The effect of using different diameter lengths of wheat bran Golan 2 on the properties of high-fiber two layer flatbread (bran bread)

Dr. Ramez Mohammad*
Dr.Mahmoud Alio**
Noura Jamal***

(Received 7 / 9 / 2021. Accepted 18 / 4 /2022)

□ ABSTRACT □

The aim of the research is to show how the different measurement of the wheat bran diameters of Golan 2 affects the development of dough containing 50% of them. This research has focused on studying the chemical and physical properties of the bran used, the rheological properties of the dough and the sensory characteristics of the resulting bread. Three different bran diameters (soft bran<500 micrometers, 500 micrometers< medium bran< 1000 micrometers, coarse bran>1000 micrometers) were used to produce high-fiber bran bread.

The results of Mixolab showed that the addition of bran led to increase water absorption, and it was noticed that all the lengths of bran diameters used led to a decrease in various mixing properties, gluten quality, starch gelatinization and amylase activity, but improved the freshness properties where delayed retrogradation.

In general, the addition of bran reduced the dough's gas retention, thereby reducing the volume of the loaf, but negatively affected the rheological properties of the dough, the sensory properties of the product.

The results also showed that the effect of adding bran depends on the lengths of the bran diameters used, as sensory results showed that the use of soft and medium bran led to good sensory qualities for the resulting bread.

Keywords: bran, high-fiber bread, Golan2 wheat, different diameters.

* **Professor, Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia,Syria gobranramz@gmail.com**
****Assistant Professor, Department of Agricultural Economy, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria. mmalio955@gmail.com**
*****(Ph.D.) student, Department of food sciences , Faculty of Agriculture. , Tishreen University Lattakia, Syria. nouraaimjamal87@gmailtural. com**

تأثير استخدام أطوال أقطار مختلفة من نخالة القمح صنف جولان 2 في خصائص الخبز المسطَّح ثنائي الطبقة عالي الألياف (خبز نخالة)

د. رامز محمد*

د. محمود عليو**

نورا جمل***

(تاريخ الإيداع 7 / 9 / 2021. قبل للنشر في 18 / 4 / 2022)

□ ملخّص □

هدف البحث إلى تبيان الكيفية التي يؤثر بها اختلاف قياس أقطار نخالة القمح صنف جولان 2 على تطور العجين الحاوي على 50% منها، ولقد تمَّ التركيز على دراسة الخصائص الكيميائية والفيزيائية للنخالة المستخدمة والخصائص الريولوجية للعجين والخصائص الحسية للخبز الناتج. حيث تمَّ استخدام ثلاثة أطوال أقطار مختلفة من النخالة (نخالة ناعمة < 500 ميكرومتر، 500 ميكرومتر< نخالة متوسطة < 1000 ميكرومتر، نخالة خشنة > 1000 ميكرومتر) لإنتاج خبز النخالة عالي الألياف.

بينت نتائج الميكسولاب أنَّ إضافة النخالة أدت إلى زيادة امتصاص الماء، كما لوحظ أنَّ كافة أطوال أقطار النخالة المستخدمة أدت لتراجع مختلف خصائص الخلط وجودة الغلوتين وجلتنة النشاء والنشاط الأميلازي، ولكنها حسَّنت من خصائص الطزاجة حيث أخرّت بيات الخبز.

بالأعمّ الأغلب، أدّت إضافة النخالة إلى تخفيض احتجاز العجينة للغاز، وبالتالي انخفاض نهوض الرغيف، وكذلك أثّرت سلباً على الخصائص الريولوجية للعجين، والخصائص الحسّية للمُنتَج.

كما أوضحت النتائج أنَّ تأثير إضافة النخالة يعتمد على أطوال أقطار النخالة المُستَخدَمَة، حيث أظهرت النتائج الحسّية أنَّ استخدام النخالة الناعمة والمتوسطة أدّى للحصول على صفات حسّية جيدة للخبز الناتج.

الكلمات المفتاحية : نخالة، خبز عالي الألياف، قمح صنف جولان2، أطوال أقطار مختلفة.

*أستاذ، قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة تشرين ، اللاذقية ،gobranramz@gmail.com

**أستاذ مساعد، قسم الاقتصاد الزراعي، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، mmalio955@gmail.com

***طالبة دكتوراه، قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية nouraaimjamal87@gmail.com

مقدمة

يُستخدم القمح لإنتاج العديد من المنتجات الغذائية، والتي يأتي الخبز في مُقدمها، وقد لوحظ في السنوات الأخيرة ازدياد الإقبال على استخدام الدقيق ذي الاستخلاص العالي نتيجةً لزيادة الطلب عليه، بعد معرفة الفوائد الصحية التي يمكن أن يوفرها هذا النوع من الدقيق، وكذلك نتيجة إلى الرغبة في الحميات الغذائيّة والابتعاد عن السعرات الحرارية الزائدة الناتجة عن استهلاك الخبز الأبيض، والاستعاضة عنه بخبز أقلّ في محتواه من السعرات الحرارية (Greiby ,2017 ; Alhebeil & Angioloni & Collar, 2011)

تحتوي نخالة القمح على العديد من العناصر الغذائية فهي غنية بالألياف الغذائية غير الذوابة و الفيتامينات والعناصر المعدنية ومضادات الأكسدة الفينولية (Onipe, et al., 2015)، وتمتاز الأغذية مرتفعة المحتوى من الألياف بالعديد من الفوائد الغذائية، كما تساعد في حلّ مشكلة البدانة المنتشرة في العديد من المناطق في أنحاء العالم. كما تقوم الألياف الغذائية بدور أساس في خفض مخاطر العديد من الاضطرابات الصحيّة مثل الإمساك المعوي، السكري، أمراض القلب الوعائية ومشاكل القولون والسمنة(Lettimer & Haub, 2010) .

وأوضح Slavin وزملاؤه (2001) من خلال مراجعة أجراها حول دور الحبوب الكاملة في الحماية من الأمراض إلى أنَّ آلية الحماية التي تقوم بها الحبوب الكاملة من الأمراض لا زالت مجهولة، وقد تعود إلى التأثير على الجهاز الهضمي وكذلك إلى احتوائها على مضادات الأكسدة وphytoestrogens، ووفق دراسة أجراها (Fung, 2002 et al.,) على مجموعة من الرجال، لاحظ أن ارتفاع محتوى الحمية الغذائية من الحبوب الكاملة يرتبط مع انخفاض خطر مرض السكري من النوع 2 في الرجال وذلك بتأثير ألياف الحبوب، وكذلك دعمت الدراسة التي أجراها Jensenوزملاؤه (2004) التقارير حول فائدة استهلاك الحبوب الكاملة في تخفيض احتمال الإصابة بأمراض الشرايين التاجية CHD ، واقترحت أنَّ استهلاك النخالة قد يكون عاملاً رئيساً في هذه العلاقة.

ووجد Qu وزملاؤه (2005) أنَّ اللجنين الموجود في نخالة القمح يشارك في النشاط المضاد للسرطان في الخلايا المصابة بسرطان القولون SW480 ، كما أنها تؤثر بشكل إيجابي على الأحياء الدقيقة في الأمعاء ,.Paepe *et al* (2019)، كما وجد O'Neila وزملاؤه (2010) أنَّ استهلاك الحبوب الكاملة والألياف يرتبط مع انخفاض الوزن وذلك وفقا لدراسة أجراها في الولايات المتحدة الأمريكية في الفترة بين 2004–1999 ، كما واقترح أيضاً أنَّ الألياف في الحبوب الكاملة قد تكون ذات صلة بمؤشر الوزن في البالغين، وينبغي على خبراء الصحة التشجيع على تناول الحبوب الكاملة.

تتوقف الإتاحة الحيوية للعناصر المغذية في النخالة بشكل كبير على حجم أجزاء النخالة والمعاملات التكنولوجية (Andrzej *et al*., 2017)، وقد تعزى الزيادة في الإتاحة الحيوية للعناصر الغذائية إلى تحطيم الخلايا وزيادة السطح في النخالة الناعمة، وممَّا لا شكّ فيه بقاء كميّة كبيرة من المغذيات ضمن أجزاء النخالة.

اختلفت نتائج الدراسات حول تأثير أطوال أقطار النخالة على الخصائص الريولوجية للعجين وجودة المنتج النهائي، حيث أكدَّت بعض الدراسات أنَّ انخفاض أطوال أقطار النخالة المضافة أدى إلى تحسين خصائص المنتج النهائي، ووجد Majzoobi وزملاؤه (2013) أنَّ تخفيض أطوال أقطار الألياف في خبزBarbari يسمح بزيادة المقدرة على ربط الماء نتيجة لزيادة السطّح، وتكتسب هذه الخاصية أهمية في تصنيع الخبز، لأنَّ الماء يدخل في عملية جلتنة النشا وتغير التركيب الطبيعي للبروتين، كما يقلّل من بيات الخبز (Rosell *et al*., 2009).

بينما وجدت دراسات أخرى أنَّ تقليل أطوال أقطار النخالة المضافة أدّى إلى تأثيرات ضارّة على مواصفات المنتج النهائي، كما في دراسة أجراها Noort وزملاؤه (2010) على خبز اللوف، حيث لاحظ تَعَزُّز التأثير السلبي عند تقليل

أطوال أقطار النخالة المستخدمة من خلال تأثيرها على تكوين شبكة الغلوتين (تفاعلات الألياف–الغلوتين)، أكثر من رجوع السبب إلى انخفاض محتوى العجين من الغلوتين، وذلك من خلال ثَقْبِ خلايا الغاز أو أنَّ حجم الأجزاء يُقطّع تكوين شبكة الغلوتين.

لوحظ وجود تناقض في الدراسات السابقة حول تأثير أطوال أقطار النخالة على مدى تقبّل المنتج، ويعود هذا الاختلاف في النتائج إلى عدة أسباب : اختلاف مصدر النخالة المستخدمة وتنوعها من أصناف قمح مختلفة وطرق تصنيع، وكذلك اختلاف في التعريف بأطوال أقطار النخالة، وكذلك إلى الاختلاف الطبيعي في التركيب الكيميائي والخصائص الفيزيائية، كذلك تعدد عمليات تصنيع الخبز واختلافها، وكذلك نسب الإضافة.

أهمية البحث وأهدافه:

أهمية البحث:

أدت المنافسة في الأسواق مع تزايد الطلب مؤخراً على المنتجات الصحيّة منخفضة السعرات الحراريّة وعالية المحتوى من الألياف، إلى تحفيز الاتجاهات البحثية التي تهدف إلى رفع القيمة الغذائية للخبز بالاستفادة من أكبر قَدْرٍ ممكن من أجزاء حبوب القمح المستخدمة، وذلك من خلال دراسة خصائص النخالة المستخدمة وتأثير أطوال أقطار النخالة على خصائص الخبز، مع الأخذ بالحسبان أنَّ إضافتها بالأعمّ الأغلب تؤثر على الخصائص الريولوجية للعجين وكذلك على الخصائص الحسّية للمُنتَج النهائي.

أهداف البحث:

يفضل المستهلكون الخبز المُصَنَّع من الدقيق الأبيض مقارنةً بخبز النخالة على الرغم من معرفة الفوائد الصحيّة للألياف، وذلك لأنَّ خصائص قوام الخبز عالي الألياف يؤثر سلبا على الإقبال عليه.

لهذا فقد هدفت هذه الدراسة إلى تحديد قطر النخالة الأنسب لإنتاج الخبز المسطَّح ثنائي الطبقة عالي الألياف مع بقاء الخصائص حسّية جيدة التقبل، كما أنَّ أغلب الدراسات السابقة المَعْنيّة بالخبز ركزت على خبز الصمون وكذلك الخبز المسطَّح ثنائي الطبقة وليس خبز النخالة المسطَّح ثنائي الطبقة ذي المحتوى العالي من الألياف.

في الدراسة الحالية تمَّ اختيار استخدام ثلاث أقطار مختلفة من نخالة القمح صنف جولان 2، حيث تمَّ اضافتها بنسبة 50% لإنتاج خبز مسطَّح ثنائي الطبقة عالي الألياف، وتحديد أهمّ الخصائص الفيزيائية والكيميائية والريولوجية والحسّية للخبز الناتج، وتتلخص أهداف البحث بالنقاط التالية:

- دراسة التركيب الكيميائي وخصائص الترطيب للنخالة بأطوال أقطار مختلفة.
- دراسة تأثير استخدام أطوال أقطار مختلفة من نخالة القمح صنف جولان 2 على الخصائص الفيزيائية والريولوجية لخلطات الدقيق.
- دراسة تأثير استخدام أطوال أقطار مختلفة من نخالة القمح صنف جولان 2 على الخصائص الحسية عند إنتاج الخبز المسطَّح ثنائي الطبقة عالي الألياف (النخالة).

طرائق البحث ومواده:

القمح صنف جولان 2: صنف محلي من القمح الطري ملائم للزراعة البعلية، حبوبه كبيرة الحجم ذات محتوى بروتيني جيد، تمَّ الحصول عليه من المديرية العامة لإكثار البذار في اللاذقية موسم 2020.

أُجرِي هذا البحث في مخبر الحبوب ومخبر الأبحاث في قسم علوم الأغذية بكلية الزراعة – جامعة تشرين وفي مخبر الحبوب التابع للمؤسسة العامة للحبوب في محافظة اللاذقية، خلال عامي 2020–2021، وقد استُخدِمت المواد الكيميائية الآتية لإنجازه: هكسان، حمض كبريت، ماءات الصوديوم، كربونات الصوديوم، كاشف فولين Folin–Ciocalteu، حمض الغاليك، البربانول، بيرسولفات البوتاسيوم، بنزوات الصوديوم، كلور الصوديوم، ABTS، فوسفات الصوديوم الأحادية والثنائية، ميتانول، إيتانول.

المواد اللازمة لتصنيع الخبز: دقيق، خميرة، ملح ، ماء.

- الدقيق: دقيق ناتج من قمح طري (صنف جولان 2) بنسبة استخراج (80%).
- الخميرة : خميرة جافة بنسبة إضافة 1.5–2%.
- ملح الطعام (كلوريد الصوديوم): نسبة 1.2–1.5%.
- الماء: ستحدد اعتماداً على جهاز الميكسولاب عند رطوبة 14 % للدقيق المستخدم وجميع الخلطات المحضرة، علماً أنَّ إضافة النخالة أدت إلى زيادة امتصاص الماء لذلك تمَّ تعديل الماء المضاف للدقيق للحصول على عجينة بقوام جيد.

طرائق البحث

– **تحضير القمح للطحن:** تم تنظيف حبوب القمح من خلال aspiration sieving والفصل اليدوي، واستخدم منخل لفصل الحبوب الصغيرة للحصول على حبوب موحدة الحجم، ثم تمَّ ترطيبها لمدة 24 ساعة ثم طحنها بمطحنة Chopin، وبعدها تنخيل النخالة وفصلها إلى نخالة ناعمة طول قطرها أقل من 500 ميكرومتر، ونخالة متوسطة النعومة طول قطرها يتراوح بين 500–1000 ميكرومتر، ونخالة خشنة طول قطرها أكبر من 1000 ميكرومتر، تمَّ خلط كلٍ منها جيداً ثم تخزينها في البراد لحين دراسة خصائصها واستخدامها في تصنيع الخبز.

–**التركيب الكيميائي:** تمَّ تقدير محتوى الرطوبة وفقاً لطريقة لطريقة (AACC 44–15A)، محتوى الرماد وذلك وفقاً لطريقة (AACC 08–01) ، محتوى البروتين وذلك وفقاً لطريقة (AACC 46–12)، الليبيدات وفقاً لطريقةAACC) ((AACC ,200030–10)، ومحتوى الألياف الخام وفقاً لطريقة (AOAC, 2005) ، كما تمَّ تقدير الكربوهيدرات وفقاً لطريقة الفرق الحسابي وذلك بالنسبة للدقيق والنخالة. أما فيما يتعلق بخلائط الدقيق فقد تمَّ قياس الرطوبة، والرماد، وامتصاص الماء فيها باستخدام جهاز INFRANEO (NIR ANALYSER BY TRANSMISSION– Chopin).

تحضير المستخلصات: تمَّ أخذ 0.5 غ من العينات لتحضير مستخلصات ايتانول 80% على درجة حرارة الغرفة لمدة 16ساعة ثم التثقيل بمثفلة نوع Hettich بسرعة دوران 10000د/د .

• تقدير المحتوى الفينولي: تمَّ تقدير المحتوى الفينولي الكلي باستخدام طريقة فولين سيوكالتيو Foline–Ciocalteau باستخدام جهاز السبيكتروفوتومتر (JascoV–530) عند طول موجة 765 نانومتر (مُعَبراً عنه بـ مغ مكافئ حمض الغاليك / غ مادة جافة) (Esposito, *et al.*, 2005).

• تحديد فعالية مضادات الأكسدة بطريقة ABTS وفقاً لطريقة لـ(Yu *et al.*, 2002)، حيث تمَّ الاستخلاص بالميتانول وذلك عند طول موجة 734 نانومتر، وتمَّ إيجاد قيمة المقدرة المضادة للأكسدة في العينة مقدَّرة وفق مؤشر عدد ميكرومول تروليكس /100غ مادة جافة (Esposito, *et al.*, 2005).

-تقدير خصائص الترطيب للنخالة المستخدمة:

- المقدرة على الاحتفاظ بالماء WRC (Water Retention Capacity) وفقاً لطريقة لـ(AACC No. 56-30).
- المقدرة على ربط الماءWHC (Water Holding Capacity) وفقاً لطريقة لـ Raghavendra *et al.*). .(2004
- المقدرة على الانتفاخ SC (Swelling Capacity) وفقاً لطريقة لـ (Robertson *et al.* 2000).

-الخصائص الريولوجية والفيزيائية والكيميائية للخلطات:

- تمَّ تقييم الخصائص الريولجية للدقيق المستخدم باستخدام جهاز ميكسولاب (Mixolab, Chopin, France) وفقاً لطريقة لـ (AACC 54-60.01).
- رقم السقوط وفقاً لطريقة لـ (AACC, 2000) باستخدام جهاز Perten.
- الغلوتين الرطب: وفق AACC 38-12A (AACC, 2000).
- درجة اللون: قيست درجة اللون للدقيق باستخدام جهاز Satake Colour grader series 4
- رقم الترسيب: وفقاً لطريقة لـ (Zeleny,1962).

- خطوات تصنيع الخبز المسطَّح ثنائي الطبقة عالي الألياف (خبز النخالة): يُعدُّ خبز النخالة الناتج المحضر من خليط دقيق القمح والنخالة (بنسبة لا تقل عن 50 %من خلطة الدقيق الداخلة في صناعة الخبز) والماء والملح والخميرة، وقد يضاف واحد أو أكثر من المواد المثبطة للفطر، الذي تمَّ عجنه وتخميره جيداً بظروف خبز ملائمة حسب المواصفة القياسية السورية الخاصة بالخبز السوري رقم 3761 لعام 2014.

تمَّ إعداد الخبز المسطَّح ثنائي الطبقة عالي الألياف بدون إضافة مواد مثبطة للفطر، حيث تمَّ العجن بإيصال درجة حرارة الماء المُستخدَم في تحضير وعجن العينات حتى 35°م ، ثم أُضيف إلى الدقيق معلّق الخميرة النشطة الجافّة وفق الوزن المُحدّد، ثم العجن جيداً حتّى يتجانس العجين ثم أُضيف الملح بالنسب المحددة ليبدأ التخمير بعد ذلك مباشرةً . هذا وتضاف كمية الماء إلى العجينة حسب نتائج الميكسولاب ولوحظ اختلاف كمية الماء المضاف حسب أطوال الأقطار المستخدمة وترتفع مع ازدياد أطوال أقطار النخالة، وسيتمُّ إيراد أسباب ذلك لاحقاً.

التخمير: التخمير الأوّلي (قبل التقطيع) لمدة 35 دقيقة، والتخمير الثاني (بعد التقطيع إلى قطعٍ بوزن 80غرام ثم التكوير) لمدة 10- 5 دقائق، والتخمير الثالثي بعد رق أو فرد قطع العجين إلى قطر 15 سم وسماكة 0.3-0.4 سم ومدته 30 دقيقة ضمن درجة حرارة 30°م والرطوبة النسبية للمخمّر 70%.

التسوية ضمن الفرن (الإنضاج): تمَّ خبز العينات على الدرجة 280-250°م ولمدة 7 دقائق مع مراعاة وجود بخار الماء ضمن فرن التسوية.

-طرائق التقييم الحسي: تمَّ إجراء الاختبارات الحسّية في جامعة تشرين كلية الزراعة / قسم علوم الأغذية. وقد تمَّ تقويم النماذج حسّيًا من قبل 20 شخصاً طبقاً لاستمارة التقويم الحسّي، حيث تمَّ تحديد مدى القبول العام للمستهلك لنكهة المُنتَج وطعمه ورائحته بإجراء استبيان وفقاً لطريقة للطريقة المعتمدة بمقياس هيدونيك (Hedonic) الخماسي حيث جرى إعطاء العينات الرقم 5 للدلالة على التفضيل الأعلى و الرقم 1 للدلالة على أدنى تفضيل، حيث تمَّ بموجبه تقييم الصفات الحسّيَّة كالمضغ وانفصال الشطرين واللون والقوام والطعم والرائحة والطوي (Alfin *et al.*, 2000).

-**التقييم الإحصائي:** تمَّ إجراء جميع الاختبارات بأخذ ثلاثة مكررات وتحديد الانحراف المعياري، وتمَّ تحليل البيانات باستخدام T test للمقارنة بين متوسطي عينتين مستقلتين، واختبار أسلوب تحليل التباين الأحاديOne- ANOVA Way عند مستوى معنوية 0.05 واستخدام اختبارDuncan لتحديد اتجاهات الفروق بين الخلطات، حيث تمَّ تحليل البيانات باستخدام برنامج (IBM, SPSS 25).

النتائج والمناقشة

التركيب الكيميائي للدقيق والنخالة: تظهر نتائج متوسط التركيب الكيميائي والمقدرة المضادة للأكسدة والمحتوى الفينولي لدقيق ونخالة القمح صنف جولان 2 في الجدول (1).

جدول (1) يوضح متوسط التركيب الكيميائي والمقدرة المضادة للأكسدة والمحتوى الفينولي لدقيق ونخالة القمح صنف جولان 2

التركيب الكيميائي(%)	الدقيق	النخالة
الرطوبة (%)	12.85 ±0.15	13.1±0.1
الرماد (%)	0.72±0.06	2.19±0.07
البروتين (%)	12.35±0.3	13.6±0.1
الألياف (%)	1.95±0.1	11.67±0.17
الليبيدات (%)	1.1±0.14	2.41±0.13
الكربوهيدرات (%)	71.14±0.1	57.67±0.26
المحتوى الفينولي (مغ مكافئ حمض الغاليك /غ عينة)	0.682±0.014	1.827±0.03
المقدرة المضادة للأكسدة(ميكرومول ترولكس/100غ عينة)	0.57±0.03	1.52±0.04

***إنَّ القيم الموجودة في الجدول تعبّر عن المتوسط و الانحراف المعياريSD**

يظهر الجدول (1) ارتفاعاً في محتوى النخالة من الرماد ($p<0.05$) وهذا يتفق مع نتائج Bilgiçli وزملاؤه (2007)، حيث بلغت نسبة الرماد في الدقيق 0.64% بينما في نخالة القمح 2.79% مما يشير إلى غناها بالعناصر المعدنية، وكذلك ترتفع نسبة الألياف والبروتين في نخالة القمح وهذا يتفق مع نتائجMajzoobi وزملاؤه (2013).

كذلك تعدُّ النخالة غنية بالمحتوى الفينولي والمقدرة المضادة للأكسدة، ووفقاً لنتائج Bilgiçli وزملاؤه (2007) بلغ المحتوى الفينولي في نخالة القمح 1.463 مغ مكافئ حمض الغاليك /غ عينة جافة، ولكنها أقل من النتائج التي حصل عليهاKim وزملاؤه (2006) وذلك بحسب الصنف حيث استخدم أصناف قمح أحمر قاسي وأبيض طري وكذلك المعاملات حيث أجرى عملية حلمهة حمضية وقلوية لعينات النخالة حيث تراوحت بين 3.3-3.9 مغ مكافئ حمض الغاليك /غ عينة.

إنَّ النتائج السابقة تؤكد ما سبق الكشف عنه بأنَّ طبقة الأليرون غنية بالمركبات المضادة للأكسدة والذوابة في الميتانول، وتعدُّ الأحماض الفينولية من المركبّات الرئيسة المضادة للأكسدة والموجودة في الحبوب وترتبط بروابط تساهمية تشاركية في جدران الخلايا النباتية مع الكاروتينات carotenoids والتوكوفيرولات tochopherols، والتوكوترينولات tochotrienols).

وفيما يتعلق بالمقدرة المضادة للأكسدة لوحظ وجود فروق معنوية وتفوق النخالة على الدقيق، وهذا يتفق مع نتائج Esposito وزملاؤه (2005) حيث وجد أنَّ المقدرة المضادة للأكسدة في نخالة القمح قد تراوحت بين 1.25–3 ميكرومول ترولكس /100غ عينة عند حساب المقدرة المضادة للأكسدة بطريقة ABTS.

-خصائص الترطيب: تعرف المقدرة على الاحتفاظ بالماء بأنها قابلية المواد على حجز الماء، عندما تخضع لقوى التثفيل أو الضغط، وهي تتضمّن مجموع الماء المرتبط، الماء المحتجز فيزيائياً، هيدروديناميكاً (Vàzquez-Ovando, *et al.*, 2009). وتعدُّ هذه الخاصية مهمّة للألياف الغذائية، سواء من الناحية الفسيولوجية والتكنولوجية، وتحتجز الألياف الغذائية الماء إمّا بطريقة الإمتصاص أو بالإدمصاص على سطح الألياف (Sanchez-Zapata, *et al.*, 2009)، ويظهر في الجدول (2) أهم النتائج حول خصائص الترطيب المختلفة (WRC، WHC، SC):

الجدول (2) متوسط خصائص الترطيب المختلفة (WRC ,WHC، SC)

خصائص الترطيب	WRC (غ ماء /غ عينة)	WHC (غ ماء/غ عينة)	SC (مل/غ)
الدقيق	1.05 ± 0.05^{d}	1.48 ± 0.097^{d}	0.34 ± 0.05^{d}
نخالة< 500 ميكرومتر	2.2 ± 0.02^{c}	3.11 ± 0.03^{c}	3.60 ± 0.17^{c}
نخالة بين 500–1000 ميكرومتر	3.5 ± 0.01^{b}	4.27 ± 0.11^{b}	5.5 ± 0.12^{b}
نخالة > 1000 ميكرومتر	5.4 ± 0.01^{a}	5.11 ± 0.25^{a}	7.2 ± 0.13^{a}

***إنَّ القيم الموجودة في الجدول تعبّر عن المتوسط والانحراف المعياري SD**

***تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي عند مستوى.($P<0.05$)**

تعدُّ المقدرة على ربط الماء ميزة أساسية للمنتجات الغذائية مثل الخبز والكوكيز، حيث يؤثّر الماء على خصائص البيات والقوام خلال التصنيع، وتتأثر المقدرة على ربط الماء بعدّة عوامل منها حجم النخالة وشكلها ونسبة الليبيدات والكربوهيدرات، وتركيب الأحماض الأمينية على موقع السطح ومدى قطبية موقع السطح والروابط المُحبّة/الكارهة للماء(Moure *et al.*, 2001)، يُلاحظ انخفاض قيم المقدرة على الترطيب مع انخفاض أطوال أقطار النخالة المستخدمة وهذا يتفق مع نتائج Onipe وزملاؤه (2017)، كما أبلغ Zhu وزملاؤه(2011) عن انخفاض قيم WHC للنخالة عند انخفاض حجم أجزاء النخالة، كما لوحظ أنَّ WHC في النخالة الناعمة أقلّ مِمّا هو عليه في النخالة الخشنة، وهذا يتَّفق مع نتائج (Esposito *et al.*, 2005). ووجدLundberg وزملاؤه (2003) ارتباطاً وثيقاً بين مساحة السطح المكروني microsurface والمقدرة على ربط الماء، حيث أنَّ ازدياد مساحة السطح يؤدّي الى مزيد من التفاعل مع جزيئات الماء، وذلك يعتمد على حجم الأجزاء فإمّا يتمّ امتصاص الماء بشكل مباشر أو يدّمص بقوى الشعرية (Noort *et al.*, 2010) ، ومع انخفاض حجم الأجزاء يؤدّي ذلك لانخفاض مقدرة الألياف على ربط الماء، كما يظهر في الجدول (2).

وحسب Majzoobi وزملاؤه (2013) فإنَّ ارتفاع عدد مجموعات الهيدروكسيل في النخالة (السيللوز والمركبات عديدة السكريات) يسمح بمزيد من التفاعل مع جزيئات الماء وتشكيل الروابط الهيدروجينية، كما لوحظ ارتفاع مقدرة الأقطار الأكبر على ربط الماء، بسبب وجود المزيد من المركبّات الليفية بهذا الجزء من النخالة. كما أنَّ النخالة بأطوال الأقطار الأقل تقترب في تركيبها من الأندوسبرم، وبالتالي تحوي مقداراً أكبر من النشا، ممَّا يُفسّر انخفاض مقدرتها على

امتصاص الماء، كما لوحظ أنَّ تغير خصائص الترطيب للنخالة تبعاً لتغير أبعاد جزيئاتها يؤثر لاحقاً على خصائص المنتج، وهذا ما يتفق مع نتائج (Jacobs *et al.*, 2015).

-تأثير إضافة نخالة القمح صنف جولان 2 بأطوال أقطار مختلفة بنسبة 50% إلى دقيق القمح في بعض خصائص الخلطات الناتجة: تشير بيانات الجدول (3) إلى أنَّ نسبة امتصاص الماء قد ارتفعت عند استخدام نخالة القمح من 66.7 % في عينة الشاهد إلى 74.9 % في خلطة نخالة 50% بأطوال أقطار أعلى من1000ميكرومتر، وهذا يتفق مع ما وجدهMassri & Abd Alhameed (2017)، حيث ازدادت نسبة امتصاص الماء مع ازدياد نسب استبدال دقيق القمح الطري بنخالته عند انتاج الخبز التوست. وقد يُفسَّر ذلك بزيادة امتصاص الماء عند إضافة النخالة حيث أن اختلاف التركيب الكيميائي لطبقات النخالة المختلفة حيث يقترب تركيب النخالة الناعمة من الطبقات الداخلية حيث ترتفع نسبة النشا وتقل نسبة الألياف، بينما النخالة الأكبر قطراً من 1000ميكرومتر تنتج عن الأغلفة الخارجية والتي تحتوي قدراً أكبر من الألياف مما يؤدي لزيادة القدرة على امتصاص الماء للخلطات الحاوية عليها حسب Majzoobiوزملاؤه 2014، كما يلاحظ ازدياد نسبة الرماد مع ازدياد أطوال أقطار المستخدمة.

جدول (3) تأثير إضافة النخالة بأطوال أقطار مختلفة بنسبة 50% إلى دقيق القمح في بعض خصائص الخلطات الناتجة باستخدام جهاز NIR

		الرطوبة (%)	امتصاص الماء (%)	الرماد (%)
الشاهد (100%) دقيق		12.91 ± 0.01^{b}	66.74 ± 0.04^{d}	0.71 ± 0.05^{d}
خلطات تحوي نخالة 50%	أطوال أقطار <500ميكرومتر	12.68 ± 0.05^{c}	67.75 ± 0.02^{c}	0.96 ± 0.01^{c}
	أطوال أقطار بين 500- 1000 ميكرومتر	12.71 ± 0.02^{c}	72.41 ± 0.01^{b}	1.32 ± 0.04^{b}
	أطوال أقطار >1000ميكرومتر	13.11 ± 0.04^{a}	74.90 ± 0.03^{a}	1.44 ± 0.02^{a}

***إنَّ القيم الموجودة في الجدول تعبّر عن المتوسط والانحراف المعياري SD**

***تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي عند مستوى.(P<0.05)**

لوحظ في الجدول (4) انخفاض في نسبة الغلوتين الرطب عند استخدام النخالة بنسبة 50% في الخلطات المختلفة، ويزداد هذا الانخفاض مع انخفاض أطوال أقطار النخالة، ذلك أنَّ الأعمّ الأغلب من الألياف في النخالة هو من النوع غير الذوّاب في الماء وبالتالي بقيت مع الغلوتين عند إجراء عمليات الغسل خصوصاً النخالة بأطوال الأقطار الأكبر، ولذلك فهي تساهم في رفع قيمة الغلوتين الرطب بشكل وهمي مما يشير إلى عدم إمكانية استخدام مؤشر الغلوتين الرطب في مثل هذا النوع من المنتجات.

اختلفت درجة لون الدقيق معنوياً بين الخلطات المدروسة، حيث بلغت بالنسبة لعينة الشاهد 3.77 درجة، وازدادت مع ازدياد أطوال أقطار النخالة المستخدمة، حيث بلغت في الخلطات الحاوية على 50% نخالة بأطوال أقطار أكبر من 1000 ميكرومتر 9.03 درجة، ولابد من الإشارة إلى الاضطرار إلى زيادة كمية الماء المضافة، حتى نحصل على قوام مقبول لإضافة الخليط لحجرة القياس خصوصا عند أطوال الأقطار الأكبر من 1000ميكرومتر.

تشير النتائج في الجدول (4) إلى وجود فروق معنوية في الخلطات المدروسة حيث انخفض رقم السقوط ورقم الترسيب عند استخدام النخالة بكافة أطوال الأقطار، إلاّ أنَّ النخالة الأكبر حجماً أدّت لازدياد الانخفاض، حيث يتأثر حجم الراسب (رقم الترسيب) بكمية البروتين وجودته.

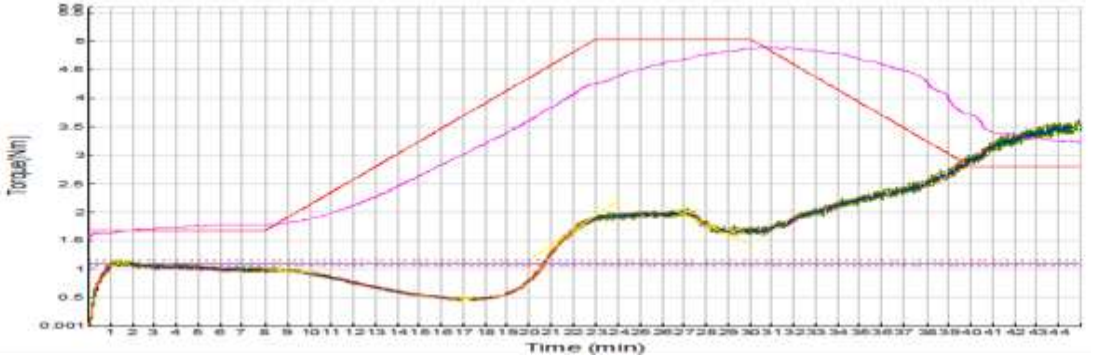
جدول (4) يوضح تأثير استخدام أطوال أقطار مختلفة من النخالة على قيم الغلوتين الرطب وحدات اللون ورقم السقوط ورقم الترسيب

لش		الغلوتين الرطب (%)	درجة اللون	رقم السقوط (s)	رقم الترسيب (مل)
االهد (100%) دقيق		32.2 ± 0.4^{b}	3.77 ± 0.11^{d}	436 ± 5^{a}	25.1 ± 0.3^{a}
خلطات تحوي نخالة بنسبة 50%	أطوال الأقطار <500ميكرومتر	25.6 ± 0.1^{d}	6.9 ± 0.21^{c}	365 ± 3^{b}	17.5 ± 0.1^{b}
	أطوال الأقطار بين 500–1000 ميكرومتر	29.9 ± 0.5^{c}	7.92 ± 0.34^{b}	341 ± 1^{c}	18.1 ± 0.2^{c}
	أطوال الأقطار >1000 ميكرومتر	32.9 ± 0.1^{a}	9.03 ± 0.25^{a}	322 ± 2^{d}	16.2 ± 0.1^{d}

***إنَّ القيم الموجودة في الجدول تعبّر عن المتوسط و الانحراف المعياري SD**

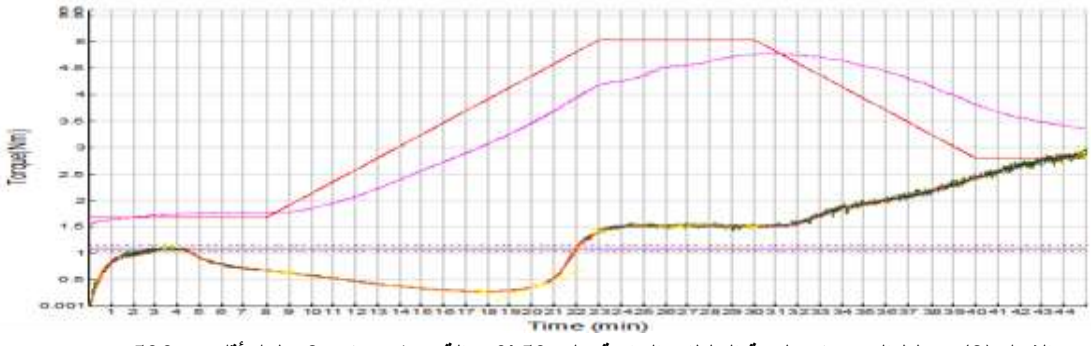
***تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي عند مستوى.(P<0.05)**

–تأثير استخدام النخالة بنسبة 50% على الخصائص الريولوجية للعجين: تُظهِر الأشكال التي تمَّ الحصول عليها بواسطة الميكسولاب، تطوراً في سلوك العجينة خلال عمليات الخلط والتسخين، ممَّا يمكّن من تحديد مساهمة البروتين والنشا في الخصائص الريولوجية للعجين بشكل آني (Rosell *et al.*, 2007) ، حيث يظهر في الشكل (1) مخطط الميكسولاب لعينة الشاهد الحاوية على دقيق صنف جولان 2 بنسبة 100%، بينما يظهر في الأشكال (2)،(3)،(4) تأثير استخدام النخالة بأطوال أقطار مختلفة على الخصائص الريولوجية للخلطات.

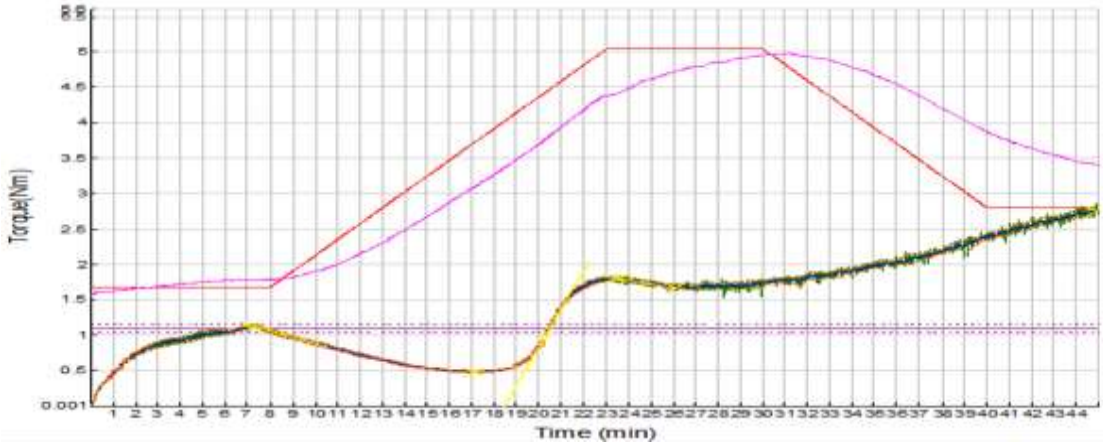


الشكل

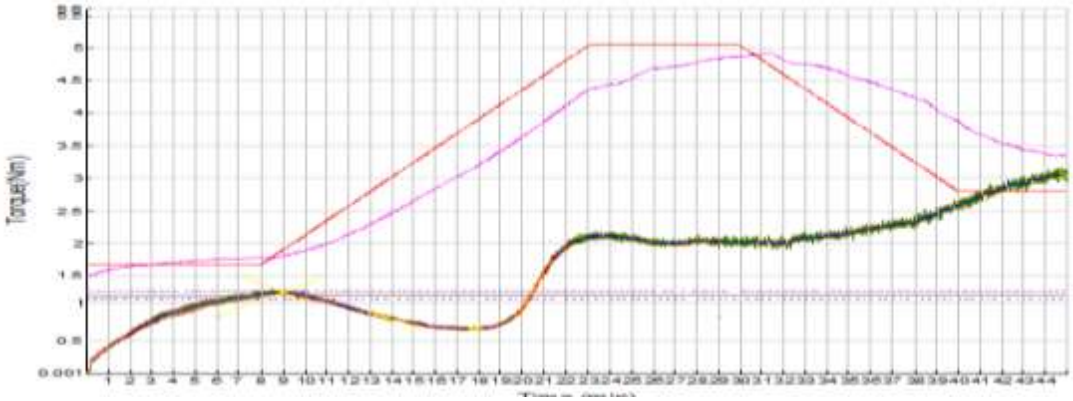
(1) مخطط الميكسولاب لعينة الشاهد الحاوية على 100% دقيق صنف جولان 2



الشكل (2) مخطط الميكسولاب لعينة الخلطات الحاوية على 50% نخالة صنف جولان 2 بطول أقل من 500ميكرومتر



الشكل (3) مخطط الميكسولاب لعينة الخلطات الحاوية على 50% نخالة صنف جولان 2 بطول بين 500ميكرومتر – 1000 ميكرومتر



الشكل (4) مخطط الميكسولاب لعينة الخلطات الحاوية على 50% نخالة صنف جولان 2 بطول >1000 ميكرومتر

لوحظ ازدياد امتصاص الماء في كل العينات وعند كل الأجزاء مقارنة بعينة الشاهد، وهذا ما كان متوقعاً نتيجة لارتفاع مقدرة الألياف على ربط الماء وهذا يتفق مع نتائج (Majzoobi *et al.*, 2013)، كما أنَّ المقدرة على ربط الماء انخفضت مع انخفاض أطوال أقطار النخالة.

يعدُّ امتصاص الماء مؤشراً على جودة الخبيز، كما وُجِدَ بأنَّ المحتوى البروتيني وقوة الغلوتين والنشا والنشا المتهتّك والبنتوسان يؤثرون بشكل كبير على امتصاص الدقيق للماء، كما أنَّ بنية الألياف وخصائصها وتركيبها الكيميائي، خصوصاً ما يتعلَّق بشدة التوتر السطحي والروابط الهيدروجينية المتكونة، وذلك بسبب العدد الكبير من مجموعات الهيدروكسيل التي تتوفَّر فيها، والتي تسمح بالمزيد من التفاعل مع الماء من خلال الروابط الهيدروجينية، ولوحظ أنَّ زيادة المحتوى من النخالة قد رفع من امتصاص الماء وهذا يتفق مع نتائج(Bašman & Köksel,1999)، وهذا لوحظ من ارتفاع المقدرة على امتصاص الماء والانتفاخ.

كما لوحظ ازدياد الزمن اللازم لتطور العجين عند اضافة النخالة، وهذا قد يعود إلى امتصاص الماء وحجم الجزيئات، حيث تحتاج النخالة الخشنة إلى زمن أطول لإتمام عملية الترطيب، ولوحظ انخفاض زمن الثباتية مقارنة مع الشاهد، مما يشير إلى أنَّ إضافة النخالة تؤدّي إلى إضعاف الشبكة الغلوتينية التي تصبح أقل استقراراً عند إطالة زمن الخلط، بدلاً عن ذلك قد تعترض الألياف الغلوتين، وتؤخر تشكل الشبكة ممَّا يُسرع من تحطم شبكة الغلوتين. ويشير انخفاض زمن الثباتية إلى جودة منخفضة للبروتين وهذا ما لوحظ في العينات خصوصاً عند أطوال أقطار النخالة الأكبر، ولوحظ أنَّ الشاهد قد حققَ أعلى زمن للثباتية بالمقارنة مع باقي الخلطات، بمعنى أنَّ العجينة تحتاج إلى المزيد من العمل

الميكانيكي لتشكيل روابط الشبكة الغلوتينية من خلال ارتباط معقدات البروتين وتجمعات الروابط الهيدروجينة، وهذا يقوي شبكة الجلوتين.

و بالأعمّ الأغلب فإنَّ إضافة النخالة ينقص من زمن ثباتية العجينة، وهذا يتوافق مع نتائج (Hassan, *et al.,* 2008). كما لوحظ أنَّه عند المرحلة C3 تحتاج عجينة الشاهد إلى عزم أعلى من عجينة الدقيق الحاوية على 50% نخالة. لذا، فإنَّ لعجينة الشاهد مقدرة أكبر على تشكيل الهلام، أي بمعنى أنَّ وجود النخالة يُقلّل من انتفاخ الحبيبات، وهذا قد يعود إلى تقليل المحتوى من النشا الناتج عن دمج النخالة، والتي تحتوى أيضاً نِسَبٍ عاليةٍ من الألياف. كما وُجِدَ أنَّ للخلطات الحاوية على 50% نخالة متوسطة مقدرة أكبر على مقاومة البيات مقارنة بباقي الخلطات، كلّ هذه التأثيرات للنخالة على الخصائص الريولوجية التجريبية للميكسولاب تعود إلى انخفاض نسب دقيق القمح من الوزن الكلّي للخلطات وهذا يتفق مع نتائج (Banu *et al.*, 2012).

-الخصائص الحسّية:

بينت نتائج التقييم الحسيّ في الشكل (5) الشكل الخارجي للخبز الناتج عن استخدام خلطات تحوي 50% نخالة قمح صنف جولان 2 بأطوال الأقطار مختلفة، بينما يوضح الشكل (6) الشكل الجانبي للخبز الناتج عن استخدام خلطات 50% نخالة قمح صنف جولان 2 بقطر أكبر من 500 ميكرومتر وأقل من 1000 ميكرومتر.

الشكل (5) يظهر شكل الخبز الناتج عن استخدام خلطات 50% نخالة قمح صنف جولان 2 بأطوال الأقطار مختلفة

الشكل (6) يظهر الشكل الجانبي للخبز الناتج عن استخدام خلطات 50% نخالة قمح صنف جولان 2 بقطر أكبر من 500 ميكرومتر وأقل من 1000 ميكرومتر.

حيث لوحظ بالأعمّ الأغلب أنَّ الخبز الناتج عن استخدام النخالة بأطوال الأقطار أكبر من1000 ميكرومتر يمتلك قواماً أكثر خشونة مع صعوبة انفصال الشطرين، كما لوحظ ازدياد اللون الداكن للخبز الناتج عند إضافة النخالة وقد يعود ذلك لتواجد الصبغات بشكل أكبر في النخالة والتي تصبح أكثر وضوحاً عند ازدياد قطر النخالة.

على الرغم من أنَّ تفاعل ميلارد والكرملة هما السبب الرئيس لتكوّن اللون البني لقشرة الرغيف، فإنَّ المسبب الأساس لذلك هو وجود الأحماض الأمينية والسكريات المرجعة على تماس فيما بينهما للتفاعل، حيث تتوافر بكثرة في النخالة. لذلك، فإنَّ استخدام النخالة يُحسّن من ظروف التفاعل السابق ممَّا ينتج خبزاً بألوان داكنة بالإضافة إلى لون النخالة الداكن أساساً وهذا يتفق مع نتائج (Majzoobi *et al.*, 2013). كما لوحظ أنَّ عينات الخبز الحاوي على نخالة أقطارها أقلّ أعطت لوناً متجانساً موحداً بشكل أكبر.

ويظهر في الجدول (5) تقييماً للخصائص الحسّية للخبز الناتج، حيث لوحظ تأثير أطوال الأقطار على طعم الخبز، فقد أثرَّ ازدياد أطوال الأقطار بشكل سلبي على الطعم، إذ لاحظ المتذوقون طعماً واحساساً غير مُسْتَحبّ، كما لاحظ (Onipe, *et al.*, 2015) القوام الرملي عند استخدام النخالة في إنتاج المخبوزات، الذي أكدَّ على تأثير نخالة القمح على الخصائص الحسية للمنتجات الخبيزية.

جدول(5) متوسط الخصائص الحسية للخبز الناتج (اللون، الطوي، انفصال الشطرين، الرائحة، الطعم، المضغ، القوام)

الخلطات المستخدمة تحوي 50% نخالة	اللون	الطوي	انفصال الشطرين	الرائحة	الطعم	المضغ	القوام
أطوال أقطار <500ميكرومتر	4.1±0.1[a]	4.7±0.3[a]	4±0.4[a]	±0.5 4.5	4±0.2[a]	4.5±0.1[a]	4.2±0.5[a]
أطوال أقطار بين 500–1000ميكرومتر	4.2±0.2[a]	4.6±0.3[a]	4.±0.3[a]	±0.5 4.5	3.8±0.4[a]	4.4±0.3[a]	4.1±0.4[a]
أطوال أقطار >1000ميكرومتر	±0.3 3.5[b]	3.1±0.5[b]	2.5±0.6[b]	4±0.4	2±0.1[b]	3.5±.0.4 [b]	2.5±0.2[b]

***إنَّ القيم الموجودة في الجدول تعبّر عن المتوسط و الانحراف المعياري SD**

***تشير الأحرف المختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي عند مستوى.(P<0.05)**

تؤثر إضافة النخالة على بنية الشبكة الغلوتينية من الناحية الكيميائية والميكيانيكية الفيزيائية حيث تتقطع البنية ممَّا يسبّب انخفاضاً في حجم الرغيف، كما أنَّ تكتل الغلوتين ووجود ارتباط بين الانخفاض في الغلوتين مع انخفاض حجم الرغيف يشير إلى تأثر نوعية الغلوتين بشكل كبير، وبالتالي تأثيره على المنتج النهائي. من المهم التوضيح بأنَّ شبكة الغلوتين المتأثرة سلباً والمطلوبة لتشكيل العجينة والقادرة على احتجاز الغاز، تعدُّ سبباً رئيساً لانخفاض حجم الرغيف، كما أنَّ انخفاض كمية البروتين عند استخدام النخالة يُخفّض المحتوى من الغلوتين، وقد تعود قساوة الخبز إلى تكوّن أقل لفقاعات الغاز داخل العجينة.

حيث يلاحظ أنَّ الخبز الناتج عن خلطات تحوي 50% نخالة بأطوال أقطار أقل من 500 ميكرومتر وكذلك بين 500–1000ميكرومتر جيدة من ناحية اللون والطعم والقوام من قبل المتذوقين وأعطت قواماً أكثر نعومة، لكن وجد بأنَّ الخبز الناتج عن استخدام نخالة بأطوال أقطار أعلى من 1000 ميكرومتر فقير في اللون والطعم والقوام ومن الصعب

فصل الشطرين له، كما تتعرض للتشقق والتفتت وهذا يتفق مع نتائج (Doblado–Maldonado *et al*, 2012)، وحسب تفسير Noort وزملاؤه (2010) فإنَّ تفاعل حمض الفيروليك مع الغلوتين يسيء إلى الخصائص الوظيفية لشبكة الغلوتين.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- ارتفاع نسبة الألياف والمحتوى الفينولي والمقدرة المضادة للأكسدة في النخالة.
- يؤثر استخدام النخالة على خصائص جودة الخبز المسطح ثنائي الطبقة عالي الألياف بشكل كبير، وذلك بناءاً على أطوال الأقطار، حيث تؤثر النخالة في الناحيتين الفيزيائية والكيميائية، كما تؤثر سلباً على الغلوتين يؤثر على خصائص الرغيف.
- قلل استخدام النخالة الناعمة بشكل واضح من تراجع الصفات الحسية، وخفضت من التأثير السلبي لاستخدام النخالة في عجينة الخبز، وعلى النقيض خفَّض استخدام نخالة القمح بأطوال أقطار أكبر من 1000 ميكرومتر من الخصائص الحسّية المرغوبة للخبز الناتج كما قلل من المقدرة على انفصال الشطرين.
- حظيت النخالة الناعمة والمتوسطة على قبول جيد من قبل المتذوقين.

التوصيات:

1. يوصى باستخدام النخالة بأطوال أقطار أقل من 1000 ميكرومتر لإنتاج خبز النخالة المسطح ثنائي الطبقة بصفات حسية جيدة، وخصائص طزاجة جيدة حسب الميكسولاب.
2. يوصى بتحسين مواصفات النخالة من قبل المطاحن وكذلك بإجراء المزيد من الدراسات حول استخدام الأنزيمات خصوصاً الأنزيمات المحللة للألياف مثل أنزيمات الزيليناز والسيليولاز والهيمي سيليولاز في توليفات الخبز المسطَّح ثنائي الطبقة عالي الألياف، لتحسين المواصفات الحسّية وزيادة إقبال وتَقبّل المستهلكين لهذا النوع من الخبز، ممّا يشجع على انتاج منتجات عالية المحتوى من الألياف وبمواصفات حسية مرغوبة.

References:

AACC INTERNATIONAL METHODS. *AACC International Approved Methods of Analysis*; 11th ed.; American Association of Cereal Chemists, Eds.; International Press: St. Paul, MN, USA, 2000,1200.

ALFIN, F.; ÇAKMAKLI, Ü. A *comparative study on the milling and flour characteristics of bread and durum wheats from syria and turkey* PH.D in Food Engineering 2000, 172.

ALHEBEIL, S. A.; GREIBY I. G. *Study the effect of flour extraction rate and time of storage on the extent of the staling of Arabic bread using physical, chemical and sensory methods* .Rewaq Almarefa 3 and 4 issue Ministry of higher education & scientific Research University of Tripoli. (2017).190-207.

ANDRZEJ, K. M.; JAROSŁAW, W.; SABINA, K. ; AGNIESZKA, W. ; KUREK, M.A. ; WYRWISZ J.; KARP, S.; WIERZBICKA , A. *Particle size of dietary fiber preparation affects the bioaccessibility of selected vitamin B in fortified wheat bread,* Journal of Cereal Science (2017), doi: 10.1016/j.jcs.2017.07.016

ANGIOLONI, A.; COLLAR C.; *Physicochemical and nutritional properties of reduced-caloric density high-fibre breads* .LWT - Food Science and Technology. 44 (2011) 747-758

AOAC *Association of Official Analytical Chemistry*. In K. Herlich (Ed.), Official methods of analysis (18th ed.). Washington, DC, USA: (2005).
BANU, I.; STOENESCU, G.; IONESCU, V., S.; APRODU, I. *Effect of the addition of wheat bran stream on dough rheology and bread quality* .The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI – Food Technology 36(1) (2012) 39-52.
BAŠMAN, A.; KÖKSEL, H. *Properties and Composition of Turkish Flat Bread (Bazlama) Supplemented with Barley Flour and Wheat Bran* Cereal Chem. 76(4) (1999) 506–511.
BILGIÇLI, N.; IBANOĞLU, S.; HERKEN E. N. *Effect of dietary fibre addition on the selected nutritional properties of cookies*. Journal of Food Engineering 78, (2007) 86–89
DOBLADO-MALDONADO, A. F.; PIKE, O. A.; SWELEY, J. C.; & ROSE, D. J. *Key issues and challenges in whole wheat flour milling and storage*. Journal of Cereal Science, 56(2), (2012). 119–126. doi:10.1016/j.jcs.2012.02.015
ESPOSITO, F.; ARLOTTI G.; BONIFATI, A. M. ; NAPOLITANO A.; VITALE D.; FOGLIANO V. *Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products* .Food Research International 38, 10, (2005), 1167-1173.
FUNG, T. T .; HU, F. B.; PEREIRA, M. A.; LIU, S.; STAMPFER, M. J.; COLDITZ, G. A.; WILLETT W. C. *Whole-grain intake and the risk of type 2 diabetes: a prospective study in men.* American Society for Clinical Nutrition. 76 (2002), 535–540.
HASSAN. E. G.; AWAD ALKAREEM. A. M.; MOSTAFA, A. M. *Effect of fermentation and particle size of wheat bran on the antinutitional factors and bread quality*. Pakistan Journal of Nutrition, 7, (4) (2008) 521-526.
JACOBS, P. J.; HEMDANE, S.; DORNEZ, E.; DELCOUR, J. A.; & COURTIN, C. M. *Study of hydration properties of wheat bran as a function of particle size*. Food Chemistry, 179 (7), (2015) 296-304. PMid: 25722168 .
http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.117.
JENSEN, M. K .; KOH-BANERJEE, P.; HU, F. B.; FRANZ, M.; SAMPSON, L.; GRØNBÆK, M.; RIMM E. B. *Intakes of whole grains, bran, and germ and the risk of coronary heart disease in men.* American Society for Clinical Nutrition, 80 (2004):1492–1499.
KIM, K., TSAO, R., YANG, R., AND CUI, S. W. *Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions*. Food Chem. 95(3).(2006). 466-473.
LETTIMER, J. M.; HAUB, M. D. *Effects of dietary fiber and its components on metabolic health* .Nutrients ,2, (2010), 1266-1289.
LUNDBERG, B.; GU, L.; RUAN, R.; ADDIS, P.; & JOHNSON, J. *Cellulose fiber-based compositions and their method of manufacture*. (2003). U.S. Patent 6506435.
MAJZOOBI, M.; FARAHNAKY, A.; NEMATOLAHI, Z.; MOHAMADI HASHEMI, M.; &TAGHIPOUR, M. *Effect of different levels and particle sizes of wheat bran on the quality of flat bread.* Journal of Agricultural Science and Technology, 15(1), (2013). 115-123.
MAJZOOBI, M.; PASHANGEH, S.; AMINLARI, L.; & FARAHNAKY, A. *Modeling the Effects of the Quantity and Particle Size of Wheat Bran on Some Properties of Bread Dough using Response Surface Methodology.* International Journal of Food Engineering; 10(3): (2014), 511–519. doi 10.1515/ijfe-2012-0095.
MASSRI, M.; ABD ALHAMEED, A. *The Use of Wheat, Corn Bran and Apples, Carrots Pomace as a Source of Dietary Fibers and Its Impact on the Wheat Specifications and*

Rheological Properties of Dough. Jordanian Journal of Agricultural Sciences. 2, 13(2017) 539-553.

MOURE, A.; CRUZ, J.; FRANCO, D.; DOMOANGUEZ, J.; SINEIRO, J.; DOMOANGUEZ, H.; NUANA, M.; & PARAJOA, J. *Natural antioxidants from residual sources.* Food Chemistry 72:(2001).145-171

NOORT, M. W.; VAN HAASTER, D.; HEMERY, Y.; SCHOLS, H. A.; & HAMER, R. J. *The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality: evidence for fibre-protein interactions*. Journal of Cereal Science, 52(1), (2010). 59-64. http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2010.03.003.

ONIPE, O. O.; JIDEANI, A. I.; & BESWA, D. *Composition and functionality of wheat bran and its application in some cereal food products*. International Journal of Food Science & Technology, 50(12), (2015). 2509 – 2518. http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.12935.

ONIPE, O. O.; BESWA, D.; JIDEANI A. I. O. *Effect of size reduction on colour, hydration and rheological properties of wheat bran* .Food Sci. Technol, Campinas (2017). http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.12216

O'NEILA, C. E., ZANOVECA, M. ; CHOB, S. S. ; NICKLASC T. A. *Whole grain and fiber consumption are associated with lower body weight measures in US adults:* National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2004 Nutrition Research 30 (2010) 815–822.

PAEPE , K. D.; VERPREET , J.; REZAEI , M. N. ; MARTINEZ, S. H.; MEYSMAN, F.; WALLE , D. V.; DEWETTINCK, K.; COURTIN C. M.; WIELE, T. V. *Modification of wheat bran particle size and tissue composition affects colonisation and metabolism by human faecal microbiota.* Food Function,10, (2019) . 379-396.

QU, H.; MADL, L. R.; DOLORES J.; TAKEMOTO,† RICHARD C. BAYBUTT, WANG W. *Lignans Are Involved in the Antitumor Activity of Wheat Bran in Colon Cancer SW480 Cells* 0022-3166/05. American Society for Nutritional Sciences,. 9 (2005),598-602.

RAGHAVENDRA, S. N.; Rastogi, N. K.; Raghavarao, K. S. & Tharanathan, R. N. *Dietary fiber from coconut residue: effects of different treatments and particle size on the hydration properties*. European Food Research and Technology, 218(6), (2004). 563-567. http://dx.doi. org/10.1007/s00217-004-0889-2.

ROBERTSON, J.A.; DE MONREDON, F.D.; DYSSELER, P. F. ; GULLION, R. ; THIBBAULT, J.F. *Hydration properties of dietary fibre and resistant starch: A European collaborative study*. LWT-Food Sci. Technol., 33,(2000), 72-79.

ROSELL, C. M.; SANTOS, E.; COLLAR, *C. Physico-chemical properties of commercial fibers from different sources: A comparative approach*. Food Research International, 42, (2009). 176–184. doi:10.1016/j. foodres.2008.10.003.

ROSELL, C.M.; COLLAR, C.; HAROS, M. *Assessment of hydrocolloid effects on the thermos-mechanical properties of wheat using Mixolab*. Food Hydrocol. 21 (3), (2007) 452–462.

SANCHEZ-ZAPATA, E.; FUENTES-ZARAGOZA, E.; FERNANDEZ-LOPEZ, J.; SENDRA, E.; SAYAS, E.; NAVARRO, C.; PEREZ-ALVAREZ J. A. *Preparation of Dietary Fiber Powder From Tiger Nut (Cyperus Esculentus) Milk ("Horchata") Byproduct and Its Physicochemical Properties* . J. Agric. Food Chem. 57.17. (2009). 7719-7725.

SLAVIN, J. L.; JACOBS, D.; MARQUART, L.; WIEMER, K. *The role of whole grains in disease prevention*. Journal of The Americans Deitetic Association, 101 ,7, (2001), 780-785

VĀZQUES-OVANDO, A.; ROSADO-RUBIO, G.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCONA, D. *Physicochemical Properties of a Fibrous Fraction from Chia* (*Salvia hispanica* L) LWT Food Science And Technology, 42 , (2009). 168-173.

YU, L.; HALEY, S.; PERRET, J.; HARRIS, M.; WILSON, J.; QIAN, M. *Free radical scavenging properties of wheat extracts.* J. Agric. Food Chem. 50, (2002), 1619–1624.

ZELENY, L. *Wheat sedimentation test*. Cereal Science Today. 7(1962) 227.

ZHU, K. X.; LIAN, C X.; GUO, X. N.; PENG, W., & ZHOU, H. M. *Antioxidant activities and total phenolic contents of various extracts from defatted wheat germ.* Food Chemistry, 126(3), (2011) 1122-1126. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.144.