

乳中酪蛋白數據之應用

國立中興大學動物科學系教授
范揚廣

飼養乳牛之目的及挑戰

1. 最經濟之產乳
2. 最有效率之乳蛋白生產
3. 營養分之供應及利用效率
4. 如何利用DHI數據達成上述目的

乳中含氮物質之組成

1. 乳蛋白質：酪蛋白、白蛋白、球蛋白
2. 非蛋白質：游離胺基酸、尿素、尿酸、肌酸、氨、羧基尿嘧啶

為免混淆，乳中氮最好區分為三大部份：
酪蛋白氮(泌乳細胞合成)、乳清氮(血源性蛋白質即白蛋白、球蛋白)、非蛋白氮，該三部份分別佔牛乳總氮之77.9、17.2、4.9%。

乳中酪蛋白

1. 酪蛋白佔乳中總蛋白組成之76~86%，且其為4種基因表現之蛋白質組成， α_{s1} -酪蛋白、 α_{s2} -酪蛋白、 β -酪蛋白、 κ -酪蛋白。
2. 乳中 γ -酪蛋白是 β -酪蛋白的C-端片段，而 β -酪蛋白受血纖維溶酶(胞漿素，plasmin)之作用釋出。

牛乳中氮之分佈-酪蛋白

			氮%	蛋白質, % (= N × 6.38)
Total			100	3.18
酪蛋白	α -	α_{s1} -	78.5	2.63
		κ -		
		λ -		
		γ -		
	β -	TS-		
		R-		
		S-		

牛乳中氮之分佈-其他蛋白質

		氮%	蛋白質，% (= N × 6.38)	特性
Total		100	3.18	
白蛋白	α 乳白蛋白	9.2	0.31	
	血清白蛋白			
球蛋白	優球蛋白	3.3	0.11	IgG ₂ 、 IgA、IgM 為主
	偽球蛋白			IgG ₁ 為主

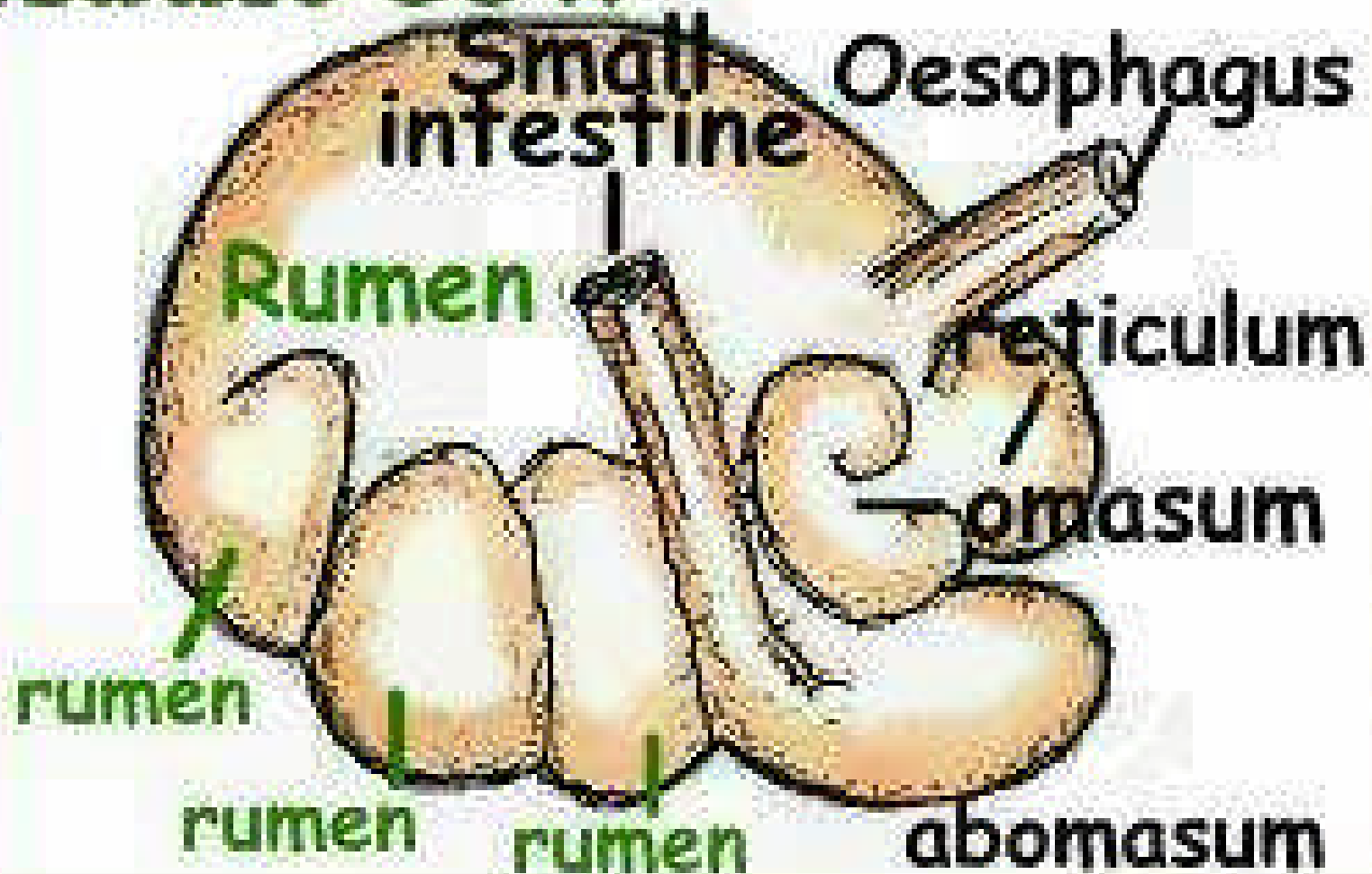
牛乳中氮之分佈-非蛋白質

	氮%	蛋白質，% (= N × 6.38)	特性
Total	100	3.18	
蛋白質、 蛋白質、 白朊	4.0	0.13	熱安定
非蛋白質 態氮	5.0	-	游離胺基酸、尿 素、尿酸、肌 酸、氨、羧基尿 嘧啶

乳蛋白之合成要件

1. 在乳腺分泌細胞合成(酪蛋白)
2. 平衡之各種必需胺基酸之充分供應
3. 能量之充分供應尤其是葡萄糖源

Adult Cow



Liver Cytosol

Propionyl-CoA

Methyl Malonyl-CoA

Succinyl-CoA

Succinate

Fumarate

L-Malate

**PEP
Carboxy kinase**

OAA

PEP

Mitochondria

Mitochondria

Trios Phosphate

**Fructose 1,6 Diphosphate
Fructose-bis-phosphatase**

Fructose-6-P

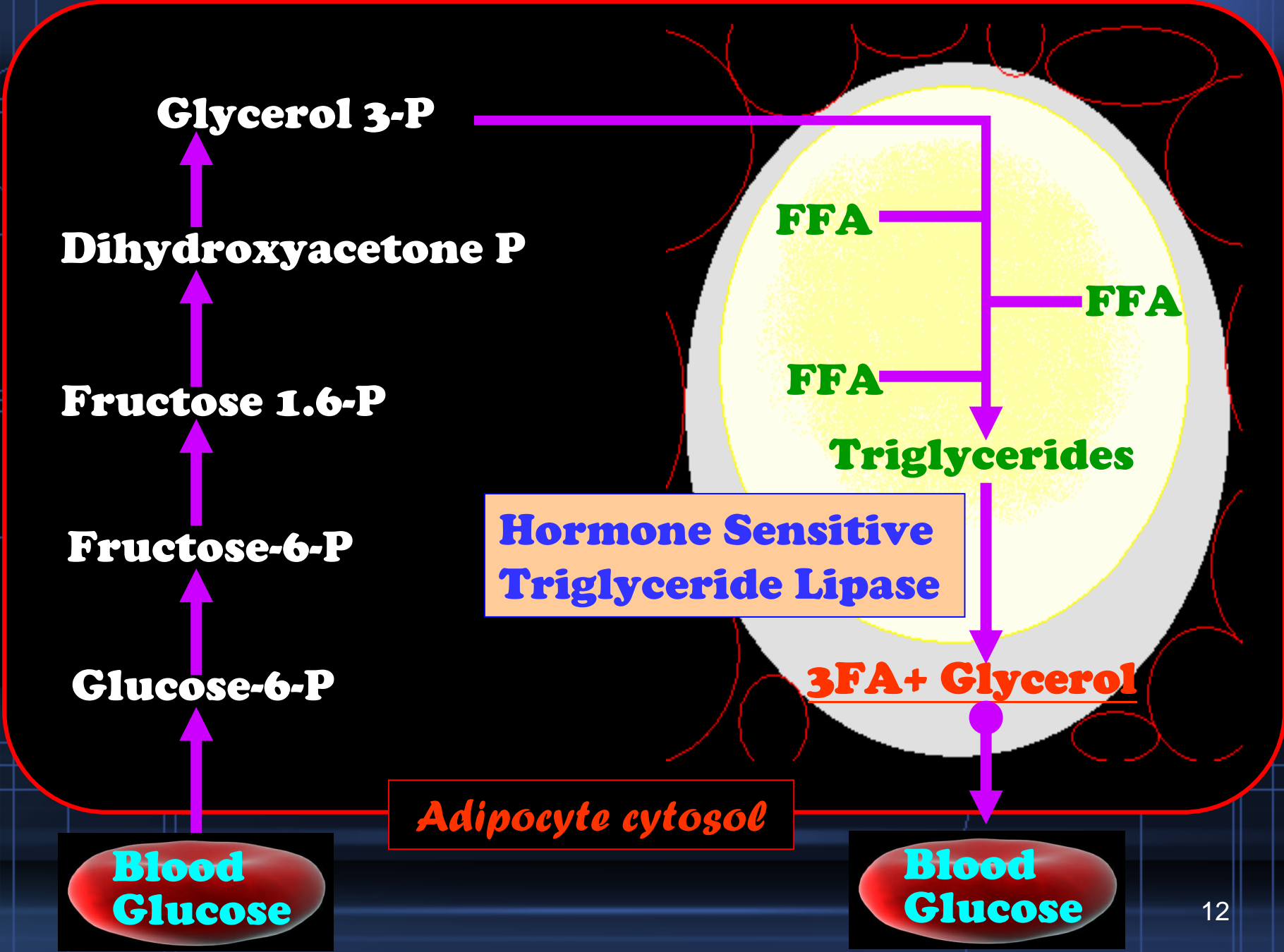
Glucose-6-P

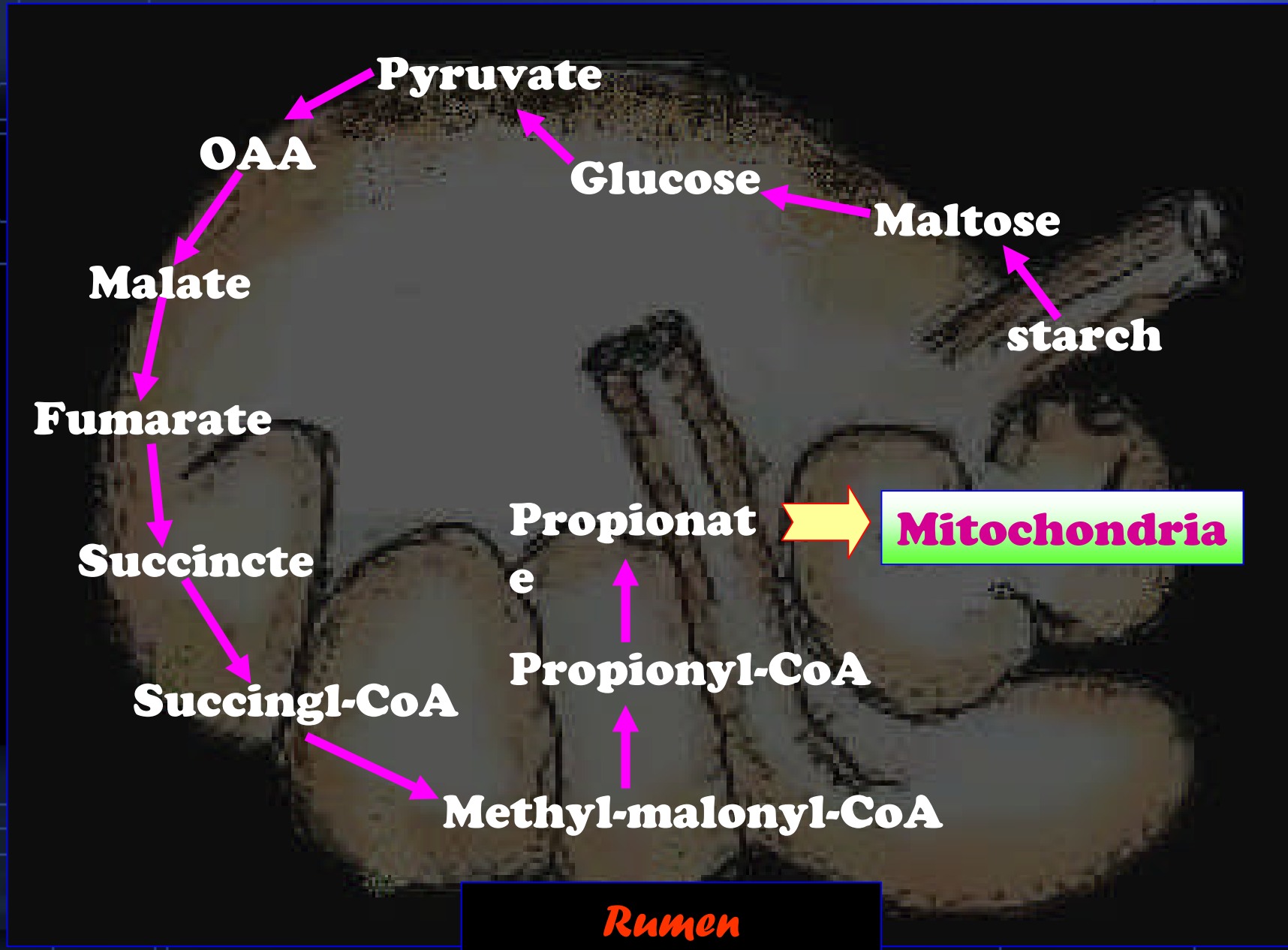
**Glucose-6-
phosphatase**

Glucose

**Blood
Glucose**

Liver cytosol





乳酪蛋白率與飼糧之關係

提供胺基酸與其他營養分(能量為主)以供合成乳與乳成分，如何使營養分相互間作最佳化的提供，為一關鍵技術。

有些相關機制需先瞭解：

下列所有因子同時兼顧，則乳牛之最適飼養計畫之確定即可達成最大進展。

提昇乳牛生乳酪蛋白率之方法

1. 飼料間相互共同作用(互補與協同)使得胺基酸與其他相關蛋白質合成的養分能由瘤胃產出。
2. 胺基酸與其他相關蛋白質合成的養分能自體組織動員出來供合成乳成分。
3. 具合成乳之高遺傳潛能牛隻，其瘤胃醱酵終產物補充的方法甚為重要，由體組織動員之營養分，搭配瘤胃未降解營養分，以符合母牛對胺基酸與其他營養分需要量。
4. 調節胺基酸及其他營養分之利用以供母牛細胞與組織合成乳與乳成分。

乳牛之體態評分

評分	體態
1.0	皮包骨、健康有問題。
2 to 2.5	泌乳早期飼糧嚴重負能量平衡、健康問題已存在或正形成。
2.5 to 2.75	高產乳牛於泌乳早期通常如此。
3.0	泌乳牛之營養分供應狀態良好。
3.25 to 4.25	泌乳後期牛或乾乳牛在良好狀態。
4.5	過胖、低泌乳效率牛、泌乳期極度長期拖延、乾乳期有產犢困難危機。
5.0	極度肥胖、易罹肥牛症。

乳牛分娩時期之體態評分目標

建議 評分	營養目標	警訊
分娩 母牛 3.75~ 4.25	使將產犢 母牛有足 夠而非過 量之體脂 肪貯存。	評分低於3.75表示母牛於泌乳後 期或乾乳期能量攝取不足，該不 足將限制即將到來泌乳期的產乳 量。改進乾乳期的飼養。 評分高於4.25表示母牛於泌乳後 期或乾乳期能量攝取過量。該牛 於乾乳期應與泌乳牛分別飼養， 且餵予低能量但其他營養分足夠 的飼糧。

泌乳早期之體態評分目標

建議評分	營養目標	警訊
3.0 ~3.5	促使最大採食量、飼糧含高能量，儘量減少能量負平衡而致體態評分降低。飼糧須含足量蛋白質以供高峰產乳量之需求。	<p>評分低於3.0表示為非常高產乳之母牛，評分可能降低至2.75而不致於形成問題。牛瘦而乳量不高表示其能量攝取異常不足。確保各種營養分均衡供應，且乾物量與飲水充分攝取。</p> <p>評分落於3.5~3.7表示母牛體態良好，若產乳量不如預期，須檢討蛋白質、礦物質、水之平衡攝取不足。</p>

泌乳中期之體態評分目標

建議 評分	營養目標	警訊
3.5	維持該體態 評分，且促 進產乳量提 昇。	評分低於3.5表示供應母牛之能 量不足，檢討泌乳早期之飼糧 能量含量，通常當時能量供應 量已不足。 評分高於3.75表示供應母牛之 能量須減少，以防過胖。

泌乳後期之體態評分目標

建議 評分	營養目標	警訊
3.75 乾乳 時目 標為 3.75至 4.25	補充能量及 體脂肪貯存 以備下一泌 乳期用，且 須防過胖。	乾乳時評分低於3.75表示供應 母牛之能量不足，檢討泌乳早 期、中期之能量供應確保足 夠，通常問題在該等期間開 始。 乾乳時評分高於4.25 在泌乳後 期應降低能量攝取。

乾乳期之體態評分目標

建議 評分	營養目標	警訊
3.75 ~4.25	維持體態評分在建議範圍，餵予低能量且能提供足夠而非過量之蛋白質、維生素、礦物質之飼糧。	<p>乾乳期評分低於3.75表示應促進母牛之能量攝取，體脂貯存不足將降低未來泌乳期之產乳量，提昇泌乳後期飼糧之能量含量，以增加該期間體脂之貯存。</p> <p>乾乳期評分高於4.25表示應降低母牛之能量攝取，但維持足量之蛋白質、維生素、礦物質，降低泌乳後期母牛對能量之攝取，通常問題在該期間開始。</p>

女牛之體態評分目標

建議 評分	營養目標	警訊
3.25 ~3.75	維持體態評分 在建議範圍， 餵予足夠而非 過量之能量、 蛋白質、維生 素、礦物質之 飼糧。	評分低於3.25可能表示營養出 問題。女牛若太瘦、生長速 率太慢，將來可能有繁殖問 題。 評分高於3.75可能使女牛在發 身時其乳腺有太多之脂肪浸 潤，當女牛分娩時無法充分 發揮其高產乳之遺傳潛能。

乳牛對飼糧蛋白質之利用例

以一頭日產27 kg 牛乳，每日攝食 20 kg 乾物質飼糧，其粗蛋白質含量為16%為例：

自口攝入總粗蛋白質量為20 公斤 \times 16% = 3,200克。

若過瘤胃蛋白(RUP)佔飼糧總粗蛋白40%，則RUP = 3,200 克 \times 40% =1,280克；瘤胃可降解蛋白(RDP)佔60%，則RDP = 3,200 克 \times 60% =1,920克。

一、乳牛對飼糧蛋白質之消化

過瘤胃蛋白(RUP)至瘤胃後之消化道，成為可消化蛋白質與不可消化蛋白質。過瘤胃蛋白之消化率？

而瘤胃可降解蛋白(RDP)在瘤胃中受微生物降解產生氨及碳鏈等基質，加上飼糧提供的能量源，可供合成微生物如細菌、原蟲等菌體，其所含蛋白質即為微生物蛋白質。微生物蛋白質之消化率？

二、飼糧RUP與RDP之消化率

若過瘤胃蛋白之消化率為90%！則本例之牛可自RUP得 $1,280 \text{克} \times 90\% = 1,152 \text{克}$ 可消化蛋白。

而瘤胃可降解蛋白(RDP)合成微生物蛋白質之效率？若為75% (很受能量供應狀態之影響!)，則可自RDP得 $1,920 \text{克} \times 75\% = 1,440 \text{克}$ 微生物蛋白。微生物蛋白之消化率？若為75%，則自微生物蛋白得 $1,440 \text{克} \times 75\% = 1,080 \text{克}$ 可消化蛋白。

三、飼糧提供之總可消化蛋白質

自RUP得 1,152克可消化蛋白 與自RDP得 1,080克可消化蛋白，故飼糧提供之總可消化蛋白為 2,232克，佔飼糧提供總粗蛋白質3,200克之70%，換言之，飼糧蛋白質之消化率為70%。其間有那些操作改善之空間？

提昇乳牛生乳酪蛋白率之方法

含低量瘤胃可利用蛋白質之飼糧可增加必需胺基酸流至十二指腸之量，卻無法提昇精胺酸(Arg)、異白胺酸(Ile)、甲硫胺酸(Met)之流量。

能量之充分供應-葡萄糖源

飼糧中非結構性碳水化合物(non-structural carbohydrates, NSC)

Non structural carbohydrate = 100 - CP -
NDF - ether extract - ash

Non-fiber carbohydrate (NFC) =

能量之充分供應-葡萄糖源

飼糧乾物含量中非結構性碳水化合物(non-structural carbohydrates, NSC) > 24% 與可消化攝取蛋白質(digestible intake protein, DIP) > 9% 可促進瘤胃之微生物蛋白流出量。然而更高的 NSC 含量，卻非支持瘤胃內微生物生長更多之必要。例如母牛餵予含39% NSC + 11% DIP 之飼糧比餵予含29% NSC + 11% DIP者其流至十二指腸之微生物氮量更低，且瘤胃微生物生長之效率更低。

能量之充分供應-葡萄糖源

使用高(39%) NSC飼糧降低微生物產量可歸因於瘤胃內容物之置換率(turnover rates)降低，而非瘤胃pH值降低。

以一頭每日乾物消耗量25 kg產乳39 kg之高產乳牛為例，該牛飼糧含36% NSC其中80%在瘤胃中消化，又含17.5% CP其中66%在瘤胃中消化，如此將使細菌性氮至小腸之流通量最大。若降低其飼糧之NSC比率，或蛋白質之瘤胃內消化率，將減少細菌性氮之流通量。

能量之充分供應-葡萄糖源

使用高(39%) NSC飼糧降低微生物產量可歸因於瘤胃內容物之置換率(turnover rates)降低，而非瘤胃pH值降低。

以一頭每日乾物消耗量25 kg產乳39 kg之高產乳牛為例，該牛飼糧含36% NSC其中80%在瘤胃中消化，又含17.5% CP其中66%在瘤胃中消化，如此將使細菌性氮至小腸之流通量最大。若降低其飼糧之NSC比率，或蛋白質之瘤胃內消化率，將減少細菌性氮之流通量。

乳蛋白評分(milk protein score, MPS)

就一飼糧而言，小腸食糜的最大限制胺基酸估計量相對於乳蛋白之該胺基酸量即是該飼糧之乳蛋白評分或 MPS。

餵予牛隻的飼糧可依之調整改善！

康乃爾淨碳水化合物與蛋白質系統 (Cornell Net Carbohydrate and Protein System, CNCPS)

利用胺基酸次模式(submodel)以估計乳牛飼糧之胺基酸適足

本系統用以估計飼糧蛋白質之未降解蛋白質部分加上飼糧蛋白質可降解蛋白質部分供作合成瘤胃微生物蛋白，二者共同流至其下端消化道之可消化必需胺基酸之適足性。

預估必需胺基酸

(predicted essential amino acid, PEAA)

預估離胺酸、甲硫胺酸是合成乳與乳蛋白質之最大限制胺基酸，達小腸之總預計必需胺基酸量增加15%離胺酸、5%甲硫胺酸供應量，若改善乳與乳蛋白質之合成，顯示飼糧胺基酸之供應不足。飼糧添加瘤胃保護限制胺基酸，仍可用PEAA檢視其適足性。

雖然飼糧添加瘤胃保護限制胺基酸為常用之配方技術，離胺酸、甲硫胺酸仍是最常見之限制胺基酸。組胺酸(His)、異白胺酸(Ile)、白胺酸(Leu)、苯丙胺酸(Phe)則是常頻臨部分限制胺基酸。尤其是最大限制胺基酸以飼糧添加強化之後。

DHI數據之應用

已有之乳中尿素氮、檸檬酸數據仍不足以精密監控胺基酸與其他營養分(能量為主)以供合成乳與乳成分，如何使營養分相互間作最佳化的提供，為一關鍵技術。

乳中酮體、酪蛋白、脂肪酸之含量有助於瞭解牛隻之能量、胺基酸供應之平衡、適足與否之狀態。

這些數據有助於確定正進行之乳牛飼養計畫是否最適，以及調整之飼養計畫是否得當？

謝謝指教!!!

實驗室成員

助理：王淑敏

博士生：林旻蓉、張伸彰、鄭閔謙、左克華、藍珊金

碩士生：謝育哲、劉祐廷、呂冠辰

