

تأثير أنزيم PPO (بولي فينول أوكسيداز) في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأنواع الدقيق المنتجة من بعض أصناف القمح الصلب السوري

عيسى منصور¹، أنطون طيفور²، ياسر قرحيلي³

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

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

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

الملخص:

تم إنتاج الدقيق من بعض أصناف القمح الصلب السوري (دوما 1، شام 7، شام 9، بحوث 5، بحوث 11) بنسب استخراج محددة (70%، 80%، 90%، 100%)، ومن ثم تم تثبيط عمل أنزيم بولي فينول أوكسيداز عبر إضافة حمض الاسكوربيك إلى الدقيق، وذلك بهدف دراسة تأثير نشاط هذا الأنزيم على بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للدقيق الناتج، والوصول إلى تحديد الصنف الأمثل للتصنيع ونسبة الاستخراج المثلى.

أظهرت الدراسة ارتفاع نسبة المحتوى المائي والرماد والبروتين بارتفاع نسبة استخراج دقيق القمح الصلب الناتج، كما أظهرت ارتفاع الدرجة اللونية بارتفاع نسبة الاستخراج نتيجة ارتفاع نسبة الأغلفة الخارجية التي يتركز فيها أنزيم PPO، وتراجع درجة اللون بعد تثبيط هذا الأنزيم، حيث كانت الدرجة اللونية الأفضل عند نسبة الاستخراج 80%، وكان الصنف بحوث 5 ودوما 1 هما الأقرب إلى الدرجة اللونية (10) يليهما الصنف بحوث 11، أما الحموضة فقد ارتفعت بارتفاع نسبة الاستخراج، وانخفضت نسبياً بعد العمل على تثبيط أنزيم PPO، وبالنسبة للغلوتين الرطب فقد ارتفعت نسبته مع ارتفاع نسبة استخراج دقيق القمح الصلب حتى 80% ومن ثم عاد للانخفاض نتيجة لانخفاض جودة الغلوتين وارتفاع نسبة الألياف في الدقيق، وقد تحسنت تثبيط أنزيم بولي فينول أوكسيداز، وتبين أيضاً تفوق الصنف دوما 1 على باقي الأصناف من حيث نسبة الرماد والبروتين، ومن حيث نسبة الغلوتين والمطاطية عند نسبة الاستخراج 80%
الكلمات المفتاحية: PPO، دقيق القمح، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، القمح الصلب.

تاريخ الإيداع: 2022/10/30

تاريخ القبول: 2023/1/22



حقوق النشر: جامعة دمشق -

سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق

النشر بموجب الترخيص CC

BY-NC-SA 04

The effect of PPO (polyphenol oxidase) on the physicochemical properties of flour types produced from some varieties of Syrian durum wheat

Mansour¹, Tayfor², Karhylic³

¹Ph.D. Candidate, Food Science Department, Agriculture Faculty.

²Professor, Food Science Department, Agriculture Faculty, Damascus University, P. O. Box: 30621.

³Assistant Professor, Department of Food Technology, Faculty of Technical Engineering, Tartous University.

Abstract:

Flour was produced from some varieties of Syrian durum wheat (Douma 1, Sham 7, Sham 9, Buhouth 5, Buhouth 11) with specific extraction rates (70%, 80%, 90%, 100%), and then the action of the polyphenol enzyme was inhibited. Oxidase 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 optimum variety for manufacturing and the optimum extraction ratio.

The study showed a high percentage of moisture, ash and protein with a high percentage of extracted durum wheat flour, The color tone increased with the increase in the percentage of extraction as a result of the high percentage of the outer shells in which the PPO enzyme was concentrated, and the color tone decreased after inhibiting this enzyme, as the color tone was the best at the extraction rate of 80%, The cultivar Bohouth 5 and Douma 1 were the closest to the chromatic hue (10), followed by the cultivar Bohouth 11, High acidity with high extraction rate, and relatively low after working on the inhibition of the enzyme PPO, The increase in the percentage of wet gluten with a high percentage of extracting durum wheat flour up to 80% and then returning to a decrease, as a result of the low quality of gluten and the high percentage of fiber in the flour, Douma 1 cultivar outperformed the rest of the cultivars in terms of the percentage of ash and protein, the superiority of the Douma 1 variety over the rest of the varieties in terms of the percentage of gluten and elasticity, at an extraction rate of 80%.

Keywords: Polyphenol Oxidase, Wheat Flour, Physicochemical Properties, Durum Wheat.



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

المقدمة:

تتركب حبوب القمح كيميائياً بشكل رئيسي من الكربوهيدرات والبروتينات والليبيدات والعناصر المعدنية والماء، بالإضافة إلى مكونات أخرى موجودة بنسب قليلة كالفيتامينات والأنزيمات.

ولكن أهم ما يميز القمح عن بقية أنواع الحبوب هو خصائص بروتيناته الفريدة، بحيث يكون الدقيق الناتج عنه هو الأفضل لصناعة المعجنات بشكل عام.

فعند مزج دقيق القمح مع الماء تتحد بروتيناته (الغليادين والغلوتينين) مع بعضها ومع مركبات أخرى مثل الليبيدات والكربوهيدرات وبعض العناصر المعدنية لتشكيل كتلة لزجة مطاطية تدعى الغلوتين (Feillet, 1980,183)، حيث يكون الغليادين مسؤول عن صفة اللزوجة والغلوتينين عن صفة المطاطية (Weegels *et al.*, 1996,2; Khatkar and Schofield, 1997,86)

وللحكم على جودة دقيق القمح ومنتجاته هناك العديد من العوامل ويعتبر اللون من أهمها، فهو الصفة المباشرة التي يحكم المستهلك من خلالها، وتتعدد العوامل المؤثرة على اللون كالصبغات الطبيعية مثل الكلوروفيل والكاروتينويدات والأثوسيانينات (Lamsal and Faubion 2009,1461)، أو الصبغات الناتجة عن التفاعلات الأنزيمية مثل أنزيم بولى فينول أوكسيداز الذي يلعب الدور الأساسي في إنتاجها. فظاهرة التلون البني منتشرة على نطاق واسع في الغذاء وتشكل مع العوامل الحسية الأخرى الدعامة الأساسية لمدى تقبل الإنسان للغذاء إذ أن لهذه التفاعلات علاقة كبيرة بمظهر ونكهة الغذاء

ويُعتبر أنزيم بولى فينول أوكسيداز (PPO) Polyphenoloxidase من الإنزيمات المتواجدة في النباتات بصورة واسعة وهو من الإنزيمات المؤكسدة الذي يحفز أكسدة بعض المركبات الفينولية بوجود الأوكسجين لتكوين مواد ذات لون اصفر فاتح تتدرج في دكانتها كنتيجة لتفاعلات البلمرة معطية في النهاية ما يعرف بالميلانينات ذات اللون البني الداكن.

وقد أشارت الإحصائيات إلى أن كمية كبيرة من الإنتاج العالمي من الخضار والفواكه تفقد بنتيجة تفاعلات الاسمرار التي تحدث بعد القطاف. إن هذا التغيير 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).

إن ظاهرة الاسمرار الأنزيمي تعتبر من أهم مصادر الاسمرار في منتجات الدقيق حيث أن أنزيمات بولى فينول أوكسيداز تعمل على تحويل المركبات الفينولية الموجودة في الدقيق إلى مركبات ملونة (ميلانين) بوجود الأوكسجين (Rani *et al.*, 2001,235) (Atwell, 2001,117) ويوجد العديد من هذه الأنزيمات فمنها مونوفينول أوكسيداز والكاتيكول أوكسيداز والتيروزيناز، وقد بينت الدراسات 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)، وقد أكد (Baik *et al.*, 1994,292) أن أنزيم PPO هو المسؤول الأساسي عن تلون النودلز والخبز العربي، كما أن بعض الدراسات السابقة بينت أن الفينولات تتركز بشكل كبير في النخالة وأن فعالية أنزيم بولى فينول أوكسيداز تزداد مع زيادة نسبة النخالة في الدقيق نتيجة ارتفاع تركيز هذا الأنزيم بصورة كبيرة في طبقات الأغلفة، وبالتالي فإن الفعالية الأنزيمية تزداد مع ارتفاع نسبة الاستخراج. (Akond *et al.*,2010,187;Kweonet *al.*,2009,12; Beta *et al.*,2005,390; Verma *et al.*,2008,544)

إن التفاعلات العرضية لمنتجات أكسدة المركبات الفينولية مع بروتينات الغذاء يمكن أن تؤدي إلى تغييرات في الخصائص الهيكلية والوظيفية والغذائية للبروتينات الغذائية (Matheis and Whitaker, 1984,13; Yoruk and Marshall, 2003,362) مما يؤثر

بشكل مباشر على تخفيض القيمة الغذائية لبروتينات الغذاء، ويرجع الانخفاض فى هذه القيمة الغذائية إلى تفاعلات الكينونات مع سلاسل جانبية من الأحماض الأمينية الأساسية فى البروتينات (Matheis and Felton *et al.*, 1989,2668; 1992,279) وبناءً على ماسبق، وملاحظة تأثير نشاط أنزيم بولى فينول أوكسيداز بصورة مباشرة فى استمرار الدقيق وفى القيمة الغذائية لمنتجات هذا الدقيق، كان لابد من دراسة هذا التأثير على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للدقيق المنتج من بعض أصناف القمح الصلب السوري تبعاً لتغير نسبة الاستخراج المؤثرة بصورة مباشرة فى تركيز هذا الأنزيم.

طرائق البحث ومواده:

1- مواد البحث:

اختيرت عدة أصناف من القمح الصلب السوري (دوما 1، شام 7، شام 9، بحوث 5، بحوث 11) تم الحصول عليها من المؤسسة العامة لإكثار البذار بحلب بدرجة نقاوة عالية، تم تنظيف عينات القمح من الشوائب والأجرام باستخدام منخلين الأول قطر فتحاته 20×2 مم والثاني قطر فتحاته 20×1 مم.

رطبّت حبوب أصناف القمح الصلبة إلى درجة رطوبة 16.5% لمدة 36 ساعة، بدرجة حرارة الغرفة 19 م° ورطوبة جوية 70% حيث تحسب كمية الماء المضاف حسب طريقة AACC رقم 26-95 (AACC، 2000).

طحن الحبوب النظيفة والمكيفة باستخدام مطحنة Brabender حسب AACC رقم 26-50 (AACC، 2000) لإنتاج عدة أنواع دقيق بنسب استخراج مختلفة حيث تم اعتماد أربع نسب استخراج وهي (70%، 80%، 90%، 100%)

2- الاختبارات الفيزيائية والكيميائية للدقيق:

1. درجة اللون: باستخدام جهاز Kent Jonese & Martin color grader (Fiellet., 2000,22)
2. النسبة المئوية للمحتوى المائي: AACC رقم 44-15A (AACC، 2000) حيث اعتمدت طريقة التجفيف حتى الوزن الثابت، وهذه الطريقة تعتمد على تبخير الماء الموجود ضمن المادة المراد معرفة رطوبتها فى فرن كهربائي ضمن درجة حرارة ثابتة 105م⁰ حتى ثبات الوزن.
3. النسبة المئوية للرماد: AACC رقم 08-01 (AACC، 2000)، حيث تم تحديد الرماد بالطريقة الجافة وذلك برفع درجة حرارة المادة العضوية إلى (550-600م⁰) حتى الحصول على متبقي ملون بالأبيض الرمادي.
4. النسبة المئوية للبروتين: باستخدام طريقة كداهل رقم 46-10 (AACC، 2000).
5. النسبة المئوية للغلوتين الرطب: AACC رقم 38-12A (AACC، 2000) وفي هذه الطريقة تغسل العجينة بالماء المملح (2%) حتى زوال كامل النشاء.
6. النسبة المئوية للحموضة: وفقاً للدليل العملي لتحليل الحبوب (GODON and LOISEL., 1984,33) حيث أن حموضة الدقيق هي حموضة كلية وتعتبر عن عدد الميللي لبيترات من مادة ذات تأثير قلوي مثل ماءات الصوديوم 0.1N القادرة على معادلة المواد ذات التأثير الحامضي الموجودة فى 100g من الدقيق.
7. المطاطية: وفقاً للدليل العملي لتحليل الحبوب (GODON and LOISEL., 1984,35) حيث تعتبر المطاطية من أهم الصفات الريولوجية للعجين، وتعتبر عن قابلية العجين للمط دون تقطع بحيث يسمح هذا الأمر بحجز غازات التخمر دون تهتك أو تقطع العجين، وتقاس ب Cm.

3- تثبيط أنزيم PPO:

من أجل دراسة مدى تأثير النشاط الأنزيمي فى عملية الاسمرار، تم تثبيط نشاط PPO بطريقة غير مباشرة استناداً إلى المراجع التي تحدد الطرق اللازمة لتثبيطه، وذلك بهدف دراسة التغيرات الحاصلة فى الخصائص الفيزيائية والكيميائية للدقيق الناتج. حيث اعتمد Feilliet (2000,19) فى دراسته للاسمرار الأنزيمي بفعل نشاط PPO على طريقة تثبيطه من خلال إضافة حمض الأسكوربيك أو السستينين وإجراء مقارنة فى الدرجة الضوئية للأقراص المصنعة من دقيق وسميد القمح بحيث تبين له أن الدرجة الضوئية تتناسب عكساً مع ارتفاع نشاط الأنزيم.

وفى هذا البحث تم اعتماد إضافة حمض الأسكوربيك الحبيبي إلى الدقيق مباشرة فى هذا العمل من أجل تثبيط هذا الأنزيم، وأضيف إلى دقيق القمح بتركيز 60ppm (60 ملغ حمض أسكوربيك/كغ قمح) (Al- Senaidy and Ismael.,2011,295; Feilliet, 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. أجرى اختبار تحليل التباين ANOVA ثم تبع باختبار LDS لتحديد الفروق المعنوية بين المتوسطات على مستوى ثقة ($p \leq 0.05$) باستخدام البرنامج الإحصائي Minitab 14.

النتائج والمناقشة:

قدّر كل من اللون والمحتوى المائى والرماد والبروتين والغلوتين الرطب والمطاطية والحموضة فى كل أصناف دقيق الصلب المستخدمة.

1. تقدير نسبة المحتوى المائى فى الدقيق:

رُطبت عينات القمح الصلب قبل عملية طحن الحبوب حتى رطوبة 16.5% بهدف تسهيل عملية الطحن (AACC، 2000)، الأمر الذي أدى إلى ارتفاع نسبة المحتوى المائى فى الأغلفة الخارجية (Feilliet., 2000,22) مما أدى إلى ارتفاع نسبة المحتوى المائى تدريجياً مع ارتفاع نسبة الاستخراج وبفروق معنوية واضحة ويظهر ذلك جلياً فى الجدول (1)، وقد بين دراسات سابقة انخفاض نسبة المحتوى المائى بارتفاع نسبة الاستخراج فى حال عدم ترطيب عينات القمح قبل الطحن نتيجة احتواء الأندوسبرم على النسبة الأعلى من المحتوى المائى. (Majzoobi *et al.*, 2013,115).

الجدول(1): تغير النسبة المئوية المحتوى المائى فى الدقيق المستخدم لأصناف القمح الصلب المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج.

LSD ^b	بحوث 11	بحوث 5	شام 9	شام 7	دوما 1	نسبة الاستخراج
0.013	12.3	12.2	11.5	12.27	12.51	%70
	12.8	13.12	12.7	13.3	12.85	%80
	13.5	13.93	13.7	13.93	13.37	%90
	14.3	14.63	14.89	14.78	14.95	%100
LSD ^{a*b} 0.029	0.016					LSD ^a

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

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

LSD^{a*b}: تشير فى الدلالة على وجود فروق معنوية بين كل عينات الدقيق المدروسة.

2. تقدير نسبة البروتين في الدقيق:

يظهر من الجدول (2) ارتفاعاً تدريجياً في نسبة البروتين بارتفاع نسبة الاستخراج وذلك لاحتواء الأغلفة الخارجية (النخالة) على 12.5% من مجمل بروتينات القمح (Inas, 2020,1122; Fiellet, 2000,12).

الجدول(2): تغير النسبة المئوية البروتين في الدقيق المستخدم لأصناف القمح الصلب المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج.

LSD ^b	بحوث 11	بحوث 5	شام 9	شام 7	دوما 1	نسبة الاستخراج
0.011	11.04	9.81	9.99	10.93	11.31	%70
	11.44	10.16	10.32	11.3	11.79	%80
	11.80	10.628	10.71	11.72	12.62	%90
	12.62	11.19	11.405	12.51	12.93	%100
LSD ^{a*b} 0.025	0.013				LSD ^a	

تميز الصنف دوما 1 بأعلى نسبة بروتين، يليه الصنف بحوث 11، ثم الصنف شام 7، ثم شام 9، وأخيراً الصنف بحوث 5.

3. تقدير نسبة الرماد في الدقيق:

ارتفعت نسبة الرماد تدريجياً بارتفاع نسبة الاستخراج وبفروق معنوية واضحة، كما يظهر في الجدول (3) وذلك لأن الرماد يتركز في الأغلفة الخارجية للحبة (Inas, 2020,1122; Kerhaili and Marouf, 2014,32).

الجدول(3): تغير نسبة الرماد في الدقيق المستخدم لأصناف القمح الصلب المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج.

LSD ^b	بحوث 11	بحوث 5	شام 9	شام 7	دوما 1	نسبة الاستخراج
0.014	0.86	1.02	1.18	1.09	1.22	%70
	1.19	1.33	1.49	1.11	1.41	%80
	1.35	1.64	1.75	1.42	1.74	%90
	1.69	1.8	1.91	1.89	1.93	%100
LSD ^{a*b} 0.032	0.017				LSD ^a	

يبين الجدول أن أعلى نسبة رماد كانت موجود في الصنف دوما 1 ، يليه الصنف شام 9، ثم الصنف شام 7، ثم بحوث 5، ثم الصنف بحوث 11.

4. تقدير اللون في الدقيق المستخدم في حال نشاط أنزيم PPO:

إن ارتفاع الدرجة اللونية بارتفاع نسبة الاستخراج كما يظهر في الجدول (4) ما هو إلا نتيجة ارتفاع نسبة الأغلفة الخارجية التي يتركز فيها أنزيم PPO والذي يساهم بدوره في تشكيل مركبات الاسمرار المؤدية إلى تغير لون الدقيق نحو الدكامة (Akond et al.,2010,187; Kweon et al.,2009,13)، كما أن ارتفاع نسبة الرماد والبروتين مع ارتفاع نسبة الاستخراج يعد من العوامل المساهمة في اسمرار لون الدقيق. (Kruger et al., 1996,356).

الجدول(4): تغير الدرجة اللونية فى الدقيق المستخدم لأصناف القمح الصلب المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج.

LSD ^b	بحوث 11	بحوث 5	شام 9	شام 7	دوما 1	نسبة الاستخراج
0.028	4.85	4.45	3.73	3.5	5.2	%70
	11.55	10.8	10.4	9.25	11.1	%80
	13.1	12.8	12.8	11.45	13.5	%90
	14.3	14.2	14.25	13.63	15.45	%100
LSD ^{a*b} 0.064	0.025					LSD ^a

إن نسب الاستخراج 80% و 90% بالنسبة لمجمل الأصناف المدروسة من حيث اللون تعتبر ضمن الحدود المسموح بها للتصنيع، فالدرجة اللونية المسموح بها لتصنيعه هي بين 10-15 (م.ق.س 2002/192).

5. تقدير اللون فى الدقيق المستخدم بعد تثبيط أنزيم PPO:

يبين الجدول(5) انخفاض الدرجة اللونية بعد تثبيط عمل أنزيم PPO حيث أدى ذلك إلى إيقاف تشكل مركبات الاسمرار فى الدقيق المعد لتصنيع النودلز (Beecher *et al.*, 2012,1464)، مما جعل الدقيق أكثر ابيضاضاً، ولكن الدرجة اللونية استمرت بالارتفاع، نتيجة ارتفاع نسبة كل من الرماد والبروتين مع زيادة نسبة الاستخراج. (Kruger *et al.*, 1996,356)

الجدول(5): الدرجة اللونية فى الدقيق المستخدم لأصناف القمح الصلب المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج، بعد تثبيط أنزيم PPO

LSD ^b	بحوث 11	بحوث 5	شام 9	شام 7	دوما 1	نسبة الاستخراج
0.03	3.5	3.7	3.1	2.7	3.2	%70
	10.75	10.2	9.72	8.2	10.35	%80
	13.7	12.13	12.25	10.98	14.4	%90
	13.68	13.55	13.45	13.075	14.38	%100
LSD ^{a*b} 0.07	0.028					LSD ^a

إن الدرجة اللونية الأفضل كانت عند نسبة الاستخراج 80%، حيث أنه بعد تثبيط أنزيم PPO، كان الصنف بحوث 5 ودوما 1 هما الأقرب إلى الدرجة اللونية (10) يليهما الصنف بحوث 11.

6. تقدير الحموضة فى الدقيق المستخدم فى حال نشاط أنزيم PPO:

ازدادت الحموضة بشكل طردي مع ارتفاع نسبة الاستخراج الدقيق الناتج من أصناف القمح الصلب السوري المدروسة وبفروق معنوية واضحة، كما هو مبين فى الجدول (6).

الجدول(6): تغير نسبة الحموضة فى الدقيق المستخدم لأصناف القمح الصلب المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج.

LSD ^b	بحوث 11	بحوث 5	شام 9	شام 7	دوما 1	نسبة الاستخراج
0.018	2.55	1.75	2.45	2.39	2.35	%70
	2.63	2.3	2.59	2.46	2.57	%80
	3.05	2.86	3.24	2.76	3.22	%90
	3.55	3.93	4.25	3.81	3.79	%100
LSD ^{a*b} 0.041	0.021					LSD ^a

يعود الارتفاع التدريجي للحموضة إلى الارتفاع الطردي للمحتوى المائي الذي على نشاط أنزيمات البروتياز والليباز والفوسفاتاز المساهمة في تحلل الدهون والبروتينات والمركبات الفوسفاتية والمؤدية إلى إعطاء مركبات حامضية (Fiellet, 2000,31)

7. تقدير الحموضة في الدقيق المستخدم بعد تثبيط أنزيم PPO:

يبين الجدول (7) ارتفاع الحموضة تدريجياً تبعاً لارتفاع نسبة الاستخراج بعد تثبيط أنزيم PPO، ولكنها كانت أقل مما هو عليه الحال قبل تثبيط الأنزيم، ويعود ذلك لإضافة حمض الأسكوربيك الذي يعمل ليس فقط على تثبيط أنزيم PPO وإنما يثبط أيضاً عمل كل من الأنزيمات المؤدية إلى تقليل تحلل الدهون والبروتينات والمركبات الفوسفاتية. (Fiellet, 2000,31) ، وهذا ما ساهم في خفض حموضة العينات بشكل عام.

الجدول(7): نسبة الحموضة في الدقيق المستخدم لأصناف القمح الصلب المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج، بعد تثبيط أنزيم PPO.

نسبة الاستخراج	دوما 1	شام 7	شام 9	بحوث 5	بحوث 11	LSD ^b
%70	2.18	2.18	2.15	1.55	2.37	0.02
%80	2.46	2.31	2.3	2.13	2.38	
%90	2.98	2.58	2.85	2.7	2.81	
%100	3.61	3.61	3.89	3.8	3.35	
LSD ^a	0.022					LSD ^{a*b} 0.052

يلاحظ من الجدول (7) وجود تفاوت في نسبة الحموضة بين الأصناف وعند نسب الاستخراج المختلفة، فمثلاً كانت حموضة الصنف بحوث 5 هي الأقل عند نسبة الاستخراج 70%، ولكن عند نسبة الاستخراج 100 % كانت حموضة الصنف بحوث 11 هي الأدنى، وذلك يعود لاختلاف محتوى الحبوب من الدهون والبروتينات والمركبات الفوسفاتية، ومحتوى الأغلفة الخارجية من الأنزيمات المحللة (Fiellet, 2000,31)، ويعود أيضاً لمحتوى الدقيق الناتج من المحتوى المائي كما يبين الجدول (1) الخاص بالمحتوى المائي.

8. تقدير الغلوتين الرطب في الدقيق المستخدم في حال نشاط أنزيم PPO:

يبين الجدول (8) ارتفاع نسبة الغلوتين الرطب في الدقيق الناتج تبعاً لتغير نسبة الاستخراج، وذلك ضمن حدود معينة حيث تعود نسبة الغلوتين الرطب للانخفاض بعد نسبة الاستخراج 80%.

الجدول(8):تغير نسبة الغلوتين الرطب في الدقيق المستخدم لأصناف القمح الصلب المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج.

نسبة الاستخراج	دوما 1	شام 7	شام 9	بحوث 5	بحوث 11	LSD ^b
%70	38.6	32.2	31.9	30.8	33.24	0.035
%80	39.41	32.78	32.5	31.44	33.76	
%90	36.2	31.4	31.18	30.43	32.51	
%100	34.19	29.5	29.57	28.71	30.78	
LSD ^a	0.046					LSD ^{a*b} 0.087

يوضح الجدول تحسن نسبة الغلوتين مع ارتفاع نسبة الاستخراج حتى 80% بما يتوافق مع الارتفاع الطردي لنسبة البروتين كما هو مبين في الجدول (2) الخاص بتقدير نسبة البروتين، لكن عودة الغلوتين للانخفاض عند نسب الاستخراج العالية 90% و 100% رغم ارتفاع

نسبة البروتين ناتج عن انخفاض جودة الغلوتين (Milani, 2018,261)، حيث تزداد كمية الألياف في الدقيق بارتفاع نسبة الاستخراج (Inas, 2020,1122) مما أثر على الشبكة الغلوتينية بشكل سلبي، وأدى إلى ضياع قسم من الغلوتين بالغسيل.

9. تقدير الغلوتين الرطب في الدقيق المستخدم بعد تثبيط أنزيم PPO:

تحسنت نسبة الغلوتين الرطب في مجمل عينات الدقيق المنتجة من أصناف القمح السوري الصلب بعد تثبيط أنزيم بولي فينول أوكسيداز، وذلك بسبب توقف التغييرات الخاصة في الخصائص الهيكلية والوظيفية للبروتينات نتيجة عدم حدوث تفاعلات أكسدة الفينولات مع البروتينات بعد تثبيط الأنزيم مما أدى إلى حماية الأحماض الأمينية من التخرب، وتحسن نسبة الغلوتين والشبكة الغلوتينية. (Matheis and Whitaker, 1984,13; Yoruk and Marshall, 2003,362).

والجدول (9) يوضح التحسن الذي طرأ على نسبة الغلوتين بعد تثبيط أنزيم PPO:

الجدول(9): مقارنة نسبة الغلوتين الرطب في الدقيق المستخدم لأصناف القمح الصلب المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج، بعد تثبيط أنزيم PPO.

نسبة الاستخراج	دوما 1	شام 7	شام 9	بحوث 5	بحوث 11	LSD ^b
%70	38.6	32.2	31.9	30.8	33.24	0.028
%80	39.41	32.78	32.5	31.44	33.76	
%90	36.2	31.40	31.18	30.43	32.51	
%100	34.19	29.5	29.57	28.71	30.78	
LSD ^a	0.037					LSD ^{a*b} 0.07

تباينت أصناف القمح الصلب المدروسة في نسبة الغلوتين الرطب، وكانت أعلى قيمة له في مجمل الأصناف المدروسة عند نسبة الاستخراج 80% قبل وبعد تثبيط الأنزيم، وقد تفوق الصنف دوما 1 على باقي الأصناف من حيث نسبة الغلوتين، يليه الصنف بحوث 11، ثم الصنف شام 7، ثم شام 9، ثم بحوث 5.

10. تقدير المطاطية في الدقيق المستخدم في حال نشاط أنزيم PPO:

قدّرت المطاطية في الدقيق الناتج من أصناف القمح الصلب المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج، ويلاحظ من الجدول (10) تحسن المطاطية بارتفاع نسبة الاستخراج حتى 80%، ومن ثم تراجع هذه الصفة بعد ذلك نتيجة تراجع الشبكة الغلوتينية، وهذا يتوافق مع التغييرات الحاصلة في نسبة الغلوتين كما هو موضح في الجدول (8).

فصفة المطاطية مرتبطة طردياً بقوة الشبكة الغلوتينية، فكلما تحسنت نسبة الغلوتين والشبكة الغلوتينية كلما تحسنت المطاطية، والعكس بالعكس. (Fiellet, 2000,26).

الجدول(10): مطاطية الدقيق (Cm) المستخدم لأصناف القمح الصلب المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج.

نسبة الاستخراج	دوما 1	شام 7	شام 9	بحوث 5	بحوث 11	LSD ^b
%70	2.55	2.65	2.65	2.78	2.62	0.024
%80	2.4	2.57	2.57	2.59	2.5	
%90	2.8	3.6	3.8	3.85	3.23	
%100	4	4.42	4.43	4.6	4.08	
LSD ^a	0.031					LSD ^{a*b} 0.055

أفضل قيمة للمطاطية فى مجمل عينات الدقيق الناتجة من أصناف القمح الصلب المدروسة كانت عند نسبة الاستخراج 80%، وقد تفوق الصنف دوما 1 على باقى الأصناف من حيث المطاطية، يليه الصنف بحوث 11، ثم باقى الأصناف.

11. تقدير المطاطية فى الدقيق المستخدم بعد تثبيط أنزيم PPO:

يوضح الجدول (11) التغيرات الحاصلة فى المطاطية تبعاً لتغير نسبة الاستخراج فى عينات الدقيق الناتج من أصناف القمح السوري الصلب المدروسة.

الجدول(11): مقارنة مطاطية الدقيق (Cm) المستخدم لأصناف القمح الصلب المدروسة، تبعاً لتغير نسبة الاستخراج، قبل وبعد تثبيط أنزيم PPO.

LSD ^b	بحوث 11	بحوث 5	شام 9	شام 7	دوما 1	نسبة الاستخراج
0.023	2.5	2.5	2.48	2.4	2.45	%70
	2.23	2.48	2.4	2.42	2.1	%80
	2.88	3.6	3.58	3.25	2.7	%90
	3.73	4.33	3.98	3.9	3.8	%100
LSD ^{a,b} 0.062	0.029					LSD ^a

أصبحت المطاطية بعد تثبيط أنزيم PPO أفضل مما هو عليه الحال قبل تثبيطه، ويعود ذلك إلى تحسن الشبكة الغلوتينية (Fiellet, 2000,26)، وكانت نسبة الاستخراج الأمثل بالنسبة لصفة المطاطية هي 80% بالنسبة للمجمل الأصناف، وقد تفوق الصنف دوما 1 على باقى الأصناف من حيث المطاطية واقتربت قيمته من القيمة المثلى (Cm2)، يليه الصنف بحوث 11، ثم باقى الأصناف حيث لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين الأصناف (شام 7 وشام 9 وبحوث 11) من حيث المطاطية عند نسبة الاستخراج 80%.

الاستنتاجات:

1. ارتفاع نسبة المحتوى المائى بارتفاع نسبة الاستخراج وذلك نتيجة ترطيب العينات قبل الطحن حتى رطوبة 16.5%، حيث تركز المحتوى المائى فى طبقة النخالة، وارتفاع نسبة الرماد بارتفاع نسبة الاستخراج نتيجة احتواء الأغلفة الخارجية على النسبة الأعلى من المعادن.
2. ارتفاع الدرجة اللونية بارتفاع نسبة الاستخراج نتيجة ارتفاع نسبة الأغلفة الخارجية التي يتركز فيها أنزيم PPO والذي يساهم فى تشكيل مركبات الاسمرار المؤدية إلى تغير لون الدقيق نحو الداكنة، حيث كانت الدرجة اللونية الأفضل عند نسبة الاستخراج 80%، وكان الصنف بحوث 5 ودوما 1 هما الأقرب إلى الدرجة اللونية (10).
3. ارتفاع الحموضة بارتفاع نسبة الاستخراج، نتيجة المحتوى المائى المرتفع الذي ساعد فى نشاط الأنزيمات المؤدية إلى تحلل الدهون والبروتينات والمركبات الفوسفاتية وإعطاء مركبات حامضية، وانخفاض الحموضة بعد إضافة حمض الأسكوربيك، لكونه بالإضافة إلى تثبيط أنزيم PPO يعمل على تثبيط كل من الليباز والبروتياز والفوسفاتاز.
4. ارتفاع نسبة الغلوتين الرطب مع ارتفاع نسبة استخراج دقيق القمح الصلب حتى 80% بما يتوافق مع الارتفاع الطردي لنسبة البروتين، لكن الغلوتين عاد لانتخفاض عند نسب الاستخراج العالية 90% و 100% نتيجة انخفاض جودة الغلوتين وارتفاع

- نسبة الألياف فى الدقيق مما أدى إلى ضياع قسم من الغلوتين بالغسيل، وتحسنت نسبة الغلوتين الرطب فى مجمل عينات الدقيق المنتجة من أصناف القمح السوري الصلب بعد تثبيط أنزيم بولى فينول أوكسيداز، وذلك بسبب توقف التغييرات الخاصة فى الخصائص الهيكلية والوظيفية للبروتينات نتيجة عدم حدوث تفاعلات أكسدة الفينولات مع البروتينات
5. تحسنت المطاطية بارتفاع نسبة الاستخراج حتى 80%، ومن ثم تراجع هذه الصفة بعد ذلك نتيجة تراجع الشبكة الغلوتينية، وهذا يتوافق مع التغييرات الحاصلة فى نسبة الغلوتين.
6. تفوق الصنف دوما 1 على باقى الأصناف من حيث نسبة الرماد والبروتين.
7. تفوق الصنف دوما 1 على باقى الإصناف من حيث نسبة الغلوتين والمطاطية، عند نسبة الاستخراج 80%

التمويل : هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

References:

1. المواصفة القياسية السورية الخاصة بالدقيق رقم 2002/192
2. AACC. 2000. Approved Methods of the AACC, 10th edn. Methods 55-10, 38-12A, 08-01, 26-95, 26-5 0, 54-21, 30-10, 54-10, 44-15A, 46-10, 70-56, 66-41, 66-50. St Paul, MN. AACC
3. Al-Senaïdy, A. M., & Ismael, M. A. 2011. *Purification and characterization of membranebound peroxidase from date palm leaves (Phoenix dactylifera L.)*. Saudi journal of biological sciences. 18(3). 293-298.
4. Akond, M., Khandaker L., Hossain. G. K., 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(2). 186-190.
5. Atwell, W. A., 2001, *Wheat flour*, American Association of Cereal Chemists, SI. Paul, Minnesota, USA
6. 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(3), 291-296.
7. Beecher.B.S., Carter, A.H., See. D.R. 2012. *Genetic mapping of new seed-expressed polyphenol oxidase genes in wheat (Triticum aestivum L.)* Theor Appl Gene. 124, 1463–1473
8. 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(4):390-393.
9. Felton, G.W., Donato, K., Del Vecchio, R.J., 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.
10. Felton.G.W., Donato, K.K., Broadway.R.M. Duffey.S.S. 1992. *Impact of oxidized plant phenolics on the nutritional quality of dietary protein to a noctuid herbivore, Spodoptrera exigua*. J. Insect Physiol. 38 . 277- 285.
11. Fiillet, P. *LE GRAIN DE BLE*. Techniques et Documentations, lavoisier, paris, (2000), 11-39.
12. Feillet, P. 1980. Wheat proteins. Evaluation and measurements of wheat quality. In: Inglett, G.E. and Munck, L. *Cereals for Foods and Beverages*. Academic Press, New York, USA. 183.
13. Godon.B, Loisel.W. *Guide pratique d'analyses dans les industries des Cereales*. Techniques et Documentations, Lavoisier, paris, (1984), Pages 32-55.
14. Inas, A. 2020. *The effect of changing the milling extraction rate on the flour properties*. Technology Reports of Kansai University, 62: 1121-1129.
15. Kerhaili. Y., 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 Vol. (36) No. (2)
16. Khatkar, B. S. and Schofield, J. D. 1997. Molecular and physico-chemical basis of breadmaking-properties of wheat gluten proteins: A critical appraisal. *Journal of Food Science and Technology*, 34, 85-102
17. Kruger, J. E., Matsuo, R. B., and Dick, J. W., ed., 1996. *Pasta and Noodle Technology*. AACC International, St. Paul, MN, 356p.
18. Kweon, M., Martin, R., and Souza, E., 2009. *Effect of Tempering Conditions on Milling Performance and Flour Functionality*. Cereal Chemistry 86, 12-17.
19. 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.
20. Majzoobi ,M., A.Farahnaky, Z. nematolah, M. M. Hashemi, and M. Taghipour. 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.

21. Matheis.G., Whitaker.J.R. 1984. *Modification of proteins by polyphenol oxidase and peroxidase and their products*. J. Food Biochemistry. 8. 137- 162.
22. Milani, J. 2018. *Application of coated wheat bran to producing barbari bread with increased nutritional value and improved bread texture and sheif life*. Acta Alimentaria, 47:259-266.
23. Muchuweti. M, Zenda. G, Ndhala. R. A, Kasiyamhuru. A. 2005. *Sugars, organic acid and phenolic compounds of Ziziphus mauritiana Fruit*. European Food Research and Technology. 221.(3). 570–574.
24. Okot-Kotber, M., Liavoga, A., Yong, J., 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.
25. Rani, K. U., Prasada-Rao, U. J. S., Leelavathi, K., Haridas-Rao, P., 2001, *Distribution of enzymes in wheat flour mill streams*, Journal of Cereal Science 34, 233-242.
26. Verma, B., Hucl, P., Chibbar, R. N., 2008, *Phenolic Content and Antioxidant Properties of Bran in 51 Wheat Cultivars*. Cereal Chem. 85, 544-549.
27. Yoruk. R., Marshall.R. M. 2003. *Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase: A review*. Journal of Food Biochemistry. 27. 361-422.
28. Weegels, P. L., Hamer, R. J. and Schofield, J. D. 1996. *Critical review. Functional properties of wheat glutenin*. *Journal of Cereal Science*, 23, 1-18.

تأثير أنزيم PPO (بولى فينول أوكسيداز) فى الخصائص الفيزيائية والكيميائية منصور وطيفور وقرحلى