

以乳脂肪酸數據來做乳牛群飼養管理

畜試所北區分所 王思涵、廖曉涵、李佳馨、陳苓祐、蕭振文

一、乳脂肪酸研究背景與屬於國內之乳脂肪酸數據建立

牛乳的主要成份包括水分(86-88%)、蛋白質(3-4%)、脂質(3-6%)、其他則為乳糖少量維生素、礦物質。依據乳品加工廠收購酪農原料生乳驗收及計價要點附表，生乳驗收及計價以無脂固形物率及乳脂肪率為基礎，並依季節區分為冬期、暖期及夏期。爰此，穩定的乳脂肪率攸關酪農收益。牛乳中 95% 至 98% 乳脂肪由三酸甘油酯組成，利用氣相層析法(gas chromatography, GC)可分析出至少 400 種以上的乳脂肪酸，其中 20 種脂肪酸的占比較高，例如棕櫚酸(22-35%)、油酸(20-30%)、

肉豆酸(8-14%)及硬脂酸(9-14%)等。以來源作為分類主軸則可分成三類如新合成型脂肪酸(de novo FA)、預製型脂肪酸(preformed FA)及混合型脂肪酸(mixed FA)。新合成型脂肪酸(C4-C14)由乳腺上皮細胞利用瘤胃微生物分解纖維及澱粉所產生的乙酸(acetate)及丁酸(butyric Acid)合成而來；預製型脂肪酸($\geq$ C18)則來自於體循環中的脂肪酸、體脂分解及飼糧脂肪；混合型脂肪酸(C16)合成則同時來自上述兩種方式(圖 1)。

三類脂肪酸組成

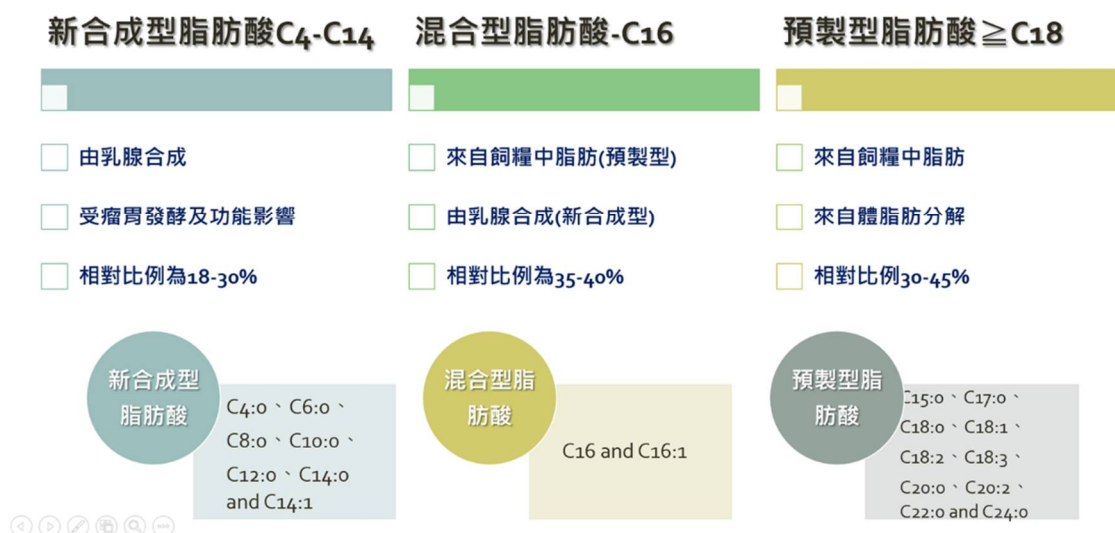


圖 1. 三類脂肪酸之組成與來源

光泉廠農通訊(125)

<https://www.kuangchuan.com/FacInfo/Dairy>

近年來乳成分分析技術進步，傅立葉轉換紅外線光譜法（fourier-transform infrared spectroscopy, FTIR）為乳成分分析主流，項目包括乳脂肪、乳蛋白質及乳糖等。利用 FTIR 法進行乳脂肪酸的分析技術也被開發出來，並經過大規模跨國驗證後成為商業模組。目前世界上乳成分分析儀含脂肪酸分析模組廠牌分別為 FOSS 及 DELTA，雖在三類脂肪酸的組成定義上略有不同，但整體應用的邏輯是一致的。在使用脂肪酸數據前，要先了解乳脂肪酸可使用不同單位表示，以牛乳為基礎：每克單一脂肪酸/1 百克乳（g specific fatty acids/100 g milk）或以總脂肪為基礎：每克單一脂肪酸/1 百克乳脂肪（g specific fatty Acids/100 g total fatty acids）。

使用 FTIR 法進行乳脂肪酸分析並沒有經過脂肪萃取及轉化的過程，脂肪酸模組使用之單位以牛乳為基礎，是因為其無法將脂肪與剩餘的牛乳完全分離。以總乳中含有 4.1% 乳脂肪為例，將乳中三類脂肪酸加總之含量僅占 4.0% 乳脂肪之 94.5% - 95%（圖 2）。換句話說，由於三類脂肪酸之總和並不會等於乳脂肪率，因此關注各類脂肪酸含量的變化是脂肪酸數據應用之基礎概念。

畜試所北區分所自 2019 年起開始進行國內第一套乳脂肪酸分析模組之安裝及校正，並於 2020 年起連續兩年每月收集 90 家乳牛場總乳樣品進行分析，歷經四年的資料收集、分析及應用測試，已建立出屬於國內之三類脂肪酸數據基礎。總乳中平均之乳脂肪率、新合成型、混合型及預

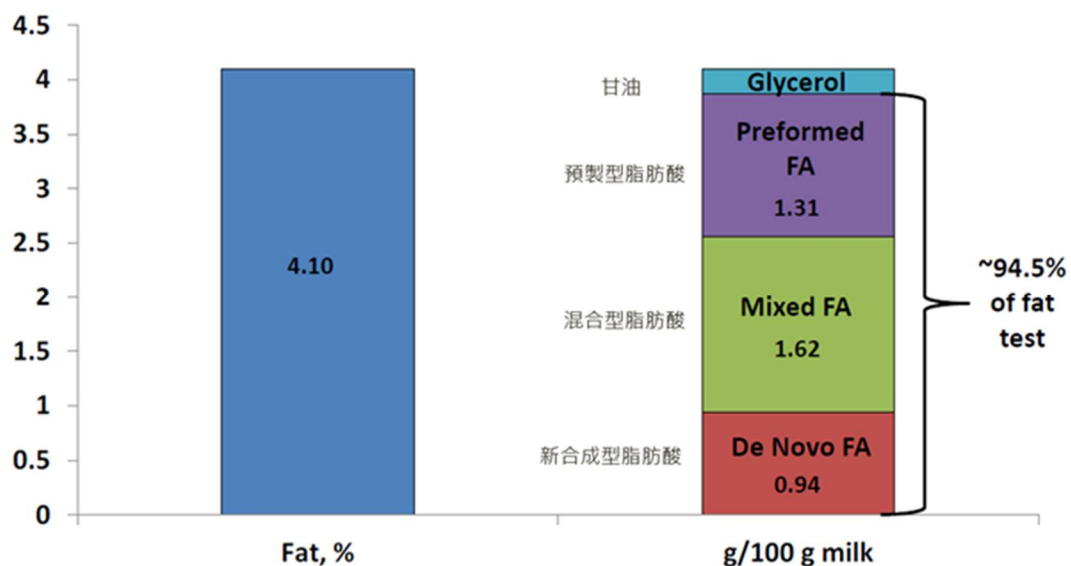


圖 2. 乳脂肪率與三類脂肪酸組成之關係

製型脂肪酸分別為 3.83%、0.89%、1.18%及 1.41% (表 1)，而各月份之乳脂肪率、新合成型、混合型及預製型脂肪酸數據則由表 2 所示，1-12 月各項數值的呈現可做為在使用脂肪酸數據時季節影響之參考。

表 1. 總乳*中乳脂肪率、新合成型、混合型及預製型脂肪酸平均值及標準偏差

項目	乳脂肪	新合成型	混合型	預製型
單位	%	g/100 g milk		
平均值±標準偏差	3.83 ± 0.19	0.89 ± 0.11	1.18 ± 0.11	1.41 ± 0.15

*總乳樣品數為 2,073 件

表 2. 每月總乳中脂肪率、新合成型脂肪酸、預製型脂肪酸及混合型脂肪酸脂含量 (平均值 ± 標準偏差)

月份/項目	乳脂肪	新合成型	混合型	預製型
單位	%	g/100 g milk		
1	3.89 ± 0.19	0.86 ± 0.12	1.16 ± 0.13	1.34 ± 0.15
2	3.88 ± 0.18	0.86 ± 0.10	1.18 ± 0.11	1.34 ± 0.14
3	3.83 ± 0.19	0.88 ± 0.11	1.17 ± 0.12	1.37 ± 0.15
4	3.81 ± 0.18	0.91 ± 0.08	1.19 ± 0.10	1.40 ± 0.14
5	3.80 ± 0.18	0.89 ± 0.08	1.19 ± 0.10	1.41 ± 0.15
6	3.73 ± 0.17	0.83 ± 0.09	1.15 ± 0.10	1.40 ± 0.13
7	3.78 ± 0.19	0.84 ± 0.09	1.19 ± 0.12	1.43 ± 0.13
8	3.83 ± 0.20	0.84 ± 0.09	1.20 ± 0.10	1.47 ± 0.14
9	3.84 ± 0.21	0.91 ± 0.10	1.19 ± 0.11	1.46 ± 0.15
10	3.86 ± 0.20	0.92 ± 0.10	1.20 ± 0.12	1.45 ± 0.15
11	3.90 ± 0.19	0.95 ± 0.10	1.20 ± 0.11	1.46 ± 0.15
12	3.87 ± 0.19	0.95 ± 0.11	1.10 ± 0.12	1.44 ± 0.15

FAT AND FATTY ACID PROFILE

Fat naturally produced or through fat supplements?

FOSS

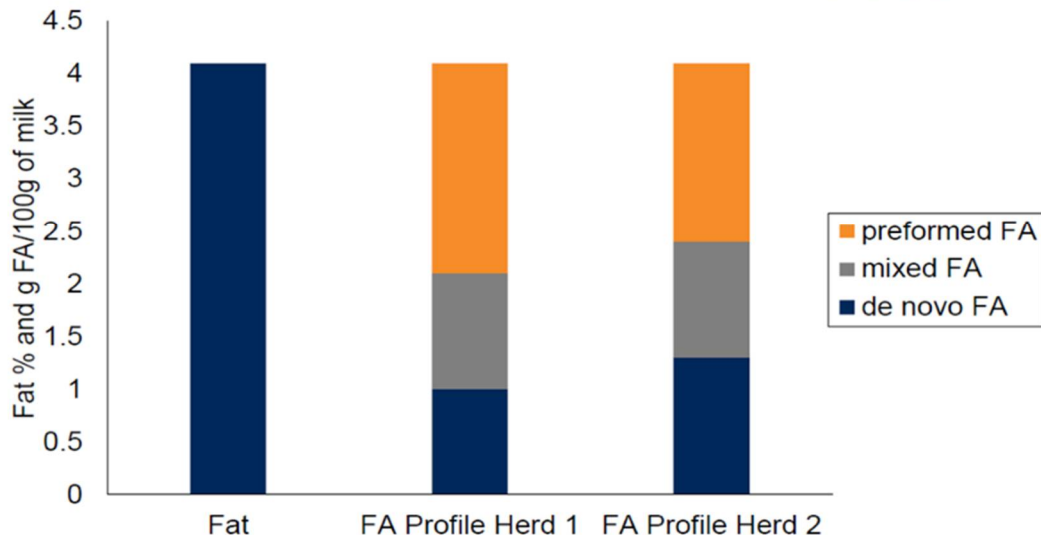


圖 3. 乳牛群 1 (Herd 1) 及乳牛群 2 (Herd 2) 即使總乳中乳脂肪率皆為 4%，其三類脂肪酸之組成卻不同。

二、如何應用乳脂肪酸數據來做為牛群管理的工具

由圖 3，我們可以知道即使兩個乳牛場之總乳脂肪率皆為 4%，但其三類脂肪酸組成卻不同，根據國內脂肪酸研究的資料顯示季節、飼糧中芻料的選擇及脂肪含量是影響乳脂肪酸變化的主要原因。影響乳脂肪率的營養因素眾多包括，飼糧脂肪含量、芻料來源與組成比例、芻料採食量或飼糧中有效纖維不足、飼糧中澱粉或非結構性碳水化合物過多、飼養中穀物或非結構性碳水化合物消化速度過快及飼糧中添加脂肪種類等。其中，了解新合成型及預製型脂肪酸的影響因素及如何調控，是使用脂

肪酸數據做為牛群管理的第一步。

(一) 影響新合成型脂肪酸的因素

1. 飼糧組成

1-1 芻精料：飼糧中富含非結構性碳水化合物來源，有助於瘤胃中乙酸產生，利於生成乳中新合成型脂肪酸。

1-2 芻料品質：高品質的纖維來源，可增加瘤胃揮發性脂肪酸的產量，揮發性脂肪酸是乳脂肪合成之前驅物。

1-3 額外補充脂肪：飼糧中添加脂肪會直接影響脂肪組成(脂肪種類及補充量)。

2. 正(負)能量平衡：能量充足，

有利於乳脂肪合成之前驅物合成乳脂肪；反之，能量不足，新合成型脂肪酸下降。

3. 理想的瘤胃發酵：穩定的瘤胃發酵環境，將有助於揮發性脂肪酸的產生。因此，避免酸中毒及促進纖維的利用率是關鍵。

4. 添加劑（小蘇打、酵母等）：維持瘤胃 pH 值穩定，促進飼料效率等添加劑，皆可促進揮發性脂肪酸產量。

（二）增加新合成型脂肪酸方法

1. 飼糧組成

1-1改善芻料品質：高品質芻料的使用，可促進乙酸及丁酸的產量。

1-2平衡碳水化合物：使用來自穀物及副產物的易發酵碳水化合物，可利於瘤胃微生物發酵但不引起酸中毒。

2. 飼養管理：減少緊迫、增加舒適度及餵飼頻率，穩定採食量。

（三）影響預製型脂肪酸因素，主要與體脂肪移動有關

1. 預製型脂肪酸來源

1-1飼糧中脂肪：油脂類（大豆粕、油菜籽、亞麻籽、動物性油脂、魚油、過瘤胃脂肪粉等）。

1-2乳脂肪組成變化：新合成型脂肪酸合成受到抑制。

1-3體脂肪移動：泌乳早期能量

負平衡、脂肪組織三酸甘油酯分解成游離脂肪酸（NEFA）至血液中、NEFA至乳腺合成預製型脂肪酸、體脂分解主要產生單元不飽和脂肪酸（C18:1）。

（四）改善預製型脂肪酸之方法

1. 脂肪添加：適當的過瘤胃脂肪添加可穩定能量、瘤胃發酵，減少體脂肪移動。

2. 體態評分：藉由體態變化觀察，及早進行營養及飼養管理調整，降低體內脂肪移動。

3. 泌乳早期：泌乳早期產乳需求攀升，提供足夠的營養是關鍵。

使用乳脂肪酸組成作為牛群管理的概念與使用乳成分的方法一致，建議與牧場 DHI 乳品質月報表之資料結合，而非單獨使用，乳牛場飼糧組成及飼養管理方法也須納入合併進行綜合評估，更重要的是在使用之脂肪酸數據之前建議先累積至少半年以上的場內資料，以了解牧場脂肪酸基礎值的變化，會讓數據利用上更有所依循，協助管理者更細緻的辨識出可能的問題所在，並及時進行決策。