

# 甘藷等外品青貯料作為荷蘭泌乳牛飼糧之可行性評估<sup>(1)</sup>

李春芳<sup>(2)</sup> 范耕榛<sup>(2)</sup> 施柏齡<sup>(2)</sup> 王紓愨<sup>(3)</sup> 蕭宗法<sup>(4)</sup> 張俊達<sup>(4)(5)</sup>

收件日期：108 年 2 月 21 日；接受日期：108 年 7 月 25 日

## 摘 要

本試驗目的在研發適當的甘藷等外品青貯料，評估其作為乳牛飼料應用之可行性，以建立環保友善的農業模式。試驗首先製作 11 種甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮少量青貯料（鮮重 10 : 0 : 1 逐級調整為 0 : 10 : 1），隨著高澱粉甘藷的減低與高纖維豆莢的增加，青貯料的粗蛋白質與纖維增加、非纖維性碳水化合物 (non-fibrous carbohydrate, NFC) 與試管乾物質消化率 (in vitro dry matter digestibility, IVDMD) 降低；青貯過程降低青貯料 pH 達 0.88 單位與 IVDMD 達 5.1%，綜合推薦甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮 9 : 1 : 1 到 5 : 5 : 1 五組青貯料具優良品質。荷蘭泌乳牛甘藷飼養試驗採用甘藷 + 麩皮 (10 : 1) 比例調製膠膜香腸式青貯料，甘藷 + 麩皮青貯料以取代飼糧中啤酒粕與大豆殼粒的方式，逐級添加為飼糧乾基的 0、4.5、9 或 13.5%。將 28 頭乳量 23 kg 以上的乳牛逢機分成 4 組，分別群飼進行 2 次各 24 天的飼養試驗。試驗結果顯示，青貯過程可有效降低 28.7% 新鮮甘藷的胰蛋白酶抑制因子活性。甘藷 + 麩皮青貯料對泌乳牛的主要影響在促進牛隻乾物採食量但降低乳脂率（不添加組 3.76%，添加三組平均 3.40%，降幅 9.7%， $P < 0.05$ ），乳量有隨甘藷添加量增加而提高的趨勢。推測牛群泌乳性能表現主要受甘藷 + 麩皮添加組飼糧的低纖維與高 NFC 含量所影響，四組飼糧中洗纖維 (neutral detergent fiber, NDF) 含量依序自 42.2% 降低到 32.1%，降幅 20%；NFC 則依序自 31.0% 增加到 42.8%，增幅高達 32%。甘藷等外品可作為乳牛高消化率高能量的飼料原料，但為避免乳脂率偏低，建議甘藷等外品應以取代精料中玉米的方式添加，以平衡飼糧營養分同時照護牛隻的健康與性能。

關鍵詞：飼料資源、荷蘭泌乳牛、乳脂率、非纖維性碳水化合物、甘藷等外品。

## 緒 言

近 10 幾年來，全球飼料原料供應不穩定與價格飆高，使國內畜產業的高飼養成本面臨嚴峻的考驗，是否能永續經營，影響民生物資的供應、價格與國家安定，因此開發自給飼料資源以提升糧食安全是國內農業重要的研究主題。本試驗目標在開發可用的飼料資源，以增加自產飼料、降低生產成本、促進農業循環及保護環境。

由於反芻動物牛羊有瘤胃微生物可分解纖維，並且可由多元化飼料原料設計配方，因此較適合進行各類副產物的飼料化利用。以青貯方法進行各類農作與食品加工副產物的適當調製與保存，並評估在反芻動物飼糧中適當應用，已獲得良好成效，如由鳳梨皮渣、麩皮及盤固乾草製作的香腸式青貯料可以用來餵飼荷蘭泌乳牛，每天每頭 8 – 20 kg 餵飼量不影響乳量（平均 27.8 kg）與牛乳品評，但可明顯提高泌乳效率（1.25 vs. 1.43，乳量 / 乾物質採食量）（張等，2013）；以鳳梨皮渣與金針菇廢棄培養基調製成鳳金青貯料，餵飼乳用山羊生長期 62 日，獲得 73 g 的日增重，推薦添加量可達飼糧乾基的 16%（范等，2014a），以此鳳金青貯料餵飼撒能與阿爾拜因泌乳山羊後，得知最佳添加量為飼糧乾基的 4%，羊隻乾物採食量 (2.44 kg) 與乳量 (2.40 kg) 有較不添加對照組（分別為 2.29 與 2.30 kg）為佳的趨勢，推薦泌乳羊飼糧乾基中可添加 8%（范等，2014b）；以此鳳金青貯料添加到荷蘭泌乳牛飼糧中，得到 23.5 kg 泌乳量，推薦每天每頭可以採食到 9 kg（張等，2014）。

依據民國 106 年農業年報資料顯示（行政院農業委員會，2017），大豆的種植面積近三年快速增加到 3,188 公頃，產量達 4,674 公噸，在高屏地區的臺灣綠金毛豆專業種植區，已創造亮眼的外銷成績，其規格品外的毛豆莢量

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2619 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所營養組。

(3) 行政院農業委員會畜產試驗所恆春分所。

(4) 行政院農業委員會畜產試驗所產業組。

(5) 通訊作者，E-mail：ctchang@mail.tlri.gov.tw。

大並富含纖維、蛋白質與能量；甘藷是一種高澱粉能量原料，近年企業化的多元甘藷產品生產日益蓬勃，甘藷的種植面積穩定成長達 10,310 公頃，年產量有 241,694 公噸，簡單以 15% 等外品估算，每年甘藷等外品量約為 36,254 公噸，造成業界對甘藷等外品去化的極大壓力。副產物的去化有堆肥製作與生技產品開發等方向，但實務上可能以飼料化應用較為經濟可行。

胰蛋白酶抑制因子 (trypsin inhibitor) 是一種普遍存在飼料原料中的抗營養因子 (Kunitz, 1947)，如大豆即需經過熱處理來降低其胰蛋白酶抑制因子的活性與改善肉雞性能 (Pacheco *et al.*, 2014)。甘藷具有明顯的胰蛋白酶抑制因子活性，且抑制因子活性在熱處理後仍然只能部分去除 (李等, 2016)，在本所 101 – 104 年增加自給飼料資源的研究結果中，顯示除了蛋禽外，糙米可以取代飼糧中玉米的 50% – 100%，但甘藷只能取代玉米的 20% – 30%，因此甘藷做為單胃動物畜禽飼糧有很高的限制性。為提升甘藷以飼料化的去化可行性，本次試驗想探究甘藷經青貯處理與瘤胃微生物分解後，可否大幅降低其胰蛋白酶抑制因子活性而增加在反芻動物飼糧中的應用性。毛豆莢與甘藷等外品這兩項高量副產物在反芻動物的飼料化應用有其研究價值，是本次試驗探討的目標。

## 材料與方法

本試驗於行政院農業委員會畜產試驗所產業組乳牛試驗場進行，試驗動物之使用、飼養管理及試驗內容經畜產試驗所實驗動物管理小組畜試 107-42 號申請核准在案。

### I. 甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮青貯料的調製

本次試驗首先考慮以甘藷的高澱粉搭配毛豆莢的高纖維來調製青貯料，以保存為反芻動物的飼糧原料。經分別拜訪甘藷與毛豆產業，取得各約 300 kg 鮮物，以麩皮做為乾物質調整材並固定占比 1，以 1/10 鮮物重的級距，設計甘藷 10：毛豆莢 0：麩皮 1 比例，並逐級替換成甘藷 0：毛豆莢 10：麩皮 1 共 11 種配方，各組原料依配方比例混勻並塞緊密封於黑色塑膠水管袋中，製作成各約 11 kg 鮮重的小量青貯料，每處理 3 重複。採集兩項原料樣品及各處理組混合樣品，進行水萃與烘乾粉碎處理，測定 pH 值與營養成分。青貯料一個月後開封，同樣進行採樣與測定。青貯料品質以氣相層析儀進行青貯料水萃液的乙酸、丁酸、丙酸及乳酸含量分析 (Jones and Kay, 1976)，轉換成占總當量百分比，再依 Flieg's 青貯料品質評分表 (Flieg, 1952) 計算品質分數。以各處理營養成分、開封後性狀與品質評分等決定下一步製作泌乳牛飼效試驗大量青貯料配方的參考。

副產物的生產有季節性，本次試驗遇到毛豆莢一直無法取得，甘藷又快過了生產季節的壓力，因此於民國 107 年 8 月底改以甘藷 + 麩皮 10：1 鮮重比例，製作香腸式膠膜青貯料約 55 公噸做為泌乳牛飼養試驗用。甘藷等外品的成分依照生產廠的清洗打碎等加工而有所不同。小量塑膠水管青貯試驗所用之甘藷等外品，其青貯前水萃液 pH 為 4.49、乾物質 (dry matter, DM) 可達 30.8%、粗蛋白質 (crude protein, CP) 僅 4.3%、纖維含量也非常低，但非纖維性碳水化合物 (non-fibrous carbohydrate, NFC = 100 – CP – NDF – EE – Ash, NRC 2001) 與試管乾物質消化率 (in vitro dry matter digestibility, IVDMD) 則非常高，分別達到 80.9% 與 92.7%，因此是一種高消化率的高能量飼料來源 (表 1)。製作大量香腸式青貯料的甘藷等外品的組成與消化率與製作小量青貯料時的有些差異，但趨勢一致 (表 1)。毛豆莢含水率高達約 80%，水萃液 pH 高達 6.92、CP 含量中等為 13.6%，NFC 僅 19.5%、纖維含量高但消化率仍可以達到 73.6% (表 1)，顯示豆科因緩衝力高而不適於單獨製作青貯料 (pH 偏高)，但其他營養組成良好，應可作為反芻動物一種高纖高消化率的飼料來源。甘藷 + 麩皮 (10：1) 調製後青貯前的組成為 9.2% (CP)、22.8% (NDF)、57.9% (NFC) 及 80.7% (IVDMD)，麩皮的加入提高青貯料的乾物質、粗蛋白質、纖維及磷含量，消化率與澱粉類含量也仍維持良好 (表 1)。

### II. 甘藷 + 麩皮青貯料在荷蘭泌乳牛飼糧之應用

#### (i) 試驗設計

飼糧營養分提供依據美國 NRC (2001) 乳牛營養需要推薦，設計乳量 25 kg 的完全混合日糧 (total mixed ration, TMR)。飼糧由玉米青貯料、苜蓿乾草、甘藷 + 麩皮 (10：1) 青貯料、啤酒粕青貯料、麩皮、大豆殼粒、大豆粕及玉米一大豆粕穀類精料組成。飼糧處理為甘藷 + 麩皮青貯料的不同量添加，甘藷 + 麩皮青貯料以取代飼糧中啤酒粕、大豆殼粒及麩皮的方式，逐級添加為飼糧乾基的 0 (對照組)、4.5、9 或 13.5%，亦即每日每頭 TMR 中分別添加 0、3、6 或 9 kg (飼料基)。牛隻採食相同精料，甘藷 CP 低因此添加組額外補充少量大豆粕。四組飼糧的芻料、副產物及精料比例皆約占飼糧乾基的 1/3，詳細飼糧配方列於表 2。

選擇每日產乳量 23 kg 以上的荷蘭泌乳牛 28 頭，其乳量平均為 25.7 ± 5.2 kg，胎次平均為 1.43 ± 0.79 胎，體重平均為 608 ± 59 kg。牛群依乳量、胎次與體重等逢機分成 4 組，各組分別群飼於隧道式水簾降溫牛舍

的四大欄。飼養試驗進行 24 天並重複 1 次，試驗前 14 天為飼糧適應期，後 10 天是正式採樣期，第 2 次試驗牛群重新選擇與分組，但以不重複第 1 次試驗處理為原則。

表 1. 甘藷飼養試驗中青貯原料之組成 (青貯前, 乾基 %)

Table 1. Compositions of ingredients before ensiling in sweet potato feeding trial (DM basis)

| Sample                          | pH   | DM <sup>1</sup> | CP   | EE   | NDF  | ADF  | ADL  | Ash  | Ca   | P    | IVDMD |
|---------------------------------|------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| SSP <sup>2</sup><br>(Small bag) | 4.49 | 30.8            | 4.3  | 0.70 | 11.4 | 3.4  | ND   | 2.73 | 0.10 | 0.13 | 92.7  |
| SP<br>(Small bag)               | 6.92 | 19.5            | 13.6 | 3.40 | 51.7 | 37.1 | 5.15 | 11.8 | 0.60 | 0.26 | 73.6  |
| SSP<br>(Big bag)                | 5.01 | 23.2            | 3.5  | 1.04 | 13.7 | 8.5  | ---  | 7.21 | 0.24 | 0.25 | 82.3  |
| SSP + WB (10:1)<br>(Big bag)    | 4.12 | 28.5            | 9.2  | 2.22 | 22.8 | 10.7 | ---  | 7.95 | 0.27 | 0.48 | 80.7  |

<sup>1</sup> DM: dry matter; CP: crude protein; EE: ether extract; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; ADL: acid detergent lignin; IVDMD: in vitro dry matter digestibility.

<sup>2</sup> SSP: sub-quality sweet potato, SP: soybean pod, WB: wheat bran.

表 2. 荷蘭泌乳牛甘藷飼養試驗的飼糧配方與成分 (乾基 %)

Table 2. Diet formulations and compositions for Holstein lactating cows in sweet potato feeding trial (DM basis)<sup>1</sup>

| Items                              | Rate of SSP + WB silage in diet DM <sup>1</sup> (%) |              |              |              |
|------------------------------------|---|--------------|--------------|--------------|
|                                    | 0   | 4.5          | 9            | 13.5         |
| Ingredients and rate (%)           |   |              |              |              |
| Corn silage                        | 27.4 (20) <sup>4</sup>                              | 27.4 (20)    | 28.0 (20)    | 28.6 (20)    |
| Alfalfa hay                        | 7.2 (1.5)   | 7.2 (1.5)    | 7.4 (1.5)    | 7.5 (1.5)    |
| Wet brewer's grains silage         | 9.5 (6)   | 8.0 (5)      | 6.5 (4)      | 5.0 (3)      |
| Soybean hull pellet                | 19.5 (4)  | 17.1 (3.5)   | 13.0 (2.6)   | 10.2 (2)     |
| SSP + WB silage                    | 0   | 4.4 (3)      | 9.1 (6)      | 13.9 (9)     |
| Wheat bran                         | 4.9 (1)   | 3.9 (0.8)    | 3.0 (0.6)    | 2.0 (0.4)    |
| Soybean meal                       | 0   | 0.5 (0.1)    | 1.0 (0.2)    | 1.5 (0.3)    |
| Concentrate <sup>2</sup>           | 31.5 (6.5)  | 31.5 (6.5)   | 32.1 (6.5)   | 31.3 (6)     |
| Total                              | 100.0 (39.0)  | 100.0 (40.4) | 100.0 (41.4) | 100.0 (42.2) |
| Analyzed compositions, %           |   |              |              |              |
| Dry matter (n = 20) <sup>3</sup>   | 49.2  | 47.5         | 46.9         | 46.2         |
| Crude protein (n = 4)              | 16.9  | 16.5         | 15.8         | 15.4         |
| Neutral detergent fiber            | 42.2  | 36.1         | 33.1         | 32.1         |
| Acid detergent fiber               | 23.5  | 21.3         | 18.9         | 19.8         |
| Non-fibrous carbohydrate           | 31.0  | 38.1         | 41.6         | 42.8         |
| Ca                                 | 0.81  | 0.77         | 0.77         | 0.75         |
| P                                  | 0.36  | 0.33         | 0.34         | 0.36         |
| Estimated NE, Mcal/kg <sup>1</sup> | 1.60  | 1.60         | 1.61         | 1.62         |
| Forage : Byproduct : Concentrate   | 35:34:31  | 35:33:32     | 35:32:33     | 36:31:33     |

<sup>1</sup> DM: dry matter; SSP: sub-quality sweet potato; WB: wheat bran.

<sup>2</sup> Each 100 kg concentrate contained ground corn 56.6 kg, soybean meal 29.6 kg, fish meal 3.1 kg, molasses 3.0 kg, salt 1.0 kg, limestone 2.1 kg, dicalcium phosphate 0.4 kg, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1.0 kg, NaHCO<sub>3</sub> 1.5 kg, urea 1.1 kg, vitamin premix (A, D, E) 0.4 kg, and mineral premix (Cu, Zn, Mn, Co, I, Se) 0.2 kg.

<sup>3</sup> Values for DM were averaged from 20 samples. Values for the other contents were averaged from two trials, one for each trial, which were sub-sampled from two original samplings.

<sup>4</sup> Values in parentheses indicated the as fed quantity, kg, in diet.

## (ii) 泌乳牛群照顧

牛群飼養於水簾牛舍，為單邊式長型自由式牛舍，設置餵飼走道、頸夾、牛床及不鏽鋼水槽，以 12 頭份為一欄分為四區群飼，定時刮糞移除牛糞尿。為紓解熱緊迫，牛舍裝置噴霧與噴水兩種設施，由感應溫度、濕度及定時器等電腦連線控制啟動，並隨時維持最少 10 臺風扇運轉以增加通風量。泌乳牛群每日擠乳兩次，分別為清晨 4：30 與下午 3：15。每日新鮮配製 TMR 兩次，分別於上午 7：00 配製 1/3 量及下午 2：30 配製 2/3 量，並應用自動推料機一天推料 7 次，每日下午餵飼前清除剩料，調整配製量達 TMR 任食，各組以自動給水槽供水任飲，每日巡視水槽飲水清潔，牛群與牛舍衛生防疫依標準作業流程執行。

## (iii) 測定項目

1. 體重：試驗開始與試驗結束時，連續兩日上午 8：30 採食後過磅牛隻。
2. 乳量：每日上下午擠乳並以電腦記錄乳量。
3. 乳成分：正式期採集個別牛隻的 pm - am 乳樣 3 天，儘速送本所新竹分所牛乳檢驗室分析乳脂、乳蛋白質、乳糖、無脂固形物、體細胞數及尿素氮等含量。
4. 乾物質採食量：每日記錄各組牛群的 TMR 下午上午提供量、隔日下午剩餘量及實際各組牛頭數，並依牛隻採食情形適當增減 TMR 提供量，調整各組剩料量為其配製量的 5 - 10%。於正式期 10 天內，每日採集各組 TMR 與各組剩料，密封於 -20°C 凍存，或立即開始 55°C 的烘乾，以計算每組每日乾物質採食量。
5. 飼糧組成：每次試驗期間，採集 2 次 7 項 TMR 原料 ( 2 芻料、4 副產物及 1 種精料 )，並增加 3 項青貯料採樣數以測定乾物質率與水萃液 pH。樣品皆先行密封冷凍保存，或立即開始 55°C 烘乾工作。冷凍樣品要烘乾前，室溫隔夜平衡，以 55°C 烘乾 48 hr，熱秤得乾物質率。各組飼糧剩料樣品只做乾物質測定，其餘烘乾的 TMR 與原料樣品先以 2 mm Wiley mill 磨碎混勻，以各次試驗為單位，再等重取樣混合成一個樣品，即各組 TMR 樣品每期 1 個，分別來自當期 10 天採樣，七項原料樣品每期 1 個，分別來自當期 2 次採樣。再採樣的樣品經 1 mm Wiley mill 磨細，依 AOAC (2005) 方法進行 DM、CP、EE、Ash、Ca、P 分析，並以 Ankom 方法進行 NDF、ADF、酸洗木質素 (acid detergent lignin, ADL) 的含量分析 (ANKOM 200 Fiber Analyzer, ANKOM Technology Corp., Fairport, NY, USA) 及 IVDMD 的分析 (ANKOM DaisyII)。本次報告中的組成分與消化率，除了乾物質率與水萃液 pH 外，皆以乾基表示。
6. 甘藷具有明顯的胰蛋白酶抑制因子活性，試驗分別採集甘藷原料、甘藷 + 麩皮 (10：1) 青貯前樣品，甘藷 + 麩皮 (10：1) 青貯後與四種處理飼糧樣品則來自飼養試驗的採樣，各樣品皆經如前一節所述烘乾粉碎處理，再進行胰蛋白酶抑制因子活性的測定 (賴等，2013；Hamerstrand *et al.*, 1981)，由樣品與胰蛋白酶分解標準品 BAPA (benzoyl-DL-arginine-p-nitroanalide hydrochloride) 進行呈色比較。

## (iv) 統計分析

由牛隻泌乳性能表現與粗收益評估甘藷 + 麩皮青貯料在荷蘭泌乳牛飼糧中使用的可行性。四組牛隻性能表現依 SAS 一般線性模式 (2002)，進行有變積校正的完全逢機變方分析 (CRD w/ covariate analysis) 以去除牛隻個體差異，變因包括飼糧處理、期別及變積期性能 (在試驗前收集所有泌乳牛在相同飼養管理下的乳量與乳成分性能資料)，若期別無影響則兩期資料合併使用。統計差異顯著水準訂為 5%，若 P 值接近 10%，也以括號說明其所具的趨勢。同時使用對比 (Contrast) 統計方法，比較不添加組 (對照組) 與添加甘藷 + 麩皮三組之泌乳性能差異 (-3 vs. 1 1 1)。

## 結果與討論

### I. 甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮青貯料的成分

甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮 11 種配方的組成分，依照兩種主原料的成分與比例而變化，隨著高澱粉甘藷的減低與高纖維豆莢的增加，水萃液的 pH 增加、配方的 DM 與消化率降低但 CP 與纖維增加，11 種組合在青貯前的 DM 自 35.5% 降低至 24.1%、CP 自 7.7% 增加至 16.1%、NDF 自 12.1% 增加至 46.5%、ADF 自 5.5% 增加至 29.2%、ADL 自 1.1% 增加至 5.0% 及 IVDMD 自 87.6% 降低至 69.8% (圖 1)。

青貯 1 個月對 11 種甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮組合的組成影響繪於圖 1。青貯過程可以有效降低其水萃液的 pH 平均值達 0.88 單位 (自 4.89 至 4.01)、青貯對纖維與 CP 含量的影響不大，平均 NDF 含量自 31.6% 降低 2.7% 至 28.9%、平均 ADF 含量自 16.4% 增加 0.9% 至 17.3%、平均 CP 含量自 11.3% 微幅增加 0.2% 至 11.4%，但平均 IVDMD 經青貯後降低 5.1%，自 83.5% 至 78.4%，但仍在相當高消化率的範圍，推測消化率降低應該是乳酸菌與青貯早期植物呼吸對營養分的分解利用所致。青貯開封後採集 10：0：1 比例樣品 (主為甘藷) 送檢黃麴毒素含量，四種黃麴毒素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、G<sub>1</sub> 及 G<sub>2</sub> 皆未檢出。

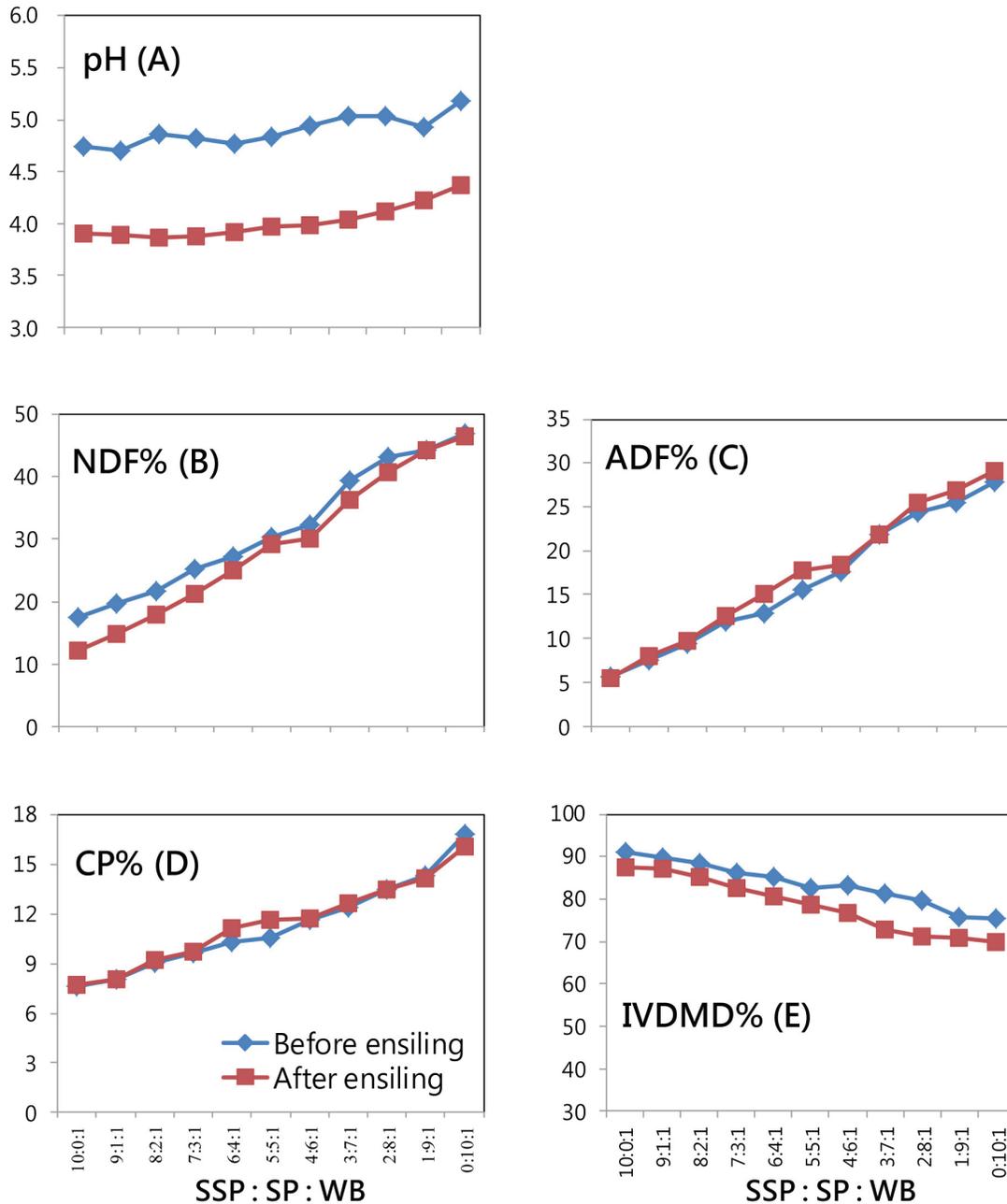


圖 1. 青貯前 (◆) 後 (■) 11 種甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮組合 (X 軸) 的酸鹼值 (A)、中洗纖維 (B)、酸洗纖維 (C)、粗蛋白質 (D) 及試管乾物質消化率 (E) 的變化。

Fig. 1. Changes of pH (A), neutral detergent fiber (NDF, B), acid detergent fiber (ADF, C), crude protein (CP, D), and in vitro dry matter digestibility (IVDMD, E) values of 11 SSP + SP + WB (from 10:0:1 to 0:10:1, X axis) before (◆) and after (■) ensiling, where SSP, SP, and WB represented the sub-quality sweet potato, soybean pod, and wheat bran separately.

青貯料的 pH 值是一品質指標，很早期的研究報告即推薦適當的禾草青貯料的 pH 範圍在 3.5 – 4.0 (Bender and Bosshardt, 1939)，近年推廣報告仍採用相近的推薦。青貯過程使樣品水萃液 pH 值明顯下降，甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮 10:0:1 到 4:6:1 的 7 種青貯料的 pH 值都可降低到 4.0 以下 (3.86 – 3.98)，毛豆莢較高比例的 4 組 (甘藷 3:0:1 毛豆莢 7:10:1 麩皮 1) 則會使 pH 達到 4.03 – 4.37 範圍。11 種甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮青貯料的有機酸以乳酸濃度最高，乙酸其次，丙酸與丁酸含量皆低。11 種青貯料品質評分結果的趨勢與其乳酸濃度非常一致 (圖 2)，11 種配方中青貯品質達優良等級 (81 – 100 分) (Flieg, 1952) 的有甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮 7:3:1 到 5:5:1 三組，評分達 81 – 82，而 9:1:1 與 8:2:1 兩組亦達良好等級的 80 分。依據青貯料的成分、評分與現場開封的物理形態與風味，推薦以甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮 9:1:1 (pH 3.88、DM 34.6%、CP 8.1%、NDF 14.7%、ADF 8.0%、ADL 1.60% 及 IVDMD 87.0%) 到甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮 5:5:1 (依序為 3.97、28.0%、11.6%、29.2%、17.8%、3.19% 及 78.6%) 五種配方組合，可以做為大型香腸式膠膜青貯料調製時的參考。

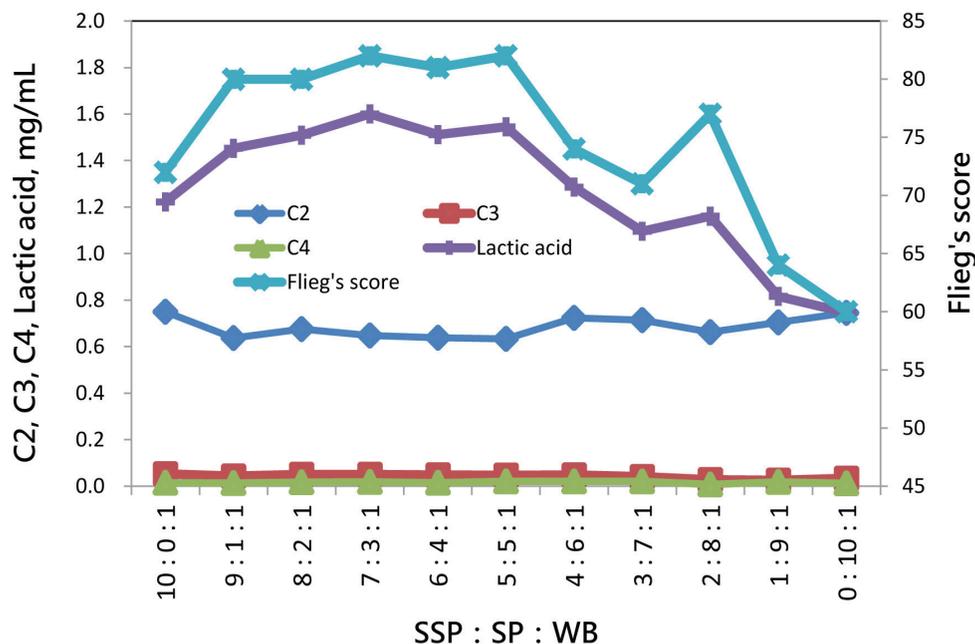


圖 2. 11 種甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮青貯料的有機酸含量與青貯品質評分。

Fig. 2. The organic acid contents and silage quality scores of 11 SSP + SP + WB silages. See the abbreviations in Fig. 1.

## II. 甘藷 + 麩皮 (10 : 1) 青貯料在荷蘭泌乳牛飼糧之應用

用於甘藷 + 麩皮 (10 : 1 鮮重) 泌乳牛飼養試驗的主要飼糧原料的成分分析結果列於表 3，四組飼糧成分分析結果列於表 2。將飼養試驗中甘藷 + 麩皮青貯料的組成與青貯前比較 (表 1)，得知以青貯前成分計算 TMR 配方，CP 與 NDF 有高估情形並且 NFC 有低估情形，青貯前 CP 9.2% 較飼養時的 7.4% 為高，青貯前 NDF 的 22.8% 較實際採食的 18.1% 為高，青貯前 NFC 的 57.9% 較實際採食的 64.3% 為低，此差異應是飼糧 CP 與 NDF 隨甘藷 + 麩皮添加量增加而降低且 NFC 隨添加量增加而明顯增加的部分原因 (表 2)。

表 3. 荷蘭泌乳牛甘藷飼養試驗之飼糧主原料的成分 (乾基 %)

Table 3. Compositions of major feed ingredients used in sweet potato feeding trial of Holstein lactating cows (DM basis)<sup>1</sup>

| Ingredients             | pH   | DM <sup>1</sup> | CP   | NDF  | ADF  | EE   | NFC  | IVDMD |
|-------------------------|------|-----------------|------|------|------|------|------|-------|
| Corn silage             | 3.84 | 24.3            | 10.9 | 47.9 | 28.1 | 3.18 | 30.3 | 70.4  |
| Alfalfa hay             | ---  | 93.8            | 16.0 | 48.1 | 39.2 | 1.50 | 26.9 | 64.0  |
| WBG silage <sup>2</sup> | 4.36 | 31.2            | 30.3 | 51.5 | 20.1 | 10.2 | 4.4  | 62.9  |
| SBH pellet              | ---  | 91.9            | 11.7 | 66.4 | 47.1 | 2.26 | 14.8 | 83.2  |
| SSP + WB silage         | 3.66 | 34.9            | 7.4  | 18.1 | 11.7 | 2.75 | 64.3 | 81.7  |
| Concentrate             | ---  | 91.4            | 22.2 | 11.1 | 3.6  | 2.98 | 54.0 | 93.9  |

<sup>1</sup> DM: dry matter; CP: crude protein; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; EE: ether extract; NFC: non-fibrous carbohydrate; IVDMD: in vitro dry matter digestibility;.

<sup>2</sup> WBG: wet brewer's grains, SBH: soybean hull.

甘藷 + 麩皮青貯料餵飼荷蘭泌乳牛的主要影響，在顯著增加牛隻乾物質採食量、降低乳脂率及有很強的趨勢降低乳總固形物濃度 (對比分析  $P = 0.09$ )，四組牛隻在其他乳成分與體重日變化的表現都相近 (表 4)。牛隻採食量隨甘藷 + 麩皮添加量的增加而依序增加，自不添加組的每頭每天 19.6 kg 到添加 13.5% 組的 22.8 kg，增加 3.2 kg，增幅達 16% (CRD,  $P = 0.039$ )，或者以對比分析，添加三組的採食量平均 21.8 kg 顯著高於不添加的對照組達 11% ( $P = 0.023$ )。飼糧添加甘藷 + 麩皮 4.5% - 13.5% 雖有效促進採食量，但此增加的採食量並未能促進乳量的明顯增加，乳量表現在數字上有隨添加量增加而增加的趨勢，對比分析得添加三組乳量平均 25.7 kg，較不添加組增加 1.6 kg ( $P = 0.31$ )。採食量的增加部分表現在乳量的增加，也微幅的表現在日增重上，因此使牛隻泌乳效率 (乳量 / 乾物採食量) 有降低的趨勢。飼糧添加甘藷 + 麩皮使三組牛隻的乳脂率明顯降低，對比分析時達到  $P = 0.023$  的顯著差異水準，三添加組的乳脂率平均 3.40%，較不添加組的 3.76% 降低 0.36%，降幅高達

9.7%。添加組採食量增加配合乳量有增加的趨勢，因此四組牛隻的泌乳效率（乳量 / 乾物質採食量）相近，並未因甘藷 + 麩皮的添加而有所改善，同時因乳脂率的降低，使得經 4% 乳脂校正後的乳量也十分相近。

表 4. 飼糧中添加甘藷 + 麩皮青貯料對荷蘭乳牛泌乳性能之影響

Table 4. Effect of dietary addition of SSP + WB silage on milking performance of Holstein lactating cows

| Items                      | Rate of SSP + WB silage in diet DM <sup>1</sup> (%) |                     |                     |                     | P-value <sup>2</sup> | P-value Contrast <sup>2</sup> |
|----------------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------|
|                            | 0   | 4.5                 | 9                   | 13.5                |                      |                               |
| Cow No.                    | 13  | 12                  | 14                  | 13                  |                      |                               |
| BW change, kg              | 0.28  | 0.49                | 0.43                | 0.33                | NS                   | NS                            |
| DMI, kg <sup>3</sup>       | 19.6 <sup>c</sup>                                   | 20.5 <sup>bc</sup>  | 22.1 <sup>ab</sup>  | 22.8 <sup>a</sup>   | 0.039                | 0.023                         |
| Milk yield, kg             | 24.1  | 25.1                | 25.4                | 26.5                | NS                   | NS                            |
| 4% FCM, kg                 | 23.5  | 22.7                | 23.4                | 23.5                | NS                   | NS                            |
| ME                         | 1.23  | 1.23                | 1.14                | 1.16                | NS                   | NS                            |
| Milk compositions:         |   |                     |                     |                     |                      |                               |
| Fat, %                     | 3.76 <sup>(a)</sup>                                 | 3.39 <sup>(b)</sup> | 3.45 <sup>(b)</sup> | 3.35 <sup>(b)</sup> | (0.13)               | 0.023                         |
| Protein, %                 | 3.63  | 3.42                | 3.61                | 3.58                | NS                   | NS                            |
| Lactose, %                 | 4.80  | 4.67                | 4.84                | 4.85                | NS                   | NS                            |
| Solid not fat, %           | 9.13  | 8.80                | 9.15                | 9.18                | NS                   | NS                            |
| Total solid, %             | 12.9  | 12.2                | 12.6                | 12.5                | NS                   | (0.09)                        |
| Urea N, mg/dL              | 13.6  | 14.1                | 14.5                | 14.5                | NS                   | NS                            |
| SCC, × 10 <sup>4</sup> /mL | 26.1  | 31.4                | 36.6                | 30.2                | NS                   | NS                            |

<sup>1</sup> DM: dry matter; SSP: sub-quality sweet potato; WB: wheat bran.

<sup>2</sup> Two statistic methods were used, CRD w/ covariate and Contrast, 0% vs. 4.5 - 13.5% groups.

<sup>3</sup> BW: body weight; DMI: dry matter intake; 4% FCM: 4% fat corrected milk, milk yield × 0.4 + milk fat yield × 15; ME: milk efficiency, milk yield/DMI; Urea N: urea nitrogen; SCC: somatic cell count.

<sup>a, b, c</sup> Means in the same row with different superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ). When P value close to 0.10, it was shown in parentheses to indicate the tendency. NS indicates not significant ( $P > 0.05$ ).

在經濟效益評估方面，添加甘藷 + 麩皮青貯料的三組在採食量增加、飼糧成本增加、乳量雖有增加但生乳收購單價降低（依乳脂率與無脂固形物濃度計價）的狀況下，每頭每天扣除飼料費後的粗收益分別為對照組的 99% - 105%，平均 101%，表示在暖季時（每年 10 - 11 月），以每公斤甘藷等外品新臺幣 1.6 元價格，飼糧中添加 4.5 - 13.5% 甘藷 + 麩皮青貯料不會提升或減低酪農戶的粗收益（表 5）。飼養試驗顯示甘藷應可以作為牛隻飼糧來源，然考慮乳脂率降低到 3.40% 所可能代表的牛隻瘤胃健康疑慮，如何更適當的使用甘藷需要審慎評估。

表 5. 飼糧中添加甘藷 + 麩皮青貯料對荷蘭泌乳牛之經濟效益評估

Table 5. Evaluation of economic benefit of dietary addition of SSP + WB silage for Holstein lactating cows

| Items                               | Rate of SSP + WB silage in diet DM <sup>1</sup> (%) |      |       |       |
|-------------------------------------|---|------|-------|-------|
|                                     | 0   | 4.5  | 9     | 13.5  |
| Diet price, NT\$/kg DM <sup>2</sup> | 10.5  | 10.4 | 10.4  | 10.2  |
| Diet fee, NT\$/cow/day              | 206   | 213  | 230   | 233   |
| Milk price, NT\$/kg                 | 28.9  | 27.7 | 28.3  | 28.1  |
| Milk income, NT\$/cow/day           | 695   | 696  | 720   | 745   |
| IOFC, NT\$/cow/day <sup>3</sup>     | 489   | 482  | 490   | 511   |
| IOFC, %                             | 100.0   | 98.6 | 100.2 | 104.5 |

<sup>1</sup> DM: dry matter; SSP: sub-quality sweet potato; WB: wheat bran.

<sup>2</sup> The price for SSP + WB (10:1) was NT\$ 1.9/kg (as fed basis).

<sup>3</sup> IOFC: income over feed cost.

本次試驗看到飼糧添加甘藷 + 麩皮青貯料三組牛隻乳脂率的一致性陡降 (圖 3)，推測可能原因包括甘藷抗營養因子與飼糧 NDF 與 NFC 含量。由於甘藷的胰蛋白酶抑制因子很明確的影響單胃動物的性能表現 (李等, 2016)，本次試驗進行相關甘藷原料、青貯前後及四種處理飼糧的胰蛋白酶抑制因子活性測定。與標準品的呈色效果比較，新鮮甘藷有高達 98% 的胰蛋白酶抑制因子活性，甘藷 + 麩皮青貯前抑制活性仍高達 96.9%，但青貯後降低 28.7% 的抑制因子活性，顯示青貯過程的溫度、酸度或微生物可以有效降解部分抑制因子。甘藷 + 麩皮青貯料分三種比例添加於牛隻飼糧中，在未添加的對照組飼糧樣品中可以測得 64.7% 的胰蛋白酶抑制因子活性，隨著甘藷 + 麩皮青貯料添加量的增加，其飼糧胰蛋白酶抑制因子活性隨之逐步增加 7.2%、12.7% 及 16.8% (表 6)。由於四組飼糧的胰蛋白酶抑制因子活性依序提升，並未如乳脂率自對照組的一致性突然陡降，因此推測可能與導致乳脂率的降低較無相關。

表 6. 荷蘭泌乳牛甘藷飼養試驗的飼糧胰蛋白酶抑制因子活性 (%) 變化<sup>1</sup>

Table 6. Change of the trypsin inhibitor activity (TIA, %) of ingredients and diets in sweet potato feeding trial by Holstein lactating cow<sup>1</sup>

| Items           | SSP <sup>2</sup> fresh | SSP + WB fresh | SSP + WB Ensiled | SSP + WB 0% | SSP + WB 4.5% | SSP + WB 9% | SSP + WB 13.5% |
|-----------------|------------------------|----------------|------------------|-------------|---------------|-------------|----------------|
| Mean ± SE       | 98.2                   | 96.9           | 69.1 ± 17.1      | 64.7 ± 3.5  | 69.3 ± 4.0    | 72.9 ± 9.3  | 75.6 ± 6.7     |
| Ensiling effect | ---                    | 100            | -28.7            | ---         | ---           | ---         | ---            |
| Diet effect     | ---                    | ---            | ---              | 100         | +7.2          | +12.7       | +16.8          |

<sup>1</sup> TIA was valued by comparing the color reaction between the sample and the pure trypsin reacted with BAPA (benzoyl-DL-arginine-p-nitroanilide hydrochloride).

<sup>2</sup> See footnote in Table 1.

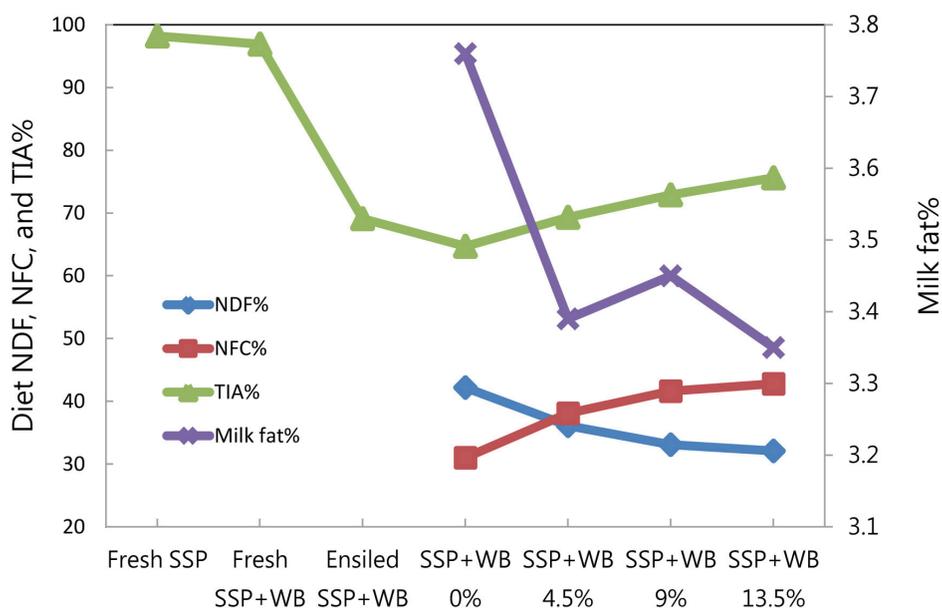


圖 3. 荷蘭泌乳牛甘藷飼養試驗中甘藷 + 麩皮添加三組乳脂率顯著降低之原因探討。乳脂率、飼糧成分及其胰蛋白酶抑制因子活性之變化。

Fig. 3. Speculation of the reason for sharply decreased milk fat percentage of SSP + WB addition groups in sweet potato feeding trial using Holstein lactating cows. See Fig. 1 and 2 for the abbreviations. The X axis represented the diet ingredients and diets added with 0 to 13.5% SSP + WB silage.

四組試驗飼糧的 NDF 與 NFC 含量變化也繪於圖 3，添加甘藷 + 麩皮青貯料 0、4.5、9 或 13.5% 飼糧的 NDF 含量依序自 42.2% 降低到 36.1、33.1 及 32.1%，添加三組的 NDF 降幅平均達 20%；而 NFC 則依序自 31.0% 增加到 38.1、41.6 及 42.8% 的高水準，添加三組 NFC 增幅平均高達 32%，且 NDF 與 NFC 含量變化最大處在於不添加對照組與添加 4.5% 組之間，添加三組間的變化較小，此變化與乳脂率自對照組陡降後三組相近的趨勢一致，因此推測低纖維與高澱粉是甘藷 + 麩皮添加組乳脂率降低的主要影響因素。

飼糧 NDF 與 NFC 適當含量的研究很多，其受多種因素影響如牧草種類、NDF 來源及牛隻性能等等。高泌

乳性能牛隻需要降低飼糧 NDF 與增加 NFC ( 主要為澱粉、糖、果膠與有機酸等成分 ) 來支持高的泌乳營養需求，但飼糧中過多在瘤胃易發酵碳水化合物、芻料有效纖維不足或兩者同時存在時，都會引起瘤胃過酸與蹄葉炎等代謝擾亂 (Nocek, 1997) 而影響動物健康與產能。Batajoo and Shaver (1994) 建議，對乳量 40 kg 以上的牛隻，其飼糧中 NFC 至少要高於 30%，但自 36% 以上再增加到 42% 並沒有再改善的效果；對美國以苜蓿青貯料 50% 與玉米青貯料 50% 構成飼糧纖維來源的飼養模式，Nocek and Russell (1988) 建議最適當飼糧 NFC 為 40%。在討論 NFC 對瘤胃消化影響機制方面，當飼糧 NFC 增加時，可能因澱粉在瘤胃的快速發酵，使瘤胃 pH 快速下降 (Stokes *et al.*, 1991)，因此降低飼糧的纖維消化率與乳脂率 (Robinson *et al.*, 1987; Sutton *et al.*, 1987)；當飼糧 NDF 降低與 NFC 增加時，可增快瘤胃內容物排出速率 (passage rate) 而促進牛隻採食量增加，瘤胃乙酸合成減低丙酸合成增加，最終導致乳脂率的降低與乳量的增加。Siefert and Shaver (1993) 也觀察到相似的結果，以粉頭與乾啤酒粕取代部分玉米與大豆粕，將飼糧 NFC 自 42% 降低至 35%，結果 42% NFC 飼糧有顯著增加牛隻採食量的效果，乳量提升不明顯 (35.3 vs. 34.7 kg)，但影響荷蘭泌乳牛瘤胃消化，42% NFC 飼糧降低牛隻乳脂率 (3.06 vs. 3.13%)、瘤胃 pH、乙酸濃度及 NDF 消化率 (33.9 vs. 40.5%)，作者結論以高纖副產物降低飼糧 NFC 至 35% 有益於瘤胃消化環境的改善，並且不影響乳量。Cherney *et al.* (2003) 為了解禾本科牧草飼糧 (Fescue silage, 約占飼糧乾基 52%) 中 NFC 比例之影響，選擇乳量 > 35 kg 泌乳早期荷蘭牛群，餵飼含 NFC 40% (NDF 31.5%) 或 30% (NDF 35.8%) 飼糧，結果高 NFC 飼糧促進牛隻採食量 (21.6 vs. 20.4 kg) 與乳量 (39.6 vs. 38.3 kg) 但降低乳脂率 (3.25 vs. 3.46%)。以上相關研究之觀察與機制論述可以說明本次試驗所得，即以甘藷取代高纖副產物方式添加於飼糧中，使飼糧 NDF 降低 ( 自 42% 至 36 - 32%) 與 NFC 增加 ( 自 31% 至 38 - 43%)，導致乳量 25 kg 荷蘭泌乳牛的採食量增加、乳量有增加趨勢，但乳脂率明顯下降之結果。然而，飼糧 NDF 與 NFC 適當量受到很多因素影響，Wei *et al.* (2018) 的試驗結果即不同於以上試驗，其在含玉米稈 15% 飼糧中增加磨碎玉米比例，使 NFC 含量自 35% 增加到 40%，試驗得知增加 NFC 到 40% 顯著降低牛隻採食量，不影響泌乳量 (22.8 vs. 23.2 kg)、乳脂率 (4.11 vs. 4.25%)、瘤胃 pH 及揮發性脂肪酸濃度，但可明顯提升泌乳效率 (1.15 vs. 1.08, 乳量 / 採食量) 與改善飼糧氮轉換利用。

近年來農業循環與環保概念興起，本所乳牛試驗場經研究確認可行後，已採用 333 的配方設計近 10 年，牛群泌乳性能、繁殖效率與健康皆穩定良好且可明顯降低生乳成本。333 配方即飼糧中長纖牧草、副產物與穀類精料各約占飼糧乾基 1/3 的方式。使用高纖副產物如大豆殼、粉頭、甜菜渣或玉米筋粉時需要考慮飼糧中有效中洗纖維 (effective NDF) 的提供與 NFC 的含量，副產物所帶來的非牧草纖維 (Non-forage fiber) 與牧草的纖維是不同的，其具有可以提供大量在瘤胃可分解 NDF、顆粒度小及相對比重高等特性 (Batajoo and Shaver, 1994)，除了帶毛全棉籽外 (Clark and Armentano, 1993)，副產物纖維的有效性 (維持乳脂肪率能力) 一般以牧草纖維的 50% 計算，因此如 333 高副產物飼糧的平衡上，即需特別注意提高飼糧總 NDF 含量與牧草長纖的足量供應，以提供足夠的有效纖維。本次試驗所得 3.40% 乳脂率，對國內乳量 25 kg 牛隻而言是偏低的，推測甘藷 + 麩皮添加組的瘤胃 pH 會明顯降低，低乳脂率所可能代表的瘤胃過酸與後續蹄病問題，在泌乳牛的飼養管理上需要謹慎處理。為維護瘤胃與牛隻健康及高乳脂率以提升乳價，在以玉米青貯料為主要長纖的 333 配方中，建議飼糧 NDF 應高於 36% 與 NFC 應低於 38%，同時甘藷 + 麩皮青貯料以取代高纖副產物啤酒粕與大豆殼粒的方式加入飼糧宜再討論，未來將改以甘藷等外品取代精料中玉米的使用方式進行甘藷飼料化評估，以同時完整照護牛隻的健康與性能。

## 結 論

甘藷等外品是一項大量的食品加工副產物，亟需適當利用以去化，其含有高量澱粉，與玉米同屬能量飼料原料。甘藷等外品經適當青貯保存後，可以大幅降低其抗營養因子胰蛋白酶抑制因子活性，因此推動做為反芻動物飼料化的可行性高。甘藷 + 毛豆莢 + 麩皮青貯料的搭配，推薦以鮮重比 9 : 1 : 1 到 5 : 5 : 1 使用，可以獲得優良的青貯品質。甘藷 + 麩皮 (10 : 1) 青貯料可以作為泌乳牛飼糧來源，但宜以取代飼糧精料中玉米的方式餵飼荷蘭泌乳牛，以避免乳脂率的降低，並維護牛隻瘤胃健康。應用環保高副產物飼糧時 ( 如 333 飼糧 ) 需注意飼糧有效中洗纖維與澱粉類的平衡。

## 參考文獻

- 李春芳、畜產試驗所同仁。2016。稻米及甘藷在畜禽飼糧上之應用。飼料甘藷選育及在畜禽飼糧應用學術研討會，畜產試驗所，臺南，臺灣，中華民國。pp. 9-1 – 9-5。
- 范耕榛、張俊達、陳美杏、蕭宗法、李春芳。2014a。飼糧中添加鳳梨皮渣與金針菇培養基青貯料對乳用山羊生長性能之影響。中畜會誌 43(增刊)：289。
- 范耕榛、張俊達、蕭宗法、李春芳。2014b。飼糧中添加鳳梨皮渣與金針菇培養基青貯料對乳山羊泌乳性能之影響。中畜會誌 43(增刊)：290。
- 張俊達、范耕榛、李欣蓉、蕭宗法、李春芳。2013。飼糧中添加鳳梨皮渣青貯料對荷蘭乳牛泌乳性能與牛乳風味之影響。中畜會誌 42(增刊)：288。
- 張俊達、范耕榛、蕭宗法、謝昭賢、李春芳。2014。飼糧中添加鳳梨皮渣與金針菇培養基青貯料對荷蘭乳牛泌乳性能之影響。中畜會誌 43(增刊)：293。
- 賴永昌、廖文昌、黃哲倫。2013。飼料甘藷品種(系)產量比較及其胰蛋白酶活性分析。因應氣候變遷及糧食安全之農業創新研究 - 102 年度成果發表暨研討會論文集，農業試驗所，臺中，臺灣，中華民國。pp. 185-192。
- ANKOM Technology. 2019. <https://www.ankom.com/analytical-methods-support/>.
- Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18<sup>th</sup> ed. Washington, DC., USA.
- Batajoo, K. K. and R. D. Shaver. 1994. Impact of nonfiber carbohydrate on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77: 1580-1588.
- Bender, C. B. and D. K. Bosshardt. 1939. Grass silage: A critical review of the literature. *J. Dairy Sci.* 22: 637-651.
- Cherney, D. J., J. H. Cherney and L. E. Chase. 2003. Influence of dietary nonfiber carbohydrate concentration and supplementation of sucrose on lactation performance of cows fed fescue silage. *J. Dairy Sci.* 86: 3983-3991.
- Clark, P. W. and L. E. Armentano. 1993. Effectiveness of neutral detergent fiber in whole cottonseed and dried distillers grains compared with alfalfa haylage. *J. Dairy Sci.* 76: 2644-2650.
- Flieg, O. 1952. The question of the evaluation of silage. *Landwirtschaftlicheforschung* 3: 169-176.
- Hamerstrand, G. E., L. T. Black and J. D. Glover. 1981. Trypsin inhibitors in soy products: Modification of the standard analytical procedure. *Cereal Chem.* 58: 42-45.
- Jones, D. W. and J. J. Kay. 1976. Determination of volatile fatty acids C1-C6, and lactic acid in silage fruits. *J. Sci. Food Agric.* 27: 1005-1014.
- Kunitz, M. 1947. Crystalline soybean trypsin inhibitor: II. General properties. *J. Gen. Physiol.* 30: 291-310.
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7<sup>th</sup> rev. ed. Nat. Acad. Press, Washington, DC., USA.
- Nocek, L. E. 1997. Bovine acidosis: Implications on laminitis. *J. Dairy Sci.* 80: 1005-1028.
- Nocek, J. E. and J. B. Russell. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 71: 2070-2107.
- Pacheco, W. J., C. R. Stark, P. R. Ferket and J. Brake. 2014. Effects of trypsin inhibitor and particle size of expeller-extracted soybean meal on broiler live performance and weight of gizzard and pancreas. *J. Poult. Sci.* 93: 2245-2252.
- Robinson, P. H., S. Tamminga and A. M. Van Vuuren. 1987. Influence of declining level of feed intake and varying the proportion of starch in the concentrate on milk production and whole tract digestibility in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 17: 19-35.
- SAS. 2002. User's Guide: Basics, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Stokes, S. R., W. H. Hoover, T. K. Miller and R. Blauweikel. 1991. Ruminal digestion and microbial utilization of diets varying in type of carbohydrate and protein. *J. Dairy Sci.* 74: 871-881.
- Sutton, J. D., J. A. Bines, S. V. Morant, D. J. Napper and D. I. Givens. 1987. A comparison of starchy and fibrous concentrates for milk production, energy utilization and hay intake by Friesian cows. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 109: 375-386.
- Sievert, S. J. and R. D. Shaver. 1993. Effect of nonfiber carbohydrate level and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on intake, digestion, and milk production in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.* 71: 1032-1040.
- Wei Z., B. Zhang and J. Liu. 2018. Effects of the dietary nonfiber carbohydrate content on lactation performance, rumen fermentation, and nitrogen utilization in mid-lactation dairy cows receiving corn stover. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 9: 20-26.

# Feasibility assessment of sub-quality sweet potato silage as a feed resource for Holstein lactating cows <sup>(1)</sup>

Churng-Faung Lee <sup>(2)</sup> Geng-Jen Fan <sup>(2)</sup> Bor-Ling Shih <sup>(2)</sup> Shu-Min Wang <sup>(3)</sup>  
Tzong-Faa Shiao <sup>(4)</sup> and Chun-Ta Chang <sup>(4)(5)</sup>

Received: Feb. 21, 2019; Accepted: Jul. 25, 2019

## Abstract

This study is aimed to explore the proper ensiling method for domestic sub-quality sweet potato (SSP) and its feasibility as a feed ingredient for lactating cows. Eleven silages constituted of SSP, soybean pod (SP) and wheat bran (WB) sequentially from 10:0:1 to 0:10:1 fresh weight ratios were formulated. With the decrease of high starch SSP and increase of high fiber SP, non-fibrous carbohydrate (NFC), the *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of the silages were decreased and crude protein and fiber content increased. Ensiling effectively cut down the pH value by 0.88, decrease IVDMD by 5.1%, but has little effect on the crude protein and fiber contents. Due to the good quality, SSP + SP + WB silages from 9:1:1 to 5:5:1 ratio was recommended. In the feeding trial, silage formulated by SSP + WB at 10:1 fresh weight ratio was used. By substituting the wet brewer's grains and soybean hull pellet, SSP + WB silage was added into diets by 0, 4.5, 9, or 13.5% (DM basis). A total of 28 Holstein cows, with daily milk yield above 23 kg, were randomly assigned into four groups and group fed for 24-day feeding twice. Results showed that ensiling decreased 28.7% of the trypsin inhibitor activity in SSP. The main effect by adding SSP + WB silage was the high DM intake and the low milk fat percentage (control vs. three adding groups, 3.76 vs. 3.40%,  $P < 0.05$ ). Milk yield increased following the increasing addition of SSP + WB in diets. The low fiber and high NFC contents in diets may attributed to the response. NDF content was decreased by 20% from 42.2% to 32.1% and the NFC was increased sharply by 32% from 31.0% to 42.8%. SSP is an feed ingredient of high energy and digestibility for dairy cows. To avoid the milk fat reduction and the possible rumen acidosis, it is suggested that adding SSP in diet to substitute the corn in the grain mixture. This can balance the diet nutrition and maintain the rumen health and the cow milking performance.

Key words: Feed resource, Holstein lactating cow, Milk fat, Non-fibrous carbohydrate, Sub-quality sweet potato.

---

(1) Contribution No. 2619 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Nutrition Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Hengchun Branch, COA-LRI, Pingtung 94644, Taiwan, R. O. C.

(4) Animal Industry Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(5) Corresponding author, E-mail: ctchang@mail.tlri.gov.tw.