

تأثير عملية الإنبات في الخصائص الريولوجية لدقيق القمح السوري شام 3

مي الكاتب (1)* ورمضان عطرة (1) وأحمد مفيد صبح (2)

(1) قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية، جامعة البعث، حمص، سورية.

(2) كلية العلوم الصحية، جامعة البعث، حمص، سورية.

(*للمراسلة الباحثة مي الكاتب، البريد الإلكتروني mrksham@gmail.com)

تاريخ الاستلام: 2021/05/20 تاريخ القبول: 20221/10/3

الملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير عملية الإنبات على الخصائص الريولوجية لصنف القمح السوري القاسي شام 3، مقاسة بجهازي الألفيوغراف والميكسولاب، تمت المقارنة مع الشاهد القمح الكامل غير المنبت للتأكد من أن التغيرات كانت نتيجة الإنبات، تبين من خلال النتائج الإحصائية أن شروط الإنبات المثلى لصنف القمح السوري القاسي شام 3 هي درجة حرارة 20 م° ولمدة 4 أيام، حيث وصل بهذه الشروط محتوى حمض الفوليك 1.75 مغ/كغ وهو يعادل 13 ضعف تقريباً من محتوى حمض الفوليك في دقيق القمح الكامل غير المنبت (0.135 مغ/كغ). من خلال الدراسة الإحصائية توصنا إلى أن نسبة الإنبات % ترتبط مع زمن الإنبات بعلاقة طردية قوية حيث كان معامل الارتباط $r=0.930$ ($P < 0.05$) و تم التوصل إلى نموذج انحدار بسيط، كما تبين وجود علاقة ارتباط معنوية بين مدة الإنبات وطول البادرة حيث لوحظ وجود علاقة ارتباط طردية قوي بينهما $r=0.933$ ($P < 0.05$) وتم التوصل إلى نموذج انحدار بسيط. كذلك بينت دراسة الخصائص الريولوجية للدقيق باستخدام الألفيوغراف والميكسولاب أن الإنبات أدى إلى انخفاض قوة العجين، حيث انخفضت جميع مؤشرات الألفيوغراف (P,L,G,W) والميكسولاب (C1, C2,C3,C4,C5, DDT) لعجين القمح المنبت بشكل معنوي كبير بالمقارنة مع عينة الشاهد.

كلمات مفتاحية: الإنبات ، القمح، الألفيوغراف، الميكسولاب، الريولوجية.

المقدمة:

يعتبر القمح من أهم محاصيل الحبوب نظراً لاستخداماته المتعددة كالدقيق والسميد الذين يشكلان المكون الأساسي لمعظم منتجات الخبز والمعجنات، وهما من الأغذية الأساسية في الشرق الأوسط (Zilic et al.,2014) (Anon.2019)، أصبح تدعيم الدقيق بالفيتامينات والمعادن إلزامياً في معظم الدول، لانخفاض القيمة التغذوية للدقيق منخفض الاستخراج (Anon.2019)، ويعتبر من المهم جداً تدعيم طحين القمح بالعديد من الإضافات لعدة أسباب فهو غذاء رئيسي لمعظم شعوب الأرض، ويشكل المادة الأساسية في كثير من المنتجات، ويستهلك بكمية كبيرة وبشكل منتظم من قبل كل الفئات العمرية ذات المستوى الاقتصادي المختلف، كما أنه يستهلك في كل وجبة تقريباً، وتعتبر عملية تدعيم الطحين بسيطة وسهلة الضبط، كما أن التدعيم ببعض الإضافات مثل حمض الفوليك وفيتامينات B يناسب الطحين ولا يوجد غذاء رئيسي آخر

مناسب للتدعيم بها، كما وقد أصبحت تقنية تدعيم دقيق القمح واضحة نتيجة العمل بها على مدار العديد من السنوات، وتعتبر آمنة لأن الإنسان لا يستطيع تناول كمية من الطحين المدعم تتجاوز الحدود الآمنة العليا للمركبات المضافة، ومن الإضافات التي يقترح تدعيم دقيق القمح بها: حمض الفوليك والتيامين والريبوفلافين والنياسين والبيريدوكسين والكوبالامين وفيتامين A وفيتامين D وفيتامين C، تم التأكيد من قبل منظمة الصحة العالمية على ضرورة تدعيم دقيق الحديد والزنك وحمض الفوليك وكوبالامين B12 وفيتامين A وD في دول الشرق الأوسط (Anon.2019) Wesley and (Ranum.2004)، يؤدي الإنبات إلى تعزيز القيمة الغذائية للقمح، حيث تبين مؤخراً أن الحبوب المنتجة أفضل تغذوياً من حيث الفيتامينات والمعادن والمركبات الفينولية بالمقارنة مع الحبوب غير المنتجة، بالرغم من أنه من عيوب الحبوب لأنه يؤدي إلى تحلل البروتين والكربوهيدرات وبالتالي تفكك مخزون الحبة من الكربوهيدرات والبروتينات لدعم الاستقلاب خلال الإنبات وهذا يؤدي إلى انخفاض جودة الحبوب (Shafqat,2013)، يؤثر الإنبات على الخصائص الريولوجية للدقيق (Shafqat, 2013). ويختلف تأثير الإنبات سلباً باختلاف شروط الإنبات للقمح بسبب الحموضة الأنزيمية للنشاء والبروتين والألياف كنتيجة لزيادة فعالية العديد من الأنزيمات وخصوصاً ألفا الأميلاز والبروتيياز، وتحطم الروابط الكبريتية بين الأحماض الأمينية مما يؤدي لتغيرات في المقدرة على ربط الماء وتماسك العجين وزمن تطور العجين (Edwards *et al.*, 1989).

إن زيادة الطلب من قبل المستهلك للمنتجات الغذائية الطبيعية الخالية من الإضافات الصناعية، أدى إلى الرغبة في إضافة القمح المنبت لمنتجات الخبز والمعجنات لتعزيز القيمة الغذائية وكبديل عن المواد المضافة الكيميائية (Shafqat, 2013)، وقد بينت الدراسات إمكانية استخدام القمح المنبت تحت شروط مضبوطة كمكون جديد في صناعة الخبز والمعجنات (Martí *et al.*, 2017).

يعتبر إنبات القمح طريقة فعالة لتعزيز فعالية مضادة الأكسدة للطحين، حيث تؤدي العمليات البيوكيميائية التي تحدث خلال الإنبات إلى تخليق الكثير من المركبات الحيوية مثل الريبوفلافين والتيامين والبيوتين وحمض البانتوثونيك وحمض الاسكوربيك والتوكوفيرولات ومكونات فينولية بالإضافة إلى زيادة توافرها، وأصبح استخدام دقيق الحبوب المنتجة شائعاً جداً كأغذية وظيفية لمنافعها الصحية والتغذوية (Moongngarm and Saetung., Alvarez-jubete *et al.*, 2010, Zilic *et al.*, 2014). يتضح مما سبق أهمية الاستعادة من دقيق حبوب القمح المنتجة، بإدخالها في منتجات الخبز والمعجنات، لكي تصبح جزءاً أساسياً من قوائم الطعام اليومية لدى أفراد الشعب السوري لما لها من أهمية غذائية ووقائية وعلاجية لكثير من الأمراض.

تترافق عملية إنبات القمح مع انخفاض جودة الدقيق المنتج منه، مما يجعل استخدامه مقيداً في صناعة الخبز والمعجنات وهذا أيضاً يؤدي إلى مشاكل في مراحل الإنتاج المختلفة والحصول على منتج نهائي غير مرضي خلال التصنيع الغذائي، حيث يؤثر الإنبات على خصائص الطحين مثل نسبة الاستخراج ونسبة البروتين والرماد وانخفاض رقم السقوط وارتفاع فعالية ألفا الأميلاز التي تؤدي إلى تحطم النشاء بشكل كبير، ويؤدي نشاء الحبوب المنتجة انخفاضاً بقوة الانتفاخ ويتجلتن عند درجة حرارة أخفض وبمجال أصغر من درجات الحرارة بالمقارنة مع نشاء الحبوب غير المنتجة (Shafqat, 2013)، إلا أن إضافة الحبوب المنتجة كمكون ثانوي لزيادة فعالية ألفا الأميلاز الزيادة كمية السكريات القابلة للتخمر وهذا يزيد من حجم

رغيف الخبز وفترة الحفظ (Ral et al., 2016)، كما يؤدي إنبات القمح إلى زيادة فعالية أنزيم الليباز والليبوأوكسجيناز المفككة للدهن والتي تؤدي إلى زيادة نسبة الحموض الدسمة (Kubicka et al. 2000)، ولذلك يعتبر دقيق القمح المنبت غير مناسب لصناعة العجين والخبز وعند استخدام دقيق القمح المنبت بنسبة 100% حيث يكون العجين لزج وينتج خبز بمواصفات سيئة من حيث لون اللبابة الغامق والقوام الرديء، يستخدم القمح المنبت على شكل سلطة أو عصير أو أقراص دوائية كمصدر للفيتامينات والعناصر المعدنية والمكونات الفينولية، أو إضافته بنسب مختلفة للمنتجات الغذائية، كما بين الباحث (Hussain and Uddin, 2012) أن الإنبات يحسن من امتصاصية الدقيق للماء وهذا يعتبر مهماً في صناعة أغذية الحبوب الجاهزة للأكل. (Yamauchi et al., 1998, Cabrera et al., 1995)، بينت الدراسات أن القمح المنبت تحت شروط مضبوطة يمكن استخدامه كمادة مضافة جيدة في صناعة الخبز (Marti et al., 2017). يمكن استخدام دقيق القمح المنبت والمجفف كمادة داعمة في صناعة الكثير من المنتجات الصحية القيمة مثل النودلز والمعكرونة والخبز غير المخمر والعصيدة وأغذية الأطفال والعديد من أنواع الخبز المتخمر بالخميرة وذلك بإضافته بنسب محددة لكل منتج غذائي (Shingare and Thorat, 2013)، يتميز دقيق القمح المنبت بخصائص وظيفية محسنة للدقيق والمنتجات المصنعة لغناه بشكل طبيعي بالأنزيمات كالأميلاز والبروتياز، وهذا بدوره يساعد على تقليل الأنزيمات التجارية الواجب إضافتها أو الغاؤها نهائياً وبالتالي يتحقق بآن واحد تحسين قبول المستهلك وتقليل المواد المضافة (Bellaio et al. 2013)، مما سبق نستنتج أهمية دراسة تأثير الإنبات على الخصائص الريولوجية للقمح السوري لاستخدامه في تدعيم منتجات الخبز والمعجنات بنسب محددة.

هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير عملية الإنبات على الخصائص الريولوجية والتصنيعية لدقيق صنف القمح السوري شام 3، بهدف الاستفادة منه في الصناعات الغذائية المتنوعة.

مواد وطرائق البحث:

تم تأمين صنف القمح القاسي شام 3 من المؤسسة العامة لإكثار البذار فرع حماه، وسحبت العينات خلال موسم الحصاد (2020)، نبتت العينات بعد الحصاد مباشرة لتقادي انخفاض الجودة، مع تخزين هذه العينات، وأخذت كامل الكمية التي ستتم عليها الدراسة دفعة واحدة ليتم تلافي التغيرات الناتجة عن تغير الفصل والمناخ، وحفظت كافة الكميات من القمح في مكان جاف جيد التهوية.

طريقة العمل المتبعة في إنبات القمح:

نبتت عينات القمح وفق (Corded and Henry. 1989) وقد تم دراسة شروط مختلفة حيث تم بدرجة حرارة 25/25/20/15 م° ولمدة 6/4/2 يوم، ويتم حساب نسبة الإنبات من خلال تحديد النسبة المئوية للبذور المنبته تحت الظروف المدروسة وخلال الفترة الزمنية المحددة وفق: نسبة الإنبات = (عدد الحبوب المنبته / عدد الحبوب المستخدمة) × 100، حيث يتم أخذ 100 حبة بشكل عشوائي من كل طبق وتتم هذه العملية بثلاث مكررات، لتحديد الشروط المثلى للإنبات بينت الدراسات أن المكونات الغذائية لا تزيد بنفس المعدل خلال الإنبات، حيث أنه لا يوجد شروط إنبات مثالية موحدة وثابتة لكل المكونات (Ehmke. 2017)، وبالتالي إن الشروط المثلى لعملية إنبات القمح تختلف باختلاف المركبات المطلوب زيادتها إلى أقصى

تركيز، أي أولاً لابد من تحديد الهدف المطلوب من عملية الإنبات ومن ثم تحديد الشروط المثلى للإنبات. بناءً على توصيات منظمة الصحة العالمية لتدعيم دقيق القمح في دول الشرق الأوسط وفي سوريا تحديداً والمواصفة القياسية السورية 192 الخاصة بالطحين، وعلى الدراسة المرجعية حول المركبات التي تزيد نتيجة إنبات القمح، فقد تم تحديد زيادة حمض الفوليك هدفاً للإنبات.

طريقة تقدير كمية حمض الفوليك:

حددت كمية حمض الفوليك B9 باستخدام الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء HPLC وفق Azevedo et al., 2020 خلال الاستخلاص باسيئات الأمونيوم ومن ثم التحليل باستخدام HPLC عند طول موجة 280 ميكرومتر.

اختبار الألفيوغراف:

درست خصائص العجين الريولوجية بجهاز الألفيوغراف (Alveograph Chopin, NG model, France) حسب الطريقة الموصوفة من قبل (Zhygunov et al., 2020)، وتحديد كل من:

P: قدرة العجين على احتجاز الغاز (المقاومة المرنة للعجين) تقدر بوحدة (ملم زئبق)

L: قابلية العجين للتمدد تقدر بوحدة (ملم).

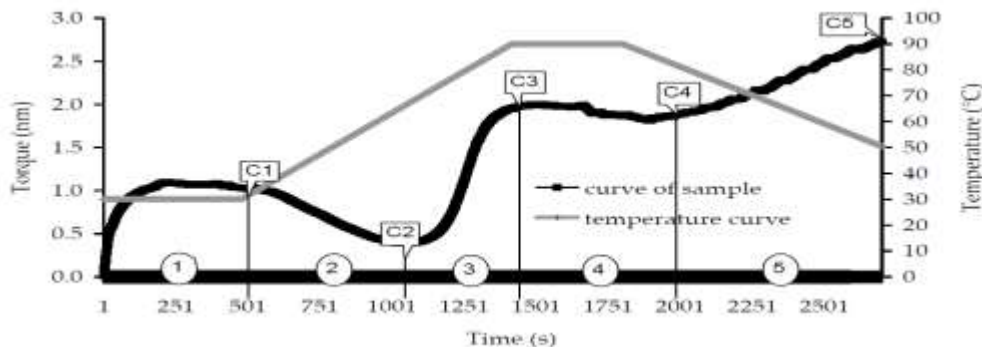
P/L: التوازن بين المقاومة المرنة وقابلية التمدد.

W: قوة الغلوتين وترتبط مع قوة الخبيز للدقيق وتعبر عن العمل المصروف على تشكيل العجين المنفوخ وتقدر بوحدة $J \cdot 10^{-4}$.

G: دليل انتفاخ العجين cm^3 .

اختبار الميكسولاب:

تم قياس خصائص العجين التكنولوجية والريولوجية بجهاز الميكسولاب، حيث استخدم جهاز الميكسولاب المطور من قبل شركة شوبان الفرنسية (Chopin, Tripette et Renaud, France)، إن الطريقة المستخدمة في جهاز الميكسولاب توفر معطيات مشابهة لتجربتي الفارينوغراف والأميلوغراف، حيث يتم تعريض العجين لجهد العجن مع تغيرات بدرجة الحرارة ويوضح الشكل (15) مخطط الميكسولاب النموذجي. (Rustemova et al., 2020) يتم تحديد امتصاصية الماء %



الشكل (15) مؤشرات مخطط الميكسولاب النموذجي (Tamara et al., 2011)

وهي نسبة الماء الممتص % للوصول إلى قوام $C1 = 1.1 \pm 0.05$ Nm، وزمن تطور العجين (دقيقة) وهو الزمن بالدقيقة اللازم للوصول إلى C1، وثباتية العجن وهي زمن مقاومة العجين لعملية العجن (دقيقة)، وكل من المتغيرات: C2: عزم ضعف البروتين (نيوتن متر) وهو أدنى عزم يسجل نتيجة رفع درجة الحرارة والجهد الميكانيكي.

- C3 : عزم جلتنة النشاء (نيوتن متر) وهو أكبر عزم يسجل نتيجة جلتنة النشاء .
 C4 : ثباتية الهلام الساخن (فعالية الأميلاز) (نيوتن متر) وهو أدنى عزم يسجل نتيجة فعالية الأميلاز .
 C5: تراجع النشاء بطور التبريد (نيوتن متر) وهو أكبر قيمة نتيجة التراجع. (Rustemova et al.2020)
الخصائص الفيزيائية للقمح:

الوزن النوعي للحبوب وفق (AACC, 2000/ 55-10)، ونسبة الأجرام والشوائب، ووزن الألف حبة، والتجانس، والبلورية وفق (Posner, Hibbs.2005)، والقساوة وفق AACC NO.55-30.

النتائج والمناقشة:

1- الخصائص الفيزيائية للقمح المستخدم:

يبين الجدول (1) نتائج الاختبارات الفيزيائية لسنف القمح القاسي شام 3 المستخدم في الدراسة، حيث يلاحظ أن القمح المستخدم متجانس وذو وزن نوعي 78.95 كغ/هكتولتر، وهو وزن نوعي مرتفع، وفق (Posner and Hibbs, 2005)، ووفقاً لوزن الألف حبة فإن القمح المستخدم يعتبر عالي الجودة لأن وزن الألف حبة للقمح المستخدم تجاوزت 46 غ، والقمح المستخدم خالي من الأجرام والشوائب لأنها عينة مغرلة ومنظفة من مركز إكثار البذار، وبلغ دليل حجم الحبيبات 10% وبالتالي يصنف القمح على أنه قمح قاسي جداً وهذا يتوافق مع حقيقة أن القمح السوري المستخدم هو القمح القاسي شام 3.

الجدول(1) الخصائص الفيزيائية للقمح المستخدم

الخاصية الفيزيائية	القيمة
الوزن النوعي (كغ/هكتولتر)	78.95 ± 1.21
التجانس %	83%
البلورية %	25% ق / 75% ب
وزن الألف حبة (غ)	49.71 ± 1.45
نسبة الأجرام والشوائب %	خالية
القساوة % PSI	10.02 ± 1.11

ق: حبوب قارحة نشوية / ب: حبوب بلورية

2- الشروط المثلى لإنبات القمح المستخدم:

يبين الجدول (2) محتوى حمض الفوليك B9 في الدقيق الكامل لعينات القمح المنبت بشروط مختلفة مقدرة على أساس المادة الجافة. لوحظ عند الإنبات بدرجة حرارة 25 م° و 30 م° في اليوم الخامس بدء ظهور عفن أبيض مترافق مع رائحة غير مستحبة، لذلك تم إيقاف عملية الإنبات بدرجة حرارة 25 م° و 30 م° والاكتفاء فقط بالقمح المنبت بدرجة حرارة 25 م° و 30 م° لمدة يومين وأربعة أيام.

لوحظ من خلال الدراسة الاحصائية للنتائج، وجود اختلاف معنوي بمحتوى حمض الفوليك في عينات القمح المنبت بشروط مختلفة، وتبين من خلال التحليل الاحصائي أن درجة حرارة الإنبات تؤثر على محتوى حمض الفوليك في القمح المنبت بشكل معنوي، حيث يلاحظ عند تثبيت مدة الإنبات وتغيير درجة الحرارة أن أعلى محتوى من حمض الفوليك كان عند درجة حرارة 20 م°،

الجدول (2) محتوى حمض الفوليك في عينات دقيق القمح الكامل المنبت بشروط مختلفة مغ /كغ على أساس المادة الجافة

مدة الإنبات (يوم)				درجة حرارة الإنبات م°
8 يوم	6 يوم	4 يوم	2 يوم	
0.45 ^d ± 0.00	0.021 ± 0.02 ^c	0.91 ^b ± 0.01	0.87 ^a ± 0.01	15 م°
0.88 ^c ± 0.01	1.10 ^d ± 0.02	1.75 ^a ± 0.00	1.06 ^b ± 0.01	20 م°
×	×	0.00 ^e ± 0.00	0.74 ^c ± 0.00	25 م°
×	×	0.00 ^e ± 0.00	0.11 ^d ± 0.01	30 م°

القيم عبارة عن المتوسط لثلاث مكررات معبراً عن النتيجة متوسط ± الانحراف المعياري.

الحروف المختلفة في السطر والعمود تدل على وجود اختلاف معنوي عند $P > 0.05$

كما يلاحظ عند تثبيت درجة حرارة الإنبات وتغيير مدة الإنبات أنّ حمض الفوليك يزداد مع استمرار الإنبات ومن ثم يبدأ بالتناقص، وقد تم التوصل إلى أنّ أعلى محتوى من حمض الفوليك 1.75 مغ/كغ كان عند الإنبات بدرجة حرارة 20 م° لمدة أربعة أيام، حيث بلغ 13 ضعف تقريباً من محتوى حمض الفوليك في دقيق القمح الكامل غير المنبت والذي بلغ 0.135 مغ/كغ.

نستنتج أنّ شروط الإنبات المثلى للقمح السوري القاسي شام 3 هي درجة حرارة 20 م° ولمدة 4 أيام، وهي الشروط التي سيتم إنبات القمح وفحصها في باقي البحث، وهذا يتقارب مع نتائج الباحث (Koehler et al., 2007) الذي استطاع الوصول إلى أعلى محتوى من حمض الفوليك عند إنبات القمح لمدة 102 ساعة وبدرجة حرارة 20 م°. محتوى حمض الفوليك في دقيق القمح السوري الكامل القاسي شام 3 المنبت 1.75 مغ/كغ وهو أكبر بالمقارنة مع نتائج الباحث (Afify et al., 2016) الذي بيّن أنّ محتوى حمض الفوليك في دقيق القمح الكامل المنبت 0.30 مغ/كغ، ويعزى ذلك إلى اختلاف صنف القمح المدروس.

من خلال الدراسة الاحصائية توصلنا إلى أن نسبة الإنبات % ترتبط مع مدة الإنبات بعلاقة طردية حيث كان معامل الارتباط $r = 0.930$ و $P = 0.001$ وتم التوصل إلى نموذج الانحدار البسيط التالي:

$$G = 34.23 + 7.692 t$$

$$R^2 : \% 86.54 \text{ , } P > 0.05 \text{ معامل التحديد}$$

G : نسبة الإنبات % . t : مدة الإنبات (يوم).

من خلال الدراسة الاحصائية تبين وجود علاقة ارتباط معنوية بين مدة الإنبات وطول البادرة حيث يلاحظ وجود علاقة ارتباط طردية قوي بينهما $r = 0.933$, $P < 0.05$ وتم التوصل إلى نموذج الانحدار البسيط التالي:

$$B = 2.314 + 0.1249 t$$

$$R^2 = 92.52\% , P = 0.00$$

B : طول البادرة (مم) . t : مدة الإنبات (يوم).

من خلال دراسة خصائص الدقيق الريولوجية باستخدام الألفيوغراف المبينة في الجدول (3) نلاحظ أنّ الإنبات أدى إلى انخفاض قوة الدقيق الكامل حيث انخفضت جميع مؤشرات الألفيوغراف بشكل معنوي كبير، وهذا يتوافق مع (Baranzelli et al., 2018) باستثناء المطاطية L التي لاحظ ارتفاعها بعد الإنبات، ويمكن أن نفسر هذا الاختلاف بأن الإنبات تم لمدة أطول (4 أيام) في بحثنا بالمقارنة مع الباحث (Baranzelli et al., 2018) أدى إلى تدهور وانخفاض المطاطية ، أيضاً

لأننا درسنا خصائص دقيق القمح الكامل المنبت بينما درس الباحث (Baranzelli et al.2018) خصائص دقيق القمح المنبت باستخراج 72% يلاحظ من الجدول (3) اختلاف خصائص دقيق القمح الكامل المنبت بشكل معنوي عن الدقيق الكامل غير المنبت، حيث يلاحظ أنّ الإنبات يؤدي إلى انخفاض معنوي بقوة دقيق القمح الكامل، ويفسر ذلك بأنّ الإنبات يؤدي إلى زيادة فعالية البروتينات البروتينية للمفك للبروتينات ذات الوزن الجزيئي المرتفع إلى ببتيدات وأحماض أمينية حرة، حيث أنه يؤثر على البروتينات المخزنة بالحبة وهي الغليادين والغلوتينين (يشكلان 75% من البروتين الكلي) ويؤدي إلى تفككها إلى جزيئات أصغر لتلبية متطلبات نمو البادرة، وهذا يؤثر على الخصائص الريولوجية للدقيق وبالتالي يؤثر على وظائف الدقيق خلال الإنتاج الغذائي بسبب تناقص مطاطية وقوة العجين. (Faltermayer et al.2015)

الجدول (3) الخصائص الريولوجية باستخدام جهاز الأفيوغراف

دقيق القمح المنبت الكامل	دقيق القمح غير المنبت الكامل	دقيق 72% شام 3	
18 ± 0 ^c	126 ± 3 ^b	149 ± 1 ^a	P (mmH₂O)
8 ± 1 ^c	10 ± 2 ^b	20 ± 0 ^a	L (mm)
6.30 ± 0.02 ^b	7.01 ± 0.01 ^b	9.95 ± 0.01 ^a	G (cm³)
7 ± 0 ^c	66 ± 1 ^b	138 ± 2 ^a	W (J. 10⁻⁴)
2.25 ± 0.01 ^c	12.6 ± 0.06 ^b	7.45 ± 0.02 ^a	P/L

القيم عبارة عن المتوسط لثلاث تكرارات معبراً عن النتيجة متوسط ± الانحراف المعياري. الحروف المختلفة في السطر والعمود تدل على وجود اختلاف معنوي عند $P > 0.05$

نلاحظ من خلال دراسة الخصائص الريولوجية باستخدام الميكسولاب الموضحة بالجدول (4)، ارتفاع نسبة الماء الممتص من قبل دقيق صنف القمح القاسي شام 3 المنبت بالمقارنة مع دقيق القمح العادي لنفس الصنف، ويعزا ذلك إلى ارتفاع نسبة النخالة في دقيق القمح الكامل مما يؤدي إلى ازدياد نسبة الماء الممتص وهذا يتوافق مع نتائج الباحث *etal.2016* Xhabiri ، بينما نلاحظ انخفاض نسبة الماء الممتص لدقيق القمح الكامل المنبت بالمقارنة مع دقيق القمح غير المنبت الكامل ويفسر ذلك بتأثير الإنبات على التركيب الكيميائي للقمح حيث أنه يؤدي إلى الحلمة الأنزيمية للجزيئات الكبيرة مثل النشاء والبروتينات، كما أن حجم الحبيبات المنخفض لدقيق القمح بالمقارنة مع حجم حبيبات دقيق القمح الكامل يؤدي إلى انخفاض امتصاصية الماء *Ding et al.2018*.

يؤثر الإنبات على الثباتية كما هو واضح، حيث أنه يؤدي إلى انخفاضها بشكل معنوي، وهذا يتوافق مع نتائج الباحث (Baranzelli et al.2018) الذي فسّر ذلك بأنّ الإنبات يؤدي إلى انخفاض نسبي في الغلوتين مما يخفف من الثباتية، كما يؤثر الإنبات على زمن تطور العجين ويفسر ذلك بأنّ الإنبات يؤدي إلى تغييرات في تكوين البروتينات المكونة للغلوتين، بسبب التحلل المائي للروابط داخل أو بين جزيئات الغليادين والغلوتينين، أو عن طريق كسر الروابط ثنائية الكبريت بين الأحماض الأمينية (السيستين والسيستين)، وبالتالي الإنبات يسبب التحلل المائي لشبكة الغلوتين، ويصبح الغليادين والغلوتينين أضعف وأقل استقراراً أثناء عملية العجن الطويلة، وبالتالي يؤدي الإنبات إلى تقليل زمن تطور العجين. في تجربة الميكسولاب يلاحظ ضعف البروتينات بسبب الجهد الميكانيكي وزيادة درجة حرارة، مما يؤدي إلى انخفاض في قوام العجين وبالتالي انخفاض العزم .

نلاحظ من خلال مقارنة دقيق القمح ودقيق القمح القاسي الكامل، ارتفاع زمن تطور العجين لدقيق القمح الكامل بالمقارنة مع الدقيق وهذا يتوافق مع نتائج (Xhabiri et al, 2016) ويفسر ذلك بالتفاعل المتزايد للروابط الهيدروجينية من خلال تضمين المجموعات الهيدروكسيدية في الجزيئات، بينما انخفضت ثباتية دقيق القمح القاسي الكامل بالمقارنة مع الدقيق ويعزا ذلك إلى أنه على الرغم من زيادة الروابط الهيدروجينية إلا أن انخفاض نوعية البروتين في دقيق القمح الكامل أدت إلى انخفاض ثباتية العجين.

يحدث خلال العجن ترطيب للمكونات وتمدد وانتظام للبروتينات، وهذا يؤدي إلى تشكيل بنية تتميز بالمطاطية والمرونة، ويعزا ذلك إلى تركيب البروتينات الفريد ونوعيته في عجينة دقيق القمح حيث يتكون من الغلوتين (58-80% من البروتين الكلي) والذي يتكون من الغليادين والغلوتينين، بينما دقيق القمح الكامل وبسبب احتوائه على النخالة (غلاف الحبة والجنين) فإنه يحتوي مستويات أعلى من البروتينات الأخرى والدهن، وهذا مايفسر ارتفاع امتصاصية دقيق القمح الكامل للماء وزمن تطور العجين وانخفاض الثباتية، ويفسر ارتفاع امتصاصية الماء إلى وجود الأرابينوكسيلاز الشرح لامتصاص الماء. et (Hadnadev al.2011)

خلال المرحلة الثانية، تؤدي عملية رفع درجة الحرارة إلى تحطيم روابط البروتين وانخفاض قيمة عزم ضعف البروتين C2، وتدل قيمة C2 الأكبر على تخرب البروتين بشكل أقل وبالتالي تدل على ثباتية بنية الغلوتين خلال التسخين، ويلاحظ أن قيمة C2 لدقيق القمح القاسي أكبر بالمقارنة مع الدقيق الكامل ويعزا ذلك إلى انخفاض نوعية البروتين في الدقيق الكامل بالمقارنة مع الدقيق، وبالتالي عند رفع درجة الحرارة سينخفض قوام الدقيق الكامل أكثر بالمقارنة مع الدقيق وهذا يتوافق مع نتائج الباحث (Hadnadev et al.2011)، ويؤدي الإنبات إلى انخفاض قيمة C2 لدقيق القمح الكامل المنبت بالمقارنة مع الدقيق الكامل غير المنبت نتيجة تأثير الإنبات على البروتين.

في المرحلة الثالثة، يلاحظ ازدياد القوام مع استمرار عملية التسخين ويعزا ذلك لحبيبات النشاء التي تلعب دوراً رئيسياً بينما يكون لتغيرات البروتين تأثيراً طفيفاً، حيث أن ازدياد اللزوجة وبالتالي القوام هو نتيجة انتفاخ حبيبات النشاء بسبب امتصاصها للماء وسلاسل الأميلوز المتسربة إلى الطور المائي بين الحبيبات، يلاحظ من الجدول (26) ارتفاع طفيف C3 لدقيق القمح القاسي بالمقارنة مع الدقيق الكامل غير المنبت، ويعزا ذلك إلى المنافسة على امتصاص الماء بين النشاء والنخالة الموجودة في الدقيق الكامل وهذا يتوافق مع نتائج (Hadnadev et al.2011) ، ويؤدي الإنبات إلى انخفاض C3 نتيجة تأثيره على النشاء كما ذكرنا سابقاً.

نستنتج أن دقيق القمح الكامل المنبت يتميز بانخفاض معنوي واضح بجميع مؤشرات الميكسولاب بالمقارنة مع الدقيق، وهذا الانخفاض الكبير يعود إلى عملية الإنبات وليس إلى كونه دقيق كامل الحبة، حيث يمكن استنتاج ذلك من خلال التدقيق بالجدول (4) .

الجدول (4) الخصائص الريولوجية باستخدام جهاز الميكسولاب

الدقيق الكامل المنبت	الدقيق الكامل غير المنبت	دقيق قاسي	
1.09±0.00 ^C	1.19±0.00 ^b	0.95±0.01 ^a	C1 نيوتن.متر
0.32±0.03 ^c	0.38±0.02 ^b	0.41± 0.00 ^a	C2 نيوتن.متر
0.12±0.01 ^C	1.50± 0.01 ^a	1.54± 0.02 ^a	C3 نيوتن.متر

0.05±0.01 ^c	1.23±0.01 ^b	1.30±0.03 ^a	C4 نيوتن.متر
0.00±0.00 ^c	2.88±0.02 ^b	2.26±0.01 ^a	C5 نيوتن.متر
0.60±0.11 ^c	2.51±0.04 ^b	1.27±0.11 ^a	DDT (دقيقة)
3.00±0.83 ^c	4.35±0.18 ^b	5.63±0.21 ^a	الثباتية (دقيقة)
40.2	65.0	62.0	نسبة الماء الممتص %

القيم عبارة عن المتوسط لثلاث مكررات معبراً عن النتيجة متوسط \pm الانحراف المعياري.
الحروف المختلفة في السطر والعمود تدل على وجود اختلاف معنوي عند $P > 0.05$

نلاحظ انخفاض باللزوجة C4 نتيجة للتحطم الفيزيائي للحبيبات بسبب إجهاد القص الميكانيكي وانخفاض درجة الحرارة، من خلال الجدول (4) نلاحظ انخفاض C4 لدقيق القمح الكامل القاسي بالمقارنة مع الدقيق ويعز ذلك إلى احتواء الدقيق الكامل على النخالة الغنية بألفا الأميلاز، وأخيراً خلال مرحلة التبريد تبدأ جزيئات الأميلوز المتهملة في العجين بإعادة التبلور مما يؤدي إلى تراجع المنتجات النهائية، وإن ارتفاع قيمة C5 يعني تراجع أكبر للنشاء، وبالتالي إن انخفاض قيمة C5 يدل على ثباتية أطول بالتخزين وقوام أفضل للمنتج النهائي. (Hadnadev *et al.* 2011)

نلاحظ ارتفاع قيمة C5 لدقيق القمح الكامل القاسي بالمقارنة مع الدقيق، وهذا يدل على ثباتية أقل لمنتجات دقيق القمح الكامل بالمقارنة مع الدقيق.

الاستنتاجات والتوصيات:

- تبين وجود تأثير واضح للإنبات على الخصائص الريولوجية لصنف القمح السوري القاسي شام3.
- دراسة تأثير الإنبات على الخصائص الريولوجية لأصناف القمح السوري الأخرى.
- دراسة إمكانية الاستفادة من تأثير الإنبات على الخصائص الريولوجية لصنف القمح السوري شام3 بتحسين الخصائص الريولوجية بإضافته بنسب محددة حسب المنتج الغذائي مثل البسكويت الذي يفضل استخدام قمح ذو خصائص معينة مثل انخفاض المرونة، بالإضافة إلى استخدامه لرفع القيمة الغذائية للمنتجات.

المراجع:

- 15-Hussain, I; and M Uddin (2012). Optimization effect of germination on functional properties of wheat flour by response surface methodology. International Research Journal of Plant Sciences, 3,31–37.
- Afify,A;M.Abbas; B.Abd El-Lattefiand;and A.Ali (2016).Chemical, Rheological and Physical properties of Germinated Wheat and Naked Barley. International Journal of ChemTech Research. Vol.9, No.09 pp 521-531.
- Alvarez-Jubete, L; H.Wijngaard;K. Arendt; and E. Gallagher (2010). Polyphenol Composition and in Vitro Antioxidant Activity of Amaranth, Quinoa, Buckwheat and Wheat as Affected by Sprouting and Baking. Food Chemistry, 119, 770-778.
- Anon. 2019. Wheat flour fortification in the Eastern Mediterranean Region. World Health Organization. WHO Library Cataloguing in Publication Data. NLM Classification: QU 145.5.(CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

- Anon.2010 .AACC International. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. AACCI: St. Paul, MN.
- Azevedo,E; M.Alves; S.Khan;S. Silva; B. Souza; B.Santos; V.Rabelo; S.Costa(2020). Folic acid retention evaluation in preparations with wheat flour and corn submitted to different cooking methods by HPLC/DAD. Walid Elfalleh, Higher Institute of Applied Sciences and Technology of Gabes University of Gabes, Tunisia Plos One 15(4).
- Baranzelli,J;H. Kringel;R. Colussi;F. Paiva;C. Aranha ; Z. Mirand ; R. Zavareze ; andG. Dias(2018).Changes in enzymatic activity, technological quality and gammaaminobutyric acid (GABA) content of wheat flour as affected by germination. LWT - Food Science and Technology 90 (2018) 483–490.
- Bellaio,S. Zamprogna,E. Jacobs,M. Kappeler,S,R.2013. Partially Germinated Ingredients For Naturally Healthy and Tasty Products. Cereal Food World58(2):55.
- Cabrera, G;E.Grossmann; and P. Beleia(1995). Laboratory sprouting of wheat - effect on grain and flour quality. Arq. Biol. Tecnol. 38:1-13.
- Corded,M; and J. Henry(1989).Carbohydrate-Degradingenzymes in Germinating Wheat.Cereal Chem.66(5):435-439
- Ding , J;G. Houb;B. Nemzerc; S. Xiongd;A.Dubate;H. Fenga(2018). Effects of controlled germination on selected physicochemical and functional properties of whole-wheat flour and enhanced γ -aminobutyric acid accumulation by ultrasonication. Food Chemistry 243 / 214–221.
- Edwards, A;A. Ross;D. Mares;F. Ellison; and J.Tomlinson(1989). Enzymes from rain-damaged and laboratory-germinated wheat. I. effects on product quality. J. Cereal Sci. 10:157-167.
- Ehmke,L,C(2017). Impact of controlled sprouting of wheat kernels on bread baking performance. A Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree Master Of Science Department of Grain Science and Industry College of Agriculture Kansas State University Manhattan, Kansas
- Faltermaier, A;M. Zarnkow;T. Becker; M.Gastl;and E.Arendt (2015).Common wheat (*Triticum aestivum* L.):Evaluating microstructural changes during the malting process by using confocal laser scanning microscopy and scanning electron microscopy. European Food Research and Technology, 241, 239–252.
- Hadnadeva,T; A.Torbica; M.Hadnadev(2011). Rheological properties of wheat flour substitutes/alternative crops assessed by Mixolab. Procedia Food Science 1 - 328 – 334
- Koehler, P;G. Hartmann ;H. Wieser;M. Rychlik (2007).Changes of folates, dietary fiber, and proteins in wheat as affected by germination. J Agric Food Chem. Jun 13;55(12):4678-83.
- Kubicka, E;J. Grabska;L. Jedrychowski., and B. Czyz (2000). Changes of specific activity of lipase and lipoxygenase during germination of wheat and barley. Int. J. Food Sci. Nutr. 51:301-304.
- Marti. A; G. Cardone; M. Pagani; and M. Casiraghi(2017). Flour from sprouted wheat as a new ingredient in bread-making. LWT - Food Science and Technology. doi: 10.1016/j.lwt.2017.10.052. 20- Moongngarm. A; and N. Saetung (2010), Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice. Food Chemistry, 122, 782–788.

- Martin, M; and R. Hosney(1991). A mechanism of bread firming. II. Role of starch hydrolyzing enzymes. *Cereal Chem.* 68:503-507.
- Morgan, K;J. Gerrard;D.D. Every;M. Ross; and M. Gilpin(1997). Staling in starch breads: The effect of antistaling alpha-amylase. *Starch-Starke.* 49:54-59.
- Posner, E; and A. Hibbs(2005).Wheat flour milling. AACC.St.Paul,Minnesota, U.S.A.24-
- Ral, J;A. Whan ;O. Larroque ;E. Leyne ;J. Pritchard ;A. Dielen(2016). Engineering high alpha-amylase levels in wheat grain lowers Falling Number but improves baking properties. *Plant Biotechnol. J.* 14 364–376. 10.1111/pbi.12390
- Rustemova,A;N. Kydyraliev;M. Sadigova; and N. Batyrbayeva(2020). Study of rheological properties of cakedough from a mixture of wheat and amaranth flour. *BIO.WOF.17, 00145 (FIES)*
- Shafqat.S(2013)Effect of Different Sprouting Conditions on Alpha Amylase Activity, Functional Properties of Wheat Flour and on Shelf-Life of Bread Supplemented with Sprouted Wheat. A Thesis presented to The University of Guelph for the degree of Master of Science in Food Science.
- Shingare,S; and B. Thorat(2013). “Fluidized bed drying of sprouted wheat (*Triticum aestivum*),” *International Journal of Food Engineering*, vol. 10, no. 1, pp. 29–37.
- Wesley,A; and P. Ranum(2004). Vitamin And Mineral Fortification Of Wheat Flour And Maize Meal.The Micronutrient Initiative.pp:107.
- Xhabiri, G; N. Durmishi;X. Idrizi;I. Ferati;I. Hoxha(2016). Rheological qualities of dough from mixture of flour and wheat bran and possible correlation between bra bender and mixolab Chopin equipments. *MOJ Food Processing & Technology.* Volume 2 Issue 4.pp121-129
- Yamauchi, H;Y. Ichinose;K. Takata;N. Iriki; and T. Kuwabara (1998). The degradation mechanism of bread making quality in sprouted damaged wheat. *Cereal Foods World.* 43:521-525.
- Zhygunov, D;I.Toporash;Y. Barkovska;Y.Yehorshyn (2020). Comparison Of Alveograph Characteristic Of Flour Obtained From Different Types Of Common Wheat And Spelt Wheat. *Grain Products and Mixed Fodder's*, Vol.20, I.1pp.22-30. 31-
- Zilic, S;Z. Basic;V.,V. skovi;V, Šukalović; and M.Jankovic(2014). Can the sprouting process applied to wheat improve the contents of vitamins and phenolic compounds and antioxidant capacity of the flour?. *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 1040–1047.

Effect of Germinated Wheat Adding on The Rheological Properties of The Syrian Wheat Sham 3

May AL-kateb^{(1)*}, Ramadan Attra⁽¹⁾, and Ahmad Mofeed Sobh⁽²⁾

(1) Food Engineering Department, Petrochemical Engineering College, AL-Baath University, Syrian-Homs.

(2) Faculty of Health Sciences, AL-Baath University, Syrian-Homs.

(*Corresponding author: May al-kateb, Email: mrksham@gmail.com)

Received: 20/05/2021

Accepted: 3/10/2021

Abstract:

This research aims to study the effect of the germination process on the rheological properties of Syrian durum wheat, Sham 3, as measured by the alveograph and mixlab systems. The comparison was made with non-germinated whole wheat to ensure that the changes were the result of germination, and the results were then statistically treated at a confidence level of % 95 using Minitab version 14.0. It was evident through the statistical results that the optimum germination conditions for Syrian durum wheat Sham 3 is a temperature of 20 °C for a period of 4 days, as with these conditions the folic acid content reached 1.75 mg / kg, which is approximately 13 times the folic acid content of meal wheat without sprouting (0.135 mg /kg). Through the statistical study, we found that the percentage of germination% correlates with the time of germination with a strong direct relationship, where the correlation coefficient was $r = 0.930$ ($P < 0.05$) and a simple regression model was obtained, and a significant correlation between the duration of germination and the length of the seedling was observed. There is a strong direct correlation between them, $r = 0.933$ ($0.05P <$), and a simple regression model was obtained. By studying the rheological properties of flour and meal using alveograph and mixolab, it was noticed that germination led to a decrease in the strength of meal wheat. Where all the alveograph indicators (P, L, G, W) and mixolabs (C1, C2, C3, C4, C5, DDT) of germinated wheat significantly decreased compared to the control sample.

Key Words: Wheat- Rheology – Mixolab- Alvegraph- Germination