تأثير إضافة مستخلص البروكلي في مواصفات الجودة للبن الرائب

نادين علي*[(1)] و عمر زمار[(2)] و محمد مصري[(2)]

(1) . قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة البعث، حمص، سورية

(2) . قسم علوم الأغذية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة البعث، حمص، سورية

(* للمراسلة: م. نادين علي. البريد الإلكتروني: nadinehasanali@gmail.com)

تاريخ الاستلام: 9/ 3/ 2024 تاريخ القبول: 23/ 6/ 2024

الملخص

هدف هذا البحث إلى تعزيز الخصائص المضادة للأكسدة للبن الرائب بإضافة المستخلص المائي للبروكلي بسبب غنى هذه الخضار بالمواد المضادة للأكسدة والمواد المغذية الأخرى، مع إضافة اللون كعامل جذب للمستهلكين. وبناء عليه تم إضافة هذا المستخلص إلى اللبن الرائب وفق ثلاث تراكيز (10، 15، 20)%. درست الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبية للبن الرائب الناتج خلال فترة التخزين لمدة 14 يوم عند درجة حرارة 4°م و أظهرت النتائج انخفاض الرقم الهيدروجيني pH وازدياد الحموضة القابلة للمعايرة في جميع العينات المعززة بإضافة مستخلص البروكلي المائي وبشكل معنوي بالمقارنة مع عينة اللبن الرائب الشاهد وكان التأثير الأكثر معنوية عند التركيز 20% من الإضافة. وكذلك ازداد محتوى اللبن الرائب من المركبات الفينولية وازداد النشاط المضاد للأكسدة مع زيادة تركيز المستخلص بالمقارنة مع عينة اللبن الرائب الشاهد. تحسنت خصائص المنتج الفيزيائية مع الإضافة خلال فترة التخزين المبرد حيث انخفض انفصال المصل، وازدادت لزوجة العينات وبشكل معنوي بالمقارنة مع عينة اللبن الرائب الشاهد. وشكلت الإضافة وسطاً ملائماً لنمو بكتريا البادئ التي ازداد عددها وبشكل معنوي في عينات اللبن الرائب المعززة بإضافة مستخلص البروكلي المائي واستمر العدد بالإزدياد خلال فترة التخزين المبرد حتى اليوم الرابع عشر.

الكلمات المفتاحية: البروكلي، المركبات الفينولية، مضادات الأكسدة، اللبن الرائب، الخصائص الفيزيائي

المقدمة:

يدل مصطلح الأغذية الوظيفية Functional Food إلى الأغذية المصنعة والتي تحتوي على مكونات تساعد في الحفاظ على صحة الجسم أو تقليل مخاطر الإصابة بالأمراض ومن أمثلة الأطعمة الوظيفية الأطعمة التي تحتوي على المعادن، الفيتامينات، الأحماض الدهنية، الألياف الغذائية والأطعمة التي تحتوي على مواد نشطة بيولوجياً وتندرج البادئات الميكروبية ضمن هذه الفئة (Ndife and Abbo, 2009). تعد الألبان المتخمرة من أقدم المنتجات اللبنية وأهمها التي اكتشفها الإنسان. فبعد وصول البكتريا وخصوصاً بكتريا حمض اللبن (اللاكتيك) *Lactic acid bracteia(LAB)* إلى الحليب وتكاثرها فيه أدى ذلك إلى حدوث تغيرات نتج عنها منتج متخمر ذو طعم ونكهة مرغوبين (El-mayda and Zammar, 2009). واللبن الرائب أحد أهم المنتجات اللبنية المتخمرة والذي يستهلك في جميع دول العالم بنسب مختلفة وهو غذاء مهم للإنسان. إذ يعتبر مصدراً للبتيدات الحيوية النشطة والتي تتشكل خلال التخمر بالإضافة للعديد من المركبات التي تعطيه القيمة الغذائية الإضافية، ولكنه ذو محتوى محدود من

النشاط المضاد للأكسدة. لذلك كانت هناك عدة محاولات لتعزيز اللبن بمضادات أكسدة من مصادر طبيعية وهناك محاولات ابتكارية عديدة لتطوير منتجات جديدة في هذا المجال (Caleja *et al.*, 2016). تعد الخضروات مصدرًا جيدًا للمركبات التي تشارك في النشاط الدوائي. يرتبط الإنسان بوجود الخضروات ارتباطًا وثيقًا، فهي مصدر للعديد من المنتجات الحيوية الضرورية لبقاء المملكة الحيوانية. وترجع أهمية الخضروات إلى محتواها الكيميائي المعقد المهم لجسم الإنسان والذي يتضمن مواد عضوية (كربوهيدرات، بروتينات، دهون، وأحماض عضوية)، ومواد مضادة للميكروبات بنسبة عالية، ومحتوى مرتفع من المعادن والفيتامينات (Butnariu and Butu., 2015). البروكلي هو نبات صالح للأكل ويصنف ضمن مجموعة الأصناف المائلة من الأنواع (*Brassica Oleraceae Italica*). وهو نوع من الخضروات التي تنتمي إلى الفصيلة الصليبية. نشأت في إيطاليا منذ حوالي 2000 عام. يشبه البروكلي القرنبيط ويعتبر طعامًا ذا قيمة فريدة بين الإيطاليين (Fenwick *et al.*,1983).

ثبت بالأبحاث أن تعزيز اللبن الرائب الوظيفي بمستخلص البروكلي له تأثير جيد في تثبيط نمو بكتريا *Helicobacter pylori* وهي تعد من البكتريا التي تسبب سرطان وقرحة المعدة والأمعاء (Sadeghi *et al.*, 2017). كما إن عملية إغناء اللبن البروبيوتيك (الوظيفي) بالبروكلي يعطي منتج غني بالمركبات الفينولية ومضادات الأكسدة والعناصر المعدنية والفيتامينات، وهذا أيضاً يحسن الخصائص الحسية للبن المنتج في النكهة والرائحة. كما إن إضافة البروكلي يزيد من النشاط المضاد للأكسدة للبن الرائب (Najgebauer-Lejko *et al.*, 2014).

هدف البحث لإنتاج لبن رائب وظيفي يضمن تزويد الجسم بالعناصر الغذائية الضرورية لقيام الجسم بوظائفه الحيوية بالإضافة إلى الجانب الصحي في الوقاية من العديد من الأمراض، أيضاً دراسة تأثير مستخلص البروكلي المتبرعم في نشاط بكتريا حمض اللبن، وكذلك دراسة الخصائص الكيميائية والفيزيائية والنشاط المضاد للأكسدة لعينات اللبن الرائب المصنعة خلال فترة التخزين المبرد.

المواد وطرائق البحث

1- المواد المستخدمة في البحث

البروكلي: تم شراؤه من السوق المحلية لمدينة حمص.

الحليب: تم استخدام الحليب البقري الخام كامل الدسم والذي تم شراؤه من مزرعة صغيرة خاصة في ريف مصياف.

بادئ اللبن: تم استخدام بكتريا حمض اللبن المجفدة –حمص– حسياء الصناعية.

Streptococcus thermophilus ,Lactobacillus delbrueckii spp. bulgaricus

العبوات: استخدمت عبوات مصنوعة من البولي ايتيلين ومزودة بغطاء لتعبئة عينات اللبن المحضرة. تم شراؤها من متجر خاص في السوق المحلية في مدينة حمص .

تم تنفيذ التجارب والتحاليل في مخبري علوم الأغذية–كلية الهندسة الزراعية–جامعة البعث–حمص، ومخابر مركز التقانة الحيوية –جامعة البعث–حمص.

2- طرائق البحث:

- **تحضير مسحوق البروكلي**

تم تحضير المسحوق الجاف للبروكلي وفق الخطوات التالية (Yadave *et al.*, 2016):

1- غسيل االبروكلي جيدا بالماء

2- فصل الأجزاء المتبرعمة من الأعلى عن الساق

3- توضع في فرن التجفيف المخبري (45°م لمدة 48 ساعة)

4- الطحن باستخدام مطحنة مخبرية

5- النخل

6- التعبئة في عبوات معتمة

7- الحفظ المبرد

- **تحضير مستخلص البروكلي**

تم مزج مسحوق البروكلي مع حليب مبستر (بدلاً من الماء لتجنب إضافة الماء إلى عينات اللبن الرائب المراد تحضيرها) بنسبة 10% (w/v) مع التحريك والتقليب المستمر لمدة عشرة دقائق تقريباً، بعدها تم الترشيح باستخدام قطعة قماش للحصول على المستخلص واستبعاد الألياف، ثم تم بسترة المستخلص الناتج عند الدرجة 85°م لمدة 15 دقيقة ثم حفظ المستخلص الناتج في عبوة معتمة محكمة الإغلاق مع التبريد عند الدرجة 4 °م (Nyamete and Mongi., 2017).

- **تحضير عينات اللبن الرائب**

تم تحضير عينات اللبن الرائب وفق الخطوات التالية (Nyamete and Mongi., 2017):

1- تصفية الحليب البقري الطازج للتخلص من الملوثات الفيزيائية والشوائب العالقة فيه

2- إخضاع الحليب إلى معاملة حرارية عند الدرجة (85-90)°م لمدة 15 دقيقة

3- تبريد الحليب بسرعة حتى الدرجة 43°م

4- توزيع الحليب في عبوات نظيفة مصنوعة من البولي ايتيلين ومزودة بغطاء سعة 150 مل (حسب الجدول رقم (1)).

5- إضافة بادئ اللبن الرائب بعد تنشيطه باستخدام حليب مجفف خالي الدسم وبنسبة 3 % (W/V) مع التحريك

6- إضافة المستخلص المحضر بثلاث تراكيز مختلفة (10 ، 15 و20) % بالإضافة إلى عينة شاهد وفق الجدول (1).

7- الخلط الجيد للعينات

8- التحضين عند الدرجة 43°م لمدة (3-4) ساعات حتى قيمة pH=4.6

9- التخزين المبرد للعينات عند الدرجة 4°م

وتم إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية والميكروبية على العينات المحضرة في اليوم الأول واليوم السابع واليوم الرابع عشر من التخزين المبرد حيث تم تحضير 12عينة وتم تقسيمها على أيام إجراء التحاليل.

الجدول (1): تحضير عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي وفق ثلاث تراكيز

العينة	شاهد	مستخلص البروكلي		
	A	B	C	D
حليب (مل)	150	135	127.5	120
مستخلص (مل)	0	15	22.5	30
بادئ (غ)	4.5	4.5	4.5	4.5

A: عينة لبن رائب بدون إضافة (عينة شاهد)، B: عينة لبن رائب مع إضافة 10% من مستخلص البروكلي

C: عينة لبن رائب مع إضافة 15% من مستخلص البروكلي D: عينة لبن رائب مع إضافة 20% من مستخلص البروكلي

- **تحليل عينات اللبن الرائب المصنع**
- **الاختبارات الكيميائية**

أ. تقدير البروتين الخام (%)

حدد محتوى البروتين الخام في عينات اللبن الرائب المختلفة كنسبة مئوية حسب طريقة كلداهل (AOAC,2002) باستخدام العامل 6.25 للحصول على % للبروتين وتم تطبيق الخطوات وفق مايلي: يوزن(1) غرام من عينة اللبن الرائب على ورق ترشيح وتنقل إلى أنبوب كلداهل، ثم يضاف (15) مل من حمض الكبريت المركز لهضم العينة مع إضافة حبة الهضم(كبريتات البوتاسيوم والسيلينيوم) كعوامل مساعدة لتسريع الهضم. ثم توضع الأنابيب في جهاز الهضم (وهو عبارة عن جهاز تسخين على الدرجة 250-350°م) ينتهي الهضم عند انقلاب اللون من اللون الأسود إلى اللون الشفاف الرائق. بعد ذلك تنقل الأنابيب إلى وحدة التقطير باستخدام هيدروكسيد الصوديوم التي تفكك كبريتات الأمونيوم ويتم استقبال النشادر في حوجلة تحتوي على (10) مل من محلول حمض البوريك الحاوي على مشعر كلداهل (أحمر الميتيل و أخضر الكريزول في الإيتانول) ذو اللون الزهري وتتشكل بورات الأمونيوم التي تتشرد في الوسط وفي نهاية عملية التقطير يصبح لون المشعر أزرق. بعد ذلك يتم معايرة شوارد البورات في الوسط باستخدام حمض الهيدروكلوريك (0.1 N) وتنتهي المعايرة عند انقلاب اللون وظهور اللون الزهري ونسجل الحجم المستهلك من حمض الهيدروكلوريك ويتم الحساب باستخدام المعادلات

$$\%\ \text{للأزوت} = (V \times N_{Hcl} \times 0.014) \times 100 / g$$

% للبروتين=% للأزوت×6.25

N: نظامية محلول حمض الهيدروكلوريك المستخدم للمعايرة

V: حجم محلول حمض الهيدروكلوريك المستهلك للمعايرة (مل)

g: وزن عينة اللبن الرائب (غ)

ب. تقدير الحموضة المعايرة TA (%)

حددت الحموضة القابلة للمعايرة وفق (AOAC, 1995): تم أخذ حوالي 20غ من اللبن الرائب و تخلط مع 20 غ من الماء المقطر (1:2 w/v) ونقلت إلى دورق ثم أضيف 3 قطرات من دليل الفينول فتالين phenolphthalein indicator ثم تمت المعايرة ب هيدروكسيد الصوديوم (NaoH) ذو العيارية (0.1) حتى الوصول إلى اللون الزهري وثباته لمدة 30 ثانية (8.1 =pH) باستخدام جهاز pH meter وذلك عند درجة حرارة 20 °م، وتم التعبير عنها كنسبة مئوية من حمض اللاكتيك وتحسب من المعادلة التالية:

% Lactic acid=volume NaoH×0.009×100/ yoghurt weight

ويعبر عن النتيجة (مول حمض لكل 100غ عينة).

ج. تقدير درجة الـ pH

تم تحديد الرقم الهيدروجيني بأخذ 20 غ من عينة اللبن الرائب وتمزج مع 100 مل ماء مقطر Distilled water حسب (Nymete *et al*., 2016) وذلك باستخدام جهاز قياس درجة الحموضة المخبري (pH-meter) موديل England jenway 3510 المزود بقطب كهربائي زجاجي حساس لقياس درجة الحرارة وذلك بعد معايرته باستخدام المحاليل النظامية الخاصة فيه. تم أخذ ثلاث قراءات لكل عينة.

د. **تقدير النشاط المضاد للأكسدة RSA (%)**

تم تحضير محلول العينة وفق مايلي: تم أخذ 50 مل من اللبن الرائب خضعت لعملية طرد مركزي خلال جهاز(10000 rpm لمدة 30 دقيقة مع التبريد عند درجة حرارة 4°م). قدر النشاط المضاد للأكسدة في العينات باستعمال طريقة (Brand-Williams *et al.*, 1995). بأخذ 0.1 مل من محلول العينة يخلط مع 2.9 مل من محلول الجذور الحرة DPPH المحضر بتركيز 60 ميكرومول في محلول الميتانول (0.0024 غرام من DPPH في 100 مل ميتانول) ذو اللون الأرجواني يترك مزيج التفاعل في الظلام لمدة 30 دقيقة ثم يقاس عند طول موجة 517 نانوميتر باستخدام جهاز المطياف الضوئي spectrophotometer. يتم تصفير الجهاز بعينة تحتوي على الميثانول ويتم تحضير عينة شاهد (0.1 ماء مقطر تخلط مع 2.9 مل من محلول الDPPH) والتي من المفترض أن تمتلك أعلى قيمة للإمتصاصية عند طول موجة 517 نانومتر. يعبر عن النشاط المضاد للأكسدة كنسبة مئوية من كمية الصبغة المختزلة حيث يتم قياس قدرة مستخلص البروكلي على تبييض محلول ال DPPH ذو اللون الأرجواني ويحدد من المعادلة:

$$\%RSA=((A_{control}-A_{sample})/ A_{control}) \times 100$$

A_{contro}: قيمة الإمتصاصية لعينة الشاهد أو البلانك عند طول موجة 517 نانومتر

A_{sample}: قيمة الإمتصاصية لعينة اللبن المختبرة عند طول موجة 517 نانومتر

هـ. **تقدير محتوى الفينولات الكلية (TPC)**

تم تقدير المحتوى الكلي من المواد الفينولية في عينات اللبن الرائب بواسطة طريقة Folin-Ciocalteau بحسب Matter *et al.*, 2016) مع تعديل بسيط. يتم وزن 2 غرام من عينة اللبن الرائب وتمزج مع 100مل ميتانول(80%) ثم ترشح، ثم يؤخذ 0.5 مل من الراشح مع 5 مل من كاشف FC مخفف بنسبة (1:10) بالماء المقطر وتترك لمدة 5 دقائق وبعد ذلك يتم إضافة 4 مل من محلول كربونات الصوديوم 7% وتترك في الظلام لمدة 90 دقيقة ثم يقاس الإمتصاص عند طول موجة 765 nm باستخدام جهاز Spectrophotometer .تم إنشاء منحني قياسي من حمض الغاليك بوزن 0.5غ من حمض الغاليك وتذويبه مع 100 مل من الميتانول (50%) ونجري التخفيفات المطلوبة لرسم المنحني(50، 100، 150، 200) مغ/ل 0يؤخذ 0.5 مل من كل تركيز ويضاف إليها 0.5 مل من كاشف FC و9 مل ماء مقطر وتترك لمدة 5 دقائق ثم يضاف 5 مل من محلول كربونات الصوديوم ثم تترك في الظلام لمدة 90 دقيقة ويتم قياس الإمتصاصية. يعبر عن النتائج مع مكافئ حمض الغاليك/غ

- **التحاليل الفيزيائية**

أ. **قياس اللون:**

تم قياس لون المنتجات باستخدام جهاز قياس اللون حسب الطريقة الموصوفة من قبل (Dabija *et al.*, 2018).

(Spectrophotometer UV-VIS Double.USA) (Konica Minolta cm-japan,3500d) لتحديد قيم الفراغ اللوني الواردة فيما يلي:

L^*: درجة السطوع Degree Of Lightness(Black=0,White=100)

a^*: درجة الحمرة أو الخضرة degree of redness or greenness(red+;green-) .

b^* : درجة الصفرة أو الزرقة degree of yellowness or blueness(yellow+;blue-) .

ب. **تقدير كمية المصل المنفصل**

حددت كمية المصل المنفصل في عينات اللبن الرائب المختلفة حسب الطريقة الموصوفة من قبل (Barkallah *et al*., 2017) بأخذ 100 مل من العينة و وضعها في قمع يحتوي على ورق ترشيح لمدة 6 ساعات من الترشيح وبعد ذلك تم قياس حجم المصل المنفصل. والقابلية للإنفصال يتم تحديدها بالمعادلة التالية:

القابلية للإنفصال % =100× (V1/V2)

V1= حجم المصل المجموع بعد الترشيح (مل)

V2=حجم عينة اللبن الأولية (مل)

ج. **تقدير اللزوجة**

تم تقدير اللزوجة الظاهرية (apparent viscosity) في عينات اللبن الرائب المختلفة المصنعة حسب (Ebrahimi *et al*., 2015) باستخدام جهاز قياس اللزوجة Thermo Haake550عند درجة حرارة الغرفة باستخدام كأس MV والمغزل الدوار نوع (MV DIN) حيث تم غمر المغزل في كل عينة للسماح بالتوازن الحراري في العينة ثم تم إجراء القياس وتجميع النقاط لكل عينة. حيث تم تسجيل إجهاد القص shear stress (Pa) لمعدلات قص shear rate تتراوح من 0.123(1/s) وحتى 300.1(1/s) ومن300.1(1/s) حتى 0.123(1/s) وثم تم حساب اللزوجة من العلاقة (اللزوجة =إجهاد القص/سرعة القص).

د. **التحليل الميكروبي**

تم إجراء جميع التحاليل الميكروبيولوجية على عينات مختلفة من اللبن الرائب المخزن عند الدرجة 4 °م بفترات زمنية مختلفة (اليوم الأول ،اليوم السابع ،اليوم الرابع عشر) من التخزين المبرد بأخذ (1) مل من عينة اللبن الرائب ثم أضيف لها (9) مل من محلول التخفيف المعقم ماء الببتون فيتم الحصول على التخفيف الأول (1/10) ثم تم أخذ (1) مل من التخفيف الأول إلى أنبوب ثاني يحوي على (9) مل ماء ببتون للحصول على التخفيف الثاني (1/100) وتم تكرار نفس الطريقة للحصول على التخفيف الثالث (1/1000) وتم الزرع في الأوساط المغذية بأخذ (1) مل من التخفيف الثالث والتحضين عند درجة الحرارة المناسبة بحسب (Elhadi Sulieman *et al* ., 2011).

وتم عد المستعمرات المتشكلة على البيئات المغذية بعد انقضاء فترة التحضين على درجة الحرارة المناسبة لكل منها وضربت بعامل التحفيف وتم التعبير عن النتيجة كوحدة تشكيل مستعمرة لكل مليلتر cfu/ml.

تم استخدم وسط الآغار المغذي Nutrient agar من أجل العد الكلي (Total plate counts) باتباع طريقة الزرع العميق و حضنت الأطباق على الدرجة 37°م لمدة 48 ساعة.

تعداد بكتريا حمض اللاكتيك *Lactobacillus Bulgaricus* : تم استخدم بيئة MRS آغار (MRS agar) باتباع طريقة الزرع السطحي وحضنت الأطباق على الدرجة 37°م لمدة 48 ساعة في ظروف لا هوائية.

تعداد بكتريا الكوليفورم *Coliform bacteria*: تم استخدم وسط ماكونكي أغار MacConkey agar وحضنت الأطباق بدرجة حرارة 37°م لمدة 48 ساعة.

تعداد الفطريات والخمائر: تم استخدم بيئة آغار ديكستروز البطاطا Potato dextrose agar باستخدام طريقة الزرع السطحي و حضنت الأطباق بدرجة حرارة 25°م لمدة 5 أيام.

- **التحليل الاحصائي:** تم تحليل البيانات لعينات اللبن الرائب المصنعة خلال فترة التخزين المبرد احصائياً باستخدام برنامج Minitab 19 حيث تم إجراء ثلاث مكررات لكل اختبار حيث تم تحليل التباين بواسطة "One wayANOVA" عند مستوى معنوية $P< 0.05$ للمقارنة بين المتوسطات.

النتائج والمناقشة

محتوى البروتين (%)

يظهر الجدول (2) محتوى البروتين في عينات اللبن الرائب المختلفة. ويبين الجدول أن محتوى البروتين قد ازداد وبشكل معنوي عند ($p<0.05$) عند إضافة مستخلص البروكلي المائي إلى عينات اللبن الرائب بالمقارنة مع عينة اللبن الرائب الشاهد و خاصة عند التركيز(20)%. حيث كان محتوى البروتين في عينة اللبن الرائب الشاهد 3.73%، و في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي فكانت القيم في العينات حسب التركيز(10، 15، 20)% هي على التوالي (4.1، 4.11، 4.15)% وذلك في اليوم الأول من التخزين المبرد. وهذا يتفق مع ما توصل إليه Nyamete and Mongi., (2017) . يبين الجدول أن محتوى البروتين في عينات اللبن الرائب انخفض وبشكل معنوي عند($p<0.05$) حتى اليوم السابع من التخزين المبرد، حيث كان محتوى البروتين في عينة اللبن الرائب الشاهد 3.02%، و في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي فكانت القيم في العينات حسب التركيز(10، 15، 20)% هي (3.31، 3.48، 3.9)% على التوالي. وهذا يتفق مع نتائج Yadave *et al.*, (2016) حيث ذكر أن انخفاض نسبة البروتين مع التخزين قد يكون بسبب بكتريا البادئ *Lactobacillus delbrueckii spp bulgaricus ,Streptococcus thermophilus* والتي كانت أكثر تحليلا للبروتين من الميكروبات الأخرى. انخفض محتوى البروتين وبشكل غير معنوي عند ($p<0.05$) حتى اليوم الرابع عشر من التخزين المبرد. حيث كان محتوى البروتين في عينة اللبن الرائب الشاهد (2.92)%، و في عينات اللبن الرائب المدعمة بمستخلص البروكلي المائي فكانت القيم في العينات حسب التركيز(10، 15، 20)% هي (3.23، 3.34، 3.6)% على التوالي. وهذا يتفق مع نتائج Elhadi Sulieman *et al* ., (2011)حيث انخفض محتوى البروتين في عينات اللبن الرائب المدعم بعصير الجزر حتى اليوم الخامس عشر من التخزين المبرد بسبب نشاط البكتريا المحبة للبرودة والتي تهاجم البروتين في عينات اللبن الرائب المحضرة.

الجدول (2): محتوى البروتين(%) في عينات اللبن الرائب الوظيفي المدعم بمستخلص البروكلي بتراكيز مختلفة خلال فترة التخزين المبرد

نسبة الإضافة من مستخلص البروكلي(%)	فترة التخزين(يوم)		
	1	7	14
شاهد(0)	3.73 ± 0.13^{Ca}	3.02 ± 0.11^{Cb}	2.92 ± 0.10^{Cc}
10	4.1 ± 0.13^{Aba}	3.31 ± 0.23^{BCb}	3.23 ± 0.15^{Bb}
15	4.11 ± 0.12^{Aba}	3.48 ± 0.22^{Bb}	3.34 ± 0.12^{Bb}
20	4.15 ± 0.23^{Aa}	3.80 ± 0.20^{Ab}	3.6 ± 0.11^{Ab}

تدل الأحرف الكبيرة المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية(باختلاف التركيز)، بينما تدل الأحرف الصغيرة على وجود فروق معنوية في السطر الواحد (باختلاف فترة التخزين)،عند مستوى معنوية 5%

قيم الرقم الهيدروجيني pH والحموضة القابلة للمعايرة (TA %)

يظهر الجدول رقم (3) والجدول رقم (4) قيم pH والحموضة القابلة للمعايرة في عينات اللبن الرائب المختلفة خلال فترة التخزين المبرد. يتبين من الجدولين السابقين أن أعلى قيمة للرقم الهيدروجيني وأخفض قيمة للحموضة كانت في عينة اللبن الرائب الشاهد

وذلك في اليوم الأول من التخزين (pH= 4.68، TA%= 0.7763) وانخفض الرقم الهيدروجيني وازدادت قيم الحموضة وبشكل معنوي (P< 0.05)عند إضافة المستخلص المائي للبروكلي إلى عينات اللبن الرائب، حيث كانت قيم pH في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي حسب التركيز(10،15 ،20)% بالترتيب هي(4.15، 4.05، 4.04) وقيم TA% كانت بالترتيب (0.9957، 1.0334، 1.045)% . وهذا يماثل ما توصل إليه Nyamete and Mongi., (2017) و Azarashkan *et al* ., (2022) الذين وجدوا أنه عند إضافة مستخلص بذور البروكلي مع بودرة البروكلي BSE الحر والمغلف أدت إلى خفض درجة الحموضة وبشكل كبير وزيادة حموضة جبن الريكوتا (P<0.05) ومن المحتمل أن يكون انخفاض الرقم الهيدروجيني وزيادة الحموضة بسبب وجود المركبات الحمضية والأحماض الفينولية في المستخلص. أيضا يوضح كلا الجدولين انخفاض الرقم الهيدروجيني وزيادة الحموضة طول فترة التخزين المبرد لمدة 14يوم حيث كانت قيم pH في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي حسب التركيز(10، 15 ،20)% بالترتيب هي(3.90، 3.81، 3.77) وقيم TA% كانت بالترتيب (1.1126 ،1.1539، 1.1594)% . أما عينة اللبن الرائب الشاهد (pH= 4.1، TA%= 0.8832) وذلك في اليوم الرابع عشر من التخزين المبرد . وهذا يتفق مع ما توصل إليه (Yadave *et al*., 2016) وهذا ما فسره بسبب نمو البكتريا التي تحول اللاكتوز إلى حمض اللاكتيك، وجد Najgebauer-Lejko *et al*., (2014) أن أخفض قيمة لرقم الحموضة هي في اليوم الرابع عشر في عينة اللبن الرائب بوجود البروكلي مقارنة بباقي العينات مع إضافات مختارة من الخضار.

المحتوى الكلي من المركبات الفينولية TPC (مغ مكافئ حمض الغاليك /غ)

يظهر الجدول (5) نتائج تحديد المحتوى الكلي من المركبات الفينولية (TPC) في عينات اللبن الرائب المختلفة. وأظهرت النتائج مايلي: ازداد المحتوى الكلي من المركبات الفينولية في جميع عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي مع زيادة نسبة الإضافة منها(10، 15 و20)% زيادة معنوية عند(P<0.05) مقارنة مع عينة اللبن الرائب الشاهد والتي كانت قيمة TPC% لها مساوية 0.97 مغ مكافئ حمض الغاليك /غ عينة، وفي عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي كانت القيم حسب التركيز(10، 15 و20)% هي بالترتيب (4.08، 4.77، 4.93) مغ مكافئ حمض الغاليك /غ وذلك في اليوم الأول من التخزين المبرد وهذا يماثل ما توصل إليه الباحثون Dabija *et al*., (2018) حيث درسوا خصائص الجودة للبن الرائب المعزز بالمستخلصات المائية لأربعة أنواع من الأعشاب البرية (الشوك، الزعرور، المريمية، البردقوش) بأربع مستويات لكل منها (0.25%، 0.50%، 0.75%، 1%) حيث ازداد المحتوى الكلي من المواد الفينولية مع زيادة تركيز المستخلص وتباينت القيم اعتمادا على نوع مستخلص الأعشاب المستخدم وتم الحصول على أفضل النتائج لTPC عند استخدام خلاصة البردقوش. وتعود هذه الزيادة إلى ارتفاع محتوى المركبات الفينولية في التركيب الكيميائي لتلك الخضار والأعشاب. استمرت هذه الزيادة في محتوى TPC خلال فترة التخزين حتى اليوم السابع بشكل معنوي عند (P<0.05) في جميع عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي حيث كان محتوى TPC في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي حسب التركيز(10، 15 و20)% هي بالترتيب (4.29، 5.02، 5.16) مغ مكافئ حمض الغاليك /غ. واستمر هذا الإرتفاع في المحتوى الكلي للمركبات الفينولية في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي حتى اليوم الرابع عشر من التخزين المبرد عند الدرجة 4°م بشكل معنوي عند (P<0.05) وكانت قيم محتوى TPC في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي كانت حسب التركيز(10، 15 و20)% هي بالترتيب (4.56، 5.29، 5.33) مغ مكافئ حمض الغاليك /غ. وهذا يتفق مع ما توصل إليه الباحثين(2018) ,.*al* Dabija *et* . أيضاً لاحظ Shori., (2022) ارتفاع في المحتوى الكلي للمركبات الفينولية في عينات اللبن الرائب العشبي التي

درسها بعد 7 و14 يوم من التخزين المبرد وهذا يرجع إلى تحلل بروتينات الحليب بواسطة بكتريا حمض اللبن LAB وهذا بدوره يؤدي إلى إطلاق بعض المركبات الفينولية. أما بالنسبة لعينة اللبن الرائب الشاهد فقد انخفض المحتوى الكلي من المركبات الفينولية بشكل معنوي ($P<0.05$) خلال التخزين حتى اليوم السابع واليوم الرابع عشر حيث بلغت القيم بالترتيب (0.90، 0.88) مغ مكافئ حمض الغاليك/غ. وهذا ما أكده Shori., (2022) وفسره بأن كمية TPC الموجودة في اللبن الرائب العادي ترتبط بالمركبات الغير فينولية متل السكريات والبروتينات والأحماض الأمينية والببتيدات الصغيرة التي قد تتداخل مع قياس ال TPC.

الجدول (3): قيم الرقم الهيدروجيني pH في عينات اللبن الرائب الوظيفي المدعم بمستخلص البروكلي بنسب مختلفة خلال فترة التخزين المبرد

نسبة الإضافة من مستخلص البروكلي (%)	فترة التخزين(يوم)		
	1	7	14
شاهد (0)	4.68 ± 0.01^{Aa}	4.36 ± 0.05^{Ab}	4.1 ± 0.00^{Ac}
10	4.15 ± 0.04^{Da}	3.97 ± 0.04^{Cb}	3.90 ± 0.03^{Dc}
15	4.05 ± 0.04^{Ea}	3.92 ± 0.01^{Db}	3.81 ± 0.02^{Ec}
20	4.04 ± 0.03^{Ea}	3.85 ± 0.01^{Eb}	3.77 ± 0.02^{Fc}

تدل الأحرف الكبيرة المختلفة في العمود الواحدعلى وجود فروق معنوية، بينما تدل الأحرف الصغيرة على وجود فروق معنوية في السطر الواحد، عند مستوى معنوية 5%

الجدول (4): قيم الحموضة القابلة للمعايرة (%) في عينات اللبن الرائب الوظيفي المدعم بمستخلص البروكلي بنسب مختلفة خلال فترة التخزين المبرد

نسبة الإضافة من مستخلص البروكلي (%)	فترة التخزين(يوم)		
	1	7	14
شاهد (0)	0.7763 ± 0.0025^{Gc}	0.8318 ± 0.0002^{Gb}	0.8832 ± 0.0029^{Ga}
10	0.9957 ± 0.0037^{Cc}	1.0489 ± 0.0012^{Cb}	1.1126 ± 0.0064^{Ca}
15	1.0334 ± 0.0005^{Bc}	1.1127 ± 0.0003^{Bb}	1.1539 ± 0.0001^{Ba}
20	1.045 ± 0.001^{Ac}	1.1196 ± 0.0004^{Ab}	1.1594 ± 0.0005^{Aa}

تدل الأحرف الكبيرة المختلفة في العمود الواحد على وجود فروق معنوية، بينما تدل الأحرف الصغيرة على وجود فروق معنوية في السطر الواحد، عند مستوى معنوية 5%

الجدول (5): المحتوى الكلي من المركبات الفينولية TPC (مغ مكافئ حمض الغاليك/غ) في عينات اللبن الرائب الوظيفي المدعم بمستخلص البروكلي بنسب مختلفة خلال فترة التخزين المبرد.

نسبة الإضافة من مستخلص البروكلي (%)	فترة التخزين (يوم)		
	1	7	14
شاهد (0)	0.97 ± 0.02^{Ga}	0.90 ± 0.01^{Gb}	0.88 ± 0.02^{Gb}
10	4.08 ± 0.01^{Dc}	4.29 ± 0.01^{Db}	4.56 ± 0.01^{Da}
15	4.77 ± 0.01^{Bc}	5.02 ± 0.01^{Bb}	5.29 ± 0.01^{Ba}
20	4.93 ± 0.03^{Ac}	5.16 ± 0.02^{Ab}	5.33 ± 0.01^{Aa}

تدل الأحرف الكبيرة المختلفة في العمود الواحدعلى وجود فروق معنوية باختلاف التركيز، بينما تدل الأحرف الصغيرة على وجود فروق معنوية في السطر الواحد باختلاف فترة التخزين، عند مستوى معنوية 5%

النشاط المضاد للأكسدة (%)

تشير القيم في الجدول (6) إلى زيادة النشاط المضاد للأكسدة في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي بشكل معنوي عند ($P< 0.05$) مقارنة مع عينة اللبن الرائب الشاهد والتي كانت قيمة النشاط المضاد للأكسدة فيها 22.16%، في حين أن إضافة مستخلص البروكلي حسن وبشكل ملحوظ من قدرة اللبن الرائب على التخلص من الجذور، وكانت القيم في عينات اللبن

الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي حسب التركيز (10، 15 و20)% هي بالترتيب (43.81، 45.15، 46.61)% وذلك في اليوم الأول. وهذا ما أكده Shori., (2022) عند إضافة المستخلصات المائية لجوزة الطيب والفلفل الأسود والفلفل الأبيض إلى اللبن الرائب عزز وبشكل كبير من قدرة اللبن الرائب على التخلص من الجذور مقارنة مع عينة الشاهد. كما وجد Najgebauer-Lejko *et al.*, (2014) زيادة في النشاط المضاد للأكسدة في عينات اللبن الرائب المضاف إليها بعض الخضار المختارة (الجزر، البروكلي، القرع العسلي والفلفل الأحمر) نتيجة لوجود مواد مضادة للأكسدة في محتوى هذه الخضار ومن المواد الكبرى التي تمثل القدرة المضادة للأكسدة في الخضار المختارة الفلافونويدات الموجودة في البروكلي (Sun *et al.* 2007). من ناحية أخرى ازداد النشاط المضاد للأكسدة في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي خلال فترة التخزين المبرد حيث كانت الزيادة في اليوم السابع من التخزين المبرد غير معنوية عند ($P< 0.05$) في حين ازداد النشاط المضاد للأكسدة وبشكل معنوي في اليوم الرابع عشر من التخزين المبرد وكانت القيم في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي حسب التركيز (10، 15 و20)% هي (47.61، 49.64، 51.05)% على التوالي وذلك في اليوم الرابع عشر . وهذا يتفق مع ما توصل إليه Barakat and Hassan., (2017) حيث أظهرت نتائجهما أن اللبن الرائب الذي احتوي على لب اليقطين بنسبة 15% كان له أعلى نشاط مضاد للأكسدة مقارنةً بعينة اللبن الرائب الشاهد وهذا النشاط ازداد خلال فترة التخزين ويعود السبب في ارتفاع قيم النشاط المضاد للأكسدة في عينات اللبن الرائب المخلوط مع لب اليقطين خلال التخزين إلى محتوى المواد الكيميائية النباتية في اليقطين ونشاط الأيض الميكروبي الذي يطلق بعض المواد النشطة بيولوجيا. وجد Dabija *et al.*, (2018) أن نتائج النشاط المضاد للأكسدة يرتبط بالمحتوى الكلي للمركبات البولي فينولية وقد لوحظ وجود نشاط مضاد للأكسدة مرتفع في اللبن الرائب مع إضافة مستخلص البردقوش في اليوم الأول واليوم الأخير من التخزين حيث تم الحفاظ على النشاط المضاد للأكسدة أثناء التخزين وازداد في بعض العينات. أيضا أظهرت نتائج الباحثين Shalaby and Amin., (2018) قيم للنشاط المضاد للأكسدة أعلى في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلصات الملفوف الأحمر والكركم مقارنة مع عينة الشاهد نتيجة وجود الأنتوسيانين في الملفوف الأحمر وهو أكثر مركب مسؤول عن النشاط المضاد للأكسدة في الملفوف الأحمر وبسبب وجود الكركمين في الكركم.

الجدول (6): النشاط المضاد للأكسدة (%) في عينات اللبن الرائب الوظيفي المدعم بمستخلص البروكلي بنسب مختلفة خلال فترة التخزين المبرد.

نسبة الإضافة من مستخلص البروكلي (%)	فترة التخزين (يوم)		
	1	7	14
شاهد (0)	22.16 ± 1.2^{Da}	19.21 ± 1.1^{Da}	18.24 ± 1.8^{Eb}
10	43.81 ± 1.5^{ABb}	44.67 ± 1.1^{Ab}	47.61 ± 0.68^{BCa}
15	45.15 ± 1.4^{Ab}	46.38 ± 1.1^{Ab}	49.64 ± 0.96^{Aba}
20	46.61 ± 2.5^{Ab}	46.73 ± 1.1^{Ab}	51.05 ± 1.1^{Aa}

تدل الأحرف الكبيرة المختلفة في العمود الواحدعلى وجود فروق معنوية باختلاف التركيز، بينما تدل الأحرف الصغيرة على وجود فروق معنوية في السطر الواحد باختلاف فترة التخزين، عند مستوى معنوية 5%

مؤشرات اللون

يظهر الجدول رقم (7) تغير اللون في عينات اللبن الرائب المختلفة خلال فترة التخزين المبرد. بالنسبة للمؤشر L^*: الذي يشير إلى درجة سطوع اللون، كانت أعلى قيمة في عينة اللبن الرائب الشاهد وأدت إضافة مستخلص البروكلي المائي إلى انخفاض هذا المؤشر وازداد الانخفاض بشكل معنوي عند ($P<0.05$) مع زيادة تركيز الإضافة، حيث كانت قيمة L^* في عينة الشاهد (90.63). و بالنسبة لعينات اللبن الرائب المدعمة بمستخلص البروكلي المائي كانت قيم L^* حسب التركيز بالترتيب (10، 15، 20)% هي

(84.14، 81.37 ، 80.63) على التوالي وذلك في اليوم الأول من التخزين المبرد، وذلك نتيجة لزيادة تركيز اللون في المعاملات المدعمة مع زيادة التركيز. انخفضت قيم المؤشر L^* في اليوم السابع بالنسبة لعينة اللبن الرائب الشاهد وعينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي، على العموم ازداد المؤشر L^* في جميع العينات وبشكل معنوي عند (P<0.05) وذلك في اليوم الرابع عشر من التخزين المبرد حيث كانت القيم في عينة اللبن الرائب الشاهد (91.28)،)%. وفي عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي كانت قيم L^* حسب التركيز بالترتيب (10، 15، 20)% هي (83.78، 81.52، 79.45) على التوالي. وهذه النتائج تتفق مع ما توصل إليه Wijesekara *et al.*, (2022) حيث أدى دمج المواد النباتية مع اللبن الرائب كملونات إلى تقليل السطوع مقارنة بعينة الشاهد وتم زيادة قيم المؤشر L^* في نهاية التخزين لجميع المعاملات على الرغم من انخفاض قيم اليوم السابع مقارنة باليوم الأول وتشير هذه الزيادة في قيم المؤشر L^* إلى احتمال تحلل أو أكسدة أصباغ اللون وبالتالي زيادة السطوع. بالنسبة للمؤشر a^* : والذي يشير إلى درجة الحمرة أو الخضرة فقد أبدت عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي قيم منخفضة لهذا المؤشر والتي كانت أخفض من قيمة a^* لعينة اللبن الرائب الشاهد (2.34-)، وكانت قيم المؤشر a^* في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي بالترتيب حسب التركيز (10، 15،20)% هي (2.36-، 2.50-، 2.52-) على التوالي وذلك في اليوم الأول من التخزين. ازادت قيمة المؤشر a^* في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي وعينة اللبن الرائب الشاهد وبشكل معنوي عند (P<0.05) وكانت القيم في اليوم الرابع عشر لعينة الشاهد (1.90-) ولعينات اللبن الرائب المدعمة بمستخلص البروكلي المائي بالترتيب حسب التركيز (10، 15،20)% هي (2.21، 2.15-،2.14-) على التولي، وهذه النتائج مماثلة للنتائج الذي توصل إليها (Kim *et al.*, 2019). وفيما يتعلق بالمؤشر b^* (الصفرة أو الزرقة) أبدت عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي قيم مرتفعة وهي بالترتيب حسب التركيز (10، 15،20)%:(11.31، 19.72،21.06). أما في عينة اللبن الرائب الشاهد فكانت قيمة المؤشر b^* (11.39) وذلك في اليوم الأول من التخزين. وازدادت هذه القيم في اليوم الرابع عشر من التخزين المبرد وبشكل معنوي عند (P<0.05) لتصبح القيم في عينة اللبن الرائب الشاهد (12.15) و في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي كانت القيم بالترتيب حسب التركيز (10، 15، 20)% هي: (18.52، 20.04، 23.74). وهذا مماثل لنتائج (2019) Kim *et al.*, الذي فسر سبب التغير في قيم المؤشر a^* والمؤشر b^* أثناء التخزين هو تحلل وأكسدة الأصباغ بالإضافة إلى أن الكلوروفيل يجعل العينات ذات لون داكن وأخضر وأصفر.

اللزوجة (سنتي بواز cp)

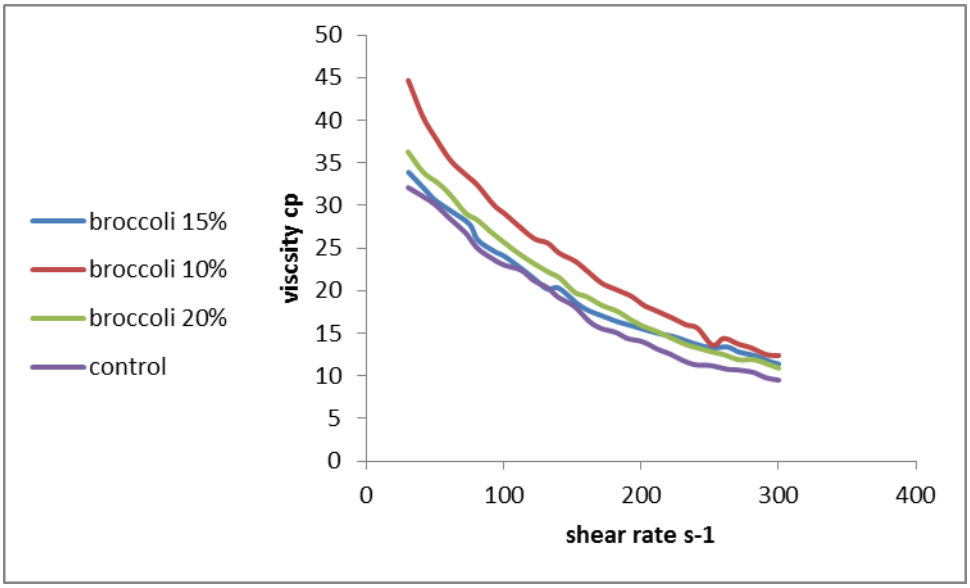
الخصائص الريولوجية للغذاء هي دراسة تشوه وتدفق المواد الغذائية (Lee and Lucey., 2010). تتأثر لزوجة اللبن الرائب بتركيب الحليب، ووقت المعالجة الحرارية، ونوع وكمية مزرعة البادئ المستخدمة لتلقيح الحليب، والتخمير، ودرجة حرارة وظروف تخزين المنتج النهائي (Sendra *et al.*, 2010). تظهر الأشكال (2 ،3 ، 4،) أن اللزوجة الظاهرية لعينات اللبن الرائب المختلفة انخفضت مع زيادة معدل القص ، وهذا ما أكده (Mathias *et al.*,2011) حيث ذكر أن اللزوجة الظاهرية لجميع العينات المدروسة انخفضت مع زيادة معدل القص ويمكن تفسير ذلك بسبب التدمير المادي للروابط الضعيفة بين جزيئات المنتج وبسبب انخفاض طاقة التفاعل بينها. تبين النتائج أن اللزوجة الظاهرية تأثرت بتركيز الإضافة ووقت التخزين، حيث انخفضت اللزوجة في عينات اللبن الرائب المدعم بالمستخلص المائي للبروكلي مع زيادة التركيز من الإضافة، وكانت لزوجة عينة اللبن الرائب الشاهد هي أقل من لزوجة عينات اللبن الرائب المدعم بالإضافة وذلك في اليوم الأول من التخزين المبرد. وهذا يفسر بقدرة المكونات

الموجودة في تركيب المستخلص المائي للبروكلي (مركبات فينولية وكربوهيدرات) على تحسين النسيج وزيادة اللزوجة. وهذه النتائج تتفق مع ما توصل إليه Kim *et al.*, (2019) حيث تحسنت اللزوجة عند إضافة مسحوق(Lotus leaf (LL إلى اللبن الرائب وبشكل معنوي عند ($p<0.05$) وهذا ما فسره بأنه يمكن أن ترتبط مادة البوليفينول الموجودة في مسحوقLL مع بروتينات الحليب متل الكازئين وتشكل مجمعات بروتين– بوليفينول مما أدى إلى لزوجة أعلى من تلك الموجودة في عينة اللبن الرائب الشاهد. تبين النتائج أن اللزوجة الظاهرية ازدادت في جميع عينات اللبن الرائب مع زيادة فترة التخزين المبرد حتى اليوم السابع واستمرت بالزيادة حتى اليوم الرابع عشر. ذكر Ebrahimi *et al.*, (2015) أن اللزوجة الظاهرية للعينات ازدادت خلال فترة التخزين حتى اليوم السابع وهذا ما فسره بالإعتماد على دراسة العديد من الباحثين نتيجة لزيادة حموضة المنتج مما يعزز من شبكة البروتين. حيث تزداد نسبة عوامل التركيب التي تفرزها *S. thermophilus* في الوسط خارج الخلية والتي تسمى عديدات السكر الخارجية التي قد تتفاعل مع محتوى البروتين في الحليب وتزيد من اللزوجة والجودة الريولوجية للمنتجات.

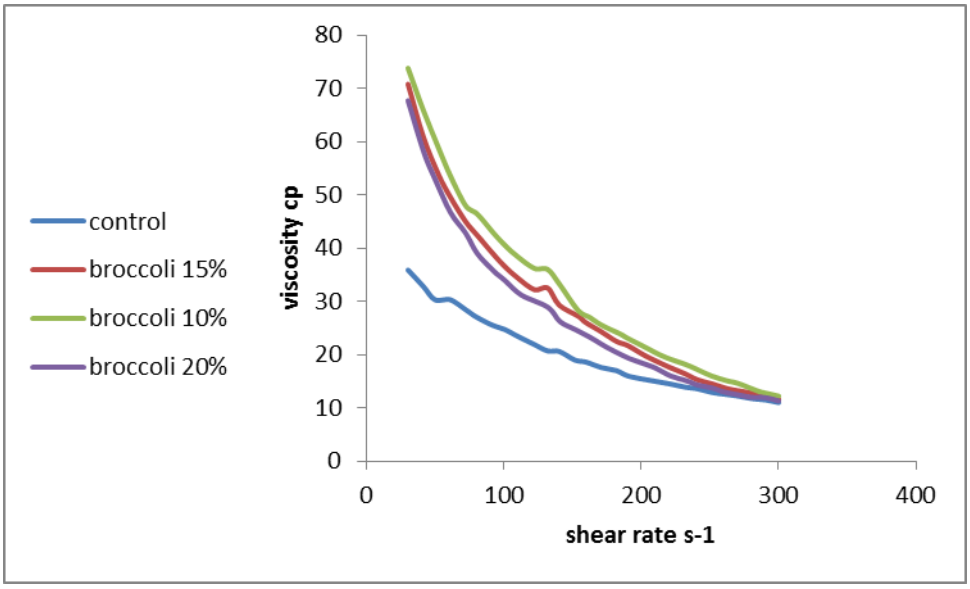
الجدول (7): قيم اللون (L^*، a^*، b^*) في عينات اللبن الرائب الوظيفي المبرد والمضاف إليه مستخلص البروكلي المائي بنسب مختلفة

المؤشر	فترة التخزين (يوم)	المعاملات (%)			
		شاهد (0)	10	15	20
L^*	1	90.63 ± 0.25^{Ab}	84.14 ± 0.17^{Ba}	81.37 ± 0.08^{Cb}	80.63 ± 0.01^{Da}
	7	90.33 ± 0.01^{Ac}	83.20 ± 0.02^{Bc}	80.93 ± 0.03^{Cc}	77.25 ± 0.02^{Dc}
	14	91.28 ± 0.21^{Aa}	83.78 ± 0.06^{Bb}	81.52 ± 0.06^{Ca}	79.45 ± 0.03^{Db}
a^*	1	-2.34 ± 0.01^{Aa}	-2.36 ± 0.03^{Ab}	-2.50 ± 0.01^{Bc}	-2.52 ± 0.01^{Bc}
	7	-2.36 ± 0.01^{Ba}	-2.32 ± 0.02^{Bb}	-2.35 ± 0.05^{Bb}	-2.25 ± 0.01^{Ab}
	14	-1.90 ± 0.03^{Ab}	-2.21 ± 0.02^{Ca}	-2.15 ± 0.01^{Ba}	-2.14 ± 0.02^{Ba}
b^*	1	11.39 ± 0.01^{Cb}	11.31 ± 0.02^{Dc}	19.72 ± 0.03^{Bb}	21.06 ± 0.01^{Ab}
	7	11.19 ± 0.02^{Db}	18.31 ± 0.02^{Ca}	19.68 ± 0.04^{Ba}	20.17 ± 0.03^{Aa}
	14	12.15 ± 0.2^{Da}	18.52 ± 0.01^{Cb}	20.04 ± 0.01^{Bb}	23.74 ± 0.02^{Ac}

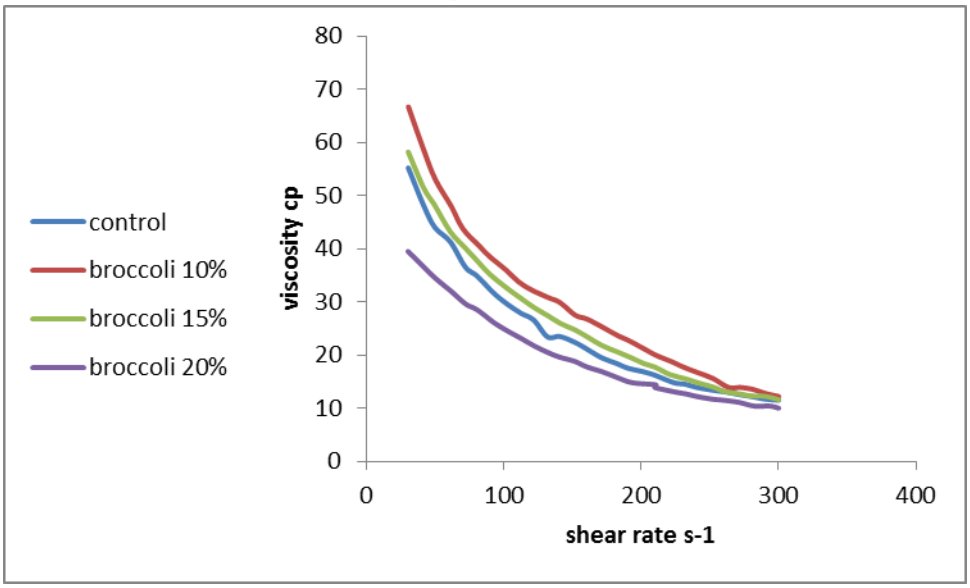
تدل الأحرف الكبيرة المختلفة على وجود فروق معنوية باختلاف التركيز في الصف الواحد، بينما تدل الأحرف الصغيرة على وجود فروق معنوية في العمود الواحد باختلاف فترة التخزين ،عند مستوى معنوية 5%



الشكل (1): سلوك اللزوجة (cp) في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي بنسبة (0، 10، 15، 20)% في اليوم الأول من التخزين المبرد.



الشكل (2): سلوك اللزوجة(cp) في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي بنسبة (0 ، 10، 15، 20)% في اليوم السابع من التخزين المبرد.



الشكل (3): سلوك اللزوجة(cp) في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي بنسبة (0، 10، 15، 20)% في اليوم الرابع عشر من التخزين المبرد.

انفصال المصل (%)

انفصال المصل هو خروج المصل من شبكة اللبن الرائب إلى سطحه، ويعد انفصال المصل أحد معايير الجودة الأساسية للبن الرائب، وزيادة انفصال المصل تظهر أن اللبن الرائب منخفض الجودة (Matter *et al.*, 2016). يظهر الجدول (8) بأن انفصال المصل تأثر بكل من نسب الإضافة وفترة التخزين، حيث تباينت قيم انفصال المصل في اليوم الأول من التخزين المبرد بين جميع العينات حيث كانت القيمة في عينة الشاهد(39.73%) لترتفع عند إضافة مستخلص البروكلي المائي بنسبة (10%) وبشكل معنوي عند (P<0.05) لتكون القيمة (45.5)% لتنخفض مع زيادة التركيز من مستخلص البروكلي المائي وبشكل معنوي أيضا بالمقارنة مع عينة الشاهد حيث كانت القيم حسب التركيز (15، 20)% بالترتيب هي (39.52، 36.84)% ويمكن تفسير هذا الإنخفاض في درجة انفصال المصل في عينات اللبن الرائب بعد الإضافة إلى وجود الألياف والسكريات والمواد الفينولية في

المستخلص المائي للبروكلي والتي تزداد بزيادة التركيز من المستخلص والتي لها دور في ربط الماء وخفض انفصال المصل. وهذه النتائج تتفق مع ما توصل إليه Matter *et al.*, (2016) والذي وجد بأن إضافة لب الفاكهة (بابايا وكمثرى الصبار) تسبب في انخفاض فصل المصل في عينات اللبن الرائب وبشكل معنوي عند ($P< 0.05$) بالمقارنة مع عينة الشاهد ويمكن أن يكون مرتبطا بالقدرة على امتصاص الماء عن طريق المواد الصلبة الموجودة في الفاكهة والتي تؤدي إلى انخفاض فصل المصل. يظهر الجدول (8) بأن انفصال المصل انخفض في جميع عينات اللبن الرائب وبشكل معنوي عند ($P<0.05$) مع زيادة فترة التخزين المبرد، حيث كانت نسبة انفصال المصل في عينة اللبن الرائب الشاهد في اليوم السابع واليوم الرابع عشر من التخزين المبرد على التوالي (35.32، 34.24)%. و في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي كانت قيم انفصال المصل حسب التركيز بالترتيب (10، 15،20)% هي(35.4، 33.36 ، 32.48)% وذلك في اليوم السابع من التخزين المبرد. و استمر انفصال المصل بالإنخفاض في اليوم الرابع عشر لتكون النسبة في عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي المائي حسب التركيز بالترتيب (10، 15، 20)% هي(29.52، 30.56، 30.72)% على التوالي. وهذا يتفق مع ما توصل إليه الباحثون Matter *et al.*, (2016) و Meenakshi *et al.*, (2018) إذ انخفض انفصال المصل في جميع عينات اللبن الرائب خلال فترة التخزين المبرد لمدة 14 يوم.

الجدول (8): انفصال المصل (%) في عينات اللبن الرائب الوظيفي المدعم بمستخلص البروكلي بنسب مختلفة خلال فترة التخزين المبرد.

نسبة الإضافة من مستخلص البروكلي المائي (%)	فترة التخزين(يوم)		
	1	7	14
شاهد (0)	39.73 ± 0.1^{Ca}	35.32 ± 0.2^{Ab}	34.24 ± 0.2^{Ac}
10	45.52 ± 0.1^{Aa}	35.4 ± 0.3^{Ab}	29.52 ± 0.1^{Ec}
15	39.52 ± 0.2^{Ca}	33.36 ± 0.10^{Cb}	30.56 ± 0.1^{Bc}
20	36.84 ± 0.11^{Ea}	32.48 ± 0.10^{Db}	30.72 ± 0.1^{Bc}

تدل الأحرف الكبيرة المختلفة في العمود الواحدعلى وجود فروق معنوية باختلاف التركيز، بينما تدل الأحرف الصغيرة على وجود فروق معنوية في السطر الواحد باختلاف فترة التخزين، عند مستوى معنوية 5%

المحتوى الميكروبي:

يظهر الجدول (9) التعداد العام للبكتريا كوحدة تشكيل مستعمرة في الميليلتر (cfu/ml) في عينات اللبن الرائب المختلفة خلال فترة التخزين المبرد على الدرجة 4°م وتبين من خلاله مايلي: ازداد العدد الإجمالي للبكتريا في جميع عينات اللبن الرائب المدعم وبشكل معنوي عند ($p<0.05$) في اليوم الأول من التخزين المبرد مع زيادة تركيز المستخلص (10، 15، 20)% بالمقارنة مع عينة اللبن الرائب الشاهد كما هو موضح في العمود الأول من الجدول. واستمر هذا العدد في الزيادة وبشكل معنوي في اليوم السابع من التخزين المبرد حتى اليوم الرابع عشر حيث بلغ التعداد العام لعينة الشاهد 3.32×10^6 cfu/ml وفي عينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي بالترتيب حسب التركيز(5.15×10^6، 8.13×10^6، 8.72×10^6) cfu/ml. وهذا يماثل النتيجة التي توصل إليها Damunupola *et al.*, (2014) بأن العدد الكلي للميكروبات ازداد بشكل معنوي عند ($p<0.0$) خلال اليومين 7 و14 من التخزين المبرد وذروة العدد الإجمالي للميكروبات تمت ملاحظته عند اليوم 14 من التخزين. ذكر Jayalatitha *et al.*, (2019) وفقاً لمنظمة FAW/WHO 2001 (منظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية) بأنه يجب أن يصل عدد بكتريا البروبيوتيك في المنتجات الغذائية إلى مستوى 10^7 CFU/ml لتوفير أقصى قدر من الفوائد للمستهلكين.

بالنسبة لبكتريا حمض اللبن العصوية *Lactobacillus Bulgaricus* يمكن قراءة البيانات كما هو موضح في الجدول (10) بالنسبة لعينة اللبن الرائب الشاهد تناقص العدد الإجمالي لبكتريا حمض اللبن مع التخزين المبرد حتى 14 يوم بشكل غير معنوي حيث كان العدد في اليوم الأول 8.4×10^5cfu/ml و وبلغ في اليوم الرابع عشر 8.2×10^5cfu/ml وهذا ما فسره Sadeghi *et al*., (2017) حيث أن إنتاج كميات كبيرة من الحمض بواسطة بكتريا حمض اللبن وعدم وجود مركبات محفزة على النمو من أسباب حدوث هذا الإنخفاض في عينة الشاهد . بالنسبة لعينات اللبن الرائب المدعم بمستخلص البروكلي ازداد عدد بكتريا حمض اللبن بشكل معنوي مع زيادة تركيز المستخلص في العينات وازدادت بشكل معنوي أيضاً مع زيادة فترة التخزين المبرد حتى 14 يوم وهذا ما فسره Sadeghi *et al*., (2017) بحسب Marhamatizadeh *et al*., (2013) يزداد نمو بكتريا حمض اللبن مع زيادة مستخلص الشاي الأخضر في اللبن الرائب الوظيفي بسبب وجود مركبات الفينولات المتعددة في مستخلص الشاي الأخضر وهذه المركبات هي مضادة للأكسدة والتي تعمل على الحد من الأكسدة المحتملة لوسائل النمو متل بكتريا البروبيوتيك والتي تنمو بشكل أفضل بغياب الأوكسيجين.

بالمقابل لم يلاحظ أي نمو لبكتريا الكوليفورم في جميع عينات اللبن الرائب خلال فترات التخزين المختلفة وهذا ما يؤكد اتباع تدابير صحية مناسبة أثناء التعامل مع الحليب واللبن الرائب. وحسب Elhadi sulieman *et al*., (2011) فإن غياب البكتريا القولونية قد يكون بسبب التأثير المثبط للجزر والحموضة على الكائنات القولونية.

تعداد الخمائر والفطور: لم يحدث نمو للخمائر والفطور في جميع عينات اللبن الرائب خلال فترة التخزين المبرد. حيث أشار العديد من الباحثين إلى خلو اللبن الرائب من أي نموات للخمائر والفطور خلال فترة التخزين المبرد وهذا يعود إلى التدابير الصحية المتبعة في تصنيع اللبن الرائب تبدأ من غلي الحليب لفترة زمنية كافية، وبسترة المستخلصات المضافة، وتعقيم الأدوات والعبوات المستخدمة إما بوضعها في الماء المغلي أو تعريضها لبخار الماء، وحفظ المنتج في درجة حرارة التبريد، وإغلاق عبوات اللبن الرائب وعدم تعرضها للهواء خلال فترة التخزين المبرد. ذكر Ebrahimi *et al*., (2015) خلو اللبن الرائب المحضر بإضافة gundelia tournefortii (العكوب الجبلي) من الخمائر والفطور وهذا يعود بالإضافة إلى التدابير الصحية، إلى التأثير المثبط لهذه الفاكهة على نمو الخمائر والفطور والبكتريا القولونية. وهذا التأثير قد يعود إلى وجود المواد الفينولية الموجودة بشكل طبيعي في جونديليا تورنيفورتي، وكما هو معروف تمتلك المركبات الفينولية النباتية فعالية مضادة للفيروسات وللأورام، ومضاد حيوي، ونشاط مضاد للأكسدة وهذا يعني أن وجود المواد البولي فينولية يسبب إطالة العمر الافتراضي للمنتج. ،أيضا يسبب انخفاض الرقم الهيدروجيني وارتفاع الحموضة في اللبن الرائب إبطاء تطور العفن في المنتج.

الجدول (9): التعداد الكلي للبكتريا $10^6\times$ (cfu/ml) في عينات اللبن الرائب المختلفة خلال فترة التخزين المبرد

نسبة الإضافة من مستخلص البروكلي (%)	فترة التخزين (يوم)		
	1	7	14
شاهد(0)	3.25 ± 0.02^{Eb}	3.2 ± 0.01^{Gc}	3.32 ± 0.03^{Ga}
10	3.32 ± 0.02^{Dc}	5.04 ± 0.04^{Fb}	5.15 ± 0.00^{Fa}
15	3.37 ± 0.07^{Db}	8.08 ± 0.03^{Ca}	8.13 ± 0.01^{Ca}
20	3.48 ± 0.01^{Cc}	8.52 ± 0.01^{Bb}	8.72 ± 0.02^{Ba}

تدل الأحرف الكبيرة المختلفة في العمود الواحدعلى وجود فروق معنوية، بينما تدل الأحرف الصغيرة على وجود فروق معنوية في السطر الواحد عند مستوى معنوية 5%

الجدول (10): تعداد بكتريا حمض اللبن العصوية *Lactobacillus Bulgaricus* (cfu/ml) ×10^5 في عينات اللبن الرائب المختلفة خلال فترة التخزين المبرد

نسبة الإضافة من مستخلص البروكلي (%)	فترة التخزين(يوم)		
	1	7	14
شاهد(0)	8.4 ± 0.2^{Ga}	8.5 ± 0.5^{Ga}	8.2 ± 0.1^{Fa}
10	9.2 ± 0.2^{Fb}	9.5 ± 0.1^{Fab}	9.7 ± 0.2^{Ea}
15	12.8 ± 0.3^{Ec}	15.2 ± 0.2^{Eb}	17 ± 0.1^{Da}
202	14.4 ± 0.4^{Cc}	15.8 ± 0.3^{Db}	17.2 ± 0.2^{Da}

تدل الأحرف الكبيرة المختلفة في العمود الواحدعلى وجود فروق معنوية، بينما تدل الأحرف الصغيرة على وجود فروق معنوية في السطر عند مستوى معنوية 5%

الاستنتاجات والتوصيات

هـ. أدت إضافة المستخلص المائي للبروكلي إلى انخفاض في رقم الpH و زيادة في قيم درجة الحموضة القابلة للمعايرة مع زيادة التركيز، واستمرت هذه المؤشرات في نفس الإتجاه مع زيادة فترة التخزين المبرد.

و. ازداد المحتوى من المواد الفينولية وارتفع النشاط المضاد للأكسدة مع زيادة نسبة الإضافة من المستخلص واستمرت هذه الزيادة خلال فترة التخزين المبرد.

ز. تحسنت الخصائص الفيزيائية لعينات اللبن الرائب مع الإضافة حيث انخفض انفصال المصل وازدادت اللزوجة بالمقارنة مع عينة الشاهد.

ح. حصل تغير في اللون حيث أدت الإضافة إلى انخفاض في المؤشر L^* وانخفاض في قيم المؤشر a^* وارتفاع في قيم المؤشر b^*.

ط. ازداد التعداد العام للبكتريا وشكلت الإضافة وسط مناسب لنمو بكتريا البادئ وزيادة نشاطها.

ي. يوصى بتدعيم اللبن الرائب بمستخلص البروكلي بنسبة 10% لإغناء اللبن الرائب وتحسين جودة اللبن الرائب من الناحية التغذوية والصحية والحسية بالإضافة إلى تحسين الخصائص الفيزيائية.

نقترح إجراء دراسات مستقبلية على اللبن الرائب بإضافة المسحوق الجاف للبروكلي، مع دراسة التركيب الكيميائي لنوع الإضافة، وتحديد نسب الإضافة الأمثل لها.

6- المراجع

AOAC. (1995). Official analytical chemists, official methods of analysis. Edited by AOAC. 14th ed. Washingtone DC.

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

Azarashkan, Z.; A. Motamedzadegan; A. Ghorbani-Hasansaraei; P. Biparva and S. Rahaiee. (2022). Investigation of the physicochemical, antioxidant, rheological, and sensory properties of ricotta cheese enriched with free and nano-encapsulated broccoli sprout extract, 10(11): 4059–4072.

Barakat, H and M. F.Y. Hassan. (2017). Chemical, Nutritional, Rheological, and Organoleptical Characterizations of Stirred Pumpkin-Yoghurt. Food and Nutrition Sciences, 8:746-759.

Barkallah, M.; M. Dammak and I. Louati. (2017). "Effect of spirulina platensis fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage." LWT−Food Science and Technology, 84: 323–330.

Brand−Williams, W.; E.M. Cuvelier and C. Berset. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Science and Technology, 28: 25–30.

Butnariu, M. and A. Butu (2015). Chemical composition of vegetables and their products. Handbook of Food Chemistry . 627-692.

Caleja, C.; L. Barros; A. Antonio; M. Carocho; B.M. Oliveira and I. Ferreira. (2016). "Fortification of yogurts with different antioxidant preservatives: a comparative study between natural and synthetic additives." Food Chemistry, 210: 262–268.

Dabija, A.; G.G.Codină; S. Ropciuc ; A. Gâtlan and L. Rusu.(2018). Assessment of the Antioxidant Activity and Quality Attributes of Yogurt Enhanced with Wild Herbs Extracts. Journal of Food Quality, 2018: 12 pages.

Damunupola, D.A.P.R.; W. A.D.V. Weerathila and G.S. Sumanase .(2014) . Evaluation of Quality Characteristics of Goat Milk Yogurt . International Journal of Scientific and Research Publications, 4(10) : 2250-3153.

Ebrahimi, A.; A. M. Sani and M. H. Islami .(2015). Evaluation of Rheological, Physicochemical, and Sensoryproperties of Gundelia tournefortii yogurt. Bull. Env. Pharmacol. Life Sci, 4 (11) : 146-159.

Elhadi Sulieman, M.A.; M. M. Abdelrahman and A. E. Elkhalifa .(2011). Quality evaluation yoghurt supplemented with carrot juice. Gezira Journal of Engineering and Applied Sciences, 6 (1).

El-mayda, E and O. Zammar .(2009). Dairy science. AL-Baath University:13-41.(In Arabic).

Fenwick, G.R.; R.K .Heaney and W. J. Mullin.(1983). Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants .Cirtical Reviews in Food and Nutrtion.18(2):123-201.

Vembu, J.; A. Elango; P. Tr and B. Balakrishnan. (2019). Yoghurt: Ideal vehicle for healthy ingredients: A review. International Journal of Chemical Studies, 7(4): 1139-1144.

Kim,D.H.; W.Y. Cho; S.J. Yeon; S.H. Choi and Ch. H. Lee. (2019). Effects of Lotus (*Nelumbo nucifera*) Leaf on Quality and Antioxidant Activity of Yogurt during Refrigerated Storage. Food Sci Anim Resour, 39(5): 792–803.

Lee, W.J and J. A. Lucey. (2010). Formation and Physical Properties of Yogurt. Asian-Aust. J. Anim. Sci, 23(9):1127-1132.

Lourens-Hattingh, A. and B. C.Viljoen. (2001). Review: Yogurt as probiotic carrier food. International Dairy Journal, 11: 1-17.

Marhamatizadeh, M. H.; E. Ehsandoost and P. Gholami. (2013). The influence of Green Tea (Camellia sinensis L.) Extract on characteristic of probiotic bacteria in milk and yoghurt during fermentation and refrigerated storage. Int J Farm & Alli Sci, 22: 599-606.

Mathias, T. R. S.; I. C. Carvalho Junior; C. W. P. Carvalho and E. F. C. Sérvulo. (2011). Rheological characterization of coffee-fl avored yogurt with different types of thickener. Alim. Nutr., Araraquara, 22(4): 521-529.

Matter,A.A.; E. A. M. Mahmoud and N. S. Zidan. (2016). Fruit flavored Yoghurt: Chemical, Functional and Rheological Properties. International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR), 2(5).

Meenakshi, V.; Suganya and T. Umamaheswari. (2018). Formulation of value enriched probiotic fruit yoghurt. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci , 7(3): 1440-1450.

Najgebauer-Lejko, D.; T. Grega and M. Tabaszewska. (2014). Yoghurts with addition of selected vegetables: acidity, antioxidant properties and sensory quality. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. 13(1): 35-42.

Ndife, J. and E. Abbo. (2009). Functional Foods: Prospects and Challenges in Nigeria. Journal of Science &Technology, 5: 1-6.

Nyamete, A. F.; M. Bennink and J. K. Mugula. (2016). Potential of lactic acid fermentation in reducing aflatoxin B1 in Tanzania maize-based gruel. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 16(3): 11139-11151.

Nyamete,F.A. and Mongi, R.J.(2017). Folate Contents, Nutritional Quality and Consumer Acceptability of Yogurt Fortified with Red Beetroot Extract. Tanzania Journal of Agricultural Science, Vol. 16 No. 2, 90-100.

Sadeghi, A.R.; R. Pourahmad and M. Mokhtare. (2017). Enrichment of Probiotic Yogurt with Broccoli Sprout Extract and its Effect on Helicobacter pylori.
Applied Food Biotechnology, 4 (1): 55-59.

Sendra, E.; V. Kuri; J. Ferna´ndez-Lopez ISayas-Barbera; C. Navarro and A. Pe´ rez-Alvarez . (2010). Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose. Size and thermal treatment Food Science and Technology ,43: 708–714.

Shalaby, S. M. and H. H. Amin.(2018). Red Cabbage and Turmeric Extracts as Potential Natural Colors and Antioxidants Additives in Stirred Yogurt. , J Prob Health , 6(02).

Shori, 2022**.** Storage quality and antioxidant properties of yogurt fortified with polyphenol extract from nutmeg, black pepper, and white pepper.Electronic journal of Biotechnology,57: 24-30.

Sun, T.; J. R. Powers and J. Tang.(2007). Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices. Food Chem, 105: 101-106.

Wijesekara, A.; V. Weerasingha; S. Jayarathna and H. Priyashantha. (2022). Quality parameters of natural phenolics and its impact on physicochemical, microbiological, and sensory quality attributes of probiotic stirred yogurt during the storage. Food Chem X, 14.

Yadav, M; D. Masih and Ch. Sonkar.(2016). Development and quality evaluation of beetroot powder incorporated yogurt. International Journal of Science, Engineering and Technology,4(4).

Effect of adding broccoli extract on the quality specifications of yoghurt

Nadine Ali[(1)*] , Omer Zammar[(2)] and Mohammed Massri[(2)]

(1): Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, AL-Baath University, Homs. Syria.

(2): Department of Food Science, Faculty of Agricultural Engineering, AL-Baath University, Homs. Syria

(*Corresponding author: Nadine Ali. E-Mail: nadinehasanali@gmail.com).

Received: 9/3/2024 Accepted: 23/6/2024

Abstract

This research aimed to enhance the antioxidant properties of yoghurt by adding aqueous extract of broccoli due to the richness of this vegetable in antioxidants and other nutrients, while adding color as an attractive factor for consumers. Accordingly, this extract was added to the yoghurt according to three concentrations (10, 15, 20)%. The physical, chemical and microbial properties of the resulting yoghurt were studied during a storage period of 14 days at a temperature of 4 °C. The pH decreased and the titratable acidity increased in all samples fortified with the addition and significantly compared to the control yoghurt sample. The most significant effect was at a concentration of 20% of the addition. Also, the phenolic content of yoghurt increased and the antioxidant activity increased with increasing concentration of the additive compared to the control yoghurt sample. The physical properties of the product improved with the addition during the cold storage period, as whey separation decreased, and the viscosity of the samples increased significantly compared to the control yoghurt sample. The addition formed a suitable medium for the growth of starter bacteria, the number of which increased significantly in yoghurt samples enriched with the addition of aqueous broccoli extract, and the number continued to increase during the cold storage period until the fourteenth day.

Keywords: broccoli, phenolic compounds, antioxidants, yoghurt, physical properties.