

乳水分手—探討優格乳水分離並在容器上產生紋路的現象

投稿類別：國中自然科學類

篇名：

乳水分手—探討優格乳水分離並在容器上產生紋路的現象

作者

潘柏熏。縣立花崗國中。國二 11 班

蘇妤如。縣立花崗國中。國二 11 班

陳芷筠。縣立花崗國中。國二 11 班

指導老師：

林佑信

李恩銘

壹●前言

一、摘要

本研究探討的是優格附著在容器表面，並形成獨特紋路的現象。經過觀察，我們推測此現象可能與優格乳水分離有關，因此我們透過查詢資料，發現優格乳種、發酵時間等因素會對優格乳水分離情形造成影響，並且在製作優格時，試圖改變這些因素，再將不鏽鋼片沾上優格，觀察鋼片表面附著的優格產生裂紋的獨特現象。

經過觀察後發現，乳種與發酵時間等影響優格離水性的因素，對優格的裂紋皆有不同程度的影響，表示優格裂紋的產生與優格乳水分離有相關性。

接著我們對優格施以不同次數的攪拌，促進乳清與凝乳重新混合，再將優格浸泡其中，發現經過多次攪拌後再將不鏽鋼浸泡入優格中，可減少優格裂紋的面積，表示優格裂紋的產生即是凝乳、乳清分離所導致。



圖 1：優格在碗中形成的紋路

二、研究動機

某天在吃自製的優格時，發現盛裝優格的不鏽鋼碗上出現有如河川般的紋路。仔細一看，發現紋路似乎是由優格中的凝乳被流動的乳清帶走所造成。

我曾看過許多報告，指出製作優格時，原乳內涵的脂肪量與發酵時間等，皆會影響優格乳水分離之情形與凝乳現象。因此，我想了解這些因素是否會影響優格產生紋路的情形，並推測優格形成紋路之現象的原因。

三、研究目的

- (一) 探討優格的製作方法與原理
- (二) 探討各種環境變因如何影響優格附著在容器上的裂痕
- (三) 觀察優格形成紋路之現象並提出符合實驗結果之解釋

四、研究方法

本研究分為兩大部分：**文獻探討**及**自行實驗與分析**。在文獻探討單元，我們藉由搜尋分析資料，探討優格附著在容器上形成裂痕的現象背後的原因。

貳●正文

一、研究架構

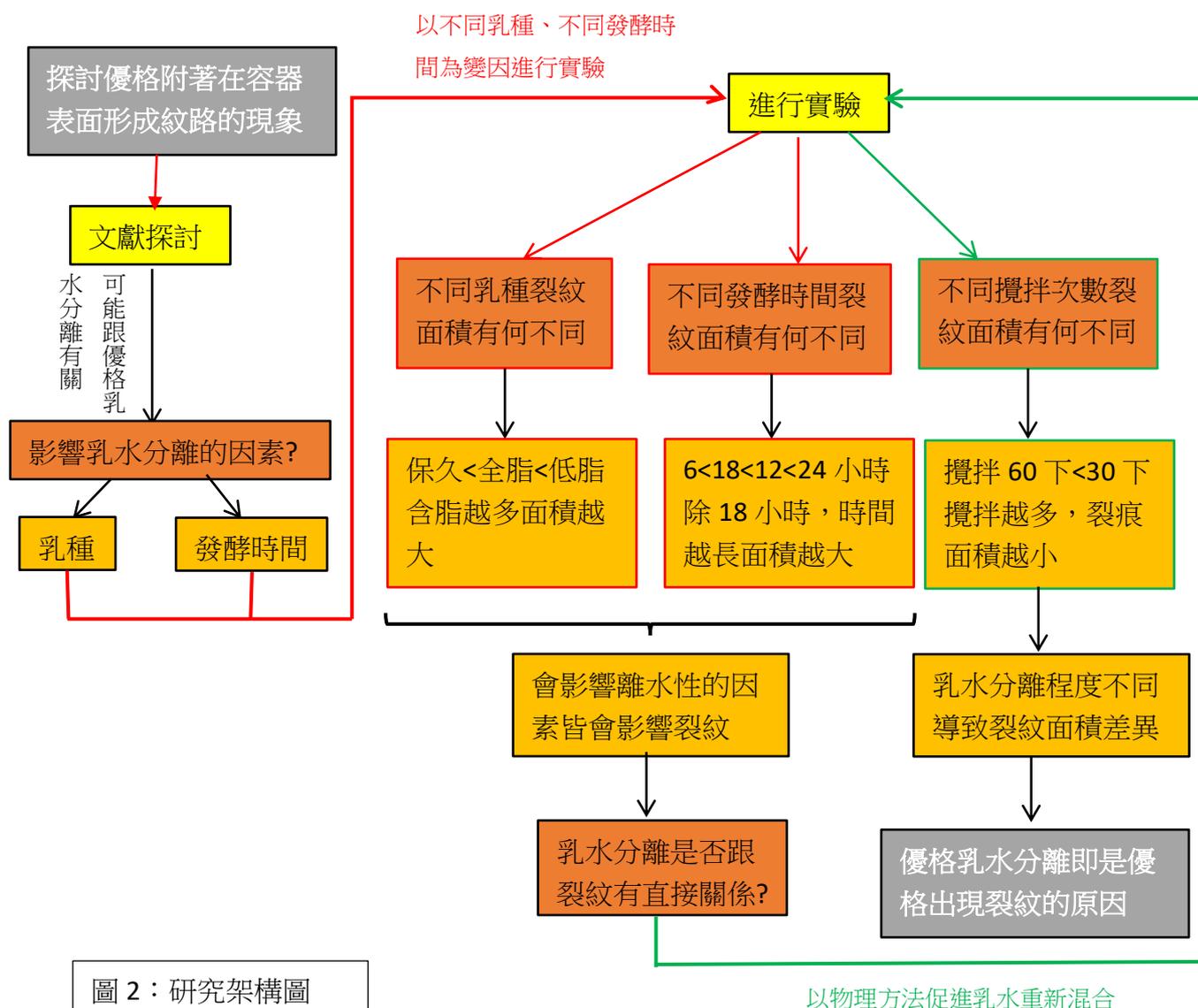


圖 2：研究架構圖

二、文獻探討：在研究之前，我們先重新搜尋、了解相關資料。以下為我們整理資料後，對一些專有名詞的定義與解釋：

(一) 優格：由動物乳汁經乳酸菌發酵所形成，常溫下為液體或半凝固狀(本論文中的「發酵」是指乳酸菌將牛乳中的乳糖轉為乳酸的過程，而非酵母菌將葡萄糖轉為酒精與水的過程。)

(二) 乳酸菌：能將碳水化合物轉變為乳酸的細菌，會提高乳汁中 pH 值，當 pH 值達到酪蛋白等電點(pH4.5)，乳汁中的酪蛋白便會沉澱而形成凝乳，產生濃稠的優格。

(三) 常溫發酵與非常溫發酵：製作優格的菌種分為常溫發酵菌(克菲爾菌等)與非常溫發酵菌。前者發酵時間約 24 小時，室溫即可發酵，後者發酵時間約 8 至 12 小時，發酵溫度約 42 至 45 度。但克菲爾菌為乳酸菌和酵母菌混合而成的菌種，發酵過程分為乳酸菌將乳糖轉為乳酸，及酵母菌的有氧與無氧呼吸等，其產物更加複雜，固本**研究採用只含乳酸菌的非常溫發酵菌作為實驗菌種。**

用非常溫發酵菌製作優格通常使用兩種以上的菌元。如將嗜熱鏈球菌搭配保加利亞乳酸桿菌。一開始，由於保加利亞乳酸桿菌適宜生長於 pH4.6~5.4 的環境，因此在中性牛奶中，嗜熱鏈球菌會先佔生長優勢，緩慢生產乳酸，此階段有助於優格均勻發酵，讓質地變得緻密；而後保加利亞乳酸桿菌轉為優勢，使發酵速度大幅加快，提升優格酸味。本次實驗使用的普羅優菌粉，即是以嗜熱鏈球菌、保加利亞菌、嗜酸乳酸桿菌等 8 種中高溫菌種混搭而成。

(四) 乳清：乳汁中酪蛋白遇酸會形成凝乳，而剩下的水、脂肪等則形成透明液體狀的乳清。此現象極為我們所稱的「優格乳水分離」。發酵過度或優格冷藏保存過久，使 pH 值下降，皆會導致乳清含量增加。基於這點，本研究將實驗以不同發酵時間為變因製作優格。

(五) 鮮乳、保久乳：乳品進行殺菌時，若採 135~150° C 超高溫瞬間滅菌法(UHT)並無菌封裝，則稱保久乳，可室溫保存，否則稱為鮮乳，需冷藏保存。加熱時間愈長、溫度愈高，維生素就愈容易被破壞，因此保久乳和奶粉的維生素也會比鮮奶少，但是鈣質、蛋白質都跟鮮奶差不多。

(六) 乳脂：牛乳中所含的脂質，以三酸甘油脂為主，均成微小脂肪球狀，由於表面有能安定脂肪球的脂肪球皮膜物質，脂肪球極為安定，即使久放也不會游離出。文獻指出，以脂肪含量低的牛乳，發酵速度快，pH 降低幅度大，但形成的優格有不穩定、離水量大等缺點。由於以上 2 點，本研究將使用瑞穗全脂鮮乳、瑞穗低脂鮮乳與田園保久乳作為優格製作素材，並觀察乳品種類如何影響優格紋路之形成。

三、自行實驗與分析

(一) 實驗步驟：實驗步驟分為 2 大部分：**乳品消毒與發酵**及**正式實驗**

1. 乳品消毒與發酵

(1) 將保羅瓶以沸水消毒，並將不鏽鋼鍋與溫度計清洗風乾

(2) 將牛乳 1000 克倒入不鏽鋼鍋，使用黑晶爐將牛奶加熱滅菌，並放入溫度計觀測溫度，直到溫度達 80° C

(3) 將不鏽鋼鍋從黑晶爐上取下，待牛乳冷卻至 47° C，並適時攪拌，避免牛乳表面形成薄膜。

(4) 加入 2g 普羅優菌粉至牛乳中，攪拌均勻。

(5) 在每個保羅瓶中加入 90 克混合菌粉的牛乳，並蓋上瓶蓋，將保羅瓶放入保麗龍箱中，保溫發酵。



圖 3：乳品消毒過程照片

2. 正式實驗

- (1) 發酵完畢後，將保羅瓶從保麗龍箱取出，使用不鏽鋼筷攪拌，以順時針 5 下、逆時針 5 下方式交替。
- (2) 使用碼表開始計時，將不鏽鋼片浸入優格中約 2cm 約 5 秒鐘。
- (3) 將鋼片抽出，平穩移至實驗用架上固定
- (4) 碼表計時 3 分鐘時，用手機對準不鏽鋼片拍照。之後取下不鏽鋼片，將鋼片以清水清洗乾淨，擦乾後從步驟 2-(1)開始進行下一次實驗。
- (5) 以電腦軟體 ImageJ 計算附著於不鏽鋼上的優格之裂痕面積

(二) 研究一：不同乳品製成的優格，形成之裂痕有何不同

1. 研究步驟：以田園保久乳、瑞穗全脂鮮乳與瑞穗低脂鮮乳分別發酵 12 小時製作優格，攪拌 30 下後進行實驗後計算優格裂痕的面積。

表 1：實驗乳品每 100 毫升之營養成分及殺菌溫度：

項目(每 100ml)	保久乳(田園)	全脂鮮乳(瑞穗)	低脂鮮乳(瑞穗)
蛋白質	3.2g	3.2g	3.2g
脂肪	3.5g	3.7g	1.4g
碳水化合物	4.7g	4.8g	4.8g
鈉	35mg	42mg	42mg
鈣	118mg	110mg	110mg
乳脂肪	3~3.8%	3~3.8%	0.5~1.5%
非乳脂肪固形物	8.5%以上	8.25%以上	8.25%以上
殺菌溫度(° C)	135~150	127~133	127~133

2. 研究結果

表 2：不鏽鋼上各乳品種類之優格形成的的裂痕照片

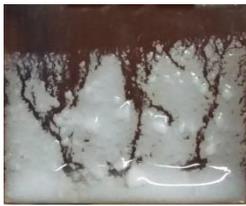
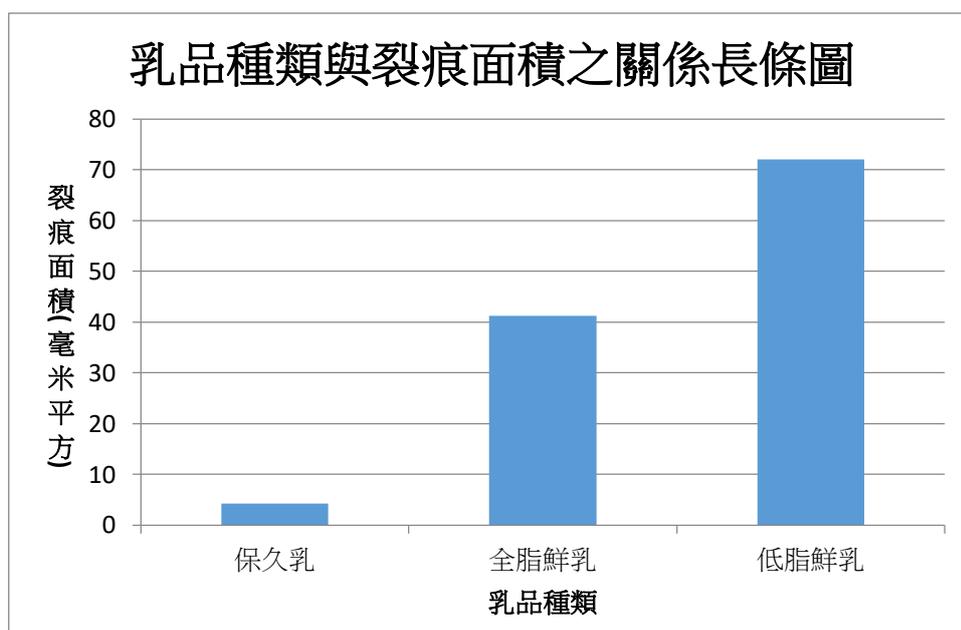
乳品種類	保久乳	全脂鮮乳	低脂鮮乳
裂痕照片			
			



表 3：乳品種類與優格表面裂痕關係表

乳品種類	保久乳	全脂鮮乳	低脂鮮乳
平均裂痕面積(平方毫米)	4.230667	41.1725	72.07133

圖 4：乳品種類與優格表面裂痕關係長條圖



3. 研究發現

- (1) 從表 1 及圖 1 中可看出，裂痕面積為低脂鮮乳>全脂鮮乳>保久乳。其中保久乳製成的優格沾附在不鏽鋼片上時，幾乎不會形成任何裂痕，可能跟保久乳的高溫滅菌過程有關。
- (2) 從照片上可看出，不鏽鋼浸入保久乳後，表面幾乎沒有凝乳碎片附著，浸入全脂鮮乳、低脂鮮乳後，表面有明顯凝乳碎片附著，低脂鮮乳上的凝乳碎片尤其顯著，表示全之、低脂鮮乳製成的優格經攪拌後，凝乳與乳清仍未混合，也間接表示，凝乳和乳清未均勻混合，可能與優格上的裂痕有關。
- (3) 全脂鮮乳之裂痕面積比低脂鮮乳略低。綜觀各參考資料可得知，脂肪含量越高，離水性越強，表示優格的離水程度與裂紋面積呈正相關。
- (4) 提出以上兩點後，我們推測，**優格上的裂痕可能跟優格的乳水分離現象有關。**

(5) 由於低脂優格形成的裂痕最為顯著，因此後續實驗將選擇低脂優格作為優格製作材料。

(三) 研究二：不同發酵時間的優格，形成之裂痕有何不同

1. 研究步驟：以低脂鮮乳分別發酵 6、12、18、24 小時製作優格，攪拌 30 下後進行實驗，並計算其裂痕面積。

2. 研究結果

表 4：不鏽鋼上各發酵時間製成之優格形成的裂痕照片

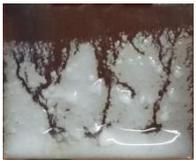
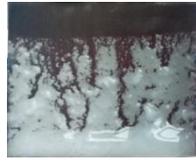
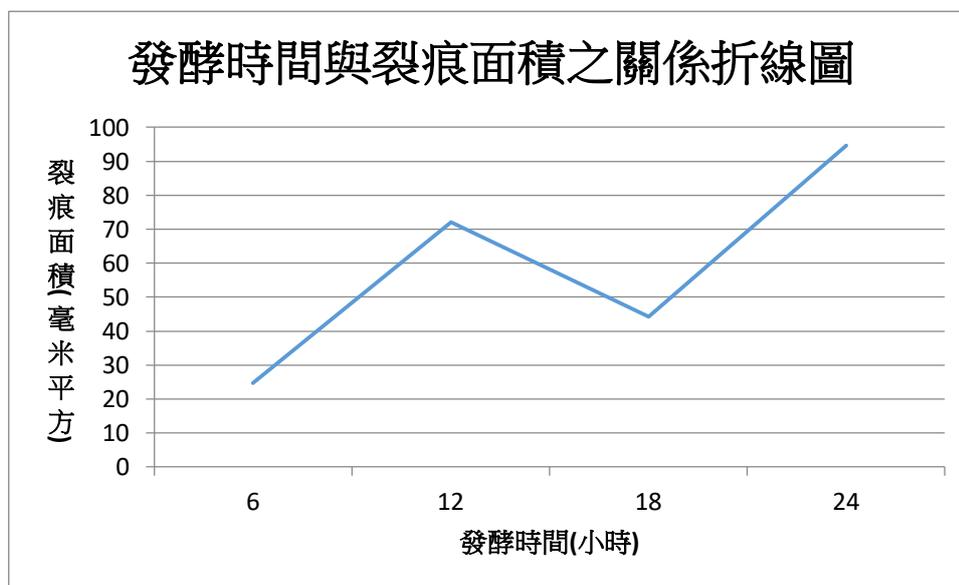
發酵時間	6 小時	12 小時	18 小時	24 小時
裂痕照片				
				
				

表 5：發酵時間與優格裂痕面積關係表

發酵時間	6 小時	12 小時	18 小時	24 小時
裂痕面積 (平方毫米)	24.74017	72.07133	44.276	94.6605

圖 5：發酵時間與優格裂痕面積之關係折線圖



3. 研究發現

- (1) 在發酵 6、12、24 小時實驗中，發酵時間越長，裂痕面積越大。但發酵 18 小時的優格，形成的裂痕面積甚至比發酵時間較短的 12 小時還小。會產生這樣的現象，原因還有待探討。因此後續實驗將繼續以低脂鮮乳、發酵十二小時的方法製備優格。

4. 討論：

- (1) 從研究一、二中可以看出，優格的製作乳種與發酵時間兩個影響乳水分離情形的因素，都可以影響優格裂紋面積，證明優格乳水分離與優格形成裂紋的現象具有關聯性。
- (2) 由於不同種類與含脂量的牛乳所製成的優格，形成的裂紋情形有所不同，因此未來，也許能透過觀察優格形成的紋路特徵，來逆向推測出優格的乳種、含脂量等資料喔！
- (3) 改變乳種、與發酵時間，同時也會改變優格中的化學物質，而無法讓我們清楚明白乳水分離與優格裂紋的直接相關性。
- (4) 為了研究優格乳水分離是否直接導致優格裂紋的產生，我們想藉由物理方法讓優格凝乳與乳清重新混合，在不改變優格化學性質的情況下，降低乳水分離的程度，並觀察乳水分離程度是否為影響優格裂紋形成的主因。

(四) 研究三：經過不同攪拌次數的優格，形成之裂痕有何不同

1. 研究步驟：以低脂鮮乳發酵 12 小時製作優格，分別攪拌 30、60 下後進行實驗，並計算其裂痕面積。
2. 研究結果：

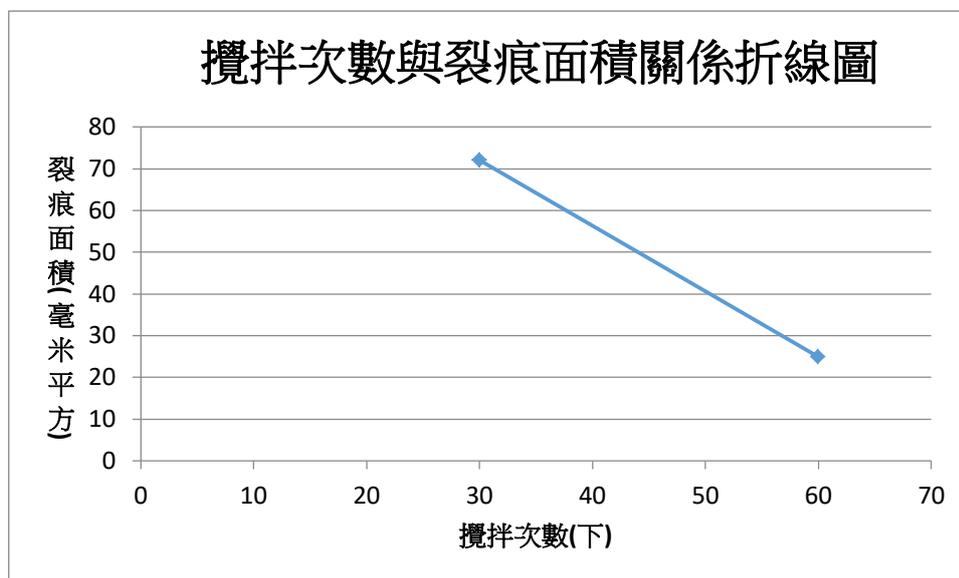
表 5：不鏽鋼上不同攪拌次數之優格形成的裂痕照片

攪拌次數(下)	30	60
裂痕照片		
		
		

表 6：攪拌次數與裂痕面積關係表

攪拌次數(下)	30	60
裂痕面積(平方毫米)	72.07133	24.92233

圖 6：攪拌次數與裂痕面積關係折線圖



3. 研究發現：

- (1) 從表 5、6 及圖 3 中可以看出，攪拌次數與裂痕面積呈現負相關。可能是因為經過攪拌後，原本分離的凝乳和乳清又重新混合。而攪拌次數越多，凝乳碎片越小，和乳清混合越均勻，也就越不容易重新分離，所以不易形成裂痕。
- (2) 依照此實驗結果，可以判斷乳水分離程度與裂痕形成面積呈正相關。
- (3) 由此實驗可得知，**優格乳水分離即是裂紋形成的主因。**

參●結論

一、從文獻探討中可以得知：

- (一) 優格即是牛乳經乳酸菌(嗜熱鏈球菌及保加利亞乳酸桿菌等)發酵產生乳酸，使牛奶 pH 值降低，而形成的半凝固或液體狀物質。
- (二) 製作過程中會使牛乳中的酪蛋白與水分、脂質分離呈白色黏滯物與透明液體狀物，前者稱為凝乳，含大量酪蛋白，後者稱為乳清，主要為水分與脂肪。**凝乳與乳清分離的現象，即為優格的乳水分離。**乳脂量、發酵時間等，皆會影響乳水分離現象。
- (三) 保久乳為經過攝氏 135~150 度並無菌封裝的牛乳，其鈣質、蛋白質、乳脂與鮮乳並無明顯差異，但維生素等熱敏感物質則可能被壞。保久乳高溫加熱過程可能會使產生的優隔離水量小，較為穩定。

二、從自行實驗與分析中可以得知：

- (一) 在不同乳品形成裂紋之比較上，低脂鮮乳>全脂鮮乳>保久乳，可見含脂量高會減少優格附著在容器上產生的紋路面積。由於低脂鮮乳裂紋面積最大，較容易觀察，因此後續實驗皆以低脂鮮乳進行。
- (二) 在不同發酵時間形成裂紋之比較上，發酵 6 小時<18 小時<12 小時<24 小時，除 18 小時以外，發酵時間越長，裂紋面積越大，但 18 小時優格裂紋面積小的原因仍需要探討，故後續實驗繼續以 12 小時優格進行。
- (三) 在不同攪拌次數對優格裂紋的影響上，攪拌 30 下紋路面積>60 下，可見將優格再度混合有助於減少紋路發生，證實**乳水分離程度即是影響優格裂紋的主因。**
- (四) 由以上三點可得知，優格的製作乳種、發酵時間等能影響優格乳水分離情形的因素，對優格在不鏽鋼上產生裂紋的情形，都具有一定程度的影響力。因此，**未來我們也期待，能透過觀察優格在不鏽鋼上形成裂紋的情形，來判斷出這罐優格的乳種、含脂量，甚至是發酵時間等種種秘密！**

肆●引註資料

林慶文、李素珍、劉嘉睿。乳品微生物學。2001。國立編譯館

康雅青、劉允元、曾德瑄、丁于晴、林詠翔、呂亞帆。起「酵」工廠--優格培養與離水性觀察的研究。第四十七屆中小學科學展覽會。

<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/47/elementary/081536.pdf>

張愷庭、劉敏彤、郭弘泰。乳清相關研究

不詳。YOGURT DIY。

<http://www.lhes.tp.edu.tw/~science/NO34/hs/hs21.htm>

優格。2014。維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%85%B8%E5%A5%B6>

乳清。2015。維基百科

<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/%E4%B9%B3%E6%B8%85>

鮮奶、保久乳、奶粉比一比。2013，康健雜誌 178 期

<http://www.commonhealth.com.tw/article/article.action?nid=67978>