

酸鹼、熱處理及儲藏條件對微膠囊化牛初乳與乳清中 IgG 安定性之影響

陳志瑋¹ 沈子偉¹ 江淑華² 王秀育¹ 張基郁^{1*}

¹大葉大學生物產業科技學系
51591 彰化縣大村鄉學府路 168 號
²馬偕醫護管理專科學校食品科學科
11260 台北市北投區聖景路 92 號

摘要

本研究以取自母牛分娩後第 2、3、4 天分泌且等體積混合的乳汁作為材料，以阿拉伯膠、 β -環狀糊精或幾丁聚醣之 10% 水溶液，分別依 1:4 體積比和牛初乳或乳清混合，以冷凍及噴霧乾燥法進行微膠囊化，並探討 pH 值、熱處理及儲藏時間對微膠囊化初乳與乳清中 IgG 安定性之影響。結果顯示，在酸鹼安定性方面，未微膠囊化之初乳在 pH 7~8 有較高之 IgG 活性，經微膠囊化者則以阿拉伯膠所得者在 pH 7~8 時有較高之 IgG 活性。在熱安定性方面，阿拉伯膠和 β -環狀糊精對於初乳或乳清之 IgG 均具有保護作用。在儲藏條件方面，儲藏溫度與包裝材質對於初乳或乳清之 IgG 殘存活性有顯著影響，在 4°C 儲存 60 天後之 IgG 活性較室溫高，以鋁袋包裝儲存者高於以透明塑膠袋包裝者，以阿拉伯膠微膠囊化之初乳在 4°C 儲存 60 天後之 IgG 殘存活性顯著高於未微膠囊化者。

關鍵詞：牛初乳， β -環狀糊精，幾丁聚醣，阿拉伯膠，微膠囊化

Effects of pH, Thermal Processing, and Storage Conditions on the Stability of Immunoglobulin G (IgG) in Microencapsulated Bovine Colostrums and Whey

CHIH-WEI CHEN¹, TZU-WEI SHEN¹, SHU-HUA CHIANG², SHIU-YU WANG¹ and CHI-YUE CHANG^{1*}

¹Department of Bioindustry Technology, Da-Yeh University
168 University Rd., Dacun, Changhua 51591, Taiwan, R.O.C.

²Department of Food Science, Mackay Medicine, Nursing and Management College
92 Shengjing Rd., Beitou, Taipei 11260, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

The bovine colostrums collected from the second, third, and fourth days postpartum were mixed with an equal volume and used as the raw materials. A 10% aqueous solution of gum arabic, β -cyclodextrin or chitosan was added in an equal volume of colostrums or whey, and

microencapsulated through freeze-drying and spray-drying methods. The effects of pH, thermal processing, and storage conditions on the stability of the immunoglobulin G (IgG) in microencapsulated colostrums and whey were investigated. Results showed that non-microencapsulated colostrums were found to have higher IgG activity at pH 7~8 than at other pH values. The microencapsulated colostrums with gum arabic were found to have higher IgG residual activity at a pH 7~8. For thermal stability, gum arabic and β -cyclodextrin (β -CD) were found to have a protective effect on IgG activity of colostrums and whey. For storage conditions, storage temperature and packaging materials were found to have a significant impact on residual IgG activity of colostrums and whey. After being stored for 60 days at 4 °C, the IgG activity was found to be higher than those stored at room temperature were. As for packaging materials, aluminum bag-packed colostrums and whey were found to have higher IgG activity than transparent plastic bag-packed colostrums. After storage for 60 days at 4 °C, the microencapsulated colostrums with gum arabic were found to have significantly higher IgG residual activity than the non-microencapsulated colostrums.

Key Words: bovine colostrums, β -cyclodextrin (β -CD), chitosan, gum arabic, microencapsulation

一、前言

人類出生後，常無法避免微生物的侵襲，因此，人類和其他脊椎動物在演化上便發展出一套免疫系統，以對抗微生物的侵襲。免疫系統可分為先天及後天性的免疫，而在後天性免疫方面，常可藉由直接注射或口服方式，使得身體吸收免疫球蛋白（immunoglobulin），而增加免疫能力 [5]。攝食初乳（colostrums）可增強免疫力已有研究報告，Arguello 等人 [6] 餵食小羊初乳，證實可增加血清中 IgG 濃度。牛初乳所含之免疫球蛋白可防止人體遭 *E. coli* 及輪狀病毒感染，避免下痢 [8, 9, 12, 22]。

牛初乳為母牛分娩後約一週內分泌之乳汁。陳昭誠 [3]、Smith 等人 [21] 和 Katsuro 等人 [12] 的研究發現初乳含有大量的免疫球蛋白，約為常乳的數十倍 [6]，其中又以 IgG 含量最高。然而，初乳中雖然富含免疫因子，但免疫因子易受溫度或物理、化學上的變化影響而使得活性降低。本研究室曾採集乳牛產犢後第二、三、四天的初乳乳汁為材料，以阿拉伯膠、 β -環狀糊精、幾丁聚醣作為包覆材質，使用冷凍乾燥及噴霧乾燥兩種方式進行初乳或乳清液之微膠囊化，並探討胃腸道蛋白酶與微生物脂多醣對微膠囊化初乳與乳清 IgG 活性之影響 [1]，結果發現，冷凍乾燥法所得之微膠囊化初乳其 IgG 活性比噴霧乾燥法所得者高。在胃腸道蛋白酶耐受性方面，以阿拉伯膠及 β -環狀糊精微膠囊化之初乳經胃蛋白酶作用 2 小時後，其 IgG 殘存活性較未微膠囊化者分別高出 9.8 及 7.6%，再經胰蛋白酶作用 4 小時後，有、無微膠囊化處理則無顯著之差異性；而微膠囊化對乳清之胃

蛋白酶及胰蛋白酶耐受性則無顯著影響。在與微生物脂多醣作用方面，*E. coli* O55:B5 與初乳或乳清之 IgG 有抗原-抗體親和性反應，而以阿拉伯膠微膠囊化者，在經過胃蛋白酶作用後，其與 *E. coli* O55:B5 脂多醣作用後之 IgG 活性較未微膠囊化者高。本研究則持續探討酸、鹼與熱處理對微膠囊化初乳與乳清 IgG 活性之影響，並分析不同儲藏溫度、包裝材質對 IgG 安定性之影響，提供增進牛初乳利用價值之參考。

二、材料與方法

(一) 試驗材料

1. 原料

本研究使用的初乳取自彰化縣秀水鄉主恩牧場飼養之乳牛，品種為荷蘭種（Holstein），收集母牛剛產犢分娩後第二、三、四天的乳汁，以等體積（1：1：1）混合後，以離心法（10,000 x g, 4°C, 30 min），去除上層乳脂肪。所得之脫脂初乳以 1 N HCl 進行酸沉澱，調 pH 至 4.6 後，靜置於水浴鍋中（40°C）30 分鐘使之形成凝乳，再次離心（10,000 x g, 4°C, 30 min），上層為乳清液，將上層液收集，以 1 N NaOH 調 pH 至 7.0，經再次離心（10,000 x g, 4°C, 30 min），收集上清液，即為乳清。將初乳及乳清以冷凍乾燥法製成粉末備用。

2. 包覆粉體

- 阿拉伯膠（gum arabic）：恒新股份有限公司，台灣。
- β -環狀糊精（ β -cyclodextrin, β -CD）：協成化工股份有限公司，台灣。

- 水溶性幾丁聚醣 (chitosan-water soluble)：去乙醯度 92.3%，誠麗實業股份有限公司，台灣。

(二) 測定項目與方法

1. 一般組成分析

牛初乳之一般成分(水分、粗蛋白、粗脂肪及灰分)含量，皆依 AOAC [7] 之方法進行三重複測定。

2. 初乳 IgG 之定量分析

參考 Kummer 等人 [15] 之方法並作適當之修改。在定量初乳 IgG 過程中，以牛血清 IgG 為標準液，並以 PBS-Tween (1 L PBS 中含有 0.5 mL Tween-20) 稀釋 IgG 量約在 1-1000 ng/mL，期所得標準檢量線在測試濃度範圍內有一顯著之線性關係，擷取此呈線性關係之檢量線，並將待測樣品濃度作適當稀釋，使得待測樣品之 ELISA 吸光值可落於檢量線之濃度範圍內，以利進行 IgG 之定量分析。

3. 牛初乳與乳清之微膠囊化

參考江淑華等人 [1]、陳昭誠等人 [4] 及林虔宏 [2] 的方法選用可食用性 (edible) 的粉體，包括阿拉伯膠、 β -環狀糊精及幾丁聚醣，製成 10% 水溶液，經試驗多種比例後，以 4:1 (初乳或乳清液：包覆膠體液) 之體積比例混合。將初乳或乳清粉末復溶至 10 mg/mL 之濃度，取 100 mL 之初乳或乳清液，分別以 4:1 (初乳或乳清液：包覆膠體液) 之體積比，與阿拉伯膠溶液、 β -環狀糊精溶液或幾丁聚糖溶液混合。經混合後之乳濁液，靜置半小時後，以攪拌機使乳濁液均勻混合 10~20 分鐘後，進行冷凍或噴霧乾燥。

4. 噴霧乾燥

使用桌上實驗型噴霧乾燥機 (EYELA SPRAY DRYER SD-2)，包含微量蠕動幫浦 (micro peristaltic pump)、空氣壓縮機、溫度控制主機及其噴霧噴嘴 (spray nozzle)、旋風收集器 (cyclone) 和收集瓶 (receiving flask) 等相關配備。本研究期望能保留較高之初乳 IgG 殘存活性，乃以調整進料流速及熱風送出管的出口大小來操控其熱風送入的溫度，使其噴霧之入口溫度 (inlet temperature) 約為 80~90°C，出口溫度 (outlet temperature) 約為 55~65°C。本實驗進料流速及其時間的調配：在 0~30 分鐘，蠕動幫浦調整至最低速率進行噴霧乾燥，流速約為 5 mL/min；在 30 分鐘後，加快流速，進料速率約為 20 mL/min，約每半小時觀察其出口及入口溫度，若溫度過高，則降低進料流速及調整熱風送出管的出口大小；第 2 小時後，依混合物的不同，約 1~2 小時乳濁液進料完畢。其後關掉電源，30 分鐘後將收集瓶中粉體取

出，以進行分析試驗。

5. 冷凍乾燥

將初乳或乳清粉末復溶後，同上所述方法製備乳濁液，先置於冷凍庫中結凍後，再以冷凍乾燥機 (KINGMECH FD2-6P-D, USA) 進行冷凍乾燥。

6. IgG 之酸鹼安定性

以 0.1 N HCl 或 NaOH 調整待測樣品液之 pH 值，使其分別為 2~12，樣品液之濃度皆為 10 mg/mL，在 37°C 下放置 4 小時後，測其 IgG 活性 (ELISA 值)。

7. IgG 之熱安定性

取未微膠囊化及使用不同粉體 (阿拉伯膠、 β -環狀糊精、幾丁聚醣) 微膠囊化之初乳或乳清粉末，分別於 63.5 與 75°C 加熱，在不同加熱時間後取出，測其 IgG 活性變化 (ELISA 值)。

8. IgG 儲藏安定性

未微膠囊化及微膠囊化初乳、乳清粉末，充填於透光夾鍊塑膠袋及不透光鋁袋中，密封後，分別在室溫、4°C 儲存，測其第 0、5、10、20、40、60 天之 IgG 殘存活性。

(三) 統計分析

本研究以統計分析系統 (Statistical Analysis System, SAS) [20] 中的鄧肯氏多變域法 (Duncan's multiple range test) 進行各實驗值間之差異性分析。

三、結果與討論

(一) 初乳和乳清基本組成及微膠囊化後之 IgG 殘存活性

本研究使用之初乳原料與江淑華等人 [1] 之研究相同，為乳牛分娩後第 2、3、4 天分泌且等體積混合之初乳，其一般基本組成如下：初乳之灰分含量為 0.77%，粗蛋白 5.61%，粗脂肪 3.86%，水分 83.42%，IgG 濃度為 9.19 mg/mL (含量為 5.54 g/100 g 初乳)；乳清之灰分含量為 1.95%，粗蛋白 8.76%，粗脂肪 0.59%，水分 89.49%，IgG 濃度為 3.35 mg/mL (含量為 3.18 g/100 g 乳清)。Manuela 等人 [18] 發現母牛 (cow) 乳清之水分含量為 87.76%，粗蛋白含量為 10.59%，IgG 含量為 6.16 g/100 g，與本實驗結果有差異，可能為牛隻之差異與收集天數之不同所造成。在 IgG 的含量方面，Foley and Otterby [10] 發現牛初乳中 IgG 濃度 1.5~3.2 g/100 mL，高於本研究之結果。陳昭誠 [3] 的研究發現初乳之 IgG 含量為 3.2 g/100 g，乳清之 IgG 含量為 0.5 g/100 g，低於本實驗之結果。

本研究採江淑華等人 [1] 的方法進行初乳與乳清之微膠囊化。在微膠囊化初乳 IgG 殘存活性方面，以冷凍乾燥法所得之微膠囊化初乳其 IgG 活性比噴霧乾燥法所得者高，經過冷凍乾燥處理後所得之初乳 IgG 殘存活性約為 40.36~42.65%，噴霧乾燥處理之 IgG 殘存活性約為 26.55~29.16%。在微膠囊化乳清 IgG 殘存活性方面，以冷凍乾燥法所得之微膠囊化乳清其 IgG 活性亦比噴霧乾燥法所得者高，經過冷凍乾燥處理後所得之乳清 IgG 殘存活性約為 81.01~83.40%，噴霧乾燥處理之 IgG 殘存活性約為 11.73~12.08%。

(二) 酸鹼對初乳與乳清 IgG 安定性之影響

圖 1 及圖 2 分別為微膠囊化初乳和乳清在不同 pH 值下 IgG 活性之 ELISA 讀值。由圖中可發現各樣品之最高 IgG 活性皆落於 pH 6~10，在偏酸或鹼環境下，IgG 活性皆有下降的趨勢，在乳清方面，pH 值 2 時，有明顯的活性突降情形。Kaneko [13] 的研究指出牛乳 IgG 在 30°C、pH 4 及 10°C、pH 3 以下時較不安定。陳昭誠 [3] 的研究亦指出 IgG 殘存活性會隨著 pH 降低而逐漸下降，尤其在 pH 4 以下時更為顯著，而在 pH 10 以上時，IgG 活性亦有明顯下降趨勢。本實驗結果亦呈現出相同之變化趨勢。

為了進一步了解酸鹼對微膠囊化初乳和乳清之 IgG 活性的影響，選取圖 1 與圖 2 中，pH 值 7 和 8 之 ELISA 讀值，作 IgG 殘存活性之比較分析。結果顯示，在 pH 值 7 和 8 時，初乳 IgG 活性以阿拉伯膠微膠囊化者為最高，比未微膠囊化者分別高約 7.60% 和 20.96%，而以幾丁聚醣微膠囊化者其 IgG 活性在 pH 7 和 8 之下皆未比未微膠囊化者高，因此推斷阿拉伯膠及 β -環狀糊精在中性環境下，對於初乳 IgG 活

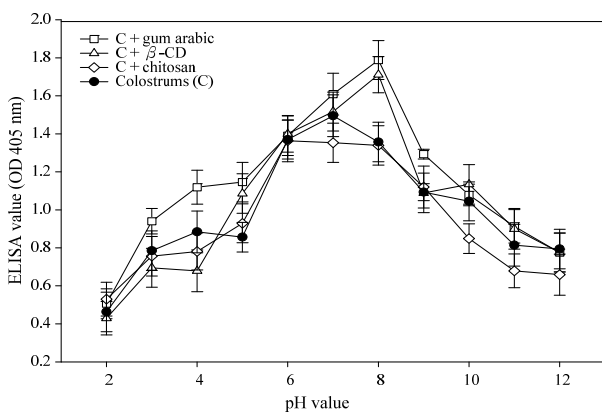


圖 1. 在不同 pH 值下之初乳和微膠囊化初乳之 IgG 活性

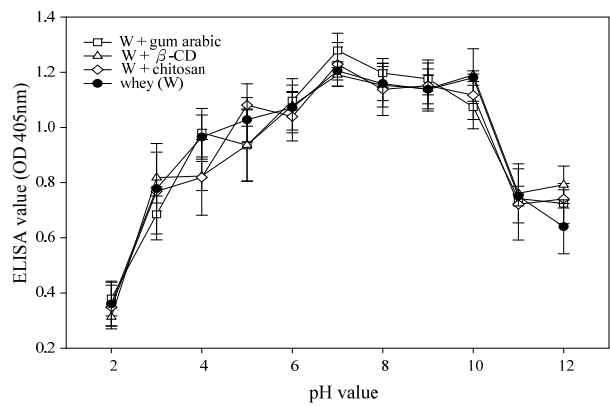


圖 2. 在不同 pH 值下之乳清和微膠囊化乳清之 IgG 活性

性皆有保護作用，Krishnan 等人 [14] 和 Reineccius [19] 的研究報告指出阿拉伯膠、麥芽糊精之黏性高，易與大部分的蛋白質、碳水化合物、澱粉及膠質共存，故保護初乳 IgG 活性效果較好，而幾丁聚醣之保護效果不佳，推測原因可能為水溶性幾丁聚醣為醋酸處理之產品，在 pH 7 和 8 時，幾丁聚醣之羧基帶負電 ($-\text{COO}^-$)，無法形成具保護作用之薄膜 [1]，且對初乳 IgG 活性造成破壞所致。圖 2 顯示乳清 IgG 活性在 pH 值 7 和 8 時，均以阿拉伯膠進行微膠囊化所得者為最高，在 pH 7 時高於未微膠囊化者約 6.10%，在 pH 8 時高於未微膠囊化者約 3.60%，但和其他微膠囊化者間之 IgG 活性百分比差異並不顯著。

(三) 熱處理對初乳與乳清 IgG 安定性之影響

乳品在加工上，常需要高溫下進行殺菌、噴霧乾燥、常壓濃縮等，例如：以 63.5°C、30 分鐘進行巴斯特殺菌 (Pasteurization)，以 75°C、15 秒進行高溫短時殺菌 (HTST)。因此本研究乃採用此條件探討熱處理對 IgG 安定性之影響。

圖 3 為初乳及微膠囊化初乳分別經 63.5°C 加熱 30 分鐘及 75°C 加熱 15 秒後之 IgG 殘存活性。由圖中得知初乳經過 63.5°C 加熱 30 分鐘後，IgG 殘存活性約為 83.10%，而 75°C 加熱 15 秒後，IgG 殘存活性約為 88.70%。在微膠囊初乳方面，發現經阿拉伯膠與 β -環狀糊精微膠囊化後，皆會保留較高之 IgG 殘存活性。

圖 4 為乳清及微膠囊化乳清分別在 63.5°C 加熱 30 分鐘及 75°C 加熱 15 秒後之 IgG 殘存活性。由圖中得知乳清經過 63.5°C 加熱 30 分鐘後，IgG 殘存活性約為 73.40%，而 75°C 加熱 15 秒後，IgG 殘存活性約為 90.80%。在微膠囊化

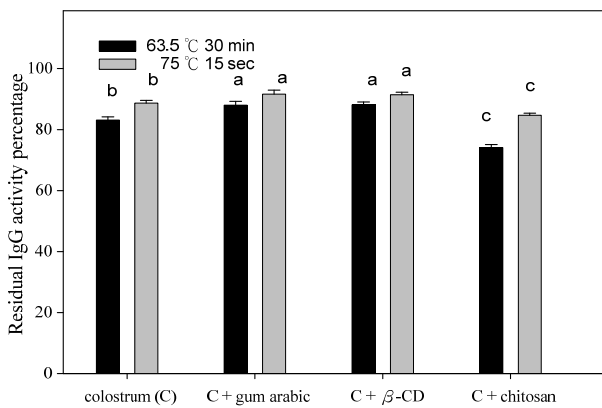


圖 3. 初乳及微膠囊化初乳分別經 63.5°C 加熱 30 分鐘及 75°C 加熱 15 秒後之 IgG 殘存活性

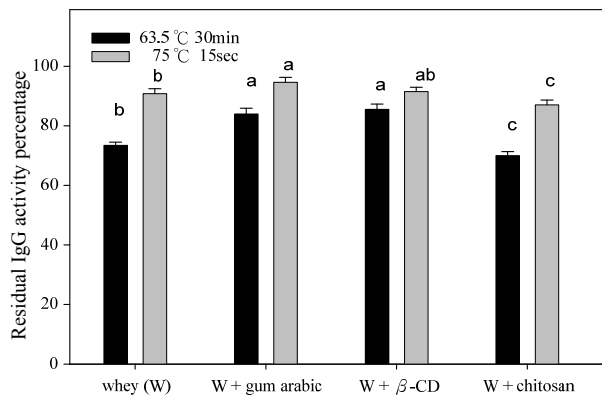


圖 4. 乳清及微膠囊化乳清分別經 63.5°C 加熱 30 分鐘及 75°C 加熱 15 秒後之 IgG 殘存活性

乳清方面，發現經阿拉伯膠與 β -環狀糊精包覆後，皆會保留較高之 IgG 殘存活性。

Li-Chan 等人 [16] 指出 IgG 在 30~70°C 具有相當之熱安定性，在 70°C 處理 10 分鐘後，仍可維持 80~90% 活性。陳昭誠等人 [4] 曾比較初乳及乳清加熱後 IgG 殘存活性之差異，結果發現以巴斯特殺菌條件加熱後，初乳之 IgG 殘存活性為 94%，乳清為 87%；以高溫短時殺菌條件加熱後，初乳及乳清之 IgG 殘存活性皆為 97%。陳等[4]的研究提及添加蔗糖或其他轉化糖時，可抑制初乳 IgG 在 75-80°C 下的熱變性。本實驗推斷阿拉伯膠微膠囊化效果佳的原因可能為阿拉伯膠是醣類聚合物，呈多分枝構造，其主幹由半乳糖及葡萄糖醛鹽 (salt of D-glucuronic acid) 所形成，分枝是由阿拉伯糖及鼠李糖 (L-rhamnose) 構成，且阿拉伯膠溶於水後，形成黏稠的液體，易和其他物質結合 [17, 19]，因此推斷阿

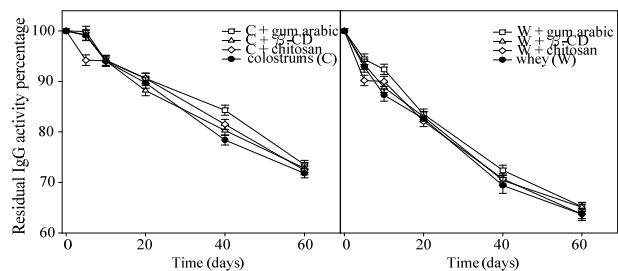
拉伯膠對 IgG 熱安定性具有貢獻。

(四) 初乳與乳清 IgG 之儲藏安定性

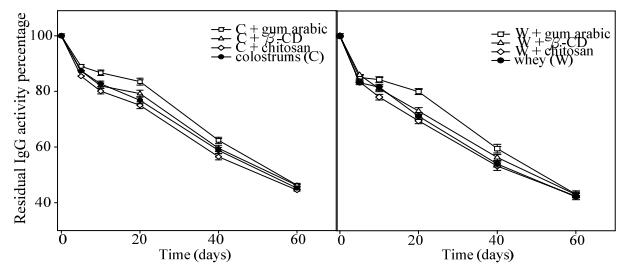
本試驗將冷凍乾燥法製成之微膠囊化初乳和乳清，在 4°C 和室溫下，以及利用透明塑膠袋和不透光之鋁袋包裝儲藏，並以 ELISA 法測其儲藏第 0、5、10、20、40、60 天之 IgG 殘存活性，結果分別示於圖 5 與圖 6。

圖 5 為在透光塑膠袋包裝下，分別於 4°C 及室溫下儲存 60 天期間之初乳和乳清 IgG 殘存活性。由圖中可知在室溫下儲存 60 天後，包覆膠體對初乳和乳清之 IgG 殘存活性並無顯著影響，皆剩餘約 40%，若比較不同儲藏溫度，則發現在儲藏至第 60 天後，4°C 冷藏之初乳 IgG 活性約 71%，乳清 IgG 活性約 63%，而室溫保存下之初乳 IgG 活性約 45%，乳清 IgG 活性約 42%，明顯得知低溫儲藏對於保護 IgG 殘存活性是有助益的。

圖 6 為在不透光的鋁袋包裝下，分別於 4°C 及室溫下儲存 60 天期間之初乳和乳清 IgG 殘存活性，儲藏 60 天後，4°C 冷藏之初乳 IgG 活性約 75.3%，乳清 IgG 活性約 76.80%，而室溫保存下之初乳 IgG 活性約 62.10%，乳清 IgG 活性約 57.30%，得知低溫儲藏在鋁袋包裝下，對於保護 IgG 殘存活性是有助益的。



(a) 4°C



(b) 室溫

圖 5. 未微膠囊化及微膠囊化之初乳和乳清以透光塑膠袋包裝並在不同溫度下儲存 60 天期間之 IgG 殘存活性

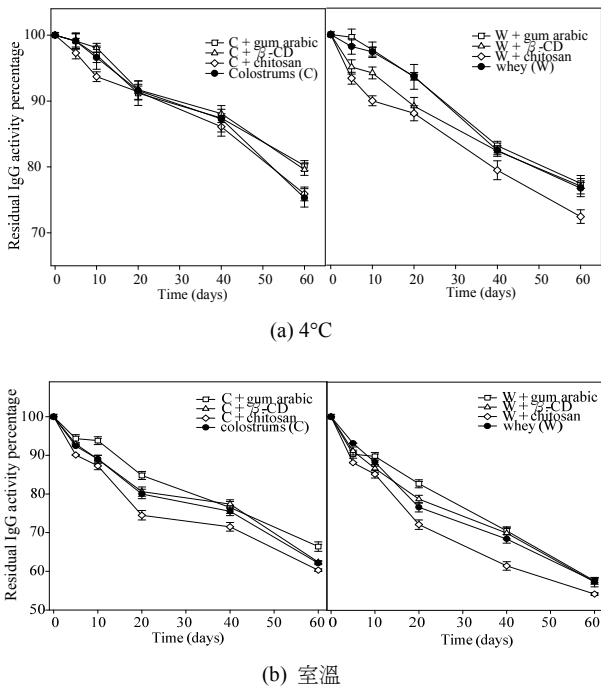


圖 6. 未微膠囊化及微膠囊化之初乳和乳清以鋁袋包裝並在不同溫度下儲存 60 天期間之 IgG 殘存活性

比較圖 5 與圖 6 中同為室溫儲存 60 天後之初乳和乳清 IgG 殘存活性，結果發現鋁袋包裝者高於塑膠袋包裝者，活性約高出 17~20%，推測鋁袋包裝因有隔光的效果，可以避免光照引起之化學反應，而導致 IgG 失活，故鋁袋包裝有較高之 IgG 活性。陳昭誠 [3] 曾探討冷凍乾燥 IgG 粉末在充氮氣或充空氣包裝，分為隔光與照光，4°C 與 25°C 儲存下，IgG 活性的儲藏的安定性，結果發現隔光之 IgG 活性亦高於照光者。

為了解微膠囊化之包覆膠體對於 IgG 活性是否有影響，本研究乃比較不同微膠囊化初乳和乳清在室溫儲存 60 天後之 IgG 殘存活性，結果如圖 7 所示。由圖中發現以透明塑膠袋包裝者，包覆膠體種類對其 IgG 殘存活性無顯著影響，若以鋁袋包裝，初乳方面，以阿拉伯膠微膠囊化的 IgG 殘存活性較高，較未微膠囊化者多出 4.30%。乳清方面，阿拉伯膠及 β-環狀糊精微膠囊化者與未微膠囊化者相比，無顯著影響。幾丁聚醣微膠囊化者 IgG 殘存活性則較未微膠囊化者低，推測原因可能為以幾丁聚醣微膠囊化者，本就無法於乳清表面形成完整保護薄膜 [1]，再經 60 天儲存後，原有之保護膜逐漸破壞，進而使幾丁聚醣分子與 IgG 分子發生作用，致使 IgG 殘存活性降低。圖 8 為在同一包裝（透明塑膠袋）但不同溫度（4°C 及室溫）儲存 60 天後之不同微膠

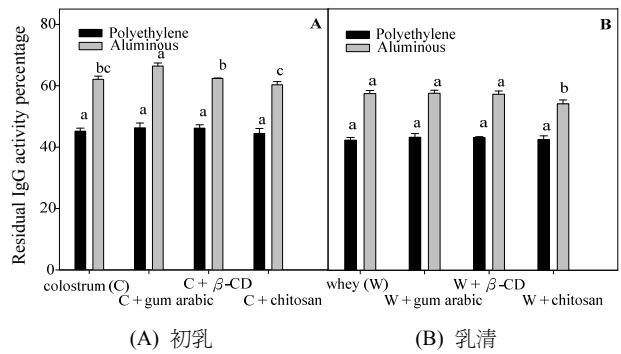


圖 7. 未微膠囊化與微膠囊化初乳和乳清在室溫下以透光塑膠袋和鋁袋儲存 60 天後之 IgG 殘存活性

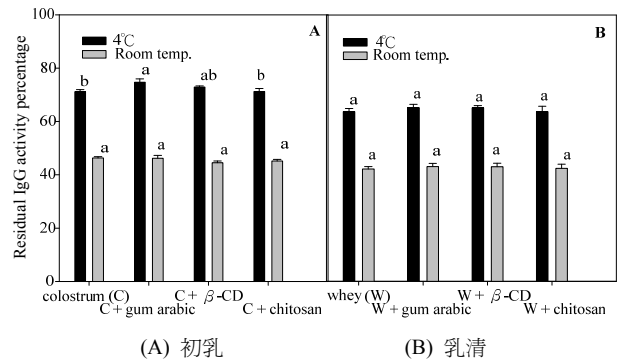


圖 8 未微膠囊化與微膠囊化初乳和乳清在 4°C 和室溫下以透光塑膠袋儲存 60 天後之 IgG 殘存活性

囊化初乳與乳清之 IgG 殘存活性。結果發現初乳方面，4°C 下阿拉伯膠微膠囊化者較未微膠囊化者高出 3.60%，而室溫下有、無微膠囊化者無顯著差異；乳清方面，在 4°C 或室溫下，有、無微膠囊化者間則皆無顯著差異。其原因可能為阿拉伯膠在 4°C 下於乳清表面所形成之薄膜仍完整，可保護 IgG 分子，但在常溫下經 60 天儲存，已逐漸失去保護作用，導致有無微膠囊化者之間無顯著差異。

四、結論

在酸鹼安定性方面，IgG 在 pH 6~9 時有較高活性，初乳或乳清經阿拉伯膠及 β-環狀糊精微膠囊化後之 IgG 活性均較控制組高。在熱處理安定性方面，阿拉伯膠和 β-環狀糊精對牛初乳或乳清 IgG 活性均具有保護作用。在儲藏安定性方面，儲藏溫度與包裝材質對於初乳或乳清之 IgG 殘存活性有顯著影響，在 4°C 儲存 60 天後之 IgG 活性較室溫儲存高，以鋁袋包裝儲存者高於以透明塑膠袋包裝者，以阿拉伯

膠微膠囊化之初乳在 4°C 儲存 60 天後之 IgG 殘存活性顯著高於未微膠囊化者。

綜合本研究結果，得知在處理初乳或乳清微膠囊化過程中，會因物理、化學變化，使得 IgG 原存有之活性下降，但由上述各項安定性實驗結果顯示，微膠囊化者具有保護 IgG 分子免於失活之功效，尤以阿拉伯微膠囊化者為佳。

誌謝

本研究承行政院國家科學委員會經費補助（NSC 94-2214-E-212-002），以及彰化縣秀水鄉主恩牧場提供牛初乳原料，特致謝忱。

參考文獻

- 江淑華、沈子偉、陳志瑋、王秀育、張基郁（民 99），微膠囊化牛初乳及乳清之 Immunoglobulin G 對 Pepsin 與 Trypsin 之耐受性及 E. coli O157:H7 脂多醣作用之研究，科學與工程技術期刊，6(1)，27-35。
- 林虔宏（民 90），蛋黃卵磷脂微膠囊之製作及其物理性質之探討，國立中興大學畜產學系碩士論文。
- 陳昭誠（民 87），牛乳免疫球蛋白 G 安定性之研究，國立台灣大學食品科技研究所博士論文。
- 陳昭誠、杜豔櫻、張鴻民（民 88），牛乳 IgG 經低溫噴霧乾燥後之安定性研究，食品科學，26，487-495。
- 盧冠霖（民 91），新編免疫學，永大書局，台北。
- Arguello, A., N. Castro, J. Capote, J. W. Tyler and N. M. Holloway (2004) Effect of colostrum administration practices on serum IgG in goat kids. *Livestock Production Science*, 90, 235-239.
- AOAC. (1998) *Official methods of analysis of the association of official analytical Chemist* (16th ed.), Washington, DC.
- Brussow, H., H. Hilpert, I. Walther, J. Sidoti, C. Mietens and P. Bachmann (1987) Bovine milk immunoglobulins for passive immunity to infantile rotavirus gastroenteritis. *Journal of Clinical Immunology*, 25, 982-986.
- Ebina, T., A. Sato, K. Umezumi and N. Ishida (1985) Prevention of rotavirus infection by oral administration of cow colostrums containing anti-human rotavirus antibody. *Medical Microbiology and Immunology*, 174, 177-185.
- Foley, N. and S. Otterby (1978) Availability, storage, treatment, composition and feeding value of surplus colostrum: A review. *Journal of Dairy Science*, 61, 1033-1060.
- Hilpert, H. (1977) Bovine milk immunoglobulins, their possible utilization in industrially prepared infants milk formula. In L. Hambræus (Ed.). *Food and Immunology*, (pp. 182-196). Almqvist and Wiksell International, Stockholm, Sweden.
- Katsuro, H., K. Satoshi, Y. Hitoki, K. Rikio and I. Hiroshi (2000) Detection of cytokines in bovine colostrum. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 76, 183-190.
- Kaneko, T., B. T. Wu and S. Nakai (1985) Selective concentration of bovine immunoglobulins and α -lactalbumin from acid whey using FeCl₃. *Journal of Food Science*, 50, 1531-1536.
- Krishnan, S., R. Bhosale and R. S. Singhal (2005) Microencapsulation of cardamom oleoresin: Evaluation of blends of gum arabic, maltodextrin and a modified starch as wall materials. *Carbohydrate Polymers*, 61, 95-102.
- Kummer, A., D. D. Kitts, E. Li-Chan, J. N. Losso, B. J. Skura and S. Nakai (1992) Quantification of bovine IgG in milk using enzyme-linked immunosorbent assay. *Food and Agricultural Immunology*, 4, 93-102.
- Li-Chan, E., A. Kummer, J. N. Losso and S. Nakai (1994) Survey of immunoglobulin G (IgG) content and antibody specificity in cow's milk from British Columbia. *Food and Agricultural Immunology*, 6, 443-451.
- Liu, Q., A. M. Rauth and X. Y. Wu (2007) Immobilization and bioactivity of glucose oxidase in hydrogel microspheres formulated by an emulsification-internal gelation-adsorption-polyelectrolyte coating method. *International Journal of Pharmaceutics*, 339, 148-156.
- Manuela, E., J. A. Lopes da Silva, Pintado and M. F. Xavier (1999) Comparative characterization of whey protein concentrates from ovine, caprine and bovine breeds. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 32, 231-237.
- Reineccius, G. A. (1988) Spray drying of food flavours. In G. A. Reineccius and S. J. Risch (Eds.). *Flavour Encapsulation* (pp. 55-66). American Chemical Society, Washington, DC.
- SAS. (2001) *SAS User's Guide: Statistics*, 8th ed. SAS Inst., Cary, NC.
- Smith, K. L., L. A. Muir, L. C. Ferguson and H. R. Conrad

-
- (1971) Selective transport of IgG into the mammary gland: Role of estrogen and progesterone. *Journal of Dairy Science*, 54, 1886-1894.
22. Tacket, C. D., G. Losnsky, H. Link and M. M. Levine (1988) Protection by milk immunoglobulin concentrate against oral challenge with enterotoxigenic *E. coli*. *The New England Journal of Medicine*, 318, 1240-1243.
- 收件：99.08.11 修正：99.10.21 接受：99.11.18