

عنوان البحث

**تأثير تحوير البروتينات بالمركبات البوليفينولية على الخصائص الوظيفية والفعالية
المضادة للأكسدة وتطبيقاتها في الأنظمة الغذائية**

علي عبد الحسين عبد الله¹، عالية زيارة هاشم^{2*}

¹ كلية الزراعة، جامعة البصرة، قسم علوم الأغذية، العراق. بريد الكتروني: alimag19731973@gmail.com

² كلية الزراعة، جامعة البصرة، قسم علوم الأغذية، العراق. بريد الكتروني: alia.hashim@oubasrah.edu.iq

* الباحث المراسل: عالية زيارة هاشم.

HNSJ, 2025, 6(11); <https://doi.org/10.53796/hnsj611/44>

المعرف العلمي العربي للأبحاث: <https://arsri.org/10000/611/44>

تاريخ النشر: 2025/11/01م

تاريخ القبول: 2025/10/15م

تاريخ الاستقبال: 2025/10/07م

المستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل تأثير تحوير البروتينات بالمركبات البوليفينولية على الخصائص الوظيفية والفعالية المضادة للأكسدة، مع التركيز على التطبيقات المحتملة في الأنظمة الغذائية الحديثة. اعتمد البحث على مراجعة تحليلية لأحدث الدراسات المتعلقة بتفاعلات البروتين-البوليفينول، والتي تتم عبر روابط تساهمية أو غير تساهمية، وما ينتج عنها من تحسينات في الخصائص الفيزيائية والوظيفية للبروتينات. أظهرت النتائج أن معقدات البروتين-البوليفينول تؤدي أدوارًا مزدوجة في الأغذية، إذ تعمل كمضادات أكسدة فعالة، ومستحلبات، وعوامل مكوّنة للرغوة أو الجل، إضافة إلى تحسين قدرتها على ربط الماء والدهن. كما بينت الدراسات أن هذه التفاعلات ترفع من كراهية سطح البروتين للماء، مما يزيد من استقراره واستحلابه داخل الأنظمة الغذائية. وتعد هذه الآلية استراتيجية واحدة لتحسين جودة الأغذية المصنعة وإطالة مدة صلاحيتها بطريقة طبيعية وأمنة مقارنة بالمضافات الاصطناعية. خلصت الدراسة إلى أن فهم آلية ارتباط البروتينات بالبوليفينولات والتحكم في ظروف التفاعل يمثل خطوة أساسية لتطوير منتجات غذائية ذات خصائص وظيفية محسنة واستقرار مرتفع، بما يدعم التوجه العالمي نحو الأغذية الوظيفية والصحية المعززة بمضادات الأكسدة الطبيعية.

الكلمات المفتاحية: البروتينات، المركبات الفينولية، التحوير، الخصائص الوظيفية، الفعالية المضادة للأكسدة، التطبيقات الغذائية.

RESEARCH TITLE

Effect of Modifying Proteins with Polyphenolic Compounds on Functional Properties, Antioxidant Activity, and Their Applications in Food Systems

Abstract

This study analyzes the impact of modifying proteins with polyphenolic compounds on functional properties and antioxidant activity, with a focus on potential applications in modern food systems. It adopts an analytical review of recent studies on protein–polyphenol interactions, which occur through covalent or non-covalent bonds, leading to improvements in the physicochemical and functional properties of proteins.

Findings indicate that protein–polyphenol complexes play dual roles in foods: they function as effective antioxidants, emulsifiers, and agents for foam or gel formation, in addition to enhancing water- and fat-binding capacities. The literature also shows that these interactions increase protein surface hydrophobicity, thereby improving stability and emulsification within food matrices. This mechanism presents a promising strategy to enhance the quality and shelf life of processed foods in a natural and safe manner compared with synthetic additives.

The study concludes that understanding the binding mechanisms between proteins and polyphenols and controlling reaction conditions is essential for developing food products with improved functional properties and higher stability, supporting the global shift toward functional and health-oriented foods enriched with natural antioxidants.

Key Words: proteins; phenolic compounds; modification; functional properties; antioxidant activity; food applications.

المقدمة :

البروتين عنصر غذائي رئيس، يلعب مجموعة واسعة من الأدوار الهيكلية والوظيفية في الجسم، وتؤدي البروتينات أدوارًا تكنولوجية مختلفة في صناعة الأغذية نظرا لخصائصها الاستحلابية والرغوية والتهلم وغيرها، وتساهم في الملمس واللون والنكهة وخصائص أخرى. (Grossmann and McClements, 2023. ; Loveday, 2019). يُعد تحوير المركبات النشطة حيويًا لتعزيز وظائفها مجالًا بحثيًا متناميًا، وله تطبيقات في صناعات الأغذية والأدوية ومستحضرات التجميل. لذا، حظي تفاعل البروتينات مع المركبات البوليفينولية باهتمام بحثي كبير نظرًا لقدرتها على تعزيز استقرار وخصائص الأنظمة الغروانية الفيزيائية والكيميائية (Berton-Carabin and Villeneuve, 2023; Gong *et al.*, 2022). من الممكن ان تتفاعل المركبات البوليفينولية وهي مستقلبات ثانوية مشتقة من النباتات ذات خصائص مضادة للأكسدة (Ebrahimi and Lante, 2021)، مع البروتينات عن طريق التفاعلات التساهمية او غير التساهمية، مما يُغير خصائصها البنوية والوظيفية (Dai *et al.*, 2022). لتعزيز خصائصها الوظيفية الفعالية المضادات الأكسدة للبروتينات وقد تضيف فوائد إضافية، بما في ذلك تقليل الحساسية (Gong *et al.*, 2022). اذ توضح هذه المقالة أهمية تفاعل المركبات البوليفينولية مع بروتينات الغذاء في تحسين الخصائص الوظيفية للبروتينات والفعالية المضادة للأكسدة وإمكانية إدخالها في العديد من المنتجات الغذائية .

• الية تفاعل البروتينات والبوليفينولات

يُعتقد أن الآلية الأساسية لارتباط البروتين بالبوليفينول مرتبطة بالأكسدة، اذ يؤكسد الأوكسجين الجزيئي مجموعة الهيدروكسيل على البوليفينول إلى كينون (Prodpran *et al.*, 2012). تمتلك المركبات الفينولية، التي تعد مضادات أكسدة طبيعية، حلقة عطرية واحدة على الأقل مرتبطة بمجموعة هيدروكسيل واحدة أو أكثر، التي يمكن أن تمنع أو تؤخر الأضرار التأكسدية التي تسببها أنواع الأوكسجين التفاعلية (Czubinski and Dwiecki, 2017). ترتبط الفينولات بشكل تساهمي او غير تساهمي مع البروتينات ويعتمد نوع التفاعل على نسبة الفينول الى البروتين اذ يرتبط الفينول والبروتين مع بعضهما من خلال الروابط التساهمية وغير التساهمية التي تؤثر فيها عدة عوامل مثل درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني ويكون الارتباط عن طريق الاواصر الهيدروجينية بين مجموعة النيتروجين او الاوكسجين مع مجموعة الهيدروكسيل في الفينولات وبسبب احتواء البروتينات على احمض امينية ذات شحنة موجبة او سالبة التي تؤدي الى تغيير في هيكل البروتينات وخصائصها وتطبيقاتها (Li *et al.*, 2021).

• الخصائص الوظيفية للبروتين Functional properties of protein

-الذوبانية Solubility

الذوبانية من الخصائص المهمة للبروتين، اذ تعتمد قابلية البروتينات على الذوبان في الماء على المجاميع المحبة والكارهة للماء الموجودة على سطح البروتين عند تماسها مع الماء المحيط بها (Ozuna and León, 2010). فكلما زاد عدد المجاميع الكارهة للماء على السطح قلت قابلية الذوبان للبروتين، فضلا عن تأثر خاصية الذوبان بالعديد من العوامل مثل درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني والقوة الأيونية والمذيبات العضوية، اذ تتأثر الخصائص الوظيفية للبروتين بصورة مباشرة بالذوبانية وخاصية الاستحلاب والتهلم وتكوين الرغوة (Renzetti *et al.*, 2008). تعد قابلية ذوبان البروتين خاصية وظيفية مهمة والتي تعطي معلومات حول أداء وظائف البروتينات في نظام الغذاء (Malik *et al.*, 2017) .

الرغوة Foaming

هي إحدى الخصائص الوظيفية المهمة للبروتين تُعرّف الرغوة بأنها قدرة البروتين على تكوين وتثبيت فقاعات الهواء في السائل (Wu *et al.*, 2007). أما سعة الرغوة عبارة عن أقصى حجم يمكن الحصول عليه من انتشار البروتين متبوعاً بإدخال الهواء بالخفق أو التحريك أو التهوية، وأن حجم فقاعة الغاز المنتشر في السائل عادةً لا يتجاوز قطرها 10 مايكرومتر وفي بعض الأحيان تصل إلى 1000 مايكرومتر فعندما يصبح البروتين غير ملتف Unfolding تصبح المناطق الكارهة للماء ظاهرة، وإن الشد السطحي بين الهواء والماء ينخفض مما يسهل تكوين فلم غير نفاذ من شأنه زيادة التهوية وبذلك ستزداد الرغوة في المحلول (Thiansilakul and Shahidi., 2007). بين (Wu *et al.* (2007). إن تحوير بروتينات بياض البيض بفينولات الشاي الأخضر أثرت في سعة الرغوة واستقرارها إذ حصل تحسن في سعة الرغوة بنسبة 0.25-0.4% بعد المعاملة بالمركبات الفينولية للشاي الأخضر.

قام (Sui *et al.* (2018) بتحويل معزول بروتين فول الصويا بالأنتوسيانين المستخلص من الارز الأسود بالتراكيز 0.05, 0.1, 0.2% من خلال تفاعلات تساهمية فوجدوا أن سعة الرغوة لمعدات البروتين-الأنتوسيانين للتفاعلات التساهمية خلال مدة 10 دقائق قد بلغت 125,100 و175% على التوالي مقارنة بمعاملة السيطرة التي بلغت 45% إذ أشار إلى أن خصائص الرغوة للبروتين قد تحسنت بعد الارتباط بالأنتوسيانين من خلال التفاعلات التساهمية.

الاستحلاب Emulsification

تعد خصائص المستحلب من الخصائص الوظيفية المهمة للبروتينات التي تؤثر على سلوك المنتجات الغذائية، إذ تتأثر خاصية الاستحلاب بعدة عوامل منها حجم القطرات ونسبة الطور المنتشر إلى الطور المستمر ولزوجة المنتج وحجم ونوع المكونات الأخرى وحركة أو اهتزاز المستحلب (Lam and Nickerson, 2013). المستحلبات هي مواد نشطة على السطح يمكن امتصاصها عند واجهة الزيت والماء مما يقلل من التوتر السطحي ويمنع تراكم قطرات المستحلب (Ozturk and McClements, 2016). إذ استعملت أنواع المستحلبات في صناعة الأغذية العديد من بروتينات الطعام عبارة عن مواد نشطة على السطح يمكن استعمالها لتحسين استقرار المستحلب (McClements *et al.*, 2017). يمكن للبروتينات أن تمتص عند واجهة الزيت/الماء بسبب بنيتها المحبة للماء والتي تشكل غشاء بروتيني حول قطرات الزيت والذي يمكن أن يمنع اندماج قطرات الزيت (Dickinson 2001). ترجع الطبيعة النشطة على السطح للبروتينات بسبب وجود أحماض أمينية طرفية محبة للماء وكارهة للماء في تسلسلات الأحماض الأمينية الأولية عند امتصاص البروتينات إلى واجهات الزيت والماء تحدث تفاعلات بين البروتين والبروتين، مما يؤدي إلى تكوين أغشية لزجة مرنة قوية أكثر مقاومة للاندماج مما ينتج استقراراً مكانياً أو كهروستاتيكياً مما يوفر استقراراً محسناً للمستحلب (McClements *et al.*, 2004). فضلاً عن ذلك، فإن ارتباط البروتينات والبوليفينولات غير القطبية يمكن أن يزيد من كراهية سطح البروتين للماء ومن ثم تعزيز خصائص الاستحلاب للبروتينات الأصلية (Ozidal *et al.*, 2013). وهذا يجعل المركبات التي تشكلها البروتينات والبوليفينولات مستحلبات مضادة للأكسدة فعالة، التي يمكن أن تتمركز وتعمل عند واجهة الزيت والماء وتمنع الأكسدة في الأطعمة القائمة على المستحلبات (Fan *et al.*, 2018; Feng *et al.*, 2018). تُظهر البروتينات المحورة بالبوليفينولات نشاط استحلاب واستقراراً أعلى نتيجة لزيادة كراهية السطح للماء وانخفاض حجم الجسيمات (Li *et al.*, 2021).

قام (Liu *et al.*, 2021) بتحضير مركبات لاكتوفيرين-بوليفينول منها (EGCG) وحامض الكلوروجينيك وحامض الكاليك) باستعمال طريقة الارتباط بالجذور الحرة، التي كانت لها خصائص استحلاب أفضل من اللاكتوفيرين غير المحورة، إذ

أظهر مركب اللاكتوفيرين-حامض الكلوروجينيك خصائص استحلاب أعلى من مركبات اللاكتوفيرين-EGCG ولاكتوفيرين-حامض الكاليك.

درس (Abdelmaksoud *et al.*, 2018) الارتباط التساهمي β -lactoglobulin بحامض الكافيين باستعمال الطريقة القلوية، أظهرت المركبات الناتجة خصائص استحلاب أفضل من β lactoglobulin غير المحورة.

قام (Sui *et al.*, 2018) بتحويل معزول بروتين فول الصويا بالأنتوسيانين المستخلص من الارز الاسود بالتراكيز 0.2, 0.1, 0.05% من خلال التفاعلات التساهمية فوجدوا ان الاستحلاب لمعقدات البروتين-الأنتوسيانين للتفاعلات التساهمية خلال مدة 10 دقائق قد بلغت 160,125 و170% على التوالي مقارنة بمعاملة السيطرة التي بلغت 99%، وازداد ثبات المستحلب للتفاعلات التساهمية اذ بلغ 161,81 و170% ثبات المستحلب مقارنة بمعاملة السيطرة التي بلغت 75%.

- قابلية ربط الماء Water Binding Capacity

سعة ربط الماء والمعروفة أيضًا سعة الاحتفاظ بالماء (WHC)، هي قدرة العضلات على الاحتفاظ بمائها الأصلي والماء المضاف عند تعرضها لقوى خارجية. تُقاس هذه السعة بكمية السائل المطلق من نظام بروتين العضلات تحت تأثير القوى الخارجية، وتُحدد سعة الاحتفاظ بالماء، والملمس، واللون، وقيمة الرقم الهيدروجيني (PH) معًا التغير في جودة لحم البقر أثناء المعالجة الساخنة (Bowker and Zhuang 2015). تُعد الرطوبة عاملاً حاسماً يؤثر على عصارة الأطعمة، حيث ترتبط العصارة ارتباطاً وثيقاً بخصائص مثل محتوى الماء، والقدرة على الاحتفاظ به، وتوزيعه (Cui *et al.*, 2023) تتأثر سعة الاحتفاظ بالماء بتغيرات بنية بروتين العضلات. تحدث هذه التغيرات في بروتين الليفيات العضلية، وبروتين الساركوبلازم، والنسيج الضام، وتؤثر على سعة الاحتفاظ بالماء، والطراوة، والملمس، وغيرها من معايير جودة المنتج (Cao *et al.*, 2018). لبنية البروتين النباتي المحكم تأثير كبير على سعة ربط بالماء، وترتبط سعة امتصاص الماء وسعة الاحتفاظ به ارتباطاً إيجابياً بالمسامية (Esbroeck van *et al.*, 2024). علاوة على ذلك، وجدت بعض الدراسات طرقاً مختلفة لتعزيز ربط الماء وتغيير توزيعه، وبالتالي تحسين عصارة منتجات اللحوم النباتية، مثل زيادة محتوى الملح أو إضافة عديدات السكاريد (Cui *et al.*, 2023). لسعة التبلور تأثير كبير أيضاً على تكوين البنية الليفية، حيث تُسهم مصفوفة هلامية أقوى في تحسين قوام المنتجات المبتوقة. تتطلب البروتينات ذات خصائص التبلور الأضعف، مثل بروتين الأرز وبروتين الفول السوداني، إضافة مواد أخرى لتسهيل تكوين بنية شبكية (Xio *et al.*, 2023).

اجرى (Peters *et al.*, 2017) دراسة مقارنة لقابلية ربط الماء لانواع مختلفة من البروتينات كالمُعزول البروتيني للبالزلاء، مُعزول بروتين فول الصويا، مُرکز بروتين الترمس، غلوتين القمح اذ لوحظ ان قابلية على بروتين البالزلاء على ربط الماء كان هي الاعلى 78% يليه معزول بروتين فول الصويا وغلوتين القمح ومركز بروتين الترمس 72% و70% و41% على التوالي.

افاد (Malik and Saini 2017) عند دراستهم لعزلات البروتين المُستخلصة من بذور وحبوب زهرة الشمس (معزول بروتيني من البذور يحتوي على الفينولات، معزول بروتيني من البذور لا يحتوي على فينولات، معزول بروتيني من النواة يحتوي على الفينولات، معزول بروتيني من النواة لا يحتوي على فينولات) عن طريق الترسيب الكهربائي المتساوي. إذ أظهر المعزول البروتيني المحتوي على البوليفينولات قدرة أعلى على ربط الماء مقارنةً بالمعزول البروتيني الخالي من البوليفينولات .

- قابلية ربط الدهون Fat Binding Capacity

تعد من الخصائص الوظيفية المهمة للبروتينات إذ تعود إلى السلاسل الجانبية غير القطبية للبروتين، هذه الخاصية مهمة جدا في النظام الغذائي لأن ارتباط الدهون بالبروتين يكون ما يسمى لايبوبروتين وهي مهمة في الاحتفاظ بمواد النكهة وتحسين القوام، إذ تتأثر هذه الخاصية بعدة عوامل منها: تركيب المواد المضافة، حجم الجزيئات وطبيعتها، عمليات التصنيع المختلفة، مصدر البروتين، ودرجة حرارة الوسط (Seyed *et al.*, 2011).

الأكسدة ومضادات الأكسدة Antioxidants Oxidation and

أكسدة الدهون هي السبب الرئيس للدهور أثناء التخزين للدهون والزيوت الصالحة للأكل والمنتجات المحتوية عليها (Shahid *et al.*, 2018). تتأكسد الدهون الموجودة في الأطعمة بسهولة، مما يعني أن العديد من الأنظمة الغذائية تحتوي غالبًا على أكاسيد دهنية مثل بيروكسيدات الهيدروجين، ونواتج تحلل الأحماض الدهنية (مثل الأدهيدات والكيتونات والإيبوكسيدات) (Gao *et al.*, 2016). يلعب التفاعل بين البروتينات والبوليفينولات دورًا مهمًا في تحسين جودة بعض المنتجات الغذائية على سبيل المثال، أن معقد البروتين-البولي فينول يظهر نشاطًا مضادًا للأكسدة أفضل من البروتينات غير المحورة (Gu *et al.*, 2017). أوضحت دراسات مختلفة أن مضادات الأكسدة الاصطناعية مثل البيوتيل هيدروكسي تولوين، البيوتيل هيدروكسي أنيسول، وتيرت بوتيل هيدروكينون، كانت تستخدم كعامل تثبيث للزيت، ومع ذلك، فقد ارتبطت مضادات الأكسدة الاصطناعية بمخاطر صحية، وتم إزالة بعضها وحظرها في عدد من البلدان، هنالك الكثير من الاهتمام لاستعمال مضادات الأكسدة الطبيعية بمضادات الأكسدة الاصطناعية (Khor YihPhing *et al.*, 2019). مضادات الأكسدة هي جزيئات مستقرة قادرة على منع أو تأخير أكسدة الجزيئات الأخرى لقدرتها على منح الكترولون لأي جذر حر ليووقف نشاطه، يمكن تعريف مضادات الأكسدة من الناحية التغذوية بأنها تلك المركبات التي عند إضافتها إلى الاغذية وبإقل التراكم تؤدي إلى منع أكسدة المركبات الحيوية مثل الدهون والبروتينات و الكربوهيدرات (Jafri *et al.*, 2022). يمكن تصنيف مضادات الأكسدة على نطاق واسع من خلال آلية عملها كمضادات أكسدة أولية، والتي تكسر سلسلة تفاعل الأكسدة عن طريق التبرع بالهيدروجين وتوليد جذور أكثر استقرارًا، ومضادات أكسدة ثانوية، تبطئ معدل الأكسدة من خلال عدة آليات، بما في ذلك تخليب المعادن، وتجديد مضادات الأكسدة الأولية، وتحلل بيروكسيدات الهيدروكربونات، وإزالة الأوكسجين، تتضمن آلية مضادات الأكسدة بشكل أساسي نقلًا منسقا لذرة الهيدروجين من جزيء فينولي إلى الجذر ومن ثم تثبيط تكوين الجذور أو إيقافها (Aziz *et al.*, 2018). أستعمل (Balzan *et al.* 2017) المستخلص المائي لثمار اوراق الزيتون ومن ثم اضافته الى التفانق النيئة والمطبوخة أثناء 14 يومًا من التخزين المبرد 2 ± 2 م، أدت إضافة المستخلص بتركيزات 0.075 و 0.15 غم/100غم إلى انخفاض قوي في العديد من علامات الأكسدة، مع الحفاظ على القبول الحسي العام. أوضح (Zahid *et al.* 2020) أن مستخلص القرنفل عند إضافته إلى اقراص اللحم البقري المطبوخة والمخزنة في الثلاجة، بعد 10 أيام من التخزين أظهر مستخلص القرنفل عند التركيز نشاط مضاد للأكسدة افضل مقارنة بـ (BHT 0.02) غم / 100 غم).

- قابلية اقتناص جذر DPPH

تُعد طريقة تحديد قدرة المركبات المضادة للأكسدة من خلال تقييم قدرة إزالة الجذور الحرة هي الأكثر شيوعًا في الوقت الحالي نظرًا لبساطتها وسرعتها. من بين هذه الطرق، يُعد تقييم قدرة إزالة الجذور الحرة لمركب 2،2-ثنائي فينيل-1-بيكريل هيدرازيل (DPPH) ومركب 2،2-أزينوبيس (حمض 3-إيثيل بنزثيازولين-6-سلفونيك) (ABTS) من أكثر الطرق استعمالًا، يتميز محلول الإيثانول لمركب DPPH بلونه الأرجواني، وقدرته على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية

القوية عند طول موجي 517 نانومتر (Foti,2015).

وجد Batariuc *et al* (2023) عند دراستهم لتأثير المعالجة الحرارية على خصائص دقيق الذرة الرفيعة الحمراء دقيق الذرة الرفيعة البيضاء ومنها الفعالية المضادة للأكسدة باستعمال DPPH، باستعمال ثلاث طرق للاستخلاص، الميثانول، الايثانول، الماء وخلال مدد استخلاص 10، 15، 20، 30 دقائق اذ وجد ان قيم DPPH دقيق الذرة الرفيعة الحمراء كانت هي الاعلى في المستخلصين، الايثانول والماء وقد بلغت 42%، 81%، 65%، 94% على التوالي خلال مدة 30 مقارنة بعينه السيطرة التي بلغت 46%، 98%، 97%، 89%، على التوالي وخلال نفس الوقت اما المستخلص الميثانولي فكانت قيم DPPH لدقيق الذرة الرفيعة الحمراء 31، 92% مقارنة بعينه السيطرة التي بلغت 92.51% وخلال مدة 30 دقيقة.

قام Yan *et al* (2023) بدراسة تفاعلات بروتين فول الصويا مع البوليفينولات وتأثيرها على الخواص الوظيفية، إذ قام بتصنيع بروتين الصويا الكاتيوني عن طريق اقتران إيثيلين ديامين على معزول بروتين الصويا - حمض الكاليك وارتباط معزول بروتين الصويا - حمض الكاليك عن طريق خلط بروتين الصويا الكاتيوني مع حامض الكاليك بنسب مختلفة، إذ قام باستعمال مؤشرات إزالة الجذور الحرة DPPH لتقييم الفعالية المضادة للأكسدة للمعزول البروتيني ومعقداته، اظهرت النتائج ان معقدات إيثيلين ديامين ومعزول بروتين الصويا - حمض الكاليك و معقدات بروتين - حمض الكاليك كانت لها قيمة اعلى على اقتناص الجذور الحرة من معزول بروتين الصويا، وعلى وجه الخصوص اظهر معقد إيثيلين ديامين ومعزول بروتين الصويا - حمض الكاليك اعلى نشاط مضاد للأكسدة.

تطبيقات البروتينات والمركبات الفينولية في الأغذية

اصبح المستهلك يفضل المنتجات الامنة الخالية من المواد الحافظة الكيميائية لذلك أصبحت الصناعات الأغذية اكثر تخصصاً و تطوراً لاحتياجات المستهلكين اذ يمكن استبدال المواد الحافظة الصناعية بمواد حافظة طبيعية يتم الحصول عليها من النباتات لاحتواء جميع النباتات على مضادات الاكسدة (Santos *et al.*,2017). تستعمل المستخلصات النباتية كمصدر للمركبات الفينولية لزيادة جودة وخصائص اللحوم الطازجة ومنتجاتها وذلك بسبب تركيبها الكيميائي للحوم الذي يجعلها عرضة للتلف لهذا ظهرت الاهمية لمضادات الاكسدة والواقع أنه بالنظر إلى أصولها الطبيعية، فإن المركبات الفينولية التي يتم الحصول عليها من النباتات (مثل الفلفل الأسود، والزعتر، وبذور الجوارانا) حيث يمكن استبدال مضادات الأكسدة الاصطناعية (والتي تعتبر عموماً أقل أماناً) لزيادة العمر الافتراضي لمنتجات اللحوم. وفي الوقت نفسه، يمكن لهذه المستخلصات النباتية تحسين القيمة الوظيفية لمنتجات اللحوم، إما بشكل مباشر أو غير مباشر (Munekata *et al.*,2020). وجد (Dias *et al.*,2021) ان استخدام المركبات الفينولية والمستخلصة من النباتات وخاصة الانثوسيانينات باعتبارها مكونات طبيعية كملونات في الاغذية يجعلها اكثر مقبولة لدى المستهلكين من الملونات الصناعية.

لاحظ Zeng *et al* (2019). عند استخدام البروتينات المحورة بالمركبات الفينولية في التغليف الذكي للأغذية وتصنيع الاغلفة القابلة للأكل المضاف لها الانثوسيانينات والتي تعمل كمؤشر لتلف المواد الغذائية المحفوظة.

قام Aewsiri *et al* (2009) بدراستهم حول امكانية ربط مركبات فينولية مؤكسدة بنسبة 5% caffeic acid, ferulic acid, tannic acid بجيلاتين جلد الحبار اذ لاحظ ان الارتباط ادى الى تعزيز النشاط المضاد للأكسدة دون أي تأثير ضار على خصائص استحلاب الجيلاتين الناتج. وقد ثبت أن استخدام الجيلاتين المعدل بحمض التانيك المؤكسد يثبط

أكسدة الدهون في مستحلب زيت المينهدان المائي بفعالية. واستنتج انه بالإمكان استخدام جيلاتين جلد الحبار المعدل بحمض التانيك المؤكسد كمستحلب يمتلك نشاطاً مضاداً للأكسدة في أنظمة المستحلب.

درس (Jin *et al* (2021) تأثير إضافة البكتين على خصائص الارتباط والتركيب الهيكلي لمعقدات بروتين الصويا-الكومارين عند استعمال المعالجة بالضغط العالي، وكان الربط بين بروتين الصويا والكومارين (بنسبة كتلة 3:1)، ومع ذلك، انخفضت قدرة DPPH على إزالة الجذور الحرة لمعقدات بروتين الصويا والكومارين عند استعمال المعالجة بالضغط العالي، واستنتج أن معقدات بروتين الصويا الثلاثية - البكتين - الكومارين التي طورتها المعالجة بالضغط العالي يمكن أن تكون نظام توصيل فعال للمركبات النشطة بيولوجياً مع تطبيقات في مكونات الأغذية الوظيفية.

وجد (Al-Baidhani *et al.*(2024) في دراستهم تثمين مخلفات قشور وبذور الرمان ميليسا للحصول على مستخلصات لزيادة مدة صلاحية قطع الدجاج أثناء التخزين البارد، أن إضافة المستخلصات 1% (وزن/وزن) أدت إلى انخفاض أكسدة الدهون (TBA)، ونسبة الفقد في الوزن، وفقدان الوزن أثناء الطهي بنسبة 48.2 و 49.2 و 6.6% .

الاستنتاج :

عد البروتين عنصراً رئيساً في العديد من الأغذية وتتنوع خصائصه بناء على مصدره وطرق استخلاصه وتفاعله مع المكونات الأخرى. وقد الدراسات الحديثة أن ارتباط البروتينات بالبوليفينولات يساعد لتحسين خواصها الفيزيائية والوظيفية، سواء كان الارتباط بروابط تساهمية أو غير تساهمية وتُكسب هذه التفاعلات البروتينات قدرة مزدوجة على العمل كمضادات أكسدة، ومستحلبات، وعوامل مكوّنة للرغوة أو الهلام، إضافةً إلى دورها في ربط الماء والدهن. ومن هنا، فإن فهم طبيعة هذه التفاعلات والتحكم في ظروفها يُعد خطوة ضرورية لتطوير منتجات غذائية أكثر استقراراً وكفاءة، تدعم جودة الغذاء وصناعة الأغذية الحديثة.

References:

- Abdelmaksoud**, T. G., Mohsen, S. M., Duedahl-Olesen, L., Elnikeety, M. M., & Feyissa, A. H. (2018). Optimization of ohmic heating parameters for polyphenoloxidase inactivation in not-from-concentrate elstar apple juice using RSM. *Journal of Food Science and Technology*, 55(7), 2420-2428.
- Aewsiri**, T., Benjakul, S., Visessanguan, W., Eun, J. B., Wierenga, P. A., & Gruppen, H. (2009). Antioxidative activity and emulsifying properties of cuttlefish skin gelatin modified by oxidised phenolic compounds. *Food Chemistry*, 117(1), 160-168.
- Al-Baidhani**, A. M., Al-Shatty, S. M., Al-Hilphy, A. R., & Gavahian, M. (2024). Valorization of Melissa pomegranate peels and seeds waste to obtain extracts for increasing the shelf-life of chicken patties during cold storage. *Waste and Biomass Valorization*, 15(8), 4657-4670.
- Aziz**, M., & Karboune, S. (2018). Natural antimicrobial/antioxidant agents in meat and poultry products as well as fruits and vegetables: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(3), 486-511.
- Balzan**, S., Taticchi, A., Cardazzo, B., Urbani, S., Servili, M., Di Lecce, G., ... & Fasolato, L. (2017). Effect of phenols extracted from a by-product of the oil mill on the shelf-life of raw and cooked fresh pork sausages in the absence of chemical additives. *LWT-Food Science and Technology*, 85, 89-95.
- Batariuc**, A., Coțovanu, I., & Mironeasa, S. (2023). Sorghum flour features related to dry

heat treatment and milling. *Foods*, 12(11), 2248.

Berton-Carabin, C., & Villeneuve, P. (2023). Targeting interfacial location of phenolic antioxidants in emulsions: Strategies and benefits. *Annual Review of Food Science and Technology*, 14, 63–83. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-060721-021636>.

Berton-Carabin, C., & Villeneuve, P. (2023). Targeting interfacial location of phenolic antioxidants in emulsions: Strategies and benefits. *Annual Review of Food Science and Technology*, 14(1), 63-83.

Bowker, B., & Zhuang, H. M. (2015). Relationship between water-holding capacity and protein denaturation in broiler breast meat. *Poultry science*, 94(7), 1657-1664.

Cui, B., Zeng, X., Liang, H., Li, J., Zhou, B., Wu, D., ... & Li, B. (2024). Construction of a soybean protein isolate/polysaccharide-based whole muscle meat analog: Physical properties and freeze-thawing stability study. *International Journal of Biological Macromolecules*, 265, 131037.

Czubinski, J., & Dwiecki, K. (2017). A review of methods used for investigation of protein–phenolic compound interactions. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 573-585.

Dai, T., McClements, D. J., Hu, T., Chen, J., He, X., Liu, C., Sheng, J., & Sun, J. (2022). Improving foam performance using colloidal protein–polyphenol complexes: Lactoferrin and tannic acid. *Food Chemistry*, 377(March 2021), Article 131950. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131950>.

Dias, R., Oliveira, H., Fernandes, I., Simal-Gandara, J., & Perez-Gregorio, R. (2021). Recent advances in extracting phenolic compounds from food and their use in disease prevention and as cosmetics. *Critical Reviews in food science and nutrition*, 61(7), 1130-1151.

Dickinson, E. (2001). Milk protein interfacial layers and the relationship to emulsion stability and rheology. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 20(3), 197-210.

Ebrahimi, P., & Lante, A. (2021). Polyphenols: A comprehensive review of their nutritional properties. *The Open Biotechnology Journal*, 15(1), 164–172. <https://doi.org/10.2174/1874070702115010164>.

Fan, Y., Liu, Y., Gao, L., Zhang, Y., & Yi, J. (2018). Oxidative stability and in vitro digestion of menhaden oil emulsions with whey protein: Effects of EGCG conjugation and interfacial cross-linking. *Food Chemistry*, 265, 200-207.

Feng, J., Cai, H., Wang, H., Li, C., & Liu, S. (2018). Improved oxidative stability of fish oil emulsion by grafted ovalbumin-catechin conjugates. *Food Chemistry*, 241, 60-69.

Gao, F., & Birch, J. (2016). Oxidative stability, thermal decomposition, and oxidation onset prediction of carrot, flax, hemp, and canola seed oils in relation to oil composition and positional distribution of fatty acids. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(7), 1042-1052.

Gong, T., Tian, D., Hu, C. Y., Guo, Y. R., & Meng, Y. H. (2022). Improving antioxidant ability of functional emulsifiers by conjugating polyphenols to sodium caseinate. *Lwt*, 154, Article 112668. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112668>.

Gong, T., Tian, D., Hu, C. Y., Guo, Y. R., & Meng, Y. H. (2022). Improving antioxidant ability of functional emulsifiers by conjugating polyphenols to sodium caseinate. *Lwt*, 154, 112668.

- Grossmann, L., & McClements, D. J.** (2023). Current insights into protein solubility: A review of its importance for alternative proteins. *Food Hydrocolloids*, 137(October 2022), Article 108416. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108416>.
- Gu, L., Peng, N., Chang, C., McClements, D. J., Su, Y., & Yang, Y.** (2017). Fabrication of surface-active antioxidant food biopolymers: Conjugation of catechin polymers to egg white proteins. *Food Biophysics*, 12(2), 198-210.
- Jafri, S. A. A., Khalid, Z. M., Khan, M. Z., & Jomezai, N.** (2022). Evaluation of phytochemical and antioxidant potential of various extracts from traditionally used medicinal plants of Pakistan. *Open Chemistry*, 20(1), 1337-1356.
- Jin, B., Zhou, X., Zhong, Y., Li, Q., Zhang, S., Mo, H., & Liang, J.** (2021). The synergistic effect of high pressure processing and pectin on the physicochemical stability and antioxidant properties of biopolymer complexes composed of soy protein and coumarin. *Process Biochemistry*, 104, 46-54.
- Khor, Y. P., Hew, K. S., Abas, F., Lai, O. M., Cheong, L. Z., Nehdi, I. A., ... & Tan, C. P.** (2019). Oxidation and polymerization of triacylglycerols: In-depth investigations towards the impact of heating profiles. *Foods*, 8(10), 475.
- Lam, R. S., and Nickerson, M. T.** (2013). Food proteins: A review on their emulsifying properties using a structure–function approach. *Food chemistry*, 141(2), 975-984.
- Li, M., Ritzoulis, C., Du, Q., Liu, Y., Ding, Y., Liu, W., & Liu, J.** (2021). Recent progress on protein-polyphenol complexes: Effect on stability and nutrients delivery of oil-in-water emulsion system. *Frontiers in Nutrition*, 8, 765589.
- Liu, X., Song, Q., Li, X., Chen, Y., Liu, C., Zhu, X., ... & Huang, J.** (2021). Effects of different dietary polyphenols on conformational changes and functional properties of protein–polyphenol covalent complexes. *Food Chemistry*, 361, 130071.
- Malik, M. A., Sharma, H. K., & Saini, C. S.** (2017). High intensity ultrasound treatment of protein isolate extracted from dephenolized sunflower meal: Effect on physicochemical and functional properties. *Ultrasonics sonochemistry*, 39, 511-519.
- McClements, D. J.** (2004). *Food emulsions: principles, practices, and techniques*. CRC press.
- Munekata, P. E., Nieto, G., Pateiro, M., & Lorenzo, J. M.** (2020). Phenolic compounds obtained from *Olea europaea* by-products and their use to improve the quality and shelf life of meat and meat products—A review. *Antioxidants*, 9(11), 1061.
- Ozdal, T., Capanoglu, E., & Altay, F.** (2013). A review on protein–phenolic interactions and associated changes. *Food Research International*, 51(2), 954-970.
- Ozturk, B., & McClements, D. J.** (2016). Progress in natural emulsifiers for utilization in food emulsions. *Current Opinion in Food Science*, 7, 1-6.
- Ozuna, C., & León, J. A.** (2010). Protein solubility and functional properties in food systems: A review. **Food Science and Technology International 16 (5)*, 413–424.
- Peters, J. P., Vergeldt, F. J., Boom, R. M., & van der Goot, A. J.** (2017). Water-binding capacity of protein-rich particles and their pellets. *Food Hydrocolloids*, 65, 144-156.
- Prodpran, T., Benjakul, S., & Phatcharat, S.** (2012). Effect of phenolic compounds on protein cross-linking and properties of film from fish myofibrillar protein. *International journal of biological macromolecules*, 51(5), 774-782.

Renzetti, S., Dal Bello, F., & Arendt, E. K. (2008). Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 48(1), 33-45.

Santos, J. S., et al. (2017). *Use of plant extracts as natural preservatives in meat products.*
Food Research International, 100, 208–220.
https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.012

Seyed, N., Zahedifard, F., Safaiyan, S., Gholami, E., Doustdari, F., Azadmanesh, K., ... & Rafati, S. (2011). In silico analysis of six known Leishmania major antigens and in vitro evaluation of specific epitopes eliciting HLA-A2 restricted CD8 T cell response. *Plos neglected tropical diseases*, 5(9), e1295.

Shahid, S., Kim, G., Johnson, N. R., Wafula, E., Wang, F., Coruh, C., ... & Axtell, M. J. (2018). MicroRNAs from the parasitic plant Cuscuta campestris target host messenger RNAs. *Nature*, 553(7686), 82-85.

Sui, X., Sun, H., Qi, B., Zhang, M., Li, Y., & Jiang, L. (2018). Functional and conformational changes to soy proteins accompanying anthocyanins: Focus on covalent and non-covalent interactions. *Food Chemistry*, 245, 871-878.

Thiansilakul, Y., Benjakul, S., & Shahidi, F. (2007). Compositions, functional properties and antioxidative activity of protein hydrolysates prepared from round scad (*Decapterus maruadi*). *Food chemistry*, 103(4), 1385-1394.

Wang, X., Wang, Z., Zhuang, H., Nasiru, M. M., Yuan, Y., Zhang, J., & Yan, W. (2021). Changes in color, myoglobin, and lipid oxidation in beef patties treated by dielectric barrier discharge cold plasma during storage. *Meat Science*, 176, 108456.

Wu, W., Clifford, M., & Howell, N. K. (2007). The effect of instant green tea on the foaming and rheological properties of egg albumen proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(10), 1810-1819.

Yan, S., Wang, Q., Yu, J., Li, Y., & Qi, B. (2023). Ultrasound-assisted preparation of protein–polyphenol conjugates and their structural and functional characteristics. *Ultrasonics Sonochemistry*, 100, 106645.

Zahid, M. A., Choi, J. Y., Seo, J. K., Parvin, R., Ko, J., & Yang, H. S. (2020). Effects of clove extract on oxidative stability and sensory attributes in cooked beef patties at refrigerated storage. *Meat science*, 161, 107972.

Zeng, P., Chen, X., Qin, Y. R., Zhang, Y. H., Wang, X. P., Wang, J. Y., ... & Zhang, Y. S. (2019). Preparation and characterization of a novel colorimetric indicator film based on gelatin/polyvinyl alcohol incorporating mulberry anthocyanin extracts for monitoring fish freshness. *Food Research International*, 126, 108604.