دراسة مرجعية لخصائص مستخلصات القريص والشيح والنعناع البري وتقديم اقتراح لنظام تغليف غذائي نشط وذكي قابل للتطبيق محلياً

اعداد : هيفاء أحمد

الملخص:

تم إجراء هذا البحث بهدف دراسة الخصائص المضادة للميكروبات والمضادة للأكسدة لثلاثة نباتات طبية محلية شائعة في سوريا، هي القريص (*Urtica dioica*)، الشيح (*Artemisia spp.*)، النعناع البري (*Mentha spp.*) وتحليل إمكانية استخدامها كمكونات فعالة في أنظمة التغليف النشط للأغذية. ثم استعراض المقالات العلمية الحديثة حول التركيب الكيميائي الحيوي لهذه النباتات وآليات عملها ضد الميكروبات المسببة لفساد الأغذية، مع التركيز على قابليتها للتطبيق في أنظمة التغليف الغذائي النشط. أظهرت الدراسات أن هذه المستخلصات تحتوي على مركبات فينولية وفلافونويدات وزيوت طيارة فعالة تسهم في تثبيط نمو البكتيريا والفطريات، وتأخير عمليات الأكسدة، مما يساهم في تحسين سلامة الأغذية، وتمديد مدة صلاحيتها. بالإضافة إلى ذلك، تم اقتراح تصور عملي قابل للتنفيذ محلياً لنظام تغليف نشط يعتمد على دمج هذه المستخلصات النباتية ضمن مواد تغليف مناسبة حيث تشير الدراسات إلى أن دمج هذه المستخلصات في مواد بوليميرية قابلة للتحلل قد يوفر حلاً مستداماً وصديقاً للبيئة للتغليف الغذائي، بما يعزز الاتجاهات العالمية نحو بدائل طبيعية للمواد الحافظة الكيميائية. يفتح هذا التوجه آفاقاً لتطبيقات صناعية مبتكرة تدعم استراتيجيات الاستدامة والأمن الغذائي.

الكلمات المفتاحية:

Urtica dioica، *Artemisia spp.*، *Mentha spp.*، مضادات الأكسدة، نشاط مضاد للميكروبات، التغليف الغذائي النشط، الاستدامة.

A reference study of the properties of nettle, wormwood, and wild mint extracts, and a proposal for a locally applicable, smart, and active food packaging system

Abstrac

t:

This research was conducted with the aim of studying the antimicrobial and antioxidant properties of three common local medicinal plants in Syria, namely nettle (*Urtica dioica*), wormwood (*Artemisia spp.*), and wild mint (*Mentha spp.*), and analyzing their potential use as active ingredients in active food packaging systems. The study then reviewed recent scientific articles on the biochemical composition of these plants and their mechanisms of action against food spoilage microbes, focusing on their applicability in active food packaging systems. Studies have shown that these extracts contain phenolic compounds, flavonoids, and volatile oils that effectively inhibit the growth of bacteria and fungi, It also slows down oxidation processes, which contributes to improved food safety and extended shelf life. In addition, a locally feasible and practical concept for an active packaging system based on incorporating these plant extracts

into suitable packaging materials has been proposed, as studies indicate that incorporating these extracts into biodegradable polymer materials may provide a sustainable and environmentally friendly solution for food packaging, bolstering global trends toward natural alternatives to chemical preservatives. This trend opens up opportunities for innovative industrial applications that support sustainability and food security strategies.

Keywords:

Urtica dioica, *Artemisia spp.*, *Mentha spp.*, antioxidants, antimicrobial activity, active food packaging, sustainability.

المقدمة:

تعد سلامة الأغذية من القضايا الحيوية التي تواجه تحديات متزايدة على المستويين العالمي والمحلي خاصة في ظل تفاقم التلوث الميكروبي، وسوء ظروف الحفظ، والتوسع في استخدام المواد الحافظة الكيميائية، التي ترتبط بعضها بمخاطر صحية محتملة على المدى الطويل. وتبرز أهمية تطوير استراتيجيات جديدة وفعالة تضمن جودة الأغذية وسلامتها دون الإضرار بصحة المستهلك، ولاسيما في الدول النامية، حيث تكون أنظمة الرقابة الغذائية محدودة.

في هذا الإطار، شهد قطاع التغليف الغذائي تحولات نوعية تمثلت في تبني مفاهيم التغليف النشط والذكي، وهي تقنيات لا تقتصر على العزل الفيزيائي للغذاء عن الوسط الخارجي، بل تتفاعل مع البيئة الداخلية للمنتج من خلال إطلاق أو امتصاص مواد معينة، مثل مضادات الأكسدة أو المواد

المضادة للميكروبات، أو عبر مراقبة التغيرات التي تطرأ على المنتج خلال فترة التخزين (Periyasamy, Asrafali and Lee, 2025). ويعد دمج المركبات الحيوية الفعالة المستخلصة من النباتات الطبيعية والعطرية في مواد التغليف النشط من أبرز الاتجاهات الحديثة، لما لها من قدرة على تثبيط نمو البكتيريا والفطريات، إطالة العمر التخزيني للمنتجات الغذائية.

تلعب النباتات الطبية دوراً محورياً في البحث عن بدائل طبيعية آمنة للمواد الحافظة الصناعية، لما تحتويه من مركبات نشطة بيولوجياً مثل الفينولات، الفلافونويدات، والزيوت الطيارة، التي تمتلك خصائص مضادة للميكروبات ومضادة للأكسدة. وتتميز سوريا بتنوع نباتي فريد يضم العديد من الأنواع الطبية المعروفة تقليدياً والتي يمكن استثمارها في تطبيقات صناعية مبتكرة من أبرز هذه النباتات: القريص(*Urtica dioica*)، الشيح (*Artemisia spp.*)، والنعناع البري (*Mentha spp.*)، حيث أشارت دراسات محلية ودولية إلى امتلاك مستخلصاتها نشاطاً ملحوظاً ضد طيف واسع من الكائنات الدقيقة (Liu *et al.*, 2023;Parente *et* al., 2024;Faisal *et* al., 2023)

انطلاقاً من ذلك، استعرضت هذه الدراسة التقدم البحثي في مجال التغليف النشط الذي يحتوي على مستخلصات طبيعية فعّالة من القريص والشيح والنعناع البري في حفظ الأغذية، بما في ذلك خصائصها المضادة للأكسدة والميكروبات.

كما شمل مقترح عن نظام تغليف نشط يعتمد على دمج هذه المستخلصات النباتية ضمن مواد تغليف مناسبة، حيث يمثل هذا التوجه خطوة نحو دعم الاعتماد على الموارد الطبيعية المحلية وتقديم حلول تقنية مستدامة وصديقة للبيئة في مجال حفظ الأغذية، في ظل الحاجة المتزايدة لتحسين جودة المنتجات وتقليل الاعتماد على الإضافات الكيميائية المستوردة.

منهجية المراجعة:

تعتمد هذه المقالة على مراجعة سردية للأدبيات العلمية المنشورة في مجلات محكمة، والمتعلقة بالخصائص المضادة للميكروبات والمضادة للأكسدة لمستخلصات نبات القريص *Urtica dioica*)، الشيح (*Artemisia spp.*)، والنعناع البري (*Mentha spp.*)، مع التركيز على إمكانيات توظيفها في أنظمة التغليف الغذائي النشط. تم البحث في قواعد بيانات علمية متعددة مثل Scopus و Web of Science و Google Scholar، باستخدام كلمات مفتاحية من بينها: "النشاط المضاد للميكروبات"، "المستخلصات النباتية"، "التغليف الغذائي النشط"، و"المركبات الحيوية". وقد شملت المراجع المدروسة الدراسات المنشورة خلال العقدين الأخيرين، مع التركيز على المقالات التي تناولت الجوانب التجريبية أو المراجعات العلمية ذات الصلة. تم تحليل النتائج الواردة في هذه الدراسات بطريقة وصفية مقارنة، بهدف استخلاص الاتجاهات البحثية السائدة وتحديد الفجوات المعرفية والتطبيقية في هذا المجال.

عرض ومناقشة الدراسات السابقة:

أولاً: نبات القريص(*Urtica dioica*) و مكوناته الفعالة و تطبيقاته في التغليف الفعال :

الاسم العلمي والشائع والعائلة النباتية:

- الاسم الشائع: القريص
- الاسم العلمي: *Urtica dioica L.*
- العائلة النباتية: Urticaceae. (Đurović *et* al., 2024)

الانتشار الجغرافي:

يعد نبات القريص (*Urtica dioica*) من النباتات العشبية المعمِّرة واسعة الانتشار في المناطق المعتدلة من العالم، وينمو عادةً في البيئات الرطبة والمظللة والتربة الغنية بالمواد العضوية. كما

يندرج ضمن الكتالوجات النباتية في شرق المتوسط بما في ذلك سوريا ولبنان، مما يؤكد وجوده الطبيعي في هذه المنطقة (Weigend *et* al., 2006)

التركيب الكيميائي الأساسي:

يحتوي القريص على مجموعة واسعة من المركبات الفعالة بيولوجياً، أبرزها مركبات فينولية (مثل حمض الكلوروجينيك وحمض الكافيك)، فلافونويدات (كالكيرسيتين والروتين)، ستيرولات نباتية، تربينات، وسكريات معقدة ومركبات أخرى ذات نشاط دوائي ووقائي. تراكيز الفينولات والفلافونويدات تُعد مسؤولة عن الجزء الكبير من النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصات.(Đurović *et* al., Meryem *et* al., 2020; 2024)

النشاط المضاد للميكروبات:

أظهرت دراسات مخبرية متعددة أن مستخلصات *U. dioica* تمتلك نشاطاً مضاداً لمجموعة واسعة من البكتيريا والفطريات، شملت مؤشرات فعالية ضد *Esherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* وبعض أنواع Candida. تُعزى الآلية إلى تداخل المركبات الفينولية والفلافونويدية مع غشاء الخلية الميكروبية وزيادة الإجهاد التأكسدي داخل الخلايا الممرضة. مع ذلك، تتفاوت قيم الفعالية (مثل MIC أو zone of inhibition) باختلاف طريقة الاستخلاص والمذيب والسلالة المختبرة. (Đurović *et* al., Meryem *et* al., 2020; 2024)

طرق الاستخلاص:

تتباين طرق الاستخلاص المستخدمة باختلاف الهدف من المستخلص: الاستخلاص بالمذيبات التقليدية (ماء، إيثانول، ميثانول، سوكسلت) يعطي مستخلصات غنية بأنواع مختلفة من المركبات،

بينما أساليب ‹‹خضراء›› حديثة مثل الاستخلاص بالموجات الدقيقة (MAE)والاستخلاص بالموجات فوق الصوتية (UAE) تحسن انتقائية وسرعة استخلاص الفينولات دون تحللها، وتُعد MAE و UAE الأكثر كفاءة لاستخلاص الفينولات من القريص وفق مراجعات حديثة. (Đurović *et* al., 2024; review references)

السلامة والسمية:

يعتبر القريص آمناً في الاستخدام التقليدي، وهناك بيانات تشير إلى سلامته عند الاستعمالات الغذائية والطبية المعتادة، مع تقارير محدودة عن تهيج جلدي أو تداخلات دوائية (مثل التأثير المدر للبول الذي قد يتداخل مع بعض أدوية الضغط أو السكري). لذلك توصى دراسات المراجعة بتقييم السلامة والسمية المزمنة قبل التطبيق الصناعي الواسع في الأغذية. (Taheri *et* al., 2022)

القابلية للتطبيق في تغليف الأغذية:

أظهرت دراسات تطبيقية دمج مستخلصات القريص في مصفوفات بوليميرية (مثل أغشية كيتوزان أو طلاءات البروتين) تأثيرات مفيدة: خفض نفاذية بخار الماء، زيادة النشاط المضاد للأكسدة في الأغشية، تحسين الحماية ضد الأكسدة الضوئية، وتأخير الفساد الميكروبي عند تطبيقها على لحوم وأسماك وأجبان. وقد سجلت دراسات مخبرية وتطبيقات شبه صناعية تمديداً ملحوظاً لفترة الصلاحية في منتجات مثل لحم البقر المبرد، فيليه الأسماك، وجُبن هافارتي عند دمج مستخلص القريص ضمن أغشية أو طلاءات غذائية. هذه النتائج تشير إلى قابلية حقيقية لتوظيف القريص كعنصر نشط في أنظمة التغليف القابلة للتحلل أو الصالحة للأكل. (Aksu *et* al., 2015; Erbay *et* al., 2017; Flórez *et* al., 2023a)

الدراسات السابقة والتطبيقات الغذائية لمستخلصات القريص في التغليف النشط:

يوضح الجدول التالي أبرز الدراسات السابقة التي تناولت استخدام مستخلصات نبات القريص كمكون طبيعي مضاد للميكروبات والأكسدة ضمن نظم التغليف الغذائي النشط، مع بيان نوع الغذاء، آلية التأثير، مدة الحفظ، والنتائج التطبيقية.

المنتج الغذائي	نوع المعاملة/التقنية	الجرعة	مدة الحفظ	الآلية الحيوية في الحفظ	المرجع
لحم بقر طازج	طبقة تغليف من Ε–polylysine مدمجة بمستخلص القريص	0.5 % مستخلص مائي	21 يوماً (تحزين بارد عند 0.5 ± 2°C	تثبيط نمو البكتيريا المسببة للفساد، تأخير الأكسدة، تحسين الخصائص الحسية	(Aksu *et* al., 2015)
فيليه سمك الترويت Oncorhynchus mykiss	1–طبقة تغليف من مصل اللبن+ ألياف نانوية PCL محملة بالقريص 2–طبقة –Ε polylysine مدمجة بمستخلص القريص	1% مستخلص مائي	غير محدد (تخزين مبرد)	تحسين الجودة أثناء التخزين المبرد نشاط مضاد للأكسدة والميكروبات وتمديد فترة الصلاحية	(Erbay *et* al., 2017)
جبن هافارتي (شرائح معبأة بالتفريغ)	أغشية كيتوزان نشطة مدمجة بمستخلص القريص تستخدم	1% مستخلص مائي	غير محدد (تخزين بالتفريغ)	تثبيط الأكسدة الدهنية وتأخير التغيرات الحسية غير المرغوبة	(Flórez *et* al.,

	كفواصل بين الشرائح				2023b)
فيليه سمك Eleutheronema tetradactylum	أغشية كيتوزان/نشاء الذرة مدمجة بمستحلبات نانوية من زيت القريص	0.5 % مستخلص زيتي	غير محدد (تخزين مبرد)	تقليل نمو البكتيريا المسببة للفساد وتحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية خلال التخزين المبرد	(Opačić *et al.*, 2024)
سمك الكيلكا المفروم	معالجة بالمستخلصات الطبيعية + تخزين عند 2 °C−	200−400 جزء في المليون مستخلص مائي أو هيدروكحولي	28 يوماً (تخزين فائق التبريد عند 2− °C	تأخير التدهور الكيميائي وإطالة العمر التخزيني	(Ahmadi *et al.*, 2014)
بسكويت القمح المملح	دمج مسحوق أوراق القريص في العجين	5−15 % (مسحوق أوراق القريص المجففة)	6 أيام (تخزين في درجة حرارة الغرفة)	تحسين الخصائص الحسية والميكروبيولوجية	(Hassan,2023)

ثانياً: نبات الشيح (*Artemisia spp.*) و مكوناته الفعالة و تطبيقاته في التغليف الفعال :

الاسم العلمي والشائع والعائلة النباتية:

- الاسم الشائع: الشيح
- الاسم العلمي: .*Artemisia spp*
- العائلة النباتية: Asteraceae (Compositae)، وهي واحدة من أكبر العائلات النباتية وأكثرها تنوعاً.

الانتشار الجغرافي:

ينتشر الشيح عالمياً في معظم القارات خاصةً في نصف الكرة الشمالي، ويضم أكثر من 500 نوع. يعد وسط آسيا مركز تنوعه الرئيسي، مع انتشار ثانوي في البحر المتوسط وأمريكا الشمالية. تفضل أنواعه البيئات الجافة والمعتدلة(Sharifi-Rad *et* al., 2022).أما من ناحية التوفر المحلي، يتواجد *Artemisia herba-alba* بكثرة في مناطق البادية داخل سوريا، خصوصاً على هضبة حماد وسط الصحراء السورية، حيث يعتبر من الأنواع النباتية الثابتة في هذه البيئة شبه الصحراوية، يعرف الشيح فعلياً ضمن الطب الشعبي في سوريا وينتشر ضمن قائمة النباتات المستخدمة تقليدياً في وسط البلاد (محافظتا حمص وحماه). (Khatib *et* al., 2021a)

التركيب الكيميائي الأساسي:

يعد نبات الشيح من الأعشاب الطبية الغنية بالمركبات الكيميائية الفعالة، حيث يحتوي على:

- مجموعة من اللاكتونات السيسكويتربينية، أبرزها الأبسِنثين
- الزيوت الطيارة التي تضم مركبات مثل الثوجون (β-thujone وَα-thujone) ، الكامفور والكامازولين.
- فلافونويدات مثل الروتين
- أحماض فينولية مثل الكلوروجينيك والكافيليك

- إضافة إلى الكومارينات والستيرولات

مما يفسر خصائصه المضادة للأكسدة والميكروبات. (Al-Sowayan *et* al., 2024)

النشاط المضاد للميكروبات:

أظهرت الزيوت الطيارة والمستخلصات المستخلصة من نبات الشيح (*Artemisia spp.*) نشاطاً ملحوظاً ضد مجموعة واسعة من الكائنات الدقيقة الممرضة المنقولة بالغذاء. فقد سجلت عدة دراسات تأثيراً مثبطاً واضحاً أن مستخلصات ضد البكتيريا موجبة الغرام مثل *Staphylococcus aureus* والبكتيريا سالبة الغرام مثل *Esherichia coli.*، إضافة لبعض الأنواع الفطريات الممرضة مثل *Candida albicans*، وتعزى هذه الفعالية الحيوية إلى احتواء المستخلصات على مركبات فعالة كالتربينات والفينولات، والتي تمتلك القدرة على اختراق الغشاء الخلوي للكائنات الدقيقة وإحداث خلل في نفاذيته وتوازن الأيونات الداخلية. وقد أوضحت النتائج أن شدة النشاط تختلف باختلاف نوع المستخلص(مائي أو زيتي أو كحولي)، وكذلك باختلاف الظروف التجريبية ونوع السلالة الميكروبية المدروسة، مايفسر التباين الملحوظ بين النتائج التجريبية في الدراسات المختلفة. (Al-Sowayan *et* al., 2024; Liu *et* al.,2023)

طرق الاستخلاص:

تتعدد طرق استخلاص مركبات *Artemisia spp.* وفقاً للهدف من الدراسة ونوع المركبات المستهدفة. فبالإضافة إلى الطرق التقليدية مثل النقع أو الغليان في الماء، استخدمت تقنيات حديثة مثل الاستخلاص بمساعدة الموجات الدقيقة (Microwave-Assisted Extraction, MAC) التي أثبتت كفاءتها في زيادة مردود المركبات الفينولية وتحسين النشاط البيولوجي للمستخلصات (Hussain, 2025). كما أظهرت نتائج استخدام الاستخلاص بثاني أكسيد الكربون فوق الحرج

(Supercritical CO_2 extraction, SC–CO_2) عند ضغوط تصل إلى 200 بار ودرجات حرارة مرتفعة (200°C) فعالية في عزل الزيوت الطيارة من *Artemisia vulgaris* مع المحافظة على ثبات المركبات الحساسة للحرارة. كذلك برهنت تقنية الاستخلاص بالسوائل المضغوطة (Pressurized Liquid Extraction, PLA) على قدرتها في الحصول على تركيزات أعلى من المركبات الفعالة مقارنةً بالطرق التقليدية. أما المستخلصات الميثانولية لمستخلص الشيح (Methanolic extract of *Artemisia absinthium,* MEAA) فقد أظهرت فعالية كبيرة ضد عدد من الكائنات الممرضة للغذاء، مما يؤكد أن نوع المذيب وتقنية الاستخلاص يؤثران بشكل مباشر في التركيب الكيميائي والنشاط الحيوي للمستخلصات (Villanueva-Bermejo *et* al., 2025).

السلامة والسمية:

تعد مستخلصات نبات *Artemisia spp.* آمنة نسبياً عند استخدامها ضمن التراكيز الموصى بها في التطبيقات الغذائية والطبية، ولم تُسجل معظم الدراسات حدوث سمية حادة أو تأثيرات جانبية خطيرة عند الجرعات المعتدلة. إلا أن بعض الأبحاث أشارت إلى ضرورة الحذر عند الاستخدام لفترات طويلة أو بجرعات مرتفعة، بسبب احتواء بعض الأنواع على مركبات مثل الثوجون (Thujone) التي قد تسبب تأثيرات عصبية عند تراكمها في الجسم (Al-Sowayan *et* al., 2024). كما أكدت الدراسات الحديثة أهمية إجراء تقييمات سمية مزمنة وموسعة قبل إدخال المستخلصات في أنظمة التغليف الغذائي النشط، لضمان توافقها مع معايير السلامة الدولية الخاصة بمواد ملامسة الأغذية (Liu *et* al., 2023).

القابلية للتطبيق في تغليف الأغذية:

في السنوات الأخيرة، برز استخدام مستخلصات الشيح في تصنيع أفلام تغليف غذائي نشط. في دراسة لمحاكاة سيناريو الرسائل الكيميائية، طوّر Moalla وآخرون (Moalla *et* al., 2021) فيلماً قائماً على مركب كيتوزان محملاً بمضادات أكسدة من *Artemisia campestris*، والذي أظهر تحسيناً واضحاً في الخصائص الميكانيكية والحاجزية بالإضافة إلى نشاطات مضادة للأكسدة والميكروبات مما يجعله خياراً واعداً للتطبيقات الصناعية في حفظ اللأغذية. وقد أيدت دراسة أخرى (Chen *et* al., 2023) نتائج مماثلة، حيث تم دراسة الخصائص الفيزيائية والميكروبيولوجية، وأظهرت تحسيناً في مقاومة الأكسدة ونشاطاً مضاداً للبكتيريا والفطريات بالنسبة للعنب، ما يؤكد فعاليتها في إطالة فترة حفظ الثمار.

الدراسات السابقة والتطبيقات الغذائية لمستخلصات الشيح في التغليف النشط:

يوضح الجدول التالي أبرز الدراسات السابقة التي تناولت استخدام مستخلصات نبات الشيح كمكون طبيعي مضاد للميكروبات والأكسدة ضمن نظم التغليف الغذائي النشط، مع بيان نوع الغذاء، آلية التأثير، التركيز المطبق، وظروف التخزين.

المنتج الغذائي	نوع الشيح المستخدم	الجرعة/التركيز المطبق	طريقة التطبيق وظروف التخزين	الآلية الحيوية الرئيسة	المرجع
صدور دجاج طازجة	زيت عطري من Artemisia fragans مدموج في طلاء كيتوزان	500,1000,1500ppm 1% في محلول كيتوزان	طلاء سطحي، تخزين عند 4°C حتى 12يوم	مضاد أكسدة (خفض TBARS) ومضاد ميكروبات (انخفاض TVC)	(Yaghoubi *et* al., 2021)
طماطم كرزية	زيت Artemisia annua محمّل في نانوليبوزومات	$\approx 5 mg.mL^{-1}$ داخل النانوليبوزوم	فيلم صالح للأكل على	تعطيل غشاء الخلايا الميكروبية	(Cui *et* al., 2017)

	داخل أغشية كيتوزان/آغار		الثمار، تخزين تبريدي	وزيادة استقرار الزيت	
مانجو (بعد الحصاد)	زيت Artemisia داخل فيلم تغليف (SPI–Gelatin)	1–2% v/v زيت عطري مدموج بالفيلم	تغليف بالفيلم النشط، تخزين بعد الحصاد	تثبيط الفطريات وتأخير الأكسدة	(Meng *et* al., 2023)
فلفل طازج	زيت Artemisia scoparia	$0.5–2.0 mg.mL^{-1}$ (MIC/MBC محددة مخبرياً)	رش/معاملة بعد الحصاد، تخزين بيئي مبرد	إعاقة نمو الفطر والبكتيريا بتعطيل الجدار الخلوي	(Ling *et* al., 2021)
شرائح سردين (معبأة بالتفريغ)	مستخلص إيثانولي من Artemisia campestris	1%w/v مستخلص على السطح قبل التغليف	معاملة سطحية+تغليف فراغي، تخزين عند 1±3°C	تقليل الأكسدة (TBARS) والنمو الميكروبي	(Houicher *et* al., 2013)
عنب مائدة	زيت Artemisia nilagirica (تبخير)	$200–300 \mu L.Kg^{-1}$ (تبخير داخل العبوة)	تبخير داخل العبوات المحكمة	تثبيط الفطريات وتقليل إنتاج الميكوتوكسينات (AFB1,OTA)	(Sonker *et* al., 2015)

ثالثاً:النعناع البري (*Mentha spp.*) و مكوناته الفعالة و تطبيقاته في التغليف الفعال :

الاسم العلمي والشائع والعائلة النباتية:

الاسم الشائع: النعناع البري.

الاسم العلمي: *Mentha spp.*

العائلة النباتية: الشفوية (Lamiaceae)

ينتمي النعناع البري إلى جنس *Mentha* ضمن الفصيلة الشفوية (Lamiaceae)، وهي من أهم الفصائل التي تضم العديد من النباتات العطرية والطبية ذات القيمة الاقتصادية والغذائية العالية.

الانتشار الجغرافي:

ينتشر (*Mentha spp.*) في المناطق المعتدلة من نصف الكرة الشمالي، حيث يمتد توزيعه الطبيعي من أوروبا وصولاً إلى غرب آسيا، بما في ذلك مناطق الشرق الأوسط. أشارت الدراسات الحديثة إلى وجود مجموعات متفرقة من هذا النبات في سوريا ولبنان، مما يدل على توفره الطبيعي في البيئات الرطبة وشبه الرطبة داخل هذه المناطق. كما أظهرت أبحاث حول الاستخدامات الطبية في سوريا أن النعناع البري يستخدم تقليدياً، مما يعزز من أهميته المحلية وانتشاره في المناطق الجبلية ذات المناخ المعتدل (Khatib *et* al., 2021b).

التركيب الكيميائي الأساسي:

أظهرت الدراسات الحديثة المتعلقة بالتركيب الكيميائي لنبات النعناع البري أنَّ زيته العطري يحتوي على مزيج غني من المركبات الفعّالة بيولوجياً، والتي تساهم بشكل كبير في خصائصه الحافظة. وفقاً لتحليل (GC – MS)المنشور مؤخراً (Abdel-Hameed *et* al., 2024)، حيث بلغت نسبة الزيت الطيار 99.86 %من إجمالي المستخلص، ومن المركبات الأساسية التي يحتويها هذا الزيت :

Pulegone، Piperitone، β-Caryophyllene، Trans-p-menthan-3-one، 1,8-Cineole

تُظهر هذه المركبات نشاطاً واضحاً مضاداً للميكروبات والأكسدة، ما يجعل مستخلصات النعناع البري مرشحاً واعداً كبديل طبيعي للمواد الحافظة الاصطناعية في الصناعات الغذائية.

النشاط المضاد للميكروبات:

يظهر نبات النعناع البري نشاطاً واضحاً مضاداً للميكروبات، وذلك بفضل محتواه الغني بالمركبات الفعالة مثل الفلافونويدات، التربينات، والقلويدات. في دراسة لتقييم تأثير المستخلص الميتانولي لأوراق النعناع البري (Patel *et* al., 2021) ضد مجموعة من الكائنات الدقيقة بما في ذلك البكتيريا موجبة الغرام وسالبة الغرام إضافة لبعض الفطريات، أظهرت المستخلصات فعالية ملحوظة في تثبيط نمو البكتيريا والفطريات حيث أعلى فعالية كانت ضد *Pseudomonas aeruginosa*، وَ *Aspergillus clavatus*، حيث تراوحت قيم التركيز المثبط الأدنى (MIC) بين (100 – 25 µg/mL) مما يشير إلى قوته المضادة للبكتيريا، بينما أظهرت دراسة أخرى (Li *et* al., 2023) أن زيت النعناع البري يملك قيم (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) أقل (أي أكثر فعالية بتراكيز أقل) حيث تراوحت بين (1.5 mg/mL – 0.394) وذلك بسبب اختلاف التركيب الكيميائي والمواد الفعالة في كل منهما، وبيّنت أن الآلية الرئيسية لفعاليته تتمثل في إحداث تغييرات بنيوية في الغشاء الخلوي للبكتيريا، مما يؤدي إلى زيادة نفاذيته وتسرب مكونات الخلية الحيوية مثل البروتينات والأيونات، وبالتالي تعطيل العمليات الخلوية الأساسية وموت الخلايا البكتيرية.

طرق الاستخلاص:

تشكل طرق استخلاص الزيوت العطرية من نبات النعناع البري محوراً أساسياً في دراسة خواصه الكيميائية والوظيفية، حيث يعدّ التقطير بالبخار من أكثر الطرق التقليدية شيوعاً. إلّا أن هذه الطريقة تتطلب وقتاً طويلاً وتعرِّض المركبات الفعالة لدرجات حرارة مرتفعة قد تؤثر على جودتها. وفي دراسة حديثة (Shoukair *et* al., 2024) طُبقت تقنية المعالجة المسبقة بالموجات فوق الصوتية قبل التقطير، ما أدى إلى تحسين كفاءة الاستخلاص. فقد ساهمت الموجات فوق الصوتية

في تفكيك الجدران الخلوية للنسيج النباتي، مما سمح بتحرير المركبات الطيَّارة بشكل أسرع وأكثر فعّالية. وبيّنت النتائج أن استخدام هذه التقنية قلل زمن الاستخلاص إلى أقل من ساعة مقارنة بأكثر من أربع ساعات عند استخدام التقطير التقليدي، مع الحفاظ على عائد مرتفع وجودة زيت محسّنة.

السلامة والسمية:

بناءً على أحدث الدراسات المنشورة حول سلامة وسمية نبات النعناع البري. تبيّن أن هذا النبات يعد آمناً نسبياً عند استخدامه ضمن الجرعات المدروسة. فقد أظهرت دراسة أن المستخلص المائي لأوراق النعناع البري لا يُظهر سمية حادة أو تحت الحادة عند إعطائه لفئران التجارب بجرعات تصل إلى 4g/Kg عن طريق الفم، حيث لم تسجل أي وفيات أو علامات سريرية للتسمم، كما لم تُلاحظ تغيرات ذات دلالة إحصائية في المؤشرات الدموية أو الكيميائية الحيوية، مما يشير إلى مستوى مرتفع من الأمان البيولوجي (Tourabi *et* al., 2024). ومع ذلك، فإن بعض المكونات الفعّالة في الزيت مثل *pulgone* وَ *menthone*، قد ترتبط بتأثيرات سمية كبدية عند استخدامها بتركيزات مرتفعة، كما ورد في مراجعات علمية سابقة. وعليه، يوصى بالاستخدام الحذر للزيوت العطرية المركزة وتحديد الجرعات الآمنة عند تطبيقه في المنتجات الغذائية.

القابلية للتطبيق في تغليف الأغذية:

استخدم نبات النعناع البري بنجاح في تطوير أنظمة تغليف غذائي صالحة للأكل، وذلك لما يحتويه من مركبات عطرية فعّالة ذات خصائص مضادة للميكروبات. ففي دراسة حديثة (Shahdadi *et* al., 2023) تم دمج الزيت العطري للنعناع البري والمركب الفعال *pulegone* في طبقات تغليف صالحة للأكل مصنوعة من الألغينات والكيتوزان، وطُبّقت هذه الطلاءات على

مكعبات من الجبن الطري. أظهرت النتائج انخفاضاً معنوياً في نمو البكتيريا الممرضة مثل *Staphylococcus aureus*، *Listeria monocytogenes*، وَ *Esherichia coli* مقارنةً بالعينات غير المعالجة. كما أشارت التقييمات الحسية إلى أن التركيزات المستخدمة لم تؤثر سلباً على صفات الطعم والرائحة مما يدعم تطبيق هذه المركبات الطبيعية ضمن أنظمة تغليف الأغذية.

الدراسات السابقة والتطبيقات الغذائية لمستخلصات النعناع البري في التغليف النشط:

يوضح الجدول التالي أبرز الدراسات السابقة التي تناولت استخدام مستخلصات النعناع البري كمكون طبيعي مضاد للميكروبات والأكسدة ضمن نظم التغليف الغذائي النشط مع بيان الجرعة المستحدمة وطريقة التطبيق وآلية التأثير.

المنتج الغذائي	الجرعة/التركيزالمس تخدم	طريقة التطبيق	التأثيرات الرئيسة المبلغ عنها	الآلية الحيوية المقترحة	المرجع
شرائح سمك (Bighead carp)	0.5% وَ 1.0% (v/v) ضمن محلول الألغينات	طلاء ألدينات غمر/تغطية شرائح ثم حفظ مبرد	خفض الأكسدة الدهنية، منع نمو الميكروبات، إطالة العمر الحسي	مركبات متطايرة تمنع نمو بكتيري وتعمل كمضادات أكسدة، الطلاء يعمل كحاجز للأكسجين والرطوبة	(Heydari *et* al., 2015)
فراولة طازجة	1.0% (v/v) زيت عطري في طلاء جيلاتين، درست تراكيز أخرى	طلاء جيلاتين بالغمر/تغطية الثمار	تثبيط النمو الفطري/البكتيري، تأخير فقد الماء وفقدان القساوة	نشاط مضاد للفطريات والبكتيريا + حاجز فيزيائي يقلل تبادل غازات ورطوبة	(Aitboulahsen *et* al., 2018)
شرائح دجاج طازجةChicken fillet)	2% MEO + جيلاتين 4%	طلاء جيلاتين يحتوي على	خفض النمو الميكروبي، تقليل مؤشرات	نشاط مضاد للميكروبات والأكسدة بالإضافة إلى تأثير الحاجز للطلاء،	(Farhadvand *et*

	(w/w) أو (v/v) كما ورد في الدراسة	زيت النعناع + حفظ بتغليف غازي معدل MAP	الأكسدة، تحسين التقبل الحسي تحت MAP	MAP يقلل الأكسجين وبالتالي يتكامل مع تأثير EO	al., 2024)
خبز (معبأ)	1– 4% w/w في فيلم التغليف، درست تراكيز فعّالة عملياً 1 – 4%, 1 – 6%	تغليف نشط للخبز باستخدام فيلم بيوبلاستيك محشوّ ب PEO/أو تعبئة مع خطوة فيومايج بخليط بخاري من PEO	إطالة صلاحية الخبز (تأخير نمو العفن)، خفض الحمولة الميكروبية، تحسين الاستقرار الأكسدي	تحرير متحكّم للزيت العطري ←تأثير مضاد للفطريات/الميكروبات ومضاد للأكسدة، الطور البخاري يعمل كمثبط عفن سطحي	(Khoda nazary, 2025)

رابعاً:الآليات الحيوية والتطبيقات في حفظ الأغذية

تشير الآليات الحيوية في حفظ الأغذية إلى مجموعة من الخصائص الوظيفية للمركبات الطبيعية التي تسهم بفاعلية في إبطاء أو منع التفاعلات المسؤولة عن فساد الأغذية وتدهور جودتها. وتتمثل أبرز هذه الآليات في ثلاث خصائص رئيسية: أولاً، الخاصية المضادة للأكسدة، والتي تعمل على كبح تفاعلات الأكسدة، لاسيما تلك المرتبطة بفساد الدهون وفقدان القيمة الحسية والتغذوية. ثانياً، الخاصية المضادة للميكروبات، حيث تؤدي بعض المركبات الحيوية دوراً مثبطاً لنمو الكائنات الدقيقة الممرضة أو المسببة للتلف، مما يسهم في تعزيز سلامة المنتج الغذائي. ثالثاً، تثبيط الأنزيمات المؤكسدة، كإنزيم البولي فينول أوكسيداز، المسؤول عن التفاعلات البُنيّة

غير المرغوبة في الفواكه والخضروات (Dembińska et al., 2025). إن توظيف هذه الآليات يعد توجّهاً واعداً في تقنيات حفظ الأغذية، لما توفره من بدائل طبيعية وآمنة تقلل من الاعتماد على المواد الحافظة الكيميائية، وتتماشى مع متطلبات الاستهلاك المعاصر نحو المنتجات النظيفة وعالية الجودة.

خامساً:إمكانية التكامل مع أنظمة التغليف النشط والذكي

في سياق الدمج مع أنظمة التغليف النشط والذكي، يمكن اختصار الإطار العام بأنَّ التغليف النشط يهدف إلى التفاعل مع محتوى المنتج أو محيطه لإطالة صلاحية الغذاء أو تحسين جودته، بينما يضيف التغليف الذكي وظائف استشعارية ومعلوماتية (مثل مؤشرات التلف أو مقيّسات الغاز) إلى العبوة التقليدية، ما يتيح مراقبة حالة المنتج في الزمن الحقيقي وإدارة سلاسل التبريد بذكاء (Jacinto-Valderrama *et* al., 2023). نظراً لخصائصها المضادة للأكسدة والمضادة للميكروبات، تمثل المكونات المشتقة من النباتات مثل مستخلص القريص، والشيح، والنعناع البري مرشحات واعدة كمكوّنات نشطة داخل أغلفة الطعام سواء كمادة مثبطة لنمو الميكروبات أو كمواد استشعارية تتغير خصائصها مع فساد المنتج (Aguiar Campolina *et* al., 2023; Shahdadi *et* al., 2023)

من الناحية التطبيقية، تم دمج هذه المستخلصات داخل مصفوفات بوليميرية قابلة للتحلل (مثلاً بوليميرات طبيعية كالجيلاتين أوبوليميرات حيوية مثل PLA) عبر تقنيات الغزل، الطلاء السطحي، أوالحقن المجهري، بحيث توفر إطلاقاً مترشِّحاً ومحكوماً للمركبات الفعالة لتقليل معدل التدهور الميكروبي وتأخير التأكسد (Li *et* al., 2024; Westlake *et* al., 2022). علاوةً على ذلك، أظهرت دراسات حديثة أن تحويل المستخلصات النباتية إلى نظم نانوية (نانوإميولشن، نانوكبسولات، أو تذرية مع حاملات قطاعية) لا يحسن فقط استقرار المركبات الفعالة ويسمح بتحكم أفضل في

آليات الإطلاق، بل يعزز أيضاً النشاط المضاد للميكروبات خاصة ضد سلالات مقاومة، كما سجّل ذلك العمل المتعلق بتطويع تقنيات النانو لمستخلصات القريص والشيح (Rahmani *et* al., 2024).وتشير الأدلة المحلية أيضاً إلى أن الزيوت العطرية تمتلك قدرة تطبيقية واعدة؛ فقد أثبت الوزير وآخرون أن زيت النعناع قادر على خفض الحمل الميكروبي في اللبن، مما يؤكد إمكانية دمج هذه الزيوت ضمن أنظمة تغليف نشط ذات فعالية ميكروبية مثبتة (AL-Fihan *et* al., 2010).

أخيراً، تفتح هذه المقاربات آفاقاً لتطبيقات مستقبلية تدمج خواص الاستشعار الذكي مع القدرات النشطة: على سبيل المثال، أغلفة بوليميرية مركبة تحوي جزيئات نانوية حاملة لمستخلص نباتي ومركبات مؤشر تتغير لونياً أو كيميائياً عند ارتفاع الحمل الميكروبي أو حدوث أكسدة، مما يجعل التغليف ليس فقط للقراءة بصرياً أو إلكترونياً. إنَّ الجمع بين قابلية التحلل البيئي للمصفوفة البوليميرية، النشاط الحيوي للمستخلصات النباتية، وتقنيات النانو يقدم حلاً متكاملاً متوافقاً مع متطلبات الأسواق الحديثة واللوائح البيئية، ويستدعي مزيداً من دراسات التوافق الحسي، سمية الهياكل النانوية المتكاملة، وديناميكيات الإفراج ضمن ظروف تخزين حقيقية قبل التطبيقات الصناعية الواسعة.

سادساً:تصميم مقترح لنظام تغليف نشط وذكي قابل للتطبيق محلياً

نقترح نظام تغليف شبه مرن (flexible sachet) بحجم صغير (حوالي 15×30mm، سماكة 0.3–0.5mm) يوضع داخل عبوات الأغذية، لتوفير حماية نشطة من التدهور الميكروبي والفطري والتأكسدي باستخدام مستخلصات القريص (*Urtica dioica*)، الشيح (*Artemesia spp.*)، والنعناع البري (*Mentha spp.*).

تختلف هذه الفكرة عن معظم الأنظمة التقليدية التي تُدرج المركبات الفعالة مباشرةً في طبقة التغليف نفسها أو كطلاءات على السطح، إذ يعتمد النظام المقترح على وحدة مستقلة يمكن إدراجها داخل العبوة، مما يسهل التحكم في الجرعة، وتغييرها حسب نوع المنتج الغذائي، وتقليل التأثيرات الحسية غير المرغوبة على المنتج النهائي.

1-هيكل الشريحة ودمج المستخلصات:

- الطبقة الأساسية للشريحة: مصنوعة من ورق طعام غذائي أو بوليميرات بسيطة مسامية متوفرة محلياً، تسمح بمرور المتطايرات دون تسرب السوائل أو الزيوت.
- مستخلص القريص: مدمج في كبسولات بسيطة تحتوي على حبيبات كروية من الكيتوزان أو الألجينات توفر إطلاقاً مستمراً كمضاد أكسدة ومضاد للميكروبات.
- زيت الشيح: مدمج في ألياف أو شبكة بوليميرية قابلة للترطيب (gelatin أو نشاء معدل)، لتوفير تأثير مضاد للفطريات تدريجياً.
- زيت النعناع: محفوظ في micro-reservoirs مبسطة (مثل أكياس صغيرة داخل الشريحة أو كبسولات ذائبة بالحرارة أو الرطوبة)، بحيث تُطلق دفعة إضافية عند بداية تدهور الغذاء، استجابةً لزيادة الرطوبة أو انبعاث أمينات التفسخ.

2-مبدأ العمل الذكي

- إطلاق متواصل: القريص والشيح يوفران حماية أساسية طوال فترة التخزين.
- إطلاق متجاوب: عند ارتفاع مؤشرات فساد معينة (pH، أمينات، أو رطوبة عالية)، تتحلل الطبقة المغلّفة للنعناع لتطلق دفعة مركزة من الزيت العطري.

- مراقبة بسيطة:يمكن دمج مؤشر بصري (colorimetric strip) للكشف عن بداية الفساد، قابل للقراءة بالعين، لتوفير تنبيه للمستهلك أو المصنع دون الحاجة لأجهزة إلكترونية معقدة.

3-النماذج الرياضية للتحليل (قابلة للتطبيق)

- إطلاق المركبات: يمكن تبسيطه عبر نموذج Higuchi للانتشار من المصفوفة المسامية حيث تم تطبيق هذا النموذج في دراسات تغليف غذائي نشط في دراسة على أفلام biocomposite مبنية على نشاء نخيل وكيتوزان محملة بمركبات نشطة مثل الكركمين أو الأنثوسيانين حيث أظهرت بيانات إطلاق الكركمين امتثالها لنموذج Higuchi مع معامل ارتباط عالٍ (Rachmina *et* al., 2024):

$$M_t = A.C_0\sqrt{\frac{2Dt}{\pi}}$$

حيث M_t كمية المركب المفرج عنها، A مساحة الشريحة، C_0 تركيز أولي، D معامل الانتشار داخل المصفوفة

- الانتشار في الفراغ الرأسي للعبوة:

$$\frac{\mathrm{dC_v}}{\mathrm{dt}} = \frac{J(t)A}{\mathrm{V}} - \mathrm{K_{loss}C_v} - \mathrm{K_{ads}}C_{\mathrm{v}}$$

حيث C_{v} تركيز المركب في الهواء حول الطعام، $J(t)$ معدل التدفق من الشريحة، V حجم العبوة.

- تأثير المركبات على الميكروبات:

$$\frac{\mathrm{dN}}{\mathrm{dt}} = \mu_{\max} N(1 - \frac{N}{N_{max}}) - k_{inh} \frac{C_s}{K_d + C_s}$$

حيث C_s التركيز عند سطح الغذاء، k_{inh}, K_d ثابتان تثبيط الميكروبات

4-خطوات تصنيع وتطبيق محلية قابلة للتنفيذ:

1.تحضير الشريحة: استخدام ورق غذائي أو بوليمير بسيط قابل للترطيب، ويتم تقطيعها إلى الشرائح المقترحة.

2.دمج المستخلصات:

- القريص:كبسولات بسيطة بال alginate/chitosan.
- الشيح: طبقة ناعمة من نشا معدّل أو هلام جيلاتيني يحتوي على الزيت
- النعناع: micro-reservoirs مصنوعة من بوليمير قابل للذوبان بالرطوبة/الحرارة

3.تجميع الشريحة: وضع المستخلصات داخل طبقة الغلاف، ختمها حرارياً أو بالضغط لتجنب التسرب.

4.اختبار release في headspace نموذجية: قياس الرطوبة وال VOC (يمكن أجهزة بسيطة أو colorimetric strips) للتحقق من الإطلاق المستمر والمتجاوب.

5.تطبيق على منتجات غذائية: شريحة واحدة أو أكثر داخل عبوة، متابعة الصفات الحسية، TVB-N/TBARS، وعدد الجراثيم على مدى فترة التخزين.

سابعاً:توصيات وآفاق بحثية مستقبلية

1-إنشاء قواعد بيانات رقمية شاملة للمستخلصات النباتية المحلية من حيث التركيب، الفعالية، وسلوكها ضمن مصفوفات غذائية مختلفة، مما يسهم في تطوير حلول مصممة حسب الغذاء والبيئة التخزينية.

2-دمج الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في تصميم وتقييم نظم التغليف النشط، يهدف التنبؤ بكفاءة النظام في تثبيط نمو الميكروبات وتحسين صلاحية الغذاء.

3-تطوير نظم تغليف نشط حيوية قابلة للتحلل بالكامل ومدمجة بمستخلصات طبيعية، بهدف الوصول إلى تكنولوجيا تغليف مستدامة بيئياً متوافقة مع مبادئ الاقتصاد الدائري.

ختاماً، تعد هذه الآفاق البحثية خارطة طريق لتسريع الانتقال من الدراسات المخبرية إلى تطبيقات صناعية آمنة وفعّالة ومستدامة، مما يعزز دور المستخلصات النباتية كبدائل طبيعية للمضافات الكيميائية في قطاع صناعة الأغذية.

المراجع:

1-Abdel-Hameed, U. K., Abualghaith, A. S., Aly, S. H., Soliman, M. M., Munshi, L. A., Mohammed, S. A., and Abdelghffar, E. A. (2024). GC/MS analysis and protective effects of Mentha longifolia L. essential oil against Antituberculosis drug-induced organs toxicity in Wistar albino rats. *Plants*, *13*(22), 3231.

2- Aguiar Campolina, G., das Graças Cardoso, M., Rodrigues-Silva-Caetano, A., Lee Nelson, D., and Mendes Ramos, E. (2023). Essential oil and plant extracts as preservatives and natural antioxidants applied to meat and meat products: a review. *Food Technology and Biotechnology*, *61*(2), 212-225.

3-Ahmadi, M., Razavilar, V., Motallebi, A. A., Esmailzadeh Kenari, R., and Khanipour, A. A. (2014). Effects of hydroalcoholic and water extracts of nettle leaf (Urtica dioica L.) on chemical properties of superchilled minced meat of common kilka (Clupeonella cultriventris caspia). *Journal of food quality and hazards control*, *1*(3), 85-88.

4-Aitboulahsen, M., Zantar, S., Laglaoui, A., Chairi, H., Arakrak, A., Bakkali, M., and Hassani Zerrouk, M. (2018). Gelatin-based edible coating combined with Mentha pulegium essential oil as bioactive packaging for strawberries. *Journal of food quality*, *2018*(1), 8408915.

5-Aksu, M. I., Alinezhad, H., and Erdemir, E. (2015). Effect of lyophilized water extract of Urtica dioica L. on the shelf life of vacuum-packaged beef steaks. *Journal of Food Processing and Preservation*, *39*(6), 3059-3066.

6-AL-Fihan, I., Massri, M., and Al-Wazeer, D. (2010). Effect of peppermint oil on the count of microorganisms and starter bacteria of yoghurt. Al-Baath University Journal, 23(34), 291-304.

7-. Al-Sowayan, N. S., Al-Harbi, F., and Alrobaish, S. A. (2024). Artemisia: A Comprehensive Review of Phytochemistry, Medicinal Properties, and Biological Activities. *Journal of Biosciences and Medicines*, *12*(11), 524-537.

8-Chen, W., Liu, H., Chai, Y., Guo, C., Luo, C., Chen, D., and Huang, C. (2023). Chitosan–pullulan films enriched with Artemisia annua essential oil: Characterization and application in grape preservation. *International Journal of Biological Macromolecules*, *243*, 125216.

9-Cui, H., Yuan, L., Li, W., and Lin, L. (2017). Edible film incorporated with chitosan and Artemisia annua oil nanoliposomes for inactivation of Escherichia coli O157: H7 on cherry tomato. *International Journal of Food Science and Technology*, *52*(3), 687-698.

10- Dembińska, K., Shinde, A. H., Pejchalová, M., Richert, A., and Swiontek Brzezinska, M. (2025). The Application of Natural Phenolic Substances as Antimicrobial Agents in Agriculture and Food Industry. *Foods*, *14*(11), 1893.

11-Đurović, S., Kojić, I., Radić, D., Smyatskaya, Y. A., Bazarnova, J. G., Filip, S., & Tosti, T. (2024). Chemical constituents of stinging nettle (Urtica dioica L.): A comprehensive review on phenolic and polyphenolic compounds and their bioactivity. *International Journal of Molecular Sciences*, *25*(6), 3430.

12-Erbay, E. A., Dağtekin, B. B. G., Türe, M., Yeşilsu, A. F., and Torres-Giner, S. (2017). Quality improvement of rainbow trout fillets by whey protein isolate coatings containing electrospun poly (ε-caprolactone) nanofibers with Urtica dioica L. extract during storage. *Lwt*, *78*, 340-351.

13-Faisal, S., Tariq, M. H., Ullah, R., Zafar, S., Rizwan, M., Bibi, N. and Abdullah. (2023). Exploring the antibacterial, antidiabetic, and anticancer potential of Mentha arvensis extract through in-silico and in-vitro analysis. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, *23*(1), 267.

14-Farhadvand, Z., Fazlara, A., Ghaderi Ghahfarokhi, M., Pourmahdibrojeni, M., and Kiani Ghaleh Sard, S. (2024). The effects of gelatin and Mentha spicata essential oil coating on the shelf-life of chicken fillet using modified atmosphere packaging. *Food Processing and Preservation Journal*, *16*(4), 43-62.

15-Flórez, M., Cazón, P., and Vázquez, M. (2023a). Characterization of active films of chitosan containing nettle Urtica dioica L. extract: spectral and water properties, microstructure, and antioxidant activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, *253*, 127318.

16-Flórez, M., Vázquez, M., and Cazón, P. (2023b). Enhancing the quality of Havarti cheese: Chitosan films with nettle Urtica dioica L. extract as slice separators to retard lipid oxidation. *LWT*, *189*, 115504.

17-Hassan, S. (2023). Effect of bioactive compounds of sting nettle (Urtica Diocia L.) leaves on shelf life of the salty biscuits. *Food Technology Research Journal*, *2*(3), 73-85.

18-Heydari, R., Bavandi, S., and Javadian, S. R. (2015). Effect of sodium alginate coating enriched with horsemint (M entha longifolia) essential oil on the quality of bighead carp fillets during storage at 4 C. *Food science & nutrition*, *3*(3), 188-194.

19-Houicher, A., Kuley, E., Bendeddouche, B., and Özogul, F. (2013). Effect of Mentha spicata L. and Artemisia campestris extracts on the shelf life and quality of vacuum-packed refrigerated sardine (Sardina pilchardus) fillets. *Journal of food protection*, *76*(10), 1719-1725.

20-Hussain, A. (2025). Extraction methods, structural diversity and potential biological activities of Artemisia L. polysaccharides (APs): A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 142802.

21-Jacinto-Valderrama, R. A., Andrade, C. T., Pateiro, M., Lorenzo, J. M., and Conte-Junior, C. A. (2023). Recent trends in active packaging using nanotechnology to inhibit oxidation and microbiological growth in muscle foods. *Foods*, *12*(19), 3662.

22- Khatib, C., Nattouf, A., and Hasan Agha, M. I. (2021a). Traditional medicines and their common uses in central region of Syria: Hama and Homs–an ethnomedicinal survey. *Pharmaceutical Biology*, *59*(1), 776-786.

23- Khatib, C., Nattouf, A., and Agha, M. I. H. (2021b). Ethnobotanical survey of medicinal herbs in the Western region in Syria (Latakia and Tartus).

24- Khodanazary, A. (2025). Effects of Carboxymethyl Chitosan/Pectin Coating Containing Free and Nanoliposome Mentha piperita Essential Oil on the Shelf Life of Shrimp During Ice Storage. *Food Science & Nutrition*, *13*(4), e70184.

25- Li, J., Sun, H., and Weng, Y. (2024). Natural Extracts and Their Applications in Polymer-Based Active Packaging: A Review. *Polymers*, *16*(5), 625.

26- Li, S., Cheng, F., Cao, X., Mahinur, B., and Maiwulanjiang, M. (2023). Evaluation of antimicrobial activity and mechanism of Mentha longifolia L. essential oil. *Journal of Food Safety*, *43*(5), e13058.

27-Ling, L., Feng, S., Tu, Y., Yang, C., Jiang, K., Ma, W., and Chen, X. (2021). Preservation activity of Artemisia essential oils and a monomer in treating pepper bacterium and fungus diseases. *Journal of Food Processing and Preservation*, *45*(6), e15501.

28-Liu, Z., Li, X., Jin, Y., Nan, T., Zhao, Y., Huang, L., and Yuan, Y. (2023). New evidence for Artemisia absinthium as an alternative to classical antibiotics: Chemical analysis of phenolic compounds, screening for antimicrobial activity. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(15), 12044.

29-Meng, X., Lv, Z., Jiang, T., Tan, Y., Sun, S., and Feng, J. (2023). Preparation and characterization of a novel Artemisia oil packaging film and its application in mango preservation. *Foods*, *12*(15), 2969.

30- Meryem, B., Meriem, M., Sarah, B., and Ali, R. (2020). Antioxidant and antimicrobial activities, and HPLC-PDA-ESI-MS profile of phenolic extract of Urtica dioica L. *South Asian Journal of Experimental Biology*, *10*(6).

31- Moalla, S., Ammar, I., Fauconnier, M. L., Danthine, S., Blecker, C., Besbes, S., and Attia, H. (2021). Development and characterization of chitosan films carrying Artemisia campestris antioxidants for potential use as active food packaging materials. *International Journal of Biological Macromolecules*, *183*, 254-266.

32- Mohammadian, M., Biregani, Z. M., Hassanloofard, Z., and Salami, M. (2024). Nettle (Urtica dioica L.) as a functional bioactive food ingredient: Applications in food products and edible films, characterization, and encapsulation systems. *Trends in Food Science & Technology*, 104421.

33-Opačić, N., Radman, S., Dujmović, M., Fabek Uher, S., Benko, B., Toth, N., and Šic Žlabur, J. (2024). Boosting nutritional quality of Urtica dioica L. to resist climate change. *Frontiers in plant science*, *15*, 1331327.

34- Parente, R., Paiva-Santos, A. C., Cabral, C., and Costa, G. (2024). Comprehensive review of Urtica dioica L.(Urticaceae)

phytochemistry and anti-inflammatory properties. *Phytochemistry Reviews*, 1- 38.

35-Patel, D., Upadhye, V., Upadhyay, T. K., Rami, E., and Panchal, R. (2021). Phytochemical Screening and Antimicrobial Activity of Mentha Arvensis L.[Pudina]: A Medicinal Plant. *Canadian Journal of Medicine*, *2*, 67-76.

36- Periyasamy, T., Asrafali, S. P., and Lee, J. (2025). Recent advances in functional biopolymer films with antimicrobial and antioxidant properties for enhanced food packaging. *Polymers*, *17*(9), 1257.

37-Rachmina, R., Hasan, M., Hasanah, U., and Halim, A. (2024). Sugar palm starch/chitosan bionanocomposite films incorporated with anthocyanin and curcumin–thermal properties and release kinetics. *Journal of Ecological Engineering*, *25*(2).

38- Rahmani, Z., Karimi, M., Saffari, I., Mirzaei, H., Nejati, M., and Sharafati Chaleshtori, R. (2024). Nanoemulsion and nanoencapsulation of a hydroethanolic extract of Nettle (Urtica dioica) and Wormwood (Artemisia absinthium): comparison of antibacterial and anticancer activity. *Frontiers in Chemistry*, *12*, 1266573.

39- Sharifi-Rad, J., Herrera-Bravo, J., Semwal, P., Painuli, S., Badoni, H., Ezzat, S. M. and Cho, W. C. (2022). Artemisia spp.: an update on its chemical composition, pharmacological and toxicological profiles. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2022*(1), 5628601.

40- Shahdadi, F., Faryabi, M., Khan, H., Sardoei, A. S., Fazeli-Nasab, B., Goh, B. H., and Tan, C. S. (2023). Mentha longifolia essential oil and pulegone in edible coatings of alginate and chitosan: effects on pathogenic bacteria in lactic cheese. *Molecules*, *28*(11), 4554.

41- Shoukair, A. S., Morsi, M. K., Morsy, N. F., and Hammad, K. S. (2024). Enhanced extraction of wild mint (Mentha longifolia L.) leaf essential oil by ultrasound pre-treatment prior to hydrodistillation. *Egyptian Journal of Chemistry*, *67*(5), 127-139.

42-Sonker, N., Pandey, A. K., and Singh, P. (2015). Efficiency of Artemisia nilagirica (Clarke) Pamp. essential oil as a mycotoxicant against postharvest mycobiota of table grapes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *95*(9), 1932-1939.

43- Taheri, Y., Quispe, C., Herrera-Bravo, J., Sharifi-Rad, J., Ezzat, S. M., Merghany, R. M. and Cho, W. C. (2022). Urtica dioica-derived phytochemicals for pharmacological and therapeutic applications.

Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, *2022*(1), 4024331.

44- Tourabi, M., Ghouizi, A. E., Nouioura, G., Faiz, K., Elfatemi, H., El-Yagoubi, K., and Derwich, E. (2024). Phenolic profile, acute and subacute oral toxicity of the aqueous extract from Moroccan Mentha longifolia L. aerial part in Swiss Albino mice model. *Journal of Ethnopharmacology*, *319*, 117293.

45- Villanueva-Bermejo, D., Hernández, D. M., Hernández, E. J., Santoyo, S., and Fornari, T. (2025). Assessment of green extraction techniques in the utilization of Oak tree (Quercus robur) and Mugwort (Artemisia vulgaris) biomass for the production of bioactive extracts. *Separations*, *12*(1), 17.

46- Weigend, M. (2006). Urtica dioica subsp. cypria, with a re-evaluation of the U. dioica group (Urticaceae) in western Asia. *Willdenowia*, *36*(2), 811-822.

47- Westlake, J. R., Tran, M. W., Jiang, Y., Zhang, X., Burrows, A. D., and Xie, M. (2022). Biodegradable active packaging with controlled release: principles, progress, and prospects. *ACS Food Science & Technology*, *2*(8), 1166-1183.

48-Yaghoubi, M., Ayaseh, A., Alirezalu, K., Nemati, Z., Pateiro, M., and Lorenzo, J. M. (2021). Effect of chitosan coating incorporated with Artemisia fragrans essential oil on fresh chicken meat during refrigerated storage. *Polymers*, *13*(5), 716.