

A2 牛乳是基因學的一時風潮還是乳業未來？

畜產試驗所新竹分所

趙俊炫、陳一明、陳怡璇、李國華、蕭振文

牛乳約含87%水分及13%固形物，乳蛋白質中約78%是酪蛋白。 β -酪蛋白約占牛乳30%蛋白質量。牛 β -酪蛋白基因位於第6對染色體，最常見基因型是A1和A2型，可細分為A1A1、A1A2及A2A2，兩者基因表現為共顯性，使得牛隻分別產出純A1型 β -酪蛋白牛乳、混合A1A2型 β -酪蛋白牛乳及純A2型 β -酪蛋白牛乳（以下分別簡稱為A1牛乳、混合A1A2牛乳及A2牛乳）。人、山羊、綿羊及水牛之 β -酪蛋白可屬A2型 β -酪蛋白(Wada and Lonnerdal, 2015)。A2型被認為是原生型(其相近亞型為A3及D型)，約5000-10000年前在某些歐洲牛種出現A1型(其相近亞型為B及C型)，A1及A2型兩者差異只在1個胺基酸，A1型 β -酪蛋白在第67個胺基酸為組胺酸，A2型 β -酪蛋白則為脯胺酸(De Noni et al., 2009)，無論是在活體內或活體外消化後，A1型 β -酪蛋白會分解產生BCM-7，1種含7個胺基酸的 β -酪啡肽(casomorphin-7)(Boutrou et al., 2013)。根據Laugesen and Elliott (2003)之流行病學統計資料顯示，A1型 β -酪蛋白的攝取與缺血性心臟病及第1型糖尿病的發病率較高相關。Chia等在2018年9月發表於Nutrients學術期刊，以非肥胖糖尿病模式(NOD)小鼠研究顯示攝取A1型 β -酪蛋白會影響葡萄糖穩態和促第1型糖尿病進展，儘管這種效應需要經過幾代後才展現出來。

在A1牛乳與喝牛乳不適之人體相關研究方面，Ho等(2014)以41名澳洲人為研究對象，與A2牛乳相比，飲用A1牛乳與胃腸道發炎症狀和消化不良(例如脹氣、腹痛)具高相關性，也有顯著性軟便及輕瀉症狀，而飲用A2牛乳則無此相關性。Jianqin等(2016)以45名中國人為研究對象，認為攝取含有A1牛乳與增加胃腸道發炎、攝取牛乳後消化不良症狀(post-dairy digestive discomfort, PD3)有關，去除牛乳中A1型 β -酪蛋白會減緩這些症狀，推測某些乳糖不耐症狀可能來自於發炎反應，並且可以攝取A2牛乳來避免之。He等(2017)在中國進行一項臨床試驗，對象是600名自我認知為乳糖不耐症的成年人，發現攝取含有A2牛奶可減少其喝乳急性胃腸道不適症狀。因此，某些情況下對牛乳製品的耐受性可能與

A1型 β -酪蛋白有關而不是乳糖。有些喝牛乳不適者如腹部脹氣、拉肚子症狀，自認為是因乳糖不耐所致，但可能是因牛乳中A1型 β -酪蛋白。因此對這些人而言，A2牛乳可能是解決喝牛乳不適的問題。雖然有人認同上述實驗結果，但相對地，質疑者則認為研究人數過少，後續研究亦無法得到相同實驗結果；在慢性疾病研究則是以鼠為研究對象，認為A1型 β -酪蛋白與慢性疾病的關連尚無法證明，也造成A1/A2牛乳的爭議持續存在（Lynsay, 2016; Beaver and Doormal, 2016）。

儘管A1/A2牛乳爭議存在，2000年成立於紐西蘭的a2牛乳公司已生產A2牛乳並銷售於澳洲、中國、英國、荷蘭及美國。根據Shen於2018年12月的報導，過去一年a2牛乳公司嬰兒奶粉在中國市場銷售量倍增，達5.6%市占率。Bloomberg Intelligence估計，中國市場占該公司營收至少一半以上。另一個吸引中國消費者的原因可能是牛乳消化問題，高達90%中國族群被認為乳糖不耐症或乳糖吸收不良者(Wang et al., 1984; Yang et al., 2013; Zheng et al., 2015)。擔任a2牛乳公司總經理及CEO的Jayne Hrdlicka說：「來自消費者的熱情追隨，我們看到了一個巨大的機

會」。不僅在中國銷售嬰兒奶粉，於2015年開始銷售於美國，在美國A2牛乳販售價格等同有機牛乳，該公司已經在Costco、Walmart、Wegmans、Stop & Shop、Giant Carlisle、Giant Landover、Whole Foods Market、Market Basket、Sprouts、Safeway、King Soopers、Target、Ralphs、Publix、ShopRite及The Fresh Market等眾多量販店及超市銷售新鮮A2牛奶(Zehren, 2018)。營收從2011-2012年的6,250萬紐幣(約新台幣13.1億元)飆升至2017-2018年的9.23億紐幣(約新台幣193.8億元)，該公司市值已超過70億美元。擔任a2牛乳公司美國CEO的Blake Waltrip說明，A2牛乳能促進更多牛乳消費人口，認為能改善美國牛乳消費量下降現象。而澳洲是唯一乳製品消費量增加的國家，a2牛乳公司牛乳及嬰兒奶粉在澳洲10年市占率已攀升為10%及32%。對此，世界最大嬰兒奶粉製造商雀巢公司分別於2018年2、10及11月在中國、澳洲和紐西蘭推出自有品牌的A2嬰兒奶粉。毫無疑問地，更多人願意飲用牛乳對酪農絕對是好事，他預言市場會持續成長，未來將需要更多A2牛乳。對此，乳品加工部分也需加以調整作業動線，以防生產時將A1牛乳混入A2牛乳。

公牛精液生產公司也迎合這般趨勢，提供純A2A2基因型公牛供酪農牛隻配種，在種公牛性能表中會顯示其基因型。若牧場想生產更多A2牛乳，育種上該如何進行？可利用乳牛基因體檢測來了解牛隻 β -酪蛋白基因型。以雙親牛皆為A1A2基因型為例，其後代將有50%機率為A1A2基因型、25%機率為A1A1基因型及25%機率為A2A2基因型。而雙親牛都是A2A2基因型，則後代100%為A2A2基因型。牧場需要時間培育純A2A2基因型牛隻(Beaver and Doormal, 2016; Meyer, 2018)，較為主動快速的方式是以乳牛基因體檢測場內每頭牛隻，只讓攜帶A2A2基因型的牛隻生育下一代，對於大牧場擁有數個牛舍而言，可以將純A2A2基因型牛隻飼養在同一牛舍內以方便管理。而較為被動的培育方式是只選擇A2A2基因型公牛配種場內牛隻。粗估現役公牛中，純A1A1基因型公牛約占13%；A1A2基因型公牛約占46%；A2A2基因型公牛約占41%。估計只用A2A2基因型公牛配種於場內母牛，將需進行7代育種，才可能達到99%牛隻為A2A2基因型。無論如何都可能犧牲部分基因多態性及遺傳改進率，因為許多優異牛隻目前都是帶有A1基因型。現階段不建議只挑選A2A2基因型公牛，但若2隻公牛各

性能相近，則可選擇A2A2基因型公牛，以逐步增加場內A2牛乳生產量。

沒人能預測未來，誠如Chrissy Meyer (2018)所述，仍很難明確說明A2牛乳是基因學的一時風潮還是乳業未來。因此，無論是否要朝向生產A2牛乳，別忘了自家牧場的育種計畫與目標，還是要強調以產量、健康及體型性狀來達成未來牛場獲利及遺傳增進。

主要參考文獻：

1. Boutrou et al., 2013. Am. J. Clin. Nutr. 97:1314.
2. Chia et al., 2018. Nutrients 10: 1291
3. He et al., 2017. Nutr. J. 16:72.
4. Ho et al., 2014. Eur. J. Clin. Nutr. 68:994.
5. Jianqin et al., 2016. Nutr. J. 15:35.
6. Laugesen and Elliott, 2003. N Z Med. J. 116:U295.