

# 莫札瑞拉起司製作

◎加工組／葉瑞涵、郭卿雲

## 前言

莫札瑞拉起司 (Mozzarella) 源自於義大利南部城市坎帕尼亞和那不勒斯，其製作重點在於凝乳塊的加熱拉伸技術，藉此達到外表光亮、質地彈性之效果。這種起司較著重於口感的呈現，因此不像硬質起司及黴菌熟成起司那樣需要熟成期來發展風味，有些產品甚至不使用發酵菌種製作產品。其味道清淡溫和、香甜、微酸，可直接食用或應用於沙拉及烘培。尤其是烘培後牽絲的誘人景象，讓消費者印象深刻。此種起司由於消費者接受度較高，因此適合研發給臺灣業者生產銷售，是相對之下較容易販售的起司種類。因此，行政院農業委員會畜產試驗所（以下簡稱畜試所）蒐集相關製程文獻，並著手建立莫札瑞拉起司製程。

## 莫札瑞拉起司基礎製程

首先將原料乳進行巴氏殺菌（Pasteurization，72°C 維持 12秒 或 65°C 維持 30分鐘）。巴式殺菌可降低微生物污染之風險，同時亦可避免原料乳因高溫蛋白質變性而影響凝乳品質。殺菌完畢後將其降溫至室溫，並加入發酵菌種或食用酸，藉此調整風味及pH值。而後加入凝乳酶並於均勻攪拌後靜置凝乳。凝乳完畢後以刀具截切凝乳塊，同時緩緩升溫至41°C，促使凝乳塊持續排出乳清。直至pH值達到5.1~5.4。將凝乳塊以70°C熱水進行加熱並拉伸，拉伸至起司表面光滑油亮後就放在模具或冷水中冷卻。起司可在加熱拉伸途中直接加鹽，或於拉伸完畢後浸泡鹽水，以進行調味。以上即莫札瑞拉起司的基礎製程，如圖1所示。

## 製程pH值控管對莫札瑞拉起司品質之影響

製作莫札瑞拉起司時，pH值之控管是關鍵要素之一。Yazici等人於2010年指出，通常將原料乳的pH設定為6.55，截切排乳清的pH為6.15，加熱拉伸凝乳塊的pH值為5.1~5.4。當凝乳塊的pH值由6.0漸降至5.2時，會促使膠束磷酸鈣的溶解（solubilization of micellar calcium phosphate,  $\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6 \rightarrow 9\text{Ca}^{2+} + 6\text{PO}_4^{3-}$ ），增加凝乳塊總鈣含量中可溶性鈣的比例，並促進副酪蛋白水合作用（hydration of paracasein）。此時凝乳塊鈣含量約27 mg/g蛋白，可溶性鈣約占總鈣含量40%，此可確保副酪蛋白水合作用順利進行，使凝乳塊成功加熱拉伸。反之，若凝乳塊高於或低於pH值5.1~5.4，則副酪蛋白水合作用表現不佳，使凝乳塊在加熱拉伸時產生不光滑、粗糙、鈍、短或塊狀的非塑性物質。

傳統莫札瑞拉起司會添加發酵菌種，並藉由製程溫度及發酵時間來控制pH值。在菌種的選擇及使用方面，除了需要選擇酸化能力較穩定的菌種之外，需要避免具有蛋白酶菌種，因為蛋白酶可能影響起司的副酪蛋白基質（paracasein matrix）結構，進而對加熱拉伸有不良影響。此外，具蛋白酶的菌種可能會增加游離胺基酸形成，此導致起司在烘烤時，容易與還原糖（reducing sugar）產生梅納反應（Maillard reaction，乳糖和半乳糖的羰基，在加熱誘導下與胾或胺基酸的胺基反應而成），導致產品外觀表現不佳。因此應避免蛋白酶的菌種，並挑選可利用半乳糖的菌種。

除了菌種發酵酸化之外，亦可添加酸化

劑進行酸化。此方法的起司風味較菌種發酵者稍差，但莫札瑞拉起司主要特色並非發酵風味而是其特殊口感，因此仍是接受度良好的商品。添加酸化劑酸化時，會將原料乳pH值調節至5.6後再進行凝乳，且在凝乳過程中pH值不會變化，此與菌種發酵酸化時pH值的變化有些差異，該差異會進一步影響凝乳塊總鈣含量及總鈣含量中可溶性鈣的比例，最後影響凝乳塊加熱拉伸的pH值標準。一般說來，菌種發酵之凝乳塊pH值為5.1~5.3，而添加酸化劑酸化僅需將原料乳pH值調節至5.6即可順利進行加熱拉伸。

### 凝乳塊加熱拉伸塑造出起司特色

莫札瑞拉起司製作時，會以凝乳塊加熱拉伸的方式，塑造出特殊口感，是此種起司重要的特色（圖2）。凝乳塊達到酸化pH值標準後，會將切塊的凝乳塊放入熱水（78°C）中加熱，當凝乳塊加熱至58~60°C後會開始融合，而後以人力或機器方式進行數次延長拉伸。加熱後的凝乳塊會產生黏彈性並漸漸融合，原先團塊狀的外觀，在加熱融合拉伸後漸漸形成纖維結構，而部分游離的乳脂肪則散佈並包覆其中並產生潤滑劑的作用，最終形成具有油性表面光澤的莫札瑞拉起司。這個過程會將凝乳塊（curd）轉變成有塑性的熔融物（plastic molten mass），被稱為增塑（plasticization）。

雖然凝乳塊的加熱拉伸是其商品特色，但過程中也有乳成分流失的問題。所有種類起司在各種製作階段（截切、攪拌、凝乳塊堆疊、壓練）皆可能產生乳成分流失，例如：艾登乾酪（Edam）製作時損失總脂肪11.3%和蛋白質23.2%，而艾曼塔乾酪（Emmental）則分別損失19.9%和24.1%。相較於這些操作，莫札瑞拉的加熱拉伸過程變化非常劇烈，會流失60%總脂肪，由此可見其劇烈程度。因此，製作莫札瑞拉的乳清可利用添加酸化劑及加熱凝結（85~90°C）的方式來回收這些乳成分，製作出瑞可塔

（Ricotta）起司。

### 鹽對莫札瑞拉起司物理性狀及烹調特性之影響

莫札瑞拉起司的鹹化方式以加熱拉伸時直接加鹽，或拉伸完畢後浸泡鹽水2種方式。加鹽除了能進行調味之外，對起司的物理性狀及烹調特性也有顯著影響。起司的鹽含量由0.14%提升至12%時，會提升起司（如卡門貝爾（Camembert）、切達（Cheddar）及莫札瑞拉的硬度、斷裂應力和感官硬度。這種變化可能是鹽分含量影響起司組成成分（如水分含量降低和蛋白質含量增加）、酪蛋白水合作用及溶解度、pH值變化、酵素活性及蛋白質水解有關。除此之外，鹽含量亦影響起司的烹調特性。無鹽起司的烹調特性非常差，呈現出較差的流動性及可拉伸性，因此，鹽含量是起司產品開發的關鍵條件之一。莫札瑞拉起司一般組成成分如表1。

### 貯存期的質地變化

莫札瑞拉起司在低溫（4~8°C）貯存過程中質地會發生變化。剛貯存時（約1~5天），起司中的自由水分尚未吸收，所以其切絲特性較差。貯存一陣子之後（約3週），由於鈣的溶解及蛋白質水解作用，使酪蛋白的水結合能力增加，自由水分被吸收，因此具有較佳的硬度及切絲特性。長時間貯存時（75天以上），由於蛋白質水解作用持續進行，使酪蛋白過度溶解，產品的彈性及耐嚼性會降低，而黏性則會增加。相較於上述特性的變化，其拉伸特性在貯藏4個月時，仍具有良好表現。由此可知蛋白質水解對各種起司質地特性影響並不一致，未來應考量如何控制貯存期間的蛋白質水解程度，或是依據貯存期的質地變化，將起司應用於合適的場合。

### 結語

由於國人對起司產品消費量漸增，再加上起司產品有助於提升酪農業的文化及技術價值，所以近年來開始有業者嘗試投入國產

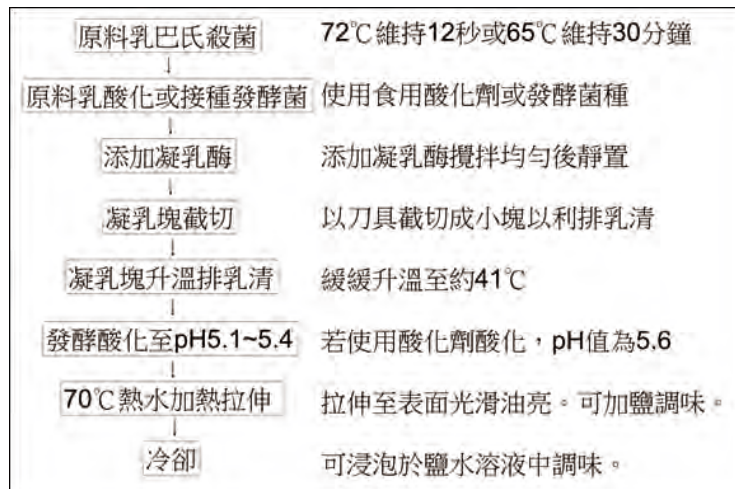
起司市場。其中，莫札瑞拉起司具有良好的消費者接受度以及加工應用價值，因此有必要建立莫札瑞拉起司製程，以供應國內之技術需求。

畜試所應用以往高達起司的製作經驗，嘗試建立莫札瑞拉起司製程。先蒐集相關文獻資料並建立添加酸化劑的製程，而後挑戰較困難的菌種發酵酸化製程，最後完成建立低水分莫札瑞拉起司、相關加工產品或零食。希望為臺灣起司技術建立基礎，並多樣化其應用價值。

主要參考文獻

Fox, P. F., T. P. Guinee, T. M. Cogan and P. L. H. McSweeney. 2017. *Fundamentals of Cheese Science*. 2nd edition. Springer Nature. New York.

Yazici, F., M. Dervisoglu, A. Akgun and O. Aydemir. 2010. Effect of whey pH at drainage on physicochemical, biochemical, microbiological, and sensory properties of Mozzarella cheese made from buffalo milk during refrigerated storage. *J. Dairy Sci.* 93: 5010-5019.

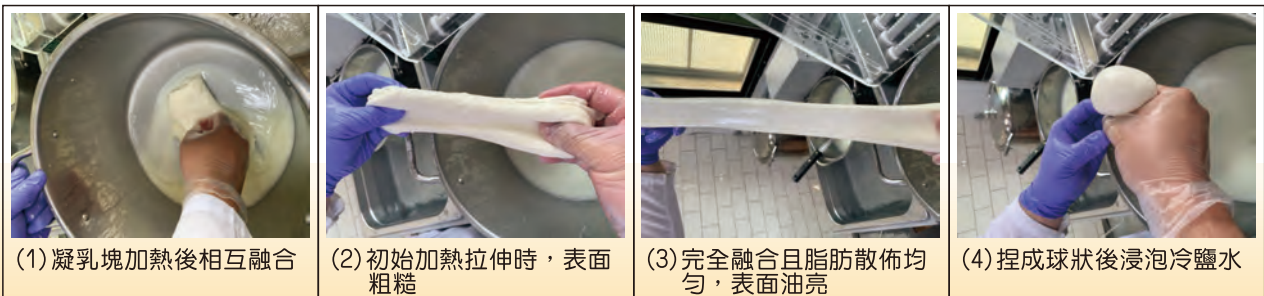


▲ 圖1. 莫札瑞拉起司基礎製程 (Fox *et al.*, 2017; Yazici *et al.*, 2010)

表 1. 莫札瑞拉起司之一般組成分 (%)

	脂肪	總固形物	總蛋白質	鹽	灰分
莫札瑞拉起司	18.0	46.0	22.1	0.7	2.3

Fox *et al.* (2017)



▲ 圖2. 畜試所莫札瑞拉起司試製