مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 39 العدد 3 (2023): 61- 74

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vo 39 No.2 (2023): 61 - 74

تأثير إضافة خافضات التوتر السطحي في الخصائص الفيزيوكيميائية والحرارية (خصائص الإميلوغراف) لأنواع الدقيق المنتج محلياً (دقيق الزيرو والموحد)

آية الجرادات[1]، أ.د. جهاد سمعان[2]، محمد الدعيمس[3]

[1] طالبة ماجستير في قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

[2] أستاذ مساعد في قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

[3] باحث في هيئة البحوث الزراعية، حماة.

الملخص:

أُجري هذا البحث في مخابر (قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، ومخبر الحبوب المركزي، وزارة التجارة الداخلية وحماية المستهلك)، بهدف دراسة التغيرات في الخصائص الفيزيوكيميائية والحرارية (خصائص الأميلوغراف) لنوعين من الدقيق المنتج محلياً (دقيق الزيرو عالي الجودة والدقيق القياسي الموحد) عند إضافة نوعين من خافضات التوتر السطحي (أحادي الغليسريد وصوديوم ستيرول لاكتات) بنسبة مختلفة (0، 0.2، 0.4 و0.6%).

بينت نتائج تحليل الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق عدم وجود فروقات معنوية بين نوعي خافضات التوتر لكل نوع دقيق، حيث لم تؤدِ إضافة خافضات التوتر السطحي إلى أي تغيير في كل من النسبة المئوية للرطوبة والنسبة المئوية للبروتينات الكلية. على النقيض من ذلك، أدت إضافة خافضات التوتر السطحي إلى ارتفاع معنوي في المؤشرات الكمية والنوعية للغلوتين، حيث ازدادت النسبة المئوية للغلوتين الرطب في الدقيق عالي الجودة من (28.25%) إلى (29.37% و29.61%) والنسبة المئوية للغلوتين الجاف من (7.30%) إلى (8.65% و8.52%) ودليل الغلوتين من (64.40%) إلى (65.30% و65.50%) عند إضافة أحادي الغليسريد وصوديوم سيترول لاكتات على التوالي، كما ازدادت النسبة المئوية للرماد ودرجة لون الدقيق. من جهة أخرى، اختلفت درجة تأثير نوعي خافضات التوتر السطحي المدروسة في خصائص الدقيق الحرارية، فقد انخفض زمن بدء التجلتن عند إضافة أحادي الغليسريد، بينما ازداد عند إضافة صوديوم ستيرول لاكتات. بالإضافة إلى ذلك، لم يؤدِ تغيير نوع الدقيق إلى تغيير آلية تأثير نوعي خافضات التوتر السطحي المستخدمة في هذا البحث في الخصائص الحرارية لمعلق دقيق القمح، وبالتالي تؤكد أوجه التشابه بين نوعي الدقيق حقيقة أن جزء

تاريخ الايداع:2022/2/27
تاريخ القبول: 2022/4/21

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

النشاء، والذي يشكل 65% من وزن حبة القمح، يمارس تأثيراً أساسياً في لزوجة معلق الدقيق الساخن. تعود الاختلافات بين نوعي خافضات التوتر السطحي المدروسة في خصائص التهلم إلى التفاعلات بين هذه المواد وجزيء النشاء، والذي يعزى بالدرجة الأساسية إلى طول السلسلة الكربونية للمواد الخافضة للتوتر السطحي الذي يحدد نوع التأثير الملاحظ في الخصائص المدروسة.

الكلمات المفتاحية: دقيق الزيرو عالي الجودة، الدقيق القياسي الموحد، أحادي الغليسريد، صوديوم ستيرول لاكتات، الخصائص الفيزيوكيميائية، الخصائص الحرارية.

The effect of surfactants addition on the physicochemical and thermal properties (Amylograph properties) of locally produced flours types (high quality and standard flour)

Aljradat[1], Pro. J. Samaan[2], M. Al-Daimis[3]
[1] MSc Candidate, Food Science Department, Agriculture Faculty.
[2] Prof Assistant, Food Science Department, Agriculture Faculty. Damascus University.
[3] Researcher at the Agricultural Research Authority, Hama.

Abstract:

This research was conducted at the laboratories of (Food Sciences Department, Faculty of Agriculture, Damascus University, and the Central Grain Laboratory, Ministry of Internal Trade and Consumer Protection), with the aim of studying the changes in the physicochemical and thermal properties (amylograph properties) of two types of locally produced flour (high-quality flour and standard flour) when adding two types of surfactants (monoglyceride and sodium sterol lactate) by different ratios (0, 0.2, 0.4 and 0.6%).

The analysis results of the flour physicochemical properties showed that there were no significant differences between the two types of surfactants for each flour type, as the addition of surfactants did not lead to any change in both moisture content and total protein content. On the contrary, the addition of surfactants resulted in a significant increase in the quantitative and qualitative indices of gluten, where wet gluten content in high-quality flour increased from (28.25%) to (29.37% and 29.61%), dry gluten content from (7.30%) to (8.65% and 8.52%) and the gluten index from (64.40%) to (65.30% and 65.50%) upon addition of monoglyceride and sodium sterol lactate, respectively. Moreover, ash content and flour colour degree. On the other hand, the effect degree of the two studied types of surfactants differed on the thermal properties of flour. The gelatinization onset time decreased when monoglyceride was added, while it increased when sodium sterol lactate was added. In addition, changing the flour type did not change the mechanism of qualitative effect of the surfactants used in this research on the thermal properties of the wheat flour suspension, and thus the similarities between the two types of flour confirm the fact that the starch fraction, which constitutes 65% of the wheat grain weight, exerted a main effect on the hot flour suspension viscosity. The differences between the two types of the studied surfactants in the pasting properties were due to the interactions between these substances and the starch molecule, which was mainly attributed to the length of the carbon chain of the surfactants that determined the type of effect observed in the studied properties.

Keywords: High Quality Flour, standard flour, monoglyceride, sodium sterol lactate, thermal properties.

Received: 27/2/2022
Accepted: 21/4/2022

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

1- المقدمة والدراسة المرجعية

عرف النظام الألماني لعوامل التنظيف والمنظفات (Waschmittelgesetz) منشطات السطح أو العوامل السطحية (Surfactants) وهي (Surface Acting Agents) بأنها مركبات قطبية عضوية ذات أجزاء كارهة للماء وجزء محبة للماء (Rosen and Kunjappu, 2012, 122)، ويحدد المصطلح أيضاً المركبات الذوابة في الماء المستخدمة من أجل الترطيب، والغسل، الاستحلاب والتشتييت، والتي تتراكم عند السطوح البينية، فتنقص الشد السطحي، ويبلغ تركيز الفاعلات بالسطح في السطح البيني حوالي 500 ضعف التركيز داخل المحلول المائي (Kosswig, 2005, 95). كما أن لبنية جزيئات العوامل السطحية مقومان مميزان، الجزء الأول من الجزيء هو الذيل الكاره للماء، مثل سلسلة ألكيلية طويلة ($-C_15H_{31}$)، والجزء الآخر هو الرأس المحب للماء وهو زمرة أيونية أو قطبية مثل شاردة الكربوكسيلات (–COO–)، تحتوي الزمرة الكارهة للماء عادةً على سلسلة هيدروكربونية مع مركبات ألكيلية و/أو أريلية، وظيفة الزمرة الكارهة للماء أن تُنبَذ من الأوساط المائية عندما توضع فيها (Leonardo, 2017, 80)، كما يوجد أيضاً قوى فانديرفالس بين السلسلة الهيدروكربونية (النمط المفضل في الزمرة الكارهة للماء) وجزئيات الماء. من جهة أخرى، ترتبط جزيئات الماء بعضها ببعض بروابط أقوى وبذلك تميل لإزاحة السلسلة الهيدروكربونية، وهذا يبين بوضوح دور حجم السلسلة الهيدروكربونية في انحلالية العوامل السطحية (Laurenti et al., 2008, 13321).

تتميز المواد الخافضة للتوتر السطحي بقدرتها على التأثير في جوانب مختلفة من عملية تهلم النشاء، وفي النهاية تعديل خصائص المنتجات القائمة على النشاء، ومن الناحية العملية، تضاف المواد الخافضة للتوتر السطحي عادةً إلى معلقات النشاء لتعديل الخصائص الحرارية (Pasting properties) بالإضافة إلى اللزوجة وخصائص اللزوجة والمرونة (Viscoelastic behaviour) للعجائن والمواد الهلامية الناتجة (Mira *et al*., 2005, 44). وقد تمَّ إثبات أن وجود جزيئات مثل الدهون القطبية (ليزوفوسفاتيديل كولين، ديغالاكتوزيل ديغليسيريدات وأحماض دهنية حرة) يرتبط بارتفاع الخصائص الحرارية لنشاء القمح ذات المحتوى الدهني العالي (Hemalatha and Prasada Rao, 2022, 11)، كما تم ربطه بتحرر الأميلوز المقيد للقمح وأنواع الحبوب الأخرى مقارنة بالنشويات الأخرى التي لا تحتوي على دهون (Azizi and Rao, 2005a, 545). من جهة أخرى، أظهرت العديد من الدراسات أن تأثير المواد الخافضة للتوتر السطحي المضافة في الخصائص الحرارية لمعلق النشاء يمكن أن يكون متنوعاً، وقد أشارت الدراسة التي أجراها Ersoy وCelik (2003، 172) إلى وجود علاقة بين تأثير المواد الخافضة للتوتر السطحي وطول سلسلة الهيدروكربون وعدد سلاسل الهيدروكربون في جزيء المواد الخافضة للتوتر السطحي. علاوةً على ذلك، أصبح تأثير التركيب الكيميائي للمواد الخافضة للتوتر السطحي واضحاً من الاختلافات الموجودة في نوع ومدى التأثيرات التي تنتجها المواد الخافضة للتوتر السطحي المختلفة (Hosseinpour *et al*., 2021, 2). تبعاً لذلك، فإن المواد الخافضة للتوتر السطحي الغذائية النموذجية مثل أحادية الغليسريد المشبعة طويلة السلسلة (C18-C14)، إسترات السكروز ومشتقات حمض اللاكتيك (ستيرول لاكتات الصوديوم والكالسيوم) وجد أنها تعمل على إحداث زيادة في الخصائص الحرارية لمعلقات نشاء القمح والحبوب الأخرى (Kralova and Sjöblom, 2009, 1365). وكان مدى هذا التأثير مختلفاً بالنسبة لمختلف المواد الخافضة للتوتر السطحي، وفي بعض الحالات، يعتمد بشدة على التركيز (Ortega-Toro *et al*., 2013, 66). على الرغم من ذلك، تم الإبلاغ عن استثناءات من هذا الاتجاه العام لـ ألكيل غلسرين–1 إيثر والحمض الدهني بروبيلين جليكول (C16) أحادي الإستر والتي وجد أنها تؤدي إلى انخفاض طفيف في الخصائص الحرارية لمعلقات النشاء (Azizi and Rao, 2005b, 739). على الرغم من الكثير من العمل الذي تم إنجازه

في هذا المجال، لا توجد استنتاجات واضحة حول كيفية تأثير التركيب الكيميائي لخافضات التوتر السطحي في التأثير الكلي للخصائص الحرارية للنشاء، حيث تتبع إحدى العوائق المهمة من الظروف التجريبية المختلفة جداً المستخدمة في الدراسات المختلفة، مما يجعل المقارنات المباشرة مستحيلة (Mira *et al*., 2005, 45). وهذا يرجع في المقام الأول إلى حقيقة أن انتفاخ حبيبات النشاء وارتشاح الأميلوز، وهي العمليات التي تؤدي إلى زيادة اللزوجة (التهلم)، هي عمليات غير متوازنة، كما هو موضح في دراسات مختلفة، فإن نتيجة هذه العملية حساسة للغاية لظروف الاختبار، لا سيما لمعدل التسخين المستخدم (Wang *et al*., 2015, 570)، نوع النشاء وتركيزه في المحلول (Ambigaipalan *et al*., 2013, 204) واختلاف درجة حساسية النشويات المختلفة لوجود خافض للتوتر السطحي معين، مما يشير إلى أن الاستنتاجات المستخلصة من تحليل نشاء واحد لا تنطبق بشكل مباشر على النشويات الأخرى (Copeland *et al*., 2009, 1527).

2- مبررات وأهداف البحث

يعد الخبز المسطح العنصر الغذائي الرئيس للعديد من السكان في بلدان العالم الثالث، وعلى الرغم من ذلك، يعاب على هذه النوع من الخبز الضعف الملحوظ في العمر الافتراضي. من جهة أخرى، أدت المساهمة الإيجابية لعوامل خفض التوتر السطحي في خصائص الخبز الإفرنجي عموماً، بما في ذلك التقليل من معدل البيات، إلى توجيه استخدام هذه المواد في محاولة لإطالة العمر الافتراضي للخبز المسطح، لذلك هدف هذا البحث إلى تحديد التغيرات في الخصائص الفيزيوكيميائية والحرارية (خصائص الأميلوغراف) لأنواع الدقيق المنتج محلياً (دقيق الزيرو والدقيق الموحد) عند إضافة نسب مختلفة من نوعين من خافضات التوتر السطحي (أحادي الغليسريد وصوديوم ستيرول لاكتات) ليتم لاحقاً تحديد تأثيرها في خصائص الخبز العربي المنتج.

3- مواد البحث وطرائقه

3-1- مواد البحث:

أ- دقيق القمح عالي الجودة (دقيق الزيرو) بنسبة استخراج 72%، تمَّ شراؤها من السوق المحلية لمحافظة دمشق.

ب- الدقيق القياسي (الدقيق الموحد) بنسبة استخراج 80%، تمَّ الحصول عليه من مطحنة بردى الحكومية في منطقة السبينة.

ت- أُستخدم نوعين من خافضات التوتر السطحي، أحادي الغليسريد (MG E471) وصوديوم ستيرول لاكتات (SSL E481)، تمَّ شراؤها من السوق المحلية لمحافظة دمشق.

وأُضيف كل نوع من خافضات التوتر السطحي لكل نوع دقيق بنسب مختلفة (0، 0.2، 0.4 و0.6%).

3-2- الاختبارات الفيزيوكيميائية للدقيق:

أ- النسبة المئوية للرطوبة: AACC رقم 15A-44 (AACC, 2000).

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

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

ث- كمية ونوعية الغلوتين: AACC رقم 12A- 38 (AACC, 2000).

ج- درجة اللون: باستخدام جهاز (Satake Colour Grader PCGA Series 4, England) حسب (Samaan, 2007).

3-3- الاختبارات الحرارية للدقيق:

باستخدام جهاز الأميلوغراف (Brabender, Duigsburg, Germany) حسب AACC رقم 22-10 (AACC, 2000)، ثم أخذت القراءات التالية من الاختبار: زمن بدء التجلتن، حرارة بدء التجلتن، اللزوجة العظمى، زمن بلوغ اللزوجة العظمى والحرارة عند اللزوجة العظمى.

3-4- التحليل الإحصائي:

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

4- النتائج والمناقشة:

4-1- الخصائص الفيزيوكيميائية للدقيق:

تمَّ تقدير الخصائص الفيزيائية والكيميائية لدقيق القمح عالي الجودة والدقيق القياسي بعد إضافة نوعين من خافضات التوتر السطحي (أحادي الغليسريد وصوديوم سيترول لاكتات) بنسب مختلفة (0، 0.2، 0.4 و0.6%) وسُجِّلت النتائج في الجداول (1، 2، 3 و4).

الجدول (1): الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق القمح عالي الجودة المدعم بأحادي الغليسريد.

المؤشرات المدروسة	تركيز أحادي الغليسريد			
	%0	%0.2	%0.4	%0.6
الرطوبة (%)	$14.10^{a}\pm0.22$	$14.12^{a}\pm0.15$	$14.05^{a}\pm0.31$	$14.11^{a}\pm0.10$
الرماد (%)	$0.57^{a}\pm0.02$	$0.59^{a}\pm0.01$	$0.60 \pm 0.03^{a,b}$	0.63 ± 0.04^{b}
البروتين (%)	$10.35^{a}\pm0.15$	$10.34^{a}\pm0.20$	10.35 ± 0.31^{a}	10.38 ± 0.10^{a}
الغلوتين الرطب (%)	$28.25^{a}\pm0.33$	$28.43^{a}\pm0.17$	29.22 ± 0.11^{b}	29.37 ± 0.21^{b}
الغلوتين الجاف (%)	$7.30^{a}\pm0.05$	7.35 ± 0.11^{a}	8.60 ± 0.15^{b}	8.65 ± 0.02^{b}
دليل الغلوتين (%)	$64.40^{a}\pm0.22$	64.42 ± 0.31^{a}	65.25 ± 0.21^{b}	65.30 ± 0.53^{b}
اللون (درجة)	$1.70^{a}\pm0.10$	$2.28^{b}\pm0.01$	2.67 ± 0.02^{c}	3.45 ± 0.06^{d}

- تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

الجدول (2): الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق القمح عالي الجودة المدعم بصوديوم ستيرول لاكتات.

المؤشرات المدروسة	تركيز صوديوم ستيرول لاكتات			
	%0	%0.2	%0.4	%0.6
الرطوبة (%)	0.22^{a}±14.10	0.10^{a}±14.04	0.21^{a}±14.14	0.12^{a}±14.06
الرماد (%)	0.02^{a}±0.57	$0.02^{a,b}$±0.59	0.61 ± 0.10^{b}	0.62 ± 0.05^{b}
البروتين (%)	0.15^{a}±10.35	0.11^{a}±10.36	10.35 ± 0.05^{a}	11.37 ± 0.12^{a}
الغلوتين الرطب (%)	0.33^{a}±28.25	0.24^{a}±28.40	29.50 ± 0.32^{b}	29.61 ± 0.44^{b}
الغلوتين الجاف (%)	0.05^{a}±7.30	7.33 ± 0.10^{a}	8.45 ± 0.11^{b}	8.52 ± 0.14^{b}
دليل الغلوتين (%)	0.22^{a}±64.40	64.45 ± 0.22^{a}	65.35 ± 0.10^{b}	65.50 ± 0.22^{b}
اللون (درجة)	0.10^{a}±1.70	0.12^{b}±2.35	2.88 ± 0.05^{c}	3.55 ± 0.11^{d}

* تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P\leq0.05$.

الجدول (3): الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق القمح القياسي المدعم بأحادي الغليسريد.

المؤشرات المدروسة	تركيز أحادي الغليسريد			
	%0	%0.2	%0.4	%0.6
الرطوبة (%)	0.09^{a}±13.20	0.11^{a}±13.22	0.05^{a}±13.25	0.20^{a}±13.15
الرماد (%)	0.01^{a}±0.77	0.06^{a}±0.78	0.80 ± $0.01^{a,b}$	0.82 ± 0.05^{b}
البروتين (%)	0.10^{a}±11.65	0.44^{a}±11.63	11.66 ± 0.23^{a}	11.66 ± 0.11^{a}
الغلوتين الرطب (%)	0.25^{a}±28.66	0.12^{a}±28.75	29.44 ± 0.54^{b}	29.86 ± 0.21^{c}
الغلوتين الجاف (%)	0.10^{a}±8.55	8.65 ± 0.06^{a}	9.35 ± 0.11^{b}	9.44 ± 0.12^{b}
دليل الغلوتين (%)	0.20^{a}±61.30	61.40 ± 0.15^{a}	62.15 ± 0.55^{b}	62.80 ± 0.20^{c}
اللون (درجة)	0.26^{a}±3.85	0.12^{b}±4.30	4.90 ± 0.15^{c}	5.25 ± 0.33^{d}

* تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P\leq0.05$.

الجدول (4): الخصائص الفيزيوكيميائية لدقيق القمح القياسي المدعم بصوديوم ستيرول لاكتات.

المؤشرات المدروسة	تركيز صوديوم ستيرول لاكتات			
	%0	%0.2	%0.4	%0.6
الرطوبة (%)	0.09^{a}±13.20	0.15^{a}±13.25	0.22^{a}±13.45	0.10^{a}±13.42
الرماد (%)	0.01^{a}±0.77	$0.02^{a,b}$±0.79	0.81 ± 0.05^{b}	0.82 ± 0.01^{b}
البروتين (%)	0.10^{a}±11.65	0.12^{a}±11.66	11.66 ± 0.15^{a}	11.68 ± 0.10^{a}
الغلوتين الرطب (%)	0.25^{a}±28.66	0.10^{a}±28.69	29.38 ± 0.31^{b}	29.85 ± 0.20^{c}
الغلوتين الجاف (%)	0.10^{a}±8.55	8.60 ± 0.12^{a}	9.33 ± 0.05^{b}	9.45 ± 0.15^{b}
دليل الغلوتين (%)	0.20^{a}±61.30	61.45 ± 0.10^{a}	62.20 ± 1.10^{b}	62.75 ± 1.05^{c}
اللون (درجة)	0.26^{a}±3.85	0.10^{b}±4.20	4.85 ± 0.35^{c}	5.15 ± 0.25^{d}

* تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P\leq0.05$.

لوحظ من الجداول (1، 2، 3 و4) عدم وجود فروقات معنوية بين نوعي خافضات التوتر بالنسبة لكل نوع دقيق، حيث لم تؤدِ إضافة خافضات التوتر السطحي إلى أي تغيير في كل من النسبة المئوية لرطوبة الدقيق، والتي تراوحت بين (14.05–14.12%) و(14.04–14.14%) لدقيق الزيرو عالي الجودة وبين (13.15–13.25%) و(13.20–13.45%) للدقيق القياسي الموحد، والنسبة المئوية للبروتينات الكلية، والتي تراوحت بين (10.34–10.38%) و(10.35–10.37%) للدقيق عالي الجودة وبين (11.63–11.66%) و(11.65–11.67%) للدقيق القياسي عند إضافة أحادي الغليسريد وصوديوم سيترول لاكتات على التوالي. على النقيض من ذلك، أدت إضافة خافضات التوتر السطحي إلى ارتفاع معنوي في المؤشرات الكمية والنوعية للغلوتين، فقد ازدادت بشكل طفيف النسبة المئوية للغلوتين الرطب في الدقيق عالي الجودة من (28.25%) إلى (29.37% و29.61%) والنسبة المئوية للغلوتين الجاف من (7.30%) إلى (8.65% و8.52%) ودليل الغلوتين من (64.40%) إلى (65.30% و65.50%) عند إضافة أحادي الغليسريد وصوديوم سيترول لاكتات على التوالي. من جهة أخرى، تراوحت النسبة المئوية للغلوتين الرطب في الدقيق القياسي بين (28.66–29.86%)، النسبة المئوية للغلوتين الجاف بين (8.55–9.45%) ودليل الغلوتين بين (61.30–62.80%). بينت دراسات سابقة أن معظم المواد الخافضة للتوتر السطحي تبقى بالأشكال غير المتفاعلة وغير المقيدة عن إضافتها إلى الدقيق، ولكن بعد عملية خلط العجين، تشكل المواد الخافضة للتوتر السطحي روابط قوية مع البروتينات، وقد وصف العديد من الباحثين طريقة عمل العوامل السطحية الأنيونية (Stauffer, 2000, 106)، حيث تتفاعل هذه المركبات مع بروتين الغلوتين بسبب طبيعتها الموجبة الشحنة، وأثناء خلط العجين تشكل روابط قوية كارهة للماء مع الغلوتين (Chung *et al*., 1981, 220) والذي يؤدي إلى انخفاض صافي شحنة بروتين الغلوتين، مما سيساعد في تجميع بروتينات الغلوتين (Shibanuma *et al*., 1994, 111)، وبالتالي تعزيز قوة الغلوتين وتحسين تحمل الخلط وقوة الغاز في العجين. من جهة أخرى، تقترح نظرية مختلفة أن المواد الخافضة للتوتر السطحي والبروتينات تشكل تفاعلات مباشرة مع بعضها البعض، وهي ذات طبيعة أيونية، مما يؤدي إلى تراكم الغلوتين عن طريق الجانب الكاره للماء من سلاسل الألكيل للمواد الخافضة للتوتر السطحي (Mezger, 2006, 55). بينما أثناء عملية الخَبز، تبدأ درجة حرارة العجين في الارتفاع (Moayedallaie *et al*., 2009, 495)، مما يؤدي بدوره إلى تقليل تفاعلات المواد الخافضة للتوتر السطحي والغلوتين (Tsen and Weber, 1981, 180)، وعند وصول درجة الحرارة إلى درجة حرارة بدء التهلم للنشاء، والتي تزداد في وجود المواد الخافضة للتوتر السطحي (Eliasson, 1983, 207)، يؤدي ذلك إلى ازدياد فترة احتجاز الغاز (Veraverbeke and Delcour, 2002, 179). وخلال عملية التهلم، يربط النشاء كميات كبيرة من الماء (Srichuwong and Jane, 2007, 663) و(Tester *et al*., 2004, 151) وينتج عنه إعادة توزيع الماء في العجين (Yasunaga *et al*., 1968, 269). يؤدي الانخفاض المستمر في الماء إلى تخثر بروتينات الغلوتين (Tang and Copeland, 2007, 1)، حيث يتم تقليل قوة الاحتفاظ بالغاز ويبدأ تحرير الدهون القطبية التي تمَّ تقييدها (Silverio *et al*., 1996, 1179). إن المواد الخافضة للتوتر السطحي قادرة على ملء الفراغات التي نتجت عن تخثر بروتينات الغلوتين (Venkateswara and Haridas, 1993, 77) ثم تستحوذ تدريجياً على كامل السطح البيني مما يؤدي إلى ازدياد فترة الخَبز في الفرن (Fainerman and Reynders, 2002, 295).

ترتبط المواد الخافضة للتوتر السطحي بقوة بالنشاء، وقد اقترح الباحثون نماذج للتفاعلات بين لبيدات الدقيق الأصلية والبروتينات، وشمل ذلك نموذج البروتين الدهني في الغلوتين، ومركب غلوتينين–غليكولبيد–غليادين ومركب نشاء–غليكولبيد–غلوتين، كما

تتفاعل المواد الخافضة للتوتر السطحي مع بروتينات الغلوتين لتكوين مركب غلوتينين–خافض التوتر السطحي–غليادين (Azizi and Rao, 2004, 75). بالإضافة إلى ذلك، أدت إضافة نوعي خافضات التوتر السطحي إلى زيادة معنوية في النسبة المئوية للرماد (0.57–0.63%) و(0.77–0.88%)، وزيادة ملحوظة في درجة لون الدقيق (1.70–3.55 درجة) و(3.85–5.25 درجة) للدقيق الزيرو عالي الجودة والدقيق القياسي الموحد على التوالي، وتوافقت نتائج البحث مع نتائج سابقة حول تأثير إضافة خافضات التوتر السطحي في خصائص دقيق القمح المعد لصناعة الخبز (Azizi and Rao, 2005a, 545).

4–2– الخصائص الحرارية للدقيق:

تمت دراسة التغيرات في لزوجة معلق دقيق القمح الحاوي على نسب مختلفة من خافضات التوتر السطحي تحت تغيرات درجة حرارة مضبوطة باستخدام تقنية الأميلوغراف.

لوحظ من الجدول (5) والجدول (6)، الذين يبينان الخصائص الحرارية لدقيق القمح عالي الجودة المدعم بأحادي الغليسريد وصوديوم ستيرول لاكتات على التوالي، اختلاف درجة تأثيرهما في خصائص الدقيق الحرارية، فقد لوحظ انخفاض زمن بدء التجلتن من (19.50 دقيقة) إلى (18.00 دقيقة) عند إضافة أحادي الغليسريد، بينما ازداد إلى (22.20 دقيقة) عند إضافة صوديوم ستيرول لاكتات. وقد تمَّ تفسير ذلك بأن صوديوم ستيرول لاكتات يؤخر التحلل المائي لنشاء القمح، وتمَّ شرح التأثيرات من حيث درجات مختلفة من امتزاز المواد الخافضة للتوتر السطحي على سطح حبيبات النشاء، وتأخر امتصاص الماء و / أو انخفاضه وتأخر توافر النشاء المتهلم للتحلل المائي، وبالإضافة إلى ذلك، أدت التجارب الإضافية مع نشاء الذرة الشمعي إلى استنتاج مفاده أن صوديوم ستيرول لاكتات يؤثر في قوة انتفاخ حبيبات النشاء وارتشاح الأميلوز بشكل أكبر من خلال تغطية سطح حبيبات النشاء عن طريق تكوين مجمعات أميلوز–لبيدات، كما يقوم صوديوم ستيرول لاكتات بتأجيل التحلل المائي للنشاء، ولكن هذا لم يؤثر في تهلم النشاء اللاحق (Van Steertegem *et al*., 2013, 1113). من جهة أخرى، ازدادت بقية المؤشرات الحرارية المدروسة عند إضافة نوعي خافضات التوتر السطحي، حيث لوحظ ازدياد حرارة بدء التجلتن من (54.00 مْ) إلى (57.50 مْ و56.50 مْ)، اللزوجة العظمى من (580.00 BU) إلى (590.25 BU و620.00 BU)، زمن بلوغ اللزوجة العظمى من (35.00 دقيقة) إلى (40.00 دقيقة و40.00 دقيقة) والحرارة عند اللزوجة العظمى من (70.00 مْ) إلى (77.45 مْ و78.00 مْ) عند إضافة أحادي الغليسريد وصوديوم ستيرول لاكتات على التوالي.

الجدول (5): الخصائص الحرارية لدقيق القمح عالي الجودة المدعم بأحادي الغليسريد.

المؤشرات المدروسة	تركيز أحادي الغليسريد			
	%0	%0.2	%0.4	%0.6
زمن بدء التجلتن (د)	$19.50 \pm 0.10^{a,b}$	0.25^{a}±19.00	0.11^{b}±18.00	0.10^{b}±18.00
حرارة بدء التجلتن (مْ)	54.00 ± 0.15^{a}	0.21^{a}±54.10	55.20 ± 0.55^{b}	57.50 ± 0.25^{c}
اللزوجة العظمى (BU)	580.00 ± 4.25^{a}	3.20^{b}±595.50	620.00 ± 5.10^{c}	590.25 ± 2.40^{b}
زمن بلوغ اللزوجة العظمى (د)	35.00 ± 1.10^{a}	0.44^{b}±40.00	41.00 ± 0.31^{b}	40.00 ± 0.66^{b}
الحرارة عند اللزوجة العظمى (مْ)	70.00 ± 1.25^{a}	75.25 ± 1.20^{b}	80.50 ± 2.15^{c}	77.45 ± 1.05^{d}

* تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

الجدول (6): الخصائص الحرارية لدقيق القمح عالي الجودة المدعم بصوديوم ستيرول لاكتات.

المؤشرات المدروسة	تركيز صوديوم ستيرول لاكتات			
	%0	%0.2	%0.4	%0.6
زمن بدء التجلتن (د)	19.50 ± 0.10^{a}	0.10^{b}±20.20	0.25^{c}±22.50	0.15^{c}±22.20
حرارة بدء التجلتن (مْ)	54.00 ± 0.15^{a}	0.15^{b}±56.00	56.20 ± 0.30^{b}	56.50 ± 0.20^{b}
اللزوجة العظمى (BU)	580.00 ± 4.25^{a}	4.15^{a}±580.50	600.00 ± 3.30^{b}	620.00 ± 5.10^{c}
زمن بلوغ اللزوجة العظمى (د)	35.00 ± 1.10^{a}	0.12^{a}±35.10	38.50 ± 0.11^{b}	40.00 ± 0.42^{c}
الحرارة عند اللزوجة العظمى (مْ)	70.00 ± 1.25^{a}	72.00 ± 2.10^{b}	76.10 ± 1.05^{c}	78.00 ± 2.35^{d}

* تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

لم يؤدِ تغيير نوع الدقيق إلى تغيير آلية تأثير نوعي خافضات التوتر السطحي المستخدمة في هذا البحث في الخصائص الحرارية لمعلق دقيق القمح، حيث يبين الجدول (7) انخفاض زمن بدء التجلتن عند إضافة 0.6% من أحادي الغليسريد (20.00–21.10 دقيقة)، وازدياد كل من حرارة بدء التجلتن (61.00–64.20 مْ)، اللزوجة العظمى (540.00–570.00 BU)، زمن بلوغ اللزوجة العظمى (41.00–45.00 دقيقة) والحرارة عند اللزوجة العظمى (85.10–91.30 مْ).

الجدول (7): الخصائص الحرارية لدقيق القمح القياسي المدعم بأحادي الغليسريد.

المؤشرات المدروسة	تركيز أحادي الغليسريد			
	%0	%0.2	%0.4	%0.6
زمن بدء التجلتن (د)	21.10 ± 0.50^{a}	0.11^{a}±21.00	0.26^{b}±20.20	0.20^{b}±20.00
حرارة بدء التجلتن (مْ)	61.00 ± 0.10^{a}	0.15^{b}±62.40	66.00 ± 0.25^{c}	64.20 ± 0.20^{d}
اللزوجة العظمى (BU)	540.00 ± 2.15^{a}	1.40^{b}±555.00	585.50 ± 2.40^{c}	570.00 ± 5.20^{d}
زمن بلوغ اللزوجة العظمى (د)	41.00 ± 0.40^{a}	0.21^{a}±41.20	43.00 ± 0.10^{b}	45.00 ± 0.25^{c}
الحرارة عند اللزوجة العظمى (مْ)	85.10 ± 2.05^{a}	88.00 ± 1.10^{b}	91.10 ± 4.20^{c}	91.30 ± 2.30^{c}

* تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

أما عند استبدال أحادي الغليسريد بصوديوم ستيرول لاكتات وبنفس النسب المضافة كما يبدو في الجدول (8) يتبين ارتفاع جميع المؤشرات الحرارية لمعلق الدقيق التي تراوحت بين (21.10–24.30 دقيقة)، (61.00–65.30 مْ)، 540.00–560.00 BU)، (41.00–46.20 دقيقة) و(85.10–91.10 مْ) لزمن بدء التجلتن، حرارة بدء التجلتن، اللزوجة العظمى، زمن بلوغ اللزوجة العظمى والحرارة عند اللزوجة العظمى على التوالي.

على الرغم من حقيقة أن نوعي الدقيق المستخدمان في هذه الدراسة هما من نفس المصدر النباتي (القمح)، كان من المتوقع وجود اختلافات في خصائصهما الفيزيوكيميائية، مثل توزيع حجم حبيبات النشاء، محتوى اللبيدات، نسبة حبيبات النشاء المهتكة، وكذلك محتوى الإنزيمات، وإن تقييم مدى مسؤولية هذه الاختلافات عن الاختلافات الملحوظة بين نوعي الدقيق في الخصائص الحرارية تحتاج إلى مزيد من الدراسة والبحث، ولكن يمكننا أن نشير إلى أن أوجه التشابه بين نوعي الدقيق تؤكد حقيقة أن جزء النشاء، والذي يشكل 65% من وزن حبة القمح (Tosi *et al*., 2018, 2)، يمارس تأثيراً أساسياً في لزوجة معلق الدقيق الساخن (Morris *et al*., 1997, 147). وفيما يخص تأثير نوع خافضات التوتر السطحي في خصائص الدقيق الحرارية، فقد لوحظ أن

التأثير القوي للمواد الخافضة للتوتر السطحي في عملية تهلم النشاء قد أصبح واضحاً في وجود مواد خافضة للتوتر السطحي مختلفة عند نفس التركيز، وتعود هذه الاختلافات في خصائص التهلم إلى التفاعلات بين المواد الخافضة للتوتر السطحي وجزيء النشاء (كما ذكر سابقاً)، ومن المثير للاهتمام أن مثل هذه الاختلافات لم يكن لها أي تأثيراً واضحاً، ويبدو أن طول السلسلة الكربونية للمواد الخافضة للتوتر السطحي هو فقط الذي يحدد نوع التأثير الملاحظ في الخصائص المدروسة (Mira *et al*., 2005, 44; Blazek *et al*., 2011, 151).

الجدول (8): الخصائص الحرارية لدقيق القمح القياسي المدعم بصوديوم ستيرول لاكتات.

المؤشرات المدروسة	تركيز صوديوم ستيرول لاكتات			
	%0	%0.2	%0.4	%0.6
زمن بدء التجلتن (د)	21.10 ± 0.50^{a}	0.10^{b}±22.20	0.20^{c}±26.50	0.12^{d}±24.30
حرارة بدء التجلتن (مْ)	61.00 ± 0.10^{a}	0.11^{b}±63.10	66.70 ± 0.15^{c}	65.30 ± 0.15^{d}
اللزوجة العظمى (BU)	540.00 ± 2.15^{a}	2.10^{b}±550.00	575.20 ± 1.20^{c}	560.00 ± 4.15^{d}
زمن بلوغ اللزوجة العظمى (د)	41.00 ± 0.40^{a}	0.20^{b}±41.80	44.00 ± 0.30^{c}	46.20 ± 0.15^{d}
الحرارة عند اللزوجة العظمى (مْ)	85.10 ± 2.05^{a}	88.50 ± 3.20^{b}	90.60 ± 2.10^{c}	91.10 ± 1.50^{d}

* تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

5- الاستنتاجات والتوصيات:

1. بينت نتائج تحليل الخصائص الفيزيوكيميائية عدم وجود فروقات معنوية بين نوعي خافضات التوتر لكل نوع دقيق، حيث لم تؤدِ إضافة خافضات التوتر السطحي إلى أي تغيير في كل من النسبة المئوية لرطوبة الدقيق والنسبة المئوية للبروتينات الكلية. على النقيض من ذلك، أدت إضافة خافضات التوتر السطحي إلى ارتفاع معنوي في المؤشرات الكمية والنوعية للغلوتين، النسبة المئوية للرماد ودرجة لون الدقيق.
2. اختلفت درجة تأثير نوعي خافضات التوتر السطحي المدروسة في خصائص الدقيق الحرارية، فقد انخفض زمن بدء التجلتن عند إضافة أحادي الغليسريد، بينما ازداد عند إضافة صوديوم ستيرول لاكتات.
3. لم يؤدِ تغيير نوع الدقيق إلى تغيير آلية تأثير نوعي خافضات التوتر السطحي المستخدمة في هذا البحث في الخصائص الحرارية لمعلق دقيق القمح، وبالتالي تؤكد أوجه التشابه بين نوعي الدقيق حقيقة أن جزء النشاء، والذي يشكل 65% من وزن حبة القمح، يمارس تأثيراً أساسياً في لزوجة معلق الدقيق الساخن.
4. تعود الاختلافات بين نوعي خافضات التوتر السطحي المدروسة في خصائص التهلم إلى التفاعلات بين هذه المواد وجزيء النشاء، والذي يعزى بالدرجة الأساسية إلى طول السلسلة الكربونية للمواد الخافضة للتوتر السطحي الذي يحدد نوع التأثير الملاحظ في الخصائص المدروسة.

وبناء على ما سبق يمكن أن نوصي بما يلي:

1. تقييم العلاقة بين خصائص الدقيق الفيزيوكيميائية وآلية تأثير خافضات التوتر السطحي في الخصائص الريولوجية والحرارية للدقيق.
2. قياس الخصائص الريولوجية لأنواع دقيق القمح المدعمة بأنواع مختلفة من خافضات التوتر السطحي.
3. دراسة تأثير إضافة خافضات التوتر السطحي في خصائص جودة منتجات المخابز.

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

المراجع (References):

1. AACC. (2000). ***Approved Methods of the AACC***, 10th edn. Methods 44-15A, 08-01, 46-10, 38-21A, 10-22. St Paul, MN. AACC.
2. Ambigaipalan, P., Hoover, R., Donner, E. and Liu, Q. 2013. ***Retrogradation characteristics of pulse starches.*** Food Res Int., 54, 203-212.
3. Azizi, M. H. and Rao, G. V. (2004). ***Dough rheological properties and effect of surfactant gels on bread making characteristics of wheat flours of different qualities.*** Journal of Texture Studies, 35, 75-91.
4. Azizi, M. H., Rao, G. V. (2005a). ***Effect of surfactant gels on dough rheological characteristics and quality of bread.*** Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 44, 545-552.
5. Azizi, M. and Rao, G. V. (2005b). ***Effect of surfactant in pasting characteristics of various starches.*** Food Hydrocolloids, 19, 739-743.
6. Blazek, J., Gilbert, E. and Copeland, Les. (2011). ***Effects of monoglycerides on pasting properties of wheat starch after repeated heating and cooling.*** Journal of Cereal Science, 54, 151-159.
7. Chung, O. K., Tsen, C. C. and Robinson, R. J. (1981). ***Functional properties of surfactants in bread making. III. Effects of surfactants and soy flour on lipid binding in bread.*** Cereal Chemistry, 58, 220-226.
8. Copeland, L., Blazek, J., Salman, H. and Tang, M. C. (2009). ***Form and functionality of starch.*** Food Hydrocolloid, 23, 1527-1534.
9. Eliasson, A. C. (1983). ***Differential scanning calorimetry studies on wheat starch gluten mixtures. II. Effect of gluten and sodium stearoyl lactylate on starch crystallization during aging of wheat starch gel.*** Journal of Cereal Science, 1, 207.
10. Ersoy, B. and Celik, M. 2003. ***Effect of hydrocarbon chain length on adsorption of cationic surfactants onto clinoptilolite.*** Clays and Clay Minerals, 51, 172-180.
11. Fainerman, V. B. and Reynders, E. H. L. (2002). ***Adsorption of single and mixed ionic surfactants at fluid interfaces.*** Adv. Coll. Intl. Sci., 96, 295-323.
12. Hemalatha, M.S. and Prasada Rao, U.J.S. (2022). ***Effect of surfactant and fat on chapati making quality and control of its staling***. Current Research in Food Science, 5, 11-18.
13. Hosseinpour, S., Götz, V. and Peukert, W. (2021). ***Effect of surfactants on the molecular structure of the buried oil/water interface.*** Angewandte Chemie International Edition, 60, 2-10.
14. Kosswig, K. (2005). ***"Surfactants" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry***, Wiley-VCH, Weinheim.
15. Kralova, I. and Sjöblom, J. (2009). ***Surfactants used in food industry: A review.*** Journal of Dispersion Science and Technology, 30, 1363-1383.
16. Laurenti, M., Rubio-Retama, J., Garcia-Blanco, F. and López-Cabarcos, E. (2008). ***Influence of the surfactant chain length on the fluorescence properties of a water-soluble conjugated polymer.*** Langmuir, 24, 13321-13327.
17. Leonardo, C. (2017). ***Polyoxyethylene alkyl ether carboxylic acids: An overview of a neglected class of surfactants with multiresponsive properties***. Advances in Colloid and Interface Science. 250, 79–94.
18. Mezger, T. G. (2006). ***The Rheology Handbook***. Vincentz Network, Hannover, Germany.
19. Mira, I., Eliasson, A. C. and Persson, K. (2005). ***Effect of surfactant structure on the pasting properties of wheat flour and starch suspensions.*** Cereal Chemistry, 82, 44-52.
20. Moayedallaie, S., Mirzaei, M. and Paterson, J. (2009). ***Bread improvers: Comparison of a range of lipases with a traditional emulsifier.*** Food Chemistry, 122, 495-499.

21. Morris, C. F., King, G. E. and Rubenthaler, G. L. (1997). ***Contribution of wheat flour fractions to peak hot paste viscosity.*** Cereal Chemistry, 74, 147-153.
22. Ortega-Toro, R., Jiménez, A., Talens, P. and Chiralt, A. (2013). ***Effect of the incorporation of surfactants on the physical properties of corn starch films.*** Food Hydrocolloids, 38, 66-75.
23. Rosen, M. J. and Kunjappu, J.T. (2012). ***Surfactants and Interfacial Phenomena (4th ed.).*** Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
24. Samaan, J. (2007). ***Characterisation of grain quality of Syrian durum wheat genotypes affecting milling performance and end-use quality.*** PhD Thesis, School of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Plymouth, UK.
25. Shibanuma, K., Takeda, Y., Hizukuri, S. and Shibata, S. (1994). ***Molecular structures of some wheat starches.*** Carbo. Poly., 25, 111-116.
26. Silverio, J., Svensson, E., Eliasson, A. C. and Olofsson, G. (1996). ***Isothermal microcalorimetric studies on starch retrogradation.*** J. Ther. Ana. Calorimet., 47, 1179-1200.
27. Srichuwong, S. and Jane, J. I. (2007). ***Physiochemical properties of starch affected by molecular composition and structure: A review.*** Food Sci. Biotech., 10, 663-674.
28. Stauffer, C. E. (2000). ***Emulsifiers as anti-staling agents.*** Cereal Food World, 45,106-110.
29. Tang, M. C. and Copeland, L. (2007). ***Investigation of starch retrogradation using atomic force microscopy.*** Carb. Poly., 70, 1-7.
30. Tester, R. F., Karkalas, J. and Qi, X. (2004). ***Starch composition, fine structure and architecture.*** J. Cereal Sci., 39, 151-165.
31. Tosi, P., He, J., Lovegrove, A., Gonzáles-Thuillier, I., Penson, S. and Shewry, P. R. (2018). ***Gradients in compositions in the starchy endosperm of wheat have implications for milling and processing***. Trends in Food Science & Technology, 82, 1-7.
32. Tsen, C. C. and Weber, W. J. (1981). ***Dough properties and proof times of yeasted dough's affected by surfactants.*** Cereal Chemistry 58, 180-18l.
33. Van Steertegem, B., Pareyt, B., Brijs, K. and Delcour, J. A. (2013). Combined impact of Bacillus stearothermophilus maltogenic alpha-amylase and surfactants on starch pasting and gelation properties. Food Chemistry, 139, 1113-1120.
34. Venkateswara, R. G. and Haridas, R. P. (1993). ***Methods for determining rheological characteristics of dough's: A critical evaluation.*** J. Food Sci. Technol., India., 30, 77-87.
35. Veraverbeke, W. S. and Delcour, J. A. (2002). ***Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to bread making functionality.*** C. R. C. Cri. Rev. Food Sci. Nutr., 42, 179-208.
36. Yasunaga, T., Bushuk, W. and Irvie, G. N. (1968). ***Gelatinization of starch during baking.*** Cereal Chemistry, 45, 269-279.
37. Wang, S., Li, C., Copeland, L., Niu, Q. and Wang, S. (2015). ***Starch retrogradation: A Comprehensive review.*** Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 14, 568-585.