دراسة إحصائية لإضافة مسحوقي الشوندر الأحمر والسبانخ لنوعين من المعكرونة

د. سوسن بوطه د. نور زين العابدين د. هنادي السباعي د. نسرين البيطار

ملخص البحث:

تصنع المعكرونة من السميد القاسي والماء بشكل أساسي، وهي تفتقر إلى بعض العناصر الغذائية مثل الألياف والفيتامينات والمعادن والتي يرتفع محتواها في الخضار عموما، وقد يسهم إدخال الخضار في تحويل المعكرونة إلى غذاء وظيفي. هدف هذا البحث إلى دراسة الدلالة الإحصائية لإضافة مسحوق الشوندر والسبانخ لنوعي معكرونة، إذ تمّ تحضير المعكرونة مع البيض وبدونه وإضافة مسحوقي السبانخ والشوندر الأحمر وذلك وفق تصميم تجربة عاملية كاملة بمستويين، حُددت كمية الفينولات الكليّة في كلّ من مسحوق السبانخ والشوندر الأحمر وتمّ مقارنة محتوى المعكرونة المصنعة من حيث محتواها من الرطوبة والرماد والألياف الخام وخصائص طبخ المعكرونة (زمن الطبخ– الماء الممتص – زيادة الحجم) عند درجة معنوية $p<0.05$. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي للتجارب المصممة أن لمسحوق السبانخ والشوندر الأحمر تأثير معنوي في خفض محتوى الرطوبة لنوعي المعكرونة، فعند رفع نسبة إضافة مسحوق الشوندر من 5 إلى 10 % انخفض محتوى الرطوبة أكثر منه في مسحوق السبانخ وارتفعت نسبة الرماد والألياف بشكل متقارب، وفي المعكرونة المحضرة بدون البيض عند رفع نسبة إضافة مسحوق السبانخ من 5 إلى 10 % نقص الزمن اللازم لطبخ المعكرونة، وعند رفع نسبة إضافة مسحوق الشوندر من 5 إلى 10 %ازداد كل من زمن الطبخ والماء الممتص وحجم المعكرونة، وينخفض هذا التأثير غير المرغوب به فيصبح زمن الطبخ أقل 18.0دقيقة. وجد أن أفضل نسبة إضافة مسحوق السبانخ 10%إلى المعكرونة النوع الأول والأفضل من ناحية المواصفات الخاصة بطبخ المعكرونة، بينما يفضل النسبة 5% لمسحوق الشوندر الأحمر لمعكرونة النوع الثاني.

الكلمات المفتاحيّة: المعكرونة، دراسة إحصائية، السبانخ، الشوندر الأحمر، اختبارات طبخ المعكرونة.

Statistical Study of Adding Beetroot and Spinach Powders to Two Types of Pasta

Dr.Sawsan Bouta Dr.Nour Zien Alabiden Dr.Hanadi Alsiba Dr.Nsren Albitar

Abstract: Pasta is made primarily from durum semolina and water, and it lacks some nutrients such as fiber, vitamins, and minerals, which are generally found in higher concentrations in vegetables. Incorporating vegetables may contribute to transforming pasta into a functional food. This research aimed to study the statistical significance of adding beetroot and spinach powder to two types of pasta. Pasta was prepared with and without eggs, and spinach and red beetroot powders were added according to a two-level factorial experiment design. The total phenolic content of both spinach and red beetroot powders was determined, and the resulting pasta was compared in terms of moisture, ash, crude fiber content, and cooking characteristics (cooking time, water absorbed, and volume increase) at a significance level of $p<0.05$. The results of the statistical analysis of the designed experiments showed that spinach and beetroot powder significantly reduced the moisture content of both types of pasta. Increasing the beetroot powder content from 5% to 10% resulted in a greater decrease in moisture content than with spinach powder, while the ash and fiber content increased similarly. In egg-free pasta, increasing the spinach powder content from 5% to 10% reduced the cooking time. Increasing the beetroot powder content from 5% to 10% increased both cooking time and water absorption, resulting in a shorter cooking time of 18 minutes. The optimal percentage of spinach powder was found to be 10% for the first type of pasta, yielding the best cooking characteristics, while a 5% beetroot powder content was preferred for the second type.

Keywords: Pasta, Statistical Study, Spinach, Beetroot, Pasta Cooking Tests

أولاً المقدمة Introduction:

تعرّف المعكرونة حسب المواصفة القياسية السورية بأنها المحضرات الغذائية المصنوعة من تجفيف أشكال العجينة المختلفة المحضرة أساساً من القمح القاسي أو الطري المحسن، أو خليطهما، مع أو بدون البيض [1] ، وتعد المعكرونة مصدرًا جيدًا للعديد من العناصر الغذائية الرئيسية حيث كل 1 كغ

معكرونة تعطي الجسم حوالي 3500 كيلوكالوري/اليوم، كما تحتوي المعكرونة حوالي 12% بروتين ومتوسط احتياج الفرد 70 غ بروتين/ اليوم لذلك فإن 700غ من المعكرونة تعطي احتياج الفرد من البروتين في المتوسط (وهي كمية كبيرة لا يمكن للفرد استهلاكها يومياً)، وبمأن المعكرونة لا تحتوي على كل الفيتامينات المطلوبة لجسم الانسان وتفتقر إلى عناصر غذائية ضرورية مثل المعادن فقد كانت تعتبر المعكرونة "غذاء تسمين" بسبب المحتوى العالي من النشاء وتؤدي لرفع نسبة السكر في الدم بعد استهلاكها مقارنة بالأطعمة الأساسية الأخرى مثل الخبز والأرز [2,3].

أظهر Giuberti وزملاؤه عام 2018 أن امتصاص النشاء من المعكرونة في الأمعاء بطيء وغير مكتمل مقارنة بالأطعمة الأخرى القائمة على النشاء مثل الخبز الأبيض، لذلك يمكن أن تكون إضافة مكونات الخضروات خياراً لخفض نسبة السكر في الدم لمنتجات المعكرونة بشكل أكبر[4] ، ويكون دمج المعكرونة مع المكونات الصحية فكرة جيدة، حيث تحتوي الخضروات على مجموعة متنوعة من العناصر الغذائية ذات الفائدة الصحية مثل الألياف والفيتامينات والبوليفينولات والكاروتينات والمعادن التي تفتقر إليها المعكرونة. [5]

يعد السميد المستخرج من أقماح (Tr. Durum) من أفضل الأنواع المستخدمة في صناعة المعكرونة، وذلك لتميز غلوتين سميد هذه الأقماح بارتفاع نسبته وبمواصفاته الريولوجية الجيدة[6]، بالإضافة إلى أن المعكرونة المنتجة من هذه النوعية من السميد تكتسب لوناً أصفراً ذهبياً، ويفضل في صناعة المعكرونة قمح (Tr. Durum) على القمح الأحمر لأن هذا الأخير يكسب المعكرونة صفات رديئة من ناحية اللون، ويكون محتواه من الرطوبة لا تزيد عن 13% ولا تقل نسبة البروتين عن 11.5 % ولا يقل الغلوتين الطري عن 35% ولا تزيد نسبة الرماد عن0.8%، وقد يضاف البيض إلى المعكرونة وخاصة الشريطية ليساعد على تماسك العجينة وإضفاء اللون الذهبي المرغوب لها وبالتالي تحسين جودة المنتج، حيث يضاف إما طازجاً (وهو الأفضل) أو مجمداً أو مجففاً تبعاً للناحية الاقتصادية وتوفر المواد، وتقدر نسبة إضافة البيض على أساس الوزن الجاف بحدود 2.8 %.[7]

تتضـمن عملية إنتاج المعكرونة عدة خطوات رئيسـية، بما في ذلك الخلط والضـغط والتجفيف والتبريد والتعبئة والتغليف، ويمكن تصـنيعها من أنواع مختلفة من الحبوب مثل القمح والأرز والذرة والشـوفان والذرة الرفيعة[8] .

الشـــوندر الأحمر *Beta vulgaris* هو الجذر الوتدي من نبات الشـــوندر، يتبع الفصـــيلة Chenopodiaceae familyويحتوي على نسـبة عالية من مركب البيتالين Betalains وهي المادة التي تكسـب الشـوندر اللون الأحمر كما تعتبر من أقوى مضـادات الاكسـدة، يحتوي الشـوندر على حوالي 88% من وزنه ماء، و3% الياف، و2% رماد والباقي ســـكريات ومواد معدنية كالكبريت والبوتاسيوم والكالسيوم والفوسفور والحديد. البيتالين هو الأكثر دراسةً ويشتهر به الشوندر الأحمر حيث يتم اســـتخدامه كعامل تلوين للطعام وهو عبارة عن أصـــباغ نتروجينيه مائية يمكن تقســـيمها الى مجموعتين رئيســـيتين وفقاً لتركيبها الكيميائي ولونها بيتاســـيانين betacyanin تعطي اللون الأحمر البنفسجي وبيتاكزانتين betaxanthin تعطي أصباغ صفراء. [9]

السـبانخ *Spinacia oleracea* وهو نبات زهري حولي ينتمي للفصـيلة القُطيفية، وهو من الخضـار الحقلية المألوفة، موطنه الأصـلي اسيا وهو منخفض الطول حيث يبلغ طوله 30 سم، وينتج مجموعة سميكة من الأوراق العريضة الطرية، يحتوي السبانخ على حوالي92% من وزنه ماءو3% الياف، وهو يعتبر غني بالأملاح المعدنية مثل الحديد والفوسـفور والكالسـيوم والبوتاسـيوم، كما يحتوي على مادة الكلوروفيل التي تعطيه اللون الأخضـر المميز والتي لديها خصـائص وفوائد عديدة تجعل من السـبانخ نبات ذو قيمة غذائية عالية، من الممكن استخدامه كملون ومحسن للمظهر.[10]

استخدم Padalino وزملاؤه عام 2017 مسحوق قشر الطماطم كمكون وظيفي وأظهر زيادة كبيرة في الألياف القابلة للذوبان ومحتوى الألياف غير القابلة للذوبان في المعكرونة الناتجة مقارنة بالمعكرونة القياســـية. علاوة على ذلك، انخفضـــت الكربوهيدرات من 68 %من المعكرونة إلى 60 %عند اسـتبدال15 % من السـميد، مما يشـير إلى إمكانية تقليل اسـتجابة نسـبة السـكر في الدم [11]. وجد نفس الباحثين أيضـاً زيادة كبيرة في الليكوبين النشـط بيولوجياً، وهو نوع واحد من الكاروتينويد ذو قدرة قوية كمضاد أكسدة.

بيّن Sobota وزملاؤه عام 2020 في بحثه حول تطبيق مركزات ومساحيق الخضروات (الشوندر الأحمر والجزر واللفت) في إنتاج المعكرونة الملونة، وتأثيرها في اللون والتركيب الكيميائي وجودة الطهي والسمات الحسية للمعكرونة المنتجة، أن أفضل إضافة مساحيق الخضروات والمركزات في إنتاج المعكرونة من 2% إلى 8%، مع الاختيار المحدد اعتماداً على كثافة اللون المطلوبة وسمات الجودة للمنتج النهائي.[12]

درس Fratianni وزملاؤه عام 2024 إمكانية إنتاج المعكرونة عن طريق استبدال 15% من سميد القمح القاسي بأوراق الخضروات الخضراء المجففة مثل السبانخ أو الهندباء أو السلق، مما يعزز القيمة الغذائية مع الحفاظ على الميزات التكنولوجية الجيدة والجودة الحسية، حيث تراوح محتوى الألياف من 4.5 إلى 6 غ لكل 100 غ من المعكرونة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن تصنيف هذه العينات كمصدر لفيتامين E وفيتامينA مما يعزز قيمتها الغذائية.[13]

عند دراسة الخصائص التقنية والغذائية للمعكرونة الغنية بالخضروات باستخدام عصير وتفل السبانخ والشوندر والملفوف الأحمر والجزر وفق نسب الاستبدال التالية 1% و 10% أظهرت جميع عينات المعكرونة النباتية خصائص غذائية أفضل من المعكرونة التقليدية، وأدت المستويات العالية للاستبدال 10% للمواد النباتية إلى انخفاض الجودة الفنية للمعكرونة النباتية بشكل ملحوظ مقارنةً مع مستويات الاستبدال الأدنى 1% وتمتعت المعكرونة المدعمة بالعصير بجودة فنية أفضل (فقد أقل بالطهي ومرونة أقل) مقارنة مع المعكرونة المدعمة بالتفل واستنتج أنه عند مستوى استبدال منخفض 1% يمكن استخدام العصير والتفل لإنتاج معكرونة ذات أداء طهي مقبول وجودة ملمس مقبولة، وأن المعكرونة المدعمة بالعصير أعطت لون أفضل من المعكرونة المدعمة بالتفل عند نفس مستوى الاستبدال.[14]

أوضح Teterycz و Sobota عام 2023 أن استخدام نفايات الخضروات يمكن أن يعزز بشكل فعال القيمة الغذائية للمعكرونة، فقد أدت إضافة مخلفات البندورة إلى زيادة كبيرة في محتوى البروتين في عينات المعكرونة المدعمة، حيث وصلت أعلى نسبة من البروتين إلى 20.61% من المادة الجافة.

بالإضـــــافة إلى ذلك، زاد إجمالي محتوى الألياف الغذائية في العينات التي تحتوي على بذور الفليفلة بشكل كبير. [15]

إشكالية البحث: في الدراسات السابقة لم يدرس بشكل واضح تأثير إدراج البيض في مكونات المعكرونة بل عزيت كل التأثيرات لإضافة الخضار فقط ولم تكن هناك عينات شاهد بدون إضافة البيض في وصفات تحضير المعكرونة.

ثانياً: هدف البحث:

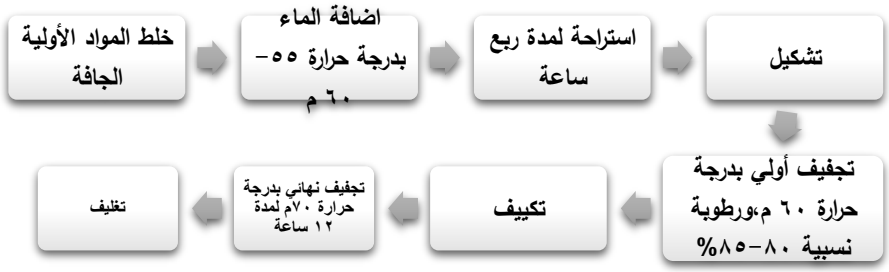
يهدف هذا البحث إلى دراسة الأثر الاحصائي لتدعيم لنوعين من المعكرونة، النوع الأول (مع بيض) والنوع الثاني (بدون بيض) بإضافة مسحوقي الشوندر والسبانخ لرفع محتواها من الألياف الخام والمعادن، وتأثير ذلك في خصائص الطهي لنوعي المعكرونة باستخدام تصميم التجارب بعاملين وبمستويين.

ثالثاً- المواد والطرائق:

3-1- المواد المستخدمة:

مساحيق الخضار: تم الحصول على أوراق السبانخ وجذور الشوندر الأحمر الطازجة من السوق المحلية في مدينة حمص، وغسلت بشكل جيد وقُشرَّ الشوندر وقُطع لشرائح رقيقة، وضعت شرائح الشوندر وأوراق السبانخ في المجفف على الدرجة 50 مئوية لمدة 48 ساعة وطحنت بهدف الحصول عليها بشكل مسحوق ناعم تم حفظها في أكياس من البولي إيثلين لحين الاستخدام [16].

تصنيع المعكرونة: تمّ عملية التصنيع عينات المعكرونة مخبرياً وفق [16,12] مع بعض التعديلات حيث تم تشكيل المعكرونة يدوياً بدل آلة البثق، النوع الأول: تم تصنيعه من سميد وسط من السوق المحلية في مدينة حمص والماء بنسبة 30~32%بدرجة حرارة 60 مئوية وبيض طازج بنسبة 5%. النوع الثاني: تم تصنيعه من سميد وسط من السوق المحلية في مدينة حمص والماء بنسبة 30 % 25~ بدرجة حرارة 60 مئوية، واستخدم الطحين لمنع الالتصاق. جففت العينات بالمجفف المخبري ووضعت كمية من الماء داخله للمحافظة على رطوبة نسبية (80-85)% قدرت بواسطة حساس الرطوبة النسبية وفي عملية التكييف تركت العينات داخل المجفف بدون حرارة للسماح بحصول حالة توازن للرطوبة داخل المعكرونة وعلى سطحها ، وبعد التجفيف النهائي للعينات المصنعة تم تغليفها بأكياس من البولي إيثلين الشكل (1).



الشكل (1) خطوات تصنيع عينات المعكرونة مخبرياً

3-2 تصميم التجارب والدراسة الإحصائية:

تمّ تصميم التجربة الأولى والثانية باستخدام برنامج Minitab الاصدار22، بعاملين ومستويين 2 factorial design (2^2)وثلاث مكررات لكل نقطة وتمّ أخذ نقطة مركزية بمكررين الجدول (1) و(2)، فكان عدد التجارب المجراة 24 تجربة بالإضافة إلى تجربتي شاهد، وتمّ دراسة الأثر المعنوي (أي معرفة قيمة التأثير الذي يحدثه هذا العامل عند انتقاله من المستوى الأدنى إلى المستوى الأعلى) للعوامل على Responses (محتوى الرطوبة والألياف ونتائج طبخ المعكرونة) عند مستوى وثوقيه 0.05%. ويظهر الشكل (2) مخطط تصنيع المعكرونة المدعمة.

جدول (1) تصميم التجربة الأولى لعينات المعكرونة المدعمة بمسحوق السبانخ

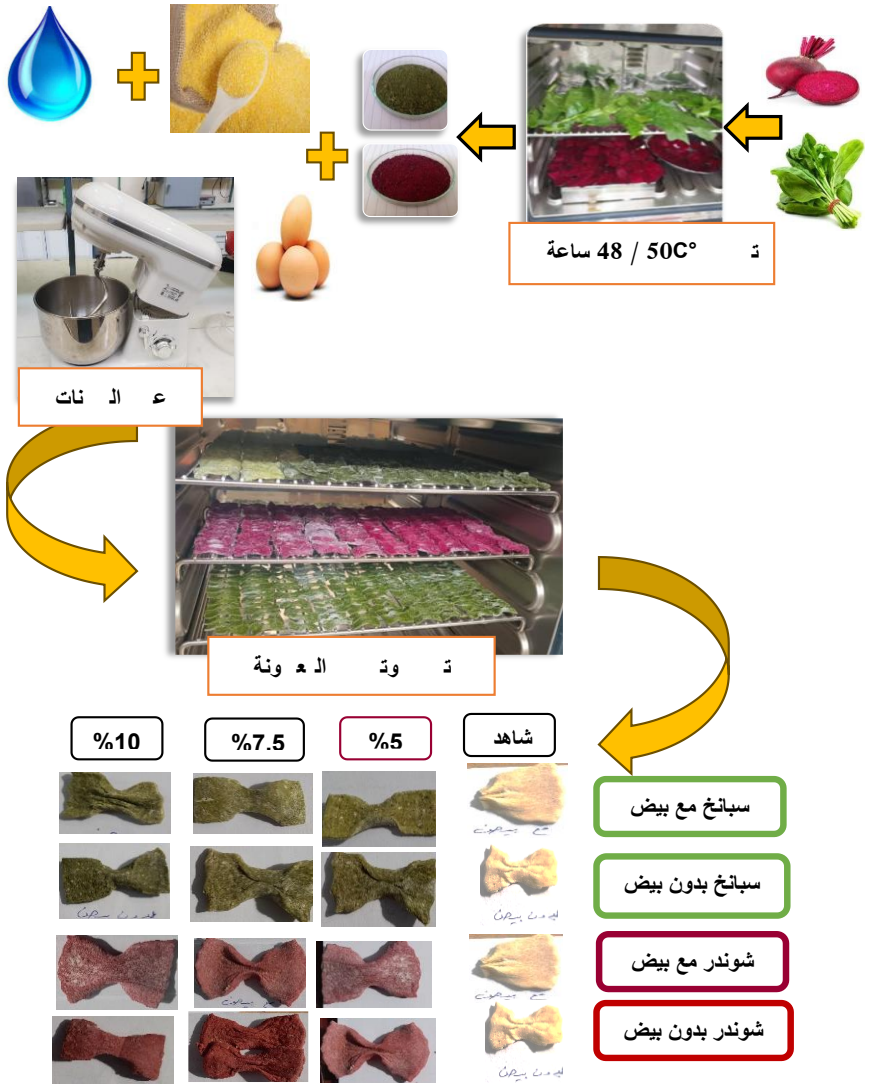
العامل المؤثر	نوعه	المستوى الأدنى (1−)	المستوى الأعلى (1+)
مسحوق السبانخ	رقمي	%5	%10
نوع المعكرونة	نصي	أول	ثاني

جدول (2) تصميم التجربة الثانية لعينات المعكرونة المدعمة بمسحوق الشوندر الأحمر

العامل المؤثر	نوعه	المستوى الأدنى (−1)	المستوى الأعلى (+1)
مسحوق الشوندر الأحمر	رقمي	%5	%10
نوع المعكرونة	نصي	أول	ثاني

3−3− طرائق التحليل:

أجريت التجارب العملية والتحاليل المخبرية في مخابر قسم الهندسة الغذائية في جامعة حمص، تمّ تحديد الرطوبة وفق (AACC, 2000,Method 44-15A) والرماد وفق(AACC,2000, Method 08-01) والألياف الخام وفق (2000) AOAC (ثلاث مكررات) ، وتم قياس محتوى المركبات فينولية لونياً باستخدام طريقة كاشف فولين−سيوكالتيو ، حيث تم قياس الامتصاصية عند طول موجة 725 نانومتر، وكانت المعادلة الخاصة بالسلسلة العيارية من حمض الغاليك $y = 0.0015x + 0.0377$ تم التعبير عن كمية الفينولات بميليغرام مكافئ لحمض الغاليك لكل غرام [17,18,19]



الشكل (2) تصنيع عينات المعكرونة مخبرياً المدعمة بمسحوقي السبانخ والشوندر حسب تصميم التجارب

اختبارات طبخ المعكرونة: أجريت على المعكرونة المدعمة اختبارات الطبخ وهي (تحديد الزمن الأمثل لطبخ المعكرونة وتحديد نسبة الماء الممتص والزيادة في حجم المعكرونة) وفق [11,12,13,14,20]

a) تحديد زمن طبخ المعكرونة الأمثل:

وضع 50 غرامًا من المعكرونة في 250 مل من الماء المغلي، تم أخذ قطعة من المعكرونة كل 30 ثانية وضعها بين لوحين زجاجين والضغط عليها برفق حتى يختفي اللون الأبيض من منتصف الخيط، عندما يصبح مركز المعكرونة شفافًا يؤخذ وقت الطهي الأمثل.

b) تحديد نسبة الماء الممتص:

تم تحديد امتصاص الماء من خلال نسبة وزن المعكرونة المطبوخة G2 إلى وزن المعكرونة قبل الطهي G1 ويحسب الماء الممتص بالعلاقة:

$$Water\ absorption\ (\%) = \frac{(G2 - G1) \times 100}{G1}$$

c) الزيادة في الحجم (مؤشر الانتفاخ):

يتم قياس حجم المعكرونة المقطعة بطول 4 سم بواسطة سلندر مدرج 250 ml يحوي ماء حيث يتم وضع 25g معكرونة ويكون ارتفاع سوية الماء (V1) تعاد نفس العملية على المعكرونة بعد طبخها حيث يؤخذ الحجم (V2)، وتحسب الزيادة في حجم المعكرونة بعد طبخها من العلاقة:

$$Increase\ size = \frac{(V2 - V1) \times 100}{V1}$$

رابعاً: النتائج والمناقشة:

4-1 نتائج تحديد الرطوبة والرماد والألياف والمركبات الفينولية للمواد الأولية المستخدمة في صناعة المعكرونة:

بلغ متوسط محتوى الرطوبة لمسحوق الشوندر الأحمر الذي تم تحضيره 6% والرماد 5.4% والألياف 23.6% جدول (3)، وهي تتوافق مع ما أورد de Oliveira Filho وزملاؤه عام 2021 أن محتوى الرطوبة لمسحوق الشوندر الأحمر 5.67% والرماد 5.62% والألياف غير المنحلة 14.96% [21]، بينما كانت رطوبة مسحوق الشوندر الأحمر 4.12% والرماد 7.33%

والألياف الكلية 24% كما ذكر Sobota وزملاؤه عام 2020 [12]. بلغت رطوبة مسحوق السبانخ 16.1% والرماد 14.1% والألياف 22.2% جدول (3) وهي تتوافق تقريباً مما أورده Iacobellis وزملاؤه عام 2024 حيث كان محتوى الرطوبة أقل من 8% والرماد15.1% والألياف 22.5% [22]. بلغت رطوبة السميد 13% والرماد 1.3% وهي مطابقة للمواصفة القياسية الخاصة بالسميد[1] ، أما بالنسبة لمحتوى المركبات الفينولية فقد بلغ 2487.8، 1203.2، 63.1 mg GA/g لمسحوق الشوندر والسبانخ والسميد على الترتيب، ويلاحظ أن محتوى مسحوق الشوندر الأحمر من المركبات الفينولية تقريباً الضعف من محتواها من مسحوق السبانخ، وهما أعلى من محتوى السميد بحوالي عشرين ضعف تقريباً. وهذا يتوافق مع [21].

الجدول (3) محتوى مسحوق الشوندر الأحمر والسبانخ والسميد من الرطوبة والرماد والألياف والمركبات الفينولية

اسم العينة	الرطوبة %	الرماد %	الألياف %	المركبات الفينولية mg GA/g
مسحوق الشوندر الأحمر	$6.0^{a}\pm0.02$	$5.4^{b}\pm0.51$	$23.6^{a}\pm0.12$	$2487.8^{a}\pm1.02$
مسحوق السبانخ	$16.1^{b}\pm0.70$	$14.1^{a}\pm0.32$	$22.2^{b}\pm0.11$	$1203.2^{b}\pm1.42$
السميد	$13.2^{c}\pm0.12$	$1.3^{c}\pm0.91$	$3.8^{c}\pm0.17$	$63.1^{c}\pm1.04$

الأحرف الصغيرة المختلفة في العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية عند $p<0.05$

2-4 نتائج تحديد الرطوبة والرماد والألياف لعينات المعكرونة المدعمة بالسبانخ وتحليل التأثير المعنوي لها:

بلغ محتوى الرطوبة والرماد والألياف لعينات المعكرونة النوع الأول (الشاهد) 9.13-1.06-0.3% على التوالي، وقد أدت إضافة مسحوق السبانخ لرفع نسبة الرطوبة والرماد والألياف مقارنة بالشاهد فقد بلغت قيم المؤشرات السابقة 9.4- 2.5- 0.8% عند أعلى نسبة تدعيم 10% جدول (4) ويعزى ذلك لأن محتوى مسحوق السبانخ من الرطوبة والرماد والألياف أعلى منها في السميد، وهذا يتوافق مع Fratianni وزملاؤه عام 2024 حيث ارتفعت قيم الألياف

والرماد إلى الضعف تقريباً عند النسبة 15% [13]. أما بالنسبة للمعكرونة النوع الثاني فقد بلغت قيم الرطوبة والرماد والألياف لعينة الشاهد 10.9–0.9–0.4% على الترتيب، وقد حصل انخفاض كبير في نسبة الرطوبة عند أعلى نسبة إضافة من مسحوق السبانخ 7.03% بينما ارتفعت قيم الرماد والألياف وبلغت عند نسبة 10% 1.76–0.89 % وذلك كون مسحوق السبانخ أعلى محتوى من السميد بعشرة أضعاف تقريباً من الرماد وخمسة أضعاف من الألياف، وهذا يتوافق معIacobellis وزملاؤه عام 2024 حيث ارتفعت نسبة الألياف إلى 5.2% والرماد إلى 2.75 % عند نسبة إضافة 15%[22].

وقد يفسر انخفاض الرطوبة بزيادة نسبة الإضافة وخاصة المعكرونة النوع الثاني بربط الماء الازم لعجن المعكرونة بالألياف الموجودة بالسبانخ وثم التخلي عنه بسهولة في مرحلة التجفيف.

الجدول (4) نتائج محتوى الرطوبة والرماد والألياف % لعينات المعكرونة المدعمة بالسبانخ

	مسحوق السبانخ%	الرطوبة	الرماد	الألياف
النوع الأول (مع بيض)	**5**	10.8^{a} ±0.40	1.7^{c}±0.04	0.5^{c}±0.02
	7.5	9.9^{b}±0.3	1.95^{b}±1.1	0.75^{d}±0.04
	10	9.4^{c} ±0.20	2.5^{a} ±0.33	0.8^{a} ±0.03
النوع الثاني (بدون بيض)	**5**	7.4^{d}±0.05	1.05^{e} ±0.04	0.62^{f}±0.1
	7.5	7.1^{e}±1.3	1.45^{d}±0.9	0.78^{b}±0.7
	10	7.03^{e}±0.66	1.76^{c} ±0.04	0.89^{e} ±0.01

الأحرف الصغيرة المختلفة في العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية عند $p<0.05$

دراسة التأثير المعنوي:

وجد أن لمسحوق السبانخ ونوع المعكرونة تأثير معنوي في محتوى الرطوبة والرماد والألياف للمعكرونة حيث $p<0.05$ جدول (5) والذي تمّ الحصول عليه بالتحليل الاحصائي للتجربة العاملية المصممة والذي يبيّن قيمة التأثير المعنوي للعوامل المدروسة وتأثيرها المشترك. بالنسبة لتأثير إضافة مسحوق السبانخ في رطوبة المعكرونة فقد كان سلبياً –0.8 في كلا النوعين، أي بزيادة نسبة مسحوق السبانخ من 5 إلى 10% تنخفض الرطوبة بمقدار 0.8 تقريباً وذلك بسبب

امتصاص الألياف للماء، بينما يرتفع الرماد بمقدار 0.77 والألياف الخام بمقدار 0.31 تقريباً ويكون التأثير المعنوي إيجابياً. أي أن مسحوق السبانخ يخفض نسبة الرطوبة ويرفع الرماد والألياف في كلا نوعي المعكرونة.

بينما كان تأثير نوع المعكرونة (مع بيض وبدون بيض) في نسبة الرطوبة والرماد إيجابياً 2.81– 0.69 بسب ارتفاع نسبتهما في البيض الطازج، ويكون التأثير سلبياً في نسبة الألياف الخام – 0.074 بسب عدم احتواء البيض عليها، أي أن المعكرونة المحضرة مع البيض ترتفع فيها نسبة الرطوبة والرماد وتنخفض الألياف.

الجدول (5) قيم التأثير المعنوي لإضافة مسحوق السبانخ والبيض لمحتوى الرطوبة والرماد والألياف لعينات المعكرونة المصنعة

التأثير المعنوي	للرطوبة	للرماد	للألياف الخام
مسحوق السبانخ	0.818–	0.77	0.308
نوع المعكرونة (إضافة البيض)	2.815	0.69	0.074-
السبانخ ونوع المعكرونة	0.54–	0.63	0.083

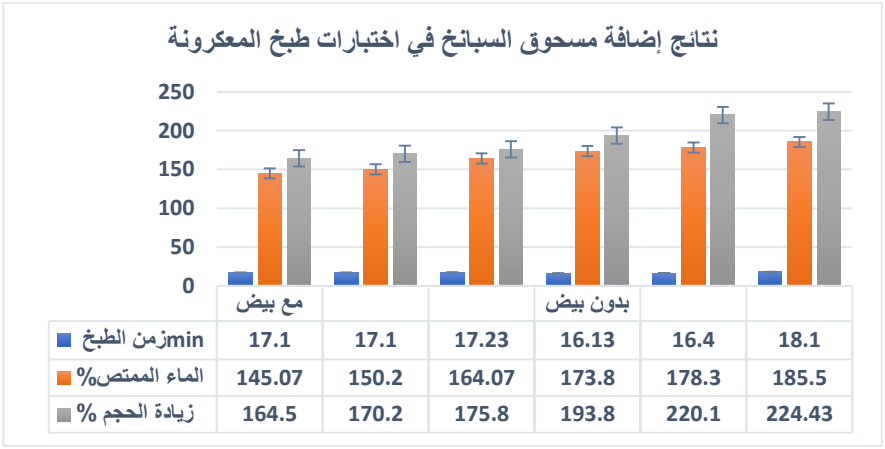
وبدراسة التأثير المشترك لإضافة مسحوق السبانخ ونوع المعكرونة فقد انخفض الأثر المعنوي السلبي على محتوى الرطوبة –0.54، أي عند رفع نسبة إضافة السبانخ من 5 إلى 10% مع إضافة البيض تنقص الرطوبة بمقدار 0.54% فقط وتزداد قيم الرماد بمقدار 0.63 والألياف الخام بمقدار 0.083، أي أن إضافة البيض حدت من التأثير السلبي بالنسبة للرطوبة الذي تسببه رفع نسبة إضافة السبانخ.

3-4 نتائج اختبارات الطبخ لعينات المعكرونة المدعمة بالسبانخ وتحليل التأثير المعنوي لها:

بلغ زمن الطبخ للنوع الأول من المعكرونة (الشاهد) 17 دقيقة ونسبة الماء الممتص 113.67% وكانت نسبة الزيادة في الحجم 150%، وبرفع نسبة إضافة السبانخ إلى النوع الأول من المعكرونة ازداد زمن طبخ المعكرونة إلى 17.23 دقيقة عند نسبة إضافة 10% الشكل (3) وهذا لا يتوافق مع Fratianni وزملاؤه عام 2024 أو مع Iacobellis وزملاؤه عام 2024 حيث انخفض زمن الطهي إلى 8 دقيقة [22,13] ، وقد يعود ذلك إلى الشكل اليدوي الذي شكلّت به العينات الشكل (2) سميكة نسبياً حوالي 3 ملم بينما آلة البثق تنتج خيوط معكرونة بأبعاد متساوية بحدود 1 ملم.

أدت زيادة نسبة إضافة السبانخ إلى زيادة نسبة الماء الممتص للمعكرونة وزيادة في الحجم حيث بلغت عند نسبة إضافة 10% 164 -175.8% على الترتيب، وهذا يتوافق مع Fratianni وزملاؤه عام 2024 أو مع Iacobellis وزملاؤه عام 2024 حيث بلغت نسبة الماء الممتص حوالي 130% [22,13]، كذلك أوضح Sobota وزملاؤه عام 2020 أن وقت الطهي ينقص وامتصاص الماء يزداد مع زيادة نسبة الإضافة [12].

بالنسبة للمعكرونة النوع الثاني كانت المؤشرات مشابهة للنوع الأول حيث ازداد زمن طبخ المعكرونة إلى 18.1 دقيقة في عينة نسبة الإضافة 10% مقارنة بالشاهد 10 دقيقة، وارتفعت نسبة الماء الممتص فيها إلى 185.5% وزيادة حجم المعكرونة إلى 224.43% مقارنة بالشاهد 162.16% الماء الممتص و187.5% الزيادة في الحجم.



	مع بيض			بدون بيض		
زمن الطبخ min	17.1	17.1	17.23	16.13	16.4	18.1
الماء الممتص%	145.07	150.2	164.07	173.8	178.3	185.5
زيادة الحجم %	164.5	170.2	175.8	193.8	220.1	224.43

الشكل (3) تأثير إضافة مسحوق السبانخ في اختبارات طبخ المعكرونة

دراسة التأثير المعنوي:

أثرت إضافة السبانخ بشكل معنوي إيجابي في كل من زمن طبخ المعكرونة والماء الممتص وزيادة الحجم الجدول (6)، وكان الأثر الأكبر في زيادة الحجم 20.95 وذلك بسبب زيادة كمية الألياف مع ازدياد نسبة الإضافة، أي بزيادة نسبة مسحوق السبانخ من 5 إلى 10% يزداد زمن طبخ المعكرونة والماء الممتص وبشكل أكبر حجم المعكرونة، مع ملاحظة أن تشكيل المعكرونة أثّر في زمن الطبخ.

أثّر نوع المعكرونة في نسبة الماء الممتص −25.53 بشكل سلبي وكذلك بالنسبة لزيادة الحجم −40.51، لم تؤثر إضافة البيض معنوياً في زمن طبخ المعكرونة حيث كان P>0.05 بينما تنقص الماء الممتص وحجم المعكرونة في النوع الأول من المعكرونة عنه في الثاني.

الجدول (6) قيم التأثير المعنوي الناتج عن إضافة مسحوق السبانخ في اختبارات طبخ المعكرونة

التأثير المعنوي	زمن الطبخ	للماء الممتص	لزيادة الحجم
مسحوق السبانخ	1.05	15.23	20.95
نوع المعكرونة (إضافة البيض)	P>0.05	25.53-	40.51-
السبانخ ×نوع المعكرونة	-0.916	3.68	9.65−

وتؤدي الإضافة المشتركة للبيض والسبانخ لزيادة زمن الطبخ المعكرونة 17.2 دقيقة، وتزداد نسبة الماء الممتص في المعكرونة النوع الثاني مع زيادة نسبة مسحوق السبانخ بمقدار 3.68% وينخفض حجم المعكرونة بمقدار 9.65%

4−4 نتائج تحديد الرطوبة والرماد والألياف الخام لعينات المعكرونة المدعمة بالشوندر الأحمر وتحليل التأثير المعنوي لها:

بلغ محتوى الرطوبة والرماد والألياف لعينات المعكرونة النوع الأول (الشاهد) 9.13−1.06−0.3% على التوالي، أما بالنسبة للمعكرونة النوع الثاني فقد بلغت قيم الرطوبة والرماد والألياف لعينة الشاهد 10.9−0.9−0.4% على الترتيب، وقد أدت إضافة مسحوق الشوندر الأحمر

جدول (7) لخفض رطوبة المعكرونة 5.5% (النسبة 10% النوع الثاني) ورفع نسبة الرماد 1.82%(النسبة 10% النوع الأول) والألياف الخام حتى 0.85% وهذا يتوافق مع Sobota وزملاؤه عام 2020 فقد انخفضت قيم الرطوبة لعينات المعكرونة المدعمة بمسحوق الشوندر الأحمر إلى 10.06% عند النسبة 8% وارتفعت قيم الرماد حتى 1.23% والألياف2.38% [12]، وقد أورد de Oliveira Filho وزملاؤه عام 2021 قيم مشابهة [21].

الجدول (7) قيم الرطوبة والرماد والألياف الخام% لعينات المعكرونة المدعمة بالشوندر الأحمر

	مسحوق الشوندر%	الرطوبة	الرماد	الألياف الخام
النوع الأول (مع بيض)	5	12.3^{a} ±0.1	1.61^{a} ±0.06	0.23±0.04
	7.5	10.9^{b}±0.3	1.75^{b}±1.1	0.45^{d}±0.04
	10	11.8^{c}±0.24	1.82^{c} ±0.03	0.65^{c} ±0.02
النوع الثاني (بدون بيض)	5	10.4^{d}±0.45	1.04^{d} ±0.02	0.60^{f} ±0.01
	7.5	7.1^{e}±1.3	1.45^{d}±0.9	0.78^{b}±0.7
	10	5.5^{f}±1.1	1.63^{f} ±0.05	0.85^{a} ±0.03

$p<0.05$الأحرف الصغيرة المختلفة في العمود الواحد تدل على وجود فروق معنوية عند

دراسة التأثير المعنوي:

وجد أن لمسحوق الشوندر الأحمر ونوع المعكرونة تأثير معنوي في محتوى الرطوبة والرماد والألياف للمعكرونة حيث $p<0.05$ جدول (8)، وبزيادة نسبة إضافة الشوندر الأحمر من 5 إلى 10% تنخفض الرطوبة بمقدار% 2.7، بينما يزداد الرماد ونسبة الألياف الخام، أي أن مسحوق الشوندر الأحمر يخفض الرطوبة ويزيد الرماد والألياف الخام، حيث تعمل الألياف على ربط كمية من الماء أثناء تصنيع المعكرونة ثم تتخلى عنها في مرحلة التجفيف بشكل كامل مما يؤدي لخفض رطوبة المعكرونة المصنعة كلما زادت نسبة الألياف (تنافس الألياف بروتينات ونشاء السميد بربط كمية من الماء أثناء العجن ثم تتخلى عنها في مرحلة التجفيف).

بالنسبة لنوع المعكرونة فالنوع الثاني كان أعلى رطوبة ورماد وأقل نسبة الألياف، أي أن البيض يعمل على تقليل نسبة الرطوبة والرماد للمعكرونة.

ويؤدي التأثير المشترك لإضافة البيض والشوندر معاً إلى رفع والرماد والألياف الخام، حيث ترتفع قيمة الرماد عند الشوندر الأحمر بنسبة 10% مع البيض وتكون (1.82) %، وتؤدي إضافة البيض لخفض الألياف الخام بمقدار0.27%، حيث ينخفض محتوى الألياف الخام من 0.72 إلى 0.44 % بإضافة البيض ولك لعدم احتوائه على الألياف، وتكون أعلى نسبة ألياف خام عند نسبة شوندر أحمر10% بدون بيض 0.85%.

الجدول (8) قيم التأثير المعنوي لإضافة مسحوق الشوندر الأحمر والبيض لمحتوى الرطوبة والرماد والألياف لعينات المعكرونة المصنعة

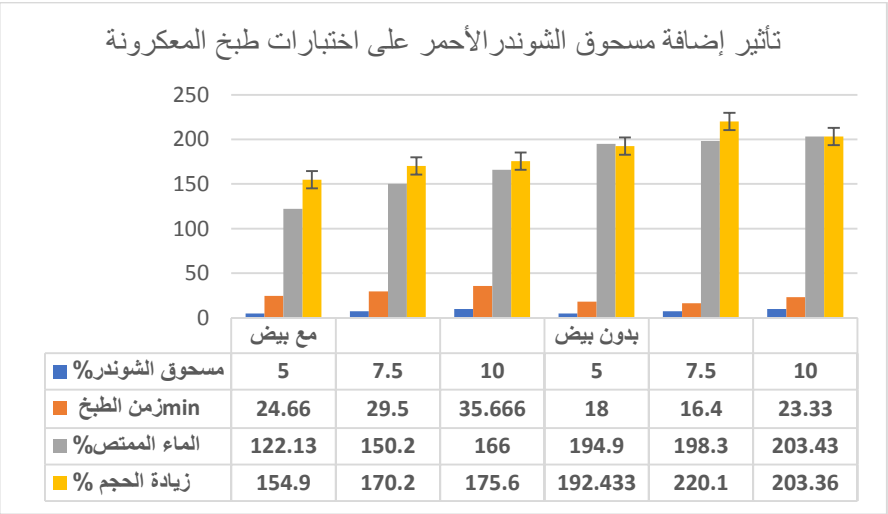
التأثير المعنوي	للرطوبة	للرماد	للألياف الخام
مسحوق الشوندر الأحمر	2.7-	0.41	0.33
نوع المعكرونة	4.1	0.38	0.27-
الشوندر الأحمر ×نوع المعكرونة	2.2	0.19	0.08

2-4 نتائج اختبارات الطبخ لعينات المعكرونة المدعمة بالشوندر الأحمر وتحليل التأثير المعنوي لها:

بلغ زمن الطبخ للنوع الأول من المعكرونة (الشاهد) 17 دقيقة ونسبة الماء الممتص 113.67% وكانت نسبة الزيادة في الحجم 150%، بينما كانت القيم للمعكرونة النوع الثاني 10دقيقة و162.16% الماء الممتص و187.50% الزيادة في الحجم.

وقد أدت زيادة نسبة الشوندر الأحمر إلى زيادة زمن الطبخ بشكل معنوي في كلا نوعي المعكرونة شكل (4) وهذا لا يتوافق مع Sobota وزملاؤه عام 2020 الذي أورد أن زمن طبخ المعكرونة ينخفض بزيادة نسبة الإضافة حتى وصل إلى 9.2 دقيقة عند نسبة إضافة 8% [12]، وقد يعود ذلك إلى سماكة المعكرونة المحضرة يدوياً.

كانت نسبة الماء الممتص في المعكرونة النوع الثاني أكبر منها في النوع الأول عند نسب الإضافة المتماثلة203.43-166% على الترتيب بسبب زيادة نسبة الألياف فيها، وكذلك الزيادة في الحجم وهذا يتوافق مع de Oliveira Filho وزملاؤه عام 2021 [21].



	مع بيض			بدون بيض		
مسحوق الشوندر%	5	7.5	10	5	7.5	10
زمن الطبخ min	24.66	29.5	35.666	18	16.4	23.33
الماء الممتص%	122.13	150.2	166	194.9	198.3	203.43
زيادة الحجم %	154.9	170.2	175.6	192.433	220.1	203.36

الشكل (4) تأثير إضافة مسحوق الشوندر الأحمر في اختبارات طبخ المعكرونة

دراسة التأثير المعنوي:

تؤثر إضافة مسحوق الشوندر الأحمر ونوع المعكرونة معنوياً في اختبارات طبخ المعكرونة جدول (9)، أثرت إضافة الشوندر الأحمر بشكل معنوي إيجابي في زيادة زمن طبخ المعكرونة وتؤدي رفع النسبة إلى 10% إلى زيادة زمن طبخ المعكرونة، وكذلك زيادة الماء الممتص مما يؤدي لزيادة حجم المعكرونة.

في المعكرونة من النوع الثاني (بدون بيض) يقل الزمن الازم لطبخ المعكرونة ويزداد الماء الممتص وتكون الزيادة في الحجم أكبر، أي يعمل البيض على زيادة زمن الطبخ وتقليل الماء الممتص وتقليل حجم المعكرونة الناتجة.

يعمل التأثير المشترك لكل من مسحوق الشوندر الأحمر وإضافة البيض على زيادة زمن الطبخ والماء الممتص وزيادة في الحجم ولكن بشكل أقل، ويؤدي الإضافة المشتركة للبيض والشوندر الأحمر 5% لخفض زمن الطبخ للمعكرونة (18.0دقيقة).

بينما يرفع مسحوق الشوندر الأحمر نسبة الماء الممتص عند رفع نسبة الإضافة من 5 إلى 10%، وتكون أعلى قيمة للماء الممتص عند نسبة إضافة الشوندر الأحمر 10% بدون إضافة بيض 194.9%.

الجدول (9) قيم التأثير المعنوي الناتج عن إضافة مسحوق الشوندر الأحمر في اختبارات طبخ المعكرونة

التأثير المعنوي	لزمن الطبخ	للماء الممتص	لزيادة الحجم
مسحوق الشوندر الأحمر	8.16	26.2	15.81
إضافة البيض	9.5	55.1-	32.65-
مسحوق الشوندر الأحمر ×البيض	2.83	17.66	4.88

يكون تأثير إضافة البيض مشابهاً بالنسبة لزيادة حجم المعكرونة حيث تؤدي إضافة البيض إلى خفض حجم المعكرونة، وعند رفع نسبة إضافة الشوندر الأحمر من 5 إلى 10% يزداد حجم المعكرونة، وتكون أعلى قيمة لحجم المعكرونة الناتجة عند نسبة إضافة الشوندر الأحمر 10% بدون إضافة بيض 203.37%.

خامساً- الاستنتاجات والتوصيات Conclusions and Recommendations

- يحتوي مسحوق الشوندر والسبانخ على كمية عالية جداً من البولي فينولات 1203.2-2487.8 mg GA/g على الترتيب.
- تنافس الألياف المضافة من مساحيق الخضار الجافة بروتينات ونشاء السميد بربطها كمية من الماء المضاف الازم في مرحلة العجن ثم تتخلى عنها في مرحلة التجفيف، مما يؤدي لخفض رطوبة المعكرونة الناتجة، وبالتالي يزداد زمن الطبخ الازم للمعكرونة لاحقاً وكذلك حجمها، بينما يقوم البيض بخفض هذا التأثير للألياف المضافة.
- أظهرت نتائج التحليل الإحصائي للتجارب المصممة أن لمسحوق السبانخ والبيض والشوندر الأحمر تأثير معنوي في محتوى الرطوبة للمعكرونة $p<0.05$، حيث خفضت نسبة الإضافة من محتوى الرطوبة فكانت 9.15-8.31% للنسب 5-10% على التوالي بالنسبة لمسحوق السبانخ، و11.35-8.65% لمسحوق الشوندر الأحمر، ويرتفع محتوى الرماد من1.38إلى 2.15% مع زيادة النسبة من 5-10% على التوالي بالنسبة لمسحوق السبانخ، و1.82% الشوندر الأحمر بنسبة 10% مع البيض.
- رفع مسحوق السبانخ محتوى الألياف الخام من 0.56 إلى0.87% مع زيادة النسبة من 5-10% على التوالي، ارتفع محتوى الألياف الخام من 0.56 إلى0.87% مع زيادة النسبة من 5إلى 10 % على التوالي بالنسبة لمسحوق السبانخ، وتكون نسبة الألياف الخام عند نسبة شوندر أحمر10% بدون بيض 0.85%.
- أثرت إضافة السبانخ بشكل معنوي في زمن طبخ المعكرونة وتؤدي رفع النسبة إلى 10% إلى زيادة زمن طبخ المعكرونة 17.6 دقيقة و29.5 دقيقة بالنسبة للشوندر الأحمر.
- تؤثر إضافة البيض إلى المعكرونة في خفض نسبة الماء الممتص بشكل معنوي بينما يرفع مسحوق السبانخ والشوندر الأحمر نسبة الماء الممتص عند رفع نسبة الإضافة من 5 إلى 10%، بلغ متوسط حجم المعكرونة مع البيض وعند نسبة 10% سبانخ 175.05%، بينما أعلى قيمة لحجم المعكرونة الناتجة عند نسبة إضافة الشوندر الأحمر10% بدون إضافة بيض 203.37%.

- وجد أن إضـافة مسـحوق السـبانخ 10%إلى المعكرونة المحضـرة مخبرياً والداخل في تصـنيعها البيض كانت الأفضل من ناحية المواصفات الخاصة بطبخ المعكرونة، بينما يفضل النسبة 5% لمسحوق الشوندر الأحمر بدون بيض.

سادساً– التوصيات والمقترحات:

- يوصـى بإضـافة مسـاحيق الخضـار عامة في عملية تصـنيع المعكرونة مع الانتباه إلى نسـبة الألياف الموجودة فيها.
- إدخال البيض في تصنيع المعكرونة أفضل.
- دراسة إضافة أنواع أخرى من مخلفات تصنيع الفواكه مثل العنب.

المراجع:

[1] **In Arabic**: Syrian Standard Specification No. 236 dated 11/27/2019 Effective date of the specification 5/27/2020, www.samo.org.y

[2] Shyam, S., Nishi, S. K., Ni, J., Martínez-González, M. Á., Corella, D., Schröder, H., ... & Salas-Salvadó, J. (2025). Pasta Consumption and Cardiometabolic Risks in Older Adults with Overweight/Obesity: A Longitudinal Analysis. **Journal of the American Nutrition Association,** 1-13.

[3] Fuad, T., & Prabhasankar, P. (2010). Role of ingredients in pasta product quality: A review on recent developments. **Critical reviews in food science and nutrition**, *50*(8), 787-798.

[4] Giuberti, G., & Gallo, A. (2018). Reducing the glycemic index and increasing the slowly digestible starch content in gluten- free cereal- based foods: A review. **International Journal of Food Science & Technology,** *53*(1), 50-60.

[5] Wang, J., Brennan, M. A., Serventi, L., & Brennan, C. S. (2022). Impact of functional vegetable ingredients on the technical and nutritional quality of pasta. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition,** *62*(22), 6069-6080.

[6] Bouta S., (2022). Effect of adding wheat germ on the rheological properties of two wheat flour types that differ in extraction rate. **Al-Baath University**

Journal Agricultural Engineering and Biotechnology Series Volume 44 Issue 08

[7] Alamprese, C. (2017). The use of egg and egg products in pasta production. In **Egg innovations and strategies for improvements** (pp. 251-259). Academic Press.

[8] Kumar, G. S., Sh, A., Krishnan, R., & Mohammed, T. (2021). Pasta: Raw materials, processing and quality improvement. ***Pharma Innov.*** *J*, *10*, 185-197.
[9] Székely, D., & Máté, M. (2022). Red beetroot (Beta vulgaris L.). In ***Advances in Root Vegetables Research***. Intech Open.

[10] Raji, B. A. (2023). Chemical Composition and Bioactivities of African Spinach (Amaranthus viridis) Grown on Four Different Sites (Master's thesis, Kwara State **University (Nigeria)).**

[11] Padalino, L., Conte, A., Lecce, L., Likyova, D., Sicari, V., pellicanò, T., & Del Nobile, M. A. (2017). Functional pasta with tomato by-product as a source of antioxidant compounds and dietary fiber, **Czech Journal of Food Sciences,** Vol. 35, 1
[12] Sobota, A., Wirkijowska, A., & Zarzycki, P. (2020). Application of vegetable concentrates and powders in colored pasta production, International Journal of Food Science and Technology, Vol. 55, 6, 2677–2687.
[13] Fratianni, A., Vitone, C., D'Agostino, A., Trivisonno, M. C., Falasca, L., & Panfili, G. (2024). Development of functional pasta enriched with green leafy vegetables: impact on liposoluble compounds, nutritional, technological and sensorial quality. **International Journal of Food Science and Technology**, *59*(2), 1121-1128.

[14] Wang, J. (2023). Technical and nutritional properties of vegetable enriched pasta utilising juice and pomace from spinach, red cabbage, beetroot and carrot: A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy at Lincoln University (Doctoral dissertation, Lincoln University).

[15] Teterycz, D., & Sobota, A. (2023). Use of High-Protein and High-Dietary-Fibre Vegetable Processing Waste from Bell Pepper and Tomato for Pasta Fortification***. Foods***, Vol. 12(, 13), 2567, 1-18.

[16] Panditrao, M. P., & Yadav, K. C. (2022). Development and quality evaluation of pasta incorporated with beetroot powder. **The Pharma Innovation Journal,** 11(2), 1676-1681

[17] AACC (2000) Approved methods of the American association of cereal chemists. American Association of Cereal Chemists Inc, St. Paul

[18] AOAC. (2002). Official analytical chemists, official methods of analysis. Edited by AOAC. 16th ed. Volume. 2. Washingtone DC

[19] Padalino, L., Costa, C., Del Nobile, M. A., & Conte, A. (2019). Extract of Salicornia European in fresh, pasta to enhance phenolic compounds and antioxidant activity. **International Journal of Food, Science & Technology**, 54(11), 3051-3057

[20] Shere, P. D., Devkatte, A. N., & Pawar, V. N. (2018). Studies on production of functional noodles with incorporation of spinach puree. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, *7*(6), 1618-1628

[21] de Oliveira Filho, J. G., Lemes, A. C., Cruz Filho, R. P., Guimarães, R. M., Oliveira, K. L., Santana, G. S., ... & Egea, M. B. (2021). Red pasta: what is the technological impact of the enrichment of beet ingredient in fresh pasta? **Quality Assurance and Safety of Crops & Foods**, *13*(2), 46-55.

[22] Iacobellis, I., Lisi, A., Vacca, M., Apa, C. A., Celano, G., Mancini, L., & De Angelis, M. (2024). Nutritional, biochemical, and functional properties of spinach leaf-enriched dough: A healthier alternative to conventional pasta. **Foods,** *13*(22), 3608.