

# 含可溶物乾燥玉米酒粕在泌乳牛日糧之應用

Using Corn Distiller's Dried Grains with Solubles in the Dairy Rations

陳淵國 愛加倍乳業諮商顧問

Yuan-Kuo Chen AGAPE Dairy Consultant, Taiwan

## 摘要 Abstract

Corn distiller's dried grains with solubles (DDGS) is a good source of protein, fat, phosphorus, and energy for lactating dairy cows. Good quality DDGS is high digestible in the rumen and can improve animal performance. Using 10% good quality DDGS to partially replace corn grain, soybean meal and roasted soybeans in the ration increased the fat content and decreased the NFC content. The addition of 10% DDGS improved the average milk production level of mid-lactating cows by 0.9 kg per cow per day. Although milk fat percentage was not different between treatments or pens, cows in the DDGS group tended to produce more amount of milk fat per day than cows in the Control group. Percentage of milk protein was decreased, but the amount of milk protein produced per cow per day was not affected by feeding the TMR containing DDGS. DDGS stable for at least a 10 week storage period in hot and humid climates. These results suggest that DDGS can be effectively used in a TMR by mid-lactating dairy cows under heat-stressed climatic conditions and is a potential high quality co-product for the dairy industry in the sub-tropical and tropical regions of the world.

## 前言

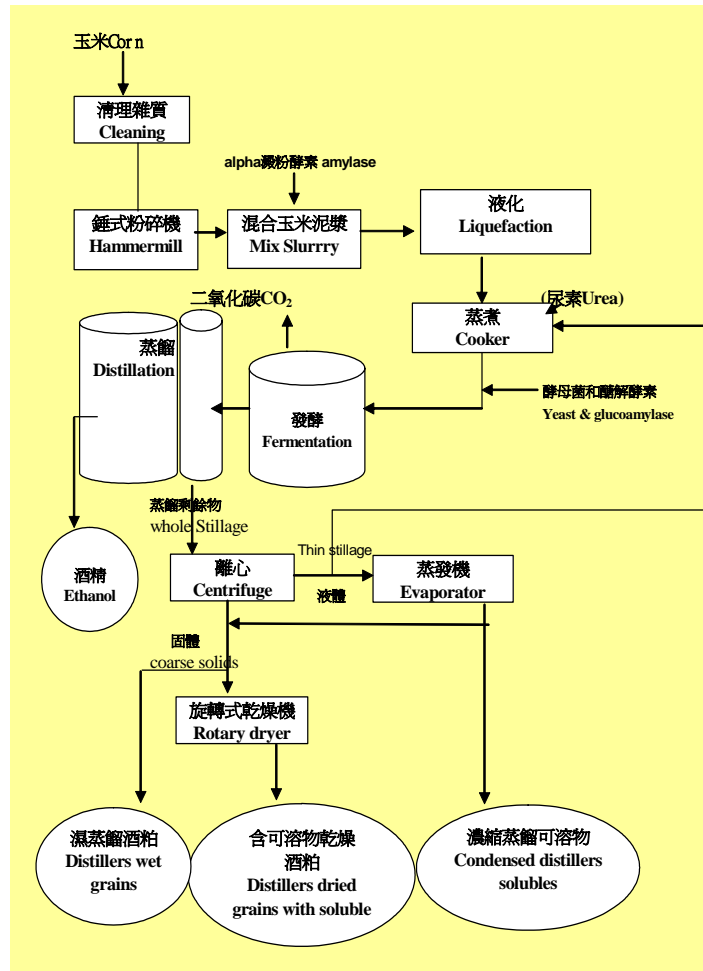
含可溶物乾燥酒粕(Distiller's Dried Grain with Soluble)是以乾式輾磨(dry milling)生產燃料用酒精(fuel ethanol)的副產物；美國中西部的玉米帶(Corn Belt)是含可溶物乾燥酒粕的主要產地，主要的原料是玉米；因此我們所要探討的含可溶物乾燥酒粕將以最大宗的含可溶物乾燥玉米酒粕為主。以往含可溶物乾燥酒粕的主要來源是生產威士忌酒蒸餾後的產物，呈現較深的顏色，而且在乾燥過程中因為過度加熱而使品質降低。新式

的燃料用酒精工廠在發酵效率及乾燥過程都有所改善，所生產的含可溶物乾燥酒粕含有較高營養成分和較低程度的熱破壞。

雖然在乳牛日糧中使用含可溶物乾燥酒粕不是什麼新的話題，因為早在十九世紀末就有文獻記載用蒸餾酒粕餵飼泌乳牛的試驗(Schingoethe, 2001)。但是隨著時空的演變，目前我們所面對的泌乳牛的生產潛力已經大幅的提升，而含可溶物乾燥玉米酒粕也由於製程的改變有了不同的風貌；因此，我們有必要重新檢視含可溶物乾燥玉米酒粕用在泌乳牛日糧的可行性和可能產生的相關問題。特別在含可溶物乾燥玉米酒粕的產量隨著燃料用酒精需求的成長而急遽增加情況下，如何善加利用含可溶物乾燥玉米酒粕來提升泌乳牛生產效率成為重要的課題。

### 含可溶物乾燥玉米酒粕的生產流程與產品特性

乾式碾磨製程是將玉米粉碎後以酵母菌和酵素將玉米的主要成分澱粉發酵產生酒精和二氧化碳，酒精被蒸餾取出後剩下酒粕和一些可溶物，含可溶物的液體被分離出來，經過蒸發濃縮後再按比例與固形物混合乾燥就是含可溶物乾燥玉米酒粕。在乾式碾



磨的過程平均每一浦式耳 ( 25.4 公斤 ) 的玉米可以產生 10.2 公升的酒精、8.2 公斤的二氧化碳和 8.2 公斤的含可溶物乾燥玉米酒粕。(圖一)是乾磨式酒精生產的流程(Shurson, 2003)。

圖一. 乾磨式酒精生產流程。

Figure 1. Dry-Milling Ethanol Production.

由於玉米的澱粉在發酵過程幾乎完全被轉換成酒精，大約只有三分之一的乾物質在剩餘的副產品中被回收，亦即其它營養成分大約被相對濃縮了三倍。影響含可溶物乾燥玉米酒粕成品品質的主要因素包括 1) 玉米澱粉在發酵過程被分解的程度，2) 濃縮可溶物加回酒粕的比例，3) 乾燥過程。在這類新式的燃料用酒精工廠所生產的含可溶物乾燥玉米酒粕(Harty, et al., 1998)比起過去出版的參考書所列的表值(NRC, 1989; NRC, 2001)含有更多的蛋白質(CP)和中洗纖維(NDF)，但是灰分(Ash)，酸洗纖維(ADF)和酸洗不可溶解蛋白(ADIP)則較 NRC 所列的數值低(表一)。Harty 等人(1998)在美國中西部九個燃料用酒精生產廠長期的採樣分析結果顯示，不同工廠中所生產的含可溶物乾燥玉米酒粕，其營養成分有顯著的差異；而同一工廠所生產的產品在乾物質(DM)、脂肪(Fat)、灰分(ash)、酸洗不可溶解蛋白(ADIP)和瘤胃可分解蛋白(Ruminally degradable protein, RDP)方面的變異都很顯著。脂肪的變異可能是濃縮可溶物加回的比例不同所致；乾燥過程則是造成酸洗不可溶解蛋白和瘤胃可分解蛋白差異的主要原因。含可溶物乾燥玉米酒粕是酒精生產的副產品，營養成分的變異在所難免，因此經常分析監控所使用含可溶物乾燥玉米酒粕的營養成分是必要的。

表一. 含可溶物乾燥玉米酒粕的營養成分及其變異。

**Table 1. Nutrient Composition and its Variation of Corn Distiller's Dried Grain with Solubles.**

資料來源(Source)	Harty, <i>et.al.</i> 1998		NRC (1989)	NRC (2001)	
	平均值 (Mean)	變異係數 (CV, %)	表值 (Table value)	平均值 (Mean)	變異係數 (CV, %)
乾物質 DM, %	92.7	1.7	92	90.2	2.0
中洗纖維 NDF, % of DM	48.8	7.2	44	38.8	20.1
酸洗纖維 ADF, % of DM	15.5	16.9	18	19.7	23.4
脂肪 Fat, % of DM	10.5	16.0	10.3	10.0	34.0
灰分 Ash. % of DM	4.3	12.4	4.8	5.2	21.1
粗蛋白 CP, % of DM	30.1	3.7	25.0	29.7	11.1
可溶解蛋白質 Soluble CP, % of CP	9.7	28.7	-	-	-
酸洗不可溶解蛋白 ADIP, % of CP	8.0	36.1	-	16.8	52.3
瘤胃可分解蛋白 <sup>1</sup> RDP, % of CP	46.5	7.7	53	57.8 49.2	-

<sup>1</sup>NRC(2001):當乾物質採食量(DMI)是體重(BW)的 2%時，RDP 為 57.8%；當乾物質採食量(DMI)是體重(BW)的 4%時，RDP 為 49.2%。

## 乳牛日糧使用含可溶物乾燥玉米酒粕的優點與顧慮

以往大部份的研究都著重在評估以含可溶物乾燥玉米酒粕來供應日糧蛋白質的效果(Liu, et al., 2000, Nichols, et al., 1998, Owen and Larson, 1991)；根據這些研究的結果，含可溶物乾燥玉米酒粕提供反芻動物優質的瘤胃可分解蛋白(Ruminally degradable protein, RDP)和瘤胃不可分解蛋白(Ruminally undegradable protein, RUP)是無庸置疑的。含可溶物乾燥玉米酒粕含有約 10.5%的脂肪，而且玉米所含的纖維可以很容易被瘤胃微生物消化(Chen, et al., 1999, Schingoethe, et al., 1999)，因此，含可溶物乾燥玉米酒粕也是反芻動物很好的能量來源；Birkelo, et al., (2004)以活體能量平衡實驗估算未乾燥含可溶物玉米酒粕的熱能值，結果顯示含可溶物玉米酒粕的泌乳淨能(NEL)為 2.27 百萬卡/公斤乾物質(Mcal/ kg DM)，這個數值分別比 NRC (1989)和 NRC(2001)高出 7 至 10% 和 10 至 15%；這個實驗所用的含可溶物玉米酒粕的粗蛋白、脂肪、中洗纖維、和酸洗纖維含量(% of DM)分別為 39.5± 1.4、8.5±1.1、58.1±6.0、23.4±2.1，其化學組成分和(Harty, et al., 1998)的數值稍有差距。

含可溶物乾燥玉米酒粕可能有改善瘤胃微生物代謝乳酸的能力，並且能選擇性的調整特定微生物的族群比例。Fron, et al., ( 1996 ) 指出在試管發酵實驗中，供應瘤胃液牛隻的日糧如果添加 15%的濃縮玉米酒粕可溶物，經過五週的適應期之後所取得的瘤胃液含有較多的乳酸分解菌(Lactilytic bacteria)和澱粉分解菌(Amylolytic bacteria)；而且在試管實驗中顯著地提高乳酸的代謝速率(Fron, et al., 1996)；該研究證實濃縮玉米酒粕可溶物含有乳酸，可能誘導乳酸分解菌和澱粉分解菌的增殖，因而提升瘤胃液代謝乳酸

的能力。這個特性有助於動物適應高精料日糧，對於維持瘤胃環境的安定也有正面的效果。

Linn and Chase, (1996) 和 Schingoethe (2001)已經詳細的整理有關含可溶物玉米酒粕對泌乳牛產乳性狀影響的研究。在乳牛日糧中，含可溶物乾燥玉米酒粕是取代大豆粕和玉米粉的絕佳飼料原料(Powers, et al., 1995, Schingoethe, et al., 1999)。與大豆粕相比，含可溶物乾燥玉米酒粕可以讓泌乳牛生產更多(Nichols, et al., 1998, Owen and Larson, 1991)或至少是相當(Liu, et al., 2000, Schingoethe, et al., 1999)的乳量。而且，不論是濕的或乾燥的含可溶物酒粕，均能有效率的作為反芻動物的蛋白質和能量來源(Larson, et al., 1993, Lodge, et al., 1997a, Lodge, et al., 1997b)。含可溶物玉米酒粕因為含有許多脂肪且中洗纖維的消化率高，對乳脂率通常有提升的效果;對乳蛋白質率的影響則沒有一致的結論，可能是不同研究中所使用的蛋白質原料組合不同所致。

以玉米為原料的含可溶物酒粕，其所含的脂肪當然都來自玉米；Schingoethe, et al., (1999)指出未乾燥含可溶物玉米酒粕的脂肪酸大部份(81.2%)是不飽和脂肪酸(Unsaturated fatty acids)，主要脂肪酸組成分別為亞麻油酸(C18:2, 55.9%)，油酸(C18:1, 23.4%)，棕櫚酸(C16:0, 15.0%)，硬脂酸(C18:0, 2.7%)，亞麻仁油酸(C18:3, 1.5%)，與玉米油的脂肪酸組成很接近，所以碘價(Iodine value)可能高達 120 至 125；因此含可溶物乾燥玉米酒粕在儲存的過程必須特別注意脂肪酸敗的問題。當未乾燥含可溶物玉米酒粕大量使用在泌乳牛日糧時，牛乳中的不飽和脂肪酸比例會明顯的增加

(Schingoethe, et al., 1999)。Kelley, et al., (1997)認為日糧的亞麻油酸(Linoleic acid)增加會提高乳中共軛亞麻油酸(Conjugated linoleic acid)的含量，進而影響乳脂肪的合成(Moore, et al., 2004)；雖然含可溶物玉米酒粕也為日糧帶來一些亞麻油酸，但是在所有研究報告中並未出現乳脂率受抑制的現象，可能是一般的日糧所含的亞麻油酸並不像Kelley, et al., (1997)中所用的濃度那麼高；此外，McGuire, et al., (1996)在日糧中添加玉米油，結果個體間牛乳的共軛亞麻油酸的濃度變異很大。因此，日糧中添加大量的含可溶物玉米酒粕是否會干擾乳脂肪合成需要進一步的研究來證實。

含可溶物乾燥玉米酒粕所含的蛋白質當然也無可避免地具有玉米蛋白質離胺酸(Lysine)偏低的特性；Spiehs, et al., (2002)指出美國中西部較老舊的酒精工廠所生產的含可溶物乾燥玉米酒粕平均含 0.53%的離胺酸和 0.50%的甲硫胺酸(Methionine)；但是，來自新建工廠所產的含可溶物乾燥玉米酒粕則分別含 0.85%的離胺酸和 0.55%的甲硫胺酸。這個差異可能是所使用玉米原料的差異造成的，另一個可能性是製程中玉米的蛋白質和所添加的尿素在發酵過程被酵母菌轉化成菌體蛋白質，因而提高了離胺酸的含量。該文獻也特別強調含可溶物乾燥玉米酒粕的離胺酸含量變異非常大。至於含可溶物乾燥玉米酒粕不平衡的胺基酸組成是否會影響牛乳的蛋白質率可能需要視日糧整體的蛋白質組合而定。含可溶物乾燥玉米酒粕在乾燥的過程如果過度的加熱會影響蛋白質的可利用率，過度加熱所造成的不消化產物則呈現在酸洗不可溶解蛋白(ADIP)中(Linn and Chase, 1996, Nakamura, et al., 1994)；因此酸洗不可溶解蛋白不失為衡量蛋白質受熱破壞程度的良好指標。新近的研究顯示 ADIP 和含可溶物乾燥玉米酒粕蛋白質的小腸



消化率呈顯著的負相關(Harty, et al., personal communication)；如果將樣品依照 ADIP 的含量高低分組，當 ADIP 大於 13%時，ADIP 和顏色的亮度呈高度的負相關；因此顏色的亮度也可以作為含可溶物乾燥玉米酒粕蛋白質可利用率的間接指標。

含可溶物乾燥玉米酒粕的磷含量經過發酵過程的濃縮後高達 0.89%，而且因為微生物酵素對植酸鍵的破壞，所以磷的可利用率也大幅提升。

含可溶物乾燥玉米酒粕的水分含量相當低，在乾燥的溫帶地區其保存性應該相當良好。但是在高溫多溼的地區則需要審慎的評估其水分含量的變化和黴菌毒素 (Mycotoxins)污染的可能性。

### 含可溶物乾燥玉米酒粕在台灣泌乳牛日糧的適用性

大多數的含可溶物乾燥玉米酒粕的相關研究都是在溫帶地區進行的，為了證實其在熱帶地區適用性，我們在商業生產牧場進行了田間試驗，試驗的目的在：1) 檢測含可溶物乾燥酒粕儲存在溼熱的環境中的穩定性；2) 比較餵飼添加含可溶物乾燥玉米酒粕的日糧和一般玉米、大豆粕和烘焙全脂豆粉日糧對泌乳牛的影響，以及測試在溼熱的環境中餵飼含可溶物乾燥玉米酒粕的可行性。

#### 保存性試驗

可溶物乾燥玉米酒粕自美國用 40 呎的貨櫃運送，抵達台灣後再以 50 公斤有塑膠襯裡的袋子重新裝袋，儲放在鐵皮屋頂飼料倉庫中。每週從儲存的含可溶物乾燥酒粕中隨機取樣，分析乾物質，並以 HPLC 或 TLC 分析黴菌毒素和檢測的脂肪氧化酸敗程度(過

氧化價和游離脂肪酸)。結果顯示，經過十週的保存，脂肪的過氧化價未受影響，但游離脂肪酸的含量稍微增加；同時並未發現黴菌毒素的產生(表二)。另一組保存性試驗將可溶物乾燥玉米酒粕存放在散裝桶中，在冬天和夏天各進行一次，經過十二週的儲存並未發現有黴菌毒素明顯升高的現象，只是水分含量隨著儲存的時間稍有增加。

表二. 可溶物乾燥玉米酒粕在台灣保存十週後的脂肪安定性和黴菌毒素含量。

Table 2. Fat Stability and Mycotoxin Analysis Results from DDGS that stored in Taiwan for 10 Weeks.

分析項目 Items	Detection Limits	Analytical Method	DDGS Week 1	DDGS Week 10
Peroxide value, mEq/kg			0.70	0.60
Free fatty acids, % as oleic			11.2	16.2
Aflatoxin B1	1.0 ppb	HPLC	ND	ND
Aflatoxin B2	1.0 ppb	HPLC	ND	ND
Aflatoxin G1	1.0 ppb	HPLC	ND	ND
Aflatoxin G2	1.0 ppb	HPLC	ND	ND
T-2 Toxin	0.1 ppm	TLC	ND	ND
Deoxynivalenol	0.1 ppm	TLC	ND	ND
15 Acetyl-DON	0.1 ppm	TLC	ND	ND
3 Acetyl-DON	0.1 ppm	TLC	ND	ND
Zearalenone	100 ppb	HPLC	56*	64*
Fumonisin B1	0.2 ppm	HPLC	ND	ND
Fumonisin B2	0.2 ppm	HPLC	ND	ND
Fumonisin B3	0.2 ppm	HPLC	**	**

### 田間飼養試驗

五十頭初產的荷仕登(Holstein)乳牛依據泌乳天數 ( Days In Milk, DIM ), 產乳量 , 以及體態評分 ( Body condition score, BCS ) 隨機分為對照組(Control)和含可溶物乾燥

玉米酒粕組(DDGS)。兩組的平均泌乳天數相同 ( $149 \pm 56$  天), 而對照組和含可溶物乾燥玉米酒粕兩組的平均產乳量分別為  $22.3 \pm 2.8$  公斤與  $22.4 \pm 3.7$  公斤; 體態評分則分別為對照組  $3.0 \pm 0.3$  和含可溶物乾燥玉米酒粕組  $3.1 \pm 0.3$ 。本次實驗的前二週為調整期, 讓牛隻適應分群環境, 然後再進行為期八週的實驗並收集數據。兩組牛隻分別飼養在泌乳牛舍兩個相鄰的牛欄中, 每個牛欄都有 25 個頸項架。在實驗期的第四週結束後, 兩組牛隻交換牛欄, 以降低牛欄位置對實驗結果的影響。兩組牛隻分別餵飼中含有 0% (對照組) 或 10% (DDGS 組) 乾物質的含可溶物乾燥玉米酒粕的等蛋白質完全混合日糧 (Total mixed ration, TMR)。含可溶物乾燥玉米酒粕是取代完全混合日糧 (表三) 中部分的大豆粕, 玉米粉, 蒸煮壓片玉米, 和烘焙全脂豆粉。日糧配方以 Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS v 4.26)(Barry, et al., 1994)模擬計算, 滿足牛隻的可代謝蛋白, 可代謝能, 鈣和磷的需求。每二週進行乳牛群性能改良(DHI)測乳, 為配合牧場管理措施, 任何感染乳房炎的牛隻, 將移往乳房炎牛群, 痊癒後併入其它牛群, 不再繼續參與實驗。

試驗用含可溶物乾燥玉米酒粕的化學分析詳列於(表四)。粗蛋白含量高達 32.8%(乾物基), 比 NRC (2001)的飼料成份表中所列出的數值 (29.7%) 高。無法被動物消化的酸洗不可溶解蛋白(ADIP)僅佔乾物質的 1.1% (3.4%粗蛋白), 根據 NRC (2001), 含可溶物乾燥玉米酒粕中的酸洗不可溶解蛋白佔乾物質的 5%; 酸洗不可溶解蛋白含量較低, 表示實驗所用的含可溶物乾燥玉米酒粕在乾燥過程中並未被過度加熱。玉米穀物中大多數的澱粉已在生產過程被發酵成酒精, 剩下的澱粉和糖分別佔含可溶物乾燥玉米酒

粕乾物質的 5.6%和 5.2%。含量相當高的粗脂肪 ( 13.0%乾物質 ) 和磷 ( 0.93%乾物質 ) 是含可溶物乾燥玉米酒粕非常有價值的特性,較高的粗脂肪含量使得本次實驗所使用的含可溶物乾燥玉米酒粕的可消化總營養分(TDN)高達 101% ; 因此,含可溶物乾燥玉米酒粕可提供的泌奶淨能( $NE_L-3X$ )估計可達 2.49 Mcal/公斤乾物質,相較之下,NRC (2001) 所列的含可溶物乾燥玉米酒粕的泌奶淨能( $NE_L-3X$ )為 1.97 Mcal/公斤,而玉米粉的泌奶淨能( $NE_L-3X$ )是 2.01 Mcal/公斤。由於本次實驗所使用的含可溶物乾燥玉米酒粕含有較高的能量值,因此可以預期含可溶物乾燥玉米酒粕組的日糧可以提供較高的產乳量。

如(圖二)所示,本實驗所用的含可溶物乾燥玉米酒粕在試管中與瘤胃液培養時幾乎被完全消化;在發酵的前 6 小時,71%的含可溶物乾燥玉米酒粕已經被分解;經過 30 小時的發酵後,可被分解的部分(90%)幾乎已經完全被消化了。含可溶物乾燥玉米酒粕的中洗纖維,也很容易被消化,以瘤胃液在試管發酵 48 小時後,有 69%的中洗纖維被消化。這項結果與 Chen et al.,( 1999 )和 Schingoethe et al., (1999 )所提出的結論一致。

表三. 對照組與含可溶物乾燥玉米酒粕組的日糧組成與成份。

Table 3. Composition and Nutrient Content of Control and DDGS Rations.

成分	對照組(Control)	含可溶物乾燥玉米酒粕組 ( DDGS ), % DM
	% DM	% DM
玉米青貯 Corn Silage	22	22
苜蓿乾草 Alfalfa hay	19	19

百慕達乾草 Bermuda hay	5	5
黃豆殼 Soyhulls	11	11
玉米粉 Corn grain, ground	18.4	12.8
蒸煮壓片玉米 Steam-flaked corn	6	4
大豆粕 SBM , 44%CP	6	4.8
烘焙全脂豆粉 Roasted soybean	2	1
魚粉 Fish meal	0.5	0.5
玉米麩粉 Corn gluten feed	3.2	3.2
含可溶物乾燥玉米酒粕 DDGS	0	10
糖蜜 Molasses	1.6	1.6
磷酸氫鈣 Di-calcium phosphate	0.48	0.08
石灰石粉 Limestone	0.64	0.88
鹽 Salt	0.56	0.56
越胃脂肪 Rumen by-pass fat	2	2
維生素/礦物質預混物 Vit/ Min.	0.08	0.08
重碳酸鈉 Sodium bicarbonate	1.5	1.5
完全混合日糧的成分估計 <sup>1</sup>		

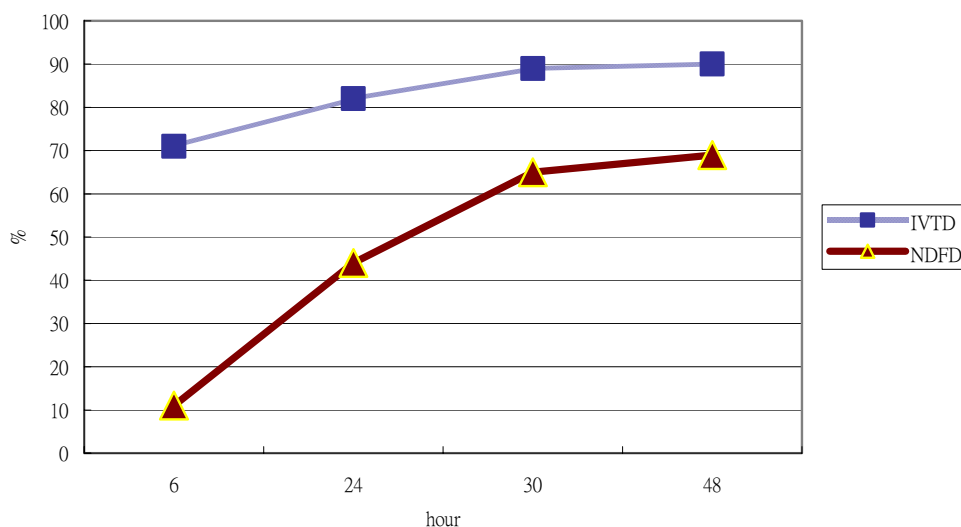
<sup>1</sup> 由康乃爾大學的淨碳水化合物和蛋白質系統(CNCPS)估算。

<b>預估採食量 DMI , kg/day</b>	<b>18.4</b>	<b>18.4</b>
<b>粗蛋白 CP , % DM</b>	<b>15.7</b>	<b>15.7</b>
<b>瘤胃可降解蛋白 DIP , % CP</b>	<b>62</b>	<b>57</b>
<b>中洗纖維 NDF , % DM</b>	<b>35</b>	<b>38</b>
<b>非纖維性碳水化合物 NFC , %DM</b>	<b>39</b>	<b>36</b>
<b>脂肪 Fat , % DM</b>	<b>4.9</b>	<b>5.7</b>
<b>鈣 Ca , % DM</b>	<b>0.87</b>	<b>0.88</b>
<b>磷 P , % DM</b>	<b>0.43</b>	<b>0.44</b>

表四. 試驗用含可溶物乾燥玉米酒粕的化學成份分析。(以乾物質為基準)

Table 4. Chemical Analysis of DDGS that used in the Feeding Trial.

	DM basis		DM basis
乾物質 DM , %	87.1	鎂 Mg , %	0.37
粗蛋白 CP , %	32.8	鉀 K , %	1.11
酸洗不溶粗蛋白 ADIP , %	1.1	鈉 Na , %	0.18
中洗不溶粗蛋白 NDIP , %	10.3	氯 Cl , %	0.15
酸洗纖維 ADF , %	11.5	硫 S , %	0.49
中洗纖維 NDF , %	32.0	鐵 Fe , ppm	87
木質素 Lignin , %	5.8	鋅 Zn , ppm	55
非纖維性碳水化合物 NFC , %	26.6	銅 Cu , ppm	4
非結構性碳水化合物 NSC , %	10.8	錳 Mn , ppm	17
澱粉 Starch , %	5.6	鉬 Mo , ppm	1.0
糖 Sugar , %	5.2	可消化總營養分 TDN , %	101
粗脂肪 Fat , %	13.0	泌奶淨能 NE <sub>L</sub> , Mcal/kg	2.49
灰分 Ash , %	5.82	維持淨能 NE <sub>M</sub> , Mcal/kg	2.68
鈣 Ca , %	0.05	增重淨能 NE <sub>G</sub> , Mcal/kg	1.91
磷 P , %	0.93		



圖二.試驗用含可溶物乾燥玉米酒粕的試管真消化率與中洗纖維消化率。

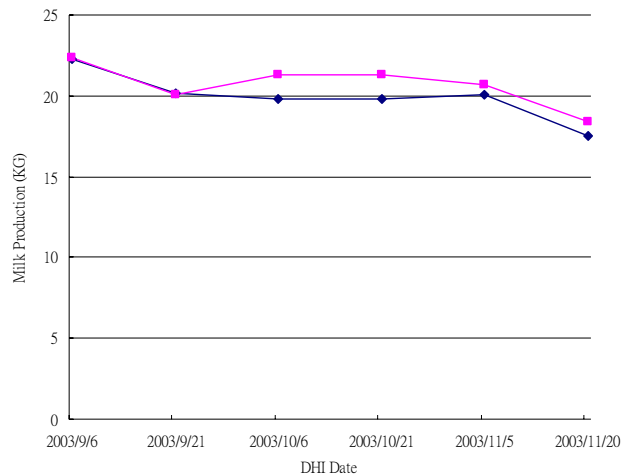
Figure 2. In Vitro True Digestibility and NDF Digestibility of DDGS.

對照組和含可溶物乾燥玉米酒粕組的平均每日乾物質採食量 (DMI) 分別為  $17.8 \pm 1.2$  和  $17.6 \pm 1.0$  公斤。添加含可溶物乾燥玉米酒粕並未影響實驗動物的採食量。此外，畜欄也未對乾物質採食量產生影響 (表五)。實驗牛隻實際的乾物質採食量比 CNCPS 所預測的要低，這項差異或許是因為實驗期間的熱緊迫所造成的。雖然實驗期間是從九月到十一月，但牛隻仍處於熱緊迫的環境下 (溫溼度指數  $THI > 72$ )。

(圖三)是對照組與含可溶物乾燥玉米酒粕組測乳當日實際測乳牛隻的平均產乳量。含可溶物乾燥玉米酒粕組的牛隻有比對照組牛隻的產乳量較高的趨勢 (圖三)。如圖三所示，實驗前兩組牛隻的產乳量並無不同 (2003/9/6 到 2003/9/21 DHI)。在餵飼過實驗日糧之後，每次的測乳結果可以發現含可溶物乾燥玉米酒粕組的平均產乳量都比對照組高。畜欄的位置，牛群平均泌乳天數因牛隻異動的改變或含可溶物乾燥玉米酒粕的



實際優勢都可能是導致產乳量的差異的原因。但由於兩組在餵飼實驗日糧之前的適應期產乳量並無不同，因此畜欄應該不太可能是造成產乳量差異主要原因；實驗期間因乳房炎被移除的牛隻雖然會造成兩組間平均泌乳天數的差距，但實際上兩組間平均泌乳天數的差異只有 6 天，對產乳量的影響可能不大；因此，含可溶物乾燥玉米酒粕組可能有助於泌乳牛在熱緊迫的環境壓力下生產更多的牛乳。兩組牛隻的產乳量在實驗最後一次測乳都出現明顯下降的現象，可能是由於溫溼度指數回升或是新開封的玉米青貯的品質較



差所致。

圖三. 對照組與含可溶物乾燥玉米酒粕組測乳當日牛隻的平均產乳量

Figure 3. Average Milk Production of Cows Fed the Control and DDGS TMR.

將完整完成實驗的牛隻資料進行統計分析 ( 表五 )；以實驗開始前的產乳量作為共變項，含可溶物乾燥玉米酒粕組牛隻的產乳量明顯高於 ( 0.9 公斤/天/頭 ) 對照組的牛隻 (  $P < .05$  )，含可溶物乾燥玉米酒粕組的日糧脂肪含量較高可能是使該組的乳牛產乳量較高的主要原因。在本實驗中，畜欄並未對牛隻產乳量造成影響；但是，日糧與畜欄交互作用對產乳量的影響頗為明顯 ( $P = .003$ )。雖然乳脂率不受日糧或畜欄的影響，含可溶

物乾燥玉米酒粕組牛隻每天所產的乳脂量高於對照組 ( $P = .1$ ) ; 含可溶物乾燥玉米酒粕組的乳脂量較高，可能很單純的就是因為該群牛隻的產乳量高於對照組的牛隻。日糧中添加的 10% 的含可溶物乾燥玉米酒粕，使含可溶物乾燥玉米酒粕組的乳中蛋白質率明顯的降低 ( $P = .001$ )，但是對每天平均的乳蛋白質量並沒有顯著的影響；在泌乳牛の日糧中添加含可溶物乾燥玉米酒粕的顧慮之一就是它的胺基酸不平衡且脂肪含量較高，可能會影響瘤胃的發酵，降低瘤胃中微生物蛋白質的產量及乳蛋白的含量；但是因為添加含可溶物乾燥玉米酒粕提高產乳量，乳蛋白質產量並沒有明顯的減少。乳糖含量受到日糧 ( $P = .07$ ) 與畜欄 ( $P = .004$ ) 的影響，但是真正的原因並不清楚。實驗期間，二組間的體態評分並沒有受到日糧處理的影響。

表五.泌乳牛餵飼含可溶物乾燥玉米酒粕對產乳量、牛乳成份和體態評分的影响。

Table 5. Effects of Feeding TMR with and without 10% DDGS on the Milk Production, Milk Composition and BCS of Mid-Lactating Cows.

變數	日糧 ( T )		畜欄 ( P )		SE	P 值		
	Control	DDGS	1	2		T	P	T×P
乾物質採食量 DM , kg/day	17.8	17.6	17.8	17.6	0.20	0.32	0.29	0.012
乳量 Milk , kg/day	19.5	20.4	19.8	20.1	0.44	0.04	0.46	0.003
脂肪率 milk fat , %	4.51	4.45	4.43	4.53	0.13	0.61	0.41	0.69
脂肪量 fat , kg/day	0.86	0.91	0.87	0.91	0.03	0.10	0.22	0.07
蛋白質率 Milk protein , %	3.45	3.32	3.41	3.37	0.04	0.001	0.17	0.73
蛋白質量 Protein, kg/day	0.66	0.68	0.67	0.67	0.02	0.40	0.97	0.02
乳糖 Lactose , %	4.85	4.90	4.92	4.83	0.03	0.07	0.004	0.84
總固形物 TS , %	13.5	13.4	13.5	13.4	0.16	0.36	0.77	0.63
乳尿素氮 MUN , mg/dL	11.2	11.8	12.3	12.8	0.50	0.23	0.80	0.04
體細胞數 SCC , 10 <sup>4</sup> /ml	26.9	35.4	35.9	26.4	13.8	0.54	0.49	0.76
體態評分 BCS	2.96	3.01				0.21		

結論

含可溶物乾燥玉米酒粕是泌乳牛蛋白質、脂肪、磷與能量的良好來源。品質良好的含可溶物乾燥玉米酒粕在瘤胃中非常容易被消化，而且能改善泌乳牛表現。以 10% 的含可溶物乾燥玉米酒粕取代玉米，大豆粕和烘焙全脂豆粉會增加完全混合日糧中的脂肪含量，減少非纖維性碳水化合物含量。添加 10% 的含可溶物乾燥玉米酒粕能使泌乳牛的產乳量平均每頭每天增加 0.9 公斤；乳脂率並沒有差異，但乳脂量略為增加；乳蛋白質率會稍微降低，但乳蛋白量並不受影響。在熱緊迫的環境下，含可溶物乾燥玉米酒粕可以有效率的用在泌乳中期的乳牛日糧；因此，優質的含可溶物乾燥玉米酒粕是熱帶或亞熱帶酪農業相當有潛力的高品質飼料原料。

## 致謝

感謝美國穀物協會(U.S. Grains Council)在研究經費和技術資訊方面的鼎力支持；林鳳營牧場所有工作同仁和研究助理陳怡如小姐在田間試驗過程辛勞的付出是完成此研究計劃最大的助力。

## 參考文獻

- Barry, M. C., D. G. Fox, T. P. Tylutki, A. N. Pell, J. D. O'Connor, C. J. Sniffen, and W. Chalupa. 1994. The Cornell net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 3 ed. Cornell University, Ithaca, NY.
- Birkelo, C. P., M. J. Brouk, and D. J. Schingoethe. 2004. The Energy Content of Wet Corn Distillers Grains for Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 87(6):1815-1819.
- Chen, Y.-K., A. N. Pell, L. E. Chase, and P. Schofield. 1999. Rate and Extent of Digestibility of the Ethanol-Soluble and Neutral Detergent -Insoluble Fractions of Corn Grain. *Journal of Animal Science*. 77:3077-3083.
- Fron, M., H. Madrira, C. Richard, and M. Morrison. 1996. The Impact of Feeding Condensed Distillers Byproducts on Rumen Microbiology and Metabolism. *Animal Feed Science and Technology*. 61:235-245.
- Harty, S. R., J.-M. Akayezu, J. G. Linn, and J. M. Cassady. 1998. Nutrient Composition of Distillers Grains with Added Solubles. *Journal of Dairy Science*. 81(4):1201.
- Kelley, M. L., J. R. Berry, D. A. Dwyer, D. E. Bauman, M. Van Amburgh, and J. M. Griinari. 1997. Effect of Dietary Fatty Acid Sources on Conjugated Linoleic Acid (CLA) Levels in Milk from Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 80(Suppl. 1):243.
- Larson, E. M., R. A. Stock, T. J. Klopfenstein, M. H. Sindt, and R. P. Huffman. 1993. Feeding Value of Wet Distillers Byproducts for Finishing Ruminants. *Journal of Animal Science*. 71:2228-2236.
- Linn, J. G. and L. E. Chase. 1996. Using Distillers Grains in Dairy Cattle Rations. Professional Dairy Management Conference, Dubuque, IA.
- Liu, C., D. J. Schingoethe, and G. A. Stegeman. 2000. Corn Distillers Grains versus a Blend of Protein Supplements with or without Ruminally Protected Amino Acids for Lactating Cows. *Journal of Dairy Science*. 83:2075-2084.
- Lodge, S. L., R. A. Stock, T. J. Klopfenstein, D. H. Shain, and D. W. Herold. 1997a. Evaluation of Corn and Sorghum Distillers Byproducts. *Journal of Animal Science*. 75:37-43.
- Lodge, S. L., R. A. Stock, T. J. Klopfenstein, D. H. Shain, and D. W. Herold. 1997b. Evaluation of Wet Distillers Composite for Finishing Ruminants. *Journal of Animal Science*. 75:44-50.
- McGuire, M. A., M. K. McGuire, M. A. Guy, W. K. Sanchez, T. D. Shulta, L. Y. Harrison, D. E. Bauman, and J. M. Griinari. 1996. Short Term Effect of Dietary Lipid Concentration on Content of Conjugated Linoleic Acid (CLA) in Milk from Dairy Cattle. *Journal of Animal Science*. 74(Suppl. 1):266.
- Moore, C. E., H. C. Hafliger, III, O. B. Mendivil, S. R. Sanders, D. E. Bauman, and L. H. Baumgard. 2004. Increasing Amounts of Conjugated Linoleic Acid (CLA) Progressively Reduces Milk Fat Synthesis Immediately Postpartum. *Journal of Dairy Science*. 87(6):1886-1895.

- Nakamura, T., T. J. Klopfenstein, and R. A. Britton. 1994. Evaluation of Acid Detergent Insoluble Nitrogen as an Indicator of Protein Quality in Nonforage Proteins. *Journal of Animal Science*. 72:1043-1048.
- Nichols, J. R., D. J. Schingoethe, H. A. Maiga, M. J. Brouk, and M. S. Piepenbrink. 1998. Evaluation of Corn Distillers Grains and Ruminally Protected Lysine and Methionine for Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 81:482-491.
- NRC. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- NRC. 2001. Nutrient Requirement of Dairy Cattle. Vol. Seventh Revised Ed. National Academy Press., Washington, D.C.
- Owen, F. G. and L. L. Larson. 1991. Corn Distillers Dried Grains versus Soybean Meal in Lactation Diets. *Journal of Dairy Science*. 74:972-979.
- Powers, W. J., H. H. Van Horn, B. J. Harris, and C. J. Wilcox. 1995. Effects of Variable Sources of Distillers Dried Grains Plus Solubles on Milk Yield and Composition. *Journal of Dairy Science*. 78:388-396.
- Schingoethe, D. J. 2001. Using Distillers Grains in the Dairy Rations. National Corn Growers Association Ethanol Co-Products Workshop "DDGS: Issues to Opportunities". Lincoln, NE.
- Schingoethe, D. J., M. J. Brouk, and C. P. Birkelo. 1999. Milk Production and Composition from Cows Fed Wet Corn Distillers Grains. *Journal of Dairy Science*. 82:574-580.
- Shurson, G. C. 2003. 新世代含可溶物乾燥酒粕在豬與家禽日糧的利用. 九十二年度飼料製造技術研討會, 嘉義, 台灣.
- Spiehs, M. J., M. H. Whitney, and G. C. Shurson. 2002. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*. 80(10):2639-2645.