# Evaluation of Some Rheological Properties of Mixtures of Wheat Flour - Chickpea Flour by The Mixolab Device

**Dr.wesal alhammadi***

**(Received 3 / 10 / 2022. Accepted 7 / 11 /2022 )**

## □ ABSTRACT □

The objective of this research is to study some of the chemical and rheological properties of mixtures of wheat flour with chickpea flour, according to the replacement ratios (7%, 12%, 17%, 22%, 27% and 32%), using some standards for the Mixolab device, and all analyzes were carried out in a technology laboratory. Grains, Al-Furat University.

The results of estimating the protein percentage showed a significant increase with high replacement rates of chickpea flour, in addition to an increase in the average time of dough formation C1 with a significant difference from the addition ratio 12% to the ratio 32%, and the highest percentage of

water absorbed at the replacement ratio was 32%, While the fall number was inversely correlated with the protein percentage.

The tested mixtures with percentages (7% and 12%) can be directed towards the manufacture of biscuits, while 17% is suitable for the manufacture of baladi bread, and the replacement ratio of 27% was the best for the manufacture of ponds and ravioles.

**Key words**: wheat flour, chickpea flour, drop number, rheological

* **(PhD) ,Department of Food Sciences, faculty of Agriculture in Deir Ezzor, Al-Furat University,syria**

# تقييم بعض الخصائص الريولوجية لمزائج من دقيق القمح –دقيق الحمص بواسطة جهاز المكسولاب

**د. وصال علي الحماده[1]**

**(تاريخ الإيداع 3 / 10 / 2022. قبل للنشر في 7 / 11 / 2022)**

## □ ملخّص □

هدف هذا البحث دراسة بعض الخصائص الكيميائية والريولوجية لمزائج من دقيق القمح مع دقيق الحمص وذلك وفقاً لنسب استبدال (7% و12% و17% و22% و27% و32%)، وذلك باستخدام بعض المقاييس لجهاز Mixolab، وأُجريت كافة التحاليل في مخبر تكنولوجيا الحبوب، جامعة الفرات.

أظهرت نتائج تقدير نسبة البروتين وجود ارتفاع معنوي مع ارتفاع نسب الاستبدال من دقيق الحمص، والتي وصلت إلى (12%)، بالإضافة إلى ارتفاع في متوسط زمن تكّون العجين C1 وبفارق معنوي من نسبة الإضافة 12% الى النسبة 32% والتي بلغت 6.14 دقيقة، كذلك بلغت أعلى نسبة من الماء الممتص عند نسبة الاستبدال 32%، في حين ارتبط رقم السقوط بشكل عكسي معنوي مع نسبة البروتين.

ويمكن توجيه الخلائط المختبرة بنسب (7% و12%) نحو تصنيع البسكويت، اما 17% فهو مناسب لصناعة الخبز البلدي، كذلك نسبة الاستبدال 27% كانت الأفضل لصناعة البرك والسمبوسك.

**الكلمات المفتاحية:** دقيق القمح، دقيق الحمص، رقم السقوط، الخواص الريولوجية، جهاز المكسولاب Mixolab، الاستخدام النهائي.

[1] **(دكتوراه) عضو هيئة فنية في قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة بدير الزور، جامعة الفرات ، wisal.alhommada@gmail.com،**

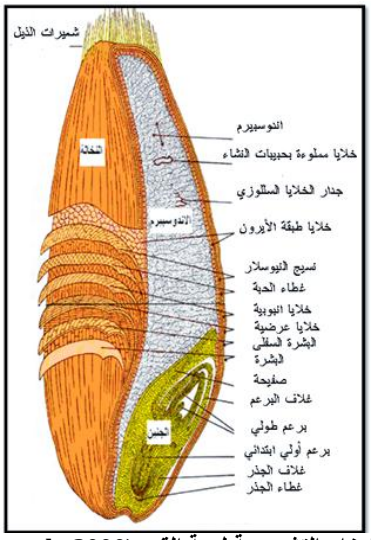
## مقدمة:

يعد تقييم حبوب القمح من حيث الخصائص الفيزيائية والكيميائية والريولوجية والتصنيع النهائي من الأمور المهمة من الناحية الغذائية، كما يتم السعي دائماً لايجاد مزائج وخلائط من مكونات أخرى والتي تؤدي بدورها الى ارتفاع القيمة الغذائية للمنتجات الخبيزية أو تلافي بعض السلبيات التي تؤثر على الصحة للإنسان.

إذ تعد حبوب القمح من أكثر أنواع الحبوب انتشاراً في العالم، وقد ارتفع إنتاجه في الأعوام الماضية بشكل كبير، حيث بلغ الإنتاج العالمي للقمح حوالي766 مليون طن سنوياً (FAO, Bulletin of statistics, 2019)، وتحتل دول والولايات المتحدة والصين والهند وروسيا وكندا وفرنسا وأستراليا الإنتاج الأكبر من القمح (FAO, Bulletin of statistics, 2016)

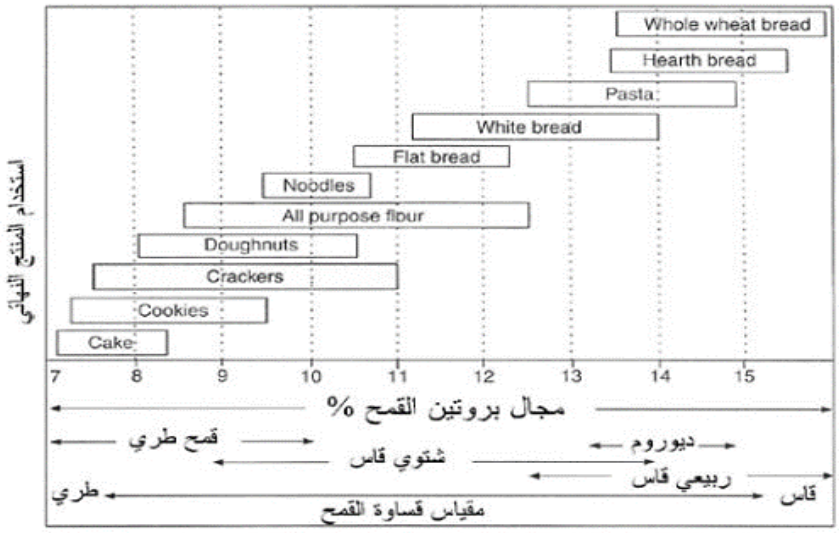
كما يعد القمح من أكثر وأهم أنواع الحبوب المستهلكة في مناطق افريقيا وآسيا (Swaminathan, 1977; JOOD, 1990)، وذلك لتميزه عن الحبوب الأخرى بالعديد من الخصائص كإمكانية زراعته في جميع أنواع الترب، وارتفاع انتاجيته وسهولة تخزينه وارتفاع قيمته الغذائية، بالإضافة الى ارتفاع نسبة الاستخراج من الدقيق والتي تصل الى ثلاثة أرباع وزنه دقيقاً (ألفين، 2004).

من الناحية التشريحية كما في الشكل (1) تتألف حبة القمح من الجنين الذي يشكل 2–4% من الوزن الكلي، وغلاف البذرة يشكل 7–8% من وزن الحبة، أما الاندوسبرم فيشكل من81–84 % من وزن الحبة وطبقة الأليرون 5.8% (Dewettinck, Van Bockstaele, Kuhne, & Courtens, 2008)؛ أما من ناحية التركيب الكيميائي فتتألف حبة القمح من البروتينات والسكريات والألياف والعناصر المعدنية والدهون التي لها الدور الأكبر في تحديد الصفات الفيزيائية والكيميائية والريولوجية للدقيق (الصالح، 1996؛ ألفين، 2004).



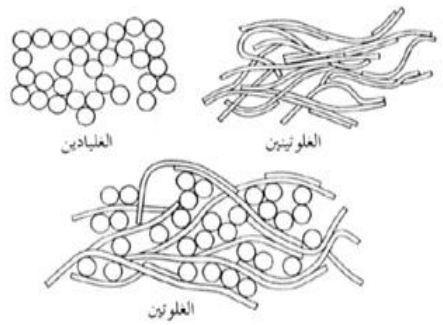

**الشكل 1الأجزاء التشريحية لحبة القمح(Morris, et al., 2000)**

يتراوح محتوى البروتينات في القمح بين 6–22 % والتي تختلف حسب النوع والصنف والتركيب الوراثي والظروف المناخية خلال فترة نمو وتطور الحبة (المصري و الخياط، 1991؛ الصالح، 1996)؛ حيث تعتبر البروتينات المسؤولة عن تشكيل عجينة ذات ثباتية عالية أثناء مرحلة العجن (Lazaridou, Duta, Papageorgiou, & Belc, 2007)، كذلك تعتبر مقياس أساسي لتحديد جودة الخبيز (Banu, stoenecu, Ionescus, & Aprodu, 2011).




**الشكل 2 استخدامات القمح وفقاً لنسب البروتين ( ألفين 2004)**

تتألف البروتينات في القمح والتي تسمى الغلوتين من البرولامين (الغليادين في القمح) والغلوتيلين (الغلوتينين في القمح)؛ وبروتينات غير غلوتينية وتشكل نسبة 15–20% من البروتينات الكلية مثل الألبومين والغلوبولين وهي تشكل نسبة 80–85% من البروتينات الكلية(Veraverbeke & Delcour., 2002) .، وهي التي تعد مسؤولة عن خصائص المقاومة والمطاطية للعجين وزمن تكون العجين كما في الشكل (2) (LUCHIAN & CSATLOS, 2011)، حيث يعد بروتين الغلياديين مسؤولاً عن صفة المرونة والمطاطية للعجين وتشكيل شبكة عالية المطاطية والتي تساعد على حجز الغاز والحصول على منتجات ذات مسامية عالية كما في الشكل (3) . (STADING, OOM, & PETTERSSON, 2006; Veraverbeke & Delcour., 2002)




**الشكل 3 البروتينات الموجودة في القمح**

وبالتالي يمكن اعتبار الحبوب كمصادر أساسية للبروتين والطاقة؛ إلا أنها تعتبر غير متكاملة غذائياً بسبب انخفاض نسبة بعض الأحماض الامينة مثل اللايسين والميثيونين والثريونين (ألفين، 2004) ، لذلك يمكن استخدام دقيق البقوليات كمدعم لدقيق القمح وذلك بسبب ارتفاع محتواه من البروتينات والتي تؤدي بالتالي إلى تحسين المحتوى من بعض الأحماض الأمينية الأساسية ورفع القيمة الغذائية الإجمالية، بالإضافة الى إمكانية الاستفادة منها في مجال التغذية العلاجية وإعداد المنتجات المخبوزة التي تناسب جميع المراحل العمرية بغرض رفع القيمة الغذائية للمنتج من حيث محتواها من البروتين خاصة للأطفال والرضع والحوامل (الجديلي ، 2005).

كما تعد البقوليات غنية بالمواد المنشطة حيوياً مثل مضادات الأكسدة والمواد النباتية الكيميائية التي تساعد على الوقاية من بعض الأمراض كالبروستاتا وسرطان الثدي، بالإضافة إلى أن التناول المنتظم للبقوليات يساعد على ارتفاع نسبة البوتاسيوم والذي له دور في خفض ضغط الدم وبالتالي تقليل خطر الإصابة بأمراض الأوعية الدموية ، بالإضافة إلى وجود الألياف التي تعطي الشعور بالشبع وتحقيق توازن في سكر الدم، وتقليل نسبة الكولسترول، كما تحتوي الفيتامينات مثل حمض الفوليك وفيتامين C وبعض المعادن كالحديد (الجديلي ، 2005).

ويمكن استخدام البقوليات كبديل للحوم كونها من المنتجات غير المكلفة اقتصادياً كما تعد ثاني أهم مصدر غذائي من حيث القيمة الغذائية، فهي تحتوي على نسبة 20–40% بروتين، كما انه بعضها منخفض من حيث نسبة الدهون وخالية من الكولسترول باستثناء الفول السوداني والحمص وفول الصويا (Maphosa & Jidean, 2017)

عند إضافة مثل هذه المواد الى دقيق القمح يجب أن لا تؤدي عملية الاستبدال الى إحداث تأثيرات غير مرغوبة في المنتج النهائي، كما انه لا يمكن استخدامها كبديل كامل عن بروتين القمح والتي ستؤثر على نسبة بروتين الغلوتين وبالتالي سوف يصعب تشكيل العجين في أثناء عملية العجن بسبب فقدان خاصية المطاطية، كذلك ستؤدي إلى تغيرات غير مرغوبة في المنتج النهائي من حيث الشكل والحجم ودرجة التماسك، فدقيق الأرز يحتوي على نسبة بروتين 6.5–7% واستخدام 5% من دقيق الأرز لتدعيم دقيق القمح نحصل على الخبز دون أن تحدث تغيرات في مواصفات المنتج النهائي، ويمكن استخدامه حتى نسبة استبدال 30% وذلك لإعداد أنواع مختلفة من البسكويت والخبز الذي يكون ذو فائدة كبيرة في أغذية المرضى المصابين بحساسية تجاه الغلوتين (الجديلي ، 2005).

وأوضحت الدراسات أنه عند تناول الحمص ينخفض الاحتياج للأنسولين بنسبة تصل حتى 20 وحدة بدلاً من 40 بالنسبة لمرضى السكري، ويستخدم لتدعيم البسكويت حيث أدى لارتفاع ملحوظ في نسبة الأحماض الامينية (الجديلي ، 2005).

كما تم استبدال نسب من دقيق القمح بدقيق الفاصولياء والتي أدت الى تحسين في الخواص الفيزيائية والكيميائية والريولوجية وذلك حتى نسبة استبدال وصلت الى 30 % (الحماده، 2022)، بالإضافة إلى ان إضافة بذور الكتان والتي أدت إلى ارتفاع نسبة البروتين والرماد والدهون وانخفاض في السكريات(Codină, A., & Gontariu, 2019) .

توجد عدة تقنيات والتي تعتمد على مبدأ العجن من أجل تقويم نوعية البروتين والنشاء، كأجهزة الفارينوغراف والاكستنسوغراف والتي تختص بدراسة خصائص البروتين، أما جهاز الأميلوغراف ورقم السقوط فيختص لدراسة خصائص النشاء وسلوكيته، في حين جهاز المكسولاب يعتمد على تقويم الخواص الريولوجية للعجين خاصة بما يتعلق بنوعية البروتين، حيث يمكننا من دراسة سلوك النشاء والبروتين تحت تأثير الحرارة العالية حتى 90 °م وبما يماثل التجارب الخبيزية؛ كما يملك نظام Mixolab Profiler الذي يبين التنبؤ بالاستخدام النهائي الأمثل للعينات المدروسة، كما يمكن تقدير رقم السقوط للحبوب أي تقدير النشاط الأنزيمي للأميلاز (koksel, kahraman, sanal, ozay, & dubat, 2009; Banu, stoenecu, Ionescus, & Aprodu, 2011; Lazaridou, Duta, Papageorgiou, & Belc, 2007; Kahraman, Sakyyan, Ozturk, Koksel, & Sumnu, 2008)

**2. الهدف من البحث:**

يهدف هذا البحث وذلك باستخدام تقنية المكسولاب إلى:

1. دراسة بعض الخصائص الكيميائية والريولوجية لخلائط ناتجة عن استبدال دقيق القمح بدقيق الحمص وفق نسب استبدال (7% و12% و17% و22% و27% و32%).
2. تحديد الاستخدام النهائي الأمثل للخلائط الناتجة.

## طرائق البحث ومواده:

**-تحضير العينات:**

تم الحصول على عينات الحبوب من الصوامع الموجودة في مدينة دير الزور وبمعدل ثلاث مكررات لكل عينة، ونقيت العينات بغربلتها بغربال شقي /1×20مم/، وتم عزل الجزء الاقتصادي ونقيت الحبوب يدوياً، إذ فصلت باقي الأجرام والشوائب للحصول على نقاوة تصل إلى 99.9% تقريباً، ثم تم طحنها بواسطة المطحنة المخبرية Chopin، مع إجراء مرورين لكل عينة حيث كانت نسبة الاستخراج 65%.

تمت معاملة حبوب الحمص حرارياً للتخلص من الأنزيمات الضارة والتي تؤثر بشكل سلبي على عملية الهضم، حيث تم الحصول على هذه الحبوب من الأسواق المحلية في محافظة دير الزور.

**-الاختبارات الفيزيائية:**

أ. تقدير المحتوى المائي: تم تقدير المحتوى المائي للعينات المدروسة وفقا لطريقة AACC 44-15A باستخدام فرن التجفيف من نوع Chopin EM10، على درجة حرارة 130°م.

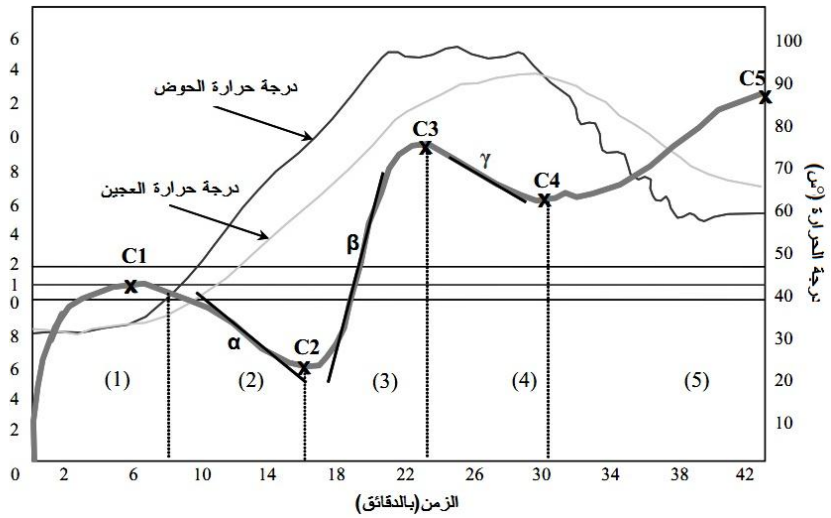
**-الاختبارات الكيميائية:**

أ. تقدير البروتين: جرى تقدير المحتوى البروتين باستخدام جهاز كلداهل من نوع Gerhertvapodest 45s وفقاً لطريقة AACC 46-16، وذلك باعتماد معامل التحويل (N×5.7).

ب. تقدير نسبة الرماد: تم تقدير الرماد وفقاً لطريقة AACC.08-1 باستخدام فرن الترميد من نوع Nabertherm.

**-الاختبارات الريولوجية:**

تم استخدام جهاز جهاز Mixolab من Chopin حيث اعتمدت طريقة ICC.No.173 في الاختبارات، وذلك لدراسة الخواص الريولوجية للعينات الناتج، وذلك باستخدام 50غ تقريباً من عينة الدقيق في الاختبار وذلك وفقاً لبروتوكول (Chopin Mixolab User's Manual, 2005; Collar & Bollain, 2007; Kahraman, Chopin+ Sakyyan, Ozturk, Koksel, & Sumnu, 2008)، حيث يمكننا الحصول على مخطط بياني بما يتوافق مع نسب البروتين ولنشاء في العينة كما في الشكل (4).



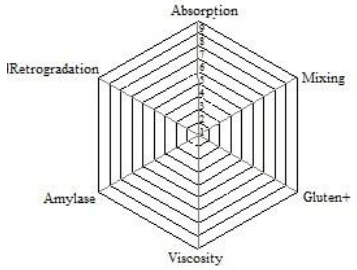

**الشكل 4 المنحنى القياسي المسجل بواسطة جهاز.Mixolab**

حيث نحصل على عدة مقاييس مثل ثباتية العجين وزمن تكون العجين ونسبة الماء الممتص ورقم السقوط، كذلك يمكن الحصول على بعض القراءات كما في الجدول (1) (Mixolab applications handbook, 2006):

**جدول 1 بعض المقاييس المستحصل عليها من خلال جهاز الـــMixolab**

| المقياس | الدلالة |
|---|---|
| C1 torque | العزم الاعظمي خلال المزج |
| C2 torque | يوضح ضعف البروتين بالاعتماد على العمل الميكانيكي مع ارتفاع درجة الحرارة |
| C3 torque | معدل جلتنة النشاء |
| C4 torque | ثبات هلام النشاء |
| C5 torque | تراجع النشاء أثناء عملية التبريد |
| C1-C2 | يبين قوة الشبكة البروتينية مع ارتفاع درجة الحرارة |
| C3-C4 | يوضح ارتباط النشاط الاميلازي مع رقم السقوط |
| C5-C4 | يدل على فترة صلاحية المنتج |

كذلك من خلال هذه التقنية يمكننا الحصول على بشكل شبكة سداسية يتم من خلالها التنبؤ بالاستخدام النهائي الأمثل للدقيق المختبر حسب مواصفات الدقيق (Collar & Bollain, 2007)، ومن ثم تتم مقارنتها مع أشكال قياسية المخزنة مسبقاً في الجهاز لبعض المنتجات الأساسية لتحديد الاستخدام المثالي لهذا الدقيق الشكل(5).




**الشكل 5 الشبكة السداسية الناتجة عن جهاز الـMixolab**

تتكون الشبكة السداسية من ست خواص كل منها مقسم إلى تسع درجات، وهي (امتصاص الماء، معامل المزج، معامل الغلوتين، معامل اللزوجة، معامل النشاط الأميلازي، تراجع النشاء ).

**–التحليل الإحصائي:**

تم تحليل النتائج إحصائياً على الحاسب في جميع المراحل باستخدام SPSS، وتمت مقارنة النتائج عند مستوى معنوية 0.01.

## النتائج والمناقشة:

4. 1. الاختبارات الكيميائية: يوضح الجدول رقم (2.) ثبات نسبة الرطوبة لجميع نسب الاستبدال المختبرة عند 15%.

كذلك يبين الجدول (2.) وجود فروق معنوية بين العينات المختبرة بالنسبة لمتوسط نسبة البروتين والتي تراوحت بين (7.16 و12) مع زيادة نسبة الاستبدال من دقيق الحمص.

**جدول 2 الاختبارات الفيزيائية والكيميائية لعينات القمح ونسب الاستبدال المختلفة**

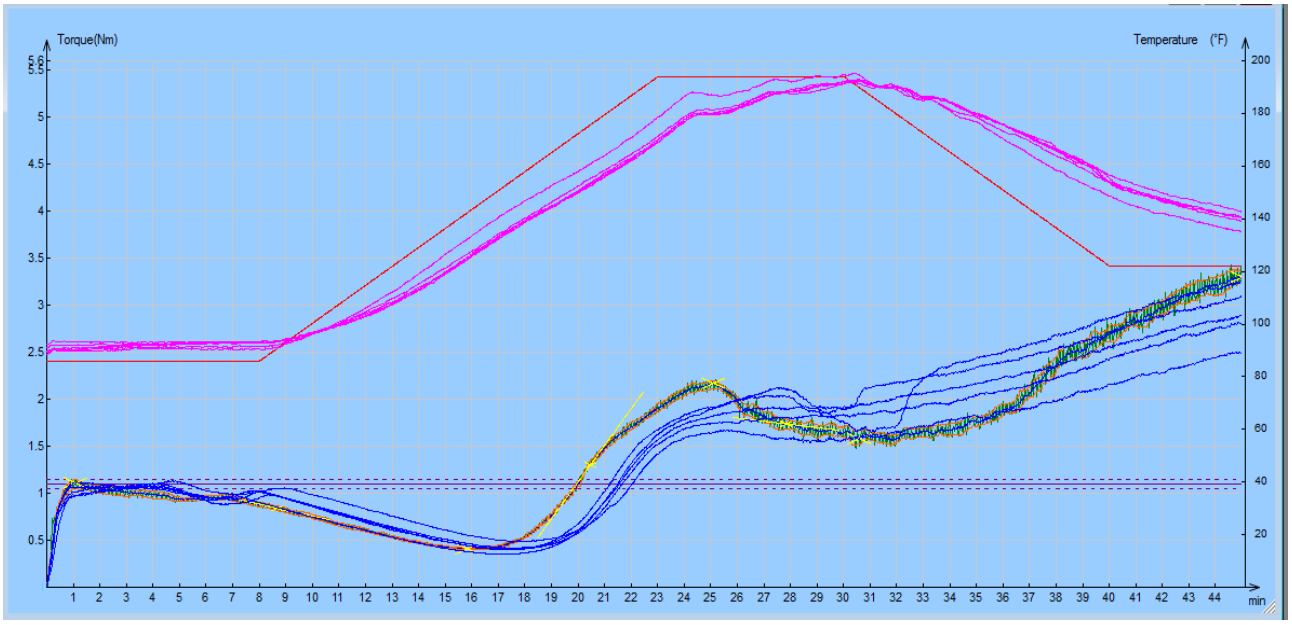
| العينة% | الاختبارات | | |
|---|---|---|---|
| | الفيزيائية | الكيميائية | |
| | الرطوبة % | نسبة البروتين (%) | نسبة الرماد (%) |
| الشاهد | 15 | $7.16^{a}$ | $0.02^{a}$ |
| 7 | 15 | $8.32^{b}$ | $0.02^{a}$ |
| 12 | 15 | $9.64^{c}$ | $0.02^{a}$ |
| 17 | 15 | $9.93^{d}$ | $0.02^{a}$ |
| 22 | 15 | $10.27^{e}$ | $0.02^{a}$ |
| 27 | 15 | $11.16^{f}$ | $0.02^{a}$ |
| 32 | 15 | $12.00^{g}$ | $0.02^{a}$ |

الأحرف المتشابهة بالمقارنات المختلفة ضمن نفس العمود لا تدل على فروق معنوية

ويعود الاختلاف الى ارتفاع نسبة دقيق الحمص الغني بالبروتين في الخليط حيث بلغت نسبة البروتين فيه 33.76%، أما متوسط نسبة الرماد فلم يلاحظ أي فروق معنوية بين نسب الاستبدال من دقيق الحمص.

**الاختبارات الريولوجية:**

من خلال استخدام تقنية المكسولاب لدراسة الخصائص الريولوجية لعينات الخلائط المدروسة حصلنا على منحنيات لكل منها كما في الشكل (6).




**الشكل 6 المنحنى القياسي المسجل بواسطة جهاز Mixolab لخلائط دقيق القمح ودقيق الحمص**

يوضح الجدول (3) ارتفع متوسط زمن تكّون العجين وبشكل معنوي مع ارتفاع نسب الاستبدال من دقيق الحمص، ماعدا نسب الاستبدال 7% و12% إذ لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين المتوسطات، حيث يتأثر زمن تكّون العجين بكميته البروتين وخصائصه بشكل كبير، فيرتفع بارتفاع المحتوى البروتيني وذلك بسبب زيادة قدرة الجزيئات البروتينية

على ربط الماء الحر بنسبة أكبر (Mixolab applications handbook, 2006; Chopin Mixolab User's Manual, 2005; Rasper & Walker, 2000). (الحماده، 2019)

أما بالنسبة لمتوسط زمن ثباتيه العجين بعد المزج فقد تراوحت بين 4 دقائق بالنسبة لعينة الشاهد و 9 دقيقة تقريباً بالنسبة لنسب الإضافة من دقيق الحمص (32%) وبفارق معنوي ماعدا الخلائط (12% و17% و22%) كما في الجدول رقم(2.)، ويشير طول مدة ثبات العجين إلى قوة الشبكة الغلوتينية وجودة البروتين ومقاومتها لعملية العجن (الصالح، 1996؛ الحماده، 2020) (Dapčević, hadnađev, & pojić, 2009; Rasper & Walker, 2000).

كما يبين الجدول (3) أن متوسط النسبة المئوية لامتصاص الماء انخفض تدريجياً مع زيادة نسب الإضافة من دقيق الحمص حتى17% ليعود ويرتفع وبشكل معنوي مقارنة مع الشاهد، حيث بلغ (55%) عند نسبة استبدال 30%، وقد يعود ذلك إلى تأثر نسبة النشاء أو تغير في مواصفاته (الحماده، 2019) (Morris & Bryce, 2000).

بالنسبة لمتوسط رقم السقوط فقد تذبذب بالارتفاع والانخفاض مع اختلاف نسب الإضافة من دقيق الحمص وتراوح بين مايقارب (295 و 342) ثانية وذلك للعينات ذات نسب الإضافة 22% و 7% على التوالي مع وجود بعض العينات ذات فروق معنوية فيما بينها.

**جدول 3 متوسطات بعض الاختبارات المستحصل عليها بواسطة جهاز المكسولاب لخلائط من دقيق القمح ودقيق الحمص**

| الخلطة | زمن تكون العجين (د) | الثباتية (د) | امتصاص الماء% | رقم السقوط(ثا) |
|---|---|---|---|---|
| الشاهد | $1.13^{a}$ | $4.07^{a}$ | $50.1^{a}$ | $329.97^{a}$ |
| 7 | $1.21^{ba}$ | $4.7^{ba}$ | $47.7^{b}$ | $342.35^{ba}$ |
| 12 | $1.21^{cab}$ | $5.52^{cb}$ | $46.8^{c}$ | $317.21^{ca}$ |
| 17 | $4.15^{d}$ | $5.67^{dbc}$ | $48.0^{d}$ | $303.76^{dc}$ |
| 22 | $1.68^{e}$ | $6.4^{ecd}$ | $51.7^{e}$ | $295.12^{ed}$ |
| 27 | $5.6^{f}$ | $8.3^{f}$ | $54.8^{f}$ | $248.02^{f}$ |
| 32 | $6.14^{g}$ | $8.88^{gf}$ | $55^{g}$ | $293.59^{gde}$ |
| $LSD_{0.01}$ | 3.76 | 0.691 | 0.042 | 0.006 |

أما متوسط العزوم المقاسة بواسطة جهاز المكسولاب والموضحة في الجدول (4) يلاحظ ارتفاع قيمة متوسط العزم C2 مع ارتفاع النسب المضافة من الحمص وبشكل معنوي في العينات (12% و17% و22% و27% و32%) وبلغ اعلى قيمة (N.m 0.65) مع أعلى نسبة إضافة 32%، ومع ارتفاع درجة الحرارة والتي تحاكي عملية الخبز أدى إلى انخفاض في قيمة العزم بشكل عام مع تذبذب القيم بالتزامن مع ارتفاع نسب الإضافة، كذلك كانت قوة الشبطة البروتينة أعلى مايمكن عند نسبة إضافة (17%) ووصل العزم إلى (N.m 0.7).

**جدول 4 متوسطات بعض الاختبارات المستحصل عليها بواسطة جهاز المكسولاب لخلائط من دقيق القمح ودقيق الحمص**

| C5−C4 | C3−C4 | C1−C2 | C5 | C4 | C3 | C2 | الخلطة |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $1.72^{a}$ | $0.59^{a}$ | $0,69^{a}$ | $3.3^{a}$ | $1.58^{a}$ | $2.17^{a}$ | $0.41^{a}$ | الشاهد |
| $1.65^{ba}$ | $0.57^{ba}$ | $0.67^{ba}$ | $3.33^{ba}$ | $1.68^{ba}$ | $2.25^{ba}$ | $0.43^{ba}$ | 7 |
| $1.95^{c}$ | $0.65^{c}$ | $0.65^{cba}$ | $3.46^{c}$ | $1.51^{ca}$ | $2.16^{c}$ | $0.45^{cba}$ | 12 |
| $1.55^{db}$ | $0.42^{d}$ | $0.70^{dcba}$ | $2.74^{d}$ | $1.19^{d}$ | $1.61^{d}$ | $0.40^{d}$ | 17 |
| $1.73^{eba}$ | $0.66^{ec}$ | $0.57^{edcba}$ | $3.04^{e}$ | $1.31^{ed}$ | $1.97^{e}$ | $0.53^{e}$ | 22 |
| $1.75^{feba}$ | $0.82^{f}$ | $0.49^{fec}$ | $2.75^{fd}$ | $1^{f}$ | $1.82^{fe}$ | $0.61^{f}$ | 27 |
| $1.52^{gd}$ | $0.57g^{ba}$ | $0.45^{gfe}$ | $2.74^{gfd}$ | $1.22^{ged}$ | $1.79g^{f}$ | $0.65^{g}$ | 32 |
| 0.33 | 0.03 | 0.21 | 12.74 | 5.03 | 4.90 | 4.31 | $LSD_{0.01}$ |

وعند وصول درجة الحرارة إلى 80 درجة مئوية يلاحظ انخفاض في قيمة العزم C4 والتي وصلت إلى (N.m1) لعينة التي تمت استبدال 17% من الدقيق بدقيق الحمص، مع ملاحظة وجود فروق معنوية بين العينات كما في الجدول (4)، وكانت قيمة متوسط العزم (C3-C4) مرتبطة عكسياً مع قيمة رقم السقوط والذي يشير إلى علاقة نشاط انزيم الاميلاز مع قيمة رقم السقوط.

أما بالنسبة للعزم C5 والذي يوضح تراجع الهلام المتشكل مع انخفاض درجة الحرارة والتي وصلت إلى اعلى عزم عند نسبة الإضافة (12)% من دقيق الحمص وبلغت (N.m 3.4) والتي تؤثر بشكل إيجابي على فترة تخزين الخبز قبل تعرضه لظاهرة البيات كما في متوسط العزم الناتج (C5-C4).

ومن خلال دراسة علاقات الارتباط بين المقاييس يوضح لها وجود علاقة ارتباط قوية بين نسب البروتين وبعض المقاييس لتقنية المكسولاب كما في الجدول (5).

كما وجد ارتباط معنوي عكسي مع نسبة البروتين ورقم السقوط، والذي انعكس على الارتباط العكسي والمعنوي بين رقم السقوط ونسبة الماء الممتص.

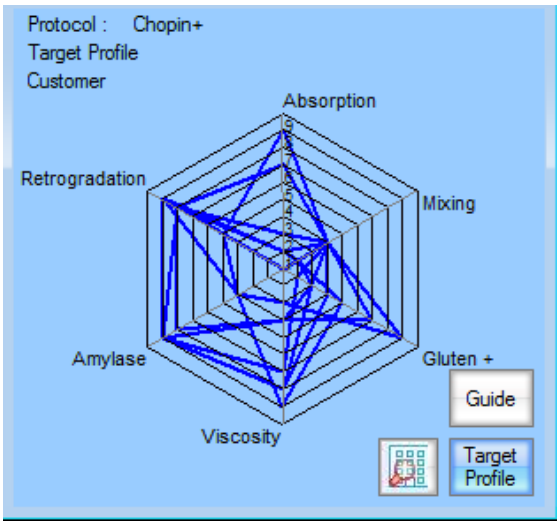
كذلك ارتبط زمن ثباتية العجين مع عزوم المرحلة C4 و C5 وبشكل معنوي، فيما لوحظ عدم وجود ارتباط بين عزم المرحلة الثانية وعزوم باقي المراحل.

**جدول 5 العلاقة الارتباطية بين مقاييس المكسولاب**

| المقياس | البروتين | زمن تكون العجين | C2 torque | C3 torque | C4 torque | C5 torque | الثباتية | امتصاص الماء | رقم السقوط |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| البروتين | 1 | | | | | | | | |
| زمن تكون العجين | 0.888** | 1 | | | | | | | |
| C2 torque | 0.661** | 0.618** | 1 | | | | | | |
| C3 torque | -0.65** | -0.772** | Ns | 1 | | | | | |
| C4 torque | -0.76** | -0.85** | Ns | 0.878** | 1 | | | | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 0.871** | 0.901** | Ns | -0.91** | -0.73** | C5 torque |
| | | 1 | -0.695** | -0.741** | -0.557** | 0.812** | 0.82** | 0.89** | الثباتية |
| | 1 | 0.779** | -0.679** | -0.654** | Ns | 0.7** | 0.817** | 0.65** | امتصاص الماء |
| 1 | -0.723** | -0.764** | 0.727** | 0.943** | 0.669** | -0.457** | -0.78** | -0.73** | رقم السقوط |

ومن خلال مقارنة مخطط الشبكة السداسية التي تكون نتيجة اختبار العينات بواسطة جهاز المكسولاب فيتبين أنه وفقاً لمواصفات الدقيق المختبر فإن الشاهد كان أفضل استخدام له لصناعة البسكويت، وعند نسبة الإضافة من دقيق الحمص (7% و 12%) يفضل توجيه صناعته للبسكويت، أما نسبة دقيق الحمص والتي بلغت ( 17% ) ومع ارتفاع نسبة الروتين يفضل توجيه صناعته نحو الخبز البلدي، كذلك النسب 22% و 32% كان مناسباً لصناعة الفطائر، وأخيراً نسبة الاستبدال 27% تناسب تماماً لصناعة البرك والسمبوسك بالإضافة إلى إمكانية استخدامه لصناعة المعكرونة كما يبين الشكل (7).




**الشكل 7 الاستخدام الأمثل لخلائط من دقيق القمح ودقيق الحمص وفق جهاز Mixolab**

## الاستنتاجات والتوصيات:

1. ارتفع متوسط نسبة الماء الممتص مع ارتفاع نسبة الاستبدال من دقيق الحمص.
2. تميزت نسبة الخلط بين دقيق القمح ودقيق الحمص 32% بارتفاع زمن تكون وثباتية العجين والتي أثرت بشكل إيجابي على عملية العجن.
3. ارتفاع نسبة البروتين مع ارتفاع نسبة الاستبدال من دقيق الحمص والتي تؤدي الى تحسن في الخواص الريولوجية وزيادة القيمة الغذائية للمخبورات المصنعة منها.
4. تميزت نسبة الاستبدال 17% بارتفاع قيمة رقم السقوط.

5. تستخدم الخلطات (7% و12% و15%) من دقيق الحمص لصناعة البسكويت، أما نسبة الاستبدال 27% تستخدم لصناعة البرك.

**التوصيات**

6. يمكن إضافة دقيق الحمص الى دقيق القمح بنسبة استبدال 27% للحصول على أفضل مواصفات للخبز المستهلك.
7. يمكن استخدام نسبة الاستبدال من دقيق الحمص لتحسين جودة المخبوزات المصنعة.
8. يمكن اجراء أبحاث مع رفع نسبة الاستبدال من دقيق الحمص لأكثر من 32% بسبب تحسن في المواصفات والصفات الريولوجية والكيميائية.

## References:

Banu, I., STOENECU, G., IONESCUS, V., & APRODU, I. Estimation of The Baking Quality Of Wheat Flours Based On Rheological Parameters Of The Mixolab Curve, 2011, Pp. 35-44.

CHOPIN MIXOLAB USER'S MANUAL. Tripette & Renaud Chopin, France, 2005.

CODINĂ, G., A., I., & GONTARIU, I. Rheological Properties of Wheat–Flaxseed Composite Flours Assessed By Mixolab And Their Relation To Quality Features. Mdpi, 2019.

COLLAR, C., & BOLLAIN, C. A. Rheological Behavior of Formulated Bread Doughs During Mixing and Heating. Food Science and Technology International, (13), 2007, Pp. 99-107.

DAPČEVIĆ, T., HADNAĐEV, M., & POJIĆ, M. Evaluation of The Possibility to Replace Conventional Rheological Wheatflour Quality Control Instruments with The New Measurement Too Mixolab.L. University Of Novi Sad, Institute For Food Technology, 3, 2009, Pp. 169-174.

DEWETTINCK, K., VAN BOCKSTAELE, F., KUHNE, B. V., & COURTENS, T. M. Nutritional Value of Bread: Influence of Processing, Food Interaction and Consumer Perception. Journal of Cereal Science, 2008, Pp. 243-257.

Fao. (2016). Bulletin of Statistics. . Vol. 1. Rome.

Fao. (2019). Bulletin of Statistics.

JOOD, S. Studies On Nutritional Quality of Wheat, Maize And Sorghum As Affected By Infestation Of Trogodermagranarium And Rhizoperthadominica. Haryana Agricultural University, 1990.

KAHRAMAN, K., SAKYYAN, O., OZTURK, S., KOKSEL, H., & SUMNU, G. A. Utilization of Mixolab to Predict The Suitability Of Flours In Terms Of Cake Quality. European Food Research Technology, 2008, Pp. (227), 565–570.

KOKSEL, H., KAHRAMAN, K., SANAL, T., OZAY, D., & DUBAT, A. Potential Utilization of Mixolab for Quality Evaluation Of Bread Wheat Genotypes. Journal Cereal Chemistry, 2009, 5, Pp. 522-526.

LAZARIDOU, A., DUTA, D., PAPAGEORGIOU, M., & BELC, N. Effects of Hydrocolloids On Dough Rheology and Bread Quality Parameters In Gluten-Free Formulations. Journal of Food Engeneering, 2007, Pp. 1033-1047.

LUCHIAN, M., & CSATLOS, C. Researh On Change in Protein Composition During Dough Processing. Bulletin Of The Transilvania University of Braşov, 2011, Pp. 109-114.

MAPHOSA, Y., & JIDEAN, V. The Role Of Legumes In Human Nutrition, . Improve Health Through Adequate Food, 2017.

MIXOLAB APPLICATIONS HANDBOOK. Rheological And Enzymatic Analysis. Chopin Applications Laboratory, 2006, France.
MORRIS, P., & BRYCE, J. Cereal Biotechnology. Crc; 1ed, 2000, P. 264.
RASPER, V. F., & WALKER, C. E. Quality Evaluation of Cereals and Cereal Product. In:Handbook Of Cereal Science And Technology, 2000.
STADING, M., OOM, A., & PETTERSSON, A. A. Extensional Rheology Of Cereal Protein Systems. Annual Transactions Of The Nordic Rheology Society, 2006.
SWAMINATHAN, M. Effect Of Insect Infestation On Weight Loss,Hygienic Condition, Acceptability And Nutritive Value Of Food Grains. Indian Journal Nutrdietet, 1977.
VERAVERBEKE, W. S., & DELCOUR., J. A. Wheat Protein Composition and Properties of Wheat Glutenin in Relation To Breadmaking Functionality. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2002, Pp. 179-208.
المصري، سليمان؛ الخياط، غسان، كيمياء الحبوب وتصنيعها. منشورات جامعة دمشق، 1991.
الصالح، عبود.، تكنولوجيا الحبوب (النظري). منشورات جامعة حلب، 1996.
الجديلي، عفاف، علوم الأطعمة التجريبية.، 2005، صفحة 264 ص.
ألفين، فرحان، تكنولوجيا طحن الحبوب (النظري). منشورات جامعة البعث، 2004.
الحماده، وصال، دراسة أثر استبدال دقيق القمح بدقيق العدس بنسب مختلفة في بعض الخواص الفيزوكيميائية والريويولوجية للخلائط الناتجة. المجلة العربية للبيئات الجافة، 2019.
الحماده، وصال، دراسة بعض الخواص الريولوجية وتحديد الاستخدام الأمثل لخلائط من دقيق القمح وبعض أنواع البقوليات. المجلة العربية للعلوم ونشر الأبحاث،2020، المجلد(4)، العدد(1).
الحماده، وصال، دراسة بعض الخصائص الفيزوكيمائية والريولوجية والتنبؤ بالاستخدام النهائي الامثل لخلائط من دقيق القمح ودقيق حبوب الفاصولياء البيضاء. المجلة الاكاديمية للأبحاث والنشر العلمي، 2022 الصفحات 301–318.