

# 有機酸鹽與植物萃取物提升潔淨標章肉製品 保鮮技術之探討—專題論著<sup>(1)</sup>

萬添春<sup>(2)(3)</sup>

收件日期：112 年 8 月 18 日；接受日期：112 年 12 月 27 日

## 摘 要

本專題論著目的為綜述應用重要的天然抑菌劑，以提升潔淨標章肉製品的保鮮技術，這些天然抑菌成分具有使用在潔淨標章肉製品的潛力。畜產品是營養豐富的食品，同時肉製品也提供微生物繁殖的適宜環境。消費者對安全與高品質產品的需求不斷增加，對開發低脂肪、低鹽及減低食品添加物的新型潔淨標章肉製品愈形重要。在產品中減低食鹽與亞硝酸鹽抑制微生物生長的成分含量，可能導致減低潔淨標章肉製品的穩定性與安全性，產生對消費者健康構成了極大的風險。為了避免食源性微生物在潔淨標章產品儲存過程中繁殖，本專題論著整理肉品使用有機酸、有機酸鹽、植物萃取物及植物精油等天然抑菌劑之相關研究，做為提升潔淨標章肉製品保鮮技術之可行性探討。總之，使用天然抑菌劑可以提升潔淨標章肉製品儲存期限，在肉品加工上的使用具有潛力。

關鍵詞：潔淨標章、保鮮技術、肉製品、天然抑菌劑、安全性。

## 緒 言

在人類的飲食進化過程中，畜產品是在飲食中發揮關鍵作用的重要食品之一。食肉與肉製品是人類在不同生命階段的最佳生長發育所不可或缺，因為它們是必需胺基酸、維生素 B 群、鐵、鋅、硒及磷等重要營養成分來源 (Geiker *et al.*, 2021)。食肉是一種極易變質的食品，如果不加以防腐處理，就會在儲存過程中因新陳代謝、微生物活動和外因因素的改變而變質。生物抑菌劑作為一種新型抑菌劑，具有無毒、來源廣泛、在食肉中應用前景良好等特性 (Ren *et al.*, 2021)。

儘管畜產肉製品提供了許多營養學的優點，但由已發表的流行病學結果顯示，食用紅肉加工肉製品與罹患心血管疾病或肥胖症的高風險以及某些類型癌症的風險增加有關 (Wolk, 2017)。近年來，消費者對營養健康食品的需求越來越高，包括肉製品，人們擔心其高脂肪含量，高鹽含量，或在加工肉製品中使用某些添加物 (例如亞硝酸鹽) 可能產生人類健康問題 (Alirezalu *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2021)。為減低健康風險因素，世界衛生組織建議減低食用量，並限制某些加工肉製品的消費 (Flores *et al.*, 2019)。

在食肉與加工肉製品的營養成分中，飽和脂肪是導致心血管疾病的主要成分 (Huang *et al.*, 2021)，這些成分對消費者的健康可許多產生負面影響，進一步導致肉類產品消費量減低。傳統的肉製品，例如絞碎的漢堡肉製品與乳化型法蘭克福香腸含有高量脂肪 (da Silva *et al.*, 2019; Domínguez *et al.*, 2021)。因為健康原因，許多的研究著重於使用重組新的配方與使用具有健康益處的成分代替飽和脂肪，以開發具有健康概念的加工肉製品 (Foggiaro *et al.*, 2022)。然而，減低加工肉製品中的脂肪是一項高技術挑戰，因為脂肪具有重要的感官與技術優勢，例如促進乳化、調節脫水過程、產品品質及產生香氣等功用，因此不容易被其他物質取代 (Badar *et al.*, 2021)。在肉製品配方中使用脂肪替代品的其他原因是可以改善保水性、硬度及風味特性 (de Carvalho *et al.*, 2020)。

因此，潔淨標章肉製品使用蛋白質、碳水化合物或其他成分的多種脂肪替代品 (Cengiz and Gokoglu, 2007)。潔淨標章是一個橫跨所有食品加工類別，它旨在去除或盡量減少產品清單中負面的人工成分，或以天然成分取代 (Roobab *et al.*, 2021)。「潔淨標章」可以透過三種方式解釋：I. 作為重新配方，去除添加劑、香料、防腐劑、穩定

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2777 號。

(2) 農業部畜產試驗所技術服務組。

(3) 通訊作者，E-mail: tcwan@tlri.gov.tw。

劑、增稠劑或低鹽、低脂肪其他成分聲明，以創造更天然的產品，成分更簡單，很少或沒有加工；II. 根據消費者對產品包裝和成分清單的閱讀，了解產品的天然程度；III. 使用天然成分、透過加工天然成分物理衍生但不是透過加工化學衍生的成分，以及基於消費者可以透過零售店自行購買的成分，它需要含有盡可能少的成分，易於識別的名稱，並且不含有可被視為人工香料或合成化學物質 (Asioli *et al.*, 2017)。

食鹽作為食品防腐劑已經使用了數千年。隨著冷藏技術的出現和擴展、物流的改進、更好的包裝以及對影響微生物穩定性因素的更多了解，食鹽仍然是在肉製品（主要是鹹肉製品）中具有許多的感官與技術特性的重要成分，但是食鹽攝取過量會引起許多健康的疑慮 (Vidal *et al.*, 2023)。有關減低食鹽添加量在潔淨標章肉製品的研究，包括食鹽替換品或其他具有特定風味的成分 (Rangel-Vargas *et al.*, 2021)。食鹽是加工肉製品製造過程使用的重要成分，不僅因為它的感官效應或微生物穩定性因素，食鹽還具有加工技術過程增加鹽溶性蛋白質萃取與增加肉品之保水性。因此，減低食鹽添加量對肉品加工業而言有其安全疑慮，亦是對食源性微生物控制的重要挑戰。

硝酸鹽與亞硝酸鹽作為醃漬肉製品色澤穩定物，也是有效抑制肉毒桿菌的生長物質。然而，加工肉製品使用亞硝酸鹽一直存在許多爭議，因為許多研究結果顯示肉製品中的亞硝酸鹽可對人類健康產生負面影響。這是由於亞硝基化合物可形成致癌物，例如 N- 亞硝胺 (Alirezalu *et al.*, 2019)。該亞硝基化合物與多種腫瘤形成有關，因為亞硝基化合物造成細胞結構、蛋白質或 DNA 損傷的風險 (Karwowska *et al.*, 2022)。為了克服這個問題，有關研究使用植物萃取物或植物精油來替代亞硝酸鹽 (Ozaki *et al.*, 2021)。亦有研究人員使用植物萃取物的天然硝酸鹽來替代化學硝酸鹽 (Domínguez *et al.*, 2020; Munekata *et al.*, 2021)。有關這方面的試驗，使用了芹菜、菠菜或甜菜萃取物。植物萃取物的硝酸鹽，使用控制發酵條件使硝酸鹽轉化為亞硝酸鹽，以確保在肉製品加工過程中控制硝酸鹽或亞硝酸鹽含量 (Hwang *et al.*, 2018)。發酵過程存在許多變數，發酵程度、硝酸鹽含量及加工肉製品配方中的抗氧化物，可改變最終產品中硝酸鹽或亞硝酸鹽的轉化效率與殘留量。此外，植物萃取物作為亞硝酸鹽替代品，可減低殘留亞硝酸鹽與 N- 亞硝胺的形成 (Awad *et al.*, 2022)，此方法可作為不含或減低亞硝酸鹽含量的加工肉製品。亦有相關研究使用有機酸或有機酸鹽類替代加工肉製品中的亞硝酸鹽，以限制肉毒桿菌、沙門氏菌及李斯特菌生長的風險 (Tabanelli *et al.*, 2022)。

以非肉成分取代加工肉製品的脂肪、食鹽或亞硝酸鹽，考量的一個重點是加工肉製品微生物安全性。在肉製品乳化物中添加植物油會額外添加水分，可能導致產品微生物污染的風險 (Pintado *et al.*, 2016)；以食鹽替代品抑制微生物生長效果，抑制效果可能視替代品種類與微生物種類而異 (Lorenzo *et al.*, 2015; Teixeira *et al.*, 2021)；亞硝酸鹽是肉製品工業使用重要的抑菌劑，假如減低亞硝酸鹽添加量，也應有其他抑菌劑的互補作用，以抑制食源性微生物（例如肉毒桿菌）的生長。

因此，加工肉製品的微生物種類可因潔淨標章產品而發生顯著變化，多年來肉製品工業一直使用幾種化學合成抑菌劑來延緩產品微生物生長，但是許多消費者擔心合成抑菌劑對人體的副作用 (Alirezalu *et al.*, 2017)。因此，具有抑菌作用的天然物質，因為具有保健功能、友善環境及消費者需求而受到歡迎 (Awad *et al.*, 2022)。

為了克服產品減低食鹽、亞硝酸鹽或脂肪使用量，造成產品穩定性與微生物的安全性問題。許多相關的研究集中在探討抑制微生物生長的天然成分，主要是添加多種天然抑菌劑作為開發更健康的潔淨標章肉製品策略 (Hygreva *et al.*, 2014; Pintado *et al.*, 2021)。針對消費者對健康的強烈需求，鼓勵肉製品加工廠使用更多天然抑菌劑作為傳統化學抑菌劑的替代品 (Sbardelotto *et al.*, 2022; Tan *et al.*, 2023)。本文旨在討論新型態潔淨標章肉製品使用天然抑菌劑，作為化學合成抑菌劑的替代品，以提升潔淨標章產品之保鮮技術。

## I. 肉製品中常見的食源性微生物

本文列出肉製品常見的食源性微生物種類，已有許多研究提出具有抑菌作用的天然抑菌劑，可為潔淨標章肉製品提供抑菌功能，以延長產品的儲存期限。

表 1. 肉製品中常見的食源性微生物

Table 1. Commonly seen foodborne microorganisms in meat products

| Items                      | Microbial species   | References                             |
|----------------------------|---|--|
| Bolognese sausage          | <i>Enterobacteriaceae</i>   | Jiménez-Colmenero <i>et al.</i> , 1997 |
| Chicken and turkey meat    | <i>Pseudomonas</i> spp., <i>Salmonella</i> spp., and <i>Staphylococcus aureus</i> | Li <i>et al.</i> , 2020                |
| Pork                       | <i>Campylobacter</i> spp. and <i>Salmonella</i> spp.                              | Li <i>et al.</i> , 2020                |
| Ready-to-eat meat products | <i>Lactobacillus</i> spp. and <i>L. monocytogenes</i>                             | Li <i>et al.</i> , 2020                |

加工肉製品品質降低、腐敗及食源性微生物生長是造成肉製品經濟損失的主要原因，這些原因也是重要的消費者健康風險因素。除了這些健康因素之外，食源性微生物生長也是肉製品工業的一個主要問題，因為食源性微生物疾病是一個全球性的健康問題 (Coimbra *et al.*, 2022)。相同的，食源性微生物生長是造成食品變敗的主要原因之一，其中 40% 的食品腐敗發生在零售運輸與消費者保存過程 (Bouarab-Chibane *et al.*, 2019)。導致肉質變質的主要細菌屬有假單胞菌種 (*Pseudomonas spp.*)、乳酸桿菌 (*Lactobacillus spp.*) 及腸桿菌 (*Enterobacteriaceae*)。這些食源性微生物生長過程產生有毒成分，如三甲胺 (da Silva *et al.*, 2021) 等。此外，在加工肉製品製造過程的操作步驟，在絞碎、切片及混合等過程，增加了加工肉製品中微生物的交叉污染機會，因為這些加工過程可增加微生物與產品之間的接觸面 (Pérez-Córdoba *et al.*, 2022)。絞肉產品由於原料肉增加較多的接觸面積，極易造成品質下降的結果 (Beya *et al.*, 2021)。

另一個重要原因係許多食源性微生物與食肉接觸，食源性微生物與食肉表面互相結合形成細胞外基質 (生物膜)，因此導致人類感染 (Coimbra *et al.*, 2022)。由於抑菌劑無法直接接觸生物膜與食源性微生物作用，生物膜還為食源性微生物提供了緩衝作用增加抵抗力，進而阻止了抑菌劑的作用 (Carrascosa *et al.*, 2021)。

製造潔淨標章肉製品可能會出現的困難，新配方可能減低一些抑菌重要成分，例如亞硝酸鹽、硝酸鹽或食鹽，此結果可能對產品中微生物生長產生許多不同影響，重組新配方可能有利於食源性微生物的生長，導致不安全的產品 (Fraqueza *et al.*, 2021)。特別要注意革蘭氏陰性菌具有保護性外脂多醣包膜，會造成抑菌劑不易通過發揮作用 (Cordery *et al.*, 2018)。例如，這些存在於革蘭氏陰性菌膜的脂多醣會排斥植物精油，相反的由於其親脂性生物活性分子特性可以很容易地穿透革蘭氏陽性菌膜 (Gram-positive bacterial membrane) (Coimbra *et al.*, 2022)。在肉品加工上革蘭氏陰性菌比革蘭氏陽性菌更不易受天然抑菌劑的抑菌作用 (Bouarab-Chibane *et al.*, 2019)，儘管有幾種天然抑菌劑對革蘭氏陰性菌與陽性菌的生長均表現出強烈的抑制作用。在肉製品中，沙門氏菌 (*Salmonella spp.*) 是雞肉與火雞肉中最常見的食源性微生物。豬肉呈現出更多的沙門氏菌與彎曲桿菌。李斯特菌 (*Listeria monocytogenes*) 是即食性加工肉製品最常見的食源性微生物，李斯特菌在加工過程中存活，導致加工後產品受食源性微生物污染 (Li *et al.*, 2020)，上述食源性微生物污染都是必須考量，加以控制的。

減低脂肪對肉製品微生物生長狀況的影響主要受到加工過程熱處理、包裝、儲存溫度及產品配方組成影響 (Jiménez-Colmenero, 2000)。產品添加 20% 的水分與其他非肉製品成分可能導致微生物生長增加，因為產品的水分活性快速增加。水分含量較高的的博洛尼亞香腸，金黃色葡萄球菌 (*S. aureus*) 及腸桿菌在真空包裝中的微生物數目較高 (Jiménez-Colmenero *et al.*, 1997)。

另一方面，食鹽具有降低水活性與抑制微生物生長的作用。因此，降低潔淨標章肉製品中的食鹽含量，是否還能維持這些產品安全性的一個重要課題。

此外，微生物生長過程可促進產品生物胺的形成，生物胺可能與亞硝酸鹽衍生物反應，並產生亞硝酸胺致癌物質 (Fraqueza *et al.*, 2021)。相同的，加工肉製品的安全性也受到減低亞硝酸鹽等添加物的影響，由於亞硝酸鹽具有很強的抑菌作用 (Karwowska *et al.*, 2022)。亞硝酸鹽可有效抑制微生物的生長，例如肉毒桿菌 (*Clostridium botulinus*)、李斯特菌、金黃色葡萄球菌、沙門氏菌及大腸桿菌 (*E. coli*) (Fraqueza *et al.*, 2021)。此外，李斯特菌對高鹽含量與低 pH 值具有高度耐受性，這對肉品工業是一個嚴重的警訊 (Karwowska *et al.*, 2022)。因此，減低添加亞硝酸鹽可能造成食源性微生物的生長，並引起食源性微生物問題。

由於潔淨標章肉製品的安全性可能會難以控制，這些有爭議添加物的替代品至關重要，因為必須確保銷售的產品絕對安全，不會對人類健康構成任何風險。事實上，食源性微生物感染的受害者包括消費者、肉品加工業、衛生組織及政府機關 (Munekata *et al.*, 2020)。

## II. 天然抑菌劑對肉製品的影響

有機酸與有機酸鹽是天然食品添加物，此外，乳酸菌在碳水化合物代謝過程中產生有機酸。表 2 列出抑制加工肉製品食源性微生物之常用有機酸與有機酸鹽。

有機酸是一個合適的天然食品添加物，可使用作為潔淨標章肉製品中天然抑菌劑。天然有機酸具有明顯的抑菌功能；但是需適量的使用，使用時須考慮對產品顏色與風味品評變化之影響。最常使用的有機酸是乙酸、檸檬酸、乳酸、蘋果酸、琥珀酸及酒石酸。這些有機酸是良好的天然抑菌劑，有機酸與鹽類亦被認為是最有效的抑菌劑之一，這類天然抑菌劑是加工肉製品中常用的抑菌劑 (Ben-Braïek and Smaoui, 2021)，天然抑菌劑具有多種優點，可接受的每日攝入量沒有限制、成本低且易於使用 (Mani-López *et al.*, 2012)。

天然來源的有機酸方便使用與價格低廉，例如，檸檬酸可以很容易地從幾種柑橘汁與酸性水果中萃取，而苯甲酸存在於蔓越莓、覆盆子及多種蔬果 (Ben-Braïek and Smaoui, 2021)。

表 2. 抑制肉製品食源性微生物之常用有機酸鹽

Table 2. Organic acid salts commonly used to inhibit foodborne microorganisms in meat products

| Items          | Microbial species   | References   |
|----------------|---|--|
| Citric acid    | <i>E. coli</i> and <i>L. monocytogenes</i>  | Casco <i>et al.</i> , 2015; Bushell <i>et al.</i> , 2019; Ben-Braïek and Smaoui, 2021                  |
| Lactic acid    | <i>E. coli</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>Salmonella</i> spp., <i>S. aureus</i> , Total plate counts  | Brewer <i>et al.</i> , 1995  |
| Sodium acetate | <i>L. monocytogenes</i> , Mold, Total plate counts, and Yeast   | Barmpalia <i>et al.</i> , 2004; Barmpalia <i>et al.</i> , 2005   |
| Sodium lactate | <i>E. coli</i> , <i>Enterobacteriaceae</i> , <i>Lactobacillus</i> spp., <i>L. monocytogenes</i> , Psychrotrophic bacteria, <i>Salmonella</i> spp. | Brewer <i>et al.</i> , 1995; Bedie <i>et al.</i> , 2001; Lin and Lin, 2002; Hwang <i>et al.</i> , 2011 |

有機酸與有機酸鹽對多種微生物具有強烈抑制作用，抑菌機制係加工肉製品的弱酸性，有機酸的解離常數較低，有機酸與有機酸鹽大部分保持在未解離形式。不帶電形式的有機酸具有自由移動穿過微生物膜的能力，有機酸在微生物細胞內解離 (Bushell *et al.*, 2019)。有機酸與有機酸鹽產生抑制微生物生長的陰離子，以及降低細胞內 pH 值，從而對微生物的生長產生直接抑制作用，這種抑菌作用在低 pH 值時增強，有機酸促進質子的破壞性，形成不利微生物生長的環境 (Nkosi *et al.*, 2021)。有機酸或有機酸鹽比無機酸具有更強的抑菌作用，顯示有機酸或有機酸鹽在食品保鮮技術的應用可行性。雖然一般解釋有機酸的抑菌作用機制，有機酸抑菌作用為多重的機制，它們抑菌作用是由於各種作用的交互結果。乳酸在革蘭氏陽性細菌膜表面相互作用中產生不穩定，從而導致微生物細胞膜上出現孔洞與微生物死亡。檸檬酸與蘋果酸可引起代謝變化，因為它們可螯合陽離子與破壞細胞膜的穩定性，進而抑制微生物的生長 (Ben-Braïek and Smaoui, 2021)。

一些研究結果顯示有機酸具有正面的抑菌結果，有機酸與其鹽類在潔淨標章肉製品的實際應用還很少，但是已經應用於屠宰場中屠體的表面去污與淨化。醋酸具有強烈的氣味與味道，限制了它在食品中的使用範圍。醋酸高度溶於水，並已運用在香腸與火腿等醃製產品 (Mani-López *et al.*, 2012)。

乳酸鈉為天然抑菌劑，Lin and Lin (2002) 將乳酸鈉 (3%) 與磷酸三鈉、山梨酸鉀應用在中式香腸 (18% 脂肪)，進行抑菌效果的比較，在 4°C 下儲存香腸 12 週期間，乳酸鈉具有更好的物理化學特性與更低的微生物數。乳酸鈉還能有效抑制不同食源性微生物在蒸煮火腿中的生長，使用乳酸鹽可延遲李斯特菌、大腸桿菌及沙門氏菌生長。在多個儲存溫度情況下，與沒有添加乳酸鈉的對照組相比，添加 1% 與 2% 乳酸鈉的蒸煮火腿處理組，李斯特菌的平均增長率分別降低 35% 與 60%。同樣的，對於儲存在 8°C 的樣品，李斯特菌的數目分別減少 16% 與 41% (添加 1% 與 2% 乳酸鈉)，大腸桿菌在 8°C 的平均生長速率因添加 1% 乳酸鈉而降低 (減低 33%) 與 2% (減低 50%)。重要的是，在低溫條件下乳酸鈉 (1%) 抑制蒸煮火腿中微生物生長效果更好，在所有儲存溫度下微生物生長數量顯著降低與減低對風味之影響 (Hwang *et al.*, 2011)。

類似的試驗結果，使用 3% 乳酸鈉混合牛絞肉在 4°C 下儲存 21 天後，顯著降低好氧菌數、嗜低溫菌、腸桿菌及乳酸菌數目，這證明了乳酸可有效延長牛絞肉儲存期限，從 8 天延長到 15 天的效果 (Sallam and Samejima, 2004)。有關乳酸鈉的應用，可以有效延緩豬絞肉中好氧菌的生長 (減低約 1.5 – 2.0 個對數值) (Brewer *et al.*, 1995)。此外，使用乳酸鈉 (3 – 6%)、乙酸鈉或雙乙酸鈉 (0.25 – 0.5%) 以控制法蘭克福香腸接種李斯特菌的生長研究 (Bedie *et al.*, 2001)。使用 3 或 6% 的乳酸鈉 (減低 2.4 或 6.4 對數值) 或 0.25 或 0.50% 的雙乙酸鈉 (減低 2.4 或 6.6 對數值) 在所有儲存時間，產品具有明顯的抑菌效果，而 3% 的乳酸鈉在前 70 天儲存期抑制食源性微生物生長。在添加乳酸鈉與雙乙酸鈉或其組合法蘭克福香腸接種李斯特菌的處理組，也獲得了相同結果 (Barmpalia *et al.*, 2004)。其中兩種有機酸鹽的混合抑制李斯特菌的生長 (在 40 天的儲存期間保持約 2 對數值)，同時還減低了微生物總數 (減低 1 – 5 對數值之間，以及酵母菌與黴菌的數量，乳酸鈉與雙乙酸鈉鹽組合，在 4°C 儲存的豬肉博洛尼亞香腸，可有效控制食源性微生物李斯特菌 (約減低 5.5 對數值) 的生長 (Barmpalia *et al.*, 2005)。在三種不同的即食加工肉製品 (博洛尼亞香腸、豬肉火腿及烤牛肉) 中添加乳酸鉀 (2%)，結果顯示李斯特菌與沙門氏菌的數目顯著減低。這些試驗結果顯示，添加乳酸鉀延長了兩種微生物的遲滯期，在 4°C 冷藏的儲存期間，烤牛肉與家禽熟食顯著減低上述微生物的數目 (Casco *et al.*, 2015)。

考慮到上述情況，因為有機酸與有機酸鹽對食源性微生物具有很強的抑制作用，有機酸與有機酸鹽的應用可以延長潔淨標章肉製品儲存期限，以確保食品安全的策略之一。重要的是有機酸與有機酸鹽的抑菌效果可能

不會與其他抑菌劑產生互相干擾 (Ben-Braïek and Smaoui, 2021)。

### III. 植物性抑菌劑對肉製品的影響

表 3 列出植物萃取物與植物精油的主要活性成分與抑制的食源性微生物。本文並列出微膠囊化精油應用的效果。

表 3. 植物萃取物與精油的主要生物活性成分與抑制的食源性微生物

Table 3. Main bioactive compounds and antimicrobial species of plant-derived extracts and essential oils

| Plant source               | Bioactive compounds  | Antimicrobial species  | References   |
|----------------------------|--|--|--|
| Green tea extract          | Epicatechin, epigallocatechin, epicatechin gallate, and epigallocatechin gallate | <i>E. coli</i> ,<br><i>L. monocytogenes</i>  | Alirezalu <i>et al.</i> , 2017   |
| Olive leaf extract         | Oleuropein, oleuroside, demethyloleuropein, ligstroside, and verbascoside        | <i>S. aureus</i> , <i>S. enterica</i> ,<br><i>L. monocytogenes</i> and<br><i>S. enteritidis</i>              | Liu <i>et al.</i> , 2017;<br>Cordery <i>et al.</i> , 2018;<br>Alirezalu <i>et al.</i> , 2020 |
| Onion and Garlic extract   | Allylsulfide, diallilsulfide, catechins, and gallic acid                         | <i>L. monocytogenes</i> ,<br><i>S. enteritidis</i> , <i>E. coli</i> ,<br><i>E. faecalis</i> , and Molds      | Alirezalu <i>et al.</i> , 2020;<br>Stupar <i>et al.</i> , 2022                               |
| Lemongrass (Essential oil) | Citral, geranial, neral, myrcene, and limonene                                   | <i>E. coli</i> ,<br><i>L. monocytogenes</i> ,<br><i>L. plantarum</i> , and<br><i>Staphylococcus</i> spp.     | Boeira <i>et al.</i> , 2018;<br>Kieling <i>et al.</i> , 2019                                 |
| Sage (Essential oil)       | Thujone, camphor, eucalyptol, and viridiflorol                                   | <i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> ,<br><i>B. subtilis</i> ,<br><i>P. aeruginosa</i> , and<br><i>A. niger</i> | Šojić <i>et al.</i> , 2018;<br>Durović <i>et al.</i> , 2022                                  |
| Thyme (Essential oil)      | Thymol, carvacrol, p-cymene, linalool, terpinen-4-ol                             | <i>L. monocytogenes</i> ,<br><i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> ,<br><i>S. typhimurium</i>                    | Cutillas <i>et al.</i> , 2018;<br>Šojić <i>et al.</i> , 2018;<br>Šojić <i>et al.</i> , 2020  |

近年來，許多植物性抑菌添加物被使用為肉製品工業的天然抑菌劑 (Munckata *et al.*, 2020)。許多植物性添加物抑菌主要成分為多酚類物質，在體外與食品模型中證明了它們對幾種食源性微生物的抑菌作用。因此，植物性添加物可以用作潔淨標準肉製品中的天然食品抑菌劑，以提高畜產品的微生物安全性 (dos Santos *et al.*, 2022)。多酚類物質亦具有極佳的抗氧化作用，在肉類工業中，通常在肉類製品中添加合成抗氧化劑以防止脂質氧化和褪色。然而，近年來，隨著食品市場的需求，人們越來越有興趣用天然物質取代這些合成抗氧化劑 (Bergamaschi *et al.*, 2023)。常見的酚類物質包括酚酸 (phenolic acid) (阿魏酸、迷迭香酸、咖啡酸及沒食子酸)、酚類二萜 (phenolic diterpenes) (鼠尾草酸)、類黃酮 (flavonoids) (槲皮素、兒茶素及山奈酚) 及揮發性植物精油 (薄荷醇、香芹酚、百里酚、丁香酚、肉桂醛及芳樟醇) (Pateiro *et al.*, 2021)。因此，考慮到天然抑菌劑親脂性或親水性特性，可以細分為親水性萃取物與親脂性植物精油。此外，植物萃取物或精油可作為延長潔淨標準肉製品儲存期限的天然來源，這些物質具有很強的抑菌或抗真菌活性，因此，天然植物性抑菌劑是化學合成抑菌劑良好的替代品 (Alirezalu *et al.*, 2020)。紅色水果萃取物 (李子與紅葡萄) 對金黃色葡萄球菌與大腸桿菌等食源性微生物具有抑制作用，主要抑菌作用成分為植物萃取物中花青素。這些植物萃取物對食源性微生物具有良好的抑菌作用，研究結果指出這些植物萃取物亦可促進腸道益生菌的生長 (Coman *et al.*, 2017)。綠茶萃取物也是一種有效的天然抑菌劑，其特點是含有大量兒茶素，對多種微生物具有抑制生長作用，包括金黃色葡萄球菌、大腸桿菌、李斯特菌及沙門氏菌 (Alirezalu *et al.*, 2017)。

橄欖葉萃取物具有良好的抑菌功能，其抑菌作用與高含量的橄欖苦苷 (oleuropein)、黃酮類成分與酚類成分有關 (Alirezalu *et al.*, 2020)。關於其抑菌作用，使用橄欖葉萃取物可抑制沙門氏菌與李斯特菌的生長，這種抑制作用歸因於橄欖苦苷的成分 (Liu *et al.*, 2017)。其他研究還指出，橄欖葉萃取物對金黃色葡萄球菌、李斯特菌及假單胞菌具有抑制生長的作用 (Cordery *et al.*, 2018)。

酚類成分來源多元，水果與植物材料皆富含酚類成分，建議適當的添加以免損害風味品質，從而影響消費者對產品的接受度。根據產品的不同特性，這些氣味可以被認為是正面的或負面的 (Sharma *et al.*, 2020)。使

用植物精油應特別注意，因為它們含有大量的萜烯與其他成分，植物精油氣味閾值非常低並具有特殊的氣味。植物萃取物與精油已被公認為天然抑菌劑，並在多種肉製品中得到證實能抑制微生物生長。部分加工肉製品使用香辛料，並且證實具有抑制微生物生長的作用，抑菌效果視產品的香辛料添加量與種類而定 (Pateiro *et al.*, 2021)。

多種唇形科植物亦具有抑菌成分的成分，迷迭香草富含迷迭香酸、咖啡酸、熊果酸、酚酸、鼠尾草酸及鼠尾草酚；鼠尾草萃取物主要含有鼠尾草酸、迷迭香酸及鼠尾草酚；百里香含有大量的咖啡酸、對羥基苯甲酸、阿魏酸、原兒茶酸、丁香酸、綠原酸、槲皮素及芹菜素 (Lorenzo *et al.*, 2019)。此外，柑橘萃取物具有抑制微生物細胞壁合成、影響核酸代謝、促進細胞裂解等抑菌生物活性作用。這些抑菌作用與類黃酮、酚酸及類胡蘿蔔素的存在有關。柑橘皮萃取物對大腸桿菌與金黃色葡萄球菌具有很強的抑制作用 (Guo *et al.*, 2020)。紅色洛神花萃取物的主要成分為沒食子酸 (gallic acid)、兒茶素 (catechin)、綠原酸 (chlorogenic acid) 及肉桂酸 (cinnamic acid)，這些成分對大腸桿菌、沙門氏菌、金黃色葡萄球菌及李斯特菌具有明顯的抑菌生長作用 (Beya *et al.*, 2021)。洋蔥與大蒜萃取物富含有機硫成分，包括蒜氨酸、環大蒜素、兒茶素及山奈酚，上述天然萃取物均已證明對食源性微生物與真菌具有抑菌作用 (Stupar *et al.*, 2022)。

天然酚類成分的抑菌作用機制可歸納如下：羥基導致細胞內容物洩漏與細胞能量 (ATP) 耗散，從而導致細胞死亡。此外，質子濃度的增加可導致 pH 值下降，並降低細胞內部 pH 值 (Bouarab-Chibane *et al.*, 2019)。酚酸可導致細胞膜破裂與細胞內容物凝固，花青素具有抑制大腸桿菌生長作用，花青素可以粘附在細胞表面上，從而阻止微生物附著在這些細胞上。單寧、微生物多醣及金屬形成複合物，進一步產生酶抑制、氧化磷酸化、裂解及微生物死亡。黃酮類成分作用於微生物膜蛋白並降低膜流動性，同時還可以對能量代謝、DNA、蛋白質及 RNA 合成產生修飾作用。最後，其他植物萃取物通過嵌入 DNA 與抑制核酸合成發揮抑菌作用，進而防止微生物增殖。雖然羥基是多酚抑菌作用的主要物質來源，隨添加量濃度增加對抑菌活性有明顯的影響 (Beya *et al.*, 2021)。由於這些植物添加物抑菌作用，植物萃取物可以應用於延長潔淨標章肉製品的儲存期限或抑制微生物的生長。

此外，綠茶與橄欖葉萃取物使用在無添加亞硝酸鹽法蘭克福香腸儲存過程，這些天然萃取物具有明顯的減低總生菌數或抗真菌生長作用。綠茶與橄欖葉萃取物抑制微生物生長 (減低 1 個對數值)，進而延長該無添加亞硝酸鹽法蘭克福香腸的儲存期限。不同添加量的乳鏈菌肽 (nisin)、聚賴氨酸 (polylysine) 或幾丁聚醣 (chitosan) 混合植物萃取物結合，試驗結果顯示，0.2% 聚賴氨酸或 1% 幾丁聚醣與混合植物萃取物的組合，可有效抑制總生菌數 (減低 0.5 – 1 對數值) 以及酵母與黴菌的生長 (減低 1.5 對數值)。這兩種組合方式，能延長產品儲存期限 (與對照樣品相比儲存期限延長 30%)。幾丁聚醣抑菌作用歸因於幾丁聚醣中帶正電荷的殘基與微生物膜帶負電荷的分子、螯合金屬之間的相互作用，以及蛋白質合成的相互作用與抑制。聚賴氨酸與微生物膜與酶活性相互作用，以抑制微生物生長 (Alirezalu *et al.*, 2019)。

使用 1% 檸檬草萃取物混合於新鮮雞肉香腸中，總生菌數明顯低於對照樣品 (減低約 1 個對數值) (Bocira *et al.*, 2018)。同樣，添加檸檬草萃取物可延長煮熟雞胸肉的儲存期限，產品儲存試驗過程未檢測到葡萄球菌屬、沙門氏菌及大腸桿菌的存在 (Kieling *et al.*, 2019)。檸檬草萃取物的抑菌作用，主要活性成分是檸檬醛、橙花醛及香葉醇等成分 (Beya *et al.*, 2021)。

多種植物萃取精油包含肉桂 (cinnamon)、鼠尾草 (sage)、迷迭香 (rosemary)、羅勒 (basil)、百里香 (thyme)、丁香 (clove)、肉豆蔻 (nutmeg)、薄荷 (peppermint)、生薑及薰衣草精油 (lavender essential oils) 與其活性成分包含香蘭素 (vanillin)、香芹酚 (carvacrol)、檸檬醛 (citral)、肉桂醛 (cinnamaldehyde)、芳樟醇 (linalool)、香芹酮 (carvone)、丁香酚 (eugenol)、百里香酚 (thymol) 及檸檬烯 (limonene)，被認為是安全物質 (Pateiro *et al.*, 2021; Singh *et al.*, 2022)，其中一些在美國屬於食品添加物，例如檸檬精油、羅勒、丁香、香草、百里香及香菜 (Coimbra *et al.*, 2022)。因此，這些植物精油可使用於食品工業。此外，親脂性植物精油具有抑菌作用 (Pateiro *et al.*, 2021)。植物精油的主要成分是萜烯 (terpenes)、苯丙烷 (phenylpropane)、醛、酯、醇及酮，但通常情況下，最豐富的基團是萜烯與含氧衍生物 (Pateiro *et al.*, 2021; Singh *et al.*, 2022)。

植物精油的生物活性視生物成分含量而定 (Sharma *et al.*, 2022)，許多植物精油具有重要的抑菌或抗真菌作用，例如迷迭香精油中含有大量的桉樹腦、蒎烯、檸檬烯及樟腦 (Alirezalu *et al.*, 2020)。鼠尾草精油中最重要的抑菌作用分子是含氧單萜、含氧倍半萜 (viridiflorol) 及二萜多酚 (epirosmanol)，其次是側柏酮、冰片、醋酸龍腦酯、石竹烯及葎草烯 (Šojić *et al.*, 2018)。此外，這些植物精油對金黃色葡萄球菌、大腸桿菌、枯草芽孢桿菌及黑麴黴具有抑制生長作用 (Durović *et al.*, 2022)。

植物精油中含有多種抑菌成分，主要是單萜、萜類成分及苯丙烷類成分。大約 20 – 60 種不同成分的複雜混合物，但通常都以高含量的兩種或三種成分為主要作用物質。然而，這些分子對於植物精油的生物活性都很重要，因為它們可以協同作用通過細胞的多個作用點發揮功能，來增進植物精油的抑菌特性 (Kachur and Suntres, 2020)。因此，植物精油的抑菌作用不能歸因於特定機制，主要是通過與微生物的不同相互作用來解釋。從這個意義上說，與細胞膜的疏水基相互作用是至關重要，它會導致細胞膜組織的變化與損傷，從而導致細胞內物質的流動性、滲透性及釋放發生變化。然後，植物精油成分也導致細胞內 ATP 的耗盡，電子傳遞鍊與營養吸收的變化導致蛋白質與 DNA 合成的重要損害，質子動力的耗散，進而導致微生物死亡 (Pateiro *et al.*, 2021)。

百里香精油是一種天然抑菌劑，對食源性微生物具有明顯的抑制作用 (Coimbra *et al.*, 2022)。百里香精油常見的成分是百里酚、香芹酚與芳樟醇 (Šojić *et al.*, 2020)。這些成分對李斯特菌、金黃色葡萄球菌、大腸桿菌及沙門氏菌具有很強的抑制作用 (Coimbra *et al.*, 2022)。許多研究發現百里酚比芳樟醇在抑制大腸桿菌與李斯特菌生長方面更有效 (Cutillas *et al.*, 2018)。百里酚與香芹酚具有良好的抑菌作用，而芳樟醇具有中等活性的抑菌活性 (Lorenzo *et al.*, 2019)。除了對多種微生物、酵母菌與黴菌具有直接抑菌作用外，這種植物精油還具有高的抗生物膜活性，可防止生物膜形成，以減低使用化學抑菌劑 (Coimbra *et al.*, 2022)。

丁香與百里香精油，主要成分為百里酚與香芹酚是有效的抑菌作用組合之一。許多研究指出不同植物精油的混合物組合，可延長雞肉香腸的儲存期限，試驗結果顯示使用高量丁香與百里香精油混合物具有抑菌作用，可延長產品儲存期限 (Sharma *et al.*, 2020)。

奧勒岡與薰衣草精油，主要成分為香芹酚與芳樟醇，進行了抑制大腸桿菌與金黃色葡萄球菌的生長試驗。試驗結果顯示，這兩種植物萃取物對金黃色葡萄球菌有抑制效果 (Martucci *et al.*, 2015)。添加這些香料與植物精油萃取物在加工肉製品中，可抑制沙門氏菌、大腸桿菌、金黃色葡萄球菌、李斯特菌及酵母菌的生長 (Hygrevea *et al.*, 2014)。

應用植物精油在肉製品對產品的冷藏保存期限之試驗，使用植物精油在真空低溫烹調牛肉對李斯特菌的抑制作用。同時使用百里香與迷迭香精油試驗，迷迭香精油比百里香更能有效的減低此食源性微生物生長 (在 2°C 與 8°C 下，分別減低 1.23 與 2.63 對數值)。在兩種不同儲存溫度下，於第 0 天與第 28 天的儲存天數分別減低 0.57 與 0.06 個對數值 (Gouveia *et al.*, 2016)。奧勒岡精油與蘿蔔粉的組合也被建議用於製造低亞硝酸鹽發酵香腸。在這項研究中，不含亞硝酸鹽的樣品中添加奧勒岡精油可控制大腸桿菌、沙門氏菌與葡萄球菌的生長。基於這些試驗結果，這種植物萃取物組合可減少使用加工肉製品中亞硝酸鹽，並同時確保其安全性的良好策略之一 (Ozaki *et al.*, 2021)。

在鮮豬肉中加入黑胡椒精油 (0.1 或 0.5%) 在儲存期間可抑制假單胞菌的生長 (減低 2.1 或 3.1 對數值) 與腸桿菌 (減低 1.05 或 1.85 對數值)。然而，這種植物精油對乳酸菌沒有抑菌作用。此外，黑胡椒精油對革蘭氏陰性菌的抑制作用強於革蘭氏陽性菌，而其抑菌效果與劑量有關 (Zhang *et al.*, 2016)。

減低亞硝酸鹽的熟豬肉香腸使用 0.78 或 1.56% 芫荽精油，結果顯示微生物品質有明顯改善效果。減低亞硝酸鹽與添加芫荽精油對總生菌數具有明顯的抑制作用 (減低 0.2 或 0.5 對數值)，並且抑制作用與劑量成正比 (Šojić *et al.*, 2019)。此外，使用肉桂精油來改善乳化香腸中的微生物品質。添加肉桂精油可延長真空包裝乳化香腸的儲存期限，因為它控制了主要的總生菌數與乳酸菌生長 (減低 0.54 對數值)，此類產品的腸桿菌與真菌的抑制生長有關 (Khorsandi *et al.*, 2019)。

百里香精油微膠囊化 (microencapsulation) 加入牛肉漢堡，於冷藏期間檢測肉品中多種微生物生長的抑菌試驗，在這項研究中，使用植物精油之對照組或微膠囊化百里香精油均顯著減低了腸桿菌的數量 (對照組減低了 1.15 – 1.79 對數值，微膠囊化精油減低 2.19 – 3 對數值)、總生菌數目 (對照組減低 1.11 – 1.82 對數值，微膠囊化精油減低 1.58 – 1.99 對數值)、金黃色葡萄球菌 (對照組減低 1.07 – 2 對數值，微膠囊化精油減低 4.13 – 4.69 對數值) 及乳酸菌 (對照組減低 0.72 – 1.26 對數值，微膠囊化精油減低 1.44 – 2.04 對數值)。此外，作者強調使用微膠囊化精油時抑制效果最顯著，並將這種效果歸因於微膠囊化精油過程，通過微膠囊化保護植物精油避免分解與揮發，進而延長植物精油作用的使用期限。這不僅是延長植物精油對肉品的儲存期限，而且對提高其抑菌作用也很重要 (Ghaderi-Ghahfarokhi *et al.*, 2016)。此外，百里香精油還具有很強的抗真菌活性，這特性在某些肉製品中可能很重要 (Ghasemi *et al.*, 2020)。在最近的一項研究中，使用麥芽糖糊精 – 酪蛋白作為微膠囊化精油，在漢堡類肉製品中顯示植物精油具有明顯的抑菌作用 (Radünz *et al.*, 2020)。

從這些研究得出結論，微膠囊化植物精油可有效抑制肉品之金黃色葡萄球菌、大腸桿菌、李斯特菌及沙門氏菌的生長。在另一項研究中，評估了兩個品種的百里香精油對四種食源性微生物 (大腸桿菌、沙門氏菌、金

黃色葡萄球菌及假單胞菌)在牛絞肉中對微生物生長的抑制功效(Jayari *et al.*, 2018)。使用低濃度的百里香精油(0.01 – 0.05%)，對大腸桿菌與沙門氏菌皆產生強烈的生長抑制作用(約減低0.5個對數值)，而在使用高濃度(3%)時，百里香精油對所有微生物都具有抑菌活性(從減低4 – 7個對數值到不可檢測)。此外，百里香精油(0.075 – 0.15  $\mu\text{L/g}$ )添加於豬肉餅，發現含有精油的豬肉餅具有顯著降低總生菌數(減低0.47 – 1.48對數值)、乳酸菌(減低0.33 – 0.56對數值)及腸桿菌計數(減低0.32 – 0.82對數值)，百里香精油處理提高加工肉製品的微生物安全性作用(Šojić *et al.*, 2020)。

探討使用微膠囊化丁香精油製作漢堡類產品之抑菌效果，在這項研究中，在漢堡配方中添加丁香精油(3.05 mg/g)比亞硝酸鹽更能有效地抑制金黃色葡萄球菌(減低0.86對數值)的生長，而微膠囊化丁香精油並沒有表現出更佳的抑菌作用(Radünz *et al.*, 2019)。鼠尾草精油具有延長豬肉香腸儲存期限的作用，鼠尾草精油對沙門氏菌、大腸桿菌及李斯特菌具有抑菌作用，在試驗處理組均未檢測到食源性微生物。此外，鼠尾草精油的抑菌作用主要因為單萜成分(Šojić *et al.*, 2018)。

探討使用肉桂精油或幾丁聚醣微膠囊化肉桂精油對牛肉餅儲存期間之抑菌效果，這些研究在牛肉餅配方中添加兩種類型的植物精油，無論是對照組植物精油或微膠囊化植物精油，對總生菌數皆具有生長抑制作用(減低1.19 – 2對數值)、乳酸菌(約減低1 – 2對數值)、大腸桿菌(植物精油減低1.15 – 1.79對數值，微膠囊化植物精油減低3.23 – 3.86對數值)、金黃色葡萄球菌(植物精油減低2.12 – 2.62對數值，微膠囊化植物精油減低3.99 – 4.59對數值)以及酵母或黴菌生長(植物精油減低1.62 – 1.92對數值，微膠囊化植物精油減低2.96 – 3.16對數值)。此外，上述兩種精油抑制微生物生長效果都與劑量有關(0.05或0.10%)，並且微膠囊化植物精油抑菌作用更佳(Ghaderi-Ghahfarokhi *et al.*, 2017)。表3列出植物萃取物與植物精油的主要活性成分與抑制的食源性微生物。

## 結 論

隨著消費者健康意識高漲，關注過量食用脂肪、食鹽或化學添加物對健康的負面影響，因此對健康、機能性及清潔標章肉製品的需求增加。許多研究尋找植物性替代品，以減低這些有爭議添加物的使用量。然而，減低食鹽、脂肪或亞硝酸鹽添加量可導致產品微生物快速生長。使用天然抑菌劑是提高潔淨標章肉製品的安全性與儲存期限方法之一。在不影響感官品評的情況下，適當添加量以獲得最大的抑菌效果為佳。過量添加植物精油可能對加工肉製品的感官品評產生負面影響。使用天然抑菌劑可以提升潔淨標章肉製品儲存期限，在肉品加工上的使用具有潛力。

## 參考文獻

- Alirezalu, K., J. Hesari, M. H. Eskandari, H. Valizadeh, and M. Sirousazar. 2017. Effect of green tea, stinging nettle and olive leaves extracts on the quality and shelf life stability of Frankfurter type sausage. *J. Food Process. Preserv.* 41: e13100.
- Alirezalu, K., J. Hesari, Z. Nemati, P. E. S. Munekata, F. J. Barba, and J. M. Lorenzo. 2019. Combined effect of natural antioxidants and antimicrobial compounds during refrigerated storage of nitrite-free Frankfurter type sausage. *Food Res. Int.* 120: 839-850.
- Alirezalu, K., M. Pateiro, M. Yaghoubi, A. Alirezalu, S. H. Peighambardoust, and J. M. Lorenzo. 2020. Phytochemical constituents, advanced extraction technologies and techno-functional properties of selected Mediterranean plants for use in meat products. A comprehensive review. *Trends Food Sci. Technol.* 100: 292-306.
- Asioli, D., J. Aschemann-Witzel, V. Caputo, R. Vecchio, A. Annunziata, T. Næs, and P. Varela. 2017. Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food Res. Int.* 99: 58-71.
- Awad, A. M., P. Kumar, M. R. Ismail-Fitry, S. Jusoh, M. F. A. Aziz, and A. Q. Sazili. 2022. Overview of plant extracts as natural preservatives in meat. *J. Food Process. Preserv.* 46: e16796.
- Badar, I. H., H. Liu, Q. Chen, X. Xia, and B. Kong. 2021. Future trends of processed meat products concerning perceived healthiness: A review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 20: 4739-4778.
- Barmpalia, I. M., I. Geornaras, K. E. Belk, J. A. Scanga, P. A. Kendall, G. C. Smith, and J. N. Sofos. 2004. Control of *Listeria monocytogenes* on frankfurters with antimicrobials in the formulation and by dipping in organic acid solutions. *J.*



- Food Prot. 67: 2456-2464.
- Barmपालia, I. M., K. P. Koutsoumanis, I. Geornaras, K. E. Belk, J. A. Scanga, P. A. Kendall, G. C. Smith, and J. N. Sofos. 2005. Effect of antimicrobials as ingredients of pork bologna for *Listeria monocytogenes* control during storage at 4 or 10°C. Food Microbiol. 22: 205-211.
- Bedie, G. K., J. Samelis, J. N. Sofos, K. E. Belk, J. A. Scanga, and G. C. Smith. 2001. Antimicrobials in the formulation to control *Listeria monocytogenes* postprocessing contamination on Frankfurters stored at 4°C in vacuum packages. J. Food Prot. 64: 1949-1955.
- Ben-Braïek, O. and S. Smaoui. 2021. Chemistry, safety, and challenges of the use of organic acids and their derivative salts in meat preservation. J. Food Quality 2021: 6653190.
- Bergamaschi, M., N. Simoncini, V. M. Spezzano, M. Ferri, and A. Tassoni. 2023. Antioxidant and sensory properties of raw and cooked pork meat burgers formulated with extract from non-compliant green coffee beans. Foods. 12:1264.
- Beya, M. M., M. E. Netzel, Y. Sultanbawa, H. Smyth, and L. C. Hoffman. 2021. Plant-based phenolic molecules as natural preservatives in comminuted meats: A Review. Antioxidants 10: 263.
- Boeira, C. P., N. Piovesan, M. B. Soquetta, D. C. B. Flores, B. N. Lucas, C. S. da Rosa, and N. N. 2018. Terra, Extraction of bioactive compounds of lemongrass, antioxidant activity and evaluation of antimicrobial activity in fresh chicken sausage. Ciência Rural 48: e20180477.
- Bouarab-Chibane, L., P. Degraeve, H. Ferhout, J. Bouajila, and N. Oulahal. 2019. Plant antimicrobial polyphenols as potential natural food preservatives. J. Sci. Food Agric. 99: 1457-1474.
- Brewer, M. S., B. K. Rostogi, L. Argoudelis, and G. K. Sprouls. 1995. Sodium lactate/sodium chloride effects on aerobic plate counts and color of aerobically packaged ground pork. J. Food Sci. 60: 58-62.
- Bushell, F. M. L., P. D. Tonner, S. Jabbari, A. K. Schmid, and P. A. Lund. 2019. Synergistic impacts of organic acids and pH on growth of *Pseudomonas aeruginosa*: A comparison of parametric and Bayesian non-parametric methods to model growth. Front. Microbiol. 10: 3196.
- Carrascosa, C., D. Raheem, F. Ramos, A. Saraiva, and A. Raposo. 2021. Microbial Biofilms in the Food Industry- A Comprehensive Review. Int. J. Environ. Res. Public Health 18: 2014.
- de Carvalho, F. A. L., P. E. S. Munekata, M. Pateiro, P. C. B. Campagnol, R. Domínguez, M. A. Trindade, and J. M. Lorenzo. 2020. Effect of replacing backfat with vegetable oils during the shelf-life of cooked lamb sausages. LWT 122: 109052.
- Casco, G., T. M. Taylor, and C. Z. Alvarado. 2015. Evaluation of novel micronized encapsulated essential oil-containing phosphate and lactate blends for growth inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* on poultry bologna, pork ham, and roast beef ready-to-eat deli loaves. J. Food Prot. 78: 698-706.
- Cengiz, E. and N. Gokoglu. 2007. Effects of fat reduction and fat replacer addition on some quality characteristics of frankfurter-type sausages. Int. J. Food Sci. Technol. 42: 366-372.
- Coimbra, A., S. Ferreira, and A. Paula Duarte. 2022. Biological properties of *Thymus zygis* essential oil with emphasis on antimicrobial activity and food application. Food Chem. 393: 133370.
- Coman, M. M., A. M. Oancea, M. C. Verdenelli, C. Cecchini, G. E. Bahrim, C. Orpianesi, A. Cresci, and S. Silvi. 2017. Polyphenol content and in vitro evaluation of antioxidant, antimicrobial and prebiotic properties of red fruit extracts. Eur. Food Res. Technol. 244: 735-745.
- Cordery, A., A. P. Rao, and S. Ravishankar. 2018. Antimicrobial activities of essential oils, plant extracts and their applications in foods-A Review. J. Agric. Environ. Sci. 7: 76-89.
- Cutillas, A. B., A. Carrasco, R. Martinez-Gutierrez, V. Tomas, and J. Tudela. 2018. Thyme essential oils from Spain: Aromatic profile ascertained by GC-MS, and their antioxidant, anti-lipoxygenase and antimicrobial activities. J. Food Drug Anal. 26: 529-544.
- Domínguez, R., P. E. S. Munekata, M. Pateiro, A. Maggolino, B. Bohrer, and J. M. Lorenzo. 2020. Red beetroot. A potential source of natural additives for the meat industry. Appl. Sci. 10: 8340.
- Domínguez, R., P. E. Munekata, M. Pateiro, O. López-Fernández, and J. M. Lorenzo. 2021. Immobilization of oils using hydrogels as strategy to replace animal fats and improve the healthiness of meat products. Curr. Opin. Food Sci. 37: 135-144.
- Durović, S., D. Micić, L. Pezo, D. Radić, J. G. Bazarnova, Y. A. Smyatskaya, and S. Blagojević. 2022. The effect of various extraction techniques on the quality of sage (*Salvia officinalis* L.) essential oil, expressed by chemical composition,

- thermal properties and biological activity. *Food Chem.* 13: 100213.
- Flores, M., L. Mora, M. Reig, and F. Toldrà. 2019. Risk assessment of chemical substances of safety concern generated in processed meats. *Food Sci. Hum. Wellness* 8: 244-251.
- Foggiaro, D., R. Domínguez, M. Pateiro, A. Cittadini, P. E. S. Munekata, P. C. B. Campagnol, M. J. Fraqueza, P. De Palo, and J. M. Lorenzo. 2022. Use of healthy emulsion hydrogels to improve the quality of pork burgers. *Foods* 11: 596.
- Fraqueza, M. J., M. Laranjo, M. Elias, and L. Patarata. 2021. Microbiological hazards associated with salt and nitrite reduction in cured meat products: Control strategies based on antimicrobial effect of natural ingredients and protective microbiota. *Curr. Opin. Food Sci.* 38: 32-39.
- Geiker, N. R. W., H. C. Bertram, H. Mejbom, L. O. Dragsted, L. Kristensen, J. R. Carrascal, S. Bügel, and A. Astrup. 2021. Meat and Human Health-Current Knowledge and Research Gaps. *Foods* 10: 1556.
- Ghaderi-Ghahfarokhi, M., M. Barzegar, M. A. Sahari, and M. H. Azizi. 2016. Nanoencapsulation approach to improve antimicrobial and antioxidant activity of thyme essential oil in beef burgers during refrigerated storage. *Food Bioprocess Technol.* 9: 1187-1201.
- Ghaderi-Ghahfarokhi, M., M. Barzegar, M. A. Sahari, H. Ahmadi Gavlighi, and F. Gardini. 2017. Chitosan-cinnamom essential oil nanoformulation: Application as a novel additive for controlled release and shelf life extension of beef patties. *Int. J. Biol. Macromol.* 102: 19-28.
- Ghasemi, G., A. Alirezalu, Y. Ghosta, A. Jarrahi, S. A. Safavi, M. Abbas-Mohammadi, F. J. Barba, P. E. S. Munekata, R. Domínguez, and J. M. Lorenzo. 2020. Composition, antifungal, phytotoxic, and insecticidal activities of thymus kotschyanus essential oil. *Molecules* 25: 1152.
- Gouveia, A. R., M. Alves, J. A. Silva, and C. Saraiva. 2016. The antimicrobial effect of rosemary and thyme essential oils against *Listeria monocytogenes* in sous vide cook-chill beef during storage. *Procedia Food Sci.* 7: 173-176.
- Guo, C., Y. Shan, Z. Yang, L. Zhang, W. Ling, Y. Liang, Z. Ouyang, B. Zhong, and J. Zhang. 2020. Chemical composition, antioxidant, antibacterial, and tyrosinase inhibition activity of extracts from Newhall navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck cv. Newhall) peel. *J. Sci. Food Agric.* 100: 2664-2674.
- Huang, Y., D. Cao, Z. Chen, B. Chen, J. Li, J. Guo, Q. Dong, L. Liu, and Q. Wei. 2021. Red and processed meat consumption and cancer outcomes: Umbrella review. *Food Chem.* 356: 129697.
- Hwang, C. A., S. Sheen, and V. Juneja. 2011. Effects of sodium lactate on the survival of *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* 0157:H7 and *Salmonella* spp., in cooked ham at refrigeration and abuse temperatures. *Food Nutr. Sci.* 2: 464-470.
- Hwang, K. E. E., T. K. K. Kim, H. W. W. Kim, D. H. H. Seo, Y. B. B. Kim, K. H. H. Jeon, and Y. S. S. Choi. 2018. Effect of natural pre-converted nitrite sources on color development in raw and cooked pork sausage. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 31: 1358-1365.
- Hygreeva, D., M. C. Pandey, and K. Radhakrishna. 2014. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. *Meat Sci.* 98: 47-57.
- Jayari, A., N. El Abed, A. Jouini, O. Mohammed Saed Abdul-Wahab, A. Maaroufi, and S. Ben Hadj Ahmed. 2018. Antibacterial activity of *Thymus capitatus* and *Thymus algeriensis* essential oils against four food-borne pathogens inoculated in minced beef meat. *J. Food Saf.* 38: e12409.
- Jiménez-Colmenero, F., J. Carballo, P. Fernández, S. Cofrades, and E. Cortés. 1997. Retail chilled display storage of high- and reduced-fat sliced Bologna. *J. Food Prot.* 60: 1099-1104.
- Jiménez-Colmenero, F. 2000. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. *Trends Food Sci. Technol.* 11: 56-66.
- Kachur, K. and Z. Suntres. 2020. The antibacterial properties of phenolic isomers, carvacrol and thymol. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 60: 3042-3053.
- Karwowska, M., P. E. S. Munekata, J. M. Lorenzo, and I. Tomasevic. 2022. Functional and clean label dry fermented meat products: phytochemicals, bioactive peptides, and conjugated linoleic acid. *Appl. Sci.* 12: 5559.
- Khorsandi, A., M. H. Eskandari, M. Aminlari, S. S. Shekarforoush, and M. T. Golmakani. 2019. Shelf-life extension of vacuum packed emulsion-type sausage using combination of natural antimicrobials. *Food Control* 104: 139-146.
- Kieling, D. D., M. F. Delarco, and S. H. Prudencio. 2019. Lemongrass extract as a natural preservative of cooked and shredded chicken breast during storage. *J. Culin. Sci. Technol.* 19: 55-66.

- Kim, T. K., H. I. Yong, S. Jung, H. W. Kim, and Y. S. Choi. 2021. Technologies for the production of meat products with a low sodium chloride content and improved quality characteristics-A Review. *Foods* 10: 957.
- Li, H., X. Sun, X. Liao, and M. Gänzle. 2020. Control of pathogenic and spoilage bacteria in meat and meat products by high pressure: Challenges and future perspectives. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 19: 3476-3500.
- Lin, K. W. and S. N. Lin. 2002. Effects of sodium lactate and trisodium phosphate on the physicochemical properties and shelf life of low-fat Chinese-style sausage. *Meat Sci.* 60: 147-154.
- Liu, Y., L. C. McKeever, and N. S. A. Malik. 2017. Assessment of the antimicrobial activity of olive leaf extract against foodborne bacterial pathogens. *Front. Microbiol.* 8: 113.
- Lorenzo, J. M., R. Bermúdez, R. Domínguez, A. Guiotto, D. Franco, and L. Purriños. 2015. Physicochemical and microbial changes during the manufacturing process of dry-cured lacón salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride. *Food Control* 50: 763-769.
- Lorenzo, J. M., A. Mousavi-Khaneghah, M. Gavahian, K. Marszałek, I. Es, P. E. S. Munekata, I. C. F. R. Ferreira, and F. J. Barba. 2019. Understanding the potential benefits of thyme and its derived products for food industry and consumer health: From extraction of value-added compounds to the evaluation of bioaccessibility, bioavailability, anti-inflammatory, and antimicrobial activities. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 59: 2879-2895.
- Mani-López, E., H. S. García, and A. López-Malo. 2012. Organic acids as antimicrobials to control *Salmonella* in meat and poultry products. *Food Res. Int.* 45: 713-721.
- Martucci, J. F., L. B. Gende, L. M. Neira, and R. A. Ruseckaite. 2015. Oregano and lavender essential oils as antioxidant and antimicrobial additives of biogenic gelatin films. *Ind. Crops Prod.* 71: 205-213.
- Munekata, P. E. S., M. Pateiro, D. Rodríguez-Lázaro, R. Domínguez, J. Zhong, and J. M. Lorenzo. 2020. The role of essential oils against pathogenic *Escherichia coli* in food products. *Microorganisms* 8: 924.
- Munekata, P. E. S., M. Pateiro, R. Domínguez, E. M. Santos, and J. M. Lorenzo. 2021. Cruciferous vegetables as sources of nitrate in meat products. *Curr. Opin. Biotechnol.* 38: 1-7.
- Nkosi, D. V., J. L. Bekker, and L. C. Hoffman. 2021 The use of organic acids (lactic and acetic) as a microbial decontaminant during the slaughter of meat animal species: A review. *Foods* 10: 2293.
- Ozaki, M. M., M. dos Santos, W. O. Ribeiro, N. C. de Azambuja Ferreira, C. S. F. Picone, R. Domínguez, J. M. Lorenzo, and M. A. R. Pollonio. 2021. Radish powder and oregano essential oil as nitrite substitutes in fermented cooked sausages. *Food Res. Int.* 140: 109855.
- Pateiro, M., P. E. S. Munekata, A. S. SantAna, R. Domínguez, D. Rodríguez-Lázaro, and J. M. Lorenzo. 2021. Application of essential oils as antimicrobial agents against spoilage and pathogenic microorganisms in meat products. *Int. J. Food Microbiol.* 337: 108966.
- Pérez-Córdoba, L. J., A. C. Pinheiro, M. N. de Villavicencio-Ferrer, M. A. Trindade, and P. J. A. Sobral. 2022. Applying gelatine:chitosan film loaded with nanoemulsified garlic essential oil/ tocopherol as active packaging of sliced Omega-3 rich mortadella. *Int. J. Food Sci. Technol.* 57: 6378-6388.
- Pintado, T., A. M. Herrero, C. Ruiz-Capillas, M. Triki, P. Carmona, and F. Jiménez-Colmenero. 2016. Effects of emulsion gels containing bioactive compounds on sensorial, technological, and structural properties of frankfurters. *Food Sci. Technol. Int.* 22: 132-145.
- Pintado, T., I. Muñoz-González, M. Salvador, C. Ruiz-Capillas, and A. M. Herrero. 2021. Phenolic compounds in emulsion gel-based delivery systems applied as animal fat replacers in frankfurters: Physico-chemical, structural and microbiological approach. *Food Chem.* 340: 128095.
- Radünz, M., M. L. M. da Trindade, T. M. Camargo, A. L. Radünz, C. D. Borges, E. A. Gandra, and E. Helbig. 2019. Antimicrobial and antioxidant activity of unencapsulated and encapsulated clove (*Syzygium aromaticum*, L.) essential oil. *Food Chem.* 276: 180-186.
- Radünz, M., H. C. dos Santos Hackbart, T. M. Camargo, C. F. P. Nunes, F. A. P. de Barros, J. Dal Magro, P. J. S. Filho, E. A. Gandra, A. L. Radünz, and E. da Rosa Zavareze. 2020. Antimicrobial potential of spray drying encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil on the conservation of hamburger-like meat products. *Int. J. Food Microbiol.* 330: 108696.
- Rangel-Vargas, E., J. A. Rodríguez, R. Domínguez, J. M. Lorenzo, M. E. Sosa, S. C. Andrés, M. Rosmini, J. A. Pérez-Alvarez, A. Teixeira, and E. M. Santos. 2021. Edible mushrooms as a natural source of food ingredient/additive replacer.

- Foods 10: 2687.
- Ren, B., W. Wu, O. P. Soladoye, K. H. Bak, Y. Fu, and Y. Zhang. 2021. Application of biopreservatives in meat preservation: A review. *Internat. J. Food Sci. and Technol.* 56: 6124-6141.
- Roobab, U., A. W. Khan, J. M. Lorenzo, R. N. Arshad, B. R. Chen, X. A. Zeng, A. E. D. Bekhit, R. Suleman, and R. M. Aadil. 2021. A systematic review of clean-label alternatives to synthetic additives in raw and processed meat with a special emphasis on high-pressure processing. *Food Res. Int.* 150: 110792.
- Sallam, K. I. and K. Samejima. 2004. Microbiological and chemical quality of ground beef treated with sodium lactate and sodium chloride during refrigerated storage. *Leb. Technol.* 37: 865.
- dos Santos, L. R., A. Alía, I. Martin, F. M. Gottardo, L. B. Rodrigues, K. A. Borges, T. Q. Furian, and J. J. Córdoba. 2022. Antimicrobial activity of essential oils and natural plant extracts against *Listeria monocytogenes* in a dry-cured ham-based model. *J. Sci. Food Agric.* 102: 1729-1735.
- Sbardelotto, P. R. R., E. Balbinot-Alfaro, M. da Rocha, and A. T. Alfaro. 2022. Natural alternatives for processed meat: Legislation, markets, consumers, opportunities and challenges. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2022: 1-16.
- Sharma, H., S. K. Mendiratta, R. K. Agarwal, and K. Gurunathan. 2020. Bio-preservative effect of blends of essential oils: Natural antioxidant and anti-microbial agents for the shelf life enhancement of emulsion based chicken sausages. *J. Food Sci. Technol.* 57: 3040-3050.
- Sharma, K., A. Babaei, K. Oberoi, K. Aayush, R. Sharma, and S. Sharma. 2022. Essential oil nanoemulsion edible coating in food industry: A Review. *Food Bioprocess Technol.* 2022: 1-21.
- da Silva, S. L., J. T. Amaral, M. Ribeiro, E. E. Sebastião, C. Vargas, F. de Lima Franzen, G. Schneider, J. M. Lorenzo, L. L. M. Fries, and A. J. Cichoski. 2019. Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages. *Meat Sci.* 149: 141-148.
- da Silva, B. D., P. C. Bernardes, P. F. Pinheiro, E. Fantuzzi, and C. D. Roberto. 2021. Chemical composition, extraction sources and action mechanisms of essential oils: Natural preservative and limitations of use in meat products. *Meat Sci.* 176: 108463.
- Singh, S., P. K. Chaurasia, and S. L. Bharati. 2022. Functional roles of essential oils as an effective alternative of synthetic food preservatives: A review. *J. Food Process. Preserv.* 46: e16804.
- Šojić, B., B. Pavlić, Z. Zeković, V. Tomović, P. Ikonić, S. Kocić-Tanackov, and N. Džinić. 2018. The effect of essential oil and extract from sage (*Salvia officinalis* L.) herbal dust (food industry by-product) on the oxidative and microbiological stability of fresh pork sausages. *LWT-Food Sci. Technol.* 89: 749-755.
- Šojić, B., B. Pavlić, P. Ikonić, V. Tomović, B. Ikonić, Z. Zeković, S. Kocić-Tanackov, M. Jakanović, S. Škaljac, and M. Ivić. 2019. Coriander essential oil as natural food additive improves quality and safety of cooked pork sausages with different nitrite levels. *Meat Sci.* 157: 107879.
- Šojić, B., V. Tomović, S. Kocić-Tanackov, D. B. Kovačević, P. Putnik, Ž. Mrkonjić, S. Durović, M. Jakanović, M. Ivić, and S. Škaljac. 2020. Supercritical extracts of wild thyme (*Thymus serpyllum* L.) by-product as natural antioxidants in ground pork patties. *LWT* 130: 109661.
- Stupar, A., L. Šaric, S. Vidovic, A. Bajic, V. Kolarov, and B. Š. Šaric. 2022. Antibacterial potential of allium ursinum extract prepared by the green extraction method. *Microorganisms* 10: 1358.
- Tabanelli, G., F. Barbieri, F. Soglia, R. Magnani, G. Gardini, M. Petracci, F. Gardini, and C. Montanari. 2022. Safety and technological issues of dry fermented sausages produced without nitrate and nitrite. *Food Res. Int.* 160: 111685.
- Tan, L., Y. Ni, Y. Xie, W. Zhang, J. Zhao, Q. Xiao, J. Lu, Q. Pan, C. Li, and B. Xu. 2023. Next-generation meat preservation: integrating nano-natural substances to tackle hurdles and opportunities. *Crit. Rev. in Food Sci. and Nutrit.*
- Teixeira, A., R. Domínguez, I. Ferreira, E. Pereira, L. Estevinho, S. Rodrigues, and J. M. Lorenzo. 2021. Effect of NaCl replacement by other salts on the quality of Bísaro pork sausages. *Foods* 10: 961.
- Vidal, V. A.S., C. S. Paglarini, J. M. Lorenzo, P. E. S. Munkata, and M. A. R. Pollonio. 2023. Salted meat products: nutritional characteristics, processing and strategies for sodium reduction. *Food Reviews.* 39: 2183-2202.
- Wolk, A. 2017. Potential health hazards of eating red meat. *J. Intern. Med.* 281: 106-122.
- Zhang, J., Y. Wang, D. D. Pan, J. X. Cao, X. F. Shao, Y. J. Chen, Y. Y. Sun, and C. R. Ou. 2016. Effect of black pepper essential oil on the quality of fresh pork during storage. *Meat Sci.* 117: 130-136.

# Organic acid salts and plant extracts to enhance the freshness of clean labeled meat products- a review <sup>(1)</sup>

Tien-Chun Wan <sup>(2)(3)</sup>

Received: Aug. 18, 2023; Accepted: Dec. 27, 2023

## Abstract

The purpose of this review was to summarize applications of some important natural bacterial inhibitors that had the potential to be used in clean labeled meat products to enhance the preservation technology. Livestock products were nutrient-rich foods. However, it also provided a suitable environment for microbial growth. Increasing consumer demand for safe and high quality products had made it increasingly important to develop new clean labeled meat products that were low in fat, salt, and food additives. However, reducing the amount of salt and nitrite in products that inhibit microbial growth might result in reduced stability and safety of clean labeled meat products, thus posing a significant risk to consumer health. In order to avoid the proliferation of food-borne microorganisms in the storage process of clean labeled products, this review presented a comprehensive study of natural antibacterial substances such as organic acids, organic salts, plant extracts, and essential oils to enhance the preservation technology of clean labeled meat products. In conclusion, the use of natural bacteriostatic agents can enhance the shelf life of clean labeled meat products and has potential for use in meat processing.

Key words: Clean label, Freshness, Meat product, Natural antibacterial agents, Safety.

---

(1) Contribution No. 2777 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Technical Service Division, MOA-TLRI, Hsinhua, Tainan City 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Corresponding author, E-mail: tcwan@tlri.gov.tw.