

投稿類別：農業類

篇名：

「豆趣乾酪」—牛乳與豆乳凝乳現象與糖添加量之關係

作者：

古祐瑄。國立關西高中。畜產保健科二年甲班
周嘉芬。國立關西高中。畜產保健科二年甲班

指導老師：

黃爰禎老師

壹●前言

一、研究動機

台灣的酪農業規模小，牛乳產量有限，加上起司製成率低，我們吃的起司全是進口居多。

東方牛奶「豆漿」是中國具特色的傳統飲品之一，其含有豐富蛋白質、礦物質和維生素，有多種牛乳沒有的營養素（如含鐵量高、鉀、鎂等），且蛋白質濃度與牛乳相似，因此，我們想利用豆漿製作起司，除了低成本的原因吸引我們進行一連串的研發，更希望造福到更多人吃到美味的起司，讓全素食者和乳糖不耐症患者同樣可以食用。

二、研究目的

- （一）藉由文獻探討，了解乾酪的製作原理及影響乾酪製作的因素。
- （二）探討以不同原料乳來源及加糖量對發酵凝乳的影響。
- （三）嘗試以自製豆漿製作豆乳乾酪，開發出專屬於東方人的健康起司。提供消費者不一樣的選擇。

貳●正文

一、乾酪起源

根據傳說，數千年前有一位阿拉伯人把牛奶裝在皮袋裡作為在沙漠中行旅的補給，皮袋的內裡是以小牛胃製作的，小牛胃含有可以使牛奶作用的酵素，酵素加上太陽照射的熱度的交互作用，使得皮袋中的牛奶凝結並與乳清分離。到了晚上休息，他就把乳清喝掉、凝乳塊吃掉。這樣的「發現」經過一段時間的發展，就誕生了人人喜愛的乾酪，

這個傳說的真實性已不可考。但是真正有記載乾酪的最早的紀錄出現在五千年前蘇美人的文獻中，考古也發現許多同時期製造乾酪的器具，那時就有綿羊、牛被馴養的證據，因此估計在大約一萬二千年前，人類就可能已經在吃乾酪了。當時人們是使用陶器、木器或是皮製品盛放鮮乳，因為容器很難保持清潔，所以鮮奶酸得很快而形成凝乳，這就是最初的乾酪型態。

二、乾酪製作

（一）原料乳之處理：

由於乾酪主要成分為酪蛋白和脂肪，因此這兩種成分越高的原料乳，乾酪產量也越高。故乳酪製造與原料乳的品質息息相關。不僅如此，採乳的時間、不同

原料乳的混合、或是處理方法如加熱、靜置等，都會改變乳酪的特性。

此外，為了避免雜菌汙染，原料乳受乳後必需遵循淨化處理、巴氏殺菌法、均質化、以及處理乳脂率達標準化的方式。通常成熟期超過六十日的乳酪使用生乳，其他的乳酪大部份使用巴氏德殺菌後的原料乳。

(二) 菌醃發酵：酸化程序的重點在於控制雜菌的產生及凝乳的產生。

被使用來使乾酪發酵與與熟成之有用微生物培養物稱為乾酪菌醃，主要為乳酸菌。根據乳酸菌的種類、酵素的量和強度不同，可分為主要是作成乳酸的菌和形成風味的菌，根據起司的種類混合被使用（註一）。

乳酸菌分解鮮乳中乳糖生成乳酸，使乳中 pH 值降低，可以幫助後續凝乳酵素之凝乳作用，增強凝乳塊的粘著並容易排出乳清。此外，也可抵禦產品中有害微生物的增生、成熟起司內部組織，分解蛋白質，做出特有的味道和香味。一般而言，在製作乾酪時，及可添加適當量 0.5~2.0% 之菌醃至殺菌原料乳（維持 30~40°C 左右）中，經過 1~2 小時乳酸發酵達到 0.18~0.20% 之酸度。

(三) 凝乳酶：用於乾酪製造的凝乳酶有酸及醃劑。

由仔牛第四胃抽出者，為凝乳酶主要成分之粉末或錠劑。凝乳酶之添加，先以少量純水或 2% 食鹽水，再對原料乳(30°C 左右)添加 0.002~0.004%。添加時需攪拌數分鐘使其均勻。凝乳酶劑使牛乳凝固之適溫為 40~41°C，最適 PH 值為 4.8 左右（註二）。

(四) 凝乳裁切及升溫攪拌：

當凝乳形成適當硬度，藉由凝乳切刀插入後拔出，其目的促進乳清排除。凝乳在尚未充分凝固而加以截切，會容易生成過柔軟的乾酪。若截切時間遲緩會造成凝乳粒大小不一，使凝乳較硬脫水不易。

(五) 加鹽：

使乾酪帶有鹹味並防止雜菌汙染與促進乳清排除。加鹽的量以最終產品的 1~3% 為原則。有三種方式為：乾鹽法直接塗抹食鹽、濕鹽法是壓製後浸泡在 2°C 左右食鹽水、混合法則是塗抹食鹽再浸入食鹽水，為上面兩種方式的混合。

(六) 熟成：

時間約三十天到數年不等，一般均在 10~20°C，濕度 85~90% 經過數周或數月以熟成，持續進行的微妙變化會對乾酪的口味、內部質地、軟硬度甚至顏色產生重大影響。

三、黃豆的成分：

(一) 黃豆成份組成，其營養價值高，被稱為"豆中之王"，含有豐富蛋白質(35~40%)、脂肪(18~20%)，還有異黃酮、礦物質及纖維等健康物質，零膽固醇，更幾乎是吃素者唯一的蛋白質來源。

(二) 大豆蛋白質是一種完全蛋白質，其九種必需胺基酸，組成接近動物性蛋白質，且質與量均可與牛奶媲美，又稱「綠色乳牛」。(註三)

四、豆漿的特性：

(一) 豆漿內含較高的鐵質，對一些缺鐵性貧血病患的鐵質補充很適合。

(二) 含有豐富的膳食纖維，有利於腸道益生菌的生長改善腸道內環境，對於長期便秘是不錯的選擇。

(三) 其所含之異黃酮，對更年期症狀的婦女更具有調節內分泌的作用。
另外牛奶與豆漿之比較如下表 1。

表 1. 牛乳與豆漿的成分比較表。

	醣類	脂肪	蛋白質	無脂固形物
豆乳	3.0	3.1	3.2	1.3
牛乳	3.0	3.1	4.0	1.5

五、製作豆漿乾酪可能遇到的問題

(一) 曾有文獻指出大豆蛋白分子較大，因此加入等量的乳酸菌種和凝乳酶只會引起 60%的大豆蛋白凝聚，易造成凝乳時間拉長。

(二) 隨著凝乳酶添加越多，凝乳時間雖會逐漸縮短但其顆粒開始變得粗糙，並有苦味產生。但從以上得知，開發新式乳製品「豆漿乾酪」是可行的，但是濃度和比例需要調整及試驗。

六、實驗材料與方法

(一) 乾酪試製 (牛乳)：目的為熟悉乾酪的做法及注意所有可能影響凝乳變化的因素。



圖 1. 原料乳殺菌：70~80°C，20 分鐘



圖 2. 降溫至 38~40 度，加入菌元
(100ml/公升)



圖 3. 攪拌後的牛乳放置保溫
(40°C，1 小時)



圖 4. 凝乳酵素先溶於溫水 (0.2g/8g 水)
加入發酵完的牛乳，凝乳 40 分鐘



圖 5. 截切 (2~3 立方公分)



圖 6. 升溫攪拌至 40~42°C，30 分鐘



圖 7. 壓榨成型



圖 8. 加鹽（最終成品總重的 1%）

七、【實驗一】原料乳水分與總固形物的比例。

目的：確認外瓶標示數據是否與實驗數據相符，若相符，可以以此濃度(水分%)當作自製豆漿的標準品。殺菌生乳、市售鮮乳、無糖豆乳進行水分測定
結果一：如表 2 所示，下表為不同原料乳水分與總固形物的比例。

表 2. 不同原料乳之水分與總固形物的比例。

	殺菌生乳(低溫殺菌)	市售鮮乳 (高溫殺菌)	市售無糖豆乳
水分(%)	84.04	87.95	94.39
糖分(%)	4.0~6.0	4.0~6.0	0
其他固型物(%)	14.8	12.05	5.61

討論一：

(一) 我們實驗出來的數據與產品標示相符。此外，為了要熟悉作法及原理，我先以牛乳試做起司兩次皆成功，若利用豆漿製作起司，應該仿照鮮乳濃度來做調整，以提高成功的機率。

(二) 由上表可知，豆漿較牛乳有較多的水分含量約 10%，若要讓豆漿濃度與牛乳濃度相當，則豆漿必須要濃縮。豆漿水分約 95%、固形物約 5% → 必須增加濃度至與鮮乳相當的固形物濃度 10%。所以豆漿水分要濃縮至一半。

【實驗二】探討無糖豆漿添加不同含糖量比例對發酵 pH 值及凝乳現象之影響

目的：參照牛乳的乳糖量（4~6%），將濃縮後的無糖豆漿添加不同糖量（0%、3%、5%、7%、9%），了解是否會影響凝乳現象以及 pH 值下降速度。

「豆趣乾酪」－牛乳與豆乳凝乳現象與糖添加量之關係

實驗二簡圖：

牛乳		濃縮豆乳				
生乳 (低溫殺菌)	市售 (高溫殺菌)	0% 糖量	3% 糖量	5% 糖量	7% 糖量	9% 糖量





↓
添加菌粉 0.5 克 / 125ML，進行發酵

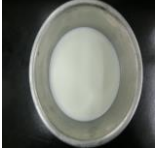









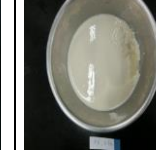
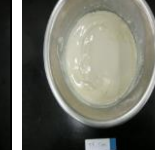







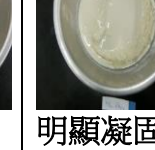

↓
每半小時測定一次、持續 6 小時

↓
觀察 pH 值及凝乳變化

結果一：

表 3. 牛乳、豆乳、及不同比例加糖豆乳對發酵凝乳之影響

	牛乳		豆乳				
	殺菌生乳 (65°C)	市售牛乳 (均質化、75°C)	不添加糖	添加 3%糖	添加 5%糖	添加 7%糖	添加 9%糖
2.5 小時	 些微乳清 分離	 些微乳清 分離	 如沙拉油 般稠狀	 如沙拉油 般稠狀	 如沙拉油 般稠狀	 如沙拉油 般稠狀	 如沙拉油 般稠狀
3.5 小時	 些微乳清 分離	 些微乳清 分離	 略凝固	 略凝固	 如優格 般黏稠固 狀	 如優格 般黏稠固 狀	 如優格 般黏稠固 狀
4 小時	 些微乳清 分離	 些微乳清 分離	 蒸蛋般凝 固會流動	 略凝固	 質地堅實 凝固明顯	 質地綿密 凝固明顯	 優格般黏 稠固狀

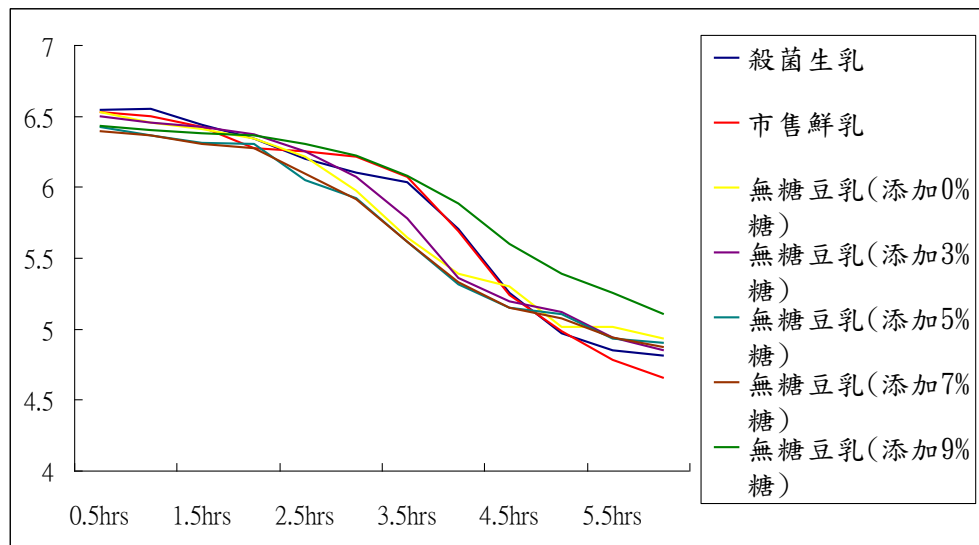
4.5 小時	 些微乳清 分離	 如沙拉油 黏稠固狀	 完全凝固	 質地堅實 凝固明顯	 質地粗糙 凝固明顯 乳清分離	 質地如布 丁狀凝 固、乳清分 離	 底部略凝 固
5 小時	 些微 乳清分離	 布丁狀凝 乳質地	 布丁狀凝 乳質地	 質地粗糙 乳清分離	 乳清分離 更明顯	 乳清分離 更明顯	 如奶酪般 凝固會流 動
5 小時	 些微乳清 分離	 水狀般凝 乳	 明顯凝固 有裂痕	 明顯凝固 有滲液 (次多)	 明顯凝固 有滲液 (固液分離 最明顯)	 明顯凝固 有滲液 (固液分離 最明顯)	 明顯凝固 有滲液

討論一：

- (一) 第 0~2 小時各組幾乎無變化，故在此省略。第 2.5 小時豆乳較牛乳開始有明顯變化，若傾斜碗的角度，拍照發現豆乳不易流動且有像沙拉油般的稠度。
- (二) 2.5 小時以後，乳酸菌開始大量生長，各組開始都有明顯的 pH 值變化和凝乳變化，在第 3.5 小時最早發現凝乳現象的是豆漿含糖量 5%、7%、9%的組別。
- (三) 在第 4 至 5 小時，以豆乳組有最顯著的凝固現象和乳清分離，尤其以 3~7% 的組別最明顯。第 5 小時之後各組幾乎無變化故省略。

結果二：

圖 1. 牛乳及不同加糖量之豆乳 pH 值下降之變化



討論二：

且隨著糖量增加，pH 值都有越來越快下降的趨勢，在第 2.5 小時開始最為明顯但是添加 9% 糖的豆乳較其他組別下降速率較慢。推測是因為糖的濃度過高反而抑制乳酸菌的生長。

參●結論

一開始，我們因為不知道濃度是影響凝乳關鍵點，所以多次自製豆漿仿製乾酪製作流程皆不凝固，這讓我們感到十分挫折。後來查了資料才發現，豆漿與牛乳本身水分、蛋白質、脂肪濃度略有不同，而凝乳又跟其中的成分有關，所以我們先以市售豆乳來製作乾酪進行比較和探討。

從我們的實驗得知，水分和糖的濃度是影響凝乳很重要的一個因素，尤其以 5% 和 7% 糖添加量有明顯的凝固現象。

初步試驗發現將市售豆漿的水分濃度調整與牛乳相當來製作是可行的，所以接下來我們要自製豆漿，將之調整成與牛乳相同濃度，並在添加 5% 和 7% 之糖添加量下來製作，討論其製作的可能性及感官品評，來了解消費者喜好度。

肆●引註資料

(註一) 林慶文。2008。乳品加工學。華香園出版社。台北市。

(註二) 莊子毅。2009。聚醣類賦形劑在乳酸菌粉生產之應用。朝陽科技大學生物技術研究所碩士論文

(註三) 張惠真。黃豆營養與健康。台中區農業改良場八十九年度試驗研究暨推廣學術研討會報告摘要-特刊。第 49 號。