

淺談乳清生物複合膜 於延長食物保鮮之潛力

◎畜產加工組／黃寂槐、吳鈴彩、葉瑞涵、郭卿雲

前言

乳清是牛奶加工過程中產生的副產物。在製作起司、優格等乳製品時，牛奶凝結成固體形成凝乳，剩餘半透明黃色的液體為乳清。以牛奶製作起司為例，生產過程中約90%會轉換為乳清。乳清中約93%為水，其餘成分為蛋白質、乳糖及水溶性維生素等營養物質。為了提升乳清的利用價值，各國專家及業者對此進行大量研究，使乳清得以轉化為其他可利用的產品，例如乳清粉、濃縮乳清蛋白及乳清調味飲品等。

在這些研究中，乳清蛋白在相對低濕度下可形成透明的薄膜或塗層，帶有香氣特性，並已經被研製為乳清生物複合薄膜（Whey Biocomposite Films），具有優異的氣體阻隔性和親水性等特性。此外，利用添加澱粉、幾丁聚醣、纖維素、精油或奈米粒子等，可進一步改善蛋白薄膜的功能特性。乳清生物複合薄膜之技術及研究成果簡介如下：

乳清生物複合薄膜技術

- 一、製備膜溶液：以乳清/幾丁聚醣生物複合薄膜為例，首先製備含有0.8% w/v的幾丁聚醣溶液，接著製備2.4% w/v的乳清蛋白溶液，而後混合攪拌成幾丁聚醣-乳清蛋白複合膜溶液。接著，以0.1 N的鹽酸將幾丁聚醣-乳清蛋白複合膜溶液的pH值調整至5.0後，進行過濾滅菌。
- 二、脫氣處理：將幾丁聚醣-乳清蛋白複合膜溶液倒入容器中並於真空環境下將溶

液脫氣，以避免塑型時，氣泡造成膜孔洞。

- 三、乾燥成形：將脫氣後的幾丁聚醣-乳清蛋白複合膜溶液於50°C下進行空氣循環乾燥。乾燥完畢後剝離即完成乳清生物複合薄膜。

乳清生物複合薄膜之應用研究成果

- 一、提升新鮮分切火雞肉塊之抗菌性質
利用幾丁聚醣、乳清蛋白、蔓越莓或椴椴汁（別名木梨汁），開發出乳清生物複合薄膜，將此薄膜應用於接種了沙門氏菌（*Salmonella typhimurium*）、大腸桿菌（*Escherichia coli*）和彎曲桿菌（*Campylobacter jejuni*）的新鮮分切火雞肉塊，研究結果顯示，相較於未包裹的新鮮火雞肉塊，使用乳清生物複合薄膜能阻止上述病原微生物的增生，抑菌有效期至少6天。
- 二、延長Ricotta起司的保質期
利用幾丁聚醣與乳清蛋白製作出乳清生物複合薄膜，將Ricotta起司以此薄膜包覆後於4°C下冷藏保存，結果顯示，與單獨使用幾丁聚醣的薄膜相較，降低氧氣和二氧化碳通透性約14%，並提升約3倍水蒸氣通透性。未包裹複合膜的對照組之滴定酸度在最初兩週內線性增加，而包覆乳清生物複合薄膜之Ricotta起司在最初21天內酸度變化不顯著，此顯示乳清生物複合薄膜具有延長Ricotta起司保質期之潛力。

三、改善香腸的保質期和品質

將含有奧勒岡精油的乳清蛋白活性塗層塗在兩種香腸（páinhos和alheiras）的表面，並監測4個月內的理化特性和總微生物含量。結果發現，páinhos的酸度提升並有防止褪色的效果，而alheiras方面則顯著減少脂質過氧化。感官品評方面，塗層的處理對感官評估沒有顯著差異（圖1），皆有良好的接受度，約70%品評員對塗層香腸的每個參數評分都高於可接受水準。與未塗層樣品相比，塗層樣品中原料的香氣（Aroma raw）是差異較大的參數，主要原因是這類產品有不熟悉且強烈的奧勒岡香味。這些結果顯示出奧勒岡精油的乳清蛋白活性塗層具有延長加工肉製品保值其之潛力。

結語

乳清生物複合薄膜具生物可降解、環保及成膜等特性，對氧氣、芳香化合物和油脂具有良好的阻隔性能，且其功能特性可以透過結合不同的生物聚合物來進行調整。在上述研究結果中，乳清生物複合薄膜技術展現出對鮮肉、起司及肉製品之保鮮的極大潛力，未來可進一步探討此技術之原料取得成本及對風味接受性之影響，以供產業參考應用。

參考資料

Brink, I., Šipailienė, A., and Leskauskaitė, D. 2019. Antimicrobial properties of chitosan

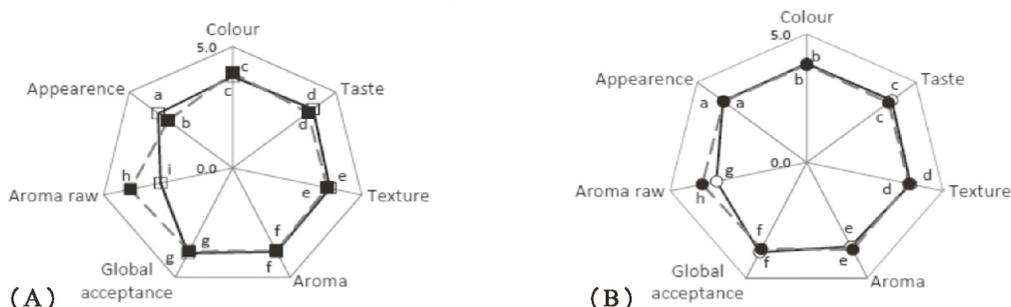
and whey protein films applied on fresh cut turkey pieces. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130.

Catarino, M. D., Alves-Silva, J. M., Fernandes, R. P., Gonçalves, M. J., Salgueiro, L. R., Henriques, M. F., and Cardoso, S. M. 2017. Development and performance of whey protein active coatings with *Origanum virens* essential oils in the quality and shelf life improvement of processed meat products. *Food Control*, 80, 273-280.

Di Pierro, P., Sorrentino, A., Mariniello, L., Giosafatto, C. V. L., and Porta, R. 2011. Chitosan / whey protein film as active coating to extend Ricotta cheese shelf-life. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10).

Ferreira, C. O., Nunes, C. A., Delgadillo, I., and Lopes-da-Silva, J. A. 2009. Characterization of chitosan-whey protein films at acid pH. *Food Research International*, 42(7).

Rasool, N., Baba, W. N., Rafiq, S., Mirza, U., and Maqsood, S. 2024. Macro and nano level intervention of reinforcing agents for production of novel edible whey composite films and their applications in food systems: A review. *Food Chemistry*, 437, Part 1.



▲圖1. 精油乳清蛋白塗層於香腸之感官分析：

(A) páinhos (塗層-□及未塗層-■) (B) alheiras (塗層-○及未塗層-●)

(資料來源：Catarino *et al.*, 2017)