International Journal for Scientific Research (IJSR)

المجلة الدولية للبحوث العلمية

Vol. (4), No. (2) February 2025 الإصدار (4)، العدد (2)

دراسة كيميائية ووظيفية على بذور بعض البقوليات المتوفرة في السوق المحلي لمدينة براك

إبراهيم عبدالرحمن عكاشة
محاضر، قسم الغذاء والتغذية، كلية علوم الأغذية، جامعة وادي الشاطي، ليبيا
i.akasha@wau.edu.ly

فاطمة السنوسي محمد
باحثة، قسم الغذاء والتغذية، كلية علوم الأغذية، جامعة وادي الشاطي، ليبيا
f.alsunousi@wau.edu.ly

محمدعبدالله أحمد الشريف
أستاذ مشارك، قسم الغذاء والتغذية، كلية علوم الأغذية، جامعة وادي الشاطي، ليبيا
m.alshareef@wau.edu.ly

الملخص

أجريت هذه الدراسة بهدف مقارنة بعض الخواص الكيميائية والوظيفية لبذور بعض البقوليات (البازلاء، والفاصولياء، واللوبيا) ومعزولها البروتيني. بينت النتائج أن المحتوى الرطوبي لدقيق العينات قيد الدراسة تراوح من 8.27 -10.13%، كما أشارت النتائج بأن دقيق اللوبيا هو الأعلى من حيث محتواه من كل من البروتين والدهن الخام والألياف الخام، في حين سجل دقيق الفاصولياء أعلى نسبة للكربوهيدرات الكلية والتي وصلت إلى 64.18%. وفيما يتعلق بنتائج التركيب الكيميائي للمعزول البروتيني فقد تبين أن معزول دقيق الفاصولياء يحتوي على أعلى نسبة للرطوبة والرماد، في حين سجل المعزول البروتيني لدقيق البازلاء أعلى نسبة للبروتين والتي وصلت إلى 91.54%، كما أوضحت النتائج أن أعلى نسبة كربوهيدرات سجلت للمعزول البروتيني لدقيق البازلاء والتي كانت 7.83%. كما تبين من نتائج اختبارات الخصائص الوظيفية تميز دقيق الفاصولياء بأعلى قابلية لربط الماء والزيت، بينما تميز دقيق اللوبيا بأعلى قدرة ربط للمستحلب، وبالمقابل فقد تميز المعزول البروتيني لدقيق البازلاء بامتلاكه أعلى قابلية لربط الماء، في حين سجل دقيق اللوبيا أعلى قابلية لربط الزيت، أما المعزول البروتيني لدقيق البازلاء فقد سجل أعلى قابلية لربط المستحلب، وظهر من النتائج أيضاً أن أفضل ثباتية للرغوة كانت عند الأس الهيدروجيني (7)، ومن جهة أخرى فقد لوحظ من خلال الدراسة تأثير الأس الهيدروجيني (pH) على بعض خصائص البروتين، حيث زادت قابلية الرغوة بزيادة الرقم الهيدروجيني من 4-7 وكانت أيضاً أفضل قابلية للرغوة سجلت عند الأس الهيدروجيني (7). النتائج أيضاً أظهرت أن أفضل ثباتة للرغوة كانت عند الأس

International Journal for Scientific Research (IJSR)

المجلة الدولية للبحوث العلمية

IJSR

Vol. (4), No. (2) February 2025 الإصدار (4)، العدد (2)

الهيدروجيني (7). بالنسبة للعينات قيد الدراسة تحصل المعزول البروتيني للبازلاء على أفضل قابلية وثباتية للرغوة مقارنة بالمعزول البروتيني لكل من الفاصولياء واللوبيا. كما بينت النتائج أن أقل تركيز لازم لتكوين هلام هو 12% للبازلاء، 14% لكل من اللوبيا والفاصولياء.

الكلمات المفتاحية: التركيب الكيميائي، الخصائص الوظيفية، الفاصولياء، البازلاء، اللوبيا.

Chemical and functional properties of Some legumes available in the local market of Brack city

Ibrahim Abdurrhman Akasha
Lecturer, Department of Food and Nutrition, Faculty of Food Science, Wadi Al-Shatti University, Libya
i.akasha@wau.edu.ly

Fatema Al-Sunousi Mohamed
Researcher, Department of Food and Nutrition, Faculty of Food Science, Wadi Al-Shatti University, Libya
f.alsunousi@wau.edu.ly

Mohamed Abdullah Ahmed Al-Shareef
Associate professor, Department of Food and Nutrition, Faculty of Food Science, Wadi Al-Shatti University, Libya
m.alshareef@wau.edu.ly

Abstract

This study compared the chemical and functional properties of some legume seeds and their protein isolates. The results showed that Pea flour, Bean flour, and Cowpea flour contained 8.27-10.13% of moisture, Bean flour contained the highest ash percentage of 4.22% compared to Pea and Cowpea flour, while the Cowpea flour had the highest protein, crude fat and fibre levels of 32.20, 1.83 and 7.62%, respectively. The highest carbohydrate content was recorded for the bean flour (64.18%). The Bean protein isolate contained the highest levels of moisture, ash, crude fat and fibre of 6.01, 2.06, 0.63 and 0.47%, respectively. Protein and carbohydrate were recorded for the Pea protein isolate of 91.54 and 7.85%, respectively. The results of the functional properties showed that the

Bean flour had the highest water and oil binding capacity of 1.730 g flour/10 ml water and 1.223 g flour/10 ml oil, and the Pea flour had the highest emulsion binding capacity of 1.837 g flour/10 ml emulsion. For the protein isolate, the Pea protein isolate showed the highest water-binding capacity (3.11 g flour/ml water) and emulsion-binding capacity (4.063 g protein/10 ml emulsion), while the bean protein isolate had the highest fat-binding capacity (0.831 g protein/10 ml oil). The effect of the pH on some protein characteristics was observed. The foam ability increased by increasing the pH from 4 to 7, and the optimum foam ability was achieved at pH (7). The results also showed that the best foam stability was at pH (7). The Pea protein isolate achieved the highest foam ability and stability compared with the Bean and Cowpea protein isolates. The results also showed that the minimum concentration required to form a gel was 12% for the Pea protein isolate and 14% for the Bean and Cowpea protein isolates.

Keywords: Chemical Composition, Functional Properties, Beans, Peas, Cowpeas.

1. المقدمة Introduction

تعتبر البروتينات نباتية المصدر ذات أهمية كبيرة في مجال تصنيع وتطوير المنتجات الغذائية، وذلك لما تتميز به من خواص وظيفية متعددة تؤثر في قبول واستساغة المستهلك للمنتج الغذائي النهائي (Sze-Tao and Sathe, 2000) وعلى مدى السنوات الثلاثين الماضية ازداد استخدام البروتينات المعزولة من البذور النباتية بشكل كبير بسبب معرفة الكثير من خصائصها الوظيفية والتصنيعية وقيمتها الغذائية (Rangel et al., 2004)، إذ أن العوامل التي تؤثر على السلوك الوظيفي للبروتين في الأغذية هي الحجم الجزيئي، الشكل، تركيب الأحماض الأمينية القطبية وغير القطبية والتركيب الجزيئي (الصلابة) وعلاقتها بالظروف الخارجية المحيطة (الأس الهيدروجيني، درجة الحرارة وتركيز الملح) أو التداخل مع مكونات المادة الغذائية الأخرى (Aluko and Yada, 1997). وتنقسم البروتينات من حيث المصدر إلى بروتينات حيوانية وبروتين يسمى بروتين أحادي الخلية وهو من أصل ميكروبي، بالإضافة إلى البروتينات النباتية. ووفقاً للأحماض الأمينية، هناك نوعان من البروتينات، الكاملة وغير الكاملة، البروتينات الكاملة هي تلك التي تحتوي على جميع الأحماض الأمينية الأساسية، وهي من أصل حيواني، أما البروتينات غير الكاملة فهي من أصل نباتي وهي التي تفتقر إلى واحد أو أكثر من الأحماض الأمينية

الأساسية. يمكن الحصول على البروتين الكامل الضروري دون استخدام المصادر الحيوانية، ويتم ذلك عادة من خلال خلط دقيق البروتينات النباتية، وبالتالي يمكن اعتبار البروتين النباتي مصدرًا واعدًا لأنه متوفر بكثرة وتكلفته أقل من البروتين الحيواني (Ahmed, 2013). معظم البروتينات البقولية غنية نسبيًا بالليسين، لذلك تعتبر ذات جودة عالية مقارنة ببروتينات الحبوب الأخرى، وعلى الرغم من أن هذه النباتات فقيرة في محتواها من المثيونين مقارنة بالبروتينات الحيوانية، إلا أنه يمكن إضافة هذه الأحماض إليها (Okezie and Bello, 1988). البقوليات بصفة عامة غنية بالبروتينات والكربوهيدرات والألياف الغذائية (Keskin et al., 2022).

1.1 تطوير البقوليات كمصدر للبروتين:

يزداد الاهتمام بالحبوب البقولية كمصادر للبروتين بشكل متزايد بسبب ازدياد التعداد السكاني، والحميات الغذائية، ومستويات الدخل المتفاوتة والمعتقدات الدينية (Creighton, 1983). وتعتبر البقوليات مصدرًا للبروتين والطاقة في العديد من البلدان النامية (Hettiarachchi and Gunathlake, 2023)، وتتميز بطول فترات حفظها وتخزينها، حتى في الظروف البيئية السيئة، وتتطلب معدات بسيطة لتخزينها حتى يتم نقلها بسهولة.

تم إجراء العديد من الدراسات على فول الصويا على مدى السنوات الماضية، ويعتبر مهم من الناحية التغذوية والاقتصادية على حد سواء بسبب محتواه العالي من البروتين والزيت، فقد تم استخدام فول الصويا على نطاق واسع في المنتجات المصنعة، إما كمعزول بروتيني أو مركزات بروتينية أو كزيت مضاف إلى مجموعة متنوعة من الأطعمة، أما الحبوب الأخرى، مثل الفاصولياء والترمس والبازلاء، فلم يتم فعل الكثير لتحسين إنتاجها وجودتها وإنتاجيتها، وخاصة لزيادة العمليات الصناعية للتطبيقات الغذائية مقارنة بفول الصويا (Ahmed, 2013).

أفادت منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 2005) أن هناك 5 بقوليات ثانوية و10 حبوب أولية تزرع في أكثر من 105 دولة على مستوى العالم، فالبقوليات هي أهم المحاصيل بعد الحبوب من الناحية الإنتاجية، فالبقوليات مثل الفاصولياء الجافة وصل إنتاجها (19.7 مليون طن)، والحمص (97 مليون طن)، والعدس (36 مليون طن)، وهي الأكثر أهمية، وبشكل عام فقد بلغ إنتاج البقول في عام 2009 (61.5 مليون طن) بإنتاجية (871 كيلو جرام للهتكار) من مساحة تقدر بـ (70.6 مليون هكتار) في جميع أنحاء العالم، وساهمت الفاصوليا الجافة في معظم الإنتاج العالمي من البقول بحوالي 32% من إجمالي الإنتاج، يليها البازلاء الجافة والحمص وغيرها، وقد احتلت اللوبيا المرتبة السادسة في الإنتاج

(Nadarajan, 2011)، وتساهم البلدان النامية بنحو 74% في إنتاج البقول مقابل 26% يأتي من الدول المتقدمة (Aski et al., 2013).

2.1 أهمية البقوليات في التغذية:

تشير الدراسات إلى أهمية الترمس والبازلاء والفول كمصدر غذائي يومي لكثير من سكان أفريقيا والشرق الأوسط وأمريكيا اللاتينية، وكذلك غرب كندا، حيث اعتبرت هذه الأنواع بديلًا لمحصول فول الصويا لكثير من هذه البلدان لعدم إمكانية زراعته فيها، وتحتوي البقوليات البذرية على نسبة عالية من البروتين تصل في محصول فول الصويا إلى 50%، لذا يمكن اعتبار المحصول مصدرًا للسعرات الحرارية والفيتامينات والمعادن (Duranti, 2006). إن بروتين المحاصيل البقولية غني بالأحماض الأمينية مثل اللايسين والثريونين، ولكن تنقصها الأحماض الأمينية الكبريتية مثل (المثيونين)، لذلك يمكن تحسين القيمة الغذائية لها عن طريق خلطها مع الحبوب التي تعاني من نقص اللايسين تحقيقًا لتكامل القيمة الغذائية بينها فيما يتعلق بالأحماض الأمينية الأساسية (Khattab, 2009). وتعد البازلاء والفاصوليا العادية واللوبيا والفول من محاصيل الخضر الرئيسية، أما البقية فهي من الخضر البقولية الثانوية في معظم الدول العربية.

3.1 الخواص الوظيفية للبروتينات:

الخواص الوظيفية لها أهمية كبيرة جدًا للبروتينات النباتية، وهي التي تحدد استخداماتها في الغذاء، فالخواص الوظيفية للبروتينات هي الخواص الفيزيائية والكيميائية التي تحد سلوك البروتين في الأغذية (Hermansson, 1979). هناك العديد من التعريفات للخواص الوظيفية للبروتينات، ولكنها متشابهة في المعنى، فالخواص الوظيفية لبروتينات الغذاء هي أي خاصية للغذاء تؤثر على استخدامه، وهي تعرّف كذلك بأنها تلك الخواص الكيميائية والفيزيائية التي تؤثر على سلوك البروتينات الغذائية في النظم الغذائية أثناء التحضير والتخزين والاستهلاك (Pour-El, 1981). الخواص الوظيفية لبروتينات الغذاء مثل الذوبان والملمس واللزوجة والارتباط بالماء والدهون وخواص تكوين وثباتية الرغوة والمستحلب والهلام ذات أهمية كبيرة في مجال تصنيع الأغذية (Kinsella & Melachouris, 1976).

4.1 تعديل الخصائص الوظيفية للبروتين:

الخصائص الوظيفية الرديئة للبروتينات يمكن التغلب عليها عن طريق معالجتها فيزيائيًا أو ميكانيكيًا أو عن طريق التعديل الميكروبي أو الأنزيمي أو الكيميائي (Kinsella & Melachouris, 1976). ويشير تعديل البروتين إلى التغيير في بنيته التركيبية، بواسطة عوامل فيزيائية أو إنزيمية أو كيميائية لتحسين الخصائص الوظيفية، وبالتالي، فإن التعديل في الهياكل الأولية والثانوية والثلاثية قد يشمل إيقاف

وإعادة تشكيل الروابط التساهمية والروابط الأخرى، باستخدام المعالجة الفيزيائية (الحرارة والضغط) أو الكيميائية أو الإنزيمية (Matheis & Whitaker, 1984).

5.1 الجلوزة Glycation:

الارتباط غير الإنزيمي بالجلوكوز للبروتينات والذي يسمى (glycation) بين الكربوهيدرات البسيطة والمجموعات الأمينية الحرة (في الأحماض الأمينية على سبيل المثال أو مجموعة amino من اللايسين في البروتينات، وكذلك المجموعات الأمينية من الأحماض الأمينية الطرفية)، ينتج عنه تكوين قاعدة شيف (Schiff base)، وهذا التكوين غير مستقر ويخضع لإعادة ترتيب لتشكيل مركبات أمادوري الثابتة (Amadori products)، حيث تتحلل مركبات أمادوري إلى مركبات وسطية، ثنائي كاربونيل (Dicarbonyl)، ويمكن أن تشكل مركبات الأمادوري روبط متداخلة، ومركبات نهائية مستقرة، تسمى بالجلوزة glycation (AGEs) (Martins et al., 2000).

كان الهدف من إجراء هذه الدراسة هو مقارنة بعض الخواص الكيميائية والوظيفية لبذور بعض البقوليات ومعزولها البروتيني.

2. المواد وطرق العمل

1.2 المواد:

تم الحصول على عينات البقوليات المستهدفة بالدراسة من أسواق مدينة براك، وتم فرز البذور وطحنها ووضعها في أكياس بلاستيكية وخزنت العينة على درجة حرارة الغرفة إلى حين إجراء الاختبارات عليها.

2.2 الطرق:

1.2.2 التركيب الكيميائي لدقيق البذور:

- **تقدير الرطوبة:** وفيها اتبعت طريقة (AOAC, 2008) لتقدير الرطوبة، حيث تم أخذ وزنة (3- 5 جم) من العينة الخام ووضعت في طبق الرطوبة حيث تم تقدير الرطوبة باستخدام فرن التجفيف على درجة حرارة 105م، وتم وزن العينة على فترات زمنية لحين ثبات الوزن، ثم حسبت النسبة المئوية للرطوبة كما يلي:

% الرطوبة = الفقد في الوزن/ وزن العينة × 100

- **تقدير البروتين الكلي:** استخدمت طريقة ماكروكلداهل لتقدير النيتروجين الكلي (AOAC, 2008) وتم حساب النسبة المئوية للنيتروجين والنسبة المئوية للبروتين في العينة وباستخدام معامل التحويل 6.25 كما يلي:

% للبروتين الخام (وزن رطب) = % للنيتروجين الكلي x 6.25

- **تقدير الدهن الخام:** قدر المحتوى من الدهن الخام في العينات باستخدام الكلوروفورم كمذيب عضوي حيث تم الاستخلاص في جهاز سوكسلت لمدة 16 ساعة وبعد التخلص من المذيب تماماً تم تحديد وزن المستخلص الناتج وحساب النسبة المئوية بالوزن في العينات (AOAC, 2008) كما يلي: % للدهن الخام = وزن المستخلص/ وزن العينة × 100

- **تقدير الرماد الكلي:** تم تقدير الرماد الكلي في دقيق البذور بحرق عينة وزنها (3 جم) في فرن الترميد على درجة حرارة 550م لمدة 6 ساعات حتى يصبح لون الرماد أبيض وحتى ثبات الوزن ثم تحسب النسبة المئوية للرماد الكلي من المعادلة كما في الطريقة المذكورة في (AOAC, 2008):

% للرماد الكلي = وزن الرماد / وزن العينة × 100

- **تقدير الألياف الكلية:** قدرت الألياف الكلية حسب الطريقة الموصوفة من قبل Joslyn, (1970) وحساب النسبة المئوية للألياف من المعادلة التالية:

$$\% \text{ للألياف الخام} = \frac{\text{وزن الجفنة مع المادة بعد التجفيف} - \text{وزن الجفنة مع المادة المجففة بعد الحرق}}{\text{الوزن الأصلي}} \times 100$$

- **تقدير الكربوهيدرات الكلية:** تم تقدير الكربوهيدرات الكلية بالفرق حسب المعادلة التالية: % للكربوهيدرات الكلية = 100- (% للرطوبة + %للبروتين + %للرماد + %للدهن).

2.2.2 تحضير المعزول بروتيني:

تم تحضير معزول بروتين طبقا للطريقة التي ذكرها (Ahmed, 2013) مع بعض التعديل، حيث تم الاستخلاص عند pH 9.5 بعد رج خليط الماء المقطر ودقيق البذور بنسبة 10:1 (وزن/حجم) لمدة 24 ساعة ثم أخضعت للطرد المركزي (لمدة 30 دقيقة بسرعة 3000 لفة/دقيقة). تم ترسيب البروتين عند pH 4 باستخدام حمض الخليك 1 عياري ثم فصل البروتين باستخدام الطرد المركزي، ثم جفف على درجة حرارة 40م° وتم طحنه وحفظه إلى حين الاستخدام.

3.2.2 تقدير الخواص الوظيفية لدقيق البقوليات ومعزولها البروتيني:

تم تقدير الخواص الوظيفية طبقاً للطرق المذكورة في (A.A.C.C, 2002) وهي:

- **تقدير قابلية امتصاص الماء:** تم وزن 1جم من دقيق البقوليات ($و_1$) ووضعت في أنابيب الطرد المركزي وسجل وزنها ($و_2$) ومزجت مع الماء المقطر 10 مل لمدة 5 دقائق على جهاز الرج، ثم في جهاز الطرد لمدة 15 دقيقة على سرعة 3000 دورة/دقيقة، بعدها تم التخلص من الماء الزائد ووزن الأنبوبة بعد التشرب ($و_3$) وحسبت القدرة على التشرب في صورة (جم/جم) كما يلي: قابلية امتصاص الماء = $و_3 - و_2 / و_1$

- **تقدير قابلية ربط الدهن:** وزن 1 جم من دقيق البقوليات ($و_1$)، ووضعت في انابيب الطرد المركزي ($و_2$)، ومزجت مع 10 مل من زيت زهرة الشمس لمدة 5 دقائق على جهاز الرج ثم فصلت بالطرد المركزي وبعدها تم التخلص من الزيت الزائد ($و_3$)، وتم حساب حجم الزيت المرتبط في صورة (جم/جم) كما يلي: قابلية امتصاص الدهن = $و_3 - و_2 / و_1$

- **تقدير خاصية الاستحلاب:** تم وزن 1 جم من العينة ($و_1$) ووضعت في أنابيب الطرد المركزي ($و_2$)، ومزجت مع 5 مل من الماء المقطر و 5 مل من زيت زهرة الشمس لمدة 5 دقائق على جهاز الرج ثم فصلت بالطرد المركزي وتم التخلص من المستحلب الزائد ($و_3$) وقدر حجم المستحلب (جم/جم) كما يلي: قابلية امتصاص المستحلب= $\frac{و_3 - و_2}{و_1}$

- **تقدير قابلية تكوين وثباتية الرغوة:** تم تقدير سعة وتباثية الرغوة لجميع العينات المحددة قيد الدراسة وفقاً لما وصفه (Moongngram., 2014)، حيث تم خفق 1 جم من كل عينة مع 100 مل من الماء المقطر وعند أرقام هيدروجينية شملت 4 و 5 و 6 و 7 وذلك باستخدام محلول 1 عياري من هيدروكسيد الصوديوم NaOH أو حمض الخليك، حسب الحاجة، وذلك في خلاط المطبخ لمدة 5 دقائق، بعدها نقل المزيج في مخبار مدرج وتم متابعة حجم الرغوة في فترات زمنية مختلفة شملت (0 و 15 و 30 و 45 و60) دقيقة، وتم التعبير عن قابلية تكوين الرغوة بالزيادة المئوية في الحجم نتيجة الخلط، أما ثباتيه الرغوة فقدرت عن طريق حساب حجم الرغوة المتبقية في المخبار وباعتماد القانون التالي:

% قابلية تكوين الرغوة = (الحجم بعد الخفق – الحجم قبل الخفق/ الحجم قبل الخفق) × 100

% تباثيه الرغوة = حجم الرغوة بعد/ حجم الرغوة الأولى × 100

- **تقدير أقل تركيز لتكوين الهلام:** قدر أقل تركيز لتكوين الهلام باعتماد الطريقة الموضحة من قبل (Sathe et al., 1982) وذلك عن طريق تحضير تراكيز مختلفة من معزول بروتين العينات شملت (2 و 4 و 6 و 8 و 10 و 12 و14 و16 و20)% (وزن: حجم)، ثم سخنت لمدة 1 ساعة في حمام مائي مغلي، وبعد تبريدها تحت ماء الحنفية الجاري، وبردت الأنابيب عند درجة °4م لمدة ساعتين، وتم حساب الحد الأدنى لتركيز البروتين الذي يعطي هلام لا ينزلق على طول جدران انبوب اختبار في وضع مقلوب.

4.2.2 التحليل الإحصائي:

تم إجراء التحليل الإحصائي لثلاثة مكررات من النتائج المتحصل عليها بحساب قيم المتوسط والانحراف المعياري وتحليل التباين بين العينات وحساب أقل فرق معنوي LSDعند مستوى ثقة 0.05 باستخدام البرنامج SigmaStat 3.5 لشركة Systat Softwareلنظام التشغيلWindows (كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية، 2000).

3. النتائج والمناقشة

1.3 التركيب الكيميائي للدقيق الخام لكل من الفاصولياء والبازلاء واللوبيا البيضاء:

الجدول (1.3) يبين التركيب الكيميائي التقريبي لدقيق الفاصوليا والبازلاء واللوبيا البيضاء، حيث نلاحظ فيما يتعلق بالرطوبة أن البازلاء سجلت أعلى نسبة رطوبة تليها الفاصولياء ثم اللوبيا (10.13% و9.09% و8.27%) على التوالي بانحراف معياري (±0.57 و±0.16 و±0.02)، وعند مستوى معنوية (0.05)، ويوجد فرق معنوي بين (البازلاء واللوبيا) و(البازلاء والفاصوليا)، ولم يسجل فرق معنوي بين (اللوبيا والفاصوليا). كما أن نسب الرطوبة في النتائج كانت أعلى مما ذكره (Borokini ., 2010 & Arawande)، حيث أشار في دراسته بأنها 9.20، 8.45، و6.4 في دقيق اللوبيا والبازلاء والفاصوليا على التوالي.

جدول رقم (1.3): التركيب الكيميائي لدقيق البقوليات الفاصولياء والبازلاء واللوبيا

	دقيق الفاصولياء	دقيق البازلاء	دقيق اللوبيا البيضاء
الرطوبة	0.57 ± 9.09	0.03 ± 10.13	0.02 ± 8.27
الرماد	0.01 ± 4.22	0.16 ± 3.26	0.02 ± 3.31
البروتين	0.09 ± 21.71	0.07 ± 23.08	0.43 ± 32.20
الدهن الخام	0.01 ± 0.79	0.02 ±1.31	0.02 ± 1.83
الألياف الخام	0.01 ± 4.19	0.02 ± 4.42	0.03 ± 7.62
الكربوهيدرات	0.58 ± 64.18	0.18 ± 62.24	0.41 ± 54.37

القيم الجدولية = متوسط ثلاثة مكررات ± الانحراف المعياري

كما يبين الجدول (1.3) أيضًا احتواء الفاصولياء على أعلى نسبة رماد مقارنة مع البازلاء واللوبيا، حيث بلغت نسبة الرماد في الفاصولياء واللوبيا والبازلاء (4.22% و 3.31% و3.26%) بانحراف معياري (±0.01 و ±0.02 و ±0.16) على التوالي، فهناك فروق معنوية بين (الفاصولياء والبازلاء) و(البازلاء واللوبيا) ولا يوجد فرق بين (الفاصولياء واللوبيا) عند مستوى معنوية (0.05)، وذكر (Arawande & Borokini ,.2010) ان محتوى الرماد في دقيق الفاصوليا 6.51 ودقيق البازلاء 4.58 واللوبيا 4.73 وهو أعلى من دقيق عينات هذه الدراسة. نلاحظ أن أعلى نسبة بروتين في الجدول (1.4) هي للوبيا ثم البازلاء والفاصولياء (32.20% و23.08% و 21.71%) وبانحراف معياري (±0.43 و ±0.07 و±0.09)، وبدلالة إحصائية عند مستوى معنوية (0.05)، وتبين أن هناك فروق معنوية بين العينات الثلاثة الفاصولياء والبازلاء واللوبيا. أشار (Arawande & Borokini , 2010) أن الفاصوليا والبازلاء واللوبيا تحتوي على 26.20%، 24.46%، و24.13% على التوالي من البروتين، وهذه النسب أقل منها في هذه الدراسة.

أشارت نتائج الدهن الخام في دقيق الفاصوليا والبازلاء واللوبيا (الجدول 1.3)، بأن أعلى نسبة احتوت عليها اللوبيا ثم البازلاء والفاصوليا، وكانت النسب (1.83% و1.31% و0.79%)، وبانحراف معياري (±0.02 و ±0.02 و±0.01) على التوالي، وجود فروق معنوية أيضاً بينها، وفي إحدى الدراسات ذُكر أن نسبة الزيت في دقيق الفاصوليا 1.95%، بينما كانت في دقيق البازلاء 4.78%، وفي دقيق اللوبيا 4.37%، وهي نسب أعلى منها في دقيق عينات هذه الدراسة، وإن تباين محتوى الحبوب من المكونات الغذائية يُعزى إلى أسباب عديدة من أهمها التنوع في الأصناف، والموقع الجغرافي، والمناخ، وموسم الزراعة، إلى جانب المعاملات الزراعية وموعد النضج (العاني وآخرون، 2022).

بينت نتائج هذه الدراسة (الجدول 1.3)، أن نسبة الألياف في دقيق اللوبيا 7.62% تلتها نسبتها في البازلاء 4.42%، وكان أقلها في الفاصوليا حيث كانت 4.19%، وبانحراف معياري (±0.03 و ±0.02 و±0.01) على التوالي، ووجدت فروق معنوية بين الفاصوليا والبازلاء واللوبيا، وفي إحدى الدراسات كانت نسبة الألياف في دقيق البازلاء 1.10%، وفي دقيق الفاصوليا 1.07%، وفي دقيق اللوبيا 0.97% ,. (Arawande & Borokini 2010).

كما نلاحظ من الجدول (1.3) أيضًا أن نسبة الكربوهيدرات (بالفرق) بلغت في دقيق الفاصوليا 64.18%، وفي دقيق البازلاء 62.,23%، بينما كانت في دقيق اللوبيا البيضاء 54.37%، وبانحراف معياري (±0.58 و±0.18 ,±0.41) على التوالي، وذُكر في دراسة تناولت هذه البقوليات الثلاثة أن نسبة الكربوهيدرات في الفاصوليا 57.83%، وفي دقيق اللوبيا 56.6%، وفي دقيق البازلاء 56.63% (2010 ,. Arawande & Borokini).

2.3 التركيب الكيميائي للمعزول البروتيني لكل من الفاصولياء والبازلاء واللوبيا البيضاء:

الجدول (2.3) أدناه يوضح التركيب الكيميائي للمعزول البروتيني لدقيق البقوليات الثلاثة (الفاصوليا والبازلاء واللوبيا البيضاء)، والتي تتمثل في محتوى الرطوبة والرماد والبروتين والدهن الخام والألياف والكربوهيدرات، حيث نلاحظ من الجدول أن المعزول البروتيني لدقيق الفاصوليا يحتوي على أعلى نسبة رطوبة يليه دقيق البازلاء ثم المعزول البروتيني لدقيق اللوبيا، والتي كانت (6.01% و 5.64% و5.33%) على التوالي، بانحراف معياري (±0.01 و ±0.01 و ±0.11)، وعند مستوى معنوية (0.05)، وقد لوحظ وجود فروق معنوية بين عينات الدقيق (الفاصوليا والبازلاء) و (الفاصوليا واللوبيا) و (البازلاء واللوبيا). كما لوحظ من الجدول نفسه تفوق المعزول البروتيني لدقيق الفاصوليا باحتوائه على أعلى نسبة رماد مقارنة مع البازلاء واللوبيا البيضاء، حيث بلغت نسبة الرماد في دقيق الفاصوليا والبازلاء واللوبيا (2.06% و1.85% و1.85%)، وبانحراف معياري (±0.01 و±0.02 و±0.02) على التوالي، وقد لوحظ وجود فروق معنوية بين المعزول البروتيني لدقيق الفاصوليا والبازلاء واللوبيا البيضاء عند مستوى معنوية (0.05). يبين الجدول (2.3) أيضًا أن نسبة البروتين في المعزول البروتيني لدقيق البازلاء أعلى من نسبة البروتين في المعزول البروتيني لدقيق الفاصوليا واللوبيا البيضاء، حيث كانت (91.54% و89.65% و89.95%)، وبانحراف معياري (±0.32 و±0.67 و±0.67)، على التوالي، ولم تسجل أي فروق معنوية بين العينات. يوضح الجدول (2.3) أيضًا نسبة الدهن الخام في نسبة البروتين في المعزول البروتيني لدقيق الفاصوليا والبازلاء واللوبيا البيضاء، فأعلى نسبة كانت في نسبة البروتين في المعزول البروتيني لدقيق الفاصولياء ثم البازلاء واللوبيا، حيث أن النسب كانت (0.63% و0.51% و0.48%) وبانحراف معياري (±0.01 و ±0.01 و ±0.01) على التوالي، ولوحظ وجود فروق معنوية بين العينات.

جدول رقم (2.3): التركيب الكيميائي للمعزول البروتيني لكل من الفاصوليا والبازلاء واللوبيا

	الفاصوليا	البازلاء	اللوبيا البيضاء
الرطوبة	6.01 ±0.01	5.64 ±0.01	5.33 ±0.11
الرماد	2.06 ±0.01	1.85 ±0.02	1.85 ±0.02
البروتين	89.95 ±0.67	91.54 ±0.32	89.95 ±0.67
الدهن الخام	0.63 ±0.01	0.51 ±0.01	0.48 ±0.01
الألياف الخام	0.47 ±0.01	0.43 ±0.01	0.38 ±0.01
الكربوهيدرات	6.98 ±0.02	7.83 ±0.02	7.25 ±0.03

القيم الجدولية = متوسط لثلاثة مكررات ± الانحراف المعياري

بلغت نسبة الألياف في معزول دقيق الفاصوليا (0.47%)، وفي معزول دقيق البازلاء (0.43%)، بينما كانت أقل نسبة في معزول دقيق اللوبيا (0.38%)، وبانحراف معياري (±0.01 و±0.01 و ±0.01) على التوالي، ولوحظ فروق معنوية بين عينات قيد الدراسة. نلاحظ من الجدول نفسه أيضًا أن نسبة

الكربوهيدرات (بالفرق) قد بلغت في معزول دقيق البازلاء (7.83%)، وفي معزول دقيق اللوبيا (7.25%)، وأما في معزول دقيق الفاصوليا فكانت (6.98%)، وبانحراف معياري (±0.02 و±0.03 و±0.02) على التوالي، وسجلت فروق معنوية بينها عند مستوى معنوية (0.05).

3.3 الخصائص الوظيفية لدقيق البقوليات:

1.3.3 تقدير ربط الماء والدهن والمستحلب لدقيق كل من الفاصوليا والبازلاء واللوبيا البيضاء:

الجدول (3.3) يوضح الخصائص الوظيفية بدقيق الفاصوليا والبازلاء واللوبيا، ونلاحظ من الجدول تميز دقيق الفاصوليا بأعلى قابلية لربط الماء بلغت 1.730 جم دقيق / 10 مل ماء مقارنة مع دقيق اللوبيا ودقيق البازلاء، فقد بلغت قابليتهما لربط الماء (1.543 و1.293 جم / 10 مل)، بانحراف معياري (±0.05 و±0.20 و±0.12) على التوالي، وعند مستوى معنوية (0.05)، وقد وجدت فروق معنوية بين الفاصوليا والبازلاء، بينما لم تلاحظ فرق معنوي بين بقية العينات.

جدول رقم (3.3): ربط الماء والزيت والمستحلب لدقيق الفاصوليا واللوبيا والبازلاء (جم/10مل)

	دقيق الفاصوليا	دقيق البازلاء	دقيق اللوبيا البيضاء
القدرة على ربط الماء	0.05 ± 1.730	0.12± 1.293	0.20± 1.543
القدرة على ربط الزيت	0.15± 1.223	0.10± 0.790	0.04± 1.137
القدرة على ربط المستحلب	0.24± 1.677	0.04± 1.710	0.28± 1.837

القيم الجدولية = متوسط لثلاثة مكررات ± الانحراف المعياري

يوضح الجدول أيضًا امتلاك دقيق الفاصوليا لأعلى قابلية لربط الزيت والتي بلغت 1.223جم دقيق/10مل زيت ثم دقيق اللوبيا بقابلية ربط زيت 1.137 جم دقيق/10مل زيت، فدقيق البازلاء بقابلية ربط زيت 0.790جم دقيق/10مل زيت، وبانحراف معياري (±0.15 و ±0.04 و ±0.10) على التوالي، وبدلالة إحصائية عند مستوى معنوية (0.05)، ونلاحظ من الجدول وجود فرق معنوي بين دقيق الفاصوليا ودقيق البازلاء، وبين دقيق اللوبيا ودقيق البازلاء، ولا يكن هناك فرق معنوي بين دقيق الفاصوليا ودقيق اللوبيا. الانخفاض في قابلية ربط الدهن يعود إلى الفرق الكبير في التوزيع بين المجاميع الكارهة للماء نسبة إلى الأحماض الأمينية القطبية على سطح الكتلة البروتينية (Sathe & Salunkhe, 1981). إن قابلية ربط الدهن تعتمد على مدى توفر الأحماض الأمينية والسلاسل غير القطبية الجانبية ومكونات الألياف الغذائية (Benitez et al., 2013)، وإن بروتين البقول له قابلية عالية لامتصاص الماء وربط الدهن بسبب احتوائه على الأحماض الأمينية القطبية وغير القطبية، ولذلك فهو ذو كفاءة عالية في تحسين نوعية وصفات الأغذية المصنعة (Qayyum et al., 2012).

تميز دقيق اللوبيا بأعلى قدرة ربط للمستحلب بلغت 1.837 جم دقيق/10مل مستحلب، ويليه دقيق البازلاء 1.710 جم دقيق/10مل مستحلب ثم دقيق الفاصوليا 1.677 جم دقيق/10مل مستحلب وبانحراف معياري (±0.28 و±0.04 و±0.24) على التوالي، ولم تسجل العينات أي فروق معنوية عند مستوى معنوية (0.05). إن خواص الاستحلاب تختلف حسب المجاميع المحبة للدهن والوزن الجزيئي واستقرار التراكيب وكذلك الخواص الفيزيوكيميائية مثل الرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة (Qayyum et al., 2012)، حيث يتمتع البروتين الذي يمتلك سطح فعال بقابليته على تكوين الاستحلاب وثباتيته عن طريق القوة الإلكتروستاتيكية المستقرة على سطح قطرة الدهن (Makri et al., 2005)، وتعد قابلية تكوين المستحلب وثباتيته مهمة في العديد من المنتجات الغذائية مثل الكعك والمايونيز والشوربات حيث تمر هذه المنتجات بالعديد من الخطوات التصنيعية (Adebowale et al., 2005).

2.3.3 ربط الماء والدهن والمستحلب للمعزول البروتيني لدقيق الفاصوليا واللوبيا والبازلاء:

يبين الجدول (3.4) الخصائص الوظيفية للمعزول البروتيني لدقيق الفاصوليا واللوبيا والبازلاء، حيث نلاحظ تميز المعزول البروتيني لدقيق البازلاء بامتلاكه أعلى قابلية لربط الماء حيث بلغت 3.11 جم دقيق/10مل ماء، ويليه المعزول البروتيني لدقيق اللوبيا 2.370 جم دقيق/ 10مل ماء، ثم المعزول البروتيني لدقيق الفاصوليا 2.008 جم دقيق/10مل ماء، وبانحراف معياري (±0.06 و±0.03 و±0.10) على التوالي، ولوحظ وجود فروق معنوية بين العينات قيد الدراسة. يعتمد امتصاص الماء بدرجة كبيرة على تركيز البروتين والنشأ والألياف، أن اختلاف البروتينات في قابليتها لامتصاص الماء قد يعزى إلى اختلاف محتواها من الأحماض الأمينية القطبية (Aucone-Betance & Torrco-Uco, 2007)، وقد أشارت العديد من الدارسات إلى تأثير عوامل عدة في قابلية امتصاص الماء للبروتين منها درجة ارتباط البروتينات مع بعضها، وحجم الجزيئة البروتينية والذي يحدد كمية الماء التي يحصرها البروتين، إضافة إلى المجاميع القطبية المحبة للماء في جزيئة البروتين (Aurelia, 2009)، فضلاً عن التركيب الكيميائي للبروتين وارتباطه مع بقية المكونات كالدهن والسكريات والتانينات وغيرها (Khan & Han, 1995)، ويُعزى الانخفاض في قابلية امتصاص الماء إلى قلة الأحماض الأمينية القطبية (Kuntz, 2010). تعد قابلية امتصاص الماء العالية خاصية جيده في العديد من التطبيقات منها صناعة الخبز، وصناعة الشوربات والمعجنات وغيرها (Sreerama, 2012).

جدول رقم (3.4): ربط الماء والدهن والمستحلب للمعزول البروتيني لدقيق الفاصوليا واللوبيا والبازلاء

	المعزول البروتيني للفاصوليا	المعزول البروتيني للبازلاء	المعزول البروتيني للوبيا
القدرة على ربط الماء	0.10 ± 2.008	0.06 ± 3.11	0.03 ± 2.370
القدرة على ربط الدهن	0.02 ± 0.764	0.04 ± 0.812	0.21 ± 0.831
القدرة على ربط المستحلب	0.04 ± 3.058	0.19 ± 4.063	0.19 ± 1.562

القيم الجدولية = متوسط لثلاثة مكررات ± الانحراف المعياري

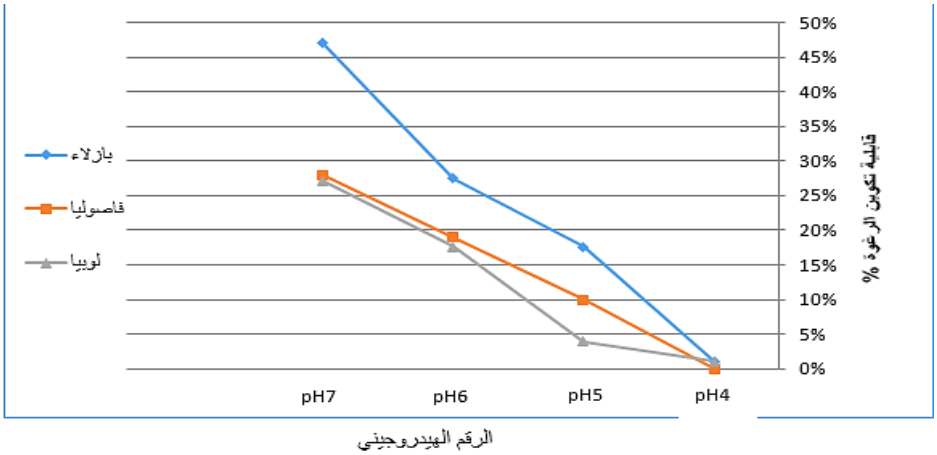
الجدول (3.4) يبين أيضاً امتلاك دقيق اللوبيا أعلى قابلية على ربط الدهن بقدرة 0.831جم بروتين/10مل زيت ثم دقيق البازلاء 0.812جم بروتين/ 10 مل زيت وأقلها دقيق الفاصوليا 0.764 جم بروتين/10 مل زيت، وبانحراف معياري (±0.21 و±0.04 و±0.02) على التوالي. إن الانخفاض في قابلية ربط الدهن يعود إلى الفرق الكبير في التوزيع بين المجاميع الكارهة للماء نسبة إلى الأحماض الأمينية القطبية على سطح الكتلة البروتينية (Sathe et al., 1982)، وإن قابلية ربط الدهن تتأثر بعوامل عدة منها قابلية ذوبان البروتين ودرجة دنترة البروتين (Aurelia, 2009)، كما أشار (Benítez, 2013) أن قابلية ربط الدهن تعتمد على مدى توفر الأحماض الأمينة والسلاسل غير القطبية الجانبية ومكونات الألياف الغذائية. إن بروتين البقول له قابلية عالية لامتصاص الماء وربط الدهن بسبب احتوائه على الأحماض الأمينية القطبية وغير القطبية، لذلك فهو ذو كفاءه عالية في تحسين نوعية وصفات الأغذية المصنعة (Qayyum, 2012). يوضح الجدول أيضاً أن المعزول البروتيني لدقيق البازلاء يتميز بأعلى قابلية لربط المستحلب بلغت 4.063 جم بروتين/10مل مستحلب، والمعزول البروتيني لدقيق الفاصوليا 3.058جم بروتين/10مل مستحلب، ثم المعزول البروتيني لدقيق اللوبيا 1.562جم بروتين/10مل مستحلب، وبانحراف معياري (±0.19 و±0.04 و±0.19) على التوالي. إن ثباتية المستحلب تعتمد في الأساس على تكوين طبقة مشحونة وذلك عن طريق البروتينات الذائبة حول قطرت الزيت مؤدية إلى تنافر القطرت مع بعضها، حيث ترتبط المناطق الكارهة للماء الموجودة في البروتين بالسطح البيني للدهون في حين ترتبط الطبقة الأيونية مع سطح الوسط السائل (Emmanuel et al., 1998)، حيث يتمتع البروتين الذي يمتلك سطح فعال بقابلية على تكوين الاستحلاب وثباتيته عن طريق القوة الإلكتروستاتيكية المستقرة على سطح قطره الدهن (Makri, 2005)، وتعد قابلية تكوين المستحلب وثباتيته مهمة في العديد من المنتجات الغذائية مثل الكعك والمايونيز والشوربات حيث تمر هذه المنتجات بالعديد من الخطوات التصنيعية (Adebowale, 2005). في دراسة أجراها حمود وناجي (2017) على استخلاص البروتينات من بعض أنواع البقول ودراسة خواصها الوظيفية، استخدم العدس، الحمص، والماش في الدراسة، بلغت نسبة الرطوبة في العدس 11.5% والماش 10.5% وأقلها كانت في الحمص 9.4%، أما نسبة الرطوبة

في معزول البروتين فكانت في العدس 4.9% والحمص 3.05% والماش 2.9%، وكانت نسبة البروتين في العدس 25.81% وفي الماش 32.68% وفي الحمص 21.06%، وكانت في المعزول البروتيني في العدس والماش والحمص (82.37%-79.37%-76.12%) على التوالي، وذكرت الدراسة أن نسبة الكربوهيدرات في الحمص والماش والعدس (56.43%، 56.38%، 54.65%) على التوالي، وفي المعزول البروتيني كانت نسبة الكربوهيدرات للحمص والماش والعدس (17.47%، 15.43%، 10.23%) على التوالي، وكانت نسبة الرماد في الماش والحمص والعدس (3.85%، 3.25%، 2.35%)، بينما كان الرماد في المعزول البروتيني للحمص والعدس والماش (3.36% و 2.5% و 2.3%) على التوالي.

3.3.3 تكوين وثباتية الرغوة:

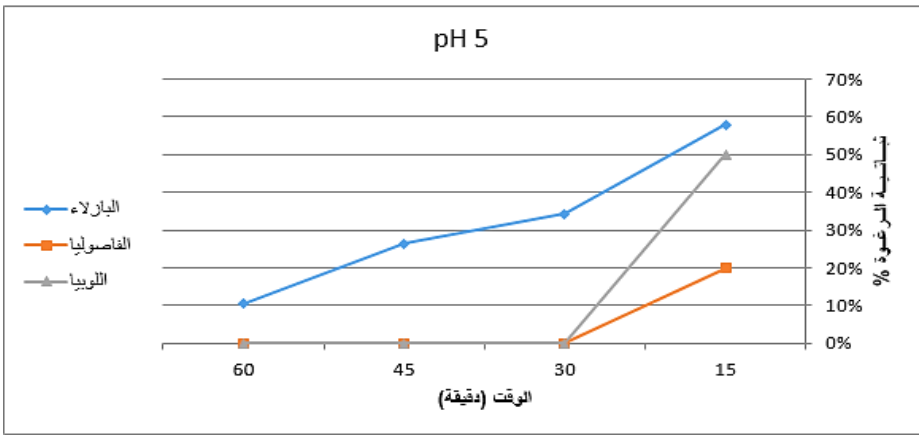
الشكل (1.3) يوضح قابلية تكوين الرغوة لمعزول بروتينات الفاصوليا والبازلاء واللوبيا قيد الدراسة عند أرقام هيدروجينية مختلفة تتراوح من (4 – 7)، وكما يبين الجدول انخفاض هذه القابلية عند الرقم الهيدروجيني 4 والتي بلغت 0% لمعزول كل من البازلاء والفاصوليا واللوبيا، وارتفاع هذه القابلية عند ارتفاع أو انخفاض الرقم الهيدروجيني باتجاه الأرقام الحامضية والقاعدية، حيث بلغت 17.65% و10% و3.96% عند الرقم 5، ووصلت إلى 27.45% و19% و17.65% عند الرقم 6، وبلغت 47.06% و28% و27.18% لمعزول كل من البازلاء والفاصوليا واللوبيا على التوالي، وهذا يتفق مع ما ذكره (Ragab, 2004) من أن قابلية تكوين الرغوة تتأثر بقيمة الرقم الهيدروجيني وأن أقل القيم تلاحظ عند الأرقام الحامضية الخفيفة، كما يلاحظ من الشكل تميز معزول البازلاء بقابلية تكوين الرغوة عند الأرقام الهيدروجينية 5 و6 و7، وهذا قد يعزى إلى اختلاف البروتين المعزول من البقوليات قيد الدراسة، وقد أشار (Barac, 2010) إلى أن القابلية على تكوين الرغوة تكون للبروتينات التي يكون لها وزن جزيئي منخفض، وكراهية سطحية للماء عالية، وقابلية ذوبان عالية، ومحصلة شحنة قليلة عند الرقم الهيدروجيني المحدد، وقابلية دنترة سهلة وسريعة.

pH7 pH6 pH5 pH4
الرقم الهيدروجيني



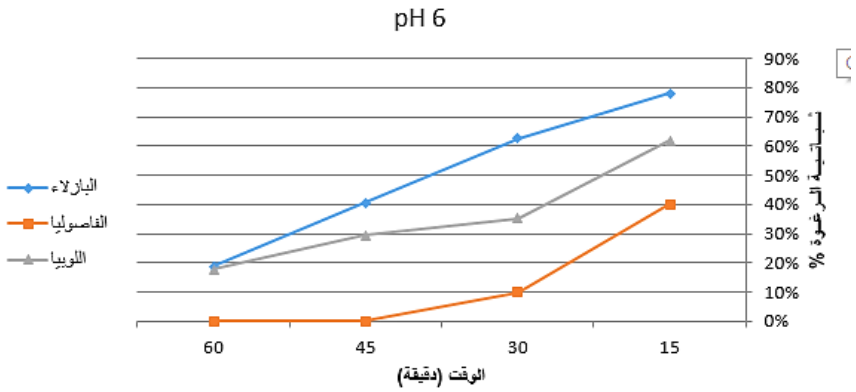
الشكل رقم (1.3): قابلية تكوين الرغوة من البروتينات المعزولة من الفاصوليا والبازلاء واللوبيا عند أرقام هيدروجينية مختلفة

أشار (Butt, 2010) إلى أن قابلية تكوين الرغوة هي 69% عند الرقم الهيدروجيني المتعادل، وذكر (Appiah, 2011) إن قابلية تكوين للرغوة 10-21 مل، وتوصل (Barac, 2010) إلى اختلاف معنوي في قابلية تكوين الرغوة بين معزول العينات المدروسة وأن أقل قابلية في تكوين الرغوة كانت عند الرقم الهيدروجيني 4، أما عند الأرقام القاعدية 6 و7 الهيدروجينية فقد ازدادت هذه القابلية وهذا يعني أن معزول بروتين اللوبيا والبازلاء عند الأرقام الهيدروجينية العالية يمتلك أفضل تركيب وأكثر ملائمة في تكوين الطبقة السطحية الفاصلة. إن زيادة قابلية تكوين الرغوة مع زيادة الرقم الهيدروجيني تعزى إلى زيادة محصلة الشحنة الكهربائية للبروتين ومن ثم زيادة الذوبانية ومرونة البروتين الأمر الذي ينتج عنه انتشار البروتين عند السطح البيني (ماء-هواء) وإحاطة الفقاعات الهوائية ومن ثم زيادة تكوين الرغوة (Lawal, 2004). الأشكال 2.3، 3.3 و4.3 توضح ثباتية الرغوة للمعزول البروتيني للعينات قيد الدراسة وعند أرقام هيدروجينية مختلفة وأوقات تراوحت بين (0 – 1) ساعة، ويلاحظ أن أفضل ثباتية للرغوة عند الأس الهيدروجيني 7، وهكذا نزولا مع انخفاض الرقم الهيدروجيني، كما يلاحظ أن المعزول عند الاس الهيدروجيني 4 كانت أقصاها عند الوقت 0 لم تثبت الرغوة، كما اختلف سلوك المعزول البروتيني عند الرقم الهيدروجيني 5 (شكل 2.3) حيث ارتفعت الثباتية ثم انخفضت لتصل أدنى مستوياتها عند 30 دقيقة لكل من الفاصوليا واللوبيا و60 دقيقة للبازلاء وبالنسب 0% و0% و10%، مع ملاحظة تميز معزول البازلاء بأعلى ثباتيه عند الرقم الهيدروجيني 5.



الشكل رقم (2.3): ثباتيه الرغوة عند الأس الهيدروجيني 5

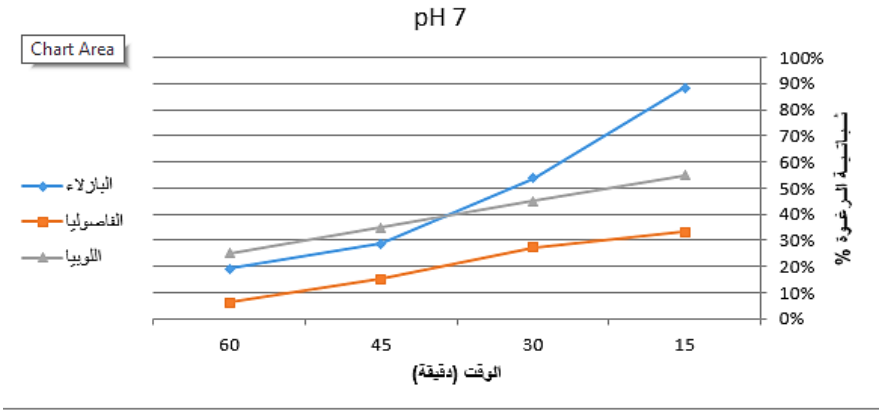
يلاحظ اختلاف سلوك المعزول البرروتيني عند الأرقام الهيدروجينية 6 (شكل 3.3) حيث ارتفعت الثباتية ثم انخفضت لتصل إلى أدنى مستوياتها أيضاً، بعد 60 دقيقة إلى النسب 0% لمعزول بروتين الفاصوليا و18% لمعزول بروتين اللوبيا ومعزول بروتين البازلاء، وكانت عند30 دقيقة قد بلغت 10% في معزول بروتين الفاصوليا.



الشكل رقم (3.3): ثباتيه الرغوة عند الأس الهيدروجيني 6

عند الرقم الهيدروجيني 7 (شكل 4.3) بلغت النسب عند 60 دقيقة 25% و6% و5% لمعزول بروتين اللوبيا والفاصوليا والبازلاء على التوالي، فقد انخفضت ثباتية الرغوة مع الوقت بعد الدقيقة 60 لكل عينات الدراسة. إن انخفاض ثباتية الرغوة عند الرقم الهيدروجيني (pH 4) قد يعود إلى أن هذا الرقم يمثل نقطة التعادل الكهربائي، حيث أشار (Hua & Mao, 2012) إلى انخفاض خصائص الرغوة عند

نقطة التعادل الكهربائي، وأشار (Kaur & Singh, 2007) إلى أن القابلية العالية على تكوين الرغوة مع قلة في الثباتية يمكن أن يكون بسبب دنترة البروتين.



الشكل رقم (4.3): ثباتية الرغوة عند الأس الهيدروجيني 7

إن ارتفاع قيمة الرقم الهيدروجيني عن (pH 4) يؤدي إلى زيادة في صافي شحنه البروتين التي تعمل على زيادة ذائبية البروتين ومرونته والتي تسمح للبروتين بالانتشار على سطح الماء بصورة أسرع مغلفة جزيئات الهواء وبالتالي تكوين الرغوة (Lawal et al., 2005)، حيث تعتمد ثباتية الرغوة على أن يكون الغشاء البروتيني المحيط بالفقاعات الهوائية متماسك وثخين ولزج، لذا فقد يعود سبب انخفاض الثباتية إلى تنافر الشحنات بين جزيئات البروتين والذي ينتج عنه انخفاض في تماسك الأغشية البروتينية ومن ثم انخفاض ثباتية الرغوة.

4.3.3 تقدير أقل تركيز للهلام:

يوضح الجدول (5.3) أقل تركيز من البروتينات المعزولة من الفاصوليا والبازلاء واللوبيا يمكن أن يكوّن الهلام، حيث استخدمت تراكيز مختلفة تراوحت بين 2-20%، وكما يظهر أن أقل تركيز لازم لتكوين هلام يبلغ 12% للبازلاء، 14% للوبيا والفاصوليا، ولكنه عمومًا، لا يتكون هلام ثابت ومميز إلا عند التركيز 16% بالنسبة لبروتين عينات هذه الدراسة.

الجدول رقم (5.3): أقل تركيز للبروتين يمكن أن يكون هلام

تركيز البروتين (%)	اللوبيا	البازلاء	الفاصولياء	تركيز البروتين (%)	اللوبيا	البازلاء	الفاصولياء
2	-	-	-	12	-	±	-
4	-	-	-	14	±	±	±
6	-	-	-	16	+	+	+
8	-	-	-	18	+	+	+
10	-	-	-	20	+	+	+

(-): لا يكون هلام، (±): يكون هلام غير ثابت، (+): هلام ثابت.

تتفق النتائج التي وصلت إليها هذه الدراسة مع ما أشار إليه (Butt, 2010) بأن أقل تركيز يمكن أن يكوّن هلام هو 12 و14% ولكنه يكون غير تابت، ويتمتع الهلام المتكون عند تركيز 16% بثباتية كبيرة، كما ذكر (Khalid, 2013) أن تكوين الهلام يكون عند تركيز 12% فما فوق، أما (Moongngarm et al, 2014) فقد وجد أن البروتين الذي تم تحضيره بجميع الطرائق التي استخدمها في دراسته لا يكون هلام عند تركيز أقل من 12%، أما بالنسبة للبروتين المحضر بالترسيب عند نقطة التعادل الكهربائي فإنه يكون هلام عند التركيز 14%، وهذه النتيجة تتفق مع ما وصل إليه (Prinyawiwatkul, 1997)، أما (Ragab, 2004) فقد أشار إلى أن أقل تركيز يمكن أن يكون الهلام هو 6% عند الإذابة في 0.5-1 مولار محلول كلوريد صوديوم.

4. الاستنتاجات والتوصيات

1.4 الاستنتاجات

تتميز بذور البقوليات البازلاء والفاصوليا واللوبيا بقيمتها الغذائية العالية وفوائدها الصحية، ونظراً للخواص الوظيفية المتميزة لكل من دقيقها ومعزولها البروتيني، يمكن إدخالها في التطبيقات الغذائية والصناعات الغذائية والاستفادة منها.

2.4 التوصيات

1. إجراء المزيد من الدراسات والأبحاث على مثل هذه البقوليات وكذلك الأنواع الأخرى التي لم يتناولها هذا البحث ولم يسع الوقت والإمكانيات لإجرائها.

2. التوسع في زراعة البقوليات بأنواعها مثل الفاصوليا والبازلاء واللوبيا لما لها من أهمية تغذوية بالإضافة لدورها في تحسين بعض الخصائص الوظيفية لبعض المنتجات الغذائية.
3. إدخال دقيق البقوليات ومعزولها البروتيني في الصناعات الغذائية للاستفادة من خواصها الوظيفية ومن قيمتها الغذائية.

5. المـراجـع

1.5 المـراجـع العربيـة:

- جابر العاني، عبدالله اليوسف، نعيم الحسين، رولا حموي، وفاطمة عبدالرحمن (2022). دارسة محتوى حبوب أربعة أصناف من القمح ومنتجاتها من البروتين وأهم العناصر المعدنية في ظروف الزراعة المطرية. المجلة السورية للبحوث الزراعية، أبحاث المؤتمر الثالث عشر للبحوث العلمية الزراعية، 193-200.
- حمود، مها؛ ناجي، إيثار (2017). استخلاص البروتينات من بعض أنواع البقول ودراسة خواصها الوظيفية. رسالة ماجستير في علوم الأغذية، قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة تكريت.

2.5 المـراجـع الإنجليزية:

- A.A.C.C. (2002). Approved Methood of American Association of Cereal Chemists Published by American Association of Cereal Chemists Published Paul. Minn. St.U.S.
- A.O.A.C. (2008). Official Methods of Analysis 16th ed. Association of Official Analytical Chemists International Arligton, Virginia, U.S.A.
- Adebowale, K.O.; Olu-Owolabi, B.I.; Olawumi, E.K.; and Lawal, O.S. (2005). Functional properties of Native, physically and Chemically Modified Bread Fruit (Artocarpus artillis) starch. Ind. Crops Prod.21: 343-351.
- Ahmed, M. A. (2013). Investigation of effect of glycation and denaturation on functional properties of cowpea proteins (Doctoral dissertation, Heriot-Watt University).
- Aluko,R.E.; and Yada,R.Y. (1997). Some physicochemical and functional properties of Gowpea isoelectric protein isolate as afunction of pH and salt concentration Int.J. Food Sci. Nurt., 48:31-39.
- Arawande Jacob and Borokini Funmilayo (2010). Comparative Study on Chemical Composition and Functional Properties of Three Nigerian Legumes (Jack Beans, Pigeon Pea and Cowpea), Department of Science Laboratory Technology Nigeria.

- Aski, M., Chaturvedi, S.K., and M. Neelu (2013). Quality seed maintenance of pulses in view of resource conservation agriculture. online] http://agropedia.iitk.ac.in/content/quality-seed-production-pulses
- Aurelia, I., Iuliana, A., Aura, D., Gabriela, G., Cristina B. and Andrei, N. (2009). Chemical and functional characterization of chickpea protein derivates. Journal of Food Technology 5: 12–14.
- Barac, M.; Cabrilo, S.; Pesic, M.; Stanojevic, S.; Zilic, S.; Macej, O. and Ristic, N. (2010). Profile and functional properties of seed proteins from six Pea (Pisum sativum) Genotypes. Int. J. Mol. Sci., 11: 4973-4990
- Benítez, V., Cantera, S., Aguilera, Y., Mollá, E., Esteban, R. M., Diáz, M. F., Martín-Cabrejas, M.A. (2013). Impact of germination on starch, dietary fibre and physicochemical properties in non-conventional legumes. Food Res. Inter. 50, 64-69.
- Butt, M. S. and Batool, R. (2010). Nutritional and Functional Properties of Some Promising legumes protein isolates. Pakistan J. Nutrition, 9(4): 373-379
- Creighton, T. E. (1983). In Proteins: Structures and Molecular Properties, W.H. Freeman and Company, New York. Pp167.
- Duranti M. (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties. Fitoterapia, 77: 67-82. DOI: 10.1016/j.fitote.2005.11.008
- Emmanuel, T.A., Kayode, O.E. and Aladesanmi, A.O. (1998). Emulsifying properties of some legume proteins. J. Food Sci. Technol. (33): 239-246
- FAO, (2005). Agriaulture Statisical Report, Food and Agriaulture Organization, Room, Italy.
- Hermansson, A. M. (1979). Methods of studying functional characteristics of Vegetable proteins. Journal of the American Oil Chemists' Society, 56(3), 272-279.
- Hettiarachchi, H. & Gunathlake, K. (2023). Physicochemical and functional properties of seed flours obtained from germinated and non-germinated Canavalia gladiata and Mucuna pruriens. Heliyon (9).
- Joslyn, M.A. (1970). Methodin in Food Analysis Acad. Press N.Y., U.S.A, pp 109-140.
- Kaur, M. and N. Singh, (2007). Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (Cicer. arietinum L.) cultivars. Food Chem., 102: 366-374
- Keskin, S.O.; Ali, T.M.; Ahmed, J.; Shaikh, M.; Siddiq, M. and Uebersax, M.A (2022). Physico-chemical and functional properties of legume protein, starch, and dietary fiber—A review. Legume science, Vol. (4), Issue (1).

- Khalid, I.I. and Elharadallou, S.B. (2013). Functional Properties of Cowpea (Vigna Ungiculata L.Walp), and Lupin (Lupinus Termis) Flour and Protein Isolates. J. Nutr. Food Sci., 3 (6):234-240.
- Khattab R Y. and Arntfield S D. (2009). Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. LWT - Food Science and Technology, 42, 1113–1118.
- Kinsella, J. E., and Melachouris, N. (1976). Functional properties of proteins in foods: a survey. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 7(3), 219-280.
- Lawal, O.S. (2004). Functionality of African Locust Bean (Parkia biglobssa) Protein Isolate Effects of PH, Ionic Strength and Varios Protein Concentrations. Food Chem., 86: 345-355
- Makri, E.E. Papalmmprou and G. Doxastakis. (2005). Study functional properties of seed storage proteins from indigenous European legume crops (Lupin, pea, and broad bean) in admixture with polysaccharides. Food Hydrocolloids, 19(3): 583-594.
- Martins, S. I., Jongen, W. M., and Van Boekel, M. A. (2000). A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. Trends in Food Science and Technology, 11(9), 364-373.
- Matheis, G., and Whitaker, J. R. (1984). Chemical phosphorylation of food proteins: an overview and a prospectus. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 32(4), 699-705.
- Moongngarm, A.; Sasanam, S.; Pinsiri, W.; Inthasoi, P.; Janto, S. and Pengchai, J. (2014). Functional properties of protein concentrate from Black cowpea and its application. American J. Applied Sciences, 11(10): 1811-1818
- Nadarajan, N. (2011). Vision 2030. Indian Institute of Pulses Research (IIPR) Kanpur-208024. pp 1-2.
- Okezie, O. and Bello, A. (1988). Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate, Journal of Food Science. 53, 450-454.
- Pour-EI, A. (1981). Protein functionality: Classification, definition, and methodology. In: Protein Functionality in Foods, ed. by John P. Cherry, American Chemical Society, Washing, D.C. pp. 1-19.
- Prinyawiwatkul, W.; Beuchat, L.R.; McWatters, K.H. and Phillips, R.D. (1997). Functional Properties of Cowpea (Vigna unguiculata) Flour as affected by soaking, boiling, and fungal fermentation. J. Agric. Food Chem., 45(2):480–486.

- Qayyum, M. M. N. Butt, M.S. Aujum, F.M. And Nawaz, H. (2012). Composition Analysis of some selected legumes for protein isolate recovery. The Journal & Plant sciences, 22(4) page: 1156-1162.
- Ragab, D.M.; Babiker, E.E. and Eltinay, A.H. (2004). Fractionation, solubility and functional properties of cowpea (Vigna unguiculata) proteins as affected by pH and/or salt concentration. Food Chemistry, 84(2): 207– 212.
- Rangel,A.; K. Saraiva; P. Schwengber; M.S. Narciso; G.B. Domont; S.T. Ferreira and C. Oedrosa. (2004). Biological evaluation of a protein isolate from GowPea (Vigna unguiculata) seed. Food Chemistry, 87: 491-499.
- Sathe, S. K., Deshpande, S. S., and Salunkhe, D. K. (1982). Functional properties of lupin seed (Lupinus mutabilis) proteins and protein concentrates.Journal of Food Science, 47(2), 491-497.
- Sathe, S.K. and Salunkhe, D.K. (1981). Functional properties of the great northern bean {Phaseolus vulgaris L) proteins: Emulsion, foaming, viscosity, and gelation properties. Journal of Food Science, 46(1), 71-81.
- Sreerama, Y.N., Sashikala, V.B., Pratape, V.M., Singh, V. (2012): Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their flour functionality. Food Chem.
- Sze-Tao, K.; Sathe, S. (2000). Functional properties and digestibility of almond (L) protein isolate, 153- 160.