

乳中游離脂肪酸、脂肪酸測定之應用

國立臺灣大學動物科學技術學系

徐濟泰

前言：

行政院農業委員會畜產試驗所新竹分所新購置乳成分分析儀，採用傅立葉轉換紅外線光譜技術，可以提供比過去更多的測定項目，包含游離脂肪酸、總飽和脂肪酸、總不飽和脂肪酸、單一不飽和脂肪酸、多不飽和脂肪酸。這些測定跟泌乳牛的健康或牛乳品質有密切關係，為方便酪農查看DHI乳成分分析報表時有基本認識，簡要說明前述測定項目數據背後的意義。

乳中游離脂肪酸：

為什麼要測牛乳游離脂肪酸含量？游離脂肪酸含量越高的牛乳，越容易酸敗。通常是牛乳暴露在較高的溫度或是與大量空氣混合攪拌，就會增加牛乳中脂肪分解酶作用在脂肪球釋放出游離脂肪酸的機會。(Thomson et al. 2005)將牛乳通空氣泡4分鐘再冷藏24小時，結果比沒有通空氣泡的牛乳的游離脂肪酸含

量增加為2.6倍。(Klei et al. 1997)比較每日擠乳三次的牛乳，比每日擠乳兩次的牛乳游離脂肪酸含量增加28%。因為每日擠乳三次，儲乳槽每天攪動的頻率較高，牛乳攪動接觸空氣的機會也就較多。這提醒我們，每次擠乳前如果想提高生乳的冷卻效果，我們會去調高儲乳槽攪拌葉片轉速，這時候不要將轉速調太高，以免造成太多空氣的接觸，而意外增加太多游離脂肪酸。一般我們都會推薦儲乳槽的溫度隨時都要保持在10°C以下，這對維持牛乳品質很重要。(Cartier and Chilliard, 1989)將5°C生乳加溫到15°C再立即冷卻到4°C，維持4°C儲存22小時，或者將5°C生乳加溫到30°C再立即冷卻到4°C，維持4°C儲存22小時，造成牛乳的游離脂肪酸含量分別增加為未加溫牛乳的2.4與7.5倍。看起來，即使是短暫暴露在較高溫度都很傷牛乳品質。

如果餵給泌乳牛的精料量不

足，造成泌乳牛體重損失，就會導致牛乳游離脂肪酸含量提升，試驗中平均每日失重0.1公斤的泌乳牛的牛乳游離脂肪酸含量就提升近20% (Adler and Randby, 2007)。可想而知，如果泌乳牛有發生酮症情況，除了會觀測到牛乳中酮體增加之外，也會有機會同時看到牛乳游離脂肪酸含量提升。以泌乳的阿爾拜山羊當為試驗動物，兩天禁食就造成羊乳游離脂肪酸含量提升29% (Chilliard et al., 2003)。泌乳牛持續餵食21天的魚油、亞麻籽或魚油加亞麻籽，都會顯著提高牛乳游離脂肪酸以及丙二醛 (malondialdehyde; MDA) 含量 (Puppel et al., 2013)。如果停止餵食脂肪，21天後又回復原狀。國內酪農若是擔心泌乳牛能量採食不足，在飼糧中添加脂肪粉，就要有心理準備會提高牛乳游離脂肪酸含量。不論是基於牛乳品質的維護或是泌乳牛健康狀態的維持，我們都會希望盡量讓牛乳游離脂肪酸含量越低越好。

牛乳脂肪酸組成測定：

母乳的飽和脂肪酸含量與多不飽和脂肪酸的含量比例約為 2:1，比較符合世界衛生健康組織推薦的組合 (Lo'pez-Lo'pez et al., 2002)，而牛乳的飽和脂肪酸含量則是超過60%總脂肪酸，而不飽和脂肪

酸的含量則低於5%總脂肪酸，很難透過泌乳牛飼糧調整，來讓牛乳的飽和脂肪酸含量與多不飽和脂肪酸的含量比例接近母乳 (Markiewicz-K szycka et al., 2003)。但是，相反的母乳的多不飽和脂肪酸的 n-6/n-3 比例則很難符合世界衛生健康組織推薦的低於4:1，倒是透過泌乳牛飼糧調整可以讓牛乳的多不飽和脂肪酸的 n-6/n-3 比例低於 4:1。例如提高泌乳牛飼糧芻料比例就可以降低 n-6/n-3 比例 (Patel et al., 2013)。添加魚油也可以降低 n-6/n-3 比例 (Palmquist and Griinari, 2006)。事實上，善加利用魚油與葵花油組合，除了會降低 n-6/n-3 比例之外，還可以提高牛乳中共軛亞麻油酸 (conjugated linoleic acid, CLA) 含量。已經有試驗證明CLA對人類可以有減肥功效 (Blankson et al., 2000; Gaullier et al., 2004; Steck et al., 2007)。將來若有乳品公司要推一個具有特殊機能性的鮮乳或乳製品新產品，就可以借助這方面知識。乳牛乳腺可以自行合成4碳到16碳脂肪酸 (Palmquist, 2006)，其中，中鏈脂肪酸(8-10 碳)對人類也有減肥功效 (Takeuchi et al., 2008)，如果我們

少用脂肪粉餵泌乳牛，可以鼓勵乳腺多自行合成脂肪酸 (Palmquist, 2006)。同樣一個鮮乳，如果可以向消費者宣稱同時具備CLA與中鏈脂肪酸，應該會吸引消費者青睞。

參考文獻：

1. Adler, S.A. and A.T. Randby. 2007. The effect of fish meal or pea meal on milk fatty acid composition in organic farming. *Journal of Animal and Feed Sciences* 16 (Suppl. 1):79–83.
2. Blankson, H., J. A. Stakkestad, H. Fagertun, E. Thom, J. Wadstein, O. Gudmundsen. 2000. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *Journal of Nutrition* 130: 2943–8.
3. Cartier, P and Y. Chilliard. 1989. Lipase redistribution in cows' milk during induced lipolysis: I. Activation by agitation, temperature change, blood serum and heparin. *Journal of Dairy Research* 56:699-709.
4. Chilliard, Y., A. Ferlay, J. Rouel, and G. Lamberet. 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 86:1751–1770.
5. Gaullier, J.-M., J. Halse, K. Høye, K. Kristiansen, H. Fagertun, H. Vik, and O. Gudmundsen. 2004. Conjugated linoleic acid supplementation for 1 y reduces body fat mass in healthy overweight humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 79:1118–25.
6. Klei, L. R., J. M. Lynch, D. M. Barbano, P. A. Oltenacu, A. J. Lednor, and D. K. Bandler. 1997. Influence of milking three times a day on milk quality. *J. Dairy Sci.* 80:427-436.
7. Lo'pez-Lo'pez, A., MC Lo'pez-Sabater, C Campoy-Folgoso, M Rivero-Urgell and AI Castellote-Bargallo. 2002. Fatty acid and sn-2 fatty acid composition in human milk from Granada (Spain) and in infant formulas. *European Journal of Clinical Nutrition* 56:1242–1254.
8. Markiewicz-Kęszycka, M., G. Czyżak-Runowska, P. Lipińska, and J. Wójtowski. 2013. Fatty acid profile of milk - a review. *Bull Vet Inst Pulawy* 57:135-139.
9. Palmquist, D.L. 2006. Milk fat: origin of fatty acids and influence of nutritional factors thereon. In: *Advanced Dairy Chemistry, Volume 2: Lipids*, 3rd edition. Edited by P.F. Fox and P.L.H. McSweeney, Springer, New York. Pp.43-92.
10. Palmquist, D.L. and J.M. Griinari. 2006. Milk fatty acid composition in response to reciprocal combinations of sunflower and fish oils in the diet. *Animal Feed Science and Technology* 131:358–369.
11. Patel, M., E. Wredle, and J. Bertilsson. 2013. Effect of dietary proportion of grass silage on milk fat with emphasis on odd- and branched-chain fatty acids in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96:390–397.
12. Puppel, K., T. Nałęcz-Tarwacka, B. Kuczyńska, M. Gołębiewski and M. Kordyasz. 2013. Effect of different fat supplements on the antioxidant capacity of cow's milk. *Archiv Tierzucht* 56 (17):178-190.
13. Steck, S. E., A. M. Chalecki, P. Miller, J. Conway, G. L. Austin, J. W. Hardin, C. D. Albright, and P. Thuillier. 2007. Conjugated linoleic acid supplementation for twelve weeks increases lean body mass in obese humans. *Journal of Nutrition* 137(5): 1188–1193.
14. Takeuchi, H., S. Sekine, K. Kojima and T. Aoyama. 2008. The application of medium-chain fatty acids: edible oil with a suppressing effect on body fat accumulation. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 17 (S1):320-323.
15. Thomson, N. A., W. C. van der Poel, M. W. Woolford, and M. J. Auldist. 2005. Effect of cow diet on free fatty acid concentrations in milk. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 48:301-310.