطيارة الثيمول *Thymol*، الكارفاكرول (*Carvacrol*) والبوليفينولات ذات الفعالية المضادة للأكسدة والمضادة للالتهاب، والتي تلعب دوراً في مقاومة مضاعفات السكري وتصلب الشرايين[50, 51] الكركم (*Curcuma longa*) المحتوي على الكركمين (*Curcumin*) وهو المادة الفعالة الرئيسية، والمعروف بخصائصه المضادة للالتهاب ومضادة للأكسدة وقدرته المحتملة على تحسين وظيفة خلايا بيتا في البنكرياس وزيادة حساسية الأنسولين [52].

مكونات أخرى

تضاف للسويقة حبوب اخرى متمثلة في الحلبة من عائلة البقوليات والتي تعتبر غنية بالألياف القابلة للذوبان التي تشكل مادة لزجة في الأمعاء، مما يبطئ إفراغ المعدة وامتصاص الجلوكوز والكوليسترول، كما تحتوي على مركبات مثل-4

Hydroxyisoleucine التي قد تحفز إفراز الأنسولين وترفع حساسيته [53,4،54]. حيث تضاف بنسبة 0.4% من الاضافات والتي تمثل 2% تقريبياً لتحسين الطعم، ولكن من الناحية العلمية فهي اضافة مرغوبة جدا لتعزيز القيمة الغذائية والوظيفية والدوائية. تجدر الاشارة إلى أن الحلبة تتميز بتركيبة كيميائية فريدة، حيث تحتوي على مجموعة من المركبات النشطة بيولوجياً مثل الصابونينات والألياف الغذائية والمركبات الفينولية [55]، وقد أكدت الأبحاث الحديثة دور الحلبة الفعال في تنظيم مستويات الجلوكوز في الدم، مما يبرز أهميتها كعامل مساعد في إدارة مرض السكري [56].

الاستنتاجات والتوصيات

سلطت هذه المراجعة الضوء على أهمية الممارسات التقليدية في تحضير بعض الأغذية التقليدية مثل السويقة الليبية، أتضح من خلال ذلك أن السويقة ليست مجرد طبق شعبي، بل هي منتج غذائي وظيفي ذو فوائد صحية متعددة، تعتمد هذه الفوائد على العمليات التحضيرية الدقيقة مثل النقع الطويل والتحميص بالرمل الساخن، والتي ثبت علمياً أنها تعزز التوافر الحيوي للمعادن وتقلل من المركبات المضادة للتغذية، كما تكشف الدراسة عن الأساس العلمي الراسخ وراء هذه الممارسات التقليدية، مما يؤكد أن الحكمة الشعبية في تحضير الأغذية غالباً ما تكون مدعومة بأسس علمية سليمة، وبالتالي فأنا نحتاج الى المزيد من التوعية حول القيمة الغذائية للسويقة كمنتج وظيفي وليس مجرد وجبة تقليدية، ايضا يمكن استلهام العمليات التقليدية لتطوير منتجات غذائية جديدة قائمة على الشعير، والبحث عن طرق مبتكرة لتحسين الخصائص الحسية لمنتجات الشعير لزيادة قبولها لدى المستهلك، كما ان هناك حاجة لمزيد من الأبحاث العلمية لدراسة التأثيرات الصحية طويلة المدى للسويقة وتحديد الجرعات المثلى للأعشاب المضافة، مع اقتراح تطبيق المنهجية البحثية المستخدمة في هذه الدراسة على أغذية تقليدية أخرى، كما تفتح هذه الدراسة آفاقاً جديدة للبحث في مجال الأغذية الوظيفية التقليدية، مع الحفاظ على أصالتها الثقافية وقيمتها الغذائية.

Author Contributions: "Masuod: writing—original draft; Ilowefah: review and editing. Elgerbi: revising the final copy. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript."

Funding: "This research received no external funding."

Data Availability Statement: "No data were used to support this study."

Conflicts of Interest: "The authors declare that they have no conflict of interest."

References

[1] R. Greiner, and U. Konietzny. "Phytase for food application." *Food Technology & Biotechnology*., vol. 44, no. 2, 2006. https://www.researchgate.net/publication/228337756

[2] P. Sharma, H. Gujral, and B. Singh. "Antioxidant activity of barley as affected by extrusion cooking." *Food Chemistry*, vol. 131, no. 4, pp. 1406–1413, 2018. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.009

[3] B. Shan, Y. Cai, M. Sun, and H. Corke. "Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents." *Journal of agricultural and food chemistry*, vol. 53, no. 20, pp. 7749–7759, 2005. https://doi.org/10.1021/jf051513y

[4] N. Neelakantan, M. Narayanan, R. de Souza, and R. Van Dam. "Effect of fenugreek (Trigonella foenum-graecum L.) intake on glycemia: A meta-analysis of clinical trials." *Nutrition Journal*, vol. 13, no. 1, p. 7, 2014, https://doi.org/ 10.1186/1475-2891-13-7

[5] P. Sharma, and H. Gujral. "Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley." *Food Research International*., vol. 44, no. 1, pp. 235–240, 2011. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.030

[6] U. Rashid, A. Gani, A. Shah, M. Ahmad, W. Baba, and F. Masoodi. "Effect of sand roasting on the antioxidant and antiproliferative activity of barley (Hordeum vulgare)." *Nutrafoods*, vol. 14, no. 4, pp. 227–236, 2015. https://doi.org/10.1007/s13749-015-0054-5

[7] T. Bimrew, S. Yihun, and I. Nyambayo. "Optimization of temperature and time for high-quality roasted barley (Kolo)." *Journal of Agri-Food Science and Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 49–62, 2025. https://doi.org/10.12928/jafost. v6i1.12666

[8] S. Negeyie, Y. Tola, A. Ibrahim, and C. Kuyu. "Evaluation of barley varieties and processing methods on nutritional composition and antioxidant capacity in barley-based foods." 2024. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4561821/v1

[9] H. Huang, et al. "Content analysis of vitamins, dietary fibers and amino acids in a wide collection of barley (Hordeum vulgare L.) from Tibet, China." *Bioinformation*, vol. 16, no. 4, pp. 314–322, 2020. https://doi.org/10.6026/ 97320630016314

[10] M. Farag, J. Xiao, and H. Abdallah. "Nutritional value of barley cereal and better opportunities for its processing as a value-added food: A comprehensive review." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2020, https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1835817

[11] M. Badrasawi, S. Shahar, Z. Abd Manaf, and H. Haron. "Effect of Talbinah food consumption on depressive symptoms among elderly individuals in long term care facilities, randomized clinical trial." *Clinical Interventions in Aging*, vol. 8, p. 279, 2013. https://doi.org/10.2147/CIA. S37586

[12] T. Tufail, et al. "Effect of triple-frequency sono-germination and soaking treatments on techno-functional characteristics of barley." *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 113, p. 107231, 2025. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch. 2025.107231

[13] G. Wu, H. Lin, and Y. Chen. "Improvement of the structure and antioxidant activity of protein-polyphenol complexes in barley malts using roasting methods." *Antioxidants*, vol. 14, no. 5, p. 538, 2025. https://doi.org/10.3390/antiox14050538

[14] W. Schlörmann, et al. "Impact of different roasting conditions on chemical composition, sensory quality and physicochemical properties of waxy-barley products." *Food & function*, vol. 10, no. 9, pp. 5436–5445, 2019. https://doi.org/10.1039/C9FO01429B

[15] N. Huma, M. Anjum, S. Sehar, M. Khan, and S. Hussain. "Effect of soaking and cooking on nutritional quality and safety of legumes." *Nutrition & Food Science*, vol. 38, no. 6, pp. 570–577, 2008. https://doi.org/10.1108/00346650810920187

[16] F. Shahidi. "Nutraceuticals and functional foods: Whole versus processed foods." *Trends in Food Science & Technology*, vol. 20, no. 9, pp. 376–387, 2009. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.08.004

[17] R. Gibson, K. Bailey, M. Gibbs, and E. Ferguson. "A review of phytate, iron, zinc, and calcium concentrations in plant-based complementary foods used in low-income countries and implications for bioavailability." *Food and nutrition bulletin*, vol. 31, no. 2_suppl2, pp. S134–S146, 2010. https://doi.org/10.1177/15648265100312S206

[18] M. Samtiya, R. Aluko, and T. Dhewa. "Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: An overview." *Food Production, Processing and Nutrition*, vol. 2, p. 6, 2020. https://doi.org/10.1186/s43014-020-0020-5

[19] M. Izydorczyk, and J. Dexter. "Barley β-glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products–a Review." *Food*

Research International, vol. 41, no. 9, pp. 850–868, 2008. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.04.001

[20] J. Carrillo-Reche, A. Newton, and R. Quilliam. "Using seed respiration as a tool for calculating optimal soaking times for 'on-farm' seed priming of barley (Hordeum vulgare)." *Seed Science Research*., vol. 31, pp. 116–124, 2021. https://doi.org/10.1017/S0960258521000039

[21] M. Alsadiq, and M. Ilowefah. "Enhancement of Nutritional and Technological Properties of Oat Grains through Germination." *Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 2, no. 2, pp. 104-108. 2025. https://www.waujpas.com/index.php/journal/article/view/89

[22] M. Sorour, B. Ramadan, A. Mehanni, and W. Kobacy. "Impact of soaking and germination processes on starch and non-starch polysaccharides in some Egyptian barley cultivars." *Journal of Food & Dairy Sciences*, vol. 12, no. 6, 147–151. https://doi.org/10.21608/jfds.2021.78195.1021

[23] J. Singh, A. Dartois, and L. Kaur. "Starch digestibility in food matrix: a review." *Trends in Food Science & Technology*, vol. 21, no. 4, pp. 168–180, 2010. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.12.001

[24] N. Al-Amin, M. Ilowefah, and A. Elbarkoli. "Evaluating the Chemical Composition of Food Mixtures Prepared for Pregnant Women and Calculating their Cost and Energy Content." *Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 2, no. 1, pp 61-62. 2025. https://www.waujpas.com/index.php/journal/article/view/49

[25] A. Kora. "Applications of sand roasting and baking in the preparation of traditional Indian snacks: Nutritional and antioxidant status." *Bulletin of the national research centre*, vol. 43, no. 1, p. 158, 2019. https://doi.org/10.1186/s42269-019-0199-2

[26] M. Qureshi, M. Khan, and A. Singh. "Effect of sand roasting on physicochemical, thermal, functional, antinutritional, and sensory properties of Sattu, a nourishing form of chickpea." *Journal of Food Quality*, vol. 2023, https://doi.org/10.1155/2023/5564365

[27] B. Zhao, et al. "Effect of roasting process on enzymes inactivation and starch properties of highland barley." *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 165, pp. 675–682, 2020. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.180

[28] S. Cenkowski, N. Ames, and W. Muir. "Infrared processing of oat grits in a laboratory-scale electric micronizer." *Canadian Biosystems Engineering*. vol. 48, pp. 17–25, 2006. https://www.researchgate.net/publication/268288627

[29] Y. Granfeldt, I. Björck, and A. Eliasson. "An examination of the possibility of lowering the glycemic index of oat and barley flakes by minimal processing." *The Journal of Nutrition*, vol. 130, no. 9, pp. 2207-2214, 2000. https://doi.org/10.1093/jn/130.9.2207

[30] A. Eshdog, A. Elbarkoli, S. Alhebeli, and M. Ilowefah. "The Role of Roasting and Fermentation in Enhancing the Functional and Technological Properties of Oat Grains and its Flour." *Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 3, no. 2, pp. 309-315. 2025. https://doi.org/10.63318/waujpasv3i2_38

[31] L. Mira, M. Fernandez, M. Santos, R. Rocha, and M. Helena. "Interactions of flavonoids with iron and copper ions: A mechanism for their antioxidant activity." *Free radical research*, vol. 36, pp. 1199–1208, 2002. https://doi.org/10.1080/1071576021000016463

[32] P. Filipe, V. Lanca, J. N. Silva, P. Morliere, R. Santus, and A. Fernandes. "Flavonoids and urate antioxidant interplay in plasma oxidative stress," *Molecular and Cellular Biochemistry*, vol. 221, pp. 79–87, 2001. https://doi.org/10.1023/A:1010944919952

[33] J. Brown, H. Khodr, R. Hider, C. Rice-Evans. "Structural dependence of flavonoid interactions with Cu^{2+} ions: Implications for their antioxidant properties." *Biochemical journal*, vol. 330, pp. 1173–1178, 1998. https://doi: 10.1042/bj3301173

[34] N. Miller, C. Castelluccio, L. Tijburg, and C. Rice-Evans. "The antioxidant properties of theaflavins and their gallate esters-Radical scavengers or metal chelators?" FEBS letters, vol. 392, pp. 40–44, 1996. https://doi.org/10.1016/0014-5793(96)00780-6

[35] F. Zhu, Y. Cai, J. Bao, and H. Corke. "Effect of γ-irradiation on phenolic compounds in rice grain." *Food Chemistry*, vol. 120, pp. 74–77, 2010. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.072

[36] M. Zhang, H. Chen, J. Li, Y. Pei, and Y. Liang. "Antioxidant properties of tartary buckwheat extracts as affected by different thermal processing methods." *LWT-Food Science and Technology*, vol. 43, pp. 181–185, 2010. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.06.020

[37] P. Duh, G. Yen, W. Yen, and L. Chang. "Antioxidant effects of water extracts from barley (Hordeum vulgare L.) prepared under different roasting temperatures." *Journal of agricultural and food chemistry*, vol. 49, no. 3, pp. 1455–1463, 2001. https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf000882l

[38] W. Joung, S. Kim, B. Kim, B. Hurh, and H. Baek. "Effects of barley roasting methods on the aroma characteristics of boricha." *Korean Journal of Food Science and Technology*, vol. 50, no. 5, pp. 464–473, 2018. https://agris.fao.org/search/en/providers/122646/records/64745bfb542a3f9f03b4fb0d

[39] H. Etoh, K. Murakami, T. Yogoh, H. Ishikawa, Y. Fukuyama, and H. Tanaka". Anti-oxidative compounds in barley tea." *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, vol. 68, no. 12, pp. 2616–2618, 2004. https://doi.org/10.1271/bbb.68.2616

[40] H. Woffenden, J. Ames, S. Chandra, M. Anese, and C. Nicoli. "Effect of kilning on the antioxidant and pro-oxidant activities on pale malt." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 50, pp. 4925–4933, 2002. https://doi.org/10.1021/jf020312g

[41] R. Randhir, Y. Kwon, and K. Shetty. "Effect of thermal processing on phenolics, antioxidant activity and health-relevant functionality of select grain sprouts and seedling." *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 9, pp. 355–364, 2008. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.10.004

[42] D. Lineback, J. R. Coughlin, and R. H. Stadler. "Acrylamide in foods: A review of the science and future considerations." *Annual review of food science and technology*, vol. 3, no. 1, pp. 15–35, 2012. https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101114

[43] R. Tardiff, M. Gargas, C. Kirman, M. Carson, and L. Sweeney. "Estimation of safe dietary intake levels of acrylamide for humans." *Food and Chemical Toxicology*, vol. 48, no. 2, pp. 658–667, 2010. https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.11.048

[44] J. Wang, B. Sun, and R. Cao. "Bioactive Factors and Processing Technology for Cereal Foods." *Singapore: Springer*, 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6167-8

[45] S. Al-Hebeil, A. Elfeturi, A. Elbarkoli, abd S. Shniba. "The Effect of Some Hydrocolloids on Physical and Sensory Properties of Gluten-free Cake.". *Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 3, no. 2, pp. 32-43. 2025. https://doi.org/10.63318/waujpasv3i2_04

[46] R. Bhatty. "The potential of hull-less barley." *Cereal Chemistry*, vol. 76, no. 5, pp. 589–599, 1999. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1094/CCHEM.1999.76.5.589

[47] D. Dziki, U. Dziki, and M. Wiater. "The influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains." *Agricultural Sciences*, vol. 5, no. 5, pp. 397, 2014. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1094/CCHEM.1999.76.5.589

[48] م. ب. إ. البخاري، صحيح البخاري، الحديث رقم 5413، كتاب الأطعمة، باب ما كان النبي صلى الله عليه وسلم واصحابهِ يأكلون، دار الفكر، ط. 1، 1991.

[49] E. Idm'hand, F. Msanda, and K. Cherifi. "Medicinal uses, phytochemistry and pharmacology of Ammodaucus leucotrichus." *Clinical Phytoscience*, vol. 6, no. 1, p. 6, 2020, doi: 10.1186/s40816-020-00157-0

[50] K. Youdim, S. Deans, and H. Finlayson. "The antioxidant properties of thyme (Thymus zygis L.) essential oil: An inhibitor of lipid peroxidation and a free radical scavenger." *Journal of Essential Oil Research*, vol. 14, no. 3, pp. 210-215, 2002. https://doi.org/10.1080/10412905.2002.9699825

[51] N. López, E. Grijalva, G. Olivo, and J. Heredia. "Essential oils of oregano: Biological activity beyond their antimicrobial properties." *Molecules*, vol. 22, no. 6, p. 989, 2016. Htts://doi.org/10.3390/molecules22060989

[52] S. Chuengsamarn. S. Rattanamongkolgul, R. Luechapudiporn, C. Phisalaphong, and S. Jirawatnotai. "Curcumin extract for prevention of type 2 diabetes." *Diabetes Care*, vol. 35, no. 11, pp. 2121-2127, 2012, https://doi.org/10.2337/dc12-0116

[53] A. Gaddam, C. Galla, S. Thummisetti, R. Marikanty, U. Palanisamy, P. Rao. "Role of fenugreek in the prevention of type 2 diabetes mellitus in prediabetes." *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, vol. 14, p. 74, 2015. https://doi.org/10.1186/s40200-015-0208-4

[54] J. Al Ajeeli, and M. Ilowefah. "The Potential Usage of Chickpea and Flaxseed Flours in Enhancing the Nutritional Value and Functional Properties of Gluten Free Flour." *Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 4, no. 1, pp. 321–325. 2026. https://doi.org/10.63318/waujpasv4i1_35

[55] R. Roba, W. Mohammed, M. Ruelle, T. Tana, and T. Simion. "Diversity of Ethiopian fenugreek (Trigonella foenum-graecum L.) accessionsa based on agromorphological traits." *Advances in Agriculture*, vol. 2022, pp. 1–10, 2022. https://doi.org/10.1155/2022/4844828

[56] D. Martirosyan. "Functional food science and bioactive compounds." *Bioactive Compounds in Health and* Disease, vol. 8, no. 6, pp. 218–229, 2025. https://doi.org/10.31989/bchd.v8i6.1667