مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 41 (العدد3): الصفحات: 12 – 29

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vol 41 No. (3):PP: 12 - 29

تأثير درجات الحرارة المختلفة للقلي بالهواء الساخن في بعض خصائص جودة رقائق البطاطا (الشيبس)

خالد محمد محمد[1]* أنور محمد الحاج علي[2] بسام أحمد العقلة[3]

[1]*طالب دكتوراه– قسم علوم الأغذية – كلية الزراعة – جامعة دمشق.
Khaled.mohamad@damascusuniversity.edu.sy

[2] أستاذ في قسم علوم الأغذية– كلية الزراعة –جامعة دمشق– تحليل وتصنيع غذائي.

[3] باحث في الهيئة العامة للتقانات الحيوية– قسم التقانات الغذائية والصناعية– تقانات تحليل الأغذية.

الملخص:

أجريت هذه الدراسة في مخابر قسم علوم الأغذية –كلية الزراعة– جامعة دمشق والتقانة الحيوية– وزارة التعليم العالي، بهدف دراسة تأثير درجات حرارة القلي بالهواء الساخن (165، 175، 185مْ) ومقارنتها بالطريقة التقليدية (القلي العميق) في بعض خصائص جودة رقائق البطاطا (الشيبس) صنفAgria، وكمية الاكريلاميد المتشكل. أظهرت النتائج تميز العينات المقلية بالهواء الساخن على عينة القلي التقليدي (كمية الزيت الممتص وكمية الاكريلاميد المتشكل)، فكانت كمية الزيت الممتص للعينات المقلية بالهواء الساخن عند درجة حرارة (165، 175، 185مْ) 1.45،1.16و1.13% على التوالي، بينما كانت في عينة القلي التقليدي 32.21%، أما بالنسبة لكمية الاكريلاميد المتشكل فقد بلغت في العينات المقلية بالهواء الساخن 231.17، 208.91و251.89ميكروغرام/كغ على التوالي، في حين كانت الكمية المتشكلة في عينة القلي التقليدي 895.32ميكروغرام/كغ، كما أظهرت النتائج أن ارتفاع درجة الحرارة من 165مْ إلى 175مْ أثرت إيجابياً في التقييم الحسي وبعض الخصائص اللونية في العينات المقلية بالهواء الساخن، حيث حصلت العينات المقلية بالهواء الساخن على درجة حرارة 175مْ على أعلى تأثير في التقييم الحسي للون، وبلغت قيم المؤشرات اللونية لنفس العينات74.71 لدرجة السطوع *L، 3.99 لمؤشر الاحمرار *a، و25.03 لمؤشر الاصفرار *b، وكان مقدار التغير في اللون ΔE 14.87، ومعامل الاسمرار BI 43.87. أدى القلي بالهواء الساخن لتخفيض قيمة معامل الانكماش لرقائق البطاطا مقارنةً مع القلي التقليدي. يمكن اعتبار طريقة القلي بالهواء الساخن طريقة آمنة وواعدة من الناحية الصحية والصناعية للصنف المدروس.

الكلمات المفتاحية: رقائق البطاطا، القلي بالهواء الساخن، الخصائص الحسية، محتوى الاكريلاميد، المؤشرات اللونية.

تاريخ الايداع: 5/ 9/ 2023
تاريخ القبول: 19/11/2023

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب CC BY-NC-SA

ISSN (online): 2789-7214
http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index

Effect of Different Temperatures of Hot Air Frying on Some Quality Properties of Potato Crisps (Chips)

[1*] Khaled Mohamad Mohamad [2] Anwar Mohamad AlHaj Ali [3] Bassam Ahmad AlOkla

[1]* PhD student. Food science Department. Faculty of Agriculture. Damascus university. Khaled.mohamad@damascusuniversity.edu.sy

[2] Professor in Food science Department. Faculty of Agriculture. Damascus university.

[3] Researcher at National Commission for Biotechnology - Department of Food and Industrial Technology.

Received: 5/9/2023
Accepted: 19/11/2023

Copyright:Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract:

This study was done in the laboratories of Food Science Department-College of Agriculture - Damascus University and Biotechnology – Ministry of Higher Education intended to study the effect of air frying temperature (165, 175, 185 C°). on some quality properties of potato chips, and its acrylamide content. Results showed that samples fried with hot air were best in quality than traditional frying sample (the amount of absorbed oil and acrylamide). Results of the absorbed oil of samples fried with hot air (165, 175, 185 C°) were 1.45, 1.16, and 1.13% respectively, while in the traditional frying sample it was 32.21%. In addition, acrylamide reached 231.17, 208.91 and 251.89 µg/kg, respectively, while in the traditional frying sample was 895.32µg/kg. Results showed that increasing temperature from 165°C to 175°C had a positive effect in sensory evaluation and some color properties of hot air frying samples, samples fried with hot air at a temperature of 175°C had the highest color sensory evaluation. For color indices of the same samples, the degree of brightness L* was 74.71, and the redness index. a* was 3.99, yellowing index b* was 25.03, while color degree ΔE was 14.87, and browning index BI was 43.87. Hot air frying reduced the volumetric shrinkage coefficient value of potato chips compared to traditional frying. The hot air frying method can be considered as safe and promising method from industrial standpoint it considers better than traditional methods.

Keywords: Potato Chips, Hot Air Frying, Sensory Properties, Acrylamide Content, Color Indices.

1-المقدمة والدراسة المرجعية:

تعد البطاطا (Solanum tuberosum L) من أهم محاصيل الخضروات في العالم، حيث يبلغ الإنتاج العالمي منها حوالي 368 مليون طن، وتمتاز بتعدد أصنافها والتي تقدر بحوالي 5000 صنف (Sampaio et al., 2020, 118). وبلغ إنتاج البطاطا في سورية من مختلف الأصناف المزروعة حوالي 956 ألف طن في عام 2022 بزيادة حوالي 300 ألف طن عن عام2021(المجموعة الإحصائية الزراعية، 2022). تعتبر عملية القلي من أكثر التقنيات المستخدمة على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم في تحضير الأغذية، ولكن بسبب مخاطر اتباع نظام غذائي عالي الدهون، فهناك ميل متزايد لدى المستهلكين للبحث عن بدائل مغذية أكثر أماناً، لإدراكهم أن الأغذية المقلية فقدت جزءاً من خصائصها الغذائية الإيجابية، ولاحتوائها على نسبة عالية من الدهون الضارة (Giovanelli et al., 2017, 1619; Molina-Garcia et al., 2016, 271)، مما أدى لزيادة الطلب للأغذية الصحية عالية الجودة (Pandey and Singh, 2011, 77) لذلك تركزت الأبحاث على إنتاج رقائق بطاطا قليلة الدسم والسعرات الحرارية وذات مواصفات حسية جديدة تلقى القبول لتطلعات المستهلكين (Oladejo et al., 2018, 457) تعد المنتجات المقلية منتجات عصرية مستهلكة بشكل كبير داخل المنازل وخارجها، وعادة ما توجد في أطباق الوجبات السريعة، مما جعل من تقليل محتوى الزيت في الأغذية المقلية ضرورة أساسية. اقُترحت سلسلة من البدائل بهدف استبدال عملية القلي التقليدية بتقنيات قادرة على توفير خصائص مماثلة لتلك الموجودة في الأغذية المقلية، مع توفير جودة غذائية أعلى للمنتج بالإضافة إلى سهولة استعمال هذه التقنيات (Santos et al., 2017, 3). القلي بالهواء الساخن هو تقنية جديدة للحصول على المنتجات المقلية عن طريق تحريك الهواء الساخن حول المادة الغذائية بدلاً من غمرها في الزيت الساخن، من خلال الاتصال المباشر بين مستحلب خارجي من قطرات الزيت في الهواء الساخن والمنتج في حجرة القلي. يعتمد قبول هذه الطريقة على الخصائص الحسية للمنتج النهائي، والتي ينبغي أن تقارب الخصائص الظاهرة في عملية القلي التقليدية (Teruel et al., 2015, E349; Shaker, 2014, 201; Heredia et al., 2014, 755) عرف القلي بالهواء الساخن أيضاً بانه عبارة عن تقنية يدور فيها الهواء الساخن بشكل متجانس حول المنتج بدلاً من غمره في الزيت الساخن، وبذلك يتم تجفيف المنتج تدريجياً عند درجة حرارة قلي ثابتة، ويقلل من محتوى الدهون في المنتج المقلي، بينما تكتسب المنتجات المقلية صفة القوام الهش (سهل الكسر) عند القلي بالهواء (Sansano et al., 2015, T1120). ولكن ربما يؤثر محتوى الزيت المنخفض في العديد من الجوانب الحسية للمنتجات الغذائية مثل تكوين القشرة، الاستساغة، اللون، السطوع، وغيرها. لذا فمن المهم دراسة تأثير عملية القلي بالهواء الساخن في المنتجات الغذائية المقلية من حيث الجوانب الحسية (Heredia et al., 2014, 755). أشارت الدراسات إلى أن طريقة القلي بالهواء الساخن، تقلل بشكل كبير من محتوى الدهون في المنتجات المقلية، بنسبة تتراوح ما بين 80–90٪ في المنتج النهائي مقارنة بالقلي التقليدي، مع المحافظة على المذاق المقبول، وهي قادرة على الوصول بالمنتج إلى نفس اللون المميز الناتج عن القلي العميق (Abd Rahman et al., 2016, 6; Zaghi et al., 2019, 9).

وجد Teruel وآخرون (2015, 354) أن الاختلاف الرئيس بين المنتجات المقلية بالهواء وبالقلي التقليدي، هو درجة جلتنة النشاء التي تكون أكبر في حالة القلي التقليدي، وأظهرت قشرة العينات المقلية بالهواء مساحات فارغة أصغر من العينات المقلية التقليدية، وإن أي فراغات تتشكل أثناء القلي العميق بالدهون ستملأ بالزيت، بينما تبقى فارغة في حالة القلي بالهواء. فيما أشار Abd Rahman وآخرون (2016, 7) في دراسته حول طريقة القلي بالهواء لمقبلات البطاطا الحلوة، إلى أنَ الشرط لتحديد أفضل

الظروف المثلى للقلي بالهواء، هو أن تكون محتويات الدهون والرطوبة منخفضة قدر الإمكان، وتتميز الوجبة الخفيفة التي يتم إنتاجها عن طريق تقنية القلي بالهواء بانخفاض شديد في الزيت الممتص ومظهر مشابه لعينة القلي التقليدي، وبذلك حدد الشروط المثلى عند 150 °م لمدة 12 دقيقة لمقبلات البطاطا الحلوة. تعتمد دراسات تقليل محتوى الزيت في المنتجات المقلية بشكل أساسي وفقا لما ذكره Liuوآخرون (2020, 575) على ثلاث طرائق وهي تعديل سطح المنتج وتغيير تقنية القلي وتعديل وسط القلي. ونظراً لأن الهيكل الداخلي يؤثر على خصائص القوام (القوة المطبقة للكسر) لمقبلات البطاطا المقلية بالهواء فأن تغييره قد يؤثر على مستوى قبول المنتج لدى المستهلكين، كما أن نسبة الزيت النهائية في المنتجات المقلية بالهواء الساخن يجب ألا تتجاوز 13٪، وهي أقل بكثير من تلك الخاصة برقائق البطاطا الشائعة والتي قد تبلغ أحيانا 39٪ (Tran et al., 2007, 719).

أشار Andrésوآخرون (2012, 1920) إلى حدوث تداخل بين الخصائص الكيميائية والخصائص الحسية للمنتجات الغذائية أثناء عملية القلي، وبين إنه في عملية القلي بالهواء، يؤدي الانخفاض في محتوى الزيت إلى إبطاء انخفاض محتوى الرطوبة وتشكل اللون المرغوب، بالمقارنة مع القلي العميق التقليدي، وبالنتيجة استغرق القلي بالهواء فترات قلي أطول لتحقيق الخصائص الحسية. أوضح Santos وآخرون (6 ,2017) أن معدل التفاعلات الكيميائية والاسمرار الانزيمي كانت أقل أثناء القلي بالهواء الساخن مقارنة بالقلي التقليدي، وهذا يجعل زمن القلي أطول. أشار Tian وآخرون (2016, 1264) في دراسته إلى أنَ ظروف القلي بالهواء مثل مدة القلي الطويلة ودرجة الحرارة المرتفعة، تؤدي إلى سلسلة من التغيرات في الخصائص الفيزيائية والتركيب الكيميائي والتحولات الإنزيمية للأغذية. ذكر Rothwell وآخرون (168 ,2015) أن مدة القلي الطويلة ودرجات الحرارة المرتفعة تؤدي إلى خسائر أكبر في محتوى البوليفينول. اعتبرCao وآخرون (912 ,2020) أن طريقة القلي بالهواء بديلاً صحياً مفيداً لإنتاج الأغذية المقلية التي تحتوي على البروتين، إلى أنَ القلي بالهواء يتطلب وقت أطول لإنتاج سمات جودة مماثلة للسمات الناتجة بالقلي العميق التقليدي، بالإضافة إلى تشكل نسبة أكبر من المركبات الحلقية غير المتجانسة وعدد أقل من الألدهيدات في حالة القلي بالهواء، كذلك كانت هشاشة قطع الدجاج المقلي بالهواء أقل بكثير من المقلية بالطريقة التقليدية، وتحتاج إلى مزيد من التحسين

وضح Sansano وآخرون (2015, T1123) أن معدل التغير في قيمة المؤشر b* عند القلي يكون أسرع بارتفاع نسبة السكريات المرجعة في عينات البطاطا المقلية. بيّن Zaghi وآخرون (9 ,2019) أن تقنية القلي بالهواء يجب أن تكون خلال وقت قصير للمحافظة على لون المنتج ومحتواه القليل من الدهون. حذرت المنظمات والهيئات الدولية من وجود مادة الاكريلاميد ضمن منتجات البطاطا المقلية وأمرت بالحد من تناولها نظراً لمخاطرها على الصحة (Bachir et al., 2022, 1736). لكن على الرغم من خطورة هذه المادة لم تحدد منظمة الغذاء والدواء الأمريكية الحدود المسموح بها من مادة الاكريلاميد ضمن المنتجات الغذائية، لكن اكتفت بتقديم إرشادات للصناعيين للحد من كميات الاكريلاميد ضمن منتجاتهم (Mesias et al., 2021,1). بينت المفوضية الأوروبية في عام 2017 بأن الحدود العليا المقبولة لمادة الاكريلاميد في رقائق البطاطا المقلية (الشيبس) يجب ألا تتجاوز 750 ميكروغرام/كغ ، وألزمت المصنعين لهذه المنتجات بتحليل مستويات الاكريلاميد في منتجاتهم وبشكل دوري، وتوثيق الاستراتيجيات الفعالة في التخفيض (European Commission, 2017; Powers et al., 2021, 783). يرتبط قبول المستهلكين للمنتجات المقلية بالهواء الساخن بالخصائص الحسية لهذه المنتجات، ونظراً لاستجرار معامل إنتاج الشيبس لكميات كبيرة من الزيوت النباتية المستوردة لإنتاج الشيبس بطريقة القلي التقليدية، ولعدم وجود بدائل للزيوت النباتية في عملية القلي التقليدي، فقد هدف هذا البحث إلى دراسة

تأثير درجة الحرارة وزمن القلي بالهواء الساخن في بعض صفات جودة رقائق البطاطا المنتجة من صنف Agria وتحديد ظروف القلي المثلى، وتقييم بعض مؤشرات الجودة التصنيعية والحسية للصنف المدروس والمستخدم بشكل كبير في تصنيع رقائق البطاطا في سوريا، وذلك لعدم وجود دراسات محلية حول هذه الطريقة.

2-مواد وطرائق البحث:

2-1- مواد وتجهيزات البحث:

استُخدم في الدراسة بطاطا من صنف Agria المستورد من هولندا، من العروة الصيفية، تم الحصول عليها من أحد المزارعين في المنطقة الجنوبية (مدينة نوى) مع كامل البيانات الزراعية، من حيث الاحتياجات وظروف الزراعة. واستُخدم زيت أولين النخيل ماركة Daynas المستورد من ماليزيا والمتوفر ضمن أسواق مدينة دمشق، كان موافقاً في خصائصه للمواصفة القياسية السورية رقم (3770) تاريخ (2014).

2-2- طريقة القلي بالهواء:

أُستخدمت مقلاة هواء تجارية ماركة SilverCrest SHF 1400 قابلة للبرمجة من حيث درجات الحرارة والزمن، وفق الطريقة المتبعة من قبل (Santos et al., 2017, 3)، مع بعض التعديلات لتتوافق مع تعليمات الاستخدام للمقلاة من قبل الشركة الصانعة وإمكانية تطبيقها صناعياً، إذ أضيف 5 غ من زيت أولين النخيل إلى رقائق البطاطا (500 غ)، وضبطت على درجات الحرارة المطلوبة (165، 175، 185 °م)، ولفترات زمنية (20، 17،15دقيقة) على الترتيب، حُددت بناء على نتائج نسبة الرطوبة (أقل من 2%) في العينات المقلية. بينما أجريت عملية القلي التقليدي على درجة حرارة 175 مْ لمدة 3 دقائق بواسطة مقلاة كهربائية من ماركة star way ذات منشأ كوري ومزودة بمؤقت للحرارة والوقت بسعة 4 ليتر زيت تحت الضغط الجوي العادي. قُليت رقائق البطاطا وفقاً للطريقة المتبعة من قبل (Yu et al, 2016, 213) مع بعض التعديلات، حيث قُطعت درنات البطاطا إلى رقائق بعد غسلها وتقشيرها بقطر (45) مم وسماكة (حوالي 1.2 مم) بواسطة أداة قطع مصنوعة من ستانلس ستيل مضبوطة على هذه السماكة، ثم غُسلت العينات المقطعة بالماء البارد لعدة مرات لإزالة النشاء الملتصق بسطحها الخارجي، ثم جففت بطريقة النشر على ورق ترشيح قبل البدء بعملية القلي.

2-3-الاختبارات الكيميائية:

2-3-1 تقدير المحتوى الرطوبي:

قُدر المحتوى الرطوبي لعينات رقائق البطاطا المقلية وغير المقلية على أساس الوزن الرطب وفقاً للطريقة المتبعة (AOAC, 2005, 925.10-1952)، حيث تم تجفيف العينات في فرن كهربائي عادي على درجة حرارة 105مْ (حتى ثبات الوزن). ثم تم حساب الرطوبة المفقودة وفقاً للمعادلة التالية: النسبة المئوية للرطوبة% = $\frac{\text{وزن الماء في العينة}}{\text{وزن العينة}} \times 100$

2-3-2 تقدير المحتوى من الزيت الممتص:

قُدر محتوى رقائق البطاطا من الزيت وفقا للطريقة المتبعة (AOAC, 2005, 945.16) بطريقة سوكسيلت باستخدام الهكسان كمذيب عضوي، وتم تقدير المحتوى من الزيت على أساس الوزن الرطب عن طريق المعادلة التالية:

- النسبة المئوية لمحتوى من الزيت % $= \frac{\text{وزن الزيت في العينة}}{\text{وزن العينة}} \times 100$

2-3-3 تقدير البروتين:

قدرت البروتين في رقائق البطاطا الطازجة وفقاً للطريقة المتبعة من (AOAC, 2005, 979.09).

2-3-4 تقدير السكريات المرجعة:

قدرت كمية السكريات المرجعة وفقاً لطريقة فهلنغ المعتمدة من (AOAC, 2005, 945.66)

2-4- تقدير الاكريلاميد:

قدر محتوى العينات المدروسة من مادة الاكريلاميد وفقاً لطريقة (Muthaiah et al., 2019, 46) مع بعض التعديلات، حيث طحنت العينات (رقائق البطاطا) باستخدام خلاط مولينكس فرنسي الصنع، ثم أخذ 10 غرام من العينة المطحونة وأضيف لها 50مل من الايتربترولي، ثم 5مل من الإيتانول، ثم أضيف 50مل من الايتربترولي، ورج الخليط لمدة 2 ساعة على درجة حرارة الغرفة، ثفلت العينة بسرعة 3500 دورة في الدقيقة لمدة 20 دقيقة على درجة حرارة 15 مْ، تم التخلص من السائل الطافي المحتوي على الدهن، ثم جففت العينة منزوعة الدهن بواسطة فرن تجفيف تحت التفريغ على درجة حرارة 40 مْ. لاستخلاص مادة الاكريلاميد أضيف 40 مل من الأسيتون إلى العينة المجففة و1 مل ماء مقطر منزوع الشوارد، ثم وضعت في جهاز رجاج لمدة 30 دقيقة، ثم وضعت العينة في حمام مائي ضمن جهاز الأمواج فوق الصوتية على درجة حرارة 40مْ ولمدة 20 دقيقة، ثفلت العينة بسرعة 3000 دورة في الدقيقة لمدة 25 دقيقة على درجة حرارة 15 مْ، أخذ السائل الطافي وتمت فلترته بواسطة فلتر قطره 0.45 ميكروميتر. حملت العينة المفلترة على الطور الصلب ضمن مصيدة الاستخلاص والمتكونة من 1غرام من الكربون، نشط الطور الصلب بإضافة 6 مل من الاسيتونتريل ثم 6 مل من الماء المقطر المنزوع الشوارد، بعد تمرير العينة ضمن مصيدة الاستخلاص، مرر 10 مل من الاسيتونتريل و2 مل من الطور المتحرك (3:2 ماء منزوع الشوارد: أسيتونتريل) ضمن المصيدة، ثم بُخر الناتج لحجم 500 ميكروليتر، وحقن 20 ميكروليتر ضمن جهاز HPLC. كُشف عن الاكريلاميد باستخدام جهاز HPLC باستخدام عمود نوع ODSA (250 x 4.6 mm, 5µm) وطور متحرك مؤلف من 40% ماء مقطر منزوع الشوارد و60% أسيتونتريل، بمعدل تدفق 0.8مل/دقيقة، وكاشف UV-PDA بطول موجة 210 نانوميتر، وحجم الحقنة 20 ميكروليتر. كما وحضرت سلسلة عيارية للاكريلاميد من مجموعة من المحاليل القياسية للاكريلاميد وفقاً للتراكيز التالية: 0.5، 1، 1.5، 2 و2.5 ppm، ثم حدد التركيز الأدنى للاكريلاميد والذي يمكن الكشف عنه بوساطة جهاز HPLC من خلال أخذ 10 قراءات للتركيز 0.05 ppm، ثم تطبق المعادلة: الحد الأدنى للكشف = الانحراف المعياري * 3.3 وفق (Yadav and Verma, 2022, 466). قيس معدل الانخفاض في نسبة الاكريلاميد عن طريق المعادلة التالية: معدل الانخفاض= (متوسط كمية الاكريلاميد المتشكلة ضمن العينات المقلية بالطريقة

التقليدية – متوسط كمية الاكريلاميد المتشكلة ضمن العينات المقلية بطريقة الهواء الساخن)/ كمية الاكريلاميد المتشكلة ضمن العينات المقلية بالطريقة التقليدية*100.

2-5- الاختبارات الفيزيائية:

2-5-1- قياس المؤشرات اللونية:

قُدرت المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا باستخدام الجهاز اللوني Colorimeter 3nh من نوع NR-200 بعد المعايرة بالقرص الأبيض ووضعت العينات ضمن خلايا زجاجية بسماكة 1.5سم وقيست القيم اللونية بالجهاز على ارتفاع 7.5سم وضبط الارتفاع بواسطة الفراغ الرأسي المضبوط وفق تصميم الجهاز. كررت عمليات القياس لكل عينة ثلاث مرات وأخذت القيم المتوسطة للقراءات، وعبر عن النتيجة وفق قيم(L^* , a^* , b^*) حيث يشير مكون (L^*) إلى درجة السطوع Lightness وتتراوح قيمته ما بين(0–100)، ويشير مكون(a^*) إلى الدرجة اللونية الواقعة ما بين اللونين الأخضر والأحمر، ويشير مكون(b^*)إلى الدرجة اللونية الواقعة ما بين اللونين الأزرق والأصفر وتتراوح قيمة كل من هذين المكونين اللونيين (– 120 ، +120). بينما قيست قيمة كل من تغير اللون ΔE ومعامل الاسمرار BI حسابياً وفق المعادلات (1) و(2) المقدمة من قبل (Boroujeni and Hojjatoleslamy, 2018, 1012) كما يلي:

$$BI=[(100^*(X-0.31))/0.17) : X=(at^*+1.75L^*)/(5.645L^*+a0^*-3.012bt^*) \quad (1)$$

$$\Delta E=[(L^*_0-L^*)^2+(a^*_0-a^*)^2+(b^*_0-b^*)^2]^{0.5} \quad (2)$$

2-5-2- تقدير قوة الكسر:

أجري اختبار التقدير بواسطة جهاز Brookfield CT3 Texture Analyzer لتقدير قوة الكسر، وفق الطريقة الموصوفة من قبل (Boroujeni and Hojjatoleslamy, 2018, 1010)، مع التعديل باستخدام مسبر ستانلس ستيل P-SA/SD المتوفر، تم وضع شريحة واحدة من البطاطا لكل معاملة على حامل العينة، ثم أُجري اختبار طرق (puncture) ذو دورة واحدة، عن طريق تثبيت سرعة الاختبار عند 4.6 ملم/ثانية؛ والسماح للمسبر بالارتحال (travel) في العينات حتى كسر الرقاقة. عُبّر عن النتيجة بواحدة غرام وفقاً لدليل استخدام الجهاز و(Boroujeni and Hojjatoleslamy, 2018, 1010).

2-5-3-قياس معامل الانكماش:

تم قياس معامل الانكماش لرقائق البطاطا وفقاً للطريقة المذكورة من قبل (Supmoon and Noomhorm, 2013, 26) وحُسب بتطبيق القانون التالي:

$$\%S_v = \frac{V_0 - V_t}{V_0} \times 100$$

- حيث S_v هي معامل الانكماش الحجمي. V_0 حجم العينة (م3) قبل القلي. V_t (م3) حجم العينة عند الزمن (t) قلي.

ويعطي V بالقانون $V = (\frac{\pi \times D \times d}{4}) \times L$. حيث: (D) هو القطر الأعظمي قبل القلي، (d) هي القطر عند الزمن (t)، و (L) هي الثخانة وتقدر كل الرموز السابقة ب (م) والزمن بالدقيقة. اخذت 3 مكررات في كل زمن لكل عينة من العينات المدروسة.

2-6- اختبار التقييم الحسي:

أجري التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية وفق مقياس هيدونيك ذو التسع نقاط Hedonic-9-points scale مع بعض التعديل والذي يتراوح من (9 =أحب بشدة إلى 1=لا أحب بشدة) وذلك لصفات اللون Color والنكهة Flavor والقرمشة crunching ودرجة القبول الكلي Overall acceptability وذلك من قبل لجنة مؤلفة من عشرة أشخاص ذوي خبرة متوسطة في عملية التقييم الحسي. واعتبرت درجة قبول 5.5 فما فوق مقبولة وفق (Birol et al., 2015, 559).

2-7- التحليل الإحصائي:

أخضعت البيانات المتحصل عليها من التجارب لاختبار تحليل التباين ANOVA لتحديد الفروقات المعنوية وفق أقل فرق معنوي LSD عند مستوى 5% بين مؤشرات الجودة المختلفة تبعاً للمعاملات الأولية المطبقة، وعبر عن النتائج بالمتوسط الحسابي X ± الانحراف المعياري SD باستخدام برنامج SPSS الإصدار 25.

3-النتائج والمناقشة:

3-1-المؤشرات الكيميائية ومؤشرات اللون لعينات رقائق البطاطا الطازجة:

يظهر الجدول رقم (1) المؤشرات الكيميائية ومؤشرات اللون لعينات رقائق البطاطا الطازجة، حيث بلغت قيمة المحتوى المائي لرقائق البطاطا الطازجة والمعدة للقلي من صنف (Agria) 77.05%، وقيمة المادة الجافة 22.95%، وكانت نسبة الدهن والسكريات المرجعة والبروتين 0.29، 0.85، 1.46% على التوالي، وتوافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Basuny, 2009, 196) الذي بين في دراسته لأصناف عديدة من البطاطا المعدة لصناعة الشيبس أن المحتوى المائي تراوحت ضمن الأصناف المدروسة ما بين 83.72–75.53%، والبروتين 1–2.73%، والدهن 0.25–0.39% والسكريات المرجعة 0.32–1.11%. أما بالنسبة للمؤشرات اللونية بلغت قيمة مؤشرات اللون L* 78.23 و b*10.69 و a* 2.26. تقاربت نتائجنا من نتائج (Fradinho et al., 2020, 5).

الجدول (1): المؤشرات الكيميائية ومؤشرات اللون لعينات رقائق البطاطا الطازجة

المؤشرات المدروسة	المحتوى المائي%	المادة الجافة%	الدهن%	السكريات المرجعة%	البروتين%	المؤشرات اللونية المدروسة		
						L*	b*	a*
رقائق البطاطا الطازجة	77.05±1.03	22.95±1.03	0.29±0.01	0.85±0.05	1.46±0.08	78.23±1.23	10.69±0.56	2.26±0.12

تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات (N=3).

قدرت المؤشرات المدروسة (الرطوبة، المادة الجافة، الدهن، البروتين والسكريات المرجعة) على أساس الوزن الرطب

3-2-المحتوى الرطوبي والزيت الممتص:

يوضح الجدول (2) نتائج المحتوى الرطوبي والزيت الممتص لرقائق البطاطا المقلية بطريقتي القلي التقليدي والقلي بالهواء الساخن، حيث لوحظ انخفاض قيم المحتوى المائي لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن باختلاف درجة حرارة القلي وزمنه، لكن لم يكن

لهذا الانخفاض أي دلالة إحصائية، ربما يعود السبب في ذلك للتحكم الدقيق بزمن القلي وضمان وصول العينات لدرجة المحتوى المائي النهائية بشكل متساوي. بلغ محتوى الماء في رقائق البطاطا 1.9، 1.88، 1.87% عند القلي بالهواء الساخن على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، بينما كانت لعينة القلي التقليدي 1.89%، توافقت نتائجنا مع المواصفة القياسية السورية رقم (889) تاريخ (2016)، والتي حددت المحتوى المائي ضمن عينات الشيبس بنسبة لا تتجاوز 2%، كما وتوافق ذلك مع ما أشار إليه (Abd Rahman et al., 2016, 5) في دراسته لرقائق البطاطا والتي تراوحت فيها نسبة المحتوى المائي بين 1.23–2.13% مع تغير درجة حرارة القلي وزمنه، وفسر انخفاض المحتوى المائي خلال القلي بالهواء بتسخين المنتجات في نظام مغلق حيث يتم نقل الحرارة بالحمل الحراري، مما يسبب فقدان الماء غير المقيد السطحي والداخلي. بينما لوحظ من الجدول (1) نفسه، انخفاض محتوى الزيت لرقائق البطاطا مع زيادة حرارة القلي وزمنه وبشكل معنوي عند مستوى ثقة ($P\geq0.05$)، حيث بلغ محتوى الزيت في رقائق البطاطا 1.45، 1.16، 1.13% عند القلي بالهواء الساخن على درجة حرارة 165، 175، 185 مْ على الترتيب، بين (Ziaiifar et al., 2010, 198) أن درجات الحرارة المنخفضة أثناء القلي تؤدي لانخفاض سرعة تبخر الرطوبة من العينة، مما يؤدي لتكون قشرة ذات بنية تسمح بنفاذ الزيت لداخل العينة خلال مراحل القلي. كانت كمية الزيت 32.21% لعينة القلي التقليدي، توافقت هذه النتائج مع المواصفة القياسية السورية رقم (889) تاريخ (2016) التي أظهرت بأن الحد المسموح فيه لنسبة الدهون (الزيت الممتص) ضمن شيبس البطاطا (35% على أساس الوزن الرطب)، وتقاربت نتائجنا مع ما أشار إليه (Teruel et al., 2015, E352) حيث تراوحت فيها نسبة الزيت بين 0.37–1.12%، بينما سجل (Abd Rahman et al., 2016, 4) نسبة أعلى للزيت الممتص كانت بين 1.24–12.66%، مع اختلاف درجات حرارة القلي بالهواء وزمنه.

الجدول (2): المحتوى الرطوبي والزيت لرقائق البطاطا المقلية بطريقتي القلي التقليدي والقلي بالهواء الساخن

درجة حرارة القلي بالهواء مْ	تقليدي175	165	175	185	L.S.D
المحتوى الرطوبي %	$1.89^{a}\pm0.05$	$1.9^{a}\pm0.04$	$1.88^{a}\pm0.03$	$1.87^{a}\pm0.02$	0.19
محتوى الزيت الممتص %	$32.21^{a}\pm1.84$	$1.45^{b}\pm0.04$	$1.16^{c}\pm0.03$	$1.13^{c}\pm0.02$	0.27

تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات.

تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد عند مستوى ثقة ($P\geq0.05$)

3-3-المؤشرات اللونية:

يبين الجدول (3) نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقتي القلي التقليدي والقلي بالهواء الساخن، والتي تعبر عن قيم السطوع *L، والاحمرار *a، والاصفرار *b. يعد فقدان الماء وامتصاص الزيت نتيجة لانتقال الحرارة والكتلة من أهم مسببات التغيرات اللونية، وخاصة بالنسبة لدرجة السطوع *L، حيث انخفضت قيمة المؤشر اللوني *L لرقائق لبطاطا المقلية بالهواء مع زيادة درجة حرارة القلي، فبلغت درجة السطوع *L في رقائق البطاطا 76.14، 74.71، 73.93 عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وأشارت دراسات (Mokhtar et al.,2022,68 ; Santos et al., 2017, 7) إلى انخفاض قيمة *L لرقائق لبطاطا المقلية بالهواء مع زيادة درجة حرارة القلي وزيادة زمن القلي. بينما كانت قيمة *L 72.65 لعينة القلي التقليدي، وتوافقت هذه النتائج مع ما أشار إليه (Dong et al., 2022, 10) حيث إن البطاطا المقلية بالهواء تتميز بقيم أعلى لكل من *L و*b، وتتميز بمعامل اسمرار ولون أصفر ذهبي أقوى مقارنة بالقلي التقليدي عند نفس درجة الحرارة، كما وأشار Fang et al., (2023,3) إلى أنَ قيمة *L التي تعتبر أهم مؤشر لوني للأغذية المقلية، تنخفض خلال عملية القلي بالمقارنة مع المادة الخام

(الرقائق الطازجة)، ولكنها كانت أعلى عند استخدام تقنية القلي بالهواء بالمقارنة مع القلي التقليدي، إذ يساعد امتصاص زيت القلي في تكوين صبغة الميلانويد من خلال تفاعل ميلارد، مما يخفض قيمة *L عند القلي التقليدي. أظهرت النتائج ارتفاع درجة الاصفرار *b لرقائق البطاطا المقلية بصورة معنوية مع زيادة درجة حرارة القلي بالهواء، فكانت درجة الاصفرار *b في رقائق البطاطا 22.62، 25.03، 26.16عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، بينما كانت 28.97 لعينة القلي التقليدي. توافقت هذه النتائج مع (Dong et al., 2022, 10)، وأشار Sansano وآخرون (2015, T1123) إلى ارتفاع قيمة المؤشر *b بزيادة درجة حرارة القلي بالهواء، ويفضل أن تكون قيمة *b أكبر من 10 لرقائق البطاطا. بالنسبة لمؤشر الاحمرار *a، فقد ازدادت قيمة *a بزيادة درجة حرارة القلي زيادة غير معنوية بين درجتي الحرارة 165 و175مْ بينما كانت الزيادة معنوية بين درجتي الحرارة 165 و185مْ، إذ بلغت قيم المؤشر اللوني *a 3.73، 3.99، 4.26 عند درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، بينما كانت لعينة القلي التقليدي 5.93، وقد فسر Sansano وآخرون (2015, T1123) الاختلافات في درجات الاحمرار بين العينات المقلية بالهواء الساخن والقلي التقليدي، أن تفاعل ميلارد أسرع بكثير للقلي التقليدي من القلي بالهواء، بسبب الاختلافات بين التقنيتين من حيث انتقال الحرارة والكتلة، حتى لو كانت درجة حرارة وسط القلي (هواء أو زيت) متساوية في كلتا الحالتين. بلغت قيمة ΔE لرقائق البطاطا 12.12، 14.87، 16.35 عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، بينما كانت لعينة القلي التقليدي 17.42، وكانت هذه النتائج متوافقة مع التي وجدها (Dong et al., 2022, 6)، في أصابع البطاطا المقلية بالهواء، وأشار إلى ارتفاع قيمة ΔE بزيادة درجة حرارة القلي وزمنه. كذلك أكد Azmi وآخرون (2019,4623) أن زيادة درجة الحرارة والزمن أدت إلى زيادة تغيير اللون الكلي للمخبوزات المقلية بالهواء. كان مؤشر الاسمرار BI في عينات رقائق البطاطا 38.15، 43.87، 47.67 عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، ويفسر سبب اختلاف قيمة الاسمرار باختلاف قيمة كل من المؤشرين *L،*b ، بينما كانت قيمته 51.44 لعينة القلي التقليدي، وتوافقت نتائجنا مع (Sansano et al., 2015, T1123; Dong et al., 2022, 10) وكذلك أشار Zaghiوآخرون (2019,11) إلى أنَ عملية القلي بالهواء تتطلب زمن معالجة أطول بكثير للحصول على اللون المميز لرقائق البطاطا الناتجة عن القلي العميق، ويؤثر لون البطاطا بشكل كبير في قبول المنتجات المقلية أو رفضها من قبل المستهلك، ويتعلق اللون بدرجة الحرارة القلي وزمنه وحجم العينة.

الجدول (3): المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقتي القلي التقليدي والقلي بالهواء الساخن

حرارة القلي بالهواء °م	تقليدي175	165	175	185	L.S.D
درجة السطوع *L	72.65^{d}±1.85	76.14^{a}±1.49	74.71^{b}±1.31	73.93^{c}±1.44	0.74
درجة الاصفرار *b	28.97^{a}±1.05	22.62^{c}±1.01	25.03^{b}±1.15	26.16^{b}±1.11	1.33
مؤشر الاحمرار *a	5.93^{a}±0.48	3.63^{b}±0.5	3.99^{bc}±0.39	4.26^{c}±0.5	0.57
التغير الكلي في اللون ΔE	17.42^{a}±1.02	12.12^{d}±0.81	14.87^{c}±1.01	16.35^{b}±0.74	1.06
مؤشر الاسمرار BI	51.44^{a}±1.89	38.15^{d}±1.67	43.87^{c}±1.74	47.67^{b}±1.39	2.91

تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات.

تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد عند مستوى ثقة (P≥0.05).

3-4-قوة الكسر:

يظهر الجدول (4) نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقتي القلي التقليدي والقلي بالهواء الساخن. يتميز قوام المنتجات المقلية بشكل أساسي بتكوين قشرة سطحية، والتي تعد المعلمة الأكثر تقديراً من قبل المستهلكين. يحدث أثناء القلي بالهواء الساخن اكتساب الصلابة بطريقة متدرجة مع الزمن، إذ أكد Heredia وآخرون (2014, 758) أن تشكّل القشرة في البطاطا المقلية بالطريقة التقليدية يحدث منذ اللحظة الأولى لعملية القلي، يعود ذلك إلى معدل التبخر المرتفع مقارنةً بالقلي في الهواء الساخن، بينما عند القلي بالهواء الساخن يتأخر تشكّل القشرة حيث تظهر العينات مرحلة أولية من التليين أو فقدان الصلابة ثم تزداد الصلابة مع ظهور القشرة السطحية. بلغت نتائج قوة الكسر في عينات رقائق البطاطا 182.33، 175.19، 160.92 غ عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، بينما كانت لعينة القلي التقليدي 300.81 غ، تراوحت قوة الكسر التي وجدها Ngobese وآخرون (2017,516) بين 69.31 و224.33غ، في دراسة أجراها على اصابع البطاطا المقلية بالهواء. تزداد الصلابة مع زيادة زمن القلي المطبق عند استخدام درجات حرارة منخفضة، وربما يعود ذلك إلى التغيرات الهيكلية في بنية العينات مما يؤدي إلى زيادة المقاومة في تكسر العينة. وفقاً لما ذكره Karizaki وآخرون (2013, 3562)، هناك مرحلتان من التغيرات في الصلابة أثناء عملية القلي، تشير قيمة الصلابة المنخفضة في مرحلة القلي الأولي إلى تليين أنسجة العينة التي نشأت عن ذوبان الصفيحة الوسطى وتهلم النشاء، بينما يؤدي تكوين القشرة وزيادة مقاومة الأنسجة إلى تصلب القشرة التدريجي بعد زمن أطول من القلي. وضح Salvador وآخرون (2009, 767) أن الدراسات السابقة على قوام رقائق البطاطا المقلية تناولت بعض العوامل التي تؤثر على القوام مثل صنف البطاطا ومحتوى النشاء، ودرجة حرارة زيت القلي ونوعه، وذكر أن تأثير المعاملات المسبقة لرفع محتوى الزيت في عينات الرقائق انعكس سلباً على الخصائص الحسية المقرمشة. بينما وجد علاقة إيجابية بين الخاصية المقرمشة والقوة مطبقة للكسر (Salvador et al., 2009, 766). بينGranda وآخرون (2004, E409) أن قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بالطريقة التقليدية تتراوح بين 213.76 و305.37غ وذلك بحسب الصنف والسماكة.

الجدول (4): قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقتي القلي التقليدي والقلي بالهواء

حرارة القلي بالهواء مْ	تقليدي175	165	175	185	L.S.D
قوة الكسر (غ)	300.81^{a}±5.41	182.33^{b}±3.74	175.19^{c}±2.98	160.92^{d}±2.67	5.65

تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات.

تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

3-5-تحديد معامل الانكماش الحجمي:

يظهر الجدول رقم (5) قيم معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بظروف القلي بالهواء، حيث أظهرت نتائج التحليل الاحصائي تفوق العينات المقلية بالهواء الساخن عند كل درجات الحرارة المدروسة على عينة القلي التقليدي، التي بلغت فيها قيمة معامل الانكماش الحجمي 22.96% توافقت النتائج مع(Mohan et al., 2017,14). كما ولوحظ من النتائج انخفاض قيمة معامل الانكماش بارتفاع درجة حرارة القلي، ربما يعود السبب في ذلك إلى كبر حجم المسام المتشكلة أثناء القلي بارتفاع درجة الحرارة،

مما أدى لانخفاض قيمة معامل الانكماش(Supmoon and Noomhorm , 2013, 28) بلغت قيمته في العينات المقلية بالهواء الساخن عند درجة حرارة 165، 175، و185مْ (20.23، 16.85 و14.69) على الترتيب.

الجدول (5): معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقتي القلي التقليدي والقلي بالهواء الساخن

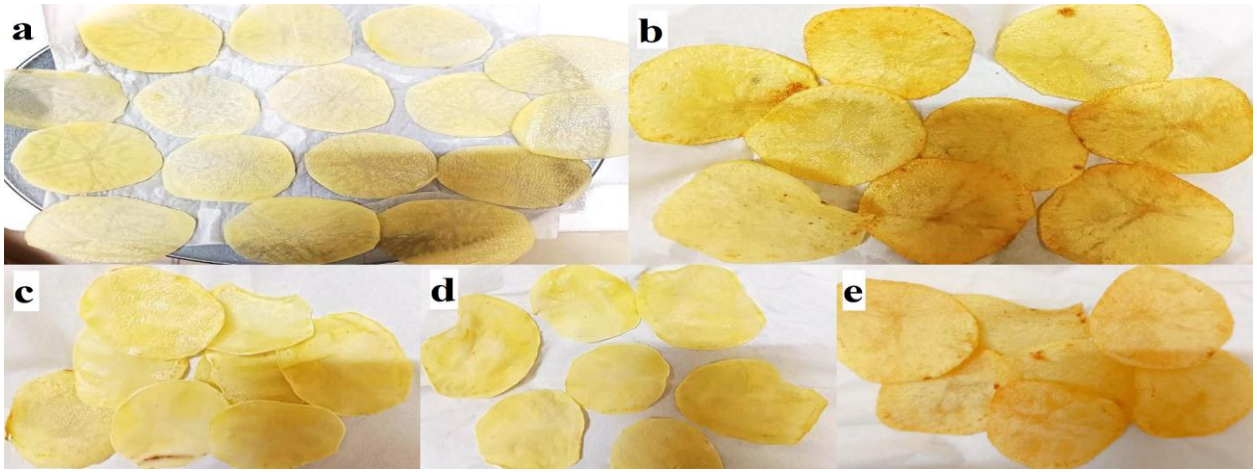
حرارة القلي بالهواء °م	تقليدي175	165	175	185	L.S.D
معامل الانكماش الحجمي%	22.96^{a}±1.46	20.03^{b}±1.23	16.85^{c}±1.08	14.26^{d}±0.85	1.5

***تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات.**

*** تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.**

3-6-التقييم الحسي:

يوضح الجدول (6) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقتي القلي التقليدي والقلي بالهواء الساخن، حيث تشير نتائج التقييم الحسي إلى تفوق العينة المقلية بالطريقة التقليدية عند الدرجة 175 °م بصورة معنوية، على العينات المقلية بالهواء الساخن، بالنسبة للنكهة والقرمشة والقبول العام بقيم بلغت وفقاً لرأي المتذوقين 8.4، 9 و8.3 على الترتيب، توافقت هذه النتائج مع (Rois Anwar et al., 2019, 60) حيث حصلت العينات المقلية بالطريقة التقليدية على أعلى درجة لمؤشرات التقييم الحسي المدروسة. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي تفوق العينات المقلية بالهواء الساخن عند الدرجة 175 °م على العينات الأخرى من حيث اللون بقيمة بلغت 8.8. أشار Teruel وآخرون (2015, E356) في دراسته حول البطاطا المقلية بالهواء الساخن إلى وجود اختلافات من الناحية الحسية على مستوى الرائحة والقوام، بينما لم تظهر فروق معنوية على مستوى اللون والمظهر. أما بالنسبة لعينات رقائق البطاطا المقلية بالهواء عند الدرجة 165 °م، فقد انخفضت درجة القبول العام إلى 6.3، وكانت درجة التقييم الحسي للون 8.1، بينما بلغت 5.6 للنكهة، و8.1 للقرمشة، ويعود انخفاض القبول العام إلى ضعف تطور النكهة –نتيجة لغياب النكهة الزيتية المميزة لرقائق الشيبس التقليدية– والقرمشة بالمقارنة مع عينات القلي التقليدي، بين (Cutin et al., 2021, 9) أن درجة حرارة القلي بالهواء الساخن تلعب دوراً ايجابياً مهما في قرمشة رقائق البطاطا ولكن إلى حد معين ثم تبدأ بالانخفاض. بينما كانت العينات المقلية بالهواء عند الدرجة 185 °م، تمتلك أدنى درجة للقبول العام حيث بلغت 7.2، وبلغت درجة اللون 8.2، بينما بلغت درجة التقييم الحسي للنكهة 5.5 والقرمشة 7.9. يعود الانخفاض في القبول العام إلى غياب النكهة الزيتية، على الرغم من أن القوام الزيتي غير مرغوب في الرقائق المقلية، إلا أن امتصاص البطاطا للزيت في القلي التقليدي يزود المنتج بقشرة سطحية جافة وهشة، بسبب ارتفاع درجات الحرارة التي تبخر الماء في المنطقة السطحية مما يعيق جلتنة النشاء فيها ويحسن النكهة المميزة للمنتجات المقلية (Cutin et al., 2021, 9; Santos et al., 2017, 9). وربما يعود تفوق العينات المقلية عند درجة حرارة 175مْ باللون لملائمة هذه الحرارة للون المرغوب لرقائق البطاطا بالنسبة للمتذوقين والخاصة بالصنف المدروس. ويبين الشكل رقم (1) صور للعينات الطازجة والعينات المقلية.



الشكل (1): صور رقائق البطاطا الطازجة والمقلية

a عينات رقائق البطاطا الطازجة، b عينة رقائق البطاطا المقلية بالطريقة التقليدية 175 م°، c رقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن 165 م°، d رقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن 175 م°، e رقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن 185 م°

الجدول (6): التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقتي القلي التقليدي والقلي بالهواء الساخن

حرارة القلي بالهواء °م	تقليدي175	165	175	185	L.S.D
اللون	7.4^{c}±0.5	8.1^{b}±0.3	8.8^{a}±0.4	8.2^{b}±0.6	0.53
النكهة	8.4^{a}±0.1	5.6^{b}±0.4	5.9^{b}±0.1	5.5^{b}±0.5	0.71
القرمشة	9^{a}±0.0	8.1^{c}±0.1	8.4^{b}±0.4	7.9^{d}±0.8	0.15
القبول العام	8.3^{a}±0.4	7.3^{c}±0.3	7.7^{b}±0.3	7.2^{c}±0.4	0.35

تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات.

تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

3-7-تقدير نسب الأكريلاميد:

بلغ الحد الأدنى للاكريلاميد الذي يمكن الكشف عنه بجهاز HPLC 4.65 ميكروغرام/كغ، وكانت نسبة الاسترداد 98.69% حيث تعتبر هذه النسبة جيدة وهي أفضل من النسبة المتحصل عليها من (Hasan et al., 2022, 4) وتقاربت نتائجنا مع (Muthaiah et al., 2019,49 :Arabi et al., 2016,530). يبين الجدول (6) نتائج الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقتي القلي التقليدي والقلي بالهواء الساخن. كانت نسبة الاكريلاميد في رقائق البطاطا (231.17، 208.91، 251.89) ميكروغرام/كغ عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، حيث تفوقت العينات المقلية عند درجة حرارة 175مْ على باقي العينات المدروسة، ربما يعود السبب في ذلك للتداخل الحاصل بين درجة الحرارة وزمن القلي. بينما كانت للعينة المقلية بالقلي التقليدي عند الدرجة 175°م 895.32 ميكروغرام/كغ توافقت هذه النتيجة مع (Oroian et al., 2015, 139)، وبلغ معدل الانخفاض في محتوى

الاكريلاميد 74.18، 76.67، 71.87 % على الترتيب مقارنة بعينة القلي التقليدي. يتأثر محتوى الاكريلاميد ضمن منتجات البطاطا المقلية بالعديد من العوامل من أهمها الصنف والظروف المناخية وعمليات التسميد ومحتواه من السكريات المرجعة والأسبارجين بالإضافة لشروط عملية التخزين وطريقة ودرجة حرارة القلي وزمنه (Khalaf et al., 2015, 212) وتقاربت النتائج مع ما وجده (Al Oatibi and Basuny, 2016, 106) حيث بلغت نسبة الانخفاض في الاكريلاميد عند القلي بالهواء بنسبة 73.1%، بينما وجد (Sansano et al., 2015, T1126) انخفاضاً بنسبة 77%.

الجدول (7): محتوى الاكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقتي القلي التقليدي والقلي بالهواء الساخن

حرارة القلي بالهواء °م	تقليدي175	165	175	185	L.S.D
محتوى الاكريلاميد (ميكروغرام/كغ)	895.32^{a}±19.3	231.17^{c}±5.62	208.91^{d}±5.97	251.89^{b}±6.97	20.8
معدل الانخفاض%	–	74.18	76.67	71.87	-

تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات

تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد

4-الاستنتاجات والتوصيات:

4-1-الاستنتاجات:

– وجد في ظل ظروف التصنيع المدروسة، تفوق العينات المقلية بالهواء الساخن على عينة القلي التقليدي بالنسبة لكمية الزيت الممتص، والأكريلاميد، ومعامل الانكماش الحجمي ومؤشر الاسمرار بالإضافة لبعض الصفات الحسية (اللون)، كما لوحظ أن المعاملة التي أعطت خصائص جودة أفضل لرقائق البطاطا في عملية القلي بالهواء الساخن، كانت عملية القلي بالهواء على الدرجة 175 °م لمدة 17 دقيقة، من حيث بعض المؤشرات الحسية (القبول العام واللون) بقيم بلغت حوالي 7.7 و8.8 على الترتيب، كما تميزت بانخفاض كمية الاكريلاميد المتشكل ضمنها بالمقارنة مع درجات حرارة القلي المدروسة، حيث كانت الكمية المتشكلة ضمنها 208.91 (ميكروغرام/كغ). تفوقت العينات المقلية بالطريقة التقليدية على العينات المقلية بطريقة القلي بالهواء الساخن بمؤشر النكهة ربما يعود السبب في ذلك لغياب النكهة الزيتية للعينات.

4-2-التوصيات:

– توجيه أنظار الصناعيين إلى طريقة القلي بالهواء الساخن للعمل على تنفيذها بإجراء بعض التعديلات على خطوط الإنتاج لأفران الهواء الساخن كإضافة رذاذ زيت بدلاً من استجرار كميات كبيرة من الزيت للتشغيل بالطريقة التقليدية.

– إجراء دراسات علمية حول طريقة القلي بالهواء الساخن من حيث إمكانية تطبيقها على الأغذية المقلية كأصناف اللحوم المختلفة وأصابع البطاطا والمخبوزات.

5 -التمويل:

– هذا البحث ممول من قبل جامعة دمشق وفق رقم الممول 501100020595.

References:

1. المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية.(2022). منشورات مديرية الإحصاء والتخطيط في وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق، سوريا.
2. المواصفة القياسية السورية (2014). الزيوت النباتية المعدة للطعام، رقم 3770، هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، وزارة الصناعة، دمشق، سوريا.
3. المواصفة القياسية السورية (2016). منتجات البطاطا (الشيبس)، رقم 889، هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، وزارة الصناعة، دمشق، سوريا.
4. Abd Rahman, N. A., Abdul Razak, S. Z., Lokmanalhakim, L. A., Taip, F. S., & Mustapa Kamal, S. M. (2016). Response surface optimization for hot air-frying technique and its effects on the quality of sweet potato snack. Journal of Food Process Engineering, 40(4), e12507, 1-8. doi.org/10.1111/jfpe.12507.
5. Andrés, A., Arguelles, A., Castello, M. L., & Heredia, A. (2012). Mass Transfer and Volume Changes in French Fries During Air Frying. Food and Bioprocess Technology, 6(8), 1917-1924. doi.org/10.1007/s11947-012-0861-2.
6. AOAC. (2005). Official methods of analysis. AOAC Internationa.
7. Azmi, M. Z. M., Taip, F. S., Mustapa Kamal, S. M., & Chin, N. L. (2019). Effects of temperature and time on the physical characteristics of moist cakes baked in air fryer. Journal of Food Science and Technology, 56(10), 4616-4624.doi.org/10.1007/s13197-019-03926-z.
8. Bachir, N., Haddarah, A., Sepulcre, F., & Pujola, M. (2022). Formation, mitigation, and detection of acrylamide in foods. Food Analytical Methods, 15(6), 1736-1747.doi.org / 10.1007/ s12161-022-02239-w.
9. Basuny, A. M., Mostafa, D. M., & Shaker, A. M. (2009). Relationship between chemical composition and sensory evaluation of potato chips made from six potato varieties with emphasis on the quality of fried sunflower oil. World J. Dairy Food Sci, 4(2), 193-200 ISSN 1817-308X.
10. Basuny, A., & Oatibi, H. (2016). Effect of A Novel Technology (Air and Vacuum Frying) on Sensory Evaluation and Acrylamide Generation in Fried Potato Chips. Banat's Journal of Biotechnology, VII, 101-112. DOI: 10.7904/2068–4738–VII(14)–101.
11. Birol, E., Meenakshi, J. V., Oparinde, A., Perez, S., & Tomlins, K. (2015). Developing country consumers' acceptance of biofortified foods: a synthesis. Food Security, 7(3), 555-568.doi.org/10.1007/s12571-015-0464-7.
12. Boroujeni, L., Hojjatoleslamy, M., (2018). Using Thymus carmanicus and Myrtus communis Essential Oils to Enhance the Physicochemical Properties of Potato Chips. Food Science & Nutrition, 6(4), 1006-1014.doi.org/10.1002/fsn3.597
13. Cao, Y., Wu, G., Zhang, F., Xu, L., Jin, Q., Huang, J., et al. (2020). A Comparative Study of Physicochemical and Flavor Characteristics of Chicken Nuggets during Air Frying and Deep Frying. Journal of the American Oil Chemists' Society, 97(8), 901-913. doi.org /10.1002/ aocs.12376.
14. Cutin, B., Lauzon, R., & Emnace, I. (2021). Optimization of Air Frying Conditions For the Development of Healthy Banana (Musa acuminata * balbisiana Colla) Chips. Science and Humanities Journal, 15, 1-21. DOI:10.47773/shj.1998.151.1.

15. Dong, L., Qiu, C. Y., Wang, R. C., Zhang, Y., Wang, J., Liu, J. M., et al. (2022). Effects of Air Frying on French Fries: The Indication Role of Physicochemical Properties on the Formation of Maillard Hazards, and the Changes of Starch Digestibility. Frontiers in Nutrition(2296-861X (Print), 1-12.doi.org/10.3389/fnut.2022.889901.
16. Fang, M.-C., Chin, P.-S.-Y., Sung, W.-C., & Chen, T.-Y. (2023). Physicochemical and Volatile Flavor Properties of Fish Skin under Conventional Frying, Air Frying and Vacuum Frying. Molecules, 28(11), 1-14.doi.org/10.3390/molecules28114376.
17. Fradinho, P., Oliveira, A., Domínguez, H., Torres, M. D., Sousa, I., & Raymundo, A. J. I. F. S. (2020). Improving the nutritional performance of gluten-free pasta with potato peel autohydrolysis extract. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 63, 102374, 1-10. doi.org /10.1016 /j.ifset.2020.102374.
18. Giovanelli, G., Torri, L., Sinelli, N., & Buratti, S. (2017). Comparative study of physico-chemical and sensory characteristics of French fries prepared from frozen potatoes using different cooking systems. European Food Research and Technology, 243(9), 1619-1631. doi.org /10.1007/s00217-017-2870-x.
19. Granda, C., Moreira, R. G., & Tichy, S. E. (2004). Reduction of acrylamide formation in potato chips by low-temperature vacuum frying. Journal of food science, 69(8), E405-E411. doi.org /10.1111/j.1365-2621.2004.tb09903.x.
20. Hasan, G. A., Das, A. K., & Satter, M. A. (2022). Detection of acrylamide traces in some commonly consumed heat-treated carbohydrate-rich foods by GC-MS/MS in Bangladesh. Heliyon, 8(10), 1-8. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11092.
21. Heredia, A., Castello, M. L., Arguelles, A., & Andres, A. (2014). Evolution of mechanical and optical properties of French fries obtained by hot air-frying. LWT - Food Science and Technology, 57(2), 755-760.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.038.
22. Karizaki, V. M., Sahin, S., Sumnu, G., Mosavian, M. T. H., & Luca, A. (2013). Effect of Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration as a Pretreatment on Deep Fat Frying of Potatoes. Food and Bioprocess Technology, 6(12), 3554-3563. doi.org/10.1007/s11947-012-1012-5.
23. Liu, Z., Dick, A., Prakash, S., Bhandari, B., & Zhang, M. (2020). Texture Modification of 3D Printed Air-Fried Potato Snack by Varying Its Internal Structure with the Potential to Reduce Oil Content. Food and Bioprocess Technology, 13(3), 564-576. doi.org/10.1007/s11947-020-02408-x.
24. Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Holgado, F., González-Mulero, L., & Morales, F. J. (2021). Effect of consumer's decisions on acrylamide exposure during the preparation of French fries. Part 2: Color analysis. Food and Chemical Toxicology, 154, 112321, 1-10. doi.org /10.1016 /j.fct .2021. 112321.
25. Mohan, C. O., Ninan, G., Zynudheen, A. A., & Ravishankar, C. N. (2017). Air frying Vs oil frying of farmed tilapia (Oreochromis mossambicus) steaks. Fishtech Rep, 3(1), 14-15. doi.org /10.1007/s11746-016-2943-1.
26. Mokhtar, W. M. F. W., & Zi Yu, T. (2022). Effect of Osmotic Dehydration as a Pre -Treatment on Air Fried Sweet Potato (Ipomoea batatas) Chips. Journal Of Agrobiotechnology, 13(1S), 64-73. doi. org/10.37231/jab.2022.13.1S.311.
27. Molina-Garcia, L., Santos, C. S. P., Cunha, S. C., Casal, S., & Fernandes, J. O. (2016). Comparative Fingerprint Changes of Toxic Volatiles in Low PUFA Vegetable Oils Under Deep-Frying. Journal of the American Oil Chemists' Society, 94(2), 271-284. doi.org/10.1007/s11746-016-2943-1.
28. Muthaiah, P. M., Govindaswamy, A., Semwal, A. D., & Sharma, G. K. (2019). HPLC-UV quantitative analysis of acrylamide in snack foods of India. Defence Life Science Journal, 4(1), 45-54. DOI : 10.14429/dlsj.4.12190.

29. Ngobese, N. Z., Workneh, T. S., & Siwela, M. (2017). Effect of low-temperature long-time and high-temperature short-time blanching and frying treatments on the French fry quality of six Irish potato cultivars. Journal of Food Science and Technology, 54(2), 507-517. doi.org /10.1007/ s13197-017-2495-x.
30. Oladejo, A., Ma, H., Qu, W., Zhou, C., Wu, B., Uzoejinwa, B., Onwudeb, D. and Yanga, X. (2018) Application of Pretreatment Methods on Agricultural Products Prior to Frying: A Review. Journal of the Science of Food and Agricultural, 98، 456-466. doi.org/10.1002/jsfa.8502.
31. Oroian, M., Amariei, S., & Gutt, G. (2015). Acrylamide in Romanian food using HPLC-UV and health risk assessment. Food Additives and Contaminants: Part B, 8(2), 136-141. doi.org/ 10.1080/19393210.2015.1010240.
32. Pandey, A., & Singh, G. (2011). Development and storage study of reduced sugar soy containing compound chocolate. Journal of food science and technology, 48, 76-82. doi.org /10.1007/ s13197-010-0136-8.
33. Powers, S. J., Mottram, D. S., Curtis, A., & Halford, N. G. (2021). Progress on reducing acrylamide levels in potato crisps in Europe, 2002 to 2019. Food Additives & Contaminants: Part A, 38(5), 782-806. doi.org /10.1080/ 19440049. 2020. 1871083.
34. Rois Anwar, N. Z., Kalaimangai a/p, S., & Asmaliza Abd. Ghani, Y. (2019). Effect of Different Processing Methods on the Physicochemical Properties and Sensory Evaluations of Sweet Potatoes Chips. Journal Of Agrobiotechnology.10(2), 51-63 Journal. unisza. edu.my/ agrobiotechnology/index.php/agrobiotechnology/article/view/208.
35. Rothwell, J. A., Medina-Remon, A., Perez-Jimenez, J., Neveu, V., Knaze, V., Slimani, N., et al. (2015). Effects of food processing on polyphenol contents: A systematic analysis using Phenol-Explorer data. Molecular Nutrition & Food Research, 59(1), 160-170. doi.org /10.1002/mnfr.201400494.
36. Salvador, A., Varela, P., Sanz, T., & Fiszman, S. M. (2009). Understanding potato chips crispy texture by simultaneous fracture and acoustic measurements, and sensory analysis. LWT - Food Science and Technology, 42(3), 763-767. doi.org/10.1016/j.lwt.2008.09.016.
37. Sampaio, S. L., Petropoulos, S. A., Alexopoulos, A., Heleno, S. A., Santos-Buelga, C., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2020). Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: A review. Trends in Food Science & Technology, 103, 118-129. doi.org /10.1016/ j.tifs.2020.07.015.
38. Sansano, M., Juan-Borras, M., Escriche, I., Andres, A., & Heredia, A. (2015). Effect of Pretreatments and Air-Frying, a Novel Technology, on Acrylamide Generation in Fried Potatoes. Journal of Food Science, 80(5), T1120-T1128. doi/abs/10.1111/1750-3841.12843.
39. Santos, C. S. P., Cunha, S. C., & Casal, S. (2017). Deep or air frying? A comparative study with different vegetable oils. European Journal of Lipid Science and Technology, 119(6), 1600375, 1-9. doi.org/10.1002/ejlt.201600375.
40. Shaker, A. (2014). Air Frying a New Technique for Produce of Healthy Fried Potato Strips. Journal of Food and Nutrition Sciences, 2, 200-206. doi: 10.11648/j.jfns.20140204.26.
41. Supmoon, N., & Noomhorm, A. (2013). Influence of combined hot air impingement and infrared drying on drying kinetics and physical properties of potato chips. Drying Technology, 31(1), 24-31. doi/abs/10.1080/07373937.2012.711792.
42. Teruel, M. d. R., Gordon, M., Linares, M. B., Garrido, M. D., Ahromrit, A., & Niranjan, K. (2015). A Comparative Study of the Characteristics of French Fries Produced by Deep Fat Frying and Air Frying. Journal of Food Science, 80(2), E349-E358.doi.org/10.1111/1750-3841.12753.

43. Tian, J., Chen, J., Lv, F., Chen, S., Chen, J., Liu, D., et al. (2016). Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes. Food Chemistry, 197, 1264-1270.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.049.
44. Tran, T. M., Chen, X. D., & Southern, C. (2007). Reducing oil content of fried potato crisps considerably using a 'sweet'pre-treatment technique. Journal of food engineering, 80(2), 719-726. doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.06.031.
45. Yu, L., Li, Y., Ding, S., Hang, F., & Fan, L. (2016). Effect of guar gum with glycerol coating on the properties and oil absorption of fried potato chips. Food Hydrocolloids (Part A), 211- 219. doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.10.003.
46. Zaghi, A. N., Barbalho, S. M., Guiguer, E. L., & Otoboni, A. M. (2019). Frying Process: From Conventional to Air Frying Technology. Food Reviews International, 35(8), 763-777. doi.org/10.1080/87559129.2019.1600541.
47. Ziaiifar, A. M., Courtois, F., & Trystram, G. (2010). Porosity development and its effect on oil uptake during frying process. Journal of Food Process Engineering, 33(2), 191-212. doi.org /10.1111/ j.1745-4530.2008.00267.x.