# استخلاص البروتينات من بعض انواع البقول ودراسة خواصها الوظيفية

**مها خليل حمود [1] وإيثار زكي ناجي**
قسم علوم الأغذية – كلية الزراعة – جامعة تكريت

## الخلاصـــة

اظهرت نتائج تقدير التركيب الكيميائي للبروتين المعزول من بقول العدس والحمص والماش التي تم الحصول عليها من الاسواق المحلية لمدينة كركوك للموسم الزراعي 2014 – 2015 باستخدام الاستخلاص القلوي عند الرقم الهيدروجيني 9.5 ، ثم الترسيب عند نقطة التعادل الكهربائي (4.5=pH) أن نسبة الرطوبة (4.90, 3.05 ، 2.90) % ونسبة الرماد (2.50 ، 3.36 ، 2.30)% ونسبة البروتين (82.37 ، 76.12 و 79.37) % ونسبة الكربوهيدرات (10.23، 17.47، 15.43) % على التوالي . وبينت نتائج تقدير قابلية الذوبان للبروتين المعزول عند ارقام هيدروجينية تراوحت بين (2 – 10) ارتفاع هذه القابلية عند الارقام الهيدروجينية المتطرفة (عند الارقام الهيدروجينية 2 و 10) وكانت اقصاها عند الرقم (10) إذ بلغت (75، 73، 72) % وادناها عند الرقم الهيدروجيني (4) بقيم بلغت (7.20، 10.30، 9.00) على التوالي، وكانت قابلية امتصاص الماء ( 1.9 ، 1.6 ، 1.8) مل ماء / غم بروتين وقابلية امتصاص الدهن ( 1.8، 2.1، 1.75) مل دهن/ غم بروتين ، وبلغت قابلية الاستحلاب (6.57 ، 14.28 ، 5.84) % وثباتية المستحلب (97.36 ، 97.14 ، 98.21)% على التوالي. واعطت دراسة سعة الرغوة ارقام هيدروجينية مختلفة شملت (4، 5، 6، 7) ، أدنى سعة للرغوة كانت عند الرقم 4 (1.75 ، 3.75 ، 3.28 )% واقصى قيمة عند الرقم 7 (7.07 ، 12.76 ، 13.02)% على التوالي، وكانت ثباتية الرغوة عالية عند جميع الاوقات المدروسة (0 - 2) ساعه ولجميع العينات قيد الدراسة. واضحت نتائج قياس اللزوجة عند درجات حرارية مختلفة شملت (20، 30، 40) مْ إذ انها كانت (1.4) سنتي بويز للمعزول البروتيني للعينات الثلاثة على التوالي، مع حصول انخفاض في اللزوجة مع ارتفاع درجة الحرارة إذ وصلت الى (0.6 ، 0.86 ، 0.71 ) سنتيبويز عند درجة 40 مْ على التوالي .

**الكلمات المفتاحية:**
التركيب الكيميائي، العدس، الحمص، الماش، استخلاص البروتين، الخصائص الوظيفية.

**للمراسلة:**
**مها خليل حمود**
قسم علوم الأغذية – كلية الزراعة – جامعة تكريت– **العراق.**

# Extract Proteins from some Types of Pulses and Study Their Functional Properties

**Maha Khalil Hmod and Ethar Zaki Naji**
Food Sciences Dept.- College of Agric.- Tikrit University

## ABSTRACT

The Results showed the chemical composition of protein isolated from lentil, chickpea and mung bean that have been obtained from the local markets of Kirkuk city agricultural season 2014-2015, using the upper extraction at pH 9.5, has been arranged at the point of the electric tie 4.5=pH the moisture content (4.90, 3.05, 2.90) % and ash content (2.50, 3.36, 2.30)% and protein content (82.37, 76.12, 79.37)% and the percentage of carbohydrates (10.23, 17.47, 14.53)% respectively. The results of estimate the solubility of the protein isolate when hydrogen figures ranging between (2-10) high printability when these figures hydrogen radical when hydrogen figures 10, 2 and you are a prima maximum when the number 10 where he (75, 73, 72) % and the lowest at pH and the values reached (7.20, 10.30, 9.00) respectively. The capacity Water absorption (1.9, 1.6 , 1.8) ml water ⁄ gm of protein, fat absorption and portability (1.8, 2.1, 1.75) ml fat⁄ gm of protein and emulsifying capacity and stability as reached (6.57, 14.28, 5.84)% respectively , while the stability of the emulsion was (97.36, 97.14, 98.21)% respectively. The study gave his best foam at different hydrogen figures included (4, 5, 6,7) the lowest power to foam at the number 4 ( 1.75. 3.75, 3.28)% and maximum values when the figure 7 ( 7.07, 12.76, 13.02)%

**Keywords:**
Chemical composition, Lentil, check pea, mung bean, protein extraction, functional properties.

**Correspondence:**
**Maha Kh. Hmod**
Food Sciences Dept.- College of Agric.- Tikrit University- **IRAQ**.

[1] البحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الاول

respectively. The vegetable foam high at all times careless (2-0) and all samples under study showed the results of measuring the viscosity at different degrees of heat included (20, 30,40) C◦, it was (1.4)cp for the three samples isolated protein under study with a decrease in viscosity with a high degree of heat reaching (0.6, 0.86. 0.71) cp at a temperature of 40 C◦ respectively.

**المقدمة:**

تلعب البقوليات دوراً مهماً في تغذية الأنسان والحيوان، فهي تأتي بعد الحبوب من حيث الأهمية الغذائية وتعد مصدراً مهماً من مصادر البروتين (Venderleyden،2003) ، أضافة الى أنها مصدراً جيداً للكربوهيدرات المعقدة والألياف الغذائية، وتحتوي كميات مهمة من الفيتامينات والمعادن( Tharathanو Mahadevamma، 2003) .

أتبعت العديد من الطرائق لعزل البروتينات من مصادرها المختلفة بما في ذلك البقول والبذور الزيتية والحبوب والمنتجات الحيوانية تبعاً لسلوك ذائبية بروتيناتها، و يعد الأستخلاص القاعدي الأجراء الأكثر شيوعاً للحصول على معزول بروتين نباتي نقي نسبياً مع ارتفاع الحاصل، اذ يتم الأستخلاص تحت ظروف قلوية مخففة وعند ارقام هيدروجينية تتراوح بين 8 – 10 لأجل اذابة البروتين ثم يتم فصلها عن باقي المكونات بواسطة الترسيب عند نقطة التعادل الكهربائي (Horax وآخرون ، 2011) .

تعد البروتينات النباتية ذات أهمية كبيرة في مجال تصنيع وتطوير المنتجات الغذائية لما تتميز به من خواص وظيفية متعددة تؤثر في قبول المستهلك للمنتج النهائي (Sze - Tao و Sathe ، 2000)، وعلى مدى السنوات الثلاثين الماضية ازداد استخدام البروتينات المعزولة من البذور النباتية بشكل كبير بسبب معرفة المزيد من خصائصها الوظيفّة والتصنيعية وقيمتها الغذائية (Rangel وآخرون ، 2004)،ا ذ ان 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 (الرقم الهيدروجيني، درجة الحرارة، وتركيز الملح) او التداخل مع مكونات المادة الغذائية الأخرى (Aluko و Yada ،1997).

تعد نباتات العائلة البقولية (Fabacea) من أهم المصادر البروتينية فهي تحتل المرتبة الثانية من حيث الأهمية بعد العائلة النجيلية (Poaceae) حيث تحتوي بذورها على ما يقارب 33% من البروتين (Vance وآخرون ،2000 ؛ Vanceو Graham،2003) فضلاً عن نسبة عالية من الكربوهيدرات تصل الى 58.2 % والعديد من العناصر المعدنية كالكالسيوم والحديد والفسفور والبوتاسيوم وبعض الفيتامينات كفيتامين $B_1$ و$B_2$ ( حسن،1991؛ Saxena، 1993؛ Bond وآخرون ، 1994)، لذا اكتسبت البقوليات اهمية كبيرة في تصنيع الأغذية نظراً لقيمتها الغذائية العالية والخواص الوظيفية المناسبة، حيث يستخدم البروتين النباتي كبديل للبروتين الحيواني لأرتفاع اسعاره وصعوبة الحصول عليه (Chel Guerrero وآخرون، 2002)، كما ان الأستبدال الجزئي للبروتين الحيواني بالبروتين النباتي للبقول يساهم كثيراً في تحسين القيمة الغذائية بسبب مستوى الكوليسترول الأوطأ في الأغذية النباتية (Guillon و Champ، 1996). وقد استخدمت في الآونة الأخيرة العديد من البقول في المنتجات الغذائية كأستخدام دقيق بذور اللوبيا ومعزولها البروتيني في منتجات المخابز لرفع نسبة البروتين في هذه المنتجات (Mustafa وآخرون، 1986)، وأستخدام فول الصويا واللوبيا في تدعيم الحبوب مثل الذرة والقمح وذلك لرفع نسبة اللآيسين في الأغذية التي تشكل الحبوب فيها المكون الرئيس (Akubor و Badifu، 2004) ونظراً لأهمية البروتينات المعزولة من البقول وتعدد استخداماتها، لذا هدفت هذه الدراسة الى تقدير التركيب الكيميائي لأنواع من البقول المستخدمة في العراق وعزل بروتيناتها ودراسة خواصها الوظيفية بهدف محاولة الاستفادة من الفائض الكمي والتالف النوعي من هذه البقول .

**المواد وطرائق العمل:**

**– تحضير العينات:**

استخدمت في الدراسة عينات كل من بقول العدس Lentil (*Lens culinaris* ) والحمص Chick pea (*Cicer arietinum* ) والماش Mung bean (*Viga radiate* ) التي تم الحصول عليها من الأسواق المحلية لمدينة كركوك للموسم الزراعي 2014 – 2015، وبعد تنظيف العينات من جميع الشوائب والأتربة والبذور الأخرى ، جرشت بأستخدام المطحنة الكهربائية

للحصول على مسحوق هذه البقول ، ثم عبئت في أكياس من البولي أثلين محكمة الأغلاق ثم حفظت في درجة حراره الثلاجة لحين الأستخدام .

– **تحضير الكسبة المنزوعة الدهن :**

تمت عملية ازالة الدهن من مسحوق جميع العينات قيد الدراسة كل على حدة بوساطة جهاز السوكسليت وبأستخدام الهكسان كمذيب لمده 3 - 5ساعات لحين استخلاص الدهن بشكل كامل كما وصفها (Tunkara وآخرون ، 2013) ، بعدها جففت العينات منزوعة الدهن للتخلص من المذيب من طريق نشرها بشكل طبقة رقيقة على صفيحة من ورق الألمنيوم عند درجة حرارة الغرفة لحين الجفاف التام ، ثم طحنها وتمريرها من خلال منخل بحجم (1ملم ) للحصول على مسحوق كسبة متجانسة من هذه البقول بعدها عبئت في اكياس من البولي اثلين محكمة الغلق وحفظت في درجة حرارة الثلاجة لحين الأستخدام .

– **تحضير المعزول البروتيني :**

استخلصت البروتينات من مسحوق الكسبة منزوعة الدهن لجميع العينات قيد الدراسة حسب ماذكره ( Makri و Doxastakis، 2006) وذلك بخلط مسحوق الكسبة مع الماء المقطر بنسبة (1 : 10) ثم تعديل الرقم الهيدروجيني له الى (9.5) بأستخدام محلول 1عياري من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) ، جنس الخليط بأستعمال الهزاز الكهربائي ولمده 2 ساعة ، بعدها نبذ المحلول مركزياً عند السرعة 4000 دورة / دقيقة لمده 20 دقيقه وعند درجة حرارة الغرفة ، ثم جمع الراشح وتم خفض الرقم الهيدروجيني له الى رقم هيدروجيني (4.5) وذلك بأستخدام محلول 1عياري من حامض الهيدروكلوريك (HCl) ، وبعد النبذ المركزي عند السرعة 4000 دورة / دقيقة عند درجة حرارة الغرفة ولمدة 20 دقيقة ، اهمل الراشح واخذ الراسب ثم غسل بالماء المقطر وترك ليجف ثم طحن للحصول على مسحوق متجانس وعبأ في أكياس من البولي اثلين محكمة الغلق وحفظ في درجة حرارة المجمدة لحين الأستخدام.

**التقديرات الكيميائية للمعزول البروتيني :**

– **تقدير نسبة الرطوبة:** تم تقدير نسبة الرطوبة للمعزول البروتيني للعينات قيد الدراسة حسب ماورد في (AOAC، 2008) .

– **تقدير نسبة البروتين :** قدرت نسبة البروتين للعينات المحدده بأستخدام طريقة الميكروكلدال وحسب ماذكر في (AOAC، 2008) .

– **تقدير نسبة الرماد:** قدرت نسبة الرماد في المعزول البروتيني للعينات قيد الدراسة وكما ورد في (AOAC، 2008) .

– **تقدير نسبة الكاربوهيدرات الكلية:** قدرت نسبة الكاربوهيدرات في المعزول البروتيني للعينات قيد الدراسة وذلك بالفرق وحسب ماورد في (AOAC، 2008).

**تقدير الخصائص الوظيفية:**

– **تقدير ذوبانية البروتين:** تم تقدير ذوبانية البروتين للمعزول البروتيني لجميع العينات قيد الدراسة بأعتماد الطريقة المقترحة من قبل ( ognuwolu وآخرون ، 2010) وذلك بتحضير محلول 1% (وزن :حجم ) في محاليل ذات مدى مختلف من الأرقام الهيدروجينية يتراوح بين (2 - 10) وذلك بأستخدام محلول 1 عياري من هيدروكسيد الصوديوم او حامض الهيدروكلوريك حسب الحاجة ، وبعد التحريك بأستعمال الهزاز الكهربائي ولمدة 30 دقيقة عند درجة حرارة الغرفة ، نبذ المحلول مركزياً عند السرعة 10.000دورة/دقيقة لمدة 10 دقائق ، ثم اهمل الراسب وأخذ الراشح وقدرت فيه النسبة المئوية للبروتين بأستخدام طريقه المايكروكلدال وكما وردت سابقاً وتم حساب نسبة الأذابة بأعتماد القانون الأتي :

% الأذابة = (المحتوى البروتيني للراشح / المحتوى البروتيني للمركز البروتيني ) × 100

– **تقدير قابلية امتصاص الماء:** أتبعت الطريقة المقترحة من قبل ( Bernhardt ,El-khalifa ، 2010 ) في تقدير قابلية امتصاص الماء وذلك بمزج 10 مل من الماء المقطر مع 0.5غم من المعزول البروتيني لجميع العينات قيد الدراسة لمدة 30 ثانية ، ثم تركت العينات عند درجة حراره الغرفة لمدة 30 دقيقة ثم نبذت مركزياً عند السرعة 4000 دورة / دقيقة لمدة 15 دقيقة وعند درجة حرارة الغرفة ، بعدها تم حساب حجم الماء غير الممتص الذي تم استلامة في أسطوانة مدرجة لمعرفة حجم الماء الممتص (مل / غرام عينة ) وتقدير قابلية امتصاص الماء وكما يأتي :

قابلية امتصاص الماء = (حجم الماء الأصلي – حجم الماء المستلم) / وزن العينة

– **تقدير قابلية ربط الدهن :** رج 0.5 غم من المعزول البروتيني لجميع العينات قيد الدراسة مع 10 مل من زيت زهرة الشمس (تركي الصنع ) مجهز من الأسواق المحلية لمدة 30 ثانية وتركت العينات لمدة 30 دقيقة عند درجة حرارة الغرفة ثم فصلت بالنبذ المركزي وعند السرعة 4000 دورة /دقيقة ولمدة 30 دقيقة وتم حساب حجم الزيت المرتبط (مل / غرام عينة ) من خلال استقبال الزيت غير الممتص في اسطوانة مدرجة وحسب الطريقة التي ذكرها (El-khalifa و Bernhardt ، 2010 )

قابلية امتصاص الدهن = (حجم الزيت الأصلي – حجم الزيت المستلم ) / وزن العينة

– **تقدير سعة وثباتية الرغوة :** تم تقدير سعه وثباتية الرغوه لجميع العينات المحددة قيد الدراسة وفقاً لما ذكره (Ahmed وآخرون ،2011) اذ تم خفق 1 غم من كل عينة مع 100 مل من الماء المقطر وعند أرقام هيدروجينية شملت 4 و 5 و 6 و 7 وذلك بأستخدام محلول 1عياري من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) او حامض الهيدروكلوريك (HCl) حسب الحاجة ، وذلك في خلاط مختبري لمدة 5 دقائق ، وتم متابعة حجم الرغوة في فترات زمنية مختلفة شملت (0 و 0.5 و 1.0 و 1.5 و 2) ساعة وتم حساب سعة وثباتية الرغوة بأعتماد القانون التالي :–

$$\% \text{ سعة وثباتية الرغوة} = \frac{\text{الحجم بعد الخفق (مل )} - \text{الحجم قبل الخفق (مل )}}{\text{حجم المحلول قبل الخفق}} \times 100$$

– **تقدير خاصية الأستحلاب :** قدرت قابلية المعزول البروتيني لجميع العينات قيد الدراسة في تكوين المستحلب وفقاً لما ذكره (Fekria وآخرون ، 2012) وذلك بخلط 0.7غم من العينة المحددة مع 50 مل ماء مقطر و50 مل من زيت زهرة الشمس في خلاط كهربائي لمده 5 دقائق وضبط الرقم الهيدروجيني عند 7 باستعمال 0.5 عياري NaOH، وتم تقدير القابليه على تكوين المستحلب حسب القانون الآتي :–

$$\% \text{ قابلية الأستحلاب} = \frac{\text{الارتفاع بعد الخلط} - \text{الارتفاع قبل الخلط}}{\text{الارتفاع قبل الخلط}} \times 100$$

وتم تقدير ثباتية المستحلب وذلك بتسخين الخليط في حمام مائي عند درجة حرارة 90 مْ لمده 30 دقيقة ثم التبريد المباشر بماء الحنفية وتم حساب الثباتية حسب المعادلة الأتية:

% ثباتية الأستحلاب = (الحجم بعد التسخين / الحجم قبل التسخين) × 100

– **تقدير اللزوجة:** قدرت لزوجة العينات المحددة قيد الدراسة عند درجات حرارية مختلفة شملت (20، 30، 50) مْ بأستخدام جهاز Ostwald Viscometer وبأتباع طريقة (Sathe و Salunknel ، 1981) وأستعملت جداول (Melvin و Weast ، 1983–1982) لمعرفة كثافة ولزوجة الماء عند درجات حرارة مختلفة، وحضرت محاليل العينات قيد الدراسة بتركيز 1% ووضعت في جهاز قياس اللزوجة وحسب الوقت اللازم لمرور المحلول خلال الأنبوب الشعري واخذ متوسط ثلاث قراءات للوقت بعدها تم تقدير اللزوجة من خلال المعادلة:

$$\frac{V2}{V1} = \frac{D2\ T2}{D1\ T1}$$

**حيث تمثل**

$T_1$ ، $D_1$ : الوقت اللازم لمرور الماء خلال الأنبوب الشعري والكثافة النوعية للماء.

$T_2$ ، $D_2$ : الوقت اللازم لمرور المحاليل خلال الأنبوب الشعري والكثافة النوعية للمحاليل.

$V_1$ ، $V_2$ : اللزوجة النسبية للماء واللزوجة النسبية للمحاليل.

**النتائج والمناقشة:**

**– التركيب الكيميائي للمعزول البروتيني لبقول العدس والحمص والماش.**

نلاحظ في الجدول (1) ان نسبة الرطوبة في المعزول البروتيني للعدس والحمص والماش كانت 4.90% و 3.05 % و 2.90 %على التوالي . تقاربت نسبة الرطوبة للمعزول البروتيني للحمص مع ماوجده Viogne وآخرون ،(1998) والبالغة 3.3 % . ونسبه الرطوبة في المعزول البروتيني للماش مع ماذكر في JAOCS ، (1998) والتي كانت 3.3 % .

يلاحظ في الجدول نفسه تفوق الحمص بامتلاكه اعلى نسبة رماد مقارنة مع انواع البقول الأخرى قيد الدراسة وهذا قد يدل على انه الأغنى بالعناصر المعدنية ، وقد بلغت نسبة الرماد في المعزول البروتيني للعدس والحمص والماش 2.50 % و 3.36 % و 2.30 % على التوالي . ان نسبة الرماد في المعزول البروتيني للحمص تتقارب مع ماوجده Mondor ، (2010) اذ بلغت 3.47 % ، اما نسبة الرماد في المعزول البروتيني للماش فتتقارب مع ماذكر في JAOCS ، (1998) والبالغة 2.8%.

**جدول (1) التركيب الكيميائي للبقول الكاملة والمعزول البروتيني لانواع البقول.**

| العينات | | الرطوبة % | البروتين % | الرماد % | الكاربوهيدرات % |
|---|---|---|---|---|---|
| العدس | البقول الكاملة | 11.5 | 25.81 | 2.35 | 54.95 |
| | المعزول البروتيني | 4.9 | 82.37 | 2.5 | 10.23 |
| الحمص | البقول الكاملة | 9.4 | 21.06 | 3.25 | 56.43 |
| | المعزول البروتيني | 3.05 | 76.12 | 3.36 | 17.47 |
| الماش | البقول الكاملة | 10.5 | 23.68 | 3.85 | 56.38 |
| | المعزول البروتيني | 2.9 | 79.37 | 2.3 | 15.43 |

يظهر الجدول (1) ايضاً نسبة البروتين في المعزول البروتيني لأنواع البقول وهو هدفنا الأساسي، وكما يتضح امتلاك العدس اعلى نسبة بروتين يليه الماش ثم الحمص، اذ بلغت نسبة البروتين في المعزول البروتيني للعدس 82.37 %، وقد اشار Qayyum وآخرون ،(2012) الى ان نسبة البروتين في المعزول البروتيني للعدس هي 84.66% ، واشار Hsu وآخرون ، (1982) الى نسبة بلغت 86.3 % ، ويعزى الفرق في النسب الى أختلاف الأصناف والظروف البيئية والطرق التحليلية المستخدمة كما اكدته الدراسات السابقه (Bampidis و Christodonly ، 2011) . اما نسبة البروتين للمعزول البروتيني للحمص فقد بلغت 76.12% ، واشار Qayyum وآخرون ، (2012) الى ان نسبة البروتين هي 73.14% ، اما نسبة البروتين للمعزول البروتيني للماش فكانت 79.37 % ، وقد اشير في JAOCS ، (1998)الى ان نسبة البروتين هي 75.0% .

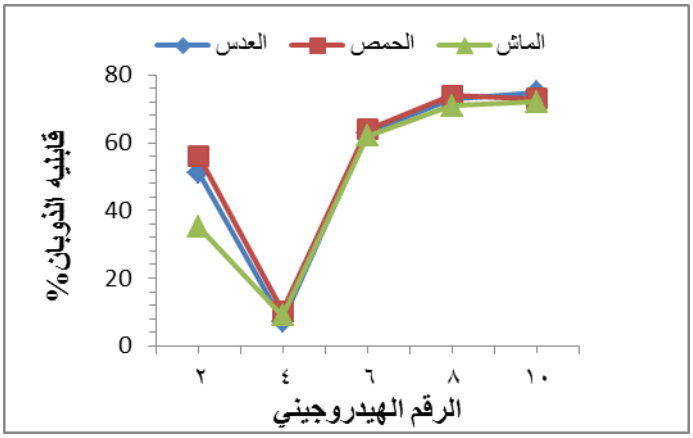
يلاحظ في الجدول نفسه ان نسبة الكربوهيدرات في المعزول البروتيني للعدس والحمص والماش بلغت 10.23% و17.47 % و 15.43% على التوالي. اشار Viogne وآخرون، (1998) ان نسبة الكربوهيدرات في المعزول البروتيني للحمص بلغت 15.2 % ، . بينما اشار JAOCS ، (1998) الى ان نسبة الكربوهيدرات في الماش بلغت 18.9% .

**الخصائص الوظيفية:**

**– قابليه الذوبان:**

يوضح الشكل (1) قابلية الذوبان للمعزول البروتيني لكل من العدس والحمص والماش عند ارقام هيدروجينية مختلفة تراوحت بين (2 - 10) ، وكما يلاحظ سلوك المعزول البروتيني للبقول قيد الدراسة سلوكاً متشابهاً ، حيث يلاحظ الوصول الى أدنى قابلية ذوبان عند الرقم الهيدروجيني (4) بنسب بلغت 7.2% و 10.3% و 9% لكل من العدس والحمص والماش على التوالي ، وزيادة قابلية الذوبان مع انخفاض وارتفاع الرقم الهيدروجيني حيث بلغت 51 % و 56 % و 35 % عند الرقم الهيدروجيني (2 ) و 75 % و 73 % و 72 % عند الرقم الهيدروجيني (10) لمعزول بروتين المحاصيل الثلاثة على التوالي .

اشار Suliman وآخرون ، (2006) ان قابلية الذوبان لبروتين العدس عند رقم هيدروجيني تراوح بين 4.5 – 5 قد بلغت (8.1 – 23.6)% ، وكانت قابلية الذوبان عند الرقم (2) بحدود (58 – 63)% ووصلت عند الرقم الهيدروجيني (12) الى اقصى قيمه لها والبالغة 88% . ووجد Aurelia، (2009) ان اقصى قابلية ذوبان للمركز البروتيني للحمص عند الرقم الهيدروجيني (5 - 4) بلغت 12.5% ، ووصلت قابلية الذوبان عند الرقم الهيدروجيني (11.8) الى 85.7% للمعزول البروتيني ، اما عند الرقم الهيدروجيني (1.8) فكانت قابلية الذوبان 58.9% و 53.2% لطحين الحمص الكامل ومعزوله البروتيني على التوالي ، ولاحظ Butt و Battol (2010) ان قابلية ذوبان بروتين الماش عند الرقم الهيدروجيني 7 قد بلغت 72% .

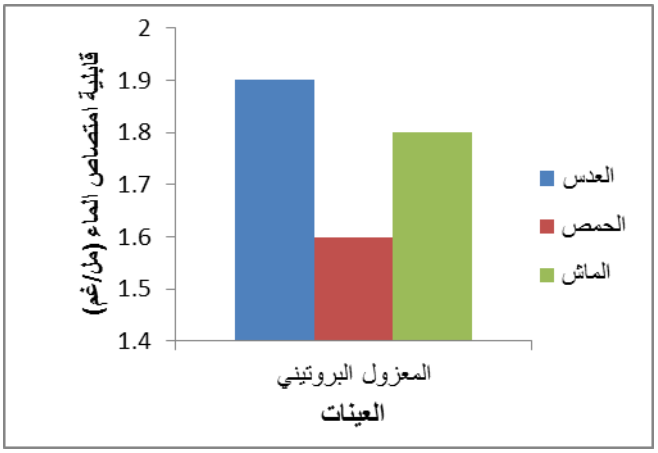



**شكل(1) تأثير الرقم الهيدروجيني في قابلية ذوبان المعزول البروتيني لبقول العدس والحمص والماش .**

ان الاختلاف في نسب قابلية الذوبان عن ما ورد في الدراسات السابقة قد يعود الى اختلاف الأصناف المستخدمة ، اما انخفاض قابلية الذوبان عند الرقم الهيدروجيني (4) فقد يعزى الى كونه قريب من نقطة التعادل الكهربائي لهذه البروتينات والتي تشكل فيها الأحماض الأمينية المكونة للبروتينات تراكيب لا أيونيه (Kinsella ، 1979) كما ان زيادة قابلية الذوبان بزيادة او انخفاض الرقم الهيدروجيني قد يعود الى زيادة محصلة الشحنة للبروتين نتيجة تحول الأحماض الأمينية الى الشكل المتأين وبالتالي زيادة قابلية الذوبان ، حيث اشارت الدراسات الى زيادة قابلية الذوبان عند ابتعاد الرقم الهيدروجيني عن نقطة التعادل الكهربائي باتجاه القاعدي او الحامضي ، وتزداد هذه القابلية كلما زاد تطرف الرقم الهيدروجيني ويكون نحو القاعدية اعلى مما هو عليه نحو الحامضية (Ge وآخرون ، 2005 ؛ Mour وآخرون ، 2006).

**– قابلية امتصاص الماء:**

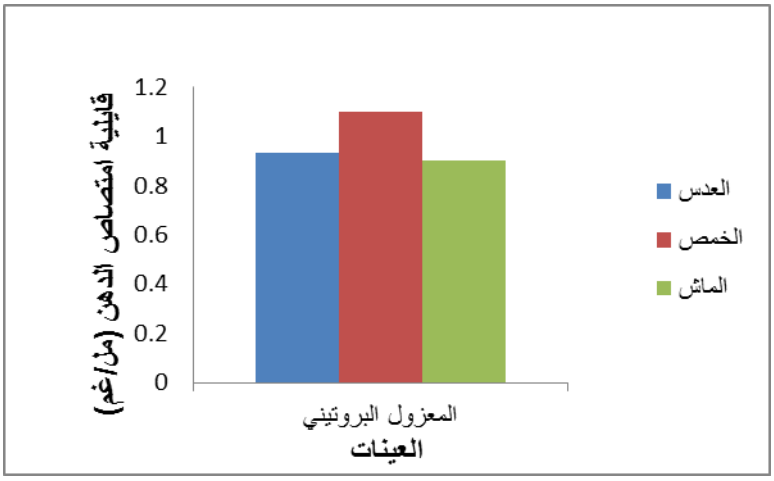
يلاحظ من الشكل (2) تميز معزول العدس بامتلاكه أعلى قابلية أمتصاص للماء بلغت 1.9 مل ماء/ غم بروتين مقارنة مع معزول الحمص والماش والبالغة (1.6 و 1.8)مل ماء/ غم بروتين. واشار كل من Suliman وآخرون ،(2007 ) و Escamilla-Silla ، (2003) الى ان قابلية امتصاص الماء لبروتين العدس تراوحت بين (1.9– 2.2) مل ماء / غم بروتين و 1.84% مل ماء / غم بروتين على التوالي ، وتوصل Qayyum، (2009) الى قابليه امتصاص بلغت 2.24 مل ماء /غم بروتين ، 1.66 مل ماء / غم بروتين لكل من الحمص والعدس على التوالي . اما كل من EL-Adaway (2000) و Butt و Battol ، (2010) و Li وآخرون ، (2009) فتوصلوا الى قابلية امتصاص لبروتين الماش بلغت 200 % و 160% و 2.10 مل ماء / غم بروتين على التوالي . وقد اشار Torrco-Uco و Betance-Aucone ، (2007) الى ان امتصاص الماء يعتمد بالدرجة الأساس على تركيز البروتين والنشأ والألياف، أن اختلاف البروتينات في قابليتها لأمتصاص الماء قد يعزى الى اختلاف محتواها من الأحماض الأمينية القطبية ، وقد اشارت العديد من الدراسات الى تأثير عوامل عدة في قابلية امتصاص الماء للبروتين منها درجة ارتباط البروتينات مع بعضها ، وحجم الجزيئة البروتينية والذي يحدد كمية الماء التي يحصرها البروتين ، اضافة الى المجاميع القطبية ( المحبة للماء ) في جزيئة البروتين ( Aurelia ، 2009) ، فضلاً عن التركيب الكيميائي للبروتين وارتباطه مع بقية المكونات كالدهن والسكريات والتانينات وغيرها (Han و Khan ، 1995)، وأكد Kuntz، (2010) على ان الأنخفاض في قابلية امتصاص الماء يكون بسبب قلة الأحماض الأمينية القطبية . تعد قابلية امتصاص الماء العالية خاصية جيده في العديد من التطبيقات منها صناعة الخبز، وصناعة الشوربات والمعجنات وغيرها (Sreerama وآخرون، 2012 ).




**شكل (2) قابلية امتصاص الماء للمعزول البروتيني لبقول العدس والحمص والماش.**

**– قابليه ربط الدهن:**

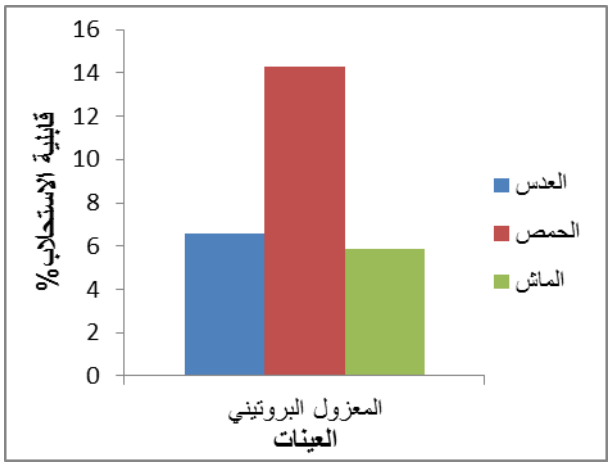
يوضح الشكل (3) امتلاك المعزول البروتيني للحمص بأعلى قابلية ربط للدهن بلغت 1.1 مل دهن/ غم بروتين بالمقارنة مع (0.93 و 0.9) مل دهن/ غم بروتين لكل من معزول العدس والماش على التوالي . اشار Suliman وآخرون ، الى ان قابلية ربط الدهن لبروتين العدس تراوحت بين (1.9– 2.0) مل دهن / غم بروتين، في حين توصل(Al-Edaway ، (2000) ; Sai - Ut وآخرون ، (2009) ; Butt و Battol ، (2010) الى ان قابلية ربط الدهن لبروتين الماش بلغت (135% و 2.06 مل دهن / غم بروتين و 113%) على التوالي ، ان الأنخفاض في قابلية ربط الدهن يعود الى الفرق الكبير في التوزيع بين المجاميع الكاره للماء نسبة الى الأحماض الأمينية القطبية على سطح الكتلة البروتينية (Sathe وآخرون ، 1982) . واوضح Aurelia ، (2009) أن قابلية ربط الدهن تتأثر بعوامل عدة منها قابلية ذوبان البروتين و درجة دنترة البروتين، كما أشار Benítez وآخرون، (2013) أن قابلية ربط الدهن يعتمد على مدى توفر الأحماض الأمينة والسلاسل غير القطبية الجانبية ومكونات الألياف الغذائية . ان بروتين البقول له قابلية عالية لأمتصاص الماء وربط الدهن بسبب احتواءه على الأحماض الأمينية القطبية وغير القطبية لذلك فهو ذو كفاءه عالية في تحسين نوعية وصفات الأغذية المصنعة (Qayyum، 2009) .




**شكل (3) قابلية امتصاص الدهن للمعزول البروتيني لبقول العدس والحمص والماش.**

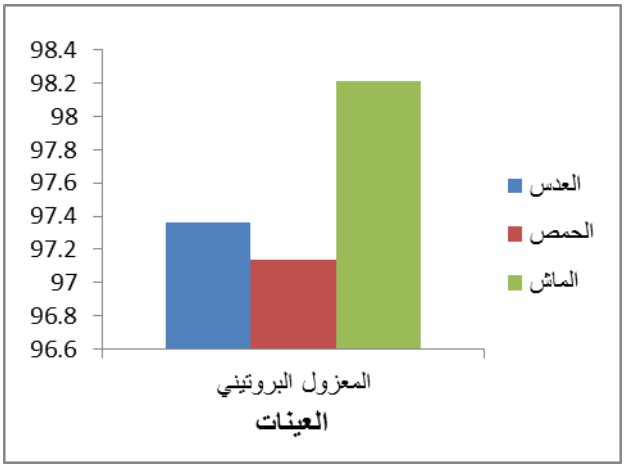
**– خاصية الاستحلاب:**

يظهر الشكل (4) تميز الحمص بأعلى قابلية على الأستحلاب مقارنة بالعدس والماش إذ بلغت 6.57% و 14.28% و 5.84% للمعزول البروتيني للعدس والحمص والماش على التوالي. أن خواص الأستحلاب تختلف حسب المجاميع المحبة للدهن والوزن الجزيئي للكتلة واستقرار التراكيب اضافة الى الخواص الفيزيوكيميائية مثل الرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة (Qayyum، 2009) .




**شكل (4) قابلية الاستحلاب للمعزول البروتيني لبقول العدس والحمص والماش.**

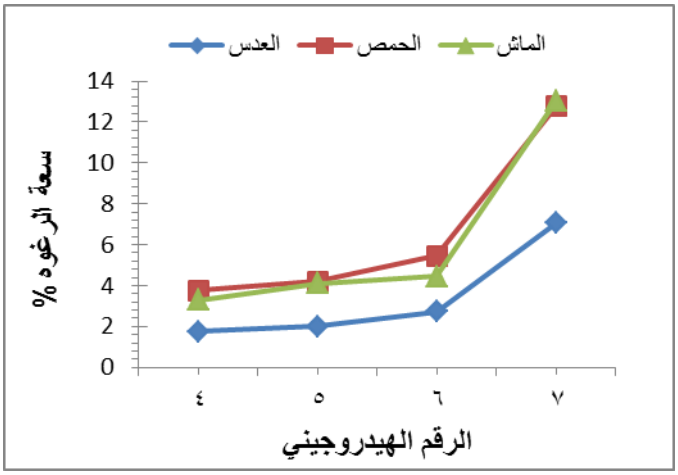
اما ثباتية الاستحلاب فتوضح في الشكل (5) ويلاحظ فيه تميز المعزول البروتيني للماش بأمتلاكه أعلى ثباتيه بلغت 98.21% مقارنة مع المعزول البروتيني للعدس والحمص والبالغة 97.36% و 97.14% على التوالي. ان ثباتية المستحلب تعتمد في الأساس على تكوين طبقة مشحونة عن طريق البروتينات الذائبة حول قطرات الزيت مؤدية الى تنافر القطرات مع بعضها ، حيث ترتبط المناطق الكارهة للماء الموجودة في البروتين بالسطح البيني للدهون في حين ترتبط الطبقة الأيونية مع سطح الوسط السائل (Emmanuel وآخرون ، 1998) ، حيث يتمتع البروتين الذي يمتلك سطح فعال بقابليه على تكوين الأستحلاب وثباتيته عن طريق القوه الألكتروستاتيكية المستقرة على سطح قطره الدهن (Makri وآخرون، 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 وآخرون، 2005).




**شكل (5) ثباتية الاستحلاب للمعزول البروتيني لبقول العدس والحمص والماش.**

**– سعه وثباتيه الرغوة:**

يوضح الشكل(6) قابلية المعزول البروتيني للعدس والحمص والماش على تكوين الرغوة عند ارقام هيدروجينية مختلفة تتراوح بين (4 – 7). ويلاحظ فيه أمتلاك معزول الحمص اعلى سعة رغويه بلغت 3.75%مقارنة مع معزول العدس والماش البالغة 1.75% و 3.28% على التوالي عند الرقم الهيدروجيني 4 . كما أزدادت الرغوة تدريجياً مع ارتفاع الرقم الهيدروجيني ، وأصبح للماش اعلى سعة رغويه بلغت 13.02% مقارنة مع سعة الرغوة للمعزول البروتيني للعدس والحمص البالغة 7.07% و 12.76% على التوالي عند الرقم الهيدروجيني 7 ، كما يلاحظ امتلاك كل من معزول الحمص والماش قابلية متقاربة في تكوين الرغوة ، وأنخفض عنهما معزول العدس في هذه القابلية ان الرغوة تعتمد على انتشار البروتين في الماء والقابلية على تكوين اغشيه متماسكه وسميكة حول فقاعات الهواء(Damodaran، 1997). وأوضح Makri و Doxastakis (2006) ان خواص الرغوة تعتمد على طريقه تحضير المعزول البروتيني والرقم الهيدروجيني المستخدم . ان الأنخفاض في القابلية على تكوين الرغوة تكون بسبب انخفاض القوه الهيدروستاتيكية وقلة الذوبانية فضلاً عن وجود ارتباطات بين جزيئه بروتين – بروتين كبيرة (Kinsella وآخرون، 1985) فضلاً عن كمية ونوعية البروتين إذ أن السبب في زيادة سعة الرغوة يعود الى تكوين أغشية بروتينية سطحية مؤدياً الى زيادة في المساحة السطحية الفاصلة بين الماء والهواء وهذا ما يشجع على تغليف فقاعات الهواء (Damodaram، 1997) .

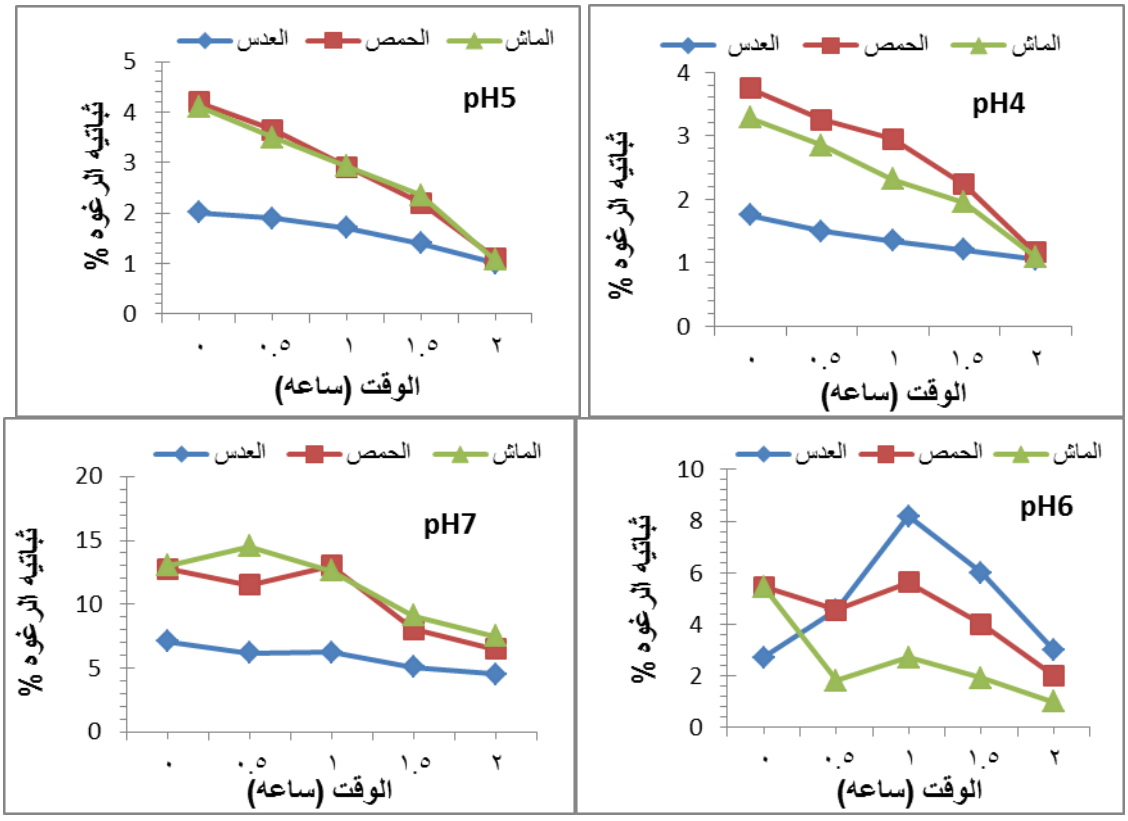



**شكل(6) تأثير الرقم الهيدروجيني في سعة الرغوة للمعزول البروتيني لبقول العدس والحمص والماش .**

يوضح الشكل (7) ثباتية الرغوة للمعزول البروتيني للعينات قيد الدراسة وعند الأرقام الهيدروجينية ولأوقات تراوحت بين (0 – 2) ساعة، وكما يلاحظ أن أفضل ثباتية كانت عند الرقم الهيدروجيني 7 وهكذا نزولاً مع أنخفاض الرقم الهيدروجيني ، وكما يلاحظ من الأشكال أن المعزول عند الأرقام الهيدروجينية 4 و 5 قد أعطى سلوكاً متشابهاً وكانت أقصاها عند الوقت 0 ثم

أنخفضت مع زيادة الوقت لتصل الى أدناها عند الوقت 2 ساعة وبالنسب 1.05% و 1.16% و 1.09% عند الرقم الهيدروجيني 4 و 1.00% و 1.12% و 1.07% عند الرقم الهيدروجيني 5 ، كما أختلف سلوك المعزول البروتيني عند الأرقام الهيدروجينية 6 و 7 حيث أرتفعت الثباتية ثم أنخفضت لتصل أدنى مستوياتها أيضاً عند الوقت 2 ساعة الى النسب 3 % و 2% و 1.0% عند الرقم 6 و 4.5% و 6.5 % و 7.5% عند الرقم الهيدروجيني 7 . مع ملاحظة تميز معزول العدس بأعلى ثباتية عند الرقم 6 وعند الوقت 1ساعة بنسبة بلغت 8.18% وتميز الماش بأعلى ثباتية عند الرقم 7 وعند الوقت 0.5 ساعة بنسبة بلغت 14.5% .

أن أنخفاض ثباتية الرغوة عند الرقم الهيدروجيني 4 قد يعود الى أن هذا الرقم يمثل نقطة التعادل الكهربائي ، حيث اشار Mao وHua ، (2012) الى انخفاض خصائص الرغوة عند نقطة التعادل الكهربائي، واشار Kaur و Singh ، (2007) الى ان القابلية العالية على تكوين الرغوة مع قله في الثباتية يمكن ان يكون بسبب دنترة البروتين. ان ارتفاع قيمه الرقم الهيدروجيني عن 4 يؤدي الى زياده في صافي شحنه البروتين التي تعمل على زياده ذائبيه البروتين ومرونته والتي تسمح للبروتين بالأنتشار على سطح الماء بصورة اسرع مغلفةً جزيئات الهواء وبالتالي تكوين الرغوة (Lawal وآخرون، 2005) . حيث تعتمد ثباتية الرغوة على أن يكون الغشاء البروتيني المحيط بالفقاعات الهوائية متماسك وثخين ولزج ، لذا فقد يعود سبب أنخفاض الثباتية الى تنافر الشحنات بين جزيئات البروتين والذي ينتج عنه انخفاض في تماسك الأغشية البروتينية ومن ثم أنخفاض ثباتية الرغوة.

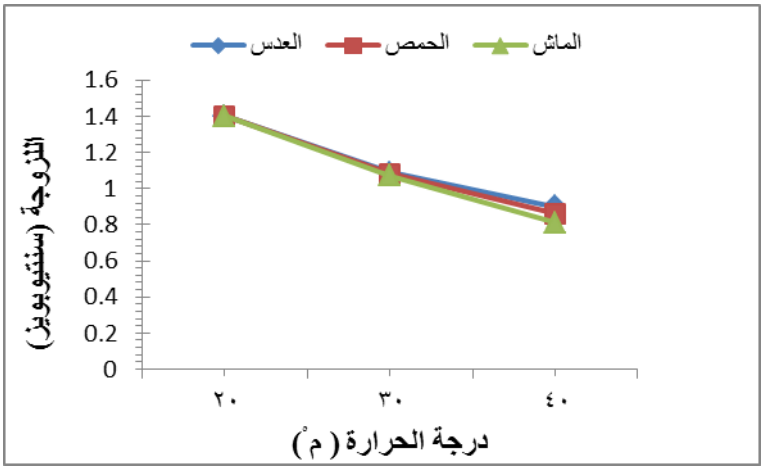



**شكل (7) تأثير الرقم الهيدروجيني في ثباتية الرغوة للمعزول البروتيني لبقول العدس والحمص والماش.**

**– اللزوجة :**

يبين الشكل(8) فيوضح لزوجة المعزول البروتيني للعينات وعند درجات حرارية متدرجة تراوحت بين (20 – 40 ) مْ ، ويظهر الشكل تساوي اللزوجة للمعزول البروتيني للعدس والحمص والماش عند درجه الحرارة 20 مْ أذ بلغت 1.4سنتيبويز، ثم انخفضت تدريجياً مع زيادة درجة الحرارة حتى وصلت عند 40 مْ (0.6 و0.86 و 0.71 ) سنتيبويز لكل من العدس والحمص والماش على التوالي . ان انخفاض اللزوجة مع ارتفاع درجة الحرارة قد يعزى الى تأثير درجة الحرارة حيث تمثل اللزوجة المقاومة

التي يبديها السائل نتيجة للأحتكاك الداخلي الموجود بين جزيئات السائل ، وتعد الحرارة من العوامل المؤثرة في دنترة البروتين أضافة الى الضرر النشوي (Singh ، 2011) ، وتستخدم اللزوجه كمؤشر عن التغير التركيبي للبروتين عند استخدامها في الأغذية ، وكذلك الخواص الوظيفية في الأغذية المدعمة بالبروتين (Kinsella، 1979) . اما الزيادة في لزوجة المحلول البروتيني فقد تعزى الى ربط الجزيئات البروتينية لكميات كبيرة من الماء وأن ارتفاع درجة الحرارة للمحلول البروتيني تقلل من ربط الجزيئات البروتينية للماء ومن ثم يؤدي الى انخفاض اللزوجة (Yu وآخرون ، 2007).




**شكل (8) تأثير درجة الحرارة على لزوجة المعزول البروتيني لبقول العدس والحمص والماش.**

**المصادر :**

**حسن، أحمد عبد المنعم (1991) .** أساسيات تربية النبات .الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة.

**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 , S.H.; Ahmed,I. A. M.; Eltayeb, M.M.; Ahmed, S.O. and Babiker , E.E. (2011) .** Functional properties of selected legumes flour as influenced by pH. Journal of Agricultural Technology , 7(5): 1291-1302.

**Akubor ,P.I., (2004).** Protein contents, Physical, and sensory properties of Nigerian snack foods( cack,chin and Puff-Puff) prepared from Gowpea - Wheat flour blends Int.J. Food Sci. Technol. 39:419-424 .

**Akubor PI and Badifu GIO (2004).** Chemical composition, functional properties and baking potential of African breadfruit kernel and wheat flour blends. International *Journal of Food Science and Technology*, 39: 223-229.

**Aluko, R.E. and R.Y. Yada , (1997).** Some physicochemical and functional properties of Gowpea *(Vigna unguiculata)* isoelectric protein isolate as afunction of pH and salt concentration. Int .J. Food Sci. Nutr.,48:31-39 .

**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.

**Bampidis, V.A. and V. Christodoulou. 2011.** Chickpeas (*Cicer arietinum*) in animal nutrition: A review. Anim. Food Sci. Technol. 168:1-20.

**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.

**Bond, D. A.; G. J. Jellis; G. G. Rowland; L.D. Robertson; S.A. Khalil and L. Li-Juan (1994).** Present status and future strategy in breeding faba bean (*Vicia faba* L.) for resistance to biotic and abiotic stresses. Euphytica 73:151-166.

**Butt,M.S. and Battol, R. (2010) .** Nutritional and functional properties of some Promising Legumes Protein Isolates Pakistan Journal of Nutrition 9(4) : 373-379

**Chel-Guerrero, L. Perezflores, V., Bentacur-Ancona, D. and Davilla-Ortiz, G. (2002).** Functional properties of flours and protein isolates from *Phaseolus lunatus* and*Canavalia ensiformis* seeds. J. Agric. Food Chem., 50: 584-591.

**Damodaram , S. (1997) .** Food Protien and their Applications, 1st ed .; Dekker, M.,Paraf, A., Eds. CRC Press: New York, USA,; pp. 1-21.

**El- Adawy,T.A., (2000) .** Functional properties and nutritia al quality of acetylated succinylated Mung bean protein isolate . Food Chem., 70:83-91 .

**Elkhalifa, A. E. O. and Bernhardt, R. 2010.** Influence of grain germination on functional properties of sorghum flour. Food Chemistry, 12: 387–392.

**Emmanuel ,T.A.; Kayode, O.E. and Aladesanmi, A.O. (1998) .** Emulsifying properties of some legume proteins. J.Food Sci. Technol 33:239-246.

**Escamilla-Silva E.M., Guzman-Maldonado S.H., Cano-Medinal A. and Gonzalez-Alatorre G. (2003).** Simplified process for the production of sesame protein concentrate. Differential scanning calorimetry and nutritional, physicochemical and functional properties. Journal of the Science of Food and Agriculture, 83, 972–979.

**Fatoumata Tounkara, Tidjani Amza, Camel Lagnika, Guo-Wei Le, and Yong-Hui Shi, 2013.** Extraction, characterization, nutritional and functional properties of Roselle (*Hibiscus sabdariffa Linn*) seed proteins**,** Songklanakarin J. Sci. Technol. 35 (2), 159-166

**Fekria, A. M., Isam, A. M. A., Suha, O. A. and Elfadil, E. B.(2012).** Nutritional and functional characterization of defatted seed cake flour of two Sudanese groundnut (*Arachis hypogaea*) cultivars. International Food Research Journal 19(2): 629-637 .

**Graham PH, Vance CP (2003).** Legumes, importance and constraints to greater use. Plant Physiol., 131: 872–877.

**Guillon, F. and Champ, M. (1996).** Grain Legunes and transit in humans. Grain Legumes AEP

**Han, J.-Y. and Khan, K. 1990**. Physicochemical studies of pin-milled and air-classified dry edible beans. Cereal Chem 67:384-390.

**Horax R.; N. Hettiarachchy, A. Kannan and P. Chen., (2011).** Protein extraction ptimisation, characterization, and functionalities of protein isolate from bitter melon *(Momordica charantia)* seed. Food Chemistry, 124: 545-550.

**Hsu, D.L., Leang, H.K., Morad, M.M., Finney, P.L. and Leung, C.T. (1982).** Effect of germination on electrophoretic, functional and bread baking properties of yellow pea, lentil and faba bean protein isolate. Cereal Chem., 58: 344-350.

**ICARDA. 2004.** Pages 30–32 in ICARDA annual report 2003. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Aleppo, Syria

**Kaur, M. and N. Singh, 2007.** Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (*Cicer. arietinum* L.) cultivars. Food Chem., 102: 366-374.

**Kinsella, J.E. (1979).** Functional properties of protein in food : A survey. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 7(3):219-228

**Kinsella, J.E., D. Srinivasan and G. Bruce, 1985.** Physical, chemical and functional Properties of Oil Seed Protein with Emphasis on Soy Proteins. In: Altschul, A.M. and H.L. Wilcks, (Eds.), New Protein Foods. Academic Press, New York, 5p: 107.

**Mau X. and Hua Y. (2012)** . Composition , Structure and unctional properties of protein concentrates and Isolates Produced from Walnu ( *Juglans regial )* int. J. Mol. Sci., 13: 1561- 1581.

**Makri, E. and G. Doxastakis. 2006**. Emulsifying and foaming properties of *Phaseolus vulgaris* and *coccineus* proteins. Food Chem. 98:558-568.

**Makri, E.E. Papalmmprou andG. 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 .

**MondorM,AksayS,DroletH,RoufikS,FarnworthE,BoyeJI (2010)** Influence of processing on composition and antinutritional factors of chickpea protein concentrate sproduced by isoelectricprecipitation and ultrafiltration. Innovative Food Science and Emerging Technologies 10(3): 342–347.

**Mour ,A.; Sineiro. J.: Dominguez, H. and Parajo. J.C.( 2006) .** Functionality of Oil Seed Protein Products Food Res.Int., 39:945-963 .

**Mustafa ,A.L.;Al-Wessali, M.S.; Basha, O.M. and Al-Amir, R.H. (1986) .** Utilization of Gowpea Flour and protein isolate in bakery products. Cereal Foods World. 31(10) : 756-759

**Ogunwolu, S. O., Henshaw, F. O. Mock H.P. and Matro., A. 2010.** Production of protein concentrate and isolate from cashew (*Anacardium occidentale L.*) nut. African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development.

**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.

**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., and Salunkne,D.K. (1981) .** Functional properties of Great Northern Bean *(Phasolus vulgaris)* Protein : Emulsion, Foaming, Viscosity and Gelatin Properties.J. Food Sci., 46:71-74 .

**Saxena, M. C. (1993).** The challenge of developing biotic and stress resistance in cool food in breading for stress tolerance in cool season food legumes. (ed.) Singh, K.B. and M. C. Saxena John Wiley and Sons, Chichester UK, P. 97-106.

**Singh N. 2011.** Functional and physicochemical properties of pulse starch. In: Tiwari B. K., Gowen A. and McKenna B. (Eds). Pulse Foods: Processing, Quality and Nutraceutical Applications, p. 91-119. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris , San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Elsevier.

**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.*

**Suliman,M.A.; El-Tinay,A.H.; Elkalifa, A.O.; Babiker, E.E. and Elkhalil, E.A.I.( 2006) .** Solubility As Infuenced by pH and NaCl Concentration and Functional Properties of Lentil Protein Isolate Pakistan Journal of nutrition, 5(6) : 589- 593.

**Sze-Tao, K.; Sathe, S.** Functional properties and *in vitro* digestibility of almond (*Prunus dulcis* L.) protein isolate. *Food Chem.* 2000, *69*, 153–160.

**Tharathan ,R.N. and S. Mahadevamma , (2003).** Grain Legumes aboon to Humman Nutrition Trends Food Sci. Technol. 14:507-518 .

**Torruco-Uco, J. and D. Betancur-Ancona. 2007**. Physicochemical and functional properties of makal (*Xanthosoma yucatanensis*) starch. Food Chem. 101:1319-1326.

**Vance CP, Graham PH, Allan DL (2000)** Biological nitrogen fixation. Phosphorus: a critical future need. *In* FO Pedrosa, M Hungria, MG Yates, WE Newton, eds, Nitrogen Fixation: From Molecules to Crop Productivity. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp 506–514

**Venderleyden, J. 2003.** Bean (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. Plant and Soil 252:55-128.

**Yu ,J;M. Aahmedna; I. Goktepe. (2007) .** Peanut protein concentrate: Production and functional properties as affected by processing. Food Chem., 103: 121-129.