

影響泌乳牛乳成分的因素

謝育哲 譯

乳成分對於生產者和加工者的經濟效益影響很大，而消費則重視營養成分的多寡及食品安全。

多年以來，人們都知道牛奶成分會發生變化。但其實在過去的15年中，鮮乳品質其實相當穩定，脂肪平均為3.6%，蛋白質平均為3.2%，乳糖平均為4.7% (Young *et al.*, 1986)。乳脂是因為荷蘭牛品種的關係以及基於牛奶是根據脂肪計價。乳成分的計價及消費者對動物脂肪的認識，也引起生產者對改變乳成分以迎合新興市場(健康觀念)的崛起。

首先介紹乳成分的生物合成，因為乳成分的變化同時也是反映乳腺的生理合成、分泌狀態及健康狀態。影響乳成分的因素包括：品種、品種內的遺傳變異、健康狀態、飼養環境、管理方法和飼糧配方。

乳脂肪

第一點、生物合成

乳脂肪的合成及組成，受到外在(環境及配方等)以內在(內分泌及泌乳階段等)因子的影響，以下將重點在於了解可改變脂肪組成的生物合成的相關因子。牛奶中的主要脂肪是三酸甘油酯，含有短鏈(C4-C10)、中鏈(C12-C16)和長鏈(C18以上)。

短鏈脂肪酸是由血液中的乙酸和β-羥基丁酸在乳腺中合成的；長鏈脂肪酸的來源幾乎是源於血液中游離脂肪酸作為基礎而合成，而血液中游離脂肪酸大多是由飼糧中的脂肪所獲得(黃豆、脂肪粉、草等等)；中鏈脂肪酸的來源則有以上兩種方式合成。廣義來說，乳中約50%的脂肪酸是在乳腺中合成的，其餘50%是直接從血液中提取的，脂肪酸通過Malonyl-CoA途徑在乳腺中合成。血液中的β-羥基丁酸(C4)主要作為脂肪酸合成的前四個碳。而每一次延長都會增加兩個碳，因為其碳來源來自於乙酸(C2)。Fatty acyl-CoAs可把甘油與甘油單酯或甘油二酯做結合形成三酸甘油酯。三酸甘油酯在內質網中合成。當形成時，會迅速加入脂質覆蓋的液滴中。然後，液滴朝著分泌細胞的頂膜遷移，在那裡它們被膜包

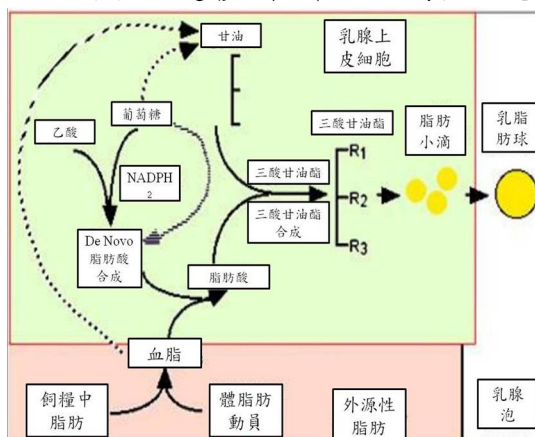


圖 1. 脂肪酸合成及移動式意圖

光泉廠農通訊(112)

<http://www.kuangchuan.com/09Life/Life05.aspx>

裏，被夾住並釋放到管腔中。

第二點、品種和遺傳

乳脂肪在品種之間與品種內的差異是乳品質中差異最大的，而差異最小的則是乳糖(Woodford *et al.*, 1986)。在美國生乳的脂肪百分比表現最低，這樣的因素有部分可能是由於環境所造成的，但不同國家之間還是會出現些許的遺傳變異 Gaunt (1980)。但是乳產量和乳成分呈負相關，係數為-0.3 (Gauntm, 1980)。因此產量和乳成分很難取得共識，要追求乳量成分就會被稀釋，要追求乳成分，產量就不會特別好。以台灣常見的荷蘭牛來說，若要提升乳脂率這個性狀，會降低產乳量約287磅(約129公斤)，但可以增加0.19%的乳脂率。反之，若要增加產乳量，透過遺傳改進，產量每增加607磅(273公斤)，乳脂率則降低0.036%。選擇乳脂產量是增加脂肪百分比(+ 0.058%)和乳脂產量(+443磅)的最有效方法 (Gaunt, 1980年)。

第三點、環境和飼養管理

當牛隻進入第五次的泌乳期時，乳脂率會降低約0.2%(Rogers and Stewart, 1982)。脂肪產量的增加，有時並不是因為乳脂率的上升，而是因為隨著年齡的增加，產乳量上升，而抵消乳脂率的下降。

有趣的是乳脂率也會隨著泌乳階段而有所不同。如各位所知，通常在初乳中有最高的乳脂率，然後在泌乳初期的前兩個月下降，然後緩慢上升。Davies (1983)的報告說明了，泌乳週期中，乳中脂肪酸含量的明顯變化。在泌乳期的前半年，短鍊和中鍊脂肪酸的比例增加，而長鍊脂肪酸的比例減少。而泌乳期的中後期則沒有太大影響，僅有因為環境或是飲食的改變而有所變化。

乳脂率的季節性變化是公認的，夏季平均比冬季少0.4個百分點 (Jenness, 1985)。夏季較高的環境溫度也會影響乳中的脂肪酸組成。夏季的乳中的脂肪棕櫚酸含量較硬脂酸來的低，其酸在冬季比同一母牛的乳脂要高 (Christie, 1979)。Milam *et al.*, (1986)觀察到在環境氣溫10或28°C下，給予熱緊迫的乳牛充足的供水時，乳脂率沒有太大改變。表示當天氣變化大時，若能給予充足且乾淨清涼的飲水來源時，可降低因熱緊迫所造成的影響。

在擠乳的過程中，前段被擠出來的生乳，乳脂率較低，隨著擠乳時間的延長，乳脂率會慢慢增加，是因為脂肪小球是留在乳腺的腺泡中，如果沒有透過擠奶這個過程是無法被釋放出來的 (Jenness, 1985)。因此，

如果牛隻沒有完全擠奶，則脂肪百分比將低於正常水平，但是在下一次擠奶時，脂肪含量將高於正常水平。此外，當擠奶間隔不相等時，在最短的間隔可獲得較高的乳脂率 (Wheelock, 1980)。

第三點、健康/生理學

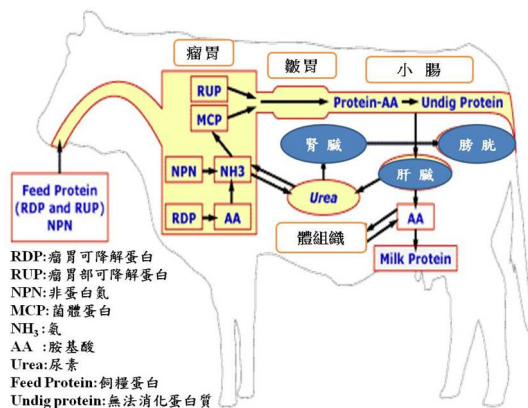
乳房炎通常會導致乳脂率的下降和乳脂組成的改變 (Needs & Anderson, 1984)。但是，乳房炎造成的乳脂率下降 (約10%) 幅度小於乳糖或酪蛋白的下降幅度 (約15%)。

由於乳房炎的關係，乳中游離脂肪酸和短鏈脂肪酸的含量會增加，但磷脂和長鏈脂肪酸的含量均有所增加 (Needs *et al.*, 1984) 和減少 (Kitchen *et al.*, 1981)。研究證實，腎上腺素和正腎上腺素會增加脂肪組織中的解脂酶的活性，但是它們對乳脂的影響尚不清楚。而外源性生長激素的使用暨不會影響乳脂率也不會影響脂肪酸組成的發生變化 (Bauman *et al.*, 1985)，也沒有導致乳脂百分比和組成發生變化 (Eppard *et al.*, 1985)。使用外源的高劑量生長激素 (50和100 IU /天)，乳脂率增加，並且乳脂組成中含有更多的內源性脂肪酸 (Eppard *et al.*, 1985)。生長激素會影響乳腺中脂肪酸的合成以及從血液中攝取脂肪酸。

第四點、營養

乳蛋白率

飼糧中的粗蛋白含量會影響牛隻產乳量。因此，乳蛋白產量比乳蛋白率高得多 (Thomas, 1980)。



Emery (1978) 的研究顯示出，飼糧中粗蛋白的調整，對乳蛋白的濃度影響有限，還需要搭配其他營養成分的調整。而增加能量濃度時，每 0.1273 Mcal 時，乳蛋白才會增加。同時飼糧中蛋白質的來源及組成，也都可能是影響乳蛋白質變化的因素。因此，有可能乳中粗蛋白的增加是乳中的非蛋白氮 (NPN)，而非真蛋白。因此餵飼過多的瘤胃可降解蛋白質 (RDP) 或高濃度的 NPN 日糧，會因為乳中尿素氮或 NPN 增加，而誤導增加乳蛋白質 (Oltner *et al.*, 1985; Thomas, 1980)。另一方面，低瘤胃可降解蛋白質 (RDP) 的飼糧或平衡並優化飼糧組成時，可優化菌體蛋白之合成，增加乳腺可知胺基酸供應，

已利蛋白質之合成，增加乳中真蛋白之含量 (Old-ham, 1984)。儘管真蛋白的濃度增加，但是酪蛋白、 β -乳清蛋白和 α -乳清蛋白之間的比例並不會隨之改變。使用 methionine 和 lysine 的混合物直接注入真胃時，即可有效增加乳蛋白率。

輕度能量不足時，略微降低乳蛋白率；然而，在嚴重營養不良的情況下，乳蛋白率改變有限，但生產量卻急劇下降 (Thomas, 1980)。通過增加精料量或降低飼草顆粒大小來增加瘤胃中丙酸的濃度，可以增加乳蛋白率，丙酸和乳蛋白之間有很強的正相關性。有一種說法，使用丙酸鹽類透過其氨基酸轉氨作用，強化了乳腺中谷氨酸的利用並增強非必需氨基酸的合成。第二個假設是，胰島素透過丙酸鹽類，可以增加谷氨酰胺和丙氨酸在血漿的濃度。丙酸鹽還可以透過增加肝臟的合成或降低肝臟的谷氨酸輸出量來提高肝臟的谷氨酸輸出量及減少在糖質新生使用。

碳水化合物

牛奶中的主要碳水化合物是乳糖。它是由葡萄糖和半乳糖所組成，乳糖的主要生物功能是調節水含量，從而調節滲透壓 (Jenness, 1985)。由於乳糖具有調節功能，因此被認為是最恆定的成分，平均佔

4.6%。乳中除乳糖以外的碳水化合物是單糖、磷酸糖、核苷酸糖、游離寡糖等等 (Jenness, 1985)。乳糖合成以維持與組織及細胞周圍液體的滲透平衡。因此，乳糖的合成速率調節水的分泌，從而調節牛奶的產量。

礦物質

環境/管理

有充分的文獻證明，初乳中的礦物質含量比一般生乳高。鈣、磷、鉀和氯的濃度與脂肪和蛋白質的泌乳曲線相同，即初乳時含量高，產乳量最高時濃度最低，然後隨著泌乳的進行而逐漸增加 (Jenness, 1985)。初產牛乳中的無機磷濃度高於經產牛，而夏季乳中的磷酸鹽濃度最低 (Forar *et al.*, 1982)。

健康/生理學

乳房炎會增加乳中鈉和氯的百分比，並降低鉀百分比。(Kitchen, 1981; Peaker & Faulkner, 1983; Schultz, 1977)。乳房受到細菌感染時，會造成乳導管和分泌上皮細胞受到傷害，並增加微血管的通透性。由於，血液中擁有較高的鈉和氯，為了維持一定的滲透壓，而減少鉀和鈣的濃度。Fernando *et al.* (1985) 乳房炎乳中乳糖、酪蛋白 (和鈣磷膠合)、鉀和磷，因調節滲透壓而減少，同時乳中的鈉和氯會增加。

總結和結論

乳成分的變化是由於乳腺合成和分泌的相對速率不同而引起的。乳糖、蛋白質和脂肪的合成與分泌所涉及的過程是獨立的，但透過營養及激素對養分利用的變化來進行乳成分的合成調節。因此，透過荷爾蒙的作用、遺傳和營養物質的改變是影響乳成分變化的主要因素。乳成分中變化最大的是脂肪，可以透過遺傳改變脂肪量，也可以改變其他成分的組成。脂肪的含量可以透過育種改變，但不會改變脂肪酸的組成，要改變脂肪酸最快的方法就是飼糧調整。乳脂率和脂肪酸的組成變化可以通過改變飼糧配方，改變發酵模式或從消化道吸收的脂肪改變脂肪酸的組成。增加瘤胃中丙酸濃度時，會降低乳脂率，但脂肪成分的變化很小，包括C18多不飽和脂肪酸略有增加，C16和C18飽和脂肪酸略有減少。譬如：過瘤胃脂肪是改變脂肪酸組成最有效的方法，因此長鏈脂肪酸的增加通常都是因為飼糧中的脂肪所改變。但是，飼糧中脂肪的含量和組成需要加以控制，以避免損害瘤胃中其他成分的消化及不飽和脂肪酸在瘤胃中大量氫化。乳蛋白率和組成可以通過遺傳選擇來控制，但乳中真蛋白率無法透過飼糧來有效調整，但總量會隨著乳量

而增加，可以透過餵飼高營養濃度的飼糧來提高乳中的總蛋白率。乳中的其他營養成分（乳糖、維生素和礦物質）的含量相當恆定，不太會因為遺傳或營養改變。可以透過營養改變乳脂率和組成，而遺傳學可以改變乳蛋白率。為了滿足市場需求，強調高品質，有助益健康的乳產品，為民福祉，才是最好。

營養因素	乳脂率	乳蛋白率
增加採食量	上升↑	上升0.1-0.2%
增加餵食頻率	上升0.2-0.3%	上升0.1-0.2%
高精粗比 (> 60%)	下降0.5%或更多	上升0.1-0.2%
低精粗比 (40-50%)	上升	維持
高粗纖維比	上升	下降
中洗纖維 (NDF<26%)	下降1%或更多	上升0.1-0.2%
纖維長度不足	下降1%或更多	上升0.2-0.3%
提高粗蛋白濃度	不影響	如泌乳前期不足時，可有效提升乳蛋白率
降低粗蛋白濃度	不影響	低於需求時，則乳量及乳覽蛋白率下降
過瘤胃蛋白 (佔粗蛋白的 33-40%)	不影響	如泌乳前期不足時，可有效提升乳蛋白率
添加過瘤胃脂肪	根據脂肪的組成不同而異。	不影響