

دراسة مورفولوجية وكيميائية لقرون الخروب النامية طبيعيا بعدة مناطق في الجبل

الاخضر وامكانية استخدامها في مجال التصنيع الغذائي

حنان محمود صالح¹، عبد الرسول عوض بوسلطان²، مبروكة ميلاد موسى³

nonasalhe089@gmail.com

¹قسم تقنية التغذية العلاجية، المعهد العالي للعلوم والتقنية، سوسة ، ليبيا

²قسم علوم وتقنية الاغذية، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا

³قسم علوم وتقنية الاغذية، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا

تاريخ الاستلام 2025 / 11 / 29 : تاريخ القبول 2026 / 01 / 03 : تاريخ النشر 2026 / 03 / 01

A morphological and chemical study of naturally growing carob pods in several areas of the Jabal Al- akhdar and their potential use in food processing.

Hanan Mahmoud Saleh¹, Abdalrasol Awad Bo Sultan², Mabruka Milad mwsaa²

¹Department of Therapeutic Nutrition Technology, Higher Institute of Science and Technology, Sousse, Libya.

²Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Omar Al-Mukhtar University, Libya

Abstract:

This study was conducted in 2021-2022 to identify the morphological characteristics and chemical properties of naturally growing carob pods in four areas of the Jabal Al- akhdar region: Wadi Al-Kuf, Al-Wasita, Omar Al-Mukhtar, and Qandula. The study also explored the use of the fruit powder in cake making. Morphological descriptions revealed that the Wadi Al-Kuf sample exhibited significant variation in all morphological characteristics. Carob pod sizes varied from one area to another. The average weight of carob pods ranged from 6.71-13.41 g, length 13.04-17.38 cm, width 3.97-6.83 cm, Thickness 0.45-0.66 cm, seed weight 1.41-1.63 g, number of seeds 6.65- 9.70, and pulp-to-seed ratio 10.51-23.99%. The results of the chemical properties showed a significant difference in the chemical composition of carob fruits according to the different regions of plant growth. The average moisture content of the fruits 10.40-10.90%, total sugars 52.92-56.21%, reducing sugars 7.61-18.49%, non-reducing sugars 36.92-46.83%, crude protein 2.30-4.23%, fat 0.94-0.24%, crude fiber 10.95-12.78%, tannins 12.56-13.08%, and total ash 3.13-4.89%. Also, the results of the analysis of Pearson's

correlation coefficient to clarify the relationship between morphological characteristics and chemical properties are very strong positive, especially between the length, weight and thickness of the horn with dry matter and total sugars, and negative between length and protein. the addition of carob powder to cakes at percentages of 0%, 10%, 20%, and 30%, and the results of sensory analysis, the 20% percentage cake received the highest acceptance in terms of taste, aroma, texture, color, and appearance, followed by cakes made with 30% carob powder, and then cakes made with 10% carob powder. This was in comparison to the standard 0% cake, which received the lowest overall acceptance across all properties.

Keywords: Carob pods – Physical and chemical properties – Carob powder – Sensory properties.

الملخص:

اجريت هذه الدراسة في عام 2021-2022 للتعرف علي الصفات المورفولوجية والخواص الكيميائية لقرون الخروب النامية طبيعيا بأربع مناطق بالجبل الاخضر وادي الكوف، الوسيطة، عمر المختار، قندولة، وادخال مسحوق الثمار في صناعة الكيك، بينت نتائج الوصف المورفولوجي ان عينة وادي الكوف قد أظهرت تباينًا كبيرًا في جميع الصفات ، يليها عينة عمر المختار، الوسيطة، قندولة وتختلف احجام الخروب من منطقة الي اخري، تراوح متوسط وزن ثمار الخروب 6.71-13.41جم، الطول من 13.04-17.38سم، العرض 3.97-83.6 سم، السمك من 0.45-66.0سم، وزن البذور من 1.41-1.63 جم، عدد البذور من 6.65-9.70 ، نسبة اللب الي البذور 10.51-23.99%. اما فيما يخص نتائج الخواص الكيميائية فقد أظهرت النتائج اختلافًا معنويًا في التركيب الكيميائي لثمار الخروب باختلاف مناطق نمو النبات، كان متوسط الرطوبة لثمار من 10.40-10.90% السكريات الكلية من 52.92-56.21السكريات المختزلة من 7.61-18.49السكريات الغير مختزلة من 36.92-46.83، البروتين الخام من 2.30-4.23%، الدهن 0.94-0.24% الالياف الخام من 10.95-12.78%، والتانينات من 12.56-13.08% الرماد الكلي 3.13-4.89%. كانت نتائج التحليل لمعاملات الارتباط بيرسون بين الصفات المورفولوجية والخواص الكيميائية موجبة وقوية جدا، خصوصًا بين طول ووزن وسمك القرن مع المادة الجافة والسكريات الكلية، وسلبية ما بين الطول والبروتين. اما بالنسبة لإضافة مسحوق الخروب في صناعة الكيك بنسب 0%، 10%، 20%، 30% ونتائج الخواص الحسية فقد اعطيت 20% اعلي قبول من حيث الطعم والرائحة والقوام واللون والمظهر يليه الكيك بنسبة 30% ثم الكيك المصنع بنسب 10% بالمقارنة مع الكيك القياسي 0 % الذي كان اقل في القبول العام لكل الخواص.

الكلمات المفتاحية: الخواص الطبيعية والكيميائية- الخواص الحسية- قرون الخروب -مسحوق الخروب.

1. المقدمة:

شجرة الخروب (*Ceratonia siliqua L.*) شجرة معمرة ودائمة الخضرة ، تنتمي الي الفصيلة البقولية (*Leguminosae*) تنتشر على نطاق واسع وبصورة طبيعية في حوض البحر الأبيض المتوسط والشرق الأوسط ، كما توسع انتشارها وزرعت في دول عديدة مثل إسبانيا وإيطاليا وتركيا واليونان والولايات المتحدة والارجنتين وأستراليا، حيث يزدهر نموها في تربة جيدة التصريف، وتمتاز بأنها ذات قدرة عالية على التكيف حيث تنمو عادةً في المناطق المعتدلة والجافة ذات التربة الفقيرة وتزدهر في التربة الغنية بالمغذيات، مما يوفر فوائد بيئية واقتصادية للمناطق التي تنمو فيها (Mahdad & Gaouar.,2023). لشجرة الخروب أهمية اقتصادية وبيئية ولطالما كانت جزءًا لا يتجزأ من النظم البيئية المتوسطة، تُستخدم في إعادة تشجير المناطق القاحلة والمتدهورة، وكذلك لأغراض الزينة (Martins *et al.*,2024). تدخل شجرة الخروب في تطبيقات صناعية متنوعة ومختلفة مثل الأغذية والمشروبات والأدوية ومستحضرات التجميل وأعلاف الحيوانات (Palaiogianni *et al.*,2022).

تُعدّ الخصائص المورفولوجية والكيميائية للقرون والبذور الأداة الوصفية الرئيسية كعلامات كمية لتحديد تباين الخروب وفقًا لمعايير معينة في العديد من الأنواع البرية (Haddarah *et al.*,2013). تشمل هذه الخصائص التعرف على الصفات الظاهرية للقرون ، البذور، يُمثل اللب والبذور 90 و10% من وزن الثمرة على التوالي ، تظهر الثمرة على شكل قرن غير منشق ، مضغوط، مستقيم أو منحني قليلا، وسميك عند نقطة الالتصاق وقمته غير حادة أو شبه حادة، يكون القرن لونه بنيًا فاتحًا إلى غامقًا، يتراوح طوله من 10 إلى 20 سم وعرضه من 1.5 إلى 3 سم ، وسمكه حوالي 1 سم (Elfazazi *et al.*,2017; Zhu *et al.*,2019) اما القرن الغير ناضج يكون أخضر ورطبًا وطعمه قابضًا للغاية، لكن القرن الناضج حلو المذاق وذلك لاحتوائه على السكريات حيث تبلغ كميتها (48-72%) ، البروتين (2.7-7.6%)، يحتوي أيضًا على كمية كبيرة من التانين المكثف بنسبة (16-20%) ولكنه فقير بالدهون (0.4-0.8%) إلى جانب محتواها العالي من الالياف (2.6-39.8) ووجود المكونات الثانوية مثل البوليفينول ،الفلافونويد ،التانينات (16-20%) ، بالإضافة الي احتواء قرون الخروب على الكالسيوم والفوسفور والبوتاسيوم مما يجعلها مصدرًا بديلًا للمعادن ، للقرن المكسور رائحة مميزة ناتجة عن محتواه من حمض الأيزوبوتيريك بنسبة (1.3%) (Ayaz *et al.*,2007). تلعب هذه المكونات دورًا هامًا في الحفاظ على الجودة وتحديد القيمة الغذائية كما تُعدّ طبيعة وتركيز هذه المكونات في الخروب محل اهتمام نظرًا لخصائصها الحسية المهمة (Kyratzis *et al.*,2021). اما البذور تكون بنية اللون، صلبة، ببيضاوية الشكل، لامعة ، عادةً ما تكون متجانسة، يتراوح طولها بين 8 و10 سم، وعرضها بين 7 و8 مم، وسمكها بين 3 و5 مم وتزن كل منها حوالي 0.2 جرام ، تكون ذات قيمة خاصة لإنتاج صمغ الخروب الجالاكتومان وهو مادة مضافة للغذاء (E410) ، يُستخدم على نطاق واسع في صناعة الأغذية كمثبت ومكثف (O'Connell *et al.*,2023) حتى الآن فإن المنتجات الرئيسية المصنوعة من القرون الخالية من البذور هي الدقيق والشراب وقد تم استخدام مكونات قرون الخروب كمحليات ومكون غذائي في

إنتاج الحلويات والمشروبات والخبز والمعكرونة (Goulas *et al.*, 2016) والتي يمكن استخدامها كبدايل غذائية للشوكولاتة أو الكاكاو والديس وفي صنع مجموعة متنوعة من الأطعمة المخبوزة (Tous *et al.*, 2019).

في ليبيا، تنمو شجرة الخروب طبيعياً في منطقة الجبل الأخضر، الواقعة جنوب الحزام الساحلي مباشرةً في المنطقة الشمالية الشرقية من البلاد، يمتد الجبل الأخضر على طول الحزام الساحلي لمسافة حوالي 300 كيلومتر، ويرتفع إلى حوالي 881 متراً فوق مستوى سطح البحر، يتميز الجبل بتركيبه صخرية، وتتقاطع فيه وديان عديدة بشكل متكرر، يتراوح متوسط هطول الأمطار بين 250 و600 ملم، وترتبه من نوع الطينية الثقيلة تنتشر أشجار الخروب في منطقة الجبل الأخضر إلى جانب العديد من الأنواع البرية مثل الزيتون (*Olea europaea*) والمصطكي (*Pistacia lentiscus*) والعرعر (*Junipurus phoenicea*) (Ali *et al.*, 2019 : El-Zwaam., 1995) وعلى الرغم من الاهتمام الكبير بالخروب واستخداماته في تطبيقات مختلفة، إلا أن الدراسات المتوفرة عنه قليلة جداً في ليبيا لذلك تسعى هذه الدراسة الحالية إلى دراسة الوصف المورفولوجي والتركيب الكيميائي لمناطق مختلفة من ثمار الخروب النامي طبيعياً بالجبل الأخضر وإمكانية تطبيقه في صناعة الكيك ودراسة تأثير إضافة مسحوق الخروب على الخواص الحسية لكيك المصنع حيث تسعى هذه الورقة إلى تقديم نظرة ثاقبة لاستخدام الخروب في إنتاج كيك ذو قيمة غذائية عالية.

2. المواد وطرق البحث:

2.1. جمع العينات:

تم جمع الثمار في شهر اغسطس عام 2021-2022 من عدة مناطق بالجبل الاخضر وشملت هذه المناطق الوسيطة، وادي الكوف، عمر المختار، قندولة، فرزت الثمار وتم اختيار المكتملة النضج منها واستبعدت الثمار التالفة والغير نظيفة.

2.2. تجهيز مسحوق لب الخروب:

تم اخذ قرون متماثلة من جميع العينات وتم تجفيف القرون في فرن التجفيف العادي على درجة حرارة منخفضة 60م° لمدة 3 ساعات بفرن التجفيف العادي ثم طُحنت القرون طحناً خشناً بواسطة مطحنة للحبوب كهربائية لتفريغها من البذور وتم طحن العينة الخالية من البذور وجففت مره اخري على نفس درجة الحرارة ثم تم طحنها بواسطة مطحنة منزلية نوع Homer الي ان تحولت الي مسحوق ناعما، وتم تخزينها في عبوات جافة ونظيفة بعيدا عن الضوء والحرارة الي حين استخدامها في الكيك.

2.3. تجهيز وتحضير مكونات الكيك:

تم تجهيز مكونات الكيك حسب الطريقة المتبعة في (Wilderjans *et al.*, 2013) كالتالي:

200 جرام من الدقيق، 100 جرام من السكر، 100 جرام من الزبدة، 4 بيضات، 2.5 جرام من مسحوق بيكربونات الصوديوم، 2 جرام من الفانيلين، 100 مل حليب.

2.3.1. تحضير نسب الإضافة (مسحوق لب الخروب) المضاف للكيك (من وزن الدقيق) كالتالي:

0%: استخدام 200 جرام دقيق بدون مسحوق الخروب.

10% مسحوق خروب: إضافة 200 جرام دقيق * 0.10 = 20 جرام مسحوق الخروب الي الدقيق.

20% مسحوق خروب: إضافة 200 جرام دقيق * 0.20 = 40 جرام مسحوق الخروب الي الدقيق.

30% مسحوق خروب: إضافة 200 جرام دقيق * 0.30 = 60 جرام مسحوق خروب الي الدقيق.

2.3.2. طريقة التحضير:

تم تجهيز خلطة الكيك القياسي الخالي من مسحوق الخروب وتم خلط كميات ونسب مكونات كيك مسحوق الخروب واضيفت المكونات السائلة الي المكونات الجافة وخلطت حتى الحصول على مخلوط متجانس.

2.3.3. الخبز:

تم تسخين الفرن علي درجة حرارة 180م°، وتم صب كل خليط على حذا في قوالب مدهونة بالزبد وخبزت لمدة 30-40 دقيقة، بعد نضج الكيك بردت كل القوالب لمدة 10 دقائق ونقلت الي رف تبريد لحين اجراء التقييم الحسي.

2.4. دراسة الخواص المورفولوجية لقرون الخروب:

شملت الدراسة قياس كلا من الطول وعرض القرون، وزن البذور وعدد البذور وقد تم قياس الطول والعرض باستخدام مقياس الميكروميتر Vernier caliper، قيست وزن القرون والبذور باستخدام ميزان حساس، والعائد (وزن البذور / وزن القرن × 100) كل هذه الطرق تم تقديرها حسب (A.A.C.C., 2002).

2.5. دراسة الخواص الكيميائية لقرون الخروب:

2.5.1. تقدير الرطوبة:

تم وزن 2جم من مسحوق قرون الخروب بدقة في بوتقة خزفية مؤزنة مسبقاً، وجُففت داخل فرن التجفيف العادي نوع LIB INDUSTRY-O-255 مُضبوط على درجة حرارة 105م° لمدة 3 ساعات وتم قياس الوزن بعد الوصول إلى وزن ثابت، وتم التقدير حسب الطريقة المذكورة في (A.O.A.C,1997).

2.5.2. تقدير السكريات الكلية:

تم تقدير النسبة المئوية للسكريات الكلية والمختزلة الموجودة في عينات الخروب بالمعايرة الحجمية باستخدام طريقة لين وأينون المذكورة في (A.O.A.C,1997). وحساب السكريات غير المختزلة بالفرق.

2.5.3. تقدير الالياف الخام:

تم تقدير الالياف الخام بطريقة الحامض حسب الطريقة المذكورة في (AO.A.C, 1997).

2.5.4. تقدير البروتين الخام:

قدر محتوى البروتين لعينات الخروب بواسطة طريقة كداهل (Kjeldahl) وتم حساب نسبة البروتين من خلال معرفة النسبة المئوية للنيتروجين الكلي وضرب نسبة النيتروجين في المعامل (6.25) حسب الطريقة المذكورة في (AO.A.C, 1997).

2.5.5. تقدير الدهن الكلي:

تم تقدير محتوى الدهون باستخدام جهاز سوكسلت حسب الطريقة المذكورة في (A.O.A.C, 1997) باستخلاص قرون الخروب باستخدام إليثر البترولي لمدة 8 ساعات، ثم تبخير المذيب وتجفيفه في فرن عند درجة حرارة 105م°، ثم تبريده في مجفف ووزنه. وتم التعبير عن كمية الدهون الخام المتبقية كنسبة مئوية.

2.5.6. تقدير الرماد الكلي:

تم تقدير الرماد باستخدام جهاز فرن الترميد الكهربائي (Carbolite S 336 RB) وفقا للطريقة المذكورة في (A.O.A.C,1997).

2.5.7. تقدير التانينات:

تم التقدير باستخدام طريقة المعايرة الحجمية Lowenthals Permanganat المعدلة في الشاي حسب الطريقة المذكورة في (A.O.A.C, 1997).

2.6. دراسة الخواص الحسية:

اجري التقييم الحسي لعينات الكيك في مختبر قسم علوم وتقنية الاغذية بكلية الزراعة جامعة عمر المختار واختير أعضاء التقييم من هيئة التدريس بالقسم وطلاب ماجستير، رمزت العينات حسب النسب في أطباق مقسمة إلى 4 مجموعات، وقُدمت إلى 10 أعضاء مع ماء شرب، وطلب منهم تقييمها حسيًا، قُيِّمت العينات من حيث الخواص الحسية

المظهر واللون والنكهة والقبول العام على مقياس التفضيل العام 9 نقاط باستخدام اختبار (Stone & Sidel, Hedonic (2004).

3. التحليل الاحصائي:

تم تحليل البيانات باستخدام التصميم العشوائي الكامل باستخدام برنامج مايكروسوفت اكسل 2014 وتم عرض النتائج في صورة متوسط والخطأ القياسي، عزلت المتوسطات باستخدام اختبار دانكن عند مستوي معنوية ($P < 0.05$). وتم تقييم الارتباط بين مختلف الصفات المورفولوجية المدروسة والخواص الكيميائية باستخدام معامل ارتباط بيرسون.

4. النتائج والمناقشة:

4.1. الخواص المورفولوجية لثمار الخروب:

جدول (1) متوسط قياسات الخواص المورفولوجية لثمار الخروب لمناطق الدراسة (المتوسط \pm الخطأ القياسي)

المنطقة	الوسيط	وادي الكوف	عمر المختار	قندولة
طول القرن (سم)	^b 0.28±14	^a 0.42±17.38	^b 0.42±14.49	^c 0.36±13.04
العرض (سم)	^d 0.07±3.97	^a 0.16±6.83	^c 0.12±5.16	^b 0.18±5.93
وزن القرن (جم)	^b 0.48±9.15	^a 0.44±13.41	^c 0.42±6.94	^c 0.22±6.71
سمك القرن (سم)	^b 0.07±0.52	^a 0.11±0.66	^b 0.01±0.51	^c 0.07±0.45
وزن البذور (جم)	^a 0.07±1.6	^a 0.05±1.41	^a 0.07±1.63	^a 0.03±1.61
عدد البذور	^a 0.61±9.7	^b 0.18±8.95	^d 0.39±6.65	^b 0.31±9.15
نسبة اللب الي البذور %	^b 17.48	^c 10.51	^a 23.48	^a 23.99

المتوسطات التي تشترك في نفس الحرف في الصف لا توجد بينها فروق معنوية ($P < 0.05$)

يوضح جدول (1) الخواص المورفولوجية في بعض المناطق المدروسة للخروب الليبي مثل الطول، العرض، الوزن، سمك القرن، وزن وعدد البذور، ونسبة البذور الي اللب. اظهرت النتائج اختلافاً واضحاً في الصفات المورفولوجية للقرن والبذور بين العينات المأخوذة من المناطق الأربعة المدروسة، مما يعكس تأثير العوامل البيئية والجغرافية على الصفات الشكلية للخروب (*Ceratonia siliqua L.*).

4.1.1. طول وعرض القرن:

بلغ متوسط طول القرن في عينة وادي الكوف أعلى قيمة (17.38 سم)، بينما كانت أقل قيمة في عينة قندولة (13.04 سم)، اما منطقة الوسيط وعمر المختار فقد بلغ الطول ما بين 14-14.49 سم، في حين تراوح عرض

القرن 6.83 سم في وادي الكوف، (3.97 سم) في الوسيطة وتراوح من (5.16-5.93 سم) في عمر المختار و قندولة تشير هذه النتائج إلى أن الظروف البيئية في وادي الكوف ربما كانت أكثر ملاءمة لنمو القرون من حيث الطول والعرض، خاصةً مع ارتفاع معدلات الرطوبة النسبية والتربة الخصبة مقارنة بالمناطق الأخرى وتتفق هذه النتائج مع ما ذكره (Barracosa *et al.*, 2018) بأن طول قرون الخروب يتراوح عادة بين (10-20 سم)، وأن الاختلافات في الأبعاد ترتبط بعوامل مناخية ووراثية.

4.1.2. وزن وسمك القرن:

أظهر وزن القرن في عينة وادي الكوف تفوقا عالي حيث كان (13.41 جم)، وفي عينة قندولة كان اقل قيمة (6.71 جم) كما لوحظ أن سمك القرن كان متقاربا بين عينات الوسيطة وعمر المختار، اما بالنسبة لسمك القرن فقد كان (0.66 سم) في وادي الكوف و(0.45 سم) في قندولة وبلغ متوسط السمك من (0.51-0.52 سم) في عمر المختار والوسيطة، ومن هنا يمكن القول ان خروب منطقة وادي الكوف كان الأكثر لبا والأعلى سماكة بالمقارنة مع خروب منطقة قندولة الذي كان اقل لبا وانحف سمكا وتشير هذه النتائج إلى أن الزيادة في الطول والعرض في قرون وادي الكوف انعكست أيضا على الوزن الكلي، مما يُشير إلى جودة نموه العالية نتيجة لخصوبة التربة وغناها بالمغذيات وقد أشار (Battle & Tous (1997) الي أن سمك القرن ووزنه من المؤشرات المهمة على جودة الخروب وقيمتها التسويقية، إذ ترتبط هذه الصفات بمحتوى اللب ومقدار المواد الصلبة الذائبة الكلية.

4.1.3. وزن وعدد البذور:

كانت قيم وزن البذور متقاربة جدا بين العينات، حيث تراوحت بين (1.41-1.63 جم)، ولم تُظهر فروقا معنوية واضحة، بينما اختلف عدد البذور باختلاف المنطقة، إذ سجلت عينة الوسيطة أعلى عدد (9.7 بذرة في المتوسط)، واقل عددا في عينة عمر المختار (6.65 بذرة). وتتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه (Biner *et al.* 2007) بأن عدد البذور في قرون الخروب عادة يتراوح بين (8-12 بذرة)، ويتأثر ذلك بالعوامل الوراثية وحجم القرن أكثر من العوامل المناخية. كلما كان القرن نحيفا زاد عدد البذور وقد توصل (Gubbuk *et al.*, 2010) إلى هذه النتيجة حيث تشتهر الأنواع البرية بلبها غير اللحمي مع إنتاج بذور أعلى ونسبة بذور إلى قشر أعلى وصنفت أحجام القرون إلى ثلاث فئات: قرون طويلة، ومتوسطة، وقصيرة تُعزى الاختلافات في الصفات المورفولوجية لقرون الخروب بين مناطق الخروب الليبي في المقام الأول، كالحجم والوزن والشكل ونسبة البذور إلى اللب، لاختلاف أنواع الأصناف والظروف المناخية والممارسات الزراعية (Tous *et al.*, 2013; Nasar-Abbas *et al.*, 2016; Benchikh *et al.*, 2014).

4.1.4. نسبة اللب الي البذور:

تفاوتت النسبة المئوية للمحصول (اللب إلى البذور) بشكل واضح بين المناطق، حيث بلغت أعلى قيمة في قندولة (23.99%) تليها عمر المختار (23.48%) ، في حين كانت اقل في وادي الكوف (10.51%) يُفسر هذا التفاوت

بانخفاض نسبة اللب إلى حجم البذور في القرون الأطول (كما في وادي الكوف)، مما يقلل المحصول النسبي رغم زيادة الوزن الكلي وهو ما أشار إليه (Battle & Tous (1997) بأن العلاقة بين طول القرن والمردود اللبي ليست خطية، إذ تعتمد على سماكة الجدار الداخلي ونسبة البذور إلى اللب.

من مجمل النتائج يتضح أن عينة وادي الكوف تتميز بثمار أطول وأعرض وأثقل وزناً، بينما تمتاز عينة الوسيطة بارتفاع عدد البذور، وقندولة بأعلى محصول نسبي من اللب. تُعزى هذه الفروق إلى الاختلافات البيئية بين المناطق، مثل نوع التربة، والرطوبة، وكمية الأمطار، وطبيعة التضاريس، إضافةً إلى الاختلافات الوراثية بين الأشجار المحلية، وتشير هذه النتائج إلى إمكانية انتخاب السلالات المحلية ذات القرون الكبيرة والمحصول العالي لاستخدامها في برامج الإكثار أو التصنيع الغذائي، نظراً لقيمتها الاقتصادية والغذائية العالية.

4.2. الخواص الكيميائية لثمار الخروب:

جدول (2) متوسط النسبة المئوية للتركيب الكيميائي لثمار الخروب لمناطق الدراسة (المتوسط \pm الخطأ القياسي)

المكونات/ المنطقة	الوسيطة	وادي الكوف	عمر المختار	قندولة
المادة الجافة الكلية %	^b 0.01 \pm 88.69	^a 0.02 \pm 89.39	^c 0.11 \pm 86.52	^d 0.90 \pm 82.99
الرطوبة %	^a 0.28 \pm 10.90	^a 0.19 \pm 10.4	^a 0.17 \pm 10.7	^a 0.60 \pm 10.7
السكريات الكلية %	^b 2.05 \pm 55.41	^a 0.35 \pm 56.21	^c 1.04 \pm 54.35	^d 0.64 \pm 52.92
السكريات المختزلة	^a 2.78 \pm 18.49	^c 0.01 \pm 9.37	^b 0.32 \pm 10.69	^d 0.22 \pm 7.61
السكريات الغير مختزلة	^d 0.86 \pm 36.92	^a 0.35 \pm 46.83	^b 0.73 \pm 43.66	^c 0.76 \pm 45.31
البروتين الخام %	^a 0.43 \pm 4.23	^b 0.20 \pm 2.72	^b 0.24 \pm 2.3	^b 0.15 \pm 2.34
الدهن الكلي %	^d 0.04 \pm 0.24	^a 0.01 \pm 0.94	^b 0.01 \pm 0.66	^c 0.02 \pm 0.57
الألياف الخام %	^b 0.11 \pm 12.35	^d 0.23 \pm 11.89	^a 0.44 \pm 12.78	^c 0.30 \pm 10.95
التانينات %	^a 0.21 \pm 12.9	^a 0.40 \pm 12.75	^a 0.26 \pm 12.56	^a 0.15 \pm 13.08
الرماد الكلي %	^c 0.14 \pm 3.55	^a 0.86 \pm 4.89	^b 0.04 \pm 3.87	^d 0.35 \pm 3.13

المتوسطات التي تشترك في نفس الحرف في الصف لا توجد بينها فروق معنوية ($P < 0.05$)

أُجريت الدراسة باستخدام طرق التحليل المعتمدة ووصفت النتائج كنسبة مئوية وزنية لكل مقياس وتم تقدير المكونات على أساس الوزن الرطب ويوضح الجدول محتوى الخروب من الرطوبة، السكريات الكلية (السكريات المختزلة والغير مختزلة)، البروتين الخام، الدهن، الألياف الخام، التانينات، الرماد الكلي.

4.2.1. الرطوبة:

لم تُظهر نتائج تحليل البيانات لمحتوي الرطوبة فروقاً معنوية كبيرة عند مستوى معنوية ($P < 0.05$) لعينات لب الخروب إذ تراوحت بين (10.4-10.9%) وتشير هذه القيم إلى أن جميع العينات جافة نسبياً وكانت نتائج هذه الدراسة قريبة مع ما وجدته (Khlifa *et al.*, 2013) في دراسته للخصائص الطبيعية والتركيب الكيميائي لقرون الخروب حيث بلغت نسبة الرطوبة في لب قرون الخروب من 9.67-10.73% وتتفق أيضاً مع ما ذكره (Biner *et al.*, 2007) حيث وجد أن رطوبة قرون الخروب الناضجة تتراوح مابين (8-12%) تبعاً لظروف التجفيف الطبيعية.

4.2.2. السكريات في عينات الخروب:

أظهرت النتائج وجود فروق معنوية في محتوى السكريات الكلية بين عينات الخروب بالمناطق الأربعة المدروسة حيث تمثل السكريات نسبة عالية من الوزن الإجمالي لقرون الخروب سُجّلت أعلى نسبة للسكريات الكلية في عينة وادي الكوف ثم الوسيطة وعمر المختار ويليها قندولة وقد بلغت نسبتها 56، 55.41، 54.35، 52.92 % على التوالي اتفقت هذه النتائج مع (Coskuner&Karababa 2013) حيث ذكر أن لب قرون الخروب يحتوي على نسبة عالية من الكربوهيدرات الكلية بلغت (48-56%) من إجمالي محتوى السكر، فيما يخص بنتائج تحليل السكريات المختزلة فقد لوحظ أن اعلي نسبة السكريات المختزلة في عينة الوسيطة (18.49%) يليها عينة عمر المختار 10.69 % بينما اقلها نسبة كان في عينة قندولة ووادي الكوف 7.61، 9.12% على التوالي . أما بالنسبة للسكريات الغير مختزلة بينت نتائج التحليل ان اعلي نسبة للسكريات الغير مختزلة كان في عينة وادي الكوف وقد بلغت 46.83% ثم عينة قندولة 45.31% وعينة عمر المختار 43.66% بينما اقلها نسبة كان عينة خروب الوسيطة 36.92% تعزي هذه الاختلافات في نسب السكريات المختزلة والغير مختزلة إلى اختلاف في نشاط الإنزيمات المحللة للسكرز أثناء النضج، وهذه القيم تتماشى مع ما أوردته (Mekki *et al.*, 2019) بأن محتوى السكريات في الخروب يمكن أن يتراوح بين (40-55%)، منها حوالي (10-20%) سكريات مختزلة مثل الجلوكوز والفركتوز، والباقي سكرز (غير مختزل). كما اتفقت هذه النتائج في نسبة السكريات المختزلة مع (Jambi, 2015) حيث ذكر في دراسته ان نسبة السكريات الغير مختزلة قد تراوحت من 35-45%، واختلفت في نسبة السكريات المختزلة حيث كانت كمية السكريات المختزلة 19-25 % أقل بالمقارنة مع نتائج الدراسة.

4.2.3. البروتين الخام:

من خلال الجدول نلاحظ وجود فرق معنوي عند مستوى معنوية ($P < 0.05$) بين عينة خروب الوسيطة حيث سُجّلت أعلى نسبة من البروتين الخام (4.23%)، وعدم وجود فروق معنوية لعينات مناطق وادي الكوف وعمر المختار وقندولة حيث كانت 2.72، 2.34، 2.3% على التوالي، اتفقت هذه النتائج مع (Khlifa *et al.*, 2013) حيث وجد في دراسته لتحديد التركيب الكيميائي لقرون الخروب ودراستها المورفولوجية ان نسبة البروتين قد بلغت من 2.68-2.85% كما ذكر أيضا (Barracosa *et al.*, 2018) أن محتوى البروتين في لب الخروب يتراوح بين (2-5%).

4.2.4. الدهن الخام:

اظهرت النتائج ان عينة وادي الكوف كانت الأعلى نسبة في كمية الدهن الخام (0.94%) كانت هذه النتائج قريبة مع ما وجدته (Khelifa et al., 2013) في دراسته للتركيب الكيميائي لقرون الخروب حيث بلغت نسبة الدهن 0.99% يليها عمر المختار 0.66% وقندوله 0.57% والوسيطه كانت اقل في نسبة الدهن 0.24% وبصفة عامة كانت هذه النتائج ضمن النطاق الذي أشار إليه (Barracosa et al., 2018)، حيث ذكر ان نسب الدهون في لب الخروب تراوحت بين (0.2-1.2%) وهي نتائج تتوافق مع ما تم الحصول عليه في هذه الدراسة.

4.2.5. الألياف الخام:

اظهرت النتائج وجود فروق معنوية عند مستوي معنوية ($P < 0.05$) في نسبة الالياف الخام وتفاوتت نسب الألياف الخام بين العينات بشكل ملحوظ، إذ بلغت أعلى قيمة في عمر المختار (12.78%) يليها عينة الوسيطه (35.12%) واقلها نسبة كان مع عينتي قندولة ووادي الكوف والتي كانت 10.89، 10.95% على التوالي وتُعزى هذه الفروق إلى اختلاف سمك الجدار الخلوي للقرون ومرحلة النضج عند جمع الثمار، كانت النتائج عالية لعينتي خروب عمر المختار والوسيطه بالمقارنة مع ما وجدته (Higazy et al., 2018) في دراسته للعناصر الغذائية لمسحوق الخروب والبذور وتطبيقاتها في بعض المنتجات الغذائية حيث ذكر في دراسته ان نسبة الالياف قد وصلت الي 11.52% وكانت نتائج الدراسة متوافقة مع ما وجدته (El Kahkahi et al., 2015) في دراسته للوصف المورفولوجي والكيميائي لشجرة الخروب المغربية حيث بلغت نسبة الالياف في قرون الخروب المغربي 10.90%. كما أشار (Biner et al., 2007) إلى أن محتوى الألياف في لب الخروب يتراوح بين (8-14%)، وهي نتائج قريبة مما تم الحصول عليه في هذه الدراسة.

4.2.6. التانينات:

من خلال الجدول نلاحظ انه لم تُظهر التانينات فروقاً معنوية كبيرة بين المناطق المدروسة وتراوحت النتائج من (12.56-13.08%)، كل النتائج كانت متقاربة بين المناطق مما يدل على انه هناك ثبات نسبي في المركبات الفينولية بين العينات، تؤكد الدراسات ان الخروب غني بمركبات الفينول والتانينات ذات النشاط المضاد للأكسدة، حيث ذكر (Durazzo et al., 2014) أن دقيق الخروب غني بالتانينات والمركبات الفينولية، التي تمنحه خصائص مضادة للأكسدة ومهمة في التطبيقات الغذائية.

4.2.7. الرماد الكلي:

نلاحظ من الجدول وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) في محتوى الرماد الكلي لعينات الخروب المدروسة حيث بلغ اعلي متوسط لنسبة الرماد في عينة وادي الكوف 4.89% ثم عينة عمر المختار 3.87% ارتفاع نسبة الرماد في عينة وادي الكوف يعكس محتواه المعدني العالي المرتبط بتكوين التربة الغنية بالعناصر المعدنية وكانت نتائج عينة وادي الكوف

اعلي قليلا مما وجده (Toum *et al.*,2024) في دراسته لأصناف الخروب المزروع بالجزائر حيث كانت نسبة الرماد للبقرون الخروب 4.12%. كما تراوح متوسط نسبة الرماد الكلي لباقي عينات لب قرون الخروب 3.13، 3.87، 3.55% على التوالي وانققت هذه النتائج (Youssef *et al.*.,2013) حيث وجد في دراسته للتركيب الكيميائي والتقريبي للبقرون الخروب ان نسبة الرماد 3.16%، ومع (Ishag *et al.*,2024) في دراسته لتقييم التركيب التقريبي ومحتوى المعادن وخصائص مضادات الأكسدة في قرون الخروب.

يتضح من مجمل النتائج أن الاختلافات البيئية والمناخية بين المناطق المدروسة (الوسيط، وادي الكوف، عمر المختار، قندولة) كان لها تأثير واضح على كل من الصفات المورفولوجية والتركيب الكيميائي لثمار الخروب، فقد تميزت ثمار وادي الكوف بأكبر الحجم والوزن وارتفاع محتوى الكربوهيدرات والرماد والدهن، بينما امتازت ثمار الوسيط بارتفاع السكريات المختزلة والبروتين، وعمر المختار بارتفاع محتواها من الألياف، في حين تفوقت قندولة في نسبة اللب الي البذور. وهذه الاختلافات بين تجمعات الخروب الليبي انعكست على التركيب الكيميائي للثمار، يشير إلى أن الخروب في ليبيا يتمتع بتنوع غذائي وتركيبى يمكن استثماره في تطوير منتجات غذائية محلية ذات قيمة وظيفية مرتفعة. ويُتيح فرصاً واعدة لتحسين الجودة في تطبيقات التصنيع الغذائي، مثل إنتاج دقيق خروب ذي مواصفات محسنة لصناعة المخبوزات.

جدول (3) معاملات ارتباط بيرسون (r) بين الصفات المورفولوجية والخواص الكيميائية لقرون الخروب في المناطق المدروسة.

الرماد الكلي	التانينات	الألياف الخام	الدهن الكلي	البروتين الخام	السكريات غير المختزلة	السكريات المختزلة	السكريات الكلية	الرطوبة	المادة الجافة الكلية	الصفة المورفولوجية/ الكيميائية
1.00	0.50-	0.24	0.74	0.07-	0.43	0.15-	0.82	0.81-	0.74	طول القرن سم
0.56	0.02-	-0.49	0.92	0.70-	0.96	0.85-	0.05	0.94-	0.09-	عرض القرن سم
0.88	0.17-	0.05	0.52	0.23	0.23	0.05	0.87	0.67-	0.78	وزن القرن جم
0.98	0.43-	0.24	0.64	0.08	0.31	-0.02	0.89	0.74-	0.82	سمك القرن سم
0.88-	0.12	0.14	0.71-	0.04	0.49-	0.24	0.71-	0.84	0.59-	وزن البذور جم
0.13-	0.80	0.55-	0.35-	0.62	0.30-	0.33	0.18	0.14	0.12	عدد البذور

0.84-	0.15	0.09-	0.41-	0.35-	0.11-	-0.17	0.90-	0.57	0.83-	نسبة اللب إلى البذور %
-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	---------------------------

*تشير القيم الموجبة إلى علاقة طردية بين الصفتين، بينما القيم السالبة تعكس علاقة عكسية.

*تم حساب معاملات ارتباط بيرسون باستخدام المتوسطات لكل منطقة (n=4) .

من خلال الجدول (3) توضح النتائج أن الصفات المورفولوجية مثل طول ووزن وسمك القرن ترتبط ارتباطاً قوياً بالمحتوى الكيميائي مثل المادة الجافة والسكريات، مما يعكس تأثير الشكل المورفولوجي على جودة الثمار بينت نتائج تحليل معامل الارتباط (بيرسون) علاقات موجبة قوية بين طول القرن والسكريات الكلية ($r=0.82$)، وزن القرن وبين المادة الجافة ($r=0.78$)، وسمك القرن والمادة الجافة ($r=0.82$)، والسكريات الكلية ($r=0.89$)، الرماد الكلي ($r=0.98$) مما يشير إلى أن نمو القرن يرتبط بزيادة نسبة السكريات الكلية والمواد الصلبة الجافة وانفتحت هذه النتائج عن ما ذكره (Biner et al., 2007) و (Tous et al., 2009) اللذان أوضحا أن القرون الأطول والأثقل وزناً تحتوي غالباً على نسبة عالية من السكريات بسبب زيادة سمك اللب السكري. وبالمقابل، أظهرت النتائج علاقة سالبة بين طول القرن الرطوبة ($r=-0.81$)، طول القرن ومحتوى البروتين الخام ($r=-0.07$) وهو ما يتفق مع ما أشار إليه Batista et al. (2018) بأن زيادة حجم القرن ترافقها غالباً انخفاض نسبي في تركيز البروتينات نتيجة ارتفاع نسبة المواد الصلبة. وكذلك وزن البذور والرماد الكلي ($r=-0.88$) ونسبة اللب إلى البذور والسكريات الكلية ($r=-0.90$) .

4.3. الخواص الحسية لكيك مسحوق الخروب:

جدول (4) متوسط درجات التقييم الحسي للكيك المنتج من مسحوق الخروب

المظهر العام	الاسفنجية	الطعم	القوام	اللون	الرائحة	نسبة الإضافة / الصفات
^b 0.45±6.75	^b 0.30±6.20	^b 0.51±5.87	^c 0.29±6.87	^a 0.22±7.12	^c 0.70±6.37	%0
^{ab} 0.32±7.50	^a 0.21±8.90	^b 0.39±7.19	^{bc} 0.41±7.25	^a 0.32±7.60	^{bc} 0.80±5.5	%10
^a 0.25±8.25	^a 0.52±8.65	^a 0.18±8.62	^a 0.26±8.37	^a 0.26±8	^a 0.32±7.37	%20
^a 0.29±8.12	^a 0.61±8.12	^a 0.31±8.25	^{ab} 0.32±7.62	^a 0.41±7.37	^b 0.77±6.25	%30

المتوسطات التي تشترك في نفس الحرف في الصف لا توجد بينها فروق معنوية ($P<0.05$)

يوضح الجدول (4) الخواص الحسية للكيك الرائحة، اللون، القوام، الطعم، الإسفنجية، والمظهر العام ونسب الإضافة المختلفة لمكوّن الخروب (0%، 10%، 20%، 30%) بصفة عامة، لوحظ تقبل في معظم الصفات عند نسب

الإضافة الأعلى (20% و 30%) مقارنة بعينة الكيك القياسي (0%)، وهو ما يشير إلى أن إضافة الخروب ساهمت في تحسين القبول الحسي للكيك.

أظهرت نتائج التقييم الحسي الموضحة في الجدول أن زيادة نسبة إضافة دقيق الخروب إلى خليط الدقيق أثرت تأثيرًا معنويًا في جميع الصفات الحسية للكيك المدروس، إذ لوحظ ارتفاع واضح في متوسط درجات التقييم عند نسب الإضافة 20% و 30% مقارنة بعينة الكيك القياسي (0%) والعينة ذات الإضافة 10%، تُشير هذه النتائج إلى أن دقيق الخروب قد أسهم في تحسين الخصائص الحسية للكيك، خاصةً في اللون والطعم والرائحة، وهو ما يتفق مع ما ذكره *(Torello et al., 2020)* الذين أوضحوا أن استبدال جزء من دقيق القمح بدقيق الخروب حتى نسبة 30% يؤدي إلى الحصول على كيك ذي لون بني داكن جذاب وطعم قريب من الكاكاو بفضل المركبات العطرية الناتجة مثل الفيورانات واللاكتونات والألدهيدات.

كما أشار *(Tetik et al., 2021)* إلى أن إضافة دقيق الخروب أو مولاس لب الخروب (carob molasses pulp) بنسب تصل إلى 15% في الكيك تُحافظ على القبول الحسي العام، وتُحسن المظهر والظاوة دون أي تأثير سلبي ملحوظ على القوام. وتدعم هذه النتيجة ما ورد في الدراسة الحالية، حيث أظهرت العينات المضاف إليها دقيق الخروب بنسبة 20% و 30% أفضل تقييم في القوام والإسفنجية، مما يشير إلى أن الألياف في الخروب ساهمت في احتفاظ الكيك بالرطوبة وتحسين بنية الفتات الداخلية. وفيما يتعلق باللون والرائحة، فقد عزت دراسات سابقة التحسن في اللون الداكن والرائحة المميزة إلى تكوين مركبات ميلارد أثناء الخبز نتيجة تفاعل السكريات المختزلة مع الأحماض الأمينية الموجودة في دقيق الخروب، مما يُكسب المنتج لونًا جذابًا ونكهة مشابهة للشوكولاتة *(Papagiannopoulou et al., 2019)* هذا يتفق مع ارتفاع التقييم الحسي للرائحة والطعم في العينات ذات الإضافات الأعلى في الدراسة الحالية.

أما بالنسبة للقوام، فقد أشارت نتائج *(Torello et al., 2020)* إلى أن تجاوز نسبة 50% من دقيق الخروب قد يؤدي إلى زيادة الكثافة وانخفاض الليونة بسبب ارتفاع محتوى الألياف وانخفاض الجلوتين، إلا أن النسب المعتدلة (20-30%) تمنح توازنًا جيدًا بين الليونة والثبات. وهذه النتيجة تتوافق تمامًا مع ما لوحظ في الدراسة الحالية، حيث كانت النسبة المثلى من حيث القبول الحسي العام عند حدود 20-30%.

بناءً على ما سبق، يمكن القول إن إضافة دقيق الخروب بنسبة تتراوح بين 20% و 30% تُعدّ النسبة المثلى لإنتاج كيك عالي الجودة من حيث الخصائص الحسية والمظهر العام، مع المحافظة على تماسك البنية والنكهة مقبولة. وتُشير هذه النتائج إلى إمكانية استخدام دقيق الخروب كمكوّن بديل أو مكمل لدقيق لتحسين القيمة الحسية والغذائية للكيك، كما تدعمها النتائج التي توصلت إليها الدراسات السابقة.

5. الخلاصة:

من خلال نتائج الوصف المورفولوجي وجد ان وصف الشكل والتركيب الكيميائي لقرون ثمار خروب منطقة وادي الكوف امتازت بأن لها قرون طويلة وعريضة الحجم وارتفاع محتواها من السكريات الكلية والرماد والبروتين والالياف وكذلك في احتوائها علي التانينات واثار قليلة من الدهن ، يعتبر الخروب مكوناً متعدد الاستخدامات وله العديد من التطبيقات في التصنيع الغذائي، بما في ذلك استخدامه في إنتاج الكيك ، حيث يلعب توصيف الشكل والتركيب الكيميائي للخروب دوراً هاماً في إنتاج كيك غني بالألياف والمعادن كما أن حلاوة الخروب الطبيعية تجعله بديلاً في تحسين الخواص الحسية حيث من خلال دراسة تأثير نسب لإضافة لمسحوق الخروب في صناعة الكيك فقد اعطيت 20% اعلي قبول من حيث الطعم والرائحة والقوام واللون والمظهر يليه الكيك بنسبة 30% ثم الكيك المصنع بنسب 10% بالمقارنة مع الكيك القياسي 0 % الذي كان اقل في القبول العام لكل الخواص.

6. التوصيات:

1. الاهتمام بزراعة شجرة الخروب واستزراعها والتشجيع على اثمارها لما لها من اهمية اقتصادية وتغذوية كبيرة.
2. الاستفادة من مسحوق قرون الخروب بإدخاله في العديد من المنتجات الغذائية نظرا لما يحتويه من مكونات كبيره من السكريات والالياف والعناصر الغذائية الهامة.
3. مراعاة استخدام النسب الملائمة من مسحوق عند ادخاله في المنتجات الغذائية لكي يعطي منتجات مقبولا عند جميع الخواص.

المراجع:

A.A.C.C. (2002): Approved Method of the American Association of Cereal Chemists Published American Association of Cereal Chemists Published Paul. Minn. St. U.S.A.

Ali, E. S., Mustafa, H. M., & Blkasem, K. A. O. (2019). Morphological variation of Libyan carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Al-Mukhtar Journal of Sciences*, 34(2), 126-133.
<https://doi.org/10.54172/mjsc.v34i2.77>

AOAC. (1997). *Official methods of analysis of AOAC international (Sixteenth Edition, 3rd Revision)*. Gaithersburg, MD, USA: Association of the official Analytical Chemists (AOAC) International.

AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th edition*. Association of Official Analytical Chemists, Washington. D.C. USA.

Ayaz, F. A., Torun, H., Ayaz, S., Correia, P. J., Alaiz, M., Sanz, C., Gruz, J., & Strnad, M. (2007). Determination of chemical composition of Anotolian carob pod (*Ceratonia siliqua* L.): sugars, amino and organic acid, minerals and phenolic

compounds. *J Food Qualm.*; 30: 1040–1055. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2007.00176.x>

Barracosa, P., Osório, J., Gonçalves, B., & Silva, A. P. (2018). *Morphological characterization and nutritional composition of carob (Ceratonia siliqua L.) fruits from different Portuguese regions. Food Research International, 106, 873–881.* <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.062>

Batista, J. E. R., Braga, L. P., Oliveira, R. C. D., Silva, E. P., & Damiani, C. (2018). Partial replacement of wheat flour by pumpkin seed flour in the production of cupcakes filled with carob. *Food Science and Technology, 38(2), 250-254.* <https://doi.org/10.1590/1678-457x.36116>

Battle, I., & Tous, J. (1997). *Carob tree (Ceratonia siliqua L.) genetic resources in Spain and Portugal. Plant Genetic Resources Newsletter, 110, 36–41.*

Benchikh, Y., Louaileche, H., George, B., & Merlin, A. (2014). Changes in bioactive phytochemical content and *in vitro* antioxidant activity of carob (*Ceratonia siliqua L.*) as influenced by fruit ripening. *Ind. Crops Prod., 60, 298–303.* DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.05.048>

Biner, B., Gubbuk, H., Karhan, M., Aksu, M., & Pekmez, H. (2007). *Sugar profiles of the pods of wild and cultivated carob (Ceratonia siliqua L.) in Turkey. Food Chemistry, 100(4), 1453–1460* <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.037> .

De Gruyter Poland. Mahdad, Y. M., & Gaouar, S. B. S. (2023). Origin, distribution and domestication of the carob tree (*Ceratonia siliqua L.*). *Turkish Journal of Botany, 47(2), 89-96.* <https://doi.org/10.55730/1300-008X.2748>

Durazzo, A., Turfani, V., Narducci, V., Azzini, E., Maiani, G., & Carcea, M. (2014). *Nutritional characterization and bioactive components of carob powder. Food Chemistry, 160, 254–261* <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.083> .

El Kahkahi, R., Zouhair, R., Diouri, M., Ait Chitt, M., & Errakhi, R. (2015). Morphological and biochemical characterization of Morocco carob tree (*Ceratonia siliqua L.*). *Int J Biol Med Res, 6(2), 4946-4952.*

Elfazazi, K., Jbilou, M., Assaidi, A., Benbati, M., & Harrak, H. (2017). Morphological and biochemical variability of Moroccan carob (*Ceratonia siliqua L.*) produced in Beni Mellal region. *Int. J. Pure App. Biosci, 5(4), 14-21.* <https://doi.org/10.18782/2320-7051.5295>

El-Zwaam S.M. (1995). *El-Jabal El-Akhdar (In Arabic).* Garyounis University, Benghazi, Libya.

Gubbuk, H., Kafkas, E., Guven, D., Gunes, E., (2010). Physical and phytochemical profile of wild and domesticated carob. *Span. J. Agric. Res.* 8(4), 1129–1136. <https://doi.org/10.5424/sjar/2010084-1209>

Haddarah, A. (2013). Morphological and chemical variability of Lebanese carob varieties. *European scientific journal.*

Higazy, M., ELDifrawy, E., Zeitoun, M., Shaltout, O., & Abou El-Yazeed, A. (2018). Nutrients of carob and seed powders and its application in some food products. *Journal of the Advances in Agricultural Researches*, 23(1), 130-147.

Ishag, O., Mahamat Hamid, M. H., Nour, A., Erwa, I., & Ssempala, M. (2024). Evaluation of Proximate Composition, Minerals Content and Antioxidant Properties of Carob (*Ceratonia Siliqua L.*) Pod. *International Journal for Multidisciplinary Research* , 6 (3), E-ISSN: 2582-2160. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i03.21796>

Jambi, H. A. (2015). Effect of roasting process on polyphenols content of Carob powder. *Life Sci J*, 12, 1-5.

Karababa, E., & Coşkuner, Y. (2013). Physical properties of carob bean (*Ceratonia siliqua L.*): An industrial gum yielding crop. *Industrial crops and Products*, 42, 440-446. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.05.006>

Kyratzis, A. C., Antoniou, C., Papayiannis, L. C., Graziani, G., Roupael, Y., & Kyriacou, M. C. (2021). Pod morphology, primary and secondary metabolite profiles in non-grafted and grafted carob germplasm are configured by agro-environmental zone, genotype, and growing season. *Frontiers in plant science*, 11, 612376. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.612376>

Martins-Loução, M. A., Correia, P. J., & Romano, A. (2024). Carob: A Mediterranean resource for the future. *Plants*, 13(9), 1188. <https://doi.org/10.3390/plants13091188>

Mekki, M., Benkeblia, N., & Allaf, K. (2019). Physicochemical composition of carob (*Ceratonia siliqua L.*) fruits cultivated in different regions and at different stages of maturity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 77, 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.01.001> .

Nasar-Abbas, S. M., e-Huma, Z., Vu, T.-H., Khan, M. K., Esbenshade, H., Jayasena, V. (2016). Carob kibble: A bioactive-rich food ingredient. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 15 (1), 63–72. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12177>

O'Connell, A., Goycoolea, F. M., Gulotta, A., Holmqvist, P., Schuetz, P., & Mattsson, J. (2023). The structure and dynamics of locust bean gum in aqueous

solution. *Food Hydrocolloids*, 138, 108446.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108446>

Palaioianni, A., Stylianou, M., Sarris, D., & Agapiou, A. (2022). Carob-agro-industrial waste and potential uses in the circular economy. In *Mediterranean Fruits Bio-Wastes: Chemistry, Functionality and Technological Applications* (pp. 765-797). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-84436-3_33

Papagiannopoulou, E. A., Achilias, D. S., & Karathanos, V. T. (2019). Physicochemical, textural and sensory evaluation of cakes containing carob powder as cocoa substitute. *Journal of Food Science and Technology*, 56(12), 5255–5264. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03986-5>.

Stone, H., & Sidel, J. L. (2004). Introduction to sensory evaluation. *J Sensory Evaluation Practices*. Academic Press, San Diego, 1-19. <https://doi.org/10.1016/B978-012672690-9/50005-6>

Tetik, N., Şimşek, M., & Torun, M. (2021). Physical, textural, and sensory evaluation of cakes with carob molasses pulp. *Journal of Food and Nutrition Research*, 9(1), 1–8. Retrieved from <https://jfn.toros.edu.tr/index.php/jfn/article/view/2223>

Torello, C., Carughi, A., & Bianchi, F. (2020). Cake perception, texture, and aroma profile as affected by wheat flour and cocoa replacement with carob flour. *Foods*, 9(11), 1586. <https://doi.org/10.3390/foods9111586>

Toumi, S., Acem, K., Abdelhamid, D., Khedim, K., Lagraa, I., & Loumani, Z. (2024). Morphobiometric Characterisation of Carob Tree Pods Cultivated in Algeria and Evaluation of Physicochemical, Nutritional, and Sensory Properties of Their Powders. In *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences* (Vol. 78, No. 2, pp. 153-163). <https://doi.org/10.2478/prolas-2024-0023>

Tous, J., Romero, A., Hermoso, J. F., Ninot, A., Plana, J., & Batlle, I. (2009). Agronomic and commercial performance of four Spanish carob cultivars. *HortTechnology*, 19(2), 465-470. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.19.2.465>

Tous, J., Romero, A., & Batlle, I. (2013). The Carob tree: Botany, horticulture, and genetic resources. *Horticultural Reviews Volume 41*, 385-456. <https://doi.org/10.1002/9781118707418.ch08>

Yousif, A., & Alghzawi, H. M. (2000). Processing and characterization of carob powder. *Food Chem.*; 69:283–287. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00265-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00265-4)



Wilderjans, E., Luyts, K., Goesaert, H., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Food Research International*, 51(2), 482–489. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.010>

Zhu, B. J., Zayed, M. Z., Zhu, H. X., Zhao, J., & Li, S. P. (2019). Functional polysaccharides of carob fruit: a review. *Chinese medicine*, 14(1), 40. <https://doi.org/10.1186/s13020-019-0261-x>