أمثلة ظروف عملية التكييف الأنزيمي لحبوب القمح الطري السوري

The Optimization of the Enzymatic Conditioning Process of Syrian Soft Wheat Kernels

د. جهاد سمعان[1] م. سيمون صباغ[1]

Jihad Samaanj[1] Simon Sbagh[1]

jihad.samaan@yahoo.com

(1) قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية..

(1) Food Science Department, Agriculture Faculty, Damascus University, Syria.

الملخص

تُعد عملية تكييف حبوب القمح قبل الطحن عمليةً مهمةً لتأثيرها في أداء الطحن للحبوب من حيث انفصال أجزاء الحبة عن بعضها ونسبة استخراج الدقيق. بالإضافة إلى ذلك، تؤثر عملية التكييف في جودة الدقيق الناتج. بناءً على ذلك، هدف البحث إلى أمثلة عملية التكييف الأنزيمي لحبوب القمح الطري، والتي تترافق مع أفضل أداء طحن للحبوب ومؤشرات جودة الدقيق باستخدام تصميم التجارب RSM.

تم اختيار صنف القمح الطري السوري شام6 لهذه الدراسة. كيفت الحبوب باستخدام تراكيز أنزيم، ودرجات رطوبة نهائية، ومدة تكييف مختلفة تبعاً لتصميم التجربة. درس أداء الطحن للحبوب (كمية الدقيق ونسبة استخراج الدقيق)، والخصائص الكيميائية للدقيق الناتج (الرطوبة، الرماد، والبروتين) حسب الطرائق المعتمدة في AACC، إذ أجريت الاختبارات في مخبر الحبوب المركزي بريف دمشق (سورية) خلال الفترة بين كانون الثاني/ يناير وأيار/ مايو 2016.

بينت دراسة خصائص الطحن للحبوب زيادة نسبة استخراج الدقيق معنوياً إلى 75.54 % مع زيادة تركيز الأنزيم إلى 120 وحدة، وإلى 74.31 % عند رفع درجة الرطوبة النهائية لحبوب القمح المعدة للطحن إلى 16 % و74.20 % عند التحضين لمدة 15 ساعة، وكان لتركيز الأنزيم التأثير الأكبر في تباين نسبة استخراج الدقيق (89.07 %). بالإضافة إلى ذلك، بين اختبار الأمثلة أن المستويات المثلى من عملية التكييف للحبوب، والتي تعطي أفضل مؤشرات جودة لدقيق القمح الطري هي بتكييف الحبوب إلى درجة الرطوبة المثلى 15 % لمدة 6 ساعات وبإضافة 140 وحدة من أنزيم السيلولاز إلى ماء التكييف.

الكلمات المفتاحيّة: عملية التكييف، الرطوبة المثلى للطحن، أداء الطحن.

©2019 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved.

ISSN:2305 - 5243 ; AIF-177(p:89- 98)

Abstract

Wheat conditioning prior to milling is an important process affects milling performance in the separation of kernel parts and flour extraction rate. Moreover, conditioning influences flour quality. Consequently the aim of this research was to optimize the enzymatic conditioning process of soft wheat kernels in order to yield the best milling performance and flour quality properties using RSM.

The Syrian soft wheat cultivar Cham6 was selected for this study. Wheat kernels were conditioned for different enzyme concentrations, final moisture contents and conditioning periods depending on the design of the experiment. Milling performance (flour weight and flour extraction rate) and flour chemical properties (moisture content, ash content and protein content) were conducted according to the AACC approved methods. All experiments were conducted in the Central Cereal Lab at Damascus Countryside during January and May 2016.

Results of the milling performance analysis showed a significant increase in flour extraction rate to 75.54% with increasing the enzyme concentration to 120 unit, and to 74.31% with increasing the final moisture content to 16%, and to 74.20% with increasing incubation period for 15 hours, and the enzyme concentration revealed the dominant effect on milling performance parameters (89.07%). Moreover, the optimization test demonstrated that tempering soft wheat to 15% moisture content for 6 hours and addition 140 unit of the enzyme yielded the best flour quality properties.

Keywords: Conditioning process, Optimum milling moisture, Milling performance.

المقدمة

يُعد محصول القمح واحداً من سبعة محاصيل استراتيجية في القطر العربي السوري، والتي تشكل 75 % من 4.6 مليون هكتار من الأراضي المزروعة و50 % من الدخل الكلي لإنتاج المحاصيل (Westlake، 2003). كما يعد القمح من أكثر المحاصيل إنتاجاً في العالم بسبب تكيفّه العالي مع الظروف البيئية، وخصائصه الفريدة من نوعها، إذ يمكن تحويله إلى العديد من المنتجات الغذائية (Shewry وTatham، 1997).

تتضمن عملية طحن حبوب القمح عدة مراحل؛ هي التنظيف، والتكييف، والجرش، والنخل والتنقية. تعد عملية التكييف جزءاً مهماً من عملية تحضير الحبوب للطحن، وتعرف على أنها غالباً عملية إضافة الماء إلى الحبوب النظيفة وعلى مراحل متعددة، وعلى درجات حرارة معينة، ولأوقات معينة، وذلك بقصد الوصول بالحبوب إلى نسبة الرطوبة المثلى للطحن، والتي يكون عندها أداء الحبوب للطحن أعظمياً من حيث انفصال أجزاء الحبة المختلفة، ونسبة استخراج الدقيق وجودة الدقيق الناتج.

تتراوح درجة الرطوبة المثلى للطحن بين 14 و17 %، إذ تتأثر كمية الماء المضاف وفترة التكييف بعدة عوامل منها درجة صلابة الحبوب (Stenvert وKingswood، 1977)، ونسبة البروتين، ونسبة الرطوبة الأساسية للحبوب (Moss، 1973)، ودرجة حرارة الماء المستخدم للتكييف (Robinson وزملاؤه، 1984)، ونوعية الماء المستخدم (Moss، 1973؛ Bass، 1988؛ Perrin وزملاؤه، 2004).

بالإضافة إلى تأثير عملية التكييف في أداء طحن الحبوب، وجد العديد من الباحثين أن عملية تكييف الحبوب قبل الطحن تؤثر في جودة الدقيق الناتج، إذ أن زيادة كمية الماء المضاف يترافق مع انخفاض نسبة استخراج الدقيق، وتحسين لون الدقيق وانخفاض نسبة الرماد (Butcher وStenvert، 1973a,b؛ Hook وزملاؤه، 1982a،b،c،d)، بالإضافة إلى تأثيرها في خصائص بروتينات الدقيق (Gobin وزملاوه، 1996).

يشكل الأندوسبرم نحو 92 % من وزن حبة القمح، و6 إلى 7 % من الأندوسبرم هو عبارة عن طبقة الأليرون خالية النشاء، أي أن 85 % تقريباً من وزن حبة القمح الكاملة عبارة عن اندوسبرم نشوي (Hinton، 1959). وعلى الرغم من تطورات تقانة طحن الحبوب، فإن نسبة استخراج الدقيق الطبيعية في المطاحن التجارية تتراوح بين 70 و77 %، والتي تتألف من الاندوسبرم بشكل أساسي وكمية قليلة من جزيئات النخالة (Jones وZiegler، 1964). إن عدم القدرة على استخلاص كامل الاندوسبرم وبشكل نقي من الأغلفة يعود الى درجة الالتصاق القوية بين طبقة الأليرون والأغلفة من جهة، والأندوسبرم من جهة أخرى (Lamsal وزملاؤه، 2008).

ومن التقانات التي تتم الدراسة عليها حالياً من قبل الباحثين في مجال تكنولوجيا الحبوب هي تطبيق تقانة التكييف الأنزيمي للحبوب (Enzyme-Assisted Tempering). لكن على الرغم من ذلك، فإن تقانة إضافة الأنزيمات في أثناء عملية تكييف الحبوب المعدة للطحن، وتأثيراتها في أداء عملية الطحن وجودة الدقيق الناتج لم يتم اثباتها (Yoo وزملاؤه، 2009).

درست أبحاث سابقة استخدام الأنزيمات المحللة للسكريات (Carbohydrase) بتركيز 100 إلى 200 وحدة مع دقيق القمح لتحسين الخصائص الريولوجية والخبيزية للدقيق وخصائص التخزين للمنتجات. كما لوحظ أيضاً إن أنزيمات الحلمأة (Hydrolytic enzyme) يمكن استخدامها مع الماء المضاف في عملية التكييف لتحسين أداء عملية الطحن بسبب قدرة هذه الأنزيمات على تحليل طبقات الأغلفة والأليرون (Lamsal وزملاؤه، 2008).

درس Al-Suaidy وزملاؤه (1973) تأثير أنزيم السيلولاز المضاف إلى ماء التكييف في أداء الطحن للقمح، إذ وجدوا أن الدقيق الناتج أنظف، وجزيئات النخالة أخشن مقارنةً بعينة الشاهد (دون إضافة أنزيم)، لكن لم تؤثر إضافة الأنزيم في نسبة استخراج الدقيق. بينما درس Haros وزملاؤه (2002a) تأثير أنزيمات Cellulase، Xylanase و β-glucanase من خلال إضافتها إلى ماء التكييف بتركيز حتى 240 وحدة في جودة الدقيق وخصائص المنتج النهائي، ووجدوا أن الدقيق الناتج عن طحن الحبوب المعاملة بالأنزيمات أعطى خصائص ريولوجية مشابهة لدقيق الشاهد، لكن انخفضت ثباتية العجينة. من جهة أخرى، تميز الخبز بتحسن في حجم الرغيف وشكله وقساوة اللب. أثبتت دراسات أخرى نتائج استخدام هذه الأنزيمات كمحسن لجودة المنتج النهائي (Haros وزملاؤه، 2002b; Wang وزملاؤه، 1998).

إن إضافة أنزيمات من أنماط مختلفة مثل Glucose oxidase، Transglutaminase وProtease مع أنزيمات الحلمأة السابقة (Cellulase، Xylanase وβ-glucanase) إلى ماء التكييف أبدت تأثيرات مهمة في الخصائص الريولوجية للعجينة (Caballero وزملاؤه، 2007).

هدف البحث:

بناءً على ماسبق، لوحظ أن تقانة تطبيق الأنزيمات في الماء المستخدم لتكييف حبوب القمح قبل الطحن تبدي تأثيرات إيجابية مهمة، لذلك هدف البحث لتحديد المستويات المثلى من متغيرات عملية التكييف (كمية الأنزيم، ودرجة الرطوبة النهائية وزمن التحضين)، والتي يكون عندها أداء عملية الطحن أعظمياً، باستخدام تصميم التجارب(RSM) Response Surface Methodology .

مواد البحث وطرائقه

جمع العينات وتحضيرها:

تم اختيار صنف القمح الطري السوري شام6 (*Triticum aestivum*)، الذي تم الحصول عليه من المؤسسة العامة للحبوب (مخبر الحبوب المركزي في منطقة السبينة في ريف دمشق/ سورية). نُظِفتْ عينات القمح من الشوائب، والأجرام باستخدام منخلَيْن شقيين الأول قطر فتحاته (20× 2 مم)، والثاني قطر فتحاته (20×1 مم). أجريت عمليات التكييف تبعاً لتصميم التجارب RSM حسب الجدول 1 بمعدل 500 غ قمحاً جافاً لكل مكرر، وكانت متغيرات التجربة كالآتي:

- الأنزيم المستخدم: أضيف أنزيم السيلولاز (Cellulase).
- تركيز الأنزيم: تراوح تركيز الأنزيم بين 0 و240 وحدة.
- درجة الرطوبة النهائية: تراوحت درجة الرطوبة النهائية بين 14 و16 %.
- زمن التحضين: تراوح زمن التحضين بين 6 و24 ساعة.
- درجة حرارة التحضين: ثبتت درجة الحرارة على الدرجة 20 °م.
- درجة pH الماء المضاف: ثبتت درجة pH على الدرجة 6.5.

حُسبت كمية الماء المضاف حسب طريقة AACC رقم 95-26 (AACC، 2000) وفق المعادلة الآتية:

$$\text{Weight of water to add (ml)} = \left\langle \frac{100 - original\ moisture\%}{100 - desired\ moisture\%} - 1 \right\rangle \times weight\ of\ sample(g)$$

طُحنت الحبوب النظيفة والمكيفة بإستخدام مطحنة Brabender حسب AACC رقم 50-26 (AACC، 2000) لإنتاج دقيق عالي الجودة (دقيق زيرو).

الجدول 1. تصميم تجربة تحديد المتغيرات المثلى لعملية التكييف.

رقم العينة	المكررات	تركيز الأنزيم (وحدة)	درجة الرطوبة النهائية (%)	زمن التحضين (ساعة)
1	1	0	14	6
2	1	240	16	6
3	1	240	14	24
4	1	0	16	24
5	1	120	15	15
6	1	120	15	15
7	2	240	14	6
8	2	0	16	6
9	2	0	14	24
10	2	240	16	24
11	2	120	15	15
12	2	120	15	15
13	3	0	15	15
14	3	240	15	15
15	3	120	14	15
16	3	120	16	15
17	3	120	15	6
18	3	120	15	24
19	3	120	15	15
20	3	120	15	15

الاختبارات الكيميائية:

1 - النسبة المئوية للرطوبة (%): وذلك حسب AACC رقم 44-A15 (AACC، 2000)، إذ وضعت عينة 2 إلى 3 غ من الدقيق في أطباق التجفيف، وجففت لمدة 60 دقيقة على درجة حرارة 103° م.

2 - النسبة المئوية للرماد (%): حسب AACC رقم 08-01 (AACC، 2000)، إذ وضعت عينة 2 إلى 3 غ من الدقيق في أطباق الترميد ورمدت على درجة حرارة 575° إلى 590° م حتى الحصول على لون رمادي فاتح.

3 - النسبة المئوية للبروتين (%): قدر النتروجين الكلي في الدقيق بطريقة كلداهل حسب AACC رقم 46-10 (AACC، 2000)، ثم حُسب البروتين الكلي باستخدام معامل التحويل 5.7 x N.

قياس مؤشرات الطحن:

1 - وزن القمح الجاف (غ).

2 - وزن القمح الرطب (غ).

3 - وزن الدقيق (غ).

4 - نسبة استخراج الدقيق % = (وزن الدقيق/وزن القمح الرطب)×100.

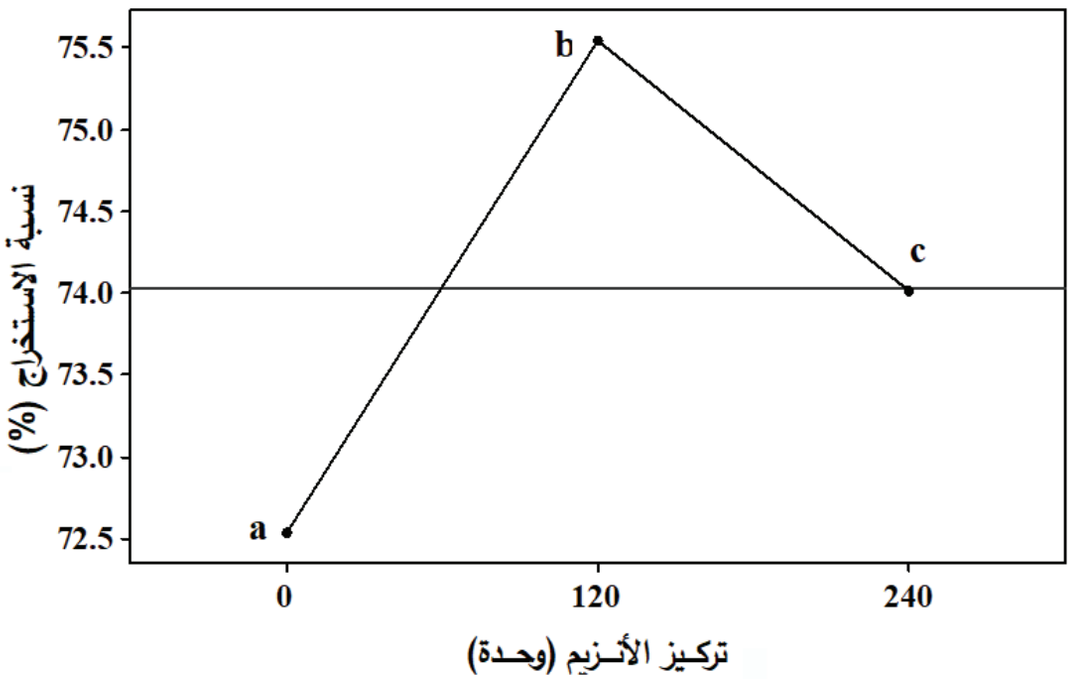
التحليل الإحصائي:

أجريت جميع الاختبارات بثلاثة مكررات باستخدام تحليلResponse Surface Methodology نوع Factorial Designs اختبار Central Compsite، وبثلاثة متغيرات لتحديد العلاقة (المعادلة) بين متغيرات عملية التكييف والمؤشرات المدروسة، ثم أُجري اختبار Response Optimization لتحديد المستويات المثلى من متغيرات عملية التكييف، والتي تعطي أفضل مؤشرات طحن وجودة دقيق. تم اجراء جميع التحاليل الإحصائية السابقة باستخدام برنامج Minitab 14 (Minitab Inc. USA).

النتائج والمناقشة

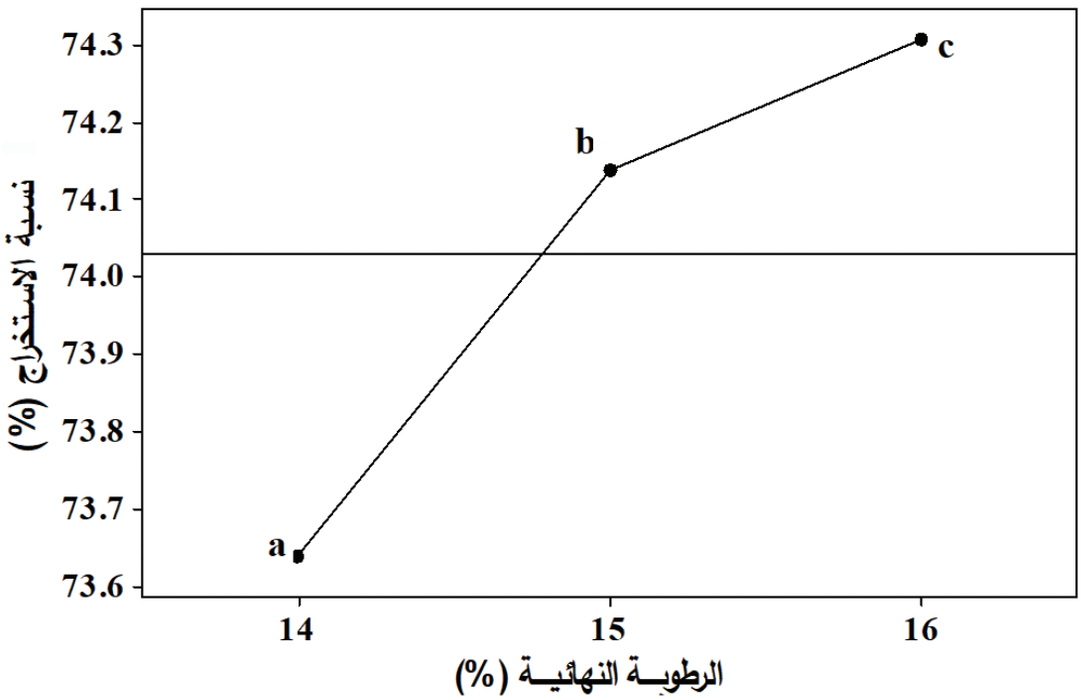
1 - تأثير عملية التكييف الأنزيمي في أداء الطحن:

دُرس أداء طحن عينات حبوب القمح الطري المكيفة باستخدام تراكيز أنزيم، ودرجات رطوبة نهائية، ومدة تكييف مختلفة من خلال كمية الدقيق، ونسبة استخراج الدقيق (الأشكال 1، 2 و3). إن أهم ما يميز الشكل 1 زيادة نسبة استخراج الدقيق معنوياً إلى 75.54 % مع زيادة تركيز الأنزيم إلى 120 وحدة، مقارنةً بالشاهد (دون إضافة الأنزيم إلى ماء التكييف) الذي أعطى 72.57 %، وهذا يتوافق مع نتائج Lamsal وزملائه (2008) الذين بينوا أن استخدام الأنزيمات المحللة لجدر الخلايا رفع معنوياً نسبة استخراج الدقيق. من جهة أخرى، إن رفع درجة الرطوبة النهائية لحبوب القمح المعدة للطحن ترافق مع زيادة نسبة استخراج الدقيق، إذ تراوحت بين 73.64 و74.31 % وذلك عند رفع درجة الرطوبة النهائية من 14 % إلى 16 % (الشكل 2). وهذا يتناقض مع أبحاث سابقة تشير إلى امكانية رفع استخراج الدقيق بتكييف الحبوب إلى درجات رطوبة أقل من درجة الرطوبة المثلى للطحن (Stenvert وKingswood، 1976؛ Kweon وزملاؤه، 2009)، ويمكن أن يعزى ذلك إلى استخدام الأنزيمات والتي كان لها التأثير الأكبر في عملية التكييف. ويبّين الشكل 3 تغيرات نسبة استخراج الدقيق مع تغيير زمن التكييف من 6 إلى 24 ساعة. ولوحظ زيادة نسبة الاستخراج معنوياً من 73.76 % إلى 74.20 % عند التحضين لمدة 6 و15 ساعة على التوالي.



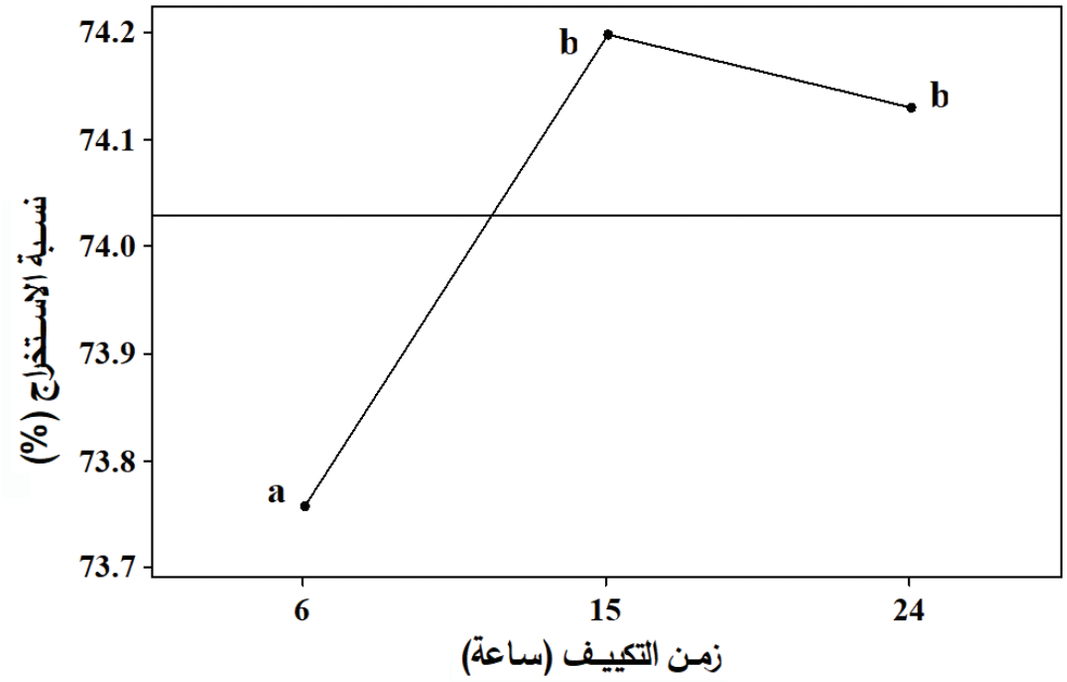
الشكل 1. تأثير تركيز الأنزيم في نسبة استخراج الدقيق.

- تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فرق معنوي.



الشكل 2. تأثير درجة الرطوبة النهائية في نسبة استخراج الدقيق.

- تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فرق معنوي.



الشكل 3. تأثير زمن التكييف في نسبة استخراج الدقيق.

- تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فرق معنوي.

أُجري اختبار F وتوزع التباين لتحديد مستوى تأثير متغيرات التكييف المدروسة (تركيز الأنزيم، ودرجة الرطوبة النهائية، ومدة التكييف) في أداء الطحن (وزن الدقيق، ونسبة استخراج الدقيق) لحبوب القمح الطري المدروسة (الجدول 2). لوحظ أنه كان لتركيز الأنزيم التأثير المسيطر في تباين مؤشرات الطحن لحبوب القمح، إذ بلغت 86.95 % لوزن الدقيق، و89.07 % لنسبة استخراج الدقيق. أما نسبة الرطوبة النهائية ومدة التكييف فلم تبدِ تأثيراً كبيراً في تباين مؤشرات الطحن، إذ بلغت نسبة تأثير نسبة الرطوبة النهائية 6.21 % و4.73 %، ومدة التكييف 1.97 % و2.20 % لوزن الدقيق ونسبة الاستخراج على التوالي. بالإضافة إلى ذلك، لم تظهر التفاعلات المتبادلة بين متغيرات عملية التكييف المدروسة تأثيرات معنوية في تباين مؤشرات الطحن.

الجدول 2. توزع التباين لتأثير متغيرات عملية التكييف في خصائص الطحن.

	وزن دقيق		نسبة الاستخراج	
	التباين (%)	P value	التباين (%)	P value
المكررات	0.36	0.357	0.03	0.105
تركيز الأنزيم	**86.95**	0.000	89.07	0.000
الرطوبة النهائية	**6.21**	0.000	4.73	0.000
مدة التكييف	**1.97**	0.006	2.20	0.000
تركيز الأنزيم × الرطوبة النهائية	2.09	0.000	2.28	0.000
تركيز الأنزيم × مدة التكييف	1.04	0.025	0.54	0.000
الرطوبة النهائية × مدة التكييف	0.30	0.478	0.62	0.000
تركيز الأنزيم × الرطوبة النهائية × مدة التكييف	0.72	0.052	0.53	0.000

تأثير عملية التكييف الأنزيمي في خصائص الدقيق الكيميائية:

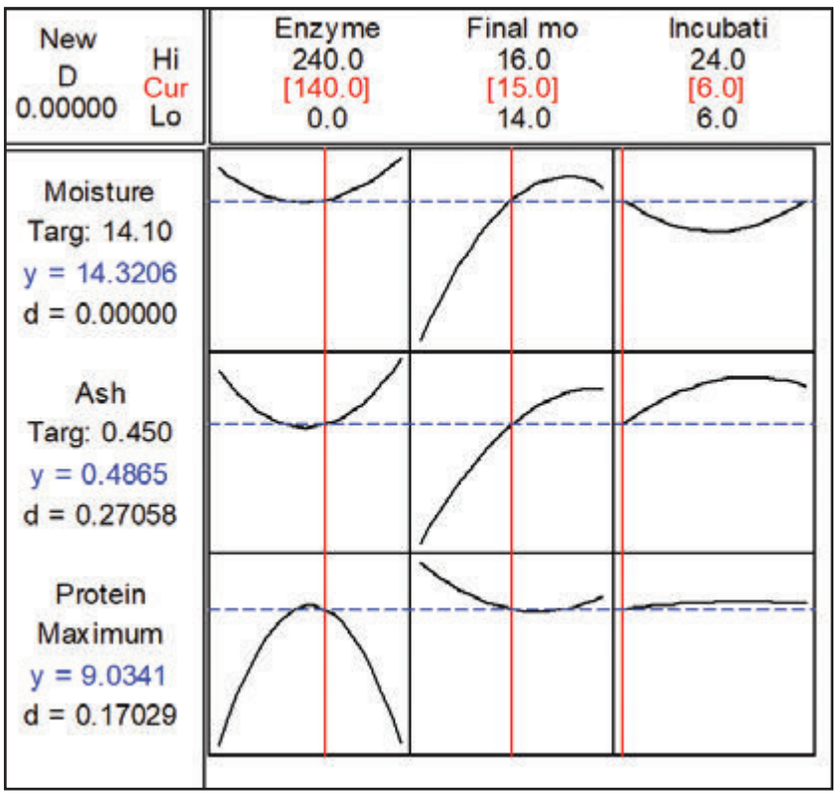
تم تحديد المستويات المثلى من مؤشرات عملية التكييف (تركيز الأنزيم، ودرجة الرطوبة النهائية، ومدة التكييف)، والتي تعطي أفضل مؤشرات كيميائية لدقيق القمح الطري المدروس باستخدام تصميم التجارب Advanced Design of Experiment (DOE) تصميم Response Surface Methodology واختبار Response Optimization.

وضع تصميم للتجربة نوع Central Composite لثلاثة متغيرات، كما هو مبين في الجدول 1، وُحلل التصميم باستخدام اختبار Analyse Response Surface Design لوضع متغيرات التجربة ضمن أُنموذج التحليل (الجدول 2). ثم أجري اختبار Response Optimization لتحديد المستويات المثلى (Optimal Conditions) من المتغيرات، والتي تعطي أفضل المؤشرات الفيزيوكيميائية للدقيق (النسبة المئوية للرطوبة، والنسبة المئوية للرماد، والنسبة المئوية للبروتينات) كما هو مبين في الشكل 4.

لوحظ من الجدول 2 وجود تأثير معنوي من الدرجة الثانية (معادلة قطع مكافئ) لكل من تركيز الأنزيم (0.000)، ودرجة الرطوبة النهائية (0.027) في مؤشرات الدقيق الكيميائية. وعلى النقيض من ذلك، لم تبدِ مدة التكييف (0.684) والتداخلات المتبادلة (Interaction effects) بين متغيرات عملية التكييف أي تأثيرات معنوية في جودة الدقيق. بالإضافة إلى ذلك، أوضحت المعادلة المستحصل عليها من التحليل الإحصائي 92.30 % من التغيرات في خصائص الدقيق الكيميائية. بينت دراسة سابقة أجراها Yoo وزملاؤه (2009) بإضافة خليط من الأنزيمات المحللة لجدر الخلايا للماء المستخدم في عملية تكييف حبوب القمح التأثير المعنوي لجميع متغيرات عملية التكييف، كما أوضحت المعادلة 86 % من التغيرات في جودة الدقيق. من جهة أخرى، يوضح الشكل 4 العلاقة بين متغيرات عملية التكييف المدروسة (تركيز الأنزيم، ونسبة الرطوبة النهائية ومدة التكييف) وخصائص الدقيق الكيميائية، كما يبّين أن المستويات المثلى من عملية التكييف للحبوب، والتي تعطي أفضل مؤشرات جودة لدقيق القمح الطري هي بتكييف الحبوب إلى درجة الرطوبة المثلى 15 % لمدة 6 ساعات، وبإضافة 140 وحدة من الأنزيم إلى ماء التكييف.

الجدول 3. تحليل التباين لمتغيرات عملية التكييف.

المتغيرات	المعامل	قيمةT	P value
الثابت	51.475	3.251	0.012
تركيز الأنزيم	0.019	3.626	0.007
الرطوبة النهائية	-5.742	-2.709	0.027
مدة التكييف	0.069	0.943	0.373
تركيز الأنزيم × تركيز الأنزيم	0.000	-12.465	0.000
الرطوبة النهائية × الرطوبة النهائية	0.190	2.695	0.027
مدة التكييف × مدة التكييف	0.000	-0.422	0.684
تركيز الأنزيم × الرطوبة النهائية	0.000	-0.917	0.386
تركيز الأنزيم × مدة التكييف	0.000	1.223	0.256
الرطوبة النهائية × مدة التكييف	-0.004	-0.917	0.386



الشكل 4. المستويات المثلى لمتغيرات عملية التكييف.

حيث:

Enzyme: تركيز الأنزيم. Moisture: النسبة المئوية للرطوبة. Targ: القيمة المثلى لكل من رطوبة الدقيق (14.32 %) ورماد الدقيق (0.49 %).

Final mo: درجة الرطوبة النهائية. Ash: النسبة المئوية للرماد.

Incubati: مدة التكييف. Protein: النسبة المئوية للبروتينات. Maximum: القيمة العظمى لبروتينات الدقيق (9.03 %).

الاستنتاجات

1. بينت دراسة أداء طحن حبوب القمح الطري المكيفة بتطبيق تراكيز أنزيم، ودرجات رطوبة نهائية، ومدة تكييف مختلفة زيادة نسبة استخراج الدقيق معنوياً مع زيادة تركيز الأنزيم إلى 120 وحدة، ورفع درجة الرطوبة النهائية لحبوب القمح المعدة للطحن إلى 16 %، والتحضين لمدة 15 ساعة.
2. أظهر اختبار توزع التباين التأثير المهم لتركيز الأنزيم في مؤشرات الطحن لحبوب القمح مقدرةً بنسبة استخراج الدقيق. وعلى النقيض من ذلك، فإن درجة الرطوبة النهائية، ومدة التكييف، والتداخل المتبادل لعوامل التكييف لم تظهر تأثيراً كبيراً في تباين مؤشرات الطحن للحبوب.
3. بيّن اختبار تحديد المستويات المثلى من متغيرات عملية التكييف أن تكييف حبوب القمح الطري لدرجة رطوبة نهائية 15 % لمدة 6 ساعات وبإضافة 140 وحدة من الأنزيم إلى ماء التكييف يعطي أفضل خصائص كيميائية للدقيق الناتج.

المقترحات

1. توسيع العمل على أنزيمات أخرى من الأنزيمات المحللة لجدر الخلايا وخليط منها.
2. استمرار تطبيق العمل على أنواع القمح القاسي وقمح الديوروم.
3. دراسة تأثير إضافة الأنزيمات المحللة لجدر الخلايا في خصائص الدقيق الريولوجية.

المراجع

- AACC. 2000. Approved Methods of the AACC, 10th edn. Methods 08-01, 26-95, 26-50, 44-A 15, 46-10. St Paul, MN. AACC.
- Al-Suaidy, M.A., J.A. Johnson, and A.B. Ward. 1973. Effects of certain biochemical treatments on milling and baking properties of hard red winter wheat. Cereal Science Today 18: 174-179.
- Bass, E.J. 1988. Wheat flour milling. In: Pomeranz, Y. Wheat Chemistry and Technology. St. Paul, AACC, MN, USA. 1-68.
- Butcher, J., and N.L. Stenvert. 1973a. Conditioning studies on Australian wheat. I. The effect of conditioning on milling behaviour. Journal of the Science of Food and Agriculture, 24: 1055-1066.
- Butcher, J. and N.L. Stenvert. 1973b. Conditioning studies on Australian wheat. II. The role of the rate of water penetration into the wheat grain. Journal of the Science of Food and Agriculture, 24: 1077-1084.
- Caballero, P.A., M. Gomez, and C.M. Rosell. 2007. Bread quality and dough rheology of enzyme-supplemented wheat flour. European Food Research Technology, 224: 525-534.
- Gobin, P., M.P. Duviau, J.H. Wong, B.B. Buchanan, and K. Kobrehel. 1996. Change in sulfhydryl-disulfide status of wheat proteins during conditioning and milling. Cereal Chemistry, 73: 495-498.
- Haros, M., C.M. Rosell, and C. Benedito. 2002a. Effect of different carbohydrases on fresh bread texture and bread staling. European Food Research Technology, 215: 425-430.
- Haros, M., C.M. Rosell, and C. Benedito, 2002b. Improvement of flour quality through carbohydrases treatment during wheat tempering. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 50, 4126-4130.
- Hinton, J.J.C. 1959. The distribution of ash in the wheat kernel. Cereal Chemistry, 36: 19-31.
- Hook, S.C.W., G.T. Bone, and T. Fearn. 1982a. The conditioning of wheat. The influence of roll temperature in the Buhler laboratory mill on milling parameters. Journal of the Science of Food and Agriculture, 33: 639-644.
- Hook, S.C.W., G.T. Bone, and T. Fearn. 1982b. The conditioning of wheat. The influence of varying levels of water addition to UK wheats on flour extraction rate, moisture and colour. Journal of the Science of Food and Agriculture, 33: 645-654.

- Hook, S.C.W., G.T. Bone, and T. Fearn. 1982c. The conditioning of wheat. The effect of increasing wheat moisture content on the milling performance of UK wheats with reference to wheat texture. Journal of the Science of Food and Agriculture, 33: 655-662.
- Hook, S.C.W., G.T. Bone, and T. Fearn. 1982d. The conditioning of wheat. An investigation into the conditioning requirements of Canadian Western Red Spring No. 1. Journal of the Science of Food and Agriculture, 33: 663-670.
- Jones, C.R. and E. Ziegler. 1964. Principles of milling. In: Hlynka, I. Wheat: Chemistry and Technology. AACC International, St. Paul, MN. 111.
- Kweon, M., R. Martin, and E. Souza. 2009. Effect of tempering conditions on milling performance and flour functionality. Cereal Chemistry, 86: 12-17.
- Lamsal, B.P., J.H. Yoo, E. Haque, and J.M. Faubion. 2008. Physical and milling characteristics of wheat kernels after enzyme and acid treatments. Cereal Chemistry, 85: 642-647.
- Moss, R. 1973. Conditioning studies on Australian wheat. II. Morphology of wheat and its relationship to conditioning. Journal of the Science of Food and Agriculture, 24: 1067-1076.
- Perrin, C.L., J. Chaimbalin, M.P. Fuller, and C.S. Brennan. 2004. The role of grain tempering in optimising the milling performance of wheat blends. Cauvain, S.P., S.E. Salmon, and L.S. Young, Eds. Proceedings of the 12th ICC Cereal and Bread Congress: Using cereal science and technology for the benefit of consumers, Harrogate, UK.
- Robinson, I.M., J.F. Dockerty, and T. Fearn. 1984. The conditioning of wheat. The influence of conditioning temperature on flour yield, moisture content and col our. Journal of the Science of Food and Agriculture, 35: 1340-1346.
- Shewry, P.R. and A.S. Tatham. 1997. Biotechnology of wheat quality. Journal of the Science of Food and Agriculture, 73: 397-406.
- Stenvert, N.L. and K. Kingswood. 1976. An autoradiographic demonstration of the penetration of water into wheat during tempering. Cereal Chemistry, 53: 141-149.
- Stenvert, N.L. and K. Kingswood. 1977. The influence of the physical structure of the protein matrix on wheat hardness. Journal of the Science of Food and Agriculture, 28: 11-19.
- Wang, L., R.A. Miller, and R.C. Hoseney. 1998. Effects of (1→3) (1→4)-β-D-glucans of wheat flour on breadmaking. Cereal Chemistry, 75: 629-633.
- Westlake, M. 2003. The economics of strategic crops. In: Fiorillo, C. and J. Vercueil, Syrian Agriculture at the crossroads, Part 2, Economics of the main sub-sectors in Syrian agriculture. FAO, Rome.
- Yoo, J., B.P. Lamsal, E. Haque, and J.M. Faubion. 2009. Effect of enzymatic tempering of wheat kernels on milling and baking performance. Cereal Chemistry, 86: 122-126

N° Ref: 734