مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 39 العدد 2 (2023): 49- 60

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vo 39 No.2 (2023): 49 - 60

تأثير نشاط أنزيم بولي فينول أوكسيداز في الخصائص الفيزيوكيميائية لأنواع الدقيق المنتجة من بعض أصناف القمح الطري السوري

عيسى منصور[1]، أ. د. أنطون طيفور[2]، د. ياسر قرحيلي[3]

[1]طالب دكتوراه في قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

[2]أستاذ في قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، ص.ب:30621.

[3]أستاذ مساعد في قسم تقانة الأغذية، كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس.

الملخص:

أُجري في هذا البحث إنتاج أنواع من الدقيق بنسب استخراج محددة (70%، 80%، 90% و100%)من بعض أصناف القمح الطري السوري (دوما2، دوما4، دوما6، شام4 وشام 10)، ومن ثم تمَّ تثبيط عمل أنزيم بولي فينول أوكسيداز عبر إضافة حمض الاسكوربيك إلى الدقيق، وذلك بهدف دراسة تأثير نشاط هذا الأنزيم في بعض الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق الناتج، والوصول إلى تحديد الصنف الأمثل لتصنيع الخبز ونسبة الاستخراج الأمثل.

بينت نتائج التحليل ارتفاع نسبة الرطوبة، الرماد، البروتين، الحموضة واللون بارتفاع نسبة الاستخراج، ولكن أدى تثبيط أنزيم بولي فينول أوكسيداز إلى تحسن لون الدقيق خصوصاً عند نسب الاستخراج المنخفضة 70% و80%. من جهة أخرى، انخفضت حموضة الدقيق بعد إضافة حمض الأسكوربيك، لكونه بالإضافة إلى تثبيط أنزيم PPO يعمل على تثبيط كل من الليباز والبروتياز والفوسفاتاز. ازدادت نسبة الفقد في الغلوتين الرطب عند نسب الاستخراج العالية نتيجة تقطع الشبكة الغلوتينية بفعل ارتفاع نسبة الألياف (النخالة)، ولكن تحسنت نسبة الغلوتين بعد تثبيط أنزيم PPO نتيجة عدم تخرب الأحماض الأمينية والحفاظ على الخصائص الوظيفية والهيكلية للبروتينات. تحسنت المطاطية بارتفاع نسبة الاستخراج حتى 80%، ومن ثم تراجعت نتيجة تراجع الشبكة اللغلوتينية، وبعد تثبيط أنزيم PPO تحسنت المطاطية في معظم العينات، ولكن بنسبة أقل عند نسب الاستخراج العالية 90% و100%. وبشكل عام، تفوق الدقيق الناتج عن الصنف شام10 على باقي أصناف القمح الطري المدروسة، من حيث اللون ونسبة الغلوتين والمطاطية، عند نسبة الاستخراج 80%.

الكلمات المفتاحية: القمح الطري، دقيق القمح، بولي فينول أوكسيداز، الخصائص الفيزيوكيميائية.

تاريخ الايداع:2022/1/13
تاريخ القبول: 2022/3/22

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

The effect of polyphenol oxidase on the physicochemical properties of flour types produced from some varieties of Syrian soft wheat

E.Mansour[1], Prof.A. Tayfor[2], Ass.prof.,Y. Karhylie[3]
[1]Ph.D. Candidate,Food Science Department, Agriculture Faculty.
[2]Professor, Food Science Department, Agriculture Faculty, Damascus University, P. O. Box: 30621.
[3]Assistant Professor, Department of Food Technology, Faculty of Technical Engineering, Tartous University.

Abstract:

In this research, the production of flour types with specific extraction rates (70%, 80%, 90% and 100%) from some varieties of Syrian soft wheat (Doma2, Douma4, Douma6, Cham4 and Cham 10) was carried out, and then the polyphenol oxidase activity was inhibited by adding ascorbic acid to flour, in order to study the effect of this enzyme activity on some physicochemical properties of the resulting flour, and to determine the optimal variety for bread making and the optimal extraction rate.

The analysis results showed a high content of moisture, ash, protein, acidity and colour with high extraction rates, but the inhibition of polyphenol oxidase led to an improvement in the colour of flour, especially at the low extraction rates of 70% and 80%.otherwise, the acidity of the flour decreased after adding ascorbic acid, because in addition to inhibiting the PPO enzyme, it inhibited lipase, protease and phosphatase. The percentage of loss in wet gluten increased at high extraction rates as a result of the gluten network being broken due to the high percentage of fibers (bran).

, but the gluten content improved after inhibiting the PPO enzyme due to the absence of amino acid degradation and the preservation of the functional and structural properties of the proteins. Elasticity improved by increasing the extraction rate up to 80%, and then declined due to the regression of the gluten network. After inhibiting the PPO enzyme, Elasticity improved in most of the samples, but to a lesser extent at higher extraction rates 90% and 100%. Generally, the flour resulting from Cham10 outperformed the rest of the studied soft wheat cultivars, in terms of colour, gluten and elasticity, at the extraction rate 80%.

Keywords: Soft wheat, wheat flour, polyphenol oxidase, physicochemical properties.

Received: 13/1/2021
Accepted: 22/3/2021

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

المقدمة:

يعتبر اللون من أول العوامل التي يحكم من خلالها المستهلك على جودة الدقيق ومنتجاته، وتتعدد العوامل المؤثرة في اللون كالصبغات الطبيعية مثل الكلوروفيل والكاروتينوئيدات والأنثوسيانينات (Lamsal and Faubion 2009, 1461) ، أو الصبغات الناتجة عن التفاعلات الأنزيمية مثل أنزيم بولي فينول أكسيداز الذي يلعب الدور الأساسي في إنتاجها (Yadav *et al*., 2010, 143). حيث أن هذا التغير في اللون هو أمر غير مرغوب فيه من قبل المستهلك، كما أنه يقلل من القيمة الغذائية للمنتجات (Muchuweti *et al*., 2005, 571; Sun *et al*., 2011,85).

تعد الحبوب أساس النظام الغذائي للإنسان، ومنها القمح الذي يعد من أهم المحاصيل، حيث أن المنتجات التي يتم تصنيعها من القمح عديدة، مثل الخبز الذي تشكل منتجاته في الوقت الحالي أحد أهم المواد الغذائية بالنسبة للإنسان في معظم الدول، وتأتي هذه الأهمية من كونها مواد غذائية تحتوي على مكونات أساسية تلعب دوراً هاماً في عمليات الاستقلاب (Pomeranz and Williams, 1990,481).

إن مصادر الاسمرار في الدقيق مرتبطة بمجموعة من العوامل، ويعتبر من أهمها ظاهرة الأسمرار الأنزيمي، حيث أن أنزيمات البولي فينول أوكسيداز (PPO) التي تعمل على تحويل المركبات الفينولية الموجودة في الدقيق إلى مركبات ملونة (ميلانين) بوجود الأوكسجين (Rani *et al*., 2001,235; Atwell, 2001,117)، وقد تبين أن أنزيم PPO هو المسؤول الأساسي لتلون النودلز والخبز العربي (Baik *et al*., 1994,292)

يوجد العديد من أنزيمات PPO فمنها مونوفينول أوكسيداز والكاتيكول أوكسيداز والتيروزيناز، وقد بينت الدارسات أن الأنزيم الموجود في النخالة هو من نوع التيروزيناز، بينما تبين وجود نشاط أنزيمات كاتيكول أوكسيداز في النخالة والجنين (Okot-Kotber *et al*.,2001,514).

كما أن منتجات أكسدة المركبات الفينولية لديها القدرة على التفاعل مع بروتينات الغذاء، حيث أن التفاعلات العرضية يمكن أن تؤدي إلى تغييرات في الخصائص الهيكلية والوظيفية والغذائية للبروتينات الغذائية (Matheis and Whitaker, 1984,13; Yoruk and Marshall, 2003,362)، وبالتالي انخفاض في القيمة الغذائية لبروتينات الغذاء، ويرجع الانخفاض في القيمة الغذائية للبروتينات الغذائية إلى تفاعلات الكينونات مع سلاسل جانبية من الأحماض الأمينية الأساسية في البروتينات (Matheis and Whitaker, 1984,138; Felton *et al*., 1989,2668; 1992,279). وقد بينت الدراسات السابقة ازدياد فعالية أنزيم بولي فينول أوكسيداز مع زيادة نسبة النخالة في الدقيق، حيث أن هذا الأنزيم يتركز بصورة كبيرة في طبقات الأغلفة، كما بينت بعض الدراسات أن الفينولات تتركز بشكل كبير في النخالة، وبالتالي فإن الفعالية الأنزيمية تزداد مع ارتفاع نسبة الاستخراج . (Akond *et al*.,2010,187; Kweon *et al*.,2009,12; Beta *et al*.,2005,390; Verma *et al*.,2008,544)

بناءً على ما سبق، وملاحظة تأثير نشاط أنزيم بولي فينول أوكسيداز في إسمرار الدقيق وخاصة في مرحلة العجن نتيجة وجود نسبة جيدة من الماء تسمح بزيادة نشاط أنزيم PPO، مما ينعكس سلباً على منتجات الدقيق المختلفة كالخبز والنودلز وعلى قيمتها الغذائية، فإن هدف هذا البحث هو دراسة تأثير نشاط أنزيم بولي فينول أوكسيداز في الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق المنتج من بعض أصناف القمح السوري الطري، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج المؤثرة بصورةٍ مباشرةٍ في تركيز هذا الأنزيم.

مواد البحث وطرائقه:

1- مواد البحث:

تمَّ اختيار عدة أصناف من القمح الطري السوري (دوما2، دوما4، دوما6، شام4 وشام 10)، تمَّ تنظيف عينات القمح من الشوائب والأجرام باستخدام منخلين الأول قطر فتحاته 2×20 مم والثاني قطر فتحاته 1×20 مم. تمَّ ترطيب حبوب أصناف القمح الطرية إلى درجة رطوبة 15.5% لمدة 10 ساعة بدرجة حرارة الغرفة 19 مْ ورطوبة جوية 70%، حيث تحسب كمية الماء المضاف حسب طريقة AACC رقم 95-26 (AACC., 2000) طُحنت الحبوب النظيفة والمكيفة بإستخدام مطحنة Brabender حسب AACC رقم 50-26 (AACC., 2000) لإنتاج عدة أنواع دقيق بنسب استخراج مختلفة، حيث تمَّ اعتماد أربع نسب استخراج وهي (70%، 80%، 90% و100%).

2- الاختبارات الفيزيوكيميائية للدقيق:

1- درجة اللون: باستخدام جهاز Kent Jonese (Fiellet., 2000,22)

2- النسبة المئوية للرطوبة: AACC رقم A15-44 (AACC., 2000).

3- النسبة المئوية للرماد: AACC رقم 01-08 (AACC., 2000).

4- النسبة المئوية للبروتين: رقم 10-46 (AACC., 2000).

5- النسبة المئوية للغلوتين الرطب: AACC رقم A12-38 (AACC., 2000).

6-النسبة المئوية للحموضة: وفقاً للدليل العملي لتحيل الحبوب (Godon and Loisel., 1984,33) حيث أن حموضة الدقيق هي حموضة كلية وتعبر عن عدد الميلي ليترات من مادةٍ ذات تأثير قلوي مثل ماءات الصوديوم 0.1N القادرة على معادلة المواد ذات التأثير الحامضي الموجودة في 100g من الدقيق.

7- المطاطية: وفقاً للدليل العملي لتحيل الحبوب(Godon and Loisel., 1984,35). حيث تعتبر المطاطية من أهم الصفات الريولوجية للعجين، وتعبر عن قابلية العجين للمط دون تقطع بحيث يسمح هذا الأمر بحجز غازات التخمر دون أن تهتك أو تقطع العجين، وتقاس ب Cm.

3- تثبيط أنزيم PPO:

من أجل دراسة مدى تأثير النشاط الأنزيمي في عملية الاسمرار، تمَّ تثبيط نشاط PPO بطريقة غير مباشرة استناداً إلى المراجع التي تحدد الطرق اللازمة لتثبيطه ، وذلك بهدف دراسة التغيرات الحاصلة في الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق الناتج.

هناك عدة طرائق للسيطرة على أنزيم البولي فينول أوكسيداز، مثل تعديل درجة الحموضة، استبعاد الأوكسجين، الحرارة، إضافة مركب بيسلفات الصوديوم، ومركبات الثيول، تعطيل kcat، استخدام مثبطات تنافسية، وعن طريق إضافة كل من السيستيئين وحمض الأسكوربيك (Osuga *et al*., 1994).

وقد اعتمد Feillier (2000,19) في دراسته للاسمرار الأنزيمي على المعكرونة بفعل نشاط PPO على طريقة تثبيطه من خلال إضافة حمض الأسكوربيك أو السيستيئين وإجراء مقارنة في الدرجة الضوئية للأقراص المصنعة من دقيق وسميد القمح بحيث تبين له أن الدرجة الضوئية تتناسب عكساً مع ارتفاع نشاط الأنزيم.

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

وفي هذا البحث تمَّ اعتماد إضافة حمض الأسكوربيك الحبيبي إلى الدقيق مباشرة في هذا العمل من أجل تثبيط هذا الأنزيم، وتمت إضافته إلى دقيق القمح بتركيز 60ppm (60 ملغ حمض أكوربيك/1كغ قمح) (Al- Senaidy and Ismael., 2011,295; Feillier, 2000,16) حيث يتفاعل حمض الأسكوربيك مع المركبات الوسيطة (الكوينونات) ويرجعها إلى مركبات الفينول.

4- التحليل الإحصائي:

أجريت جميع الاختبارات بثلاثة مكررات وسجلت النتائج كمتوسطات. أجري اختبار تحليل التباين ANOVA ثم تبع باختبار LDS لتحديد الفروق المعنوية بين المتوسطات على مستوى ثقة ($p \leq 0.05$) باستخدام البرنامج الاحصائي Minitab 14.

النتائج والمناقشة:

1- تأثير نسبة الاستخراج في الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق:

حُلِّلت الخصائص الفيزيوكيميائية (الرطوبة، الرماد، البروتين، الغلوتين الرطب، اللون، الحموضة والمطاطية) لأنواع الدقيق (70%، 80%، 90% و100%) المحضرة بطحن أصناف القمح الطري المدروسة (دوما2، دوما4، دوما6، شام4وشام 10).

يبين الجدول(1) النسبة المئوية للرطوبة في أنواع الدقيق الناتج من طحن أصناف القمح الطري المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج.

لوحظ ارتفاع نسبة الرطوبة تدريجياً بفروق معنوية واضحة مع ارتفاع نسبة استخراج الدقيق، ويعود ذلك إلى ترطيب عينات حبوب القمح الطري قبل عملية الطحن حتى رطوبة 15.5% وذلك من أجل تسهيل عملية الطحن، الأمر الذي أدى إلى ارتفاع نسبة الرطوبة في النخالة (Kerhaili and Marouf, 2014,33)، وتراوحت نسبة الرطوبة بين (11.20-12.17%) للدقيق استخراج 70% و(13.42-13.935%) للدقيق استخراج 100%. وقد بين دراسات سابقة انخفاض نسبة الرطوبة بارتفاع نسبة الاستخراج في حال عدم ترطيب عينات القمح قبل الطحن نتيجة احتواء الاندوسبرم على النسبة الأعلى من الرطوبة (Majzoobi *et al.*, 2013,115).

الجدول (1): النسبة المئوية للرطوبة في أنواع دقيق أصناف القمح الطري المدروسة.

نسبةالاستخراج	دوما2	دوما4	دوما6	شام4	شام10	LSD^b
%70	11.55	011.2	12.01	12.17	11.49	0.012
%80	12.92	11.87	12.65	012.8	11.69	
%90	13.34	12.21	013.4	13.14	12.97	
%100	13.93	13.65	13.93	13.42	013.9	
LSD^a	0.015					LSD^{a*b} 0.026

حيث أن: LSD^a: تشير في الدلالة على وجود فروق معنوية بين عينات دقيق القمح المدروسة عند نفس نسبة الاستخراج.

LSD^b: تشير في الدلالة على وجود فروق معنوية بين عينات الدقيق التابعة لنفس الصنف، بتغيّر نسبة الاستخراج.

LSDa*b:تشير في الدلالة على وجود فروق معنوية بين كل عينات الدقيق المدروسة.

يوضح الجدول (2) التغيرات الحاصلة في النسبة المئوية للبروتينات بتغير نسبة الاستخراج في عينات الدقيق المستخدم لأصناف القمح الطري. ويتضح من الجدول التزايد التدريجي لنسبة البروتين بارتفاع نسبة الاستخراج، حيث تراوحت النسبة المئوية للبروتينات بين (9.56–11.52%)، وذلك لاحتواء القشور (النخالة) على 12.5% من مجمل بروتينات القمح (Inas, 2020,1122; Fiellet, 2000,12).

الجدول (2): النسبة المئوية للبروتينات في أنواع دقيق أصناف القمح الطري المدروسة.

نسبةالاستخراج	دوما2	دوما4	دوما6	شام4	شام10	LSD^b
%70	9.56	9.61	010.1	9.62	9.95	0.012
%80	9.94	9.98	10.44	9.96	010.3	
%90	10.25	10.29	10.85	010.3	10.74	
%100	10.93	011.1	11.52	.0011	11.42	
LSD^a	0.016					LSD^{a*b} 0.027

يوضح الجدول (3) تغير نسبة الرماد بتغير نسبة الاستخراج في عينات الدقيق الناتج من أصناف القمح الطري السوري المستخدم. ارتفعت نسبة الرماد تدريجياً بارتفاع نسبة الاستخراج، وذلك لأن الرماد يتركز في النخالة (Inas, 2020,1122; Kerhaili and Marouf, 2014,32)، وقد تبين أن الصنف شام10 احتوى على أعلى نسبة من الرماد، يليه الصنف دوما4، بينما الصنف دوما 6 كان الأقل من حيث نسبة الرماد.

الجدول (3): النسبة المئوية للرماد في أنواع دقيق أصناف القمح الطري المدروسة.

نسبةالاستخراج	دوما2	دوما4	دوما6	شام4	شام10	LSD^b
%70	0.77	0.87	0.62	0.72	1.18	0.012
%80	0.87	1.12	0.73	1.14	1.59	
%90	1.48	1.43	1.14	1.31	1.75	
%100	1.56	1.81	1.52	1.66	1.91	
LSD^a	0.016					LSD^{a*b} 0.027

قِيست درجة لون أنواع الدقيق الناتجة عن طحن أصناف القمح المدروسة، وسُجِّلت النتائج في الجدول (4). لوحظ ارتفاع الدرجة اللونية في الدقيق المستخدم بشكل تدريجي مع ارتفاع نسبة الاستخراج، وتراوحت بين (2.45 درجة) للدقيق 70% الناتج عن الصنف شام10 و(12.33 درجة) للدقيق 100% الناتج ع الصنف دوما6. إن ارتفاع الدرجة اللونية بارتفاع نسبة الاستخراج نتيجة ارتفاع نسبة النخالة التي يتركز فيها أنزيم PPO الذي يساهم بتشكيل مركبات الاسمرار المسببة لتغير اللون نحو الدكانة (Akond *et al.*,2010,187; Kweon *et al.*,2009,13)، بالاضافة إلى أن ارتفاع نسبة الرماد والبروتين مع ارتفاع نسبة الاستخراج يعد من العوامل المساهمة في زيادة اللون دكانةً (Kruger *et al.*, 1996). لوحظ أن العينات عند نسب الاستخراج 80% و90% كانت الأفضل من حيث اللون لتصنيع الخبز، فالدرجة اللونية الأنسب لتصنيعه هي بين 5–10(م.ق.س، 2002/192)، حيث أن الدرجة (5) هي الدرجة المثالية، وكان الصنف شام10 هو الأقرب لهذه الدرجة عند نسبة الاستخراج 80%.

الجدول (4): درجة اللون في أنواع دقيق أصناف القمح الطري المدروسة.

نسبةالاستخراج	دوما2	دوما4	دوما6	شام4	شام10	LSD^b
%70	03.3	03.1	3.28	2.88	2.45	0.025
%80	8.23	.006	7.08	6.38	5.85	
%90	9.25	8.23	010.5	08.8	7.43	
%100	11.48	11.23	12.33	10.15	9.63	
LSD^a	0.033					LSD^{a*b} 0.056

تمَّ تقدير الحموضة الكلية في الدقيق الناتج من أصناف القمح الطري المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج، عندما كان أنزيم PPO نشطاً، كما هو موضح في الجدول (5).

ازدادت الحموضة بشكل إيجابي مع ارتفاع نسبة الاستخراج، وتراوحت بين (2.17–4.15%) وذلك نتيجة ارتفاع الرطوبة كما هو موضح في الجدول (1)، الأمر الذي ساعد في نشاط الأنزيمات المؤدية إلى تحلل اللبيدات والبروتينات والمركبات الفوسفاتية وإعطاء مركبات حامضية (Fiellet, 2000,31).

الجدول (5): درجة الحموضة (مل ليتر/ 100غ دقيق) في أنواع دقيق أصناف القمح الطري المدروسة.

نسبةالاستخراج	دوما2	دوما4	دوما6	شام4	شام10	LSD^b
%70	02.4	62.4	62.3	02.4	72.1	510.0
%80	2.85	2.69	02.5	82.6	2.35	
%90	3.56	03.3	2.77	3.19	2.75	
%100	4.15	4.08	03.1	4.01	3.26	
LSD^a	190.0					LSD^{a*b} 330.0

يبين الجدول(6) نسبة الغلوتين الرطب في الدقيق الناتج من أصناف القمح الطري المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج.

إن تحسن نسبة الغلوتين (الغلياداين والغلوتينين) مع ارتفاع نسبة الاستخراج حتى 80%، حيث تراوحت لنوع الدقيق 80% بين (21.37–32.01%)، يتوافق مع الارتفاع التدريجي لنسبة البروتين كما يظهر في الجدول (2)، إلا أن نسبة الغلوتين تعود لتنخفض عند نسب الاستخراج العالية 90% (19.04–30.90%) و100% (17.62–29.07%)، فعلى الرغم من ارتفاع نسبة البروتين إلا أن جودة الغلوتين تنخفض (Milani, 2018,261) ، حيث تزداد كمية الألياف في الدقيق بارتفاع نسبة الاستخراج (Inas, 2020,1122)، الأمر الذي أدى إلى ازدياد تقطع الشبكة الغلوتينية، وأدى إلى فقد قسم من الغلوتين أثناء إجراء اختبار قياس نسبة الغلوتين الرطب. وكان الصنف شام10 هو الأفضل من حيث نسبة الغلوتين عند استخراج 80%.

الجدول (6): النسبة المئوية للغلوتين الرطب في أنواع دقيق أصناف القمح الطري المدروسة.

نسبةالاستخراج	دوما2	دوما4	دوما6	شام4	شام10	LSD^b
%70	020.7	325.0	022.1	022.4	31.01	320.0
%80	721.3	25.81	22.81	23.12	32.01	
%90	19.04	023.6	020.5	021.8	030.9	
%100	17.62	20.11	19.12	020.5	29.07	
LSD^a	410.0					LSD^{a*b} 720.0

تمَّ تقدير المطاطية في الدقيق الناتج من أصناف القمح الطري المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج، (الجدول 7).

إن صفة المطاطية مرتبطة بقوة الشبكة الغلوتينية فكلما ارتفعت نسبة الغلوتين والشبكة الغلوتينية كلما تحسنت المطاطية، والعكس بالعكس، ودرجة المطاطية المثلى هي 2Cm (Fiellet, 2000,26). ويلاحظ من الجدول السابق تحسن المطاطية بارتفاع نسبة الاستخراج حتى 80% (3.20–2.50)، ومن ثم تراجعت هذه الصفة عند النسب 90% (3.68–3.28) و100% (4.60–4.33) وذلك نتيجة تراجع الشبكة الغلوتينية، وهذا يتوافق مع التغيرات الحاصلة في نسبة الغلوتين كما هو موضح في الجدول (6).

الجدول (7): مؤشر المطاطية (Cm) في أنواع دقيق أصناف القمح الطري المدروسة.

نسبةالاستخراج	دوما2	دوما4	دوما6	شام4	شام10	LSD^b
%70	83.3	83.0	3.15	03.1	02.6	220.0
%80	03.2	02.8	2.85	2.75	02.5	
%90	83.6	03.5	83.2	83.6	33.4	
%100	04.6	4.35	4.55	4.45	34.3	
LSD^a	290.0					LSD^{a*b} 510.0

2- الخصائص الفيزيوكيميائية لأنواع الدقيق بعد تثبيط أنزيم PPO:

يبين الجدول(8) تأثير تثبيط أنزيم PPO في الدرجة اللونية للدقيق الناتج من أصناف القمح الطري المدروسة تبعاً لتغير نسبة الاستخراج. انخفضت الدرجة اللونية بعد تثبيط عمل أنزيم PPO، حيث أدى ذلك إلى تقليل تشكل مركبات الاسمرار في الدقيق المستخدم لتصنيع الخبز (Beecher *et al.*, 2012,1164)، الأمر الذي جعل الدقيق أكثر ابيضاضاً، ولكن الدرجة اللونية استمرت بالارتفاع مع زيادة نسبة الاستخراج، وتراوحت في عينات الدقيق المدروسة بين (2.00–11.65 درجة)، نتيجة ارتفاع نسبة الرماد والبروتين وتأثيرهما السلبي في الدرجة اللونية (Kruger *et al.*, 1996,356). وكانت الدرجة اللونية الأفضل عند نسبة الاستخراج 80% بالنسبة لمجمل العينات (5.10–7.40 درجة)، وكان الصنف شام10 هو الأفضل يليه الصنف دوما4، يليه شام4، ثم دوما2، وأخيراً دوما6. وهذا دليل واضح لتأثير نشاط الأنزيم في الدرجة اللونية فرغم احتواء الصنف شام10 على أعلى نسبة رماد إلا أن لون الدقيق الناتج عنه كان أفضل من باقي الأصناف بعد تثبيط أنزيم PPO.

الجدول (8) درجة اللون في أنواع دقيق أصناف القمح الطري المدروسةبعد تثبيط أنزيم PPO.

نسبةالاستخراج	دوما2	دوما4	دوما6	شام4	شام10	LSD^b
%70	02.3	02.4	82.3	2.25	.002	70.02
%80	07.4	05.2	86.3	05.4	05.1	
%90	08.5	07.3	89.7	87.7	86.5	
%100	810.7	010.2	11.65	09.3	08.9	
LSD^a	50.03					LSD^{a*b} 610.0

يبين الجدول (9) الارتفاع التدريجي في نسبة الحموضة بارتفاع نسبة استخراج الدقيق الناتج من أصناف القمح الطري المدروسة، وذلك بعد تثبيط أنزيم PPO.

بعد تثبيط أنزيم PPO بقي ارتفاع الحموضة تدريجياً تبعاً لارتفاع نسبةا لاستخراج، وتراوحت بين (1.97–3.90%)، ولكنها كانت أقل مما هو عليه الحال قبل تثبيط الأنزيم، ويعود ذلك لإضافة حمض الأسكوربيك الذي يعمل ليس فقط عل ىتثبيط أنزيمPPO وإنما يثبط أيضاً عمل كل من أنزيمات البروتياز والليباز والفوسفاتاز، مما أدى إلى تقليل تحلل الليبيدات والبروتينات والمركبات الفوسفاتية (Fiellet, 2000,31)، وكان الصنف شام10 هو الأقل حموضة يليه الصنف دوما2، ثم الصنف دوما6، ثم الصنفين دوما4 وشام4.

الجدول (9): درجة الحموضة (مل ليتر/ 100غ دقيق) في أنواع دقيق أصناف القمح الطري المدروسة بعد تثبيط أنزيم PPO.

نسبةالاستخراج	دوما2	دوما4	دوما6	شام4	شام10	LSD^b
%70	02.1	02.2	2.15	02.2	71.9	130.0
%80	2.56	2.33	3.35	2.45	62.2	
%90	203.	62.9	2.55	2.98	12.2	
%100	03.9	3.74	2.85	4.25	3.02	
LSD^a	160.0					LSD^{a*b} 290.0

يظهر من الجدول (10) التغيرات الحاصلة في نسبة الغلوتين الرطب بعد تثبيط أنزيم PPO. يلاحظ تحسن نسبة الغلوتين، بشكل عام، في كل العينات، وتراوحت بين (18.61–32.81%) رغم عودتها للانخفاض عند نسب 90% (19.94–31.77%) و100% (18.61–29.95%)، وذلك لأنه عند تثبيط أنزيم PPO ومنع حدوث تفاعلات أكسدة الفينولات مع البروتينات أدى ذلك إلى الحفاظ على الأحماض الأمينية وإيقاف التغييرات في الخصائص الهيكلية والوظيفية والغذائية للبروتينات الغذائية، الأمر الذي ساهم في تحسن نسبة الغلوتين والشبكة الغلوتينية (Matheis and Whitaker, 198413; Yoruk and Marshall, 2003,362)، وقد تفوق الصنف شام10 على بقية الأصناف من حيث نسبة الغلوتين، يليه الصنف دوما4، ثم شام4، ثم الصنف دوما6، ثم الصنف دوما2.

الجدول (10): النسبة المئوية للغلوتين الرطب في أنواع دقيق أصناف القمح الطري المدروسة بعد تثبيط أنزيم PPO.

نسبةالاستخراج	دوما2	دوما4	دوما6	شام4	شام10	LSD^b
%70	021.8	25.91	22.85	023.4	031.8	140.0
%80	22.37	26.82	023.6	223.9	132.8	
%90	19.94	024.5	21.52	8022.	31.77	
%100	18.61	21.15	19.93	321.4	29.95	
LSD^a	180.0					LSD^{a*b} 310.0

يوضح الجدول (11) التغيرات الحاصلة في المطاطية تبعاً لتغير نسبة الاستخراج في عينات الدقيق الناتج من أصناف القمح السوري الطري المدروسة بعد تثبيط أنزيم PPO.

تحسنت المطاطية في كامل العينات بعد تثبيط أنزيم PPO، وتراوحت بين (2.15–3.98)، نتيجة تحسن الشبكة الغلوتينية، وقد تفوق الصنف شام10 على بقية الأصناف من حيث المطاطية، يليه الصنف دوما4، ثم شام4، ثم الصنف دوما6، ثم الصنف دوما2.

الجدول (11): مؤشر المطاطية (Cm) في أنواع دقيق أصناف القمح الطري المدروسة بعد تثبيط أنزيم PPO.

نسبةالاستخراج	دوما2	دوما4	دوما6	شام4	شام10	LSD^b
%70	.003	02.7	32.8	32.9	2.35	270.0
%80	82.7	02.5	32.6	02.6	2.15	
%90	83.2	.003	32.9	03.1	33.1	
%100	83.9	03.9	83.9	03.9	83.8	
LSD^a	350.0					LSD^{a*b} 610.0

الاستنتاجات:

1. بينت نتائج تحليل الخصائص الفيزيوكيميائية لأنواع الدقيق الناتج عن طحن أصناف من القمح الطري المحلي ارتفاع نسبة الرطوبة، الرماد، البروتين، درجة اللون والحموضة بارتفاع نسبة استخراج الدقيق.
2. أدى تثبيط أنزيم بولي فينول أوكسيداز إلى انخفاض الدرجة اللونية للدقيق خصوصاً عند نسب الاستخراج المنخفضة 70% و80%.
3. انخفضت حموضة الدقيق بعد إضافة حمض الأسكوربيك، لكونه بالإضافة إلى تثبيط أنزيم PPO يعمل على تثبيط كل من الليباز والبروتياز والفوسفاتاز.
4. انخفضت نسبة الغلوتين الرطب عند نسب الاستخراج العالية نتيجة ارتفاع نسبة الألياف، التي تعمل على تقطيع الشبكة الغلوتينية، ولكن تحسنت نسبة الغلوتين بعد تثبيط أنزيم PPO نتيجة عدم تخرب الأحماض الأمينية والحفاظ على الخصائص الوظيفية والهيكلية للبروتينات.
5. تحسنت المطاطية بارتفاع نسبة الاستخراج حتى 80%، ومن ثم تراجعت نتيجة تراجع الشبكة الغلوتينية، وبعد تثبيط أنزيم PPO تحسنت المطاطية في معظم العينات ولكنها بقيت رديئة نسبياً عند نسب الاستخراج العالية 90% و100%.
6. تفوق الدقيق الناتج عن الصنف شام10 على باقي أصناف القمح الطري المدروسة، من حيث اللون ونسبة الغلوتين والمطاطية، عند نسبة الاستخراج 80%

التوصيات:

1. التوسع بدراسة باقي أصناف القمح الطري السوري ومعرفة مدى تأثير تثبيط أنزيم PPO في الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق الناتج منها.
2. يوصى بدراسة التغيرات الحاصلة للأحماض الأمينية بعد تثبيط أنزيم PPO.
3. تجربة مثبطات أخرى لأنزيم PPO مثل حمض السيستئين ومقارنته بحمض الأسكوربيك، وملاحظة مدى تأثيره في الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق.

المراجع References:

1. AACC. 2000. Approved Methods of the AACC, 10th edn. Methods 44-15A, 08-01, 46-10, 38-12A. St Paul, MN. AACC.
2. Akond, M., Khandaker, L., Hossain, G. K. and Furuta, Y. 2010. Total polyphenol, polyphenol oxidase, antioxidant activity and color profiles of some wheat varieties from Bangladesh. Journal of Agriculture and Biological Sciences, 6, 186-190.
3. Al-Senaidy, A. M. and Ismael, M. A. 2011. Purification and characterization of membranebound peroxidase from date palm leaves (*Phoenix dactylifera* L.).Saudi Journal of Biological Sciences, 18, 293-298.
4. Atwell, W. A. 2001. Wheat Flour. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA.14, 117-163.
5. Baik, B. K., Czuchajowska, Z. and Pomeranz, Y. 1994. Comparison of polyphenol oxidase activities in wheats and flours from Australian and US. Cultivars. Journal of Cereal Science, 19, 291-296.
6. Beecher, B.S., Carter, A.H. and See, D.R. 2012. Genetic mapping of new seed-expressed polyphenol oxidase genes in wheat (*Triticum aestivum* L.) Theor Appl Gene., 124, 1463-1473.
7. Beta, T., Nam, S., Dexter, J. E., and Sapirstein, H., D. 2005. Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fraction. Cereal Chemistry, 82, 390-393.
8. Felton, G.W., Donato, K., Del Vecchio, R.J. and Duffey, S.S. 1989. Activation of plant foliar oxidases by insect feeding reduces nutritive quality of foliage for noctuid herbivores. J. Chem. Ecol., 15, 2667-2694.
9. Felton, G.W., Donato, K.K., Broadway, R.M. and Duffey, S.S. 1992. Impact of oxidized plant phenolics on the nutritional quality of dietar protein to a noctuid herbivore,*Spodoptera exigua*. J. Insect Physiol., 38, 277- 285.
10. Fiellet, P. 2000.Le grain de blé. Composition et utilisation. Mieux comprendre. INRA. Techniques et Documentations, lavoisier, Paris, 11-39.
11. Fuerst, E.P., Anderson, J.V. andMorris, C.F. 2006. Polyphenol oxidase in wheat grain: Whole kernel and bran assays for total and soluble activity. Cereal chemistry, 83, 10-16.
12. Godon،B.؛ Loisel W.. *Guide pratique d'analyses dans les industries des Cereales.* Techniques et Documentations, Lavoisier, paris, (1984), Pages 32-55.
13. Inas, A. 2020. The effect of changing the milling extraction rate on the flour properties. Technology Reports of Kansai University, 62, 1121-1129.
14. Kerhaili. Y. and Marouf, N. 2014. Identifying the factors influencing fiber and protein in the produced bread in the Coastal Region. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series, 36, (2).5-39.
15. Kruger, J. E., Matsuo, R. B., and Dick, J. W. 1996. Pasta and Noodle Technology. AACC International, St. Paul, MN, 356p.
16. Kweon, M., Martin, R., and Souza, E. 2009. Effect of tempering conditions on milling performance and flour functionality. Cereal Chemistry, 86, 12-17.
17. Lamsal, B. P. and Faubion, J. M. 2009. Effect of an enzyme preparation on wheat flour and dough color, mixing, and test baking, Lwt Food Science and Technology, 42, 1461-1467.
18. Majzoobi,M. A., Farahnaky, Z.,Nematolahi, M. M., Hashemi, and Taghipour,M. 2013. Effect of different levels and particle sizes of wheat bran on the quality of flat bread. Journal of Agricultural Science and Technology, 15, 115-123.
19. Matheis, G. and Whitaker, J.R. 1984. Modification of proteins by polyphenol oxidase and peroxidase and their products. J. Food Biochemistry, 8, 137- 162.

20. Milani, J. 2018. Application of coated wheat bran to producing barbari bread with increased nutritional value and improved bread texture and sheif life. Acta Alimotaria, 47, 259-266.
21. Muchuweti, M., Zenda, G., Ndhlala, R. A. and Kasiyamhuru, A. 2005. Sugars, organic acid and phenolic compounds ofZiziphus mauritianaFruit. European Food Research and Technology, 221, 570-574.
22. Okot-Kotber, M., Liavoga, A., Yong, J. and Bagorogoza, K. 2001. Activity and inhibition of polyphenol oxidase in extracts of bran and other milling fractions from a variety of wheat cultivars. Cereal Chemistry, 78, 514-520.
23. Osuga, D., Schaaf, V.D.A. and Whitaker, R. 1994. Control of polyphenol oxidase activity using a catalytic mechanism, R. Y. Yada et al. (eds), Protein Structure-Function Relationships in Foods. Springer Science+Business Media, New York.
24. Pomeranz, Y. and Williams, P. C. 1990. Wheat hardness: Its genetic, structure and biochemical background, measurement and significance. In: Pomeranz, Y. Advances in Cereal Science and Technology. AACC, St. Paul, Minnesota, USA. 471-557.
25. Rani, K. U., Prasada-Rao, U. J. S., Leelavathi, K. and Haridas-Rao, P. 2001. Distribution of enzymes in wheat flour mill streams. Journal of Cereal Science, 34, 233-242.
26. Sanz-Penella,J.M., Wronkowska,M., Soral-Smietana,M.and Haros, M.2013. Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. LWT – FoodScience and Technology, 50, 679-685.
27. Sivam,A.S., Sun-Waterhouse,D., Perera,C.O. and Waterhouse,G.I.N.2013. Application of FT-IR and Raman spectroscopy for the study of biopolymers in breadsfortified with fibre and polyphenols. Food Research International, 50, 574-585.
28. Sun, Y., He, Z., Ma, W. and Xia, X. 2011. Alternative splicing in the coding region of Ppo-A1 directly influences the polyphenol oxidase activity in common wheat (*Triticum aestivum* L). Springer link, 85-93.
29. Verma, B., Hucl, P. and Chibbar, R. N. 2008. Phenolic content and antioxidant properties of bran in 51 wheat cultivars. Cereal Chem., 85, 544-549.
30. Yadav, D. N., Patki, P. E., Srihari, S. P., Sharma, G. K. and Bawa, A. S. 2010. Studies on polyphenol oxidase activity of heat stabilized whole wheat flour and its chapatti making quality. International Journal of Food Properties, 13, 142-154.
31. Yoruk, R. and MarshallR. M. 2003. Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase: A review. Journal of Food Biochemistry, 27, 361-422.