



# كُتَيْب فني الحفظ الحيوي للأغذية



ازدهارُ البلدان كرامةُ الإنسان





ازدهارُ البلدان كرامةُ الإنسان



الأمم المتحدة

الاسكوا  
ESCWA

## رؤيتنا

طاقاتٌ وابتكار، ومنطقتنا استقرارٌ وعدلٌ وازدهار

## رسالتنا

بشَقفٍ وعزمٍ وعَمَلٍ: نبتكر، ننتج المعرفة، نقدّم المشورة،  
نبني التوافق، نواكب المنطقة العربية على مسار خطة عام 2030.  
يداً بيد، نبني غداً مشرقاً لكلِّ إنسان.

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

# كُتَيْب فني الحفظ الحيوي للأغذية



الأمم المتحدة  
بيروت

©2021 الأمم المتحدة  
حقوق الطبع محفوظة

تقتضي إعادة طبع أو تصوير مقتطفات من هذه المطبوعة الإشارة الكاملة إلى المصدر.

توجه جميع الطلبات المتعلقة بالحقوق والأذون إلى اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، البريد الإلكتروني: [publications-escwa@un.org](mailto:publications-escwa@un.org).

النتائج والتفسيرات والاستنتاجات الواردة في هذه المطبوعة هي للمؤلفين، ولا تمثل بالضرورة الأمم المتحدة أو موظفيها أو الدول الأعضاء فيها، ولا ترتب أي مسؤولية عليها.

ليس في التسميات المستخدمة في هذه المطبوعة، ولا في طريقة عرض مادتها، ما يتضمن التعبير عن أي رأي كان من جانب الأمم المتحدة بشأن المركز القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة أو لسلطات أي منها، أو بشأن تعيين حدودها أو تخومها.

الهدف من الروابط الإلكترونية الواردة في هذه المطبوعة تسهيل وصول القارئ إلى المعلومات وهي صحيحة في وقت استخدامها. ولا تتحمل الأمم المتحدة أي مسؤولية عن دقة هذه المعلومات مع مرور الوقت أو عن مضمون أي من المواقع الإلكترونية الخارجية المشار إليها.

جرى تدقيق المراجع حيثما أمكن.

لا يعني ذكر أسماء شركات أو منتجات تجارية أن الأمم المتحدة تدعمها.

المقصود بالدولار دولار الولايات المتحدة الأمريكية ما لم يُذكر غير ذلك.

تتألف رموز وثائق الأمم المتحدة من حروف وأرقام باللغة الإنكليزية، والمقصود بذكر أي من هذه الرموز الإشارة إلى وثيقة من وثائق الأمم المتحدة.

مطبوعات للأمم المتحدة تصدر عن الإسكوا، بيت الأمم المتحدة، ساحة رياض الصلح،

صندوق بريد: 11-8575، بيروت، لبنان.

الموقع الإلكتروني: [www.unescwa.org](http://www.unescwa.org).

## فريق الإعداد

الفريق الذي أعدَّ الكُتَيْبَ الفني مؤلف من:

ريم النجداوي

لارا جدع

ساره دانيال

الفريق الذي قام بتنقيح الكُتَيْبَ وقدم مساهمات أخرى:

فريق الإسكوا: كريم حسن ولينا فليفل

فريق تصميم الأشكال: سما عبد الشاكور وفاطمة عبد العزيز

الترجمة والتصميم العام: فريق من قسم إدارة المؤتمرات في الإسكوا

## مقدمة

يواجه قطاع الزراعة والأغذية في المنطقة العربية تحديات بارزة تتعلق بندرة الموارد الطبيعية، والوصول إلى المدخلات الزراعية، والوصول إلى الأسواق، والتغيرات المناخية المتزايدة. وتعتبر التكنولوجيات الزراعية الخضراء من الحلول التي تساهم في التخفيف من هذه التحديات وتعزيز قدرات المزارعين على الصمود ولكن لا يزال اعتماد التكنولوجيات الخضراء غير منتشر على صعيد المنطقة العربية بسبب محدودية المعلومات والوصول إلى آليات التمويل الملائمة.

لهذا الغرض، طوّرت الإسكوا الكتيب الفني هذا حول الحفظ الحيوي للأغذية باعتباره تكنولوجيا تهدف إلى إطالة صلاحية المنتجات الغذائية والقضاء على مسببات الأمراض فيها باستخدام مواد حافظة طبيعية مما يساهم في التقليل من فقد وهدر الطعام ويعزز الأمن الغذائي.

يندرج إصدار هذا الكتيب تحت إطار مشروع حساب التنمية التابع للإسكوا بعنوان "تعزيز مرونة واستدامة القطاع الزراعي في المنطقة العربية" والذي يهدف إلى تعزيز القدرات الوطنية على معالجة مرونة القطاع الزراعي واستدامته في المنطقة مع استهداف ثلاثة بلدان عربية وهي الأردن ولبنان وفلسطين.

وبالإضافة إلى الكتيب الفني هذا، أعدت الإسكوا مواد تدريبية حول موضوع الحفظ الحيوي للأغذية، تم تقديمها خلال ورش عمل تدريبية وطنية نُفذت في البلدان الثلاثة المستهدفة.

# المحتويات

فريق الإعداد	ص. 3
مقدمة	ص. 4
ملخص تنفيذي	ص. 6
وصف التكنولوجيا	ص. 7
بكتيريا حمض اللبنيك (Lactic Acid Bacteria - LAB) ومشتقاتها الأيضية والتخميرية	ص. 7
المركبات المضادة للفطريات	ص. 10
مضادات الميكروبات من مصادر حيوانية	ص. 11
العائيات	ص. 12
مضادات الميكروبات المشتقة من النباتات	ص. 13
اعتبارات التصميم	ص. 17
مزايا التكنولوجيا وتحديات تطبيقها	ص. 18
المزايا	ص. 18
تحديات التطبيق	ص. 19
المراجع	ص. 20

## ملخص تنفيذي

يهدف الحفظ الحيوي، أو ما يعرف أيضاً بالحفظ البيولوجي، إلى إطالة مدة صلاحية المنتجات الغذائية ببدون إضافة المواد الكيميائية إليها. ويشمل الحفظ الحيوي استخدام المواد الحافظة الطبيعية والكائنات الحية الدقيقة ومنتجاتها لحفظ الغذاء. وينتج عن ذلك تقليل الأثر السلبي على الخصائص الحسية والغذائية للمنتجات الغذائية.

تعمل أساليب الحفظ الحيوي إما على تقليل نمو الميكروبات ومسببات الأمراض الضارة أو منعها، والحفاظ على تدابير سلامة الأغذية، وفي بعض الحالات، إضافة قيمة غذائية إلى المنتج. كما يعتبر الحفظ الحيوي فئة هامة من عملية التصنيع الغذائي تمدد صلاحية المنتجات القابلة للتلف، وبالتالي تحد من فقد الأغذية.



# وصف التكنولوجيا

يحظى الحفظ الحيوي للأغذية بمزيد من الاهتمام مع تزايد الطلب عليه وتفضيل المستهلكين للمنتجات "المعترف بها عموماً على أنها آمنة" (GRAS). ويتألف من معالجة الطعام بالمواد الحافظة المنتجة بشكل طبيعي (Sehrawat and others, 2019) أو تلقيحه بالميكروبات غير المسببة للأمراض ومنتجاتها الأيضية لحفظ الأغذية التي لا تعتبر مخمرة بشكل عام (Montville and Chikindas 2007 from Quinto and others, 2019). وتمنع هذه المواد الحافظة الحيوية، عندما تضاف إلى الغذاء، نمو الكائنات الحية الدقيقة غير المرغوب فيها وتسمح بحفظ الغذاء لفترة أطول من الزمن. في ما يلي، أمثلة على المواد الحافظة الحيوية الرئيسية المستخدمة على نطاق واسع:

## ألف. بكتيريا حمض اللبنيك (Lactic Acid Bacteria - LAB) ومشتقاتها الأيضية والتخميرية

- **المبيدات الجرثومية (البكتريوسينات)** وهي الببتيدات البكتيرية التي لديها نشاط مضاد للميكروبات ضد السلالات البكتيرية الأخرى التي تكون غالباً ذات قرابة وراثية بالبكتيريا التي تُنتجها. وتهاجم المبيدات الجرثومية البكتيريا عن طريق تعطيل بنية غشاء خليتها مما يؤدي إلى نفاذيتها وتسرب مكوناتها (Sehrawat and others, 2019). ويتم إنتاج المبيدات الجرثومية من خلال العديد من البكتيريا إيجابية الغرام وسلبية الغرام، ومع ذلك، إنّ المبيدات الجرثومية لبكتيريا حمض اللبنيك مهمة بشكل خاص في صناعة الأغذية لأنها يمكن أن تُستخدم كمادة حافظة طبيعية نظراً لخصائصها غير السامة وغير المناعية والمقاومة للحرارة، كما أنّها تعمل على مجموعة واسعة من البكتيريا الملوثة للأغذية، معظمها البكتيريا إيجابية الغرام، مثل *L. S. aureus* و *Bacillus cereus* و *monocytogenes* وبعض البكتيريا سلبية الغرام مثل *Salmonella* (Singh, 2018). ويوجد أساساً ثلاث طرق لإضافة المبيدات الجرثومية إلى الغذاء؛ إما عن طريق التلقيح بسلالة لبكتيريا حمض اللبنيك المنتجة للمبيد الجرثومي أو البكتريوسين والتي يمكن أن تنتج المبيدات الجرثومية في الموقع، وهي الطريقة الأكثر فعالية من حيث التكلفة، أو عن طريق تزويد الغذاء بتركيز معد مسبقاً خارج الموقع للمبيدات الجرثومية النقية أو شبه النقية المستخدمة كمواد
- تتمتع بكتيريا حمض اللبنيك بميزة حفظ الأغذية بطريقة جيدة فهي آمنة ويمكنها بسهولة استبدال المواد الكيميائية المضافة إلى الأغذية. ومن الأنواع التي تُستخدم كمادة حافظة حيوية العصية اللبنية (*lactobacilli*)، والمكورات العقدية (*streptococci*)، والمكورات المعوية (*enterococci*)، والمكورات اللبنية (*lactococci*) وبكتيريا الملينة المشقوقة (*bifidobacterial*) (Ben Said and others, 2019). أما المشتقات الرئيسية لبكتيريا حمض اللبنيك التي تساهم في حفظ الغذاء فهي:
- **ثاني أكسيد الكربون** الذي يخلق بيئة لاهوائية غير مؤاتية للكائنات الحية الدقيقة الهوائية.
- **الأحماض العضوية** (مثل حمض اللبنيك والخليك) التي تحد من درجة الحموضة وتخلق بيئة غير مؤاتية للكائنات الحية الدقيقة غير الحمضية، وبالتالي تحد من نشاط الإنزيمات وتوقف عمل البروتينات والحمض النووي.
- **ثنائي الأسيتيل** وهو مركب عطري متطاير يرتبط عادة بمنتجات الألبان ولديه نشاط مضاد لمختلف البكتيريا المسببة للأمراض مثل الليستريا والسالمونيلا والإشريكية القولونية وغيرها.
- **بيروكسيد الهيدروجين** الذي يهاجم البكتيريا من خلال أكسدة البروتين وزيادة نفاذية الغشاء لديها.

الصلاحية المطلوبة (Delesa, 2017). والنيسين فعال ضد البكتيريا إيجابية الغرام مثل *Staphylococcus aureus* و *Clostridium* (Sehrawat و *Bacillus cereus* و *botulinum* (and others, 2019) ومسببات الأمراض المنقولة عن طريق الغذاء مثل *L.* (Singh, 2018) *monocytogenes* لمنع نمو أبواغ بكتيريا *Clostridium* و *Bacillus*. لا بد عادة من تلقيح الأغذية المعلبة بحد أدنى من تركيز النيسين يتراوح بين 3 وما يفوق 5,000 وحدة دولية/مل (Sehrawat and others, 2019). ويتضمن الجدول 1 الحد الأقصى المسموح به لمستويات النيسين (E 234) في المنتجات الغذائية وفقاً للمعيار العام للمواد المضافة للأغذية في الدستور الغذائي.

- البيديوسين هو مبيد جرثومي آخر شائع الاستخدام في صناعة الأغذية ويتم إنتاجه من خلال بكتيريا *Pediococcus acidilactici*.

وهو يهاجم العديد من الملوثات الغذائية مثل *Pediococcus* و *L.monocytogenes* و *Lactobacillus helveticus* و *pentosaceus* (Sehrawat and others, 2019).

حافطة للأغذية، أو باستخدام منتج تم تخميره سابقاً بسلالة منتجة للمبيدات الجرثومية كعنصر في عملية التصنيع الغذائي (Singh, 2018 and Chen and Hoover, 2003). والمبيدان الجرثوميان المتاحان تجارياً هما النيسين والبيديوسين PA-1 على الرغم من أن المبيدات الجرثومية الأخرى مثل لاکتيسين 3147 و انتيروسين AS-48 أو فارياسين، تتمتع أيضاً بمزايا جيدة في مجال حفظ الغذاء.

إن المبيد الجرثومي المستخدم غالباً في صناعة الأغذية هو النيسين<sup>1</sup>. وهو المبيد الجرثومي الوحيد المتاح تجارياً في شكله النقي (Ayivi, R. D. et al. 2020). وقد وافقت إدارة الغذاء والدواء في الولايات المتحدة (FDA) على استخدامه في الغذاء مثل منتجات الألبان والجبن والأغذية المعلبة (Singh, 2018). وهو غير سام، ويحافظ على استقراره مع تغير الحرارة ولا يتسبب بتغيير نكهات الأغذية (Duhan and others, 2013). ويمكن إضافة النيسين كمحلول أو في شكل مسحوق ويجب أن يُوزع بشكل موحد في المنتج الغذائي. كما يعتمد تركيز النيسين الذي ستتم إضافته على نوع الغذاء وشدة المعالجة الحرارية وظروف التخزين ومدة

## تطبيقات المبيدات الجرثومية

والسلطات المختلطة المعبأة مسبقاً وغيرها. وأدى تلقيح السلطات الطازجة بالمبيدات الجرثومية المنتجة لبكتيريا حمض اللبنيك مثل *Lactococcus* و *Enterococcus faecium* إلى انخفاض كبير في الليستريا، والخميرة، والزائفات (*Pseudomonas*)، والبكتيريا القولونية (Delesa, 2017). تثبط بكتيريا *L. plantarum* نمو بكتيريا *monocytogenes* في شرائح التفاح وخس النعجة وتمنع نمو الإشريكية القولونية O157:H7 في الأناناس الطازج. كما ثبت أن *Leuconostoc mesenteroides* و *Leuconostoc citreum* تمنع البكتيريا المسببة للأمراض في الفواكه والخضار الطازجة (Ben Said and others, 2019).

- أثبتت المبيدات الجرثومية لبكتيريا حمض اللبنيك فعاليتها في حفظ مجموعة واسعة من المنتجات الغذائية من اللحوم (لحوم البقر والخنزير الطازجة والدجاج المعبأ بإفراغ الهواء ولحم البقر المعبأ بإفراغ الهواء والنقانق الجافة...) ومنتجات الألبان (الحليب والجبن المبسترين) والفواكه والخضار والمأكولات البحرية (سمك السلمون والتروثة والجمبري المملح والمحار المدخن البارد والمعبأ بإفراغ الهواء) والخبز ومنتجات الأفران (Ben Said, and others, 2019 and Chen and Hoover, 2003). بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تكون المبيدات الجرثومية لبكتيريا حمض اللبنيك فعالة بشكل خاص في حفظ الخضار المجهزة بالحد الأدنى

1 إنتاج بكتيريا *Lactococcus lactis*.

**الجدول 1. الحد الأقصى المسموح به لمستويات النيسين في المنتجات الغذائية وفقاً للمعيار العام للمواد المضافة للأغذية في الدستور الغذائي (FAO and WHO, 2019)**

الحد الأقصى المسموح به لمستوى النيسين (ملغ/كغ)	فئة الأغذية وفقاً لمعايير الغذاء الدولية في الدستور الغذائي
12.5	مشروبات الحليب السائل المنكهة
10	القشدة المتخثرة (عادية)
12.5	الجبن غير الناضج
12.5	الجبن الناضج
12.5	الجبن المطبوخ
12.5	نظائر الجبن
12.5	جبن بروتين محل اللبن
12.5	الحلويات القائمة على الألبان (مثل البودنغ أو الزبادي مع الفواكه أو الزبادي المنكه)
3	الحلويات القائمة على الحبوب والنشا (مثل بودنغ الأرز وبودنغ التابيوكا)
6.25	المخبوزات والخلطات الراقية (الحلوة والمالحة أو الحارة)
25	منتجات اللحوم والدجاج والأسماك والطيور المجهّزة بواسطة الحرارة كاملة أو بالقطع
25	منتجات اللحوم والدجاج والأسماك والطيور المفرومة والمجهّزة بواسطة الحرارة
7	أغلفة صالحة للأكل (مثل أغلفة النقانق)
6.25	منتجات البيض السائل
5	الحساء والمرق الجاهز للأكل، بما في ذلك المعلّب والمعبأ في زجاجات والمجمد

## تطبيقات النيسين

- يُسمح باستخدام النيسين كمادة حافظة للأغذية في أكثر من 50 بلداً. ويمكن حفظ العديد من الأغذية السائلة والصلبة عبر إضافته. كما يمكن استخدامه لتخزين المواد المعلبة أو المعبأة، والباردة أو على حرارة الغرفة. والنيسين فعال لمجموعة واسعة من المنتجات ذات مستويات حموضة مختلفة (الرقم الهيدروجيني بين 3.5 و8). غير أنه غالباً ما يستخدم في الأغذية الحمضية. وتشمل تطبيقات النيسين في الحفظ الحيوي للأغذية البيض السائل، والحليب المبستر، والجبن المعتق والمصنع (بهدف منع التلوث بالمطثيات)، والخضار والحساء المعلب (بهدف منع نمو أبواغ العصويات والمطثيات)، والنيذ والبيرة لمنع بكتيريا
- حمض اللبنيك فيها مثل العصية اللبنية. (Delesa, 2013 and Duhan and others, 2017). وعند استخدام النيسين في البيرة، يمكن أن يقتل ما يصل إلى 90 في المائة من البكتيريا إيجابية الغرام دون التأثير على نشاط التخمر بخميرة السكريات (Sehrawat and others, 2019 and Müller, 2015). (Auffermann and others, 2015).
- يمكن أن يعطي النيسين نتائج أفضل عند استخدامه بالاشتراك مع التُّهَج الحافظة الأخرى مثل تسخين المنتج الغذائي أو معالجته بالاقتران مع المكونات العضوية الأخرى مثل أحماض الستريك وبيروكسيد الهيدروجين وغيرها (Delesa, 2017).

## تطبيقات البيديوسين

- إن البيديوسين PA-1 قادر على السيطرة على نمو بكتيريا *Listeria monocytogenes* التي هي سبب الأمراض الخطيرة المنقولة بالأغذية مثل منتجات الألبان واللحوم والخضار (Duhan and others, 2013).

## المبيدات الجرثومية في التغليف الحيوي

- إن التطبيق الآخر للمبيدات الجرثومية في الحفظ الحيوي للأغذية هو في التغليف الحيوي الذي يتم من خلاله دمج المبيدات الجرثومية أو سلالتها المنتجة لها في مواد التغليف الغذائي (Duhan and others, 2013). في هذه الطريقة، يتم إطلاق المبيدات الجرثومية الموجودة في فيلم التغليف تدريجياً في الأغذية مما يمدد فترة حفظها ويتجنب خطر تعطل النشاط الميكروبي الذي قد يواجهه عادة أثناء التلقيح المباشر للغذاء بالمبيدات الجرثومية (Chen and Hoover, 2003). ويمكن دمج المبيدات الجرثومية مباشرة في البوليمرات (على سبيل المثال: دمج النيسين في أفلام البروتين القابلة
- لتحلل المصنوعة من الصويا أو الذرة أو غيرها) أو يمكن استخدامها لتغليف أسطح البوليمر أو امتزازها (على سبيل المثال: طلاء النيسين/ميثيل السليلوز لأفلام البولي إيثيلين، امتزاز النيسين على البولي إيثيلين (Chen and Hoover, 2003)).
- ثبت أن مبيد جرثومي جديد يسمى سونورينسين فعال عند استخدامه في طلاء فيلم البولي إيثيلين منخفض الكثافة (LDPE) للسيطرة على نمو البكتيريا التي تُفسد الأغذية مثل *Listeria monocytogenes* و *Staphylococcus aureus* عن طريق زيادة نفاذية غشائها (Singh, 2018).

## باء. المركبات المضادة للفطريات

- مثل الناتاميسين (التي تنتجها بكتيريا *Streptomyces natalensis*) التي لديها نشاط مضاد للفطريات يزيد من نفاذية غشاء الفطريات عند إضافتها إلى الأغذية والمشروبات (Singh, 2018).

**الجدول 2.** الحد الأقصى المسموح به لمستويات الناتاميسين في المنتجات الغذائية وفقاً للمعيار العام للمواد المضافة للأغذية في الدستور الغذائي (FAO and WHO, 2019)

الحد الأقصى المسموح به لمستوى الناتاميسين (ملغ/كغ)	فئة الأغذية وفقاً لمعايير الغذاء الدولية في الدستور الغذائي
40	الجبن غير الناضج
40	الجبن الناضج
40	الجبن المطبوخ
40	نظائر الجبن
40	جبن بروتين مصّل اللبن
6	منتجات اللحوم والدجاج والأسماك والطيور المعالجة (بما فيها المملحة) والمجففة والمجهّزة دون استعمال الحرارة الكاملة أو بالقطع
20	منتجات اللحوم والدجاج والأسماك والطيور المفرومة المعالجة (بما فيها المملحة) والمجففة والمجهّزة دون استعمال الحرارة

به لمستويات الناتاميسين (E235) في المنتجات الغذائية وفقاً للمعيار العام للمواد المضافة للأغذية في الدستور الغذائي.

وتجدر الإشارة إلى أن الناتاميسين غير فعال ضد البكتيريا والفيروسات (Quinto and others, 2019). ويتضمن الجدول 2 الحد الأقصى المسموح

## جيم. مضادات الميكروبات من مصادر حيوانية:

(Karaca, 2018). ويتضمن الجدول 3 الحد الأقصى المسموح به لمستويات الليزوزيم (E 1105) في المنتجات الغذائية وفقاً للمعيار العام للمواد المضافة للأغذية في الدستور الغذائي.

- **الكيوتوزان** هو بوليمر حيوي موجود بشكل طبيعي في الهياكل الخارجية للقشريات والمفصليات. ديه نشاط مضاد للبكتيريا ويعمل ضد مجموعة واسعة من الفطريات والخمائر والبكتيريا إيجابية وسلبية الغرام (*Staphylococcus aureus* و *Bacillus cereus* و *Listeria monocytogenes* و *Salmonella* و *Shigella dysenteriae* و *E. coli*)

- **الليزوزيم** هو إنزيم طبيعي موجود في بياض البيض والحليب ذو نشاط مضاد للغشاء الحيوي (Quinto and others, 2019 and Oluk and Karaca, 2018)؛ ومعترف به عموماً على أنه آمن (GRAS) بحيث يمكن إضافته مباشرة إلى الغذاء. بشكل عام، الليزوزيم فعال ضد بعض البكتيريا إيجابية الغرام، ولكن ليس البكتيريا سلبية الغرام (Singh, 2018). وقد استُخدم الليزوزيم للسيطرة على فساد اللحوم ومنع تخمّر الجبن بحمض البوتيريك. كما تم اختباره في مواد صالحة للأكل مختلفة بما في ذلك الجيلاتين وبروتين الصويا وبروتين مصّل اللبن والكيوتوزان وغيرها (Oluk and

(2019). بالإضافة إلى ذلك، يتم استخدام أفلام التغليف القائمة على الكيتوزان في الفاكهة (الحمضيات والعنب والطماطم) وعصائر الفاكهة (البرتقال وما إلى ذلك) والبيض ومنتجات الألبان (الحليب) والحبوب ومنتجات اللحوم (لحم البقر ولحم الخنزير والدواجن...) ومنتجات المأكولات البحرية. وثبت أن مزج الكيتوزان مع الزيوت الأساسية (*Eucalyptus globulus*) يزيد النشاط المضاد للبكتيريا في فيلم التغليف (Oluk and Karaca, 2018).

(*typhimurium*). ومن المعترف به أنه من المواد الآمنة المضافة للأغذية ويُستخدم كمادة حيوية في تغليف الأغذية والغلاف الصالح للأكل (Oluk and Karaca, 2018 and Singh, 2018) (تتوفر معلومات إضافية عن الغلاف الصالح للأكل في الإطار 1). وتم الإبلاغ عن فعالية أنشطة الكيتوزان المضادة للميكروبات في المايونيز ضد الكائنات الحية الدقيقة التي تُفسد الأغذية (*Lactobacillus fructivorans*) و (*Zygosaccharomyces bailii*) خاصة عندما يتم دمجه مع حمض الخليك (Quinto and others,).

## دال. العاثيات

الذجاج و *E. coli* المسببة للأمراض لدى المجترات. كما أنها فعالة جداً عندما تقتنر مع كائنات التخمر في إنتاج منتجات الألبان، وبالتالي الحد من تكاثر البكتيريا مثل *Staphylococcus aureus* و *Salmonella* و *Listeria monocytogenes* وغيرها في تصنيع الجبن والحليب (Singh, 2018). والليزتكس هي إحدى تركيبات العاثيات المتاحة في الأسواق التي حظيت بموافقة إدارة الغذاء والدواء في الولايات المتحدة (FDA) وتُستخدم لعلاج الحيوانات الحية قبل ذبحها للحد من بروز *Salmonella* و *E. coli* في اللحوم الجاهزة للأكل. وفي الاتحاد الأوروبي، قامت الهيئة الأوروبية لسلامة الأغذية بتقييم استخدام العاثيات في الأغذية من أصل حيواني، وتمت تحديداً دراسة

العاثيات هي فيروسات تصيب البكتيريا على وجه التحديد وتتكاثر فيها وعادة ما تكون غير ضارة للبشر والحيوانات والنباتات (Singh, 2018). ويبين الشكل 1 التطبيقات الحالية للعاثيات التي تشمل الوقاية من الأمراض البشرية والحيوانية والنباتية وسلامة الأغذية والحفظ الحيوي للأغذية. إن استعمال العاثيات في صناعة الأغذية له العديد من المزايا نظراً لفعاليتها في مهاجمة البكتيريا الملوثة للأغذية وخصوصية عملها، فهي متاحة ويمكن الحصول عليها بسهولة ولا تؤثر على الخصائص الحسية للفواكه والخضار الطازجة (Jideani and others, 2017). ويمكن أن تهاجم العاثيات مجموعة متنوعة من البكتيريا الموجودة في الغذاء مثل *Salmonella* و *Campylobacter* في

### الجدول 3. الحد الأقصى المسموح به لمستويات الليزوزيم في المنتجات الغذائية وفقاً للمعيار العام للمواد المضافة للأغذية في الدستور الغذائي (FAO and WHO, 2019)

الحد الأقصى المسموح به لمستوى الليزوزيم (ملغ/كغ)	فئة الأغذية وفقاً لمعايير الغذاء الدولية في الدستور الغذائي
GMP <sup>أ</sup>	الجبن الناضج
500	العصائر الكحولية المصنوعة من التفاح والإجاص
500	نيبذ العنب

أ مجموعة ممارسات التصنيع السليمة (GMP) التي تشمل ما يلي: يجب أن تقتصر كمية المادة التي تُضاف إلى الأغذية على أدنى مستوى ممكن لتحقيق أثرها المنشود؛ القيام قدر المستطاع بتقليل كمية المادة المضافة التي تصبح عنصراً من مكونات الأغذية نتيجة استخدامها في تصنيع أو تغليف الأغذية والتي لا يُقصد بها تحقيق أي أثر فيزيائي أو تقني آخر في الأغذية نفسها؛ تكون المادة المضافة ذات نوعية مناسبة ويتم إعدادها ومناولتها بنفس الطريقة كأي عنصر غذائي (مسرد مصطلحات الدستور الغذائي) (<http://www.fao.org/gsaonline/reference/glossary.html>).

## الشكل 1. تطبيقات العاثيات وبروتيناتها



المصدر: Fernandez and others, 2018.

صلاحية الأغذية المصنّعة. كما أنها مفيدة جداً في الحد من خطر الإصابة بمسببات الأمراض في مزارع الماشية والألبان حيث أنها تتميز بخصائص مطهرة عند استخدامها على المعدات والأسطح الزراعية بالإضافة إلى استخدامها في علاج الماشية للوقاية من الأمراض ومكافحتها (Singh, 2018).

استخدام PhageGuard Listex في الأسماك النيئة؛ وقد أثبتت هذه الدراسات أن العاثيات غير ضارة للمستهلكين (Fernandez and others, 2018).

باختصار، إن العاثيات مناسبة لإزالة التلوث البكتيري من اللحم النيئة والفواكه والخضار وإطالة مدة

## هـ. مضادات الميكروبات المشتقة من النباتات<sup>2</sup>

من القرنفل، وألدهيد القرفة، والكارفاكول وحمض السيناميك من القرفة، وجاسمونات الميثيل من زيت الياسمين الأساسي وغيرها (Linares-Morales and others, 2018). إن الزيوت الأساسية بتركز 0.05-0.1 في المائة فعالة في تثبيط نشاط عدد من الميكروبات المسببة للأمراض في النظم الغذائية مثل *E. coli* و *Salmonella typhimurium* و *S. aureus* و *B. cereus* و *L. monocytogenes*، ونظراً لنشاطها المضاد للميكروبات، (Singh, 2018).

• **الزيوت الأساسية:** يمكن استخدام الزيوت الأساسية في صناعة الأغذية لمنع أكسدة الدهون بالإضافة إلى آثارها المضادة للميكروبات في مواجهة مسببات الأمراض المنقولة بالأغذية. ويتم استخراجها من النباتات بعدة طرق بما في ذلك البخار أو التقطير المائي أو ثنائي أكسيد الكربون فوق الحرج (Patrignani and others, 2015). وتشمل مكونات الزيوت الأساسية ذات النشاط المضاد للميكروبات المثبت الثيمول من الزعتر والأوريغانو، والأوجينول

2 مثل الزهور والبراعم والبذور والأوراق والأغصان واللحاء والأعشاب والفواكه والجذور (Singh, 2018).

بالأغذية مثل *E. coli* و *L. monocytogenes* و *Salmonella* (Quinto and others, 2019).

• **مستخلص الشاي الأخضر:** مصدر غني بمضادات الأكسدة البوليفينول وثبت أن له نشاط مثبط مضاد للميكروبات ضد مسببات الأمراض الرئيسية المنقولة بالأغذية مثل *E. coli* و *L. monocytogenes*. كما تم دمجها في مواد تغليف الأغذية لإطالة مدة صلاحية المنتجات (Oluk and Karaca, 2018).

• **مستخلص بذور العنب:** يحتوي على مركبات الفينول التي لها نشاط مثبط ضد البكتيريا مثل *S. aureus* و *E. coli* من بين أمور أخرى (Oluk and Karaca, 2018).

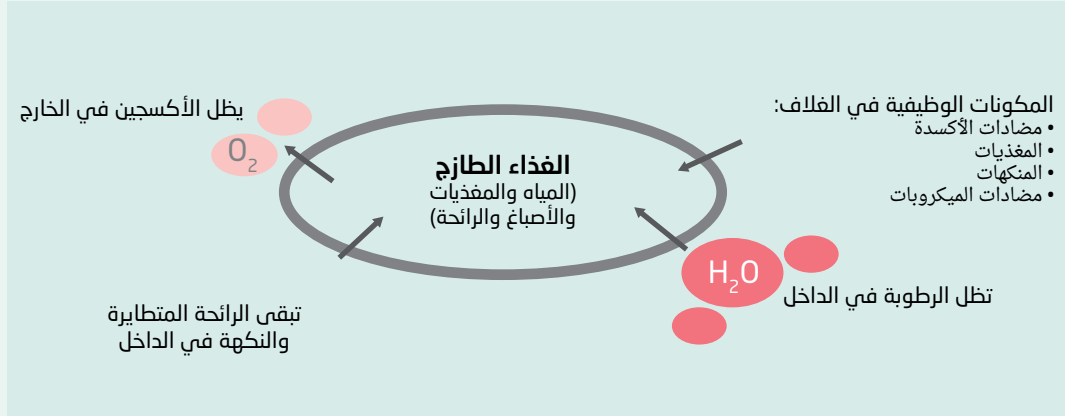
حاز استخدام الزيوت الأساسية في مجال التغليف الغذائي النشاط على الاهتمام أيضاً. وينطوي على طلاء الزيوت الأساسية أو امتزازها على مصفوفة صلبة يمكن أن تطلق تدريجياً مكونات الزيوت الأساسية كعوامل حافظة للأغذية. إن استخدام الزيوت الأساسية محدود ولكن تم استخدامها على نطاق مخبري في المخابز والجبن وإنتاج اللحوم والمأكولات البحرية والفواكه والخضار المصنعة بالحد الأدنى (Patrignani and others, 2015).

وتجدر الإشارة إلى أنه ثبت أن الأفلام الصالحة للأكل التي تحتوي على خلاصات مختلفة أو زيوت أساسية فعالة ضد مسببات الأمراض المنقولة بالأغذية

## الإطار 1. الغلاف الصالح للأكل

الغلاف الصالح للأكل هو تقنية تغليف صديقة للبيئة تعتمد على استخدام المنتجات الطبيعية والقابلة للتحلل الحيوي لإطالة مدة صلاحية المنتجات الغذائية. ويبطئ الغلاف الصالح للأكل عملية تدهور الأغذية الطازجة (الفواكه والخضار واللحوم والأسماك ومنتجات الألبان) ويحافظ على خصائصها الحسية عن طريق التحكم في تبادل الغازات وانتقال الرطوبة وعملية الأكسدة (الشكل 2). بالإضافة إلى ذلك، يمكن استهلاك الغلاف الصالح للأكل مع المنتج المعبأ ويساهم في الحد من استخدام مواد التغليف غير القابلة لإعادة الاستعمال وغير القابلة للتحلل. ويوجد تركيبات مختلفة من الغلاف الصالح للأكل متوفرة تجارياً ويمكن العثور عليها في الأسواق.

## الشكل 2. المنافع الوظيفية للغلاف الصالح للأكل



المصدر: FutureBridge, 2020.

## المكونات

تتكون الغلافات الصالحة للأكل بشكل رئيسي من السكريات والبروتينات والدهون أو مزيج منها (الغلاف المركب):

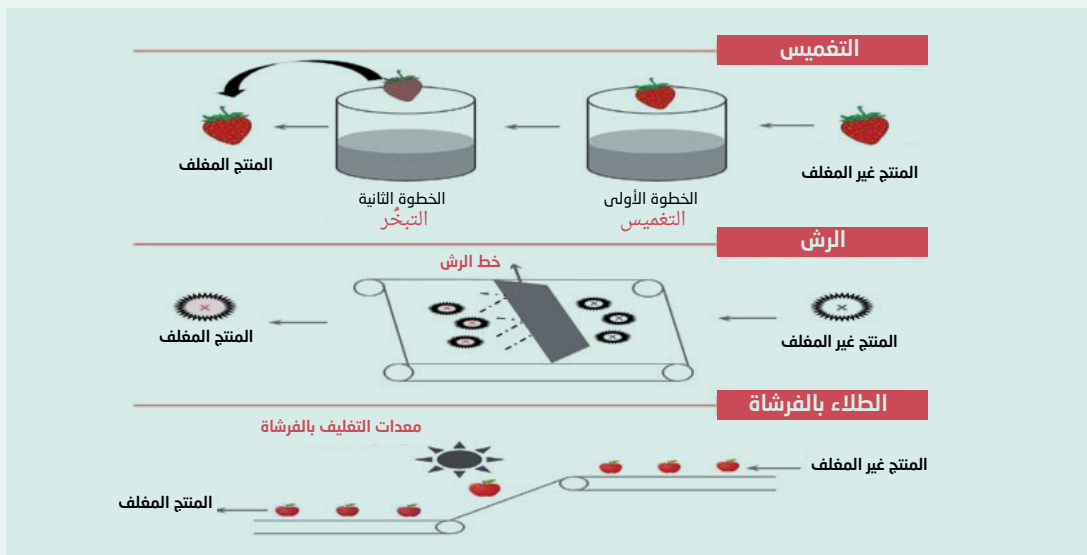


- من الشائع استخدام الغلاف القائم على السكريات (مثل الكيتوزان والسليولوز والصمغ والبكتين والألجينيك والنشا وغيرها) والغلاف القائم على البروتين (مثل الكازين وبروتين مصم اللبن والكولاجين والجيلاتين والكيراتين وغلوتين القمح وبروتين الصويا وغيرها) في تغليف الفواكه والخضار. ولديه خصائص ميكانيكية جيدة ويُنظّم تبادل الغازات بشكل جيد (الأوكسجين وثنائي أكسيد الكربون والإيثيلين)؛ لكنه ضعيف عامة من حيث القدرة على احتجاز الرطوبة.
- كما يُستخدم على نطاق واسع غلاف الدهون القائم على الشمع (مثل شمع النحل وشمع الكارنوبا وشمع البارافين) والزيوت (الزيت المعدني والنباتي) والراتنجات (راتنج خشب الشبلاك). ويشكل حاجزاً جيداً للرطوبة ويحمي من آثار التجمّد. لكنه ضعيف من حيث القدرة على عزل الغازات ويمكن أن يتسبّب بظهور تشققات ونكهات غير مرغوب فيها في المنتجات بسبب سطحه الدهني وتزوّج الدهون.
- يسمح الغلاف المركب بالجمع بين خصائص أغلفة السكريات والبروتينات والدهون المثيرة للاهتمام للحصول على غلاف ذي رطوبة جيدة وخصائص في عزل الغازات وخصائص ميكانيكية جيدة.

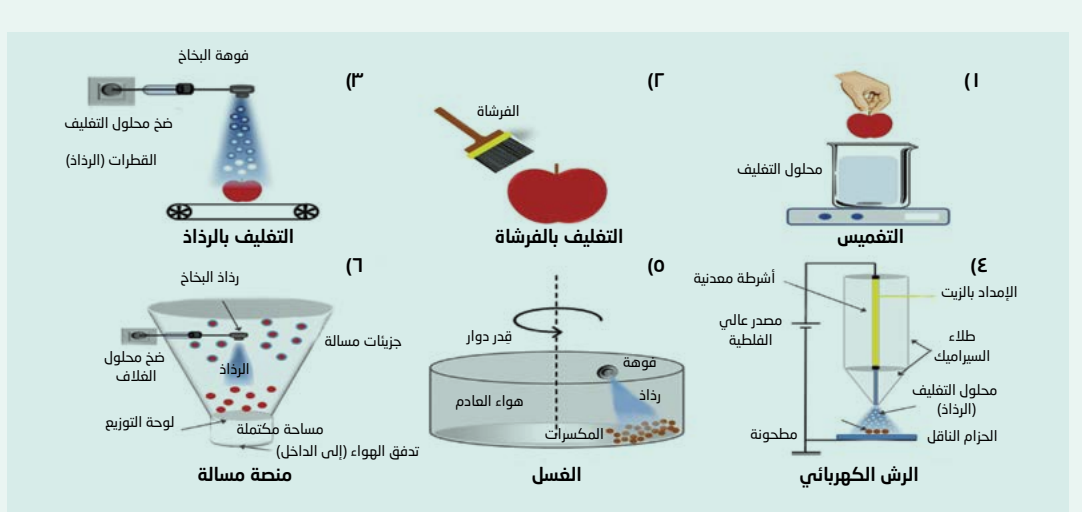
### التطبيقات

يمكن تطبيق الغلاف الصالح للأكل على المنتجات الغذائية من خلال الغمس أو تمرير الفرشاة أو الرش أو الغسل. ويعتمد نوع التطبيق وطريقته على المنتج نفسه وخصائص سطحه والغرض الرئيسي من التغليف. على سبيل المثال، بالنسبة للفواكه، إن الغلاف الأكثر ملاءمة للفواكه التي تصل إلى مرحلة البلوغ (climacteric fruits) (مثل الطماطم والموز والأفوكادو والتفاح) والتي تتميز بارتفاع معدلات التنفس وإنتاج الإيثيلين أثناء النضوج هو الغلاف المركب المكون من مزيج من السكريات والبروتينات وأو الدهون. أما بالنسبة للفواكه التي لا تصل إلى مرحلة البلوغ (non-climacteric fruits) (مثل الحمضيات والأناناس والفراولة والعنب)، فإن الغلاف الملائم عادة هو غلاف قائم على الدهون.

### الشكل 3. طرق تطبيق الغلاف الصالح للأكل



المصدر: FutureBridge, 2020.



المصدر: Monteiro Fritz A.R. et al., 2019.

## خصائص الغلاف الصالح للأكل في نقل المواد الحافظة

من أجل تحسين الخصائص الفيزيائية لفيلم الغلاف (المرونة والليونة والقدرة على التبليل من أجل التفقيس بشكل موحد) ومنع المنتج الغذائي من أن يفسد، يمكن أن يكون الغلاف الصالح للأكل بمثابة ناقل لمجموعة واسعة من المواد المضافة للأغذية مثل: الملدّنات والمستحلبات ومضادات الأكسدة والمنكهات ومضادات الميكروبات. وإن الأحماض العضوية (حمض الستريك، واللبنيك، والخلبيك، والسوريك، وغيرها)، والبوليبيبتيدات (المبيدات الجرثومية مثل النيسين، والبيديوسين، والناتاميسين والإنزيمات مثل الليزوزيم)، والمستخلصات النباتية والزيوت الأساسية (القرفة، والكارفاكرول، والأوريغانو، والإذخر، ومستخلص الشاي الأخضر، ومستخلص بذور العنب وغيرها) والكيروزان من مضادات الميكروبات التي يمكن دمجها في الغلاف الصالح للأكل.

المصدر: Flores-López, and others, 2016 and Sharma and others, 2018.

## اعتبارات التصميم

فيما يتعلق باستخدام المبيدات الجرثومية في النُظُم الغذائية، وتحديدًا النيسين، تؤثر الظروف الفيزيائية والتركيب الكيميائي للأغذية بما في ذلك درجة الحموضة<sup>3</sup> ودرجة الحرارة والمحتوى الغذائي على فعاليتها. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تواجه المبيدات الجرثومية المنتجة لبكتيريا حمض اللبنيك خطر التعطل بواسطة العاثيات أو الكائنات الحية الدقيقة الأخرى الموجودة في الأغذية (Singh, 2018).

تجدر الإشارة أيضاً إلى أن اختيار المواد الحافظة الحيوية الملائمة لكل منتج غذائي واستهداف الكائنات الحية الدقيقة غير المرغوب فيها التي تُفسد الأغذية أمر بالغ الأهمية.

ترد في ما يلي الشروط الرئيسية التي ينبغي أن تستوفىها المواد الحافظة الحيوية والميكروبيوتا ومضادات الميكروبات لكي تكون مؤهلة لاستخدامها في إنتاج الأغذية:

- ينبغي أن تكون من المعترف بها عموماً على أنها آمنة (GRAS) ولا تنتج مادة سامة أو ضارة للبشر.
- تتمتع بنشاط مضاد للميكروبات ضد مسببات الأمراض المنقولة بالأغذية والكائنات الحية الدقيقة التي تُفسد الأغذية.
- يمكن أن تتحمل ظروف التصنيع والنقل والتخزين بما في ذلك درجات الحرارة وتبقى فعالة.
- لا ينبغي أن تتداخل مع الخصائص الحسية والفيزيائية للغذاء.

3 يرتفع تأثير النيسين كمبيد للجراثيم مع انخفاض درجة الحموضة (Singh, 2018).

# مزايا التكنولوجيا وتحديات تطبيقها

يتضمن هذا القسم المزايا وتحديات التطبيق الرئيسية للحفاظ الحيوي للأغذية بشكل عام ولكل نوع من المواد الحافظة الحيوية بشكل خاص:

## ألف. المزايا

- المواد الحافظة الحيوية هي ذات منشأ طبيعي وتعتبر صديقة للبيئة.
- من خلال الحفاظ الحيوي، يُضاف عدد أقل من المواد الحافظة الكيميائية إلى المنتجات الغذائية، وتُستخدم معالجات حرارية أقل شدة لإطالة مدة صلاحيتها مما يؤدي إلى حفظها بشكل طبيعي أكثر مع المحافظة على صفات حسية وتغذوية أفضل.
- تعمل المواد الحافظة الحيوية ضد مجموعة واسعة من البكتيريا المسببة لتلف الأغذية والأمراض والخمائر والعفن.
- تحد من فاقد الغذاء، وبالتالي تحد من الخسائر الاقتصادية والآثار البيئية السلبية.
- تضمن بكتيريا حمض اللبنيك على وجه الخصوص، من خلال إنتاج مركبات مضادة للميكروبات، حفظ المنتجات وتثبيت الكائنات الحية الدقيقة غير المرغوب فيها طوال مراحل توزيع وتخزين المنتجات. تتمتع بالقدرة على مقاومة عدة مضادات وظروف مثل العاثيات، والتحلل البروتيني، وتخمر اللاكتوز والسترات، والتجميد والتجفيف بالتجميد وغيرها (Singh, 2018).
- من المعترف به عموماً أن المبيدات الجرثومية لبكتيريا حمض اللبنيك هي مواد آمنة (GRAS)، وغير سامة ويتعطل عملها بسهولة بواسطة الإنزيمات الهضمية، وتتحمل درجة الحموضة والحرارة، ويمكن التلاعب بها وراثياً بسهولة ويمكنها أن تهاجم مجموعة واسعة من الميكروبات المسببة للأمراض المنقولة بالأغذية والبكتيريا التي تُفسد الأغذية (Oluk and Karaca, 2018).
- بالإضافة إلى الحفاظ الحيوي، تعجّل المبيدات الجرثومية نضوج الجبن وتعزّز صفاته الحسية (Singh, 2018).
- يتم إيلاء اهتمام متزايد للنشاط المثبّط للمستنبتات البكتيرية الواقية ضد الخمائر والعفن إذ إن هذه الأخيرة قد أصبحت مقاومة بشكل متزايد للمواد المضافة الكيميائية مثل حمض السوربيك وحمض البنزويك (Ben Said and others, 2019).
- تتمتع العاثيات بمزايا كونها محددة وآمنة وفعالة ضد البكتيريا المقاومة لأدوية متعددة، ويسهل التلاعب بها وراثياً (Fernandez and others, 2018).
- يتمتع تطبيق الكيتوزان في أفلام التغليف بالعديد من المزايا. بالإضافة إلى النشاط المضاد للبكتيريا، تعمل خصائص الكيتوزان على تحسين الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لأفلام التغليف مما يجعلها أكثر مقاومة لدرجات الحرارة وأقل ذوباناً وأكثر إحكاماً (Oluk and Karaca, 2018).
- يمكن إضافة المواد الحافظة الحيوية إلى المنتج الغذائي من خلال عدة طرق مثل التليح أثناء الإنتاج أو الغمس أو طلاء السطح أو رش المنتجات النهائية.

## باء. تحديات التطبيق

- يعاني الحفاظ الحيوي من نقص البحوث حول تطبيقه على الخضار الطازجة (Linares-Morales and others, 2018).
- يمكن أن تؤدي إضافة مضادات الميكروبات مباشرة إلى الغذاء إلى فقدان بعض من نشاطها إذا تفاعلت مع المصفوفات والمكونات الغذائية مثل الدهون أو البروتينات.
- يمكن أن تثبط المستنبتات المنتجة للمبيدات الجرثومية لبكتيريا حمض اللبنيك نشاط المستنبتات المفيدة الأخرى في المنتجات الغذائية.
- تكون البكتيريا سلبية الغرام بما في ذلك معظم مسببات الأمراض المنقولة بالأغذية مقاومة عادة للمبيدات الجرثومية لبكتيريا حمض اللبنيك ما لم تتم زعزعة استقرار غشائها الخارجي.
- تم الإبلاغ عن تزايد المقاومة للمبيدات الجرثومية.
- على الرغم من زيادة المعرفة حول المبيدات الجرثومية، لا تزال الأسئلة المتعلقة بالمناعة
- والأساس الجزيئي لخصوصية الخلية المستهدفة بحاجة إلى إجابات (Delesa, 2017).
- يواجه استخدام العاثيات في صناعة الأغذية بعض القيود التقنية والقانونية نظراً لحدثة تطبيقها. ولا بد من أن يتم التغلب على الأطر التنظيمية التقييدية لمضادات الميكروبات المعتمدة في معظم البلدان، وينبغي إجراء بحوث إضافية لتحسين استقرارها ومقاومتها للبكتيريا. كما يجب إنتاجها على نطاق واسع مع مراعاة الآثار السلبية المحتملة على البيئة المرتبطة بزيادة الإنتاج (Fernandez and others, 2018).
- من مساوئ الزيوت الأساسية أنها تؤثر جداً على الخصائص الحسية للأغذية، وتختلف تركيباتها تبعاً لطريقة الاستخراج والوضع الجغرافي وحالة زرع النباتات المستخرجة منها، وتتفاعل جداً مع جزيئات المنتج الغذائي وتفتقر إلى المعرفة المتاحة حول طريقة عملها. وتحد كل هذه العوامل من التطبيق العملي للزيوت الأساسية كمضادات للميكروبات (Patrignami and others, 2015).

- Ayivi, Raphael D.; Gyawali, Rabin; Krastanov, Albert; Aljaloud, Sulaiman O.; Worku, Ielrumbet; Tahergorabi, Reza; Silva, Roberta Claro da, and Ibrahim, Salam A. (2020). Lactic Acid Bacteria: Food Safety and Human Health Applications. *Dairy*, Vol 1, No. 3, pp. 202-232. Available from: <https://doi.org/10.3390/dairy1030015>.
- Ben Said, Laila, Gaudreau, Hélène, Dallaire, Laurent, Tessier, Mich  le and Fliss, Ismail (2019). Bioprotective Culture: A New Generation of Food Additives for the Preservation of Food Quality and Safety. *Industrial Biotechnology*, Vol. 15, No 3., pp. 138-147. Available from: <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/ind.2019.29175.lbs>.
- Chen, H. and Hoover, D.G. (2003) Bacteriocins and their Food Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Vol. 2., pp. 82-100. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00016.x>.
- Delesa, Desalegn Amenu (2017). Bacteriocin as an advanced technology in food industry. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. Vol. 4, No. 12, pp. 178-190. Available from: <https://ijarbs.com/pdfcopy/dec2017/ijarbs18.pdf>
- Duhan, Joginder Singh, Nehra, Kiran, Gahlawat, S. K. and Saharan, Pooja (2013). Bacteriocins from Lactic Acid Bacteria. In *Biotechnology: Prospects and Applications*, R.K. Salar, S.K. Gahlawat, P. Siwach and J.S. Duhan, Eds., Springer, New Delhi. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/260694753\\_Bacteriocins\\_from\\_Lactic\\_Acid\\_Bacteria](https://www.researchgate.net/publication/260694753_Bacteriocins_from_Lactic_Acid_Bacteria).
- Food and Agriculture Organization (FAO) and World Health Organization (WHO) (2019). *Codex General Standard for Food Additives (GSFA, Codex STAN 192-1995)*. Available from: [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS\\_192e.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192e.pdf)
- Fernández, Luc  a, Gutiérrez, Diana, Rodríguez, Ana and García, Pilar (2018). Application of Bacteriophages in the Agro-Food Sector: A Long Way Toward Approval. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, Vol. 8, No. 296., pp 1-5. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcimb.2018.00296/full>.
- Flores-López, Maria Liliana; Cerqueira, Miguel A.; Jasso de Rodríguez, Diana and Vicente, Ant  nio (2016). Perspectives on Utilization of Edible Coatings and Nanolaminate Coatings for Extension of Postharvest Storage of Fruits and Vegetables. *Food Engineering Reviews*, Vol. 8, No. 3, pp. 292-305. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/283945611\\_Perspectives\\_on\\_Utilization\\_of\\_Edible\\_Coatings\\_and\\_Nano-laminate\\_Coatings\\_for\\_Extension\\_of\\_Postharvest\\_Storage\\_of\\_Fruits\\_and\\_Vegetables](https://www.researchgate.net/publication/283945611_Perspectives_on_Utilization_of_Edible_Coatings_and_Nano-laminate_Coatings_for_Extension_of_Postharvest_Storage_of_Fruits_and_Vegetables).
- FutureBridge (2020) Edible Coating. Available from: <https://www.futurebridge.com/article/edible-coating/>.
- Jideani, A.I.O., Anyasi, T.A., Mchau, G.R.A., Udoro, E.O and Onipe, O.O. (2017). Processing and Preservation of Fresh-Cut Fruit and Vegetable Products, In *Processing and Preservation of Fresh-Cut Fruit and Vegetable Products, Postharvest Handling*, Ibrahim Kahramanoglu, IntechOpen. Available from: <https://www.intechopen.com/books/postharvest-handling/processing-and-preservation-of-fresh-cut-fruit-and-vegetable-products>.
- Linares-Morales, José R., Gutiérrez-Méndez, N  stor, Rivera-Chavira, Blanca E., Pérez-Vega, Samuel B. and Nev  rez-Moorill  n Guadalupe V. (2018). Biocontrol Processes in Fruits and Fresh Produce, the Use of Lactic Acid Bacteria as a Sustainable Option. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Vol.2 No.50, pp. 1-13. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2018.00050/full>.
- Monteiro Fritz, Alcilene R.; de Matos Fonseca, Jessica; Trevisol, Thalles C.; Fagundes, Cristiane and Valencia, Germ  n A. (2019) Active, Eco-Friendly and Edible Coatings in the Post-Harvest – A Critical Discussion. In: *Polymers for Agri-Food Applications*. Gutiérrez T., eds, Springer, Cham. Available from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-19416-1\\_22](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-19416-1_22).
- M  ller-Auffermann, K., Grijalva, F., Jacob, F., Hutzler, M. (2015). Nisin-producing microorganisms and their implementation in brewers' wort. *Journal of The Institute of Brewing*, Vol. 125, No. 3, pp. 320-331. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jib.232>.
- Oluk, Elile Aylin and Karaca, Oya Berkay (2018). Chapter 18. The current approaches and challenges of biopreservation. In *Food Safety and Preservation, Modern Biological Approaches to Improving Consumer Health*, Alexandru Mihai Grumezescu and Alina Maria Holban, eds., Academic Press. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/324930865\\_The\\_Current\\_Approaches\\_and\\_Challenges\\_of\\_Biopreservation](https://www.researchgate.net/publication/324930865_The_Current_Approaches_and_Challenges_of_Biopreservation).
- Patrignani, Francesca, Siroli, Lorenzo, Serrazanetti, Diana I., Gardini, Fausto, and Lanciotti, Rosalba (2015). Innovative strategies based on the use of essential oils and their components to improve safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables.

Trends in Food Science & Technology (2015), pp. 1-12. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/259259689\\_Use\\_of\\_natural\\_aroma\\_compounds\\_to\\_improve\\_shelf-life\\_and\\_safety\\_of\\_minimally\\_processed\\_fruits](https://www.researchgate.net/publication/259259689_Use_of_natural_aroma_compounds_to_improve_shelf-life_and_safety_of_minimally_processed_fruits).

Quinto, Emiliano J, Caro, Irma; Villalobos-Delgado, Luz H.; Mateo, Javier, De-Mateo-Silleras, Beatriz; and Redondo-Del-Río, María P (2019). Food Safety through Natural Antimicrobials. *Antibiotics* (Basel), Vol. 8 (4), No. 208, pp. 1-30. Available from: <https://doi.org/10.3390/antibiotics8040208>.

Sehrawat, Vaishali, Jhandai, Punit, Jadhav, Vijay and Gupta, Renu (2019). Bio-preservation of Foods: A Review. *European Journal of Nutrition & Food Safety*,

Vol. 11, No. 4, pp. 164-174. Available from: <https://doi.org/10.9734/ejnfs/2019/v11i430159>.

Sharma, Poorva; Shehin, V. P.; Kaur, Navpreet; and Vyas, Pratibha (2018). Application of edible coatings on fresh and minimally processed vegetables: a review. *International Journal of Vegetable Science*. Vol. 25, No. 1, pp. 1-20. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/327333235\\_Application\\_of\\_edible\\_coatings\\_on\\_fresh\\_and\\_minimally\\_processed\\_vegetables\\_a\\_review](https://www.researchgate.net/publication/327333235_Application_of_edible_coatings_on_fresh_and_minimally_processed_vegetables_a_review).

Singh, Veer Pal (2018). Recent approaches in food bio-preservation - a review. *Open Veterinary Journal*. Vol. 8, No. 1, pp. 104-111. Available from: <https://www.ajol.info/index.php/ovj/article/view/168933>.





