Vol.4, No.10, Page 2635-2652,2026 https://doi.org/10.59628/jast.v4i10.3597 ISSN 2958-9568 JAST

SUN PUBLISHER

مجلة جامعة صنعاء للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا

Sana'a University Journal of Applied Sciences and Technology

https://journals.su.edu.ye/index.php/jast/

Quality Evaluation of Locally Produced Puffs and Crisps Made from Corn Grits Using Extrusion Technology

Asmaʾa Qaid Al-Ghwil*, Jalal Ahmad Fadl, Abdulmajeed Bajash Abdullah

Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Agriculture, Food, and Environment, Sana'a University, Sana'a, Yemen.

***Corresponding author:** *asma.qaid12@gmail.com*

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 27- July-2026,

Revised: 13- August -2026,

Accepted: 2- September- 2026

Published: 28 October 2026

Keywords:

1. Extrusion Technology
2. Snacks
3. Physicochemical properties
4. Sensory evaluation
5. Food safety

Abstract:

Extruded foods are widely available in the Yemeni market, necessitating an assessment of their quality and food safety. This study aimed to evaluate the quality and safety of selected locally produced extruded foods made from corn grits by determining certain additives and mineral contents and evaluating the physical, sensory, and microbiological characteristics of eight samples, including four samples of puffed corn and four samples of corn crisps. The results showed that all samples were free of preservatives specifically benzoic acid and sorbic acid and artificial sweeteners, namely aspartame, sodium saccharin, and acesulfame potassium. Magnesium concentrations ranged from 116 to 226 mg/kg, zinc from 0.1 to 16.8 mg/kg, manganese from 0.41 to 5.11 mg/kg, and nickel from 0.1 to 1.5 mg/kg, while iron was not detected in most samples, with the exception of three samples ranging from 44.7 to 0.7 mg/kg; copper and cadmium were not detected. Sensory evaluation scores ranged from 2.89 to 3.84 out of 5; sample Pd of puffed corn showed the highest scores for overall appearance, taste, and texture, whereas sample Ch of corn crisps recorded the highest mouthfeel score. Sample Pd also exhibited the lowest bulk density (0.07 g/cm^3) and the highest expansion ratio (5.79), while sample Cg of corn crisps recorded the highest product increase percentage (98.33%). Microbiologically, all samples were free of molds, and yeast counts ranged from 1×10^2 to 1×10^3 CFU/g, within permissible limits. However, the total bacterial count in sample Ce of corn crisps reached approximately 1.6×10^5 CFU/g, exceeding the permissible limit. Overall, most samples showed acceptable quality and microbiological safety, although variations were observed in their mineral, physical, and sensory characteristics. These findings emphasize the importance of periodic monitoring and adherence to good manufacturing practices to ensure product quality and safety.

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

Vol.4, No.5, Page 2103-2121,2026 https://doi.org/10.59628/jast.v4i5.2910 ISSN 2958-9568 JAST

مجلة جامعة صنعاء للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا
Sana'a University Journal of Applied Sciences and Technology
https://journals.su.edu.ye/index.php/jast/

SUN PUBLISHER

تقييم جودة المنتفخات والمقرمشات المصنعة محلياً من جريش الذرة باستخدام تقنية البثق

أسماء قائد الغويل*، جلال أحمد فضل، عبد المجيد بجاش عبد الله

قسم علوم الأغذية والتغذية، كلية الزراعة والأغذية والبيئة، جامعة صنعاء، اليمن

*المؤلف: asma.qaid12@gmail.com

معلومات المقالة

تاريخ التقديم: 27 -يوليو -2026

تاريخ القبول:2- سبتمبر - 2026

تاريخ النشر: 28- اكتوبر-2026

الكلمات المفتاحية

تقنية البثق

الأغذية الخفيفة

الخصائص الفيزوكيميائية

التقييم الحسي

سلامة الغذاء

الملخص:

تُعد الأغذية المبثوقة من المنتجات المتداولة في السوق اليمنية، مما يستدعي تقييم جودتها وسلامتها الغذائية. هدفت الدراسة إلى تقييم جودة وسلامة بعض الأغذية المبثوقة المصنعة محلياً من جريش الذرة، من خلال تقدير بعض المواد المضافة والعناصر المعدنية، وتقييم الخصائص الفيزيائية والحسية والميكروبيولوجية لثماني عينات، شملت أربع عينات من منتفخات الذرة وأربع عينات من مقرمشات الذرة.

أظهرت النتائج خلو جميع العينات من المواد الحافظة، ممثلةً بحمض البنزويك وحمض السوربيك، والمحليات الصناعية، وهي الأسبارتام وسكارين الصوديوم وأسيسلفام البوتاسيوم. تراوحت تراكيز المغنيسيوم بين 116–226 ملغم/كجم، والزنك بين 0.1–16.8 ملغم/كجم، والمنجنيز بين 0.41–5.11 ملغم/كجم، والنيكل بين 0.1–1.5 ملغم/كجم، في حين لم يُكشف عن الحديد في معظم العينات، باستثناء ثلاث عينات تراوحت بين 44.7–0.7ملغم/كجم ، ولم يُرصد النحاس والكادميوم. تراوحت درجات التقييم الحسي بين 2.89–3.84 من 5 درجات، وتفوقت العينة Pd من المنتفخات في المظهر العام والطعم والقوام، بينما سجلت العينة Ch من المقرمشات أعلى قيمة للملمس بالفم. كما أظهرت العينة Pd أقل كثافة ظاهرية بلغت 0.07 جم/سم³، وأعلى نسبة تمدد بلغت 5.79 مرة، بينما سجلت العينة Cg أعلى نسبة زيادة في المنتج بلغت 98.33%. ومكروبيولوجياً، خلت جميع العينات من الأعفان، وتراوحت أعداد الخمائر بين 1×10^{2}–1×10^{3} CFU/g وكانت ضمن الحدود المسموح بها، في حين بلغ العد البكتيري الكلي في العينة Ce نحو 1.6×10^{5} CFU/g، متجاوزاً الحد المسموح به. وتشير النتائج إلى قبول معظم العينات من حيث الجودة والسلامة الميكروبيولوجية، مع تفاوت في خصائصها المعدنية والفيزيائية والحسية، وتجاوز العد البكتيري الكلي في العينة Ce للحد المسموح به. ويؤكد ذلك أهمية الرقابة الدورية والالتزام بالممارسات التصنيعية الجيدة لضمان جودة المنتجات وسلامتها.

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

1. المقدمة

تُعرف الأغذية الجاهزة للأكل بأنها أطعمة تُستهلك دون الحاجة إلى مزيد من التسخين أو المعالجة [1]، كما تُعرّف بأنها أطعمة تُستهلك بين الوجبات، وتمتاز بانخفاض قابليتها للتلف وطول مدة صلاحيتها مقارنةً بالأغذية الطازجة، فضلاً عن جاذبيتها الحسية. غالباً ما يُقبل المستهلكون عليها بدافع المتعة والمذاق أكثر من الدوافع التغذوية. وتتكون الأغذية الخفيفة المبثوقة بصورة أساسية من الحبوب، مثل الذرة والأرز والقمح [2]، والتي تسهم في إكساب المنتجات خصائص مرغوبة، مثل البنية والقوام وملمس الفم، بما يعزز قبولها لدى المستهلكين [3]. تتميز الأغذية الخفيفة المبثوقة القائمة على الذرة بخصائص فيزيائية ووظيفية وغذائية وحسية جيدة. وعلى الرغم من انخفاض قيمتها الغذائية نسبياً، فإن المنتجات ذات نسبة التمدد العالية والصلابة المنخفضة تحظى بقبول واسع لدى المستهلكين [4،5]، وتُعد منتجات الذرة الخفيفة المبثوقة من المنتجات واسعة الانتشار، وغالباً ما تُتكّه بإضافات متنوعة، مثل الجبن والزيت والفلفل الحار والبصل ومسحوق الثوم وغيرها من التوابل [6].

يتم إنتاج منتجات الحبوب المنفوخة باستخدام تقنية البثق، نتيجةً للتمدد المفاجئ للرطوبة الموجودة في الفجوات البينية لحبيبات النشا عند تعرضها لدرجات حرارة مرتفعة خلال فترة زمنية قصيرة. تتم العملية من خلال تعريض المادة الغذائية الخام للحرارة والضغط داخل جهاز البثق المغلق (الإكسترودر)، ثم يحدث انخفاض مفاجئ في الضغط عند خروج المادة من فتحة القالب، مما يؤدي إلى تبخر سريع للرطوبة وتمدد المادة ونفشها في عملية واحدة [7،8]. يحتوي جريش الذرة على أقل من 1% من الدهن، وغالباً ما يكون منخفضاً في الألياف والرماد [9]، ويتم الحصول عليه من خلال عملية الطحن الجاف [10]. يُستخدم جريش الذرة في إنتاج الأغذية الخفيفة نظراً لقابليته العالية للتمدد وارتفاع محتواه من النشا، مما يسهم في إنتاج منتجات ذات قوام مقرمش جذاب، ولون ذهبي ونكهة مرغوبة، إلا أن هذه المنتجات تكون محدودة نسبياً في محتواها من البروتين [11،12].

بلغ إجمالي كمية جريش الذرة المستورد لتصنيع الأغذية الخفيفة عبر ميناء الحديدة لعام 2024م نحو 1437.5 طناً بوزن صافٍ، وفقاً لبيانات مصلحة الجمارك اليمنية – ميناء الحديدة [13] ، كما بلغ عدد مصانع الأغذية الخفيفة التي تستخدم جريش الذرة في عملية البثق في أمانة العاصمة ومحافظتي صنعاء وعمران عشرة مصانع، وفقاً لبيانات وزارة الاقتصاد والصناعة والاستثمار لعام 2025م [14]. وقد تم الحصول على هذه البيانات الرسمية من الجهات الحكومية المعنية.

تحظى هذه المنتجات بإقبال استهلاكي واسع لدى مختلف الفئات العمرية، ولا سيما الأطفال. وعلى الرغم من انتشارها، فإن المعلومات المحلية المنشورة حول جودة هذه المنتجات وسلامتها الغذائية ومدى مطابقتها للمواصفات القياسية ما تزال محدودة، من هنا تتمثل الفجوة البحثية في محدودية الدراسات المحلية التي تناولت تقييم الأغذية الخفيفة المبثوقة المصنعة من جريش الذرة.

لذلك، هدفت هذه الدراسة إلى تقييم جودة وسلامة بعض الأغذية الخفيفة المبثوقة المصنعة محلياً من

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

جريش الذرة، من خلال تقدير بعض المواد المضافة والعناصر المعدنية، وتقييم الخصائص الفيزيائية والحسية والميكروبيولوجية لعينات من منتفخات الذرة ومقرمشاتها.

1. مواد وطرائق البحث

التصميم التجريبي: اعتمدت الدراسة المنهج التجريبي التحليلي، وشملت عشرة مصانع لإنتاج الأغذية الخفيفة بتقنية البثق في أمانة العاصمة ومحافظتي صنعاء وعمران، اختير منها ثمانية مصانع بطريقة العينة العشوائية البسيطة، ومثّل كل مصنع عينة واحدة. جُمعت العينات من الأسواق المحلية خلال الفترة 22–25 أبريل 2025م، مع مراعاة تقارب تواريخ إنتاجها، حيث كانت جميع العينات منتجة خلال شهر أبريل 2025م. شملت الدراسة مجموعتين من الأغذية المبثوقة: أربع عينات من منتفخات الذرة(Puffs)، ورُمز لها بـ(Pa، Pb، Pc، Pd)، وأربع عينات من مقرمشات الذرة(Crisps)، ورُمز لها بـ(Ce، Cf، Cg، Ch)، وبلغت مدة الصلاحية لجميع العينات تسعة أشهر، باستثناء العينات(Pc ، Pd، Cf) التي بلغت مدة صلاحيتها ستة أشهر.

جمع البيانات وتجهيزها للتحليل: نُقلت العينات في عبواتها الأصلية وحُفظت في درجة حرارة الغرفة لحين إجراء التحاليل. أُجري الفحص الميكروبيولوجي أولاً، حيث طُحنت العينات يدوياً داخل عبواتها الأصلية، ثم نُقلت مباشرةً إلى أكياس بولي إيثيلين معقمة للحصول على عينة ممثلة للتحليل. ولأغراض التقييم الحسي والقياسات الفيزيائية، أُفرغ محتوى كل عبوة في أطباق بلاستيكية بيضاء ونظيفة. أما للتحليلات الكيميائية، فطُحن محتوى كل عبوة باستخدام مطحنة كهربائية للحصول على مسحوق ناعم ومتجانس، ثم حُفظ في أكياس ألمنيوم سميكة ومعتمة، وأُغلقت حرارياً إلى حين إجراء التحاليل.

محددات الدراسة: تمثلت أهم محددات الدراسة في محدودية حجم العينة مقارنةً بعدد المصانع المشمولة، إذ اقتصرت الدراسة على ثماني عينات اختيرت عشوائياً. كما اقتصر التقييم الحسي على مقيمين من الفئة العمرية 19–26 سنة من طلاب التغذية، دون تمثيل الفئة العمرية المستهدفة، ولا سيما الأطفال. اقتصرت الاختبارات الميكروبيولوجية على العد الكلي للبكتيريا والخمائر والأعفان، ولم تشمل جميع المسببات المرضية ذات الأهمية الصحية. كما لم تُجرَ إعادة مستقلة لتحليل العينات التي أظهرت قيماً مرتفعة للحديد في جلسة تحليل منفصلة للتحقق من النتائج غير الاعتيادية، رغم تكرار القياس أثناء التحليل.

الخصائص المدروسة:

1) المواد الحافظة والمحليات: قُدرت من المواد الحافظة (حمض البنزويك، حمض السوربيك)، ومن المحليات الصناعية (الأسبارتام، سكارين الصوديوم، أسيسلفام البوتاسيوم) باستخدام HPLC (SPD–10A VP/ Shimadzu, Kyoto, Japan) وفقاً لدستور الادوية البريطانية [15]، ودستور المواد الكيميائية الغذائية [16]. أُجريت التحاليل في مختبر الهيئة اليمنية للمواصفات والمقاييس وضبط الجودة، صنعاء.

2) العناصر المعدنية: قُدرت تراكيز المغنيسيوم، الزنك، الحديد، المنجنيز، النيكل، الكادميوم، النحاس، باستخدام جهاز الامتصاص الذري (AAS/

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

Agilent Technologies/USA) بثلاثة مكررات لكل عينة، وفقاً للجمعية الامريكية الدولية لكيميائي الحبوب [17]، و Jorhem [18]. أُجريت التحاليل في مختبر الرقابة على جودة مستلزمات الإنتاج – الإدارة العامة لوقاية النبات، صنعاء، الجمهورية اليمنية.

3) التقييم الحسي: أُجري التقييم الحسي للعينات باستخدام اختبار القبول (5-point Hedonic Test) وفق مقياس مكون من خمس درجات وفقاً لـ Hussain et al. [19]، وشارك في التقييم 75 مُقيماً من طلاب التغذية العلاجية بالمستويات الثاني والثالث والرابع (شبه مدربين) تراوحت أعمارهم ما بين (19-26) عاماً، وكانوا من المستهلكين المنتظمين للأغذية الخفيفة، وقُدم الماء للمقيمين لشطف الفم بين العينات للحد من تأثير العينة السابقة في تقييم العينة اللاحقة، أُجري التقييم في جامعة أزال والجامعة الوطنية وجامعة صنعاء.

4) الخصائص الفيزيائية: قُدرت الكثافة الظاهرية للعينات باستخدام طريقة الازاحة الحجمية وفقاً لـ Tangsrianugul et al. [20]، أما تقدير نسبة التمدد على منتفخات الذرة، إذ قيس قطر المنتج باستخدام القدمة الورنية وفقاً لـ Acharya et al. [21]، وقُدرت نسبة الزيادة في المنتج وفقاً لمتطلبات المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية [22]. أُجري كل اختبار باستخدام عشرة مكررات في معمل علوم الأغذية بكلية الزراعة والأغذية والبيئة، جامعة صنعاء.

5) الاختبارات الميكروبيولوجية: شملت الاختبارات الميكروبيولوجية، تقدير العد الكلي البكتيري، والخمائر والأعفان، باستخدام ثلاثة مكررات لكل عينة، وعُبرت النتائج بوحدة (CFU/g)، وفقاً لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة [23]، و Amer & Rizk [24]. أُجريت الاختبارات في مختبر هيئة المياه، صنعاء، الجمهورية اليمنية.

التحليل الإحصائي: صُممت التجربة وفق التصميم العشوائي الكامل (CRD) استناداً لـ Altaf et al. [25]، وحللت بيانات العناصر المعدنية والخصائص الفيزيائية، والتقييم الحسي، باستخدام برنامج SAS (Version 9) وفقاً لـ Li [26]، ولتحديد الفروق بين متوسطات العينات، أُجري تحليل التباين الأحادي (ANOVA-one way) متبوعاً باختبار أقل فرق معنوي (LSD)، عند مستوى دلالة $P \leq 0.05$ وعُبرت النتائج بالمتوسطات الحسابية للمكررات.

3. النتائج والمناقشة

1) المواد الحافظة والمحليات: أظهر التحليل عدم الكشف (ND) عن المواد الحافظة (حمض البنزويك، حمض السوربيك)، والمحليات الصناعية، (الأسبارتام، سكارين الصوديوم، أسيسلفام البوتاسيوم) في جميع عينات الدراسة، ضمن حدود الكشف التحليلي المعتمدة في المختبر. قد يرتبط عدم الكشف عن المواد الحافظة بانخفاض المحتوى الرطوبي والنشاط المائي في المنتجات المبثوقة، مما يعزز استقرارها التخزيني دون الحاجة إلى إضافة مواد حافظة. تتفق هذه النتيجة مع ما أشار إليه et al.

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

Kumari [27] من أن انخفاض رطوبة المنتجات المبثوقة يسهم في إطالة عمرها التخزيني، كما أوضح Guy [28] أن انخفاض النشاط المائي الناتج عن عملية البثق يعزز استقرار المنتجات، وقد يسهم تكوين معقدات الأميلوز–الدهن في ذلك. أما عدم الكشف عن المحليات الصناعية، فقد يرتبط بطبيعة تركيب المنتجات وعملية البثق التي قد تؤدي إلى تكوين الدكسترينات ذات الحلاوة الطبيعية. بوجه عام، تتفق نتائج الدراسة مع ما أوردته الدراسات حول ارتفاع الثبات التخزيني للمنتجات المبثوقة الجافة.

2) العناصر المعدنية: محتوى المغنيسيوم أظهرت النتائج في جدول (1) تفاوت محتوى المغنيسيوم بين العينات، إذ سجلت العينة Pc أعلى قيمة (226 ملغم/كغم)، في حين سجلت العينة Ce أدنى قيمة (116 ملغم/كغم)، وكانت القيم المسجلة في الدراسة الحالية أقل من تلك التي أوردها Shah et al. [29] في الذرة المبثوقة (883.6 ملغم/كغم)، و Amer & Rizk [24] في الجريش المبثوق (354 ملغم/كغم)، وقد تعكس هذه الفروق اختلاف المواد الخام وظروف التصنيع، دون إمكانية إرجاعها إلى عامل واحد بصورة قاطعة. **محتوى الزنك** أظهرت النتائج في جدول (1) اختلافاً معنوياً في محتوى الزنك بين العينات، إذ سجلت العينة Ch أعلى قيمة (16.8 ملغم/كغم)، بينما سجلت العينة Pb أدنى قيمة (0.1 ملغم/كغم). قد يرتبط هذا التفاوت باختلاف المواد الخام والإضافات وظروف التصنيع. تقاربت بعض القيم مع ما أوردته Garcia et al. [30] في الذرة المبثوقة بنكهة الجبن (5.33 ملغم/كغم)، بينما كانت أقل من القيم التي سجلها Adepeju et al. [31] في الذرة المبثوقة المدعمة بنسبة 10% من دقيق تمر النخيل (40 ملغم/كغم)، وكذلك من قيمة Shah et al. [29] في الذرة المبثوقة (106.5 ملغم/كغم). قد تعكس هذه الاختلافات تباين المواد الخام والإضافات وظروف التصنيع بين الدراسات. **محتوى المنجنيز** أظهرت النتائج في جدول (1) انخفاض محتوى المنجنيز في جميع عينات الدراسة، إذ سجلت العينة Ch أعلى قيمة (5.11 ملغم/كغم)، في حين سجلت العينة Pbأدنى قيمة (0.41 ملغم/كغم)، مع وجود فروق معنوية بين العينات ($P\leq0.05$). بالمقارنة مع دراسة Garcia et al. [30]، التي سجلت (0.50 ملغم/كغم) في عينات الذرة المبثوقة بنكهة الجبن، تراوحت قيم الدراسة الحالية بين قيم أعلى وأدنى من القيمة المذكورة. **النيكل** أظهرت النتائج في جدول (1) تفاوت محتوى النيكل بين العينات، إذ سجلت العينة Pd أعلى قيمة (1.5 ملغم/كغم)، في حين سجلت العينة Pb أدنى قيمة (0.1 ملغم/كغم). يُعد النيكل من العناصر النزرة التي قد توجد في الأغذية بكميات ضئيلة، وقد يرتبط ارتفاع مستوياته بمصادر بيئية أو صناعية، مما يجعل رصدها مهماً في تقييم السلامة الغذائية. **محتوى الحديد** أظهرت النتائج في جدول (1) تبايناً واضحاً في محتوى الحديد بين العينات، إذ سجلت العينة Cf أعلى قيمة

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

(44.7 ملغم/كغم)، تلتها العينة Ch (40.7 ملغم/كغم)، بينما سجلت العينة Pc أدنى قيمة (0.7 ملغم/كغم)، في حين لم يُكشف عن الحديد في بقية العينات ضمن حدود الكشف التحليلي، وقد يرتبط هذا التفاوت باختلاف المواد الخام والإضافات وظروف التصنيع، كما قد يسهم انتقال الحديد من معدات الإنتاج في بعض الحالات. كانت القيم المسجلة في الدراسة الحالية أقل من تلك التي أوردها Adepeju et al. [31] في الذرة المبثوقة المستبدلة ب 10% من دقيق نخيل التمر (151 ملغم/كغم)، وكذلك أقل من قيمة Shah et al. [29] في الذرة المبثوقة كغذاء خفيف (109.5 ملغم/كغم).

الكادميوم والنحاس أظهرت النتائج في جدول (1) عدم الكشف عن الكادميوم والنحاس في جميع عينات الدراسة ضمن حدود الكشف التحليلي. تختلف هذه النتائج عما أوردته Garcia et al. [30] في عينات الذرة المبثوقة بنكهة الجبن، إذ بلغ محتوى الكادميوم (0.12 ملغم/كغم) والنحاس (0.43 ملغم/كغم).

جدول (1): محتوى العناصر المعدنية لعينات الدراسة (ملغم/كغم)

العينة	Mg	Zn	Mn	Ni	Fe	Cd	Cu
Pa	207^{c}	1.6^{c}	1.65^{b}	0.4^{e}	0.0^{d}	ND	ND
Pb	155^{d}	0.1^{g}	0.41^{h}	0.1^{f}	0.0^{d}	ND	ND
Pc	226^{a}	1.8^{b}	1.08^{e}	0.4^{e}	0.7^{c}	ND	ND
Pd	137^{f}	1.1^{e}	1.33^{c}	1.5^{a}	0.0^{d}	ND	ND
Ce	116^{h}	0.9^{f}	1.04^{f}	1.1^{d}	0.0^{d}	ND	ND
Cf	135^{g}	1.3^{d}	0.65^{g}	0.4^{e}	44.7^{a}	ND	ND
Cg	154^{e}	1.7^{b}	1.27^{d}	1.2^{c}	0.0^{d}	ND	ND
Ch	213^{b}	16.8^{a}	5.11^{a}	1.4^{b}	40.7^{b}	ND	ND
LSD	0.173	0.094	0.019	0.038	0.501	-	-

* منتفخات ذرة (Pd-Pc-Pb-Pa) - مقرمشات ذرة (Ch-Cg-Cf-Ce).
* النتائج بالجدول متوسط لـ 3 مكررات.
*المتوسطات التي لها نفس الاحرف في العمود الواحد لا تختلف معنوياً.

قد يرتبط التباين في محتوى العناصر المعدنية بين عينات الدراسة باختلاف المواد الخام وتركيبة المنتجات والإضافات وظروف التصنيع، دون إمكانية تحديد عامل واحد مسؤول عنه بصورة

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

قاطعة، كما لا يمكن استبعاد تأثير مصادر أخرى للعناصر المعدنية، إلا أن ذلك يظل تفسيراً محتملاً يحتاج إلى مزيد من التحقق.

3) التقييم الحسي: أظهرت نتائج المظهر العام في جدول (2) وجود فروق معنوية بين عينات الدراسة في صفة المظهر العام($P\leq0.05$)، إذ سجلت العينة Pd أعلى متوسط (3.84)، بينما سجلت العينة Ce أدنى متوسط (3.15)، مع محدودية الفروق بين المتوسطات على مقياس القبول الخماسي، فقد تعكس هذه الفروق اختلاف الخصائص المرئية للمنتجات، مثل اللون والشكل ودرجة الانتفاخ. تتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه Altaf et al. [25] من أن ظروف البثق، ولا سيما درجة حرارة البرميل وسرعة اللولب ومحتوى الرطوبة، قد تؤثر في اللون والتمدد والمسامية، ومن ثم في المظهر العام والقبول العام للمنتجات المبثوقة.

صفة الطعم أظهرت نتائج جدول (2) وجود فروق معنوية بين عينات الدراسة في صفة الطعم ($P\leq0.05$)، إذ سجلت العينة Pd أعلى متوسط (4.12)، مما يشير إلى ارتفاع مستوى تقبلها من قبل المحكمين، بينما سجلت العينة Ce أدنى متوسط (2.93). قد تعكس هذه الفروق اختلاف تركيب المنتجات وتوزيع الإضافات وظروف المعالجة، والتي قد تؤثر في تكوين النكهة وقبول الطعم. تتفق هذه النتيجة مع ما أشار إليه Xu & Yao [32] بشأن تأثير ظروف المعالجة وتركيب المنتج في الخصائص النكهية للمنتجات المبثوقة. أما انخفاض تقبل العينة Ce، فقد يرتبط باختلاف شدة النكهة أو تجانس توزيع الإضافات، دون إمكانية تحديد عامل محدد مسؤول عن ذلك في الدراسة الحالية.

صفة القوام أظهرت نتائج جدول (2) وجود فروق معنوية بين عينات الدراسة في صفة القوام ($P\leq0.05$)، إذ سجلت العينة Ch أعلى متوسط (3.71)، بينما سجلت العينة Pa أدنى متوسط (2.89)، وقد تعكس هذه الفروق اختلاف بنية المنتجات وخصائصها الفيزيائية الناتجة عن ظروف البثق، والتي قد تتأثر بالمحتوى الرطوبي ونسبة الدهن ودرجة التمدد، وتتفق هذه النتيجة مع ما أشار إليه Xu & Yao [32] من تأثير تقنية البثق في تحسين الخصائص الحسية، ولا سيما الملمس، كما تتفق مع ما أورده Calderón et al. [33] بشأن خصائص القوام في المنتجات المبثوقة.

صفة الملمس بالفم أظهرت نتائج جدول (2) تفاوتاً في تقبل الملمس بالفم بين العينات، إذ سجلت العينة Ch أعلى متوسط (3.55)، بينما سجلت العينة Ce أدنى متوسط (2.91). قد تعكس هذه الفروق اختلاف الخصائص الفيزيائية للمنتجات، ولا سيما درجة الجفاف والنعومة. تتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه Xu & Yao [32] من أن بعض الأغذية الخفيفة التقليدية من الذرة قد تتصف بقوام شديد الصلابة، كما أوضح Calderón et al. [33] أن المعالجة عند 150°م وسرعة لولبية 280 دورة/دقيقة يمكن أن تحافظ على مستوى مناسب من الهشاشة في المنتجات المبثوقة.

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

جدول (2): نتائج التقييم الحسي لعينات الدراسة (5-point)

العينة	المظهر العام	الطعم	القوام	الملمس بالفم
Pa	3.35^{bc}	3.16^{bc}	2.89^{c}	2.93^{c}
Pb	3.17^{c}	2.96^{c}	3.07^{bc}	3.04^{bc}
Pc	3.27^{bc}	3.11^{bc}	3.03^{c}	3.12^{bc}
Pd	3.84^{a}	4.12^{a}	3.68^{a}	3.41^{ab}
Ce	3.15^{c}	2.93^{c}	2.99^{c}	2.91^{c}
Cf	3.32^{bc}	3.49^{b}	3.39^{ab}	3.12^{bc}
Cg	3.33^{bc}	3.40^{b}	3.65^{a}	3.25^{abc}
Ch	3.56^{ab}	2.95^{c}	3.71^{a}	3.55^{a}
LSD	0.381	0.408	0.346	0.387

* منتفخات ذرة (Pd-Pc-Pb-Pa) - مقرمشات ذرة (Ch-Cg-Cf-Ce).
* النتائج بالجدول متوسط لـ 75 مكرر.
*المتوسطات التي لها نفس الاحرف في العمود الواحد لا تختلف معنوياً.

4) الخصائص الفيزيائية: الكثافة الظاهرية :

أظهرت النتائج في جدول (3) تفاوتاً في الكثافة الظاهرية بين عينات الدراسة، إذ تراوحت القيم بين (0.07–0.17 جم/سم³)، مع وجود فروق معنوية عند مستوى ($P\leq0.05$). سجلت العينتان Ce و Cf أعلى قيمتين بلغتاً (0.17 و0.16 جم/سم³) دون فرق معنوي بينهما، بينما سجلت العينتان Pb و Pd أدنى قيمة (0.07 جم/سم³)، تلتها العينتان Pa و Pc بقيم تراوحت بين (0.08–0.09 جم/سم³). قد يرتبط ارتفاع الكثافة الظاهرية بانخفاض درجة التمدد وتكوين بنية أكثر تماسكاً وأقل مسامية، في حين تشير القيم المنخفضة إلى زيادة التمدد وتكوين بنية أكثر خفة ومسامية. قد تتأثر هذه الخصائص بالمحتوى الرطوبي وتركيب الخليط وظروف البثق، بما في ذلك سرعة اللولب ودرجة الحرارة. وتقارب نطاق القيم الحالية ما أوردَه Altaf et al. [25]، إذ تراوحت الكثافة الظاهرية في دراستهم بين (0.11–0.28 جم/سم³)، كما تقاربت مع ما ذكره Hegazy et al. [34] لجريش الذرة المبثوق (0.08 جم/سم³) كما بيّنوا أن هذه القيمة تزداد تدريجياً مع زيادة نسبة الاستبدال من دقيق الحمص المنبت لتصل إلى 30 % مقارنة بالعينة الشاهد (جريش الذرة)، بينما كانت أعلى من القيمة التي أوردها Blejan et al. [35] لجريش الذرة المبثوق (0.032 جم/سم³)، وأقل من قيمة Ismail & Sarem [36] (0.51 جم/سم³)، كما تراوحت قيم Jacquet et al. [37] بين (0.102–0.271 جم/سم³)، مما يوضح وجود تباين في الكثافة الظاهرية بين المنتجات المبثوقة

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

باختلاف المواد الخام ونسب الإضافات وظروف المعالجة.

نسبة التمدد: قُيست نسبة التمدد في عينات المنتفخات (Pa ،Pb ،Pc ، Pd) فقط، لاحتوائها على قالب بثق ذي قطر ثابت بلغ 3 مم، بينما لم تُحسب للمقرمشات (Ce ،Cf ،Cg ، Ch) لعدم وجود قالب ثابت يمكن اعتماد قطره للمقارنة. وأظهرت نتائج جدول (3) وجود فروق معنوية بين عينات المنتفخات، إذ سجلت العينة Pd أعلى نسبة تمدد بلغت (5.79 مرة)، بينما سجلت العينة Pc أدنى قيمة (4.25 مرة)، مما يشير إلى اختلاف درجة التمدد بين المنتجات. وقد يرتبط اختلاف نسبة التمدد بخصائص الخليط وظروف البثق، ولا سيما محتوى الرطوبة وتركيب المواد الخام ونسب النشا والبروتين والدهون وأشار Altaf et al. [25] إلى انخفاض نسبة التمدد مع زيادة رطوبة الخليط، كما قد تنخفض عند إضافة مكونات غنية بالبروتين والدهون ومنخفضة النشا، مثل دقيق الحمص. وأوضح Amer & Rizk [24] أن نسبة التمدد تتأثر بعدة عوامل، منها الرطوبة الأولية ونوع الألياف ومحتوى البروتين. كما أشار Alefew et al. [38] إلى تراوح نسبة التمدد بين (1.4–3.0)، مع تسجيل أعلى قيمة عند درجة حرارة 155°م، وانخفاضها مع زيادة الاستبدال بمكونات مرتفعة البروتين ومنخفضة النشا. وأوضح Hegazy et al. [34] أهمية نسبة التمدد في الخصائص الفيزيائية وقبول المنتجات المبثوقة، وسجلوا لجريش الذرة قيمة بلغت (3.22). تراوحت القيم الحالية بين (4.25–5.79 مرة)، وهي أعلى من القيم التي أوردها Hegazy et al. [34]، Alefew et al. [38]، كما تتفق في الاتجاه العام مع ما أشار إليه Blejan et al. [35]، Calderón et al. [33]، بينما اختلفت عن القيم التي أوردها Jacquet et al. [37] والتي تراوحت بين (2.55–3.73)، وكذلك عن نتائج Ismail & Sarem [36]. قد تعكس هذه الاختلافات تباين المواد الخام وتركيب الخلطات وظروف البثق بين الدراسات، ولا يمكن إرجاعها إلى عامل واحد بصورة قاطعة.

نسبة الزيادة أو النقص في الوزن: أظهرت نتائج جدول (3) تفاوتاً في الوزن الفعلي للعبوات مقارنة بالوزن المعلن، إذ سجلت العينة Cg أعلى نسبة زيادة بلغت (98.33%)، بينما سجلت العينة Pb أدنى قيمة بلغت (-2.50%)، مما يشير إلى أن الوزن الفعلي لبعض العبوات تجاوز، في حين انخفض في بعضها الآخر عن الوزن المعلن. تتوافق هذه النتائج مع متطلبات الهيئة اليمنية للمواصفات والمقاييس وضبط الجودة [39]، التي تسمح بنسبة نقص تصل إلى 9% للمنتجات المعبأة مسبقًا التي تقل كتلتها الاسمية عن 50 جم.

1) الاختبارات الميكروبيولوجية: تم تقييم الجودة الميكروبيولوجية لعينات الدراسة باستخدام العينة المركبة، ووفقاً لما حددته الهيئة اليمنية للمواصفات والمقاييس وضبط الجودة [40] للأغذية الخفيفة الجاهزة للاستهلاك، فإن الحدود الميكروبية القصوى المسموح بها للعد الكلي للبكتيريا (TBC) تتراوح بين (10^4–10^5)، وللفطريات بين (10^2–10^4). أظهرت نتائج الاختبارات الميكروبيولوجية في جدول (4) أن العد الكلي للبكتيريا الهوائية تراوح في معظم العينات بين (1.5×10^4–9.7×10^4)،

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

وهي قيم تقع ضمن الحدود المقررة، باستثناء العينة Ceالتي بلغ فيها العد (1.6×10^5). على الرغم من تجاوز هذه القيمة للحد المسموح به، فإن نظام الفئات الثلاثية (Class plan–3) يسمح، وفق شروط خطة أخذ العينات، بوجود عينة واحدة تتجاوز الحد المقرر (10^4) ما دامت لا تتجاوز القيمة الحرجة المحددة للخطة. لا يعني قبول الدفعة وفق هذا النظام أن تجاوز الحد الميكروبي يمثل أماناً صحياً مطلقاً، وإنما يشير إلى استيفاء الدفعة لمعايير القبول المحددة وفق خطة أخذ العينات المعتمدة.

لم يُكشف عن الأعفان (Molds) في جميع العينات، إذ سجلت النتائج (ND)، في حين تراوحت أعداد الخمائر (Yeasts) بين (1×10^2–1×10^3)، وهي مستويات منخفضة نسبياً وتشير إلى انخفاض التلوث الفطري في المنتجات محل الدراسة. قد يرتبط انخفاض الحمل الميكروبي بطبيعة عملية البثق، التي تجمع بين المعالجة الحرارية والضغط وقوى القص الميكانيكية الناتجة عن الاحتكاك داخل جهاز البثق، وهي عوامل قد تسهم في خفض أعداد الكائنات الحية الدقيقة، كما قد يسهم انخفاض النشاط المائي في المنتجات النهائية، إلى جانب جودة المواد الخام وسلامتها، في الحد من بقاء ونمو العديد من الكائنات الدقيقة، ولا سيما الأعفان في أثناء التخزين. تتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه Oliveira et al. [11] من أن انخفاض محتوى الرطوبة والنشاط المائي في الوجبات الخفيفة يحد من الظروف الملائمة لنمو الكائنات الحية الدقيقة، وأن المعالجة الحرارية أثناء البثق والتجفيف اللاحق، إلى جانب تطبيق

جدول (3): نتائج الاختبارات الفيزيائية لعينات الدراسة

المعاملة	الكثافة الظاهرية (جم/سم^3)	نسبة التمدد (مره)	الزيادة في المنتج (%)
Pa	0.08^{c}	4.85^{bc}	44.21^{c}
Pb	0.07^{c}	5.09^{b}	-2.50^{f}
Pc	0.09^{bc}	4.25^{c}	14.22^{e}
Pd	0.07^{c}	5.79^{a}	46.17^{bc}
Ce	0.17^{a}	-	36.33^{d}
Cf	0.16^{a}	-	51.60^{b}
Cg	0.11^{abc}	-	98.33^{a}
Ch	0.14^{ab}	-	3.51^{f}
LSD	0.056	0.692	7.230

* منتفخات ذرة (Pd-Pc-Pb-Pa) - مقرمشات ذرة (Ch-Cg-Cf-Ce).
* النتائج بالجدول متوسط لـ 10 مكررات.
*المتوسطات التي لها نفس الاحرف في العمود الواحد لا تختلف معنوياً.

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

ممارسات التصنيع الجيد، قد تسهم في خفض الحمل الميكروبي وتحسين استقرار المنتجات. تتفق هذه النتائج كذلك مع ما أشار إليه Amer & Rizk [24] من أن الحمل الميكروبي في المنتجات المبثوقة يرتبط بظروف التصنيع والتداول والتخزين، حيث بقيت المنتجات المبثوقة ضمن الحدود المسموح بها خلال التخزين في درجة حرارة الغرفة لمدة ستة أشهر لعينة التحكم وتسعة أشهر للمنتجات العشبية المبثوقة. أشار الباحثان إلى أن المعالجة الحرارية المرتفعة أثناء البثق قد تسهم في خفض الحمل الميكروبي، كما سجلت دراستهما عدم وجود الخمائر والأعفان خلال فترة التخزين، مع انخفاض في العد الكلي للبكتيريا. تتفق النتائج الحالية جزئياً مع ما ذكره Shaviklo et al. [41]، إذ سجلوا عداً كلياً للبكتيريا أقل من (1×10^3) خلال ستة أشهر من التخزين، كما كانت أعداد الخمائر والأعفان أقل من (10)، مما يشير إلى انخفاض الحمل الميكروبي واستقرار المنتجات خلال فترة التخزين. تعكس الاختلافات بين نتائج الدراسة الحالية والدراسات السابقة تباين المواد الخام وتركيب المنتجات وظروف البثق والتعبئة والتخزين، ولا يمكن إرجاع هذه الاختلافات إلى عامل واحد بصورة قاطع، وبوجه عام، أظهرت معظم عينات الدراسة مستويات منخفضة من الحمل الميكروبي وعدم الكشف عن الأعفان، مع بقاء العينة Ce بحاجة إلى مزيد من الانتباه نظراً لتجاوز العد الكلي للبكتيريا فيها الحد المقرر.

جدول (4): نتائج الاختبارات الميكروبيولوجية لعينات الدراسة (CFU/gm)

العينة	T.B.C	Yeasts	Molds
Pa	$9.7X10^4$	$7 X 10^2$	ND
Pb	$1.8X10^4$	$3.5 X10^2$	ND
Pc	$3X10^4$	$2 X10^2$	ND
Pd	$3.2X10^4$	$1 X10^3$	ND
Ce	$1.6X10^5$	$4.5 X10^2$	ND
Cf	$2.4X10^4$	$2 X10^2$	ND
Cg	$1.5X10^4$	$5 X10^2$	ND
Ch	$2X10^4$	$1 X10^2$	ND

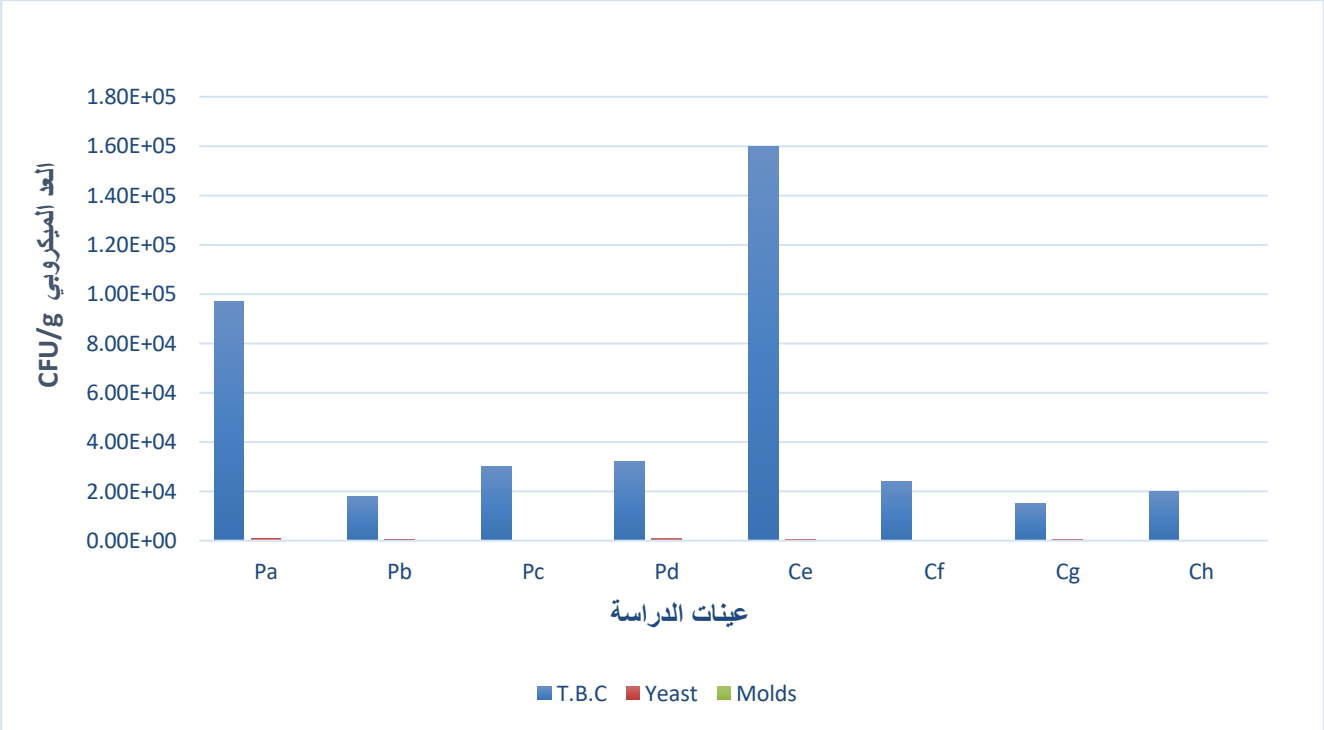
* منتفخات ذرة (Pd-Pc-Pb-Pa) - مقرمشات ذرة (Ch-Cg-Cf-Ce).
* النتائج بالجدول متوسط لـ 3 مكررات.

4. الاستنتاجات والتوصيات

توصلت هذه الدراسة، من خلال تقييم ثماني منتجات من الأغذية الخفيفة المبثوقة من جريش الذرة المتداولة في السوق اليمني، إلى وجود تباين في بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية والميكروبيولوجية والحسية بين المنتجات

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

المدروسة، ولم يُكشف عن المواد الحافظة (حمض البنزويك، وحمض السوربيك)، والمحليات الصناعية (الأسبارتام، وسكارين الصوديوم، أسيسلفام البوتاسيوم



شكل (1) يوضح المحتوى الميكروبيولوجي لعينات الدراسة

محل الدراسة ضمن المستويات القابلة للكشف، كما لم يُكشف عن عنصري النحاس والكادميوم في جميع عينات الدراسة، في المقابل، في حين أظهر محتوى الحديد والزنك والمنجنيز تفاوتاً واضحاً بين العينات حيث سجلت العينات (Ch–Cf)، (Ch)، (Ch) قيماً مرتفعة لعناصر الحديد والزنك والمنجنيز على التوالي، مما يشير إلى أهمية التحقق من مصادر هذا التباين، بما في ذلك اختلاف المواد الخام والمكونات وظروف التصنيع. أظهرت الخصائص الفيزيائية والحسية اختلافاً بين المنتجات، حيث سجلت عينة (Pd) أعلى نسبة تمدد وأقل كثافة ظاهرية، إلى جانب ارتفاع قبولها الحسي لأغلب الصفات، مما يؤكد أهمية الخصائص الفيزيائية والحسية في تحديد جودة الأغذية الخفيفة كما تشير هذه النتائج إلى وجود علاقة محتملة بين الخصائص الفيزيائية للمنتج والقبول الحسي، إلا أن إثبات هذه العلاقة يتطلب دراسات إضافية مصممة لهذا الغرض. من الناحية الميكروبيولوجية، خلت جميع عينات الدراسة من الأعفان، وكانت أعداد الخمائر ضمن الحدود المسموح بها، في حين تجاوز العد الكلي للبكتريا في العينة (Ce) الحد المسموح به وفق المعيار

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

المعتمد في الدراسة، وقد يعكس ذلك تفاوتاً في ممارسات التصنيع الجيد (GMP) وممارسات النظافة الجيدة (GHP) بين المنتجات، وبوجه عام توفر هذه الدراسة بيانات أولية عن بعض خصائص الأغذية الخفيفة المبثوقة من جريش الذرة المتداولة في السوق اليمني، وتبرز الحاجة إلى مزيد من الدراسات الموسعة للتحقق من جودة هذه المنتجات وسلامتها وتركيبها الغذائي.

توصي الدراسة بتعزيز الرقابة الدورية على منتجات الأغذية الخفيفة المبثوقة المصنعة محلياً، وإجراء دراسات موسعة تشمل عدداً أكبر من المنتجات والمصانع للتحقق من مصادر التباين في محتوى العناصر المعدنية، ولا سيما الحديد والزنك والمنجنيز، مع فحص المواد الخام ومعدات التصنيع للتحقق من احتمالية انتقال المعادن إلى المنتجات، كما توصي بإجراء فحوصات إضافية تشمل الكشف عن عنصر الرصاص وبعض الأحياء الدقيقة الممرضة مثل Bacillus cereus وListeria، إلى جانب تقييم غذائي أشمل لهذه المنتجات وربط قيمتها الغذائية بحصص الاستهلاك الفعلية.

5.الإقرارات

الموافقة الأخلاقية: تضمنت هذه الدراسة تقييماً حسياً أجراه متطوعون بالغون، وتمت المشاركة بموافقتهم الطوعية، مع الحفاظ على سرية البيانات وعدم تسجيل أي معلومات شخصية، كما نقر بأن هذا البحث أصيل، ولم يُنشر سابقاً أو يُقدم للنشر في أي مجلة أخرى.

تعارض مصالح: يقر المؤلف بعدم وجود أي تعارض في المصالح.

مساهمات المؤلفين: ساهم جميع المؤلفين في وضع فكرة الدراسة وتصميمها، كما أجرى جميع المؤلفين عمليات المحاكاة وجمع البيانات وتحليلها، وقدموا تعليقاتهم على النسخة الحالية من البحث، وقام جميع المؤلفين بقراءة النص النهائي والموافقة عليه.

التمويل: لم يحصل هذا البحث على أي دعم أو تمويل من أي جهة.

إتاحة البيانات: بيانات الدراسة متاحة لدى الباحث عند الطلب.

الموافقة على النشر: يؤكد المؤلفون حصولهم على موافقة على نشر البيانات الواردة في المقالة.

الموافقة على المشاركة: تم الحصول على الموافقة من جميع المشاركين في التقييم الحسي.

تصريح بشأن التقنيات المدعومة بالذكاء الاصطناعي: يُعلن المؤلفون أن أداوت الذكاء الاصطناعي (AI) قد استخدمت فقط لأغراض محدودة مثل تحرير النصوص اللغوية، وتحسين القواعد النحوية، وقد تمت مراجعة جميع المحتويات العلمية وتحليل البيانات والتفسيرات والاستنتاجات والمراجعات النهائية للمنشور والتحقق منها من قبل المؤلفين الذين يتحملون المسؤولية الكاملة عن نزاهة وأصالة العمل.

6. قائمة المراجع

[1] I.M. Ali, S.F. Forsido, C.G. Kuyu, E.H. Ahmed, K.N. Andersa, K.T. Chane, T.K. Regasa, Effects of extrusion process

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

conditions on nutritional, anti - nutritional, physical, functional, and sensory properties of extruded snack: A review, Food Science .and Nutrition 12 (11) (2024) 8755–8761

[2] F.P.D. Satimehin, O.P. Lawal, I.O. Oyeniyi, Nutritional and consumer sensory reactions of catfish-fortified puffed corn snacks, Advances in Analytic Science 6 (1) .(2025) 3746

[3] A. Bresciani, D. Giordano, F. Vanara, M. Blandino, A. Marti, The effect of the amylose content and milling fractions on the physico-chemical features of co-extruded snacks from corn, Food Chemistry 343 .(2021) 128503

[4] R.O. Navarro-Cortez, B. Hernández-Santos, C.A. Gómez-Aldapa, J. Castro-Rosas, E. Herman-Lara, C.E. Martínez-Sánchez, J. Rodríguez-Miranda, Development of extruded ready-to-eat snacks using pumpkin seed (Cucurbita pepo) and nixtamalized maize (Zea mays) flour blends, Revista Mexicana de Ingeniería Química 15 (2) .(2016) 409–422

[5] R. Kumar, K.M. Xavier, M. Lekshmi, A. Balange, V. Gudipati, Fortification of extruded snacks with chitosan: Effects on techno functional and sensory quality, Carbohydrate Polymers 194 (2018) 267– .273

[6] F. Hashempour - Baltork, M. Torbati, S. Azadmard - Damirchi, G.P. Savage, Quality properties of puffed corn snacks incorporated with sesame seed powder, Food Science & Nutrition 6 (1) (2018) 85 – .93

[7] I.L. Pardeshi, P.K. Chattopadhyay, Hot air puffing kinetics for soy-fortified wheat-based ready-to-eat (RTE) snacks, Food and Bioprocess Technology 3 (3) (2010) 415– .426

[8] A.M. Dias-Martins, K.L.F. Pessanha, S. Pacheco, J.A.S. Rodrigues, C.W.P. Carvalho, Potential use of pearl millet (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.) in Brazil: Food security, processing, health benefits and nutritional products, Food Research .International 109 (2018) 175–186

[9] C.W. Wrigley, H. Corke, C.E. Walker, Encyclopedia of Grain Science, Oxford, .(2004) .UK: Elsevier

[10] K. Shevkani, N. Singh, B. Rattan, J.P. Singh, A. Kaur, B. Singh, Effect of chickpea and spinach on extrusion behavior of corn grit, Journal of Food Science and .Technology 56 (4) (2019) 2257–2266

[11] D.P.L. Oliveira, M.S. Soares Júnior, J.A.C. Bento, I.G. dos Santos, T.A.P.D.C. Ferreira, Influence of extrusion conditions on the physical and nutritional properties of snacks from maize and pearl millet, Journal of

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

Food Processing and Preservation 45 (3) (2021) e15215.

[12] M. Adem, Development and quality evaluation of maize-lupin (Lupinus albus ,L.) extruded snack, Doctoral dissertation (2020).

[13] Yemeni Customs Authority, Comprehensive Data Report for the period from January 1, 2024, to December 31, 2024: Imports of bulgur (Item 1103), Ministry of Finance, Hodeidah Port ,Customs, Yemen (2024).

[14] Ministry of Economy and Investment, Statistics on Industrial Facilities in the ,Capital Municipality, Sana'a, Yemen (2025).

[15] British Pharmacopoeia Commission, British Pharmacopoeia 2013, Renouf Publishing Company Limited, UK, (2013), Ch. 111.

[16] Food Chemicals Codex (General Information Chapter), 5th ed., United States ,Pharmacopeial Convention, Rockville, MD (2004).

[17] AACC International, Elements by atomic absorption spectrophotometry (Method 40-70.01), in: Approved Methods of Analysis, ,10th ed., AACC International, St. Paul, MN (1999).

[18] L. Jorhem, Determination of metals in foods by atomic absorption spectrometry after dry ashing: NMKL collaborative study, Journal of AOAC International 83 (5) (2000) 1204–1211.

[19] S.Z. Hussain, R. Gaffar, B. Naseer, T. Qadri, U.N. Shah, M. Reshi, Effect of seven non-conventional starch rich sources on physico-chemical and sensory characteristics of extruded snacks, Italian Journal of Food Science 34 (4) (2022) 1–12.

[20] N. Tangsrianugul, S. Hongsanyatham, C. Kapcum, N. Sungayuth, N. Boonsanong, N. Somprasong, R. Wongsagonsup, Physicochemical and sensory properties of corn grits and pineapple stem starch-based extruded snacks enriched with oyster mushroom powder, International Journal of Food Science & Technology 58 (3) (2023) 1528–1540.

[21] S. Acharya, S.P. Kalahal, S. Prajapati, D.G. Patria, J. Lin, Utilization of flaxseed by-product to develop a healthy brown rice extruded snack and identification of its physicochemical properties, Future Foods 11 (2025) 100566.

[22] Quantity of product in prepackages (OIML R87). International Organization of Legal Metrology (2004).

[23] Food and Agriculture Organization of the United Nations, Manual of Food Quality Control: 4. Microbiological Analysis (FAO Food and Nutrition Paper No. 14/4), Rome, Italy (1992).

[24] S.A. Amer, A.E. Rizk, Production and evaluation of novel functional extruded corn snacks fortified with ginger, bay leaves and turmeric powder, Food Production, Processing and Nutrition 4 (1) (2022) 4.

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

[25] U. Altaf, S.Z. Hussain, T. Qadri, S.A. Ishrat, V. Kanojia, Optimization of extrusion process for development of nutritious snacks using rice and chickpea flour, Journal of Scientific & Industrial Research 79 (5) (2020) 430–436.

[26] X. Li, Effects of extrusion cooking on physical and nutritional quality of puffed snacks made from blends of barley and green lentil flours, Master's thesis, University of Saskatchewan, (2021).

[27] N. Kumari, A. Singh, H. Jain, S. Althaf, Effect of extrusion technology in nutritional quality of food: A review, The Pharma Innovation Journal 12 (5) (2023) 1884–1892.

[28] R. Guy (Ed.), Extrusion Cooking: Technologies and Applications, Woodhead Publishing, Cambridge, UK, (2001).

[29] F.U.H. Shah, M.K. Sharif, Z. Ahmad, A. Amjad, M.S. Javed, R. Suleman, M.J. Anwar, Nutritional characterization of the extrusion-processed micronutrient-fortified corn snacks enriched with protein and dietary fiber, Frontiers in Nutrition 9 (2022) 1062616.

[30] W.J. Garcia, C.W. Blessing, G.E. Inglett, Heavy metals in food products derived from corn, Cereal Chemistry 51 (6) (1974) 788–797.

[31] A.B. Adepeju, D.M. Aluko, A.O. Olugbuyi, A.M. Oyinloye, O.O. Adeniran, Assessment of mineral content, techno-functional properties and colour of an extruded breakfast cereals using yellow maize, sorghum and date palm, Heliyon 10 (6) (2024) e27339.

[32] N. Xu, X. Yao, S. Lu, The manufacturing of puffed corn flakes: Optimization, characterization and sensory attributes, Emirates Journal of Food and Agriculture 35 (7) (2023) 642–649.

[33] C.E.M. Calderón, M.B. Quelal, E. Villacrés, L.A. Manosalvas-Quiroz, J. Álvarez, N. Villacis, Impact of extrusion on the physicochemical parameters of two varieties of corn (Zea mays), AIMS Agriculture and Food 8 (3) (2023) 873–888.

[34] H.S. Hegazy, A.E.A. El-Bedawey, E.H. Rahma, A.M. Gaafar, Effect of extrusion process on nutritional, functional properties and antioxidant activity of germinated chickpea incorporated corn extrudates, American Journal of Food Science and Nutrition Research 4 (1) (2017) 59–66.

[35] A.M. Blejan, V. Nour, A.R. Corbu, G.G. Codină, Corn-based extruded snacks supplemented with bilberry pomace powder: Physical, chemical, functional, and sensory properties, Applied Sciences 15 (5) (2025) 2468.

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0:

[36] M. Ismail, Z. Sarem, Studying the impact of some commonly used spices on glycemic index and load of a carbohydrate-rich meal, Research Journal of Pharmacy and Technology 17 (9) (2024) 4187–4193.

[37] N. Jacquet, A. Plompteux, Y. Brostaux, P. Malumba, S. Danthine, C. Blecker, Study of the impact of operating parameters and the addition of fat on the physicochemical and texture properties of extruded snacks, Foods 14 (8) (2025) 1307.

[38] Y.D. Alefew, A.T. Tiruneh, T.F. Yehuala, Optimization of extrusion conditions for development of high quality rice-lupin-pumpkin based extruded snack food, Heliyon 10 (24) (2024) e40833.

[39] Yemen Standardization, Metrology, and Quality Control Organization (YSMO), Regulation on Mandatory Requirements for Prepackaged Products: Board of Directors Resolution No. (7) of 2014, Sana'a, Republic of Yemen, (2014).

[40] Yemen Standardization, Metrology, and Quality Control Organization (YSMO), Microbiological Criteria for Food Products, Standard YSMO 2667:2024, Sana'a, Yemen, (2024).

[41] A.R. Shaviklo, M. Azaribeh, Y. Moradi, P. Zangeneh, Formula optimization and storage stability of extruded puffed corn-shrimp snacks, LWT - Food Science and Technology 63 (1) (2015) 307–314.

© 2026 The Author(s). This article is licensed under CC BY 4.0: