

豬肉鮮度指標與近紅外線光譜相關性之探討

蕭介宗¹，駱秋英²，陳力騏³，劉昌群⁴，洪淑玲⁵，蘇淑禎⁶

1. 國立台灣大學生物產業機電工程學系教授，本文通訊作者
2. 國立台灣大學畜產學系副教授
3. 國立台灣大學生物產業機電工程學系助理教授
4. 國立台灣大學生物產業機電工程學系研究生
5. 國立台灣大學生物產業機電工程學系研究助理
6. 國立台灣大學畜產學系研究助理

摘 要

豬肉之近紅外線反射光譜，配合實驗室測定豬肉鮮度指標即生菌數、胺基態氮濃度、萃取液過濾量、pH 值及豬肉樣本影像之紅、綠、藍光度值等共 7 項測定數據。利用 PLS 模式，建立豬肉鮮度指標與光譜的關係之校正線，達成快速無污染預測豬肉鮮度。

結果顯示 90 個樣品的光譜資料與生菌數、在溫度 30℃、濕度 98% 下，利用統計回歸式推估，9.45 小時後，豬肉已失去鮮度即生菌數已達 7.5 log CFU/g。用 PLSR 模式，實驗室測定之 7 項數據與近紅外線光譜之相關係數，以生菌數最佳為 0.8（原始光譜），其次是藍色光度值、pH 值和綠色光度值之相關係數(r)分別為 0.77（原始光譜）、0.71（一次差分光譜）及 0.71（一次差分光譜）；而胺基態氮濃度、萃取液過濾量及紅色光度值之相關係數分別為 0.61（二次差分光譜）、0.55（二次差分光譜）及 0.59（原始光譜）。7 項測定鮮度指標中，以生菌數為預測豬肉鮮度之最佳指標。

關鍵詞：近紅外線、豬肉鮮度、生菌數、胺基態氮濃度、萃取液過濾量、pH 值、紅色光度值、綠色光度值、藍色光度值

STUDYING THE RELATIONSHIP BETWEEN PORK FRESHNESS INDEXES AND NEAR-INFRARED SPECTRA

Jai-Tsung Shaw¹, Chu-Ying Lou Cuyr², Richie L. C. Chen³
Chang-Chun Liu⁴, Sow Ling Ang⁵, Shwu-Jen Su⁶

1. Professor, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University, Corresponding Author.
2. Associate Professor, Department of Animal Science, National Taiwan University.
3. Associate Professor, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University.
4. Graduate Student, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University.
5. Research Assistant, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University.
6. Research Assistant, Department of Animal Science, National Taiwan University.

ABSTRACT

Near infrared reflectance spectra on pork samples were analyzed and calibrated for the seven measured pork freshness indexes such as standard plate count, pH value, free primary amines, extract release volume, and intensities of green, blue, and red. If the relationship between spectra and the seven measured pork freshness indexes was established by PLSR model, the calibration line could be used to predict the pork freshness with the advantages of saving time and zero-polluted environment.

With 90 samples at 30°C and 98 % relative humidity, the predicted allowable pork storage time is 9.45 hours determined by the fresh limit of 7.5 log CFU/g from the regression equation of standard plate count. These calibrated lines by PLSR showed that correlation coefficients between spectra and standard plate count, green intensity, pH value, and blue intensity were 0.80 (original spectra), 0.77 (original spectra), 0.71 (first difference spectra) and 0.71 (first difference spectra) respectively. For free primary amines, extract release volume and red intensity, the correlation coefficients of calibration lines were 0.61 (second difference spectra), 0.55 (second difference spectra), and 0.59 (original spectra) respectively. Consequently, the standard plate count among the above mentioned seven indexes was the best for predicting pork freshness.

Keywords : Near infrared, Pork freshness, Standard plate count, Free primary amines, Extract release volume, pH value, the intensity of red, the intensity of green, the intensity of blue

一、前言

隨著國民所得的提高，國人對農產品品質之要求會越來越高。在民國 81 年國建會及全國產業自動化會議均有學者專家建言加強農產品品質的監控與偵測。農產品品質的偵測可分為直接與間接偵測兩種，直接偵測常屬於破壞性偵測。本研究重點在於利用近紅外線照射在豬肉樣本時產生的反射光譜，配合檢測豬肉鮮度指標之生菌數、萃取液過濾量、胺基態氮濃度、pH 值，以及以影像處理技術擷取豬肉樣本影像得到的紅、綠、藍光度值，再使用最小平方差(PLS)回歸方法建立豬肉鮮度指標與光譜兩者關係的校正線，以達成快速和無環境污染之偵測豬肉鮮度的方法。

Wilson (1998) 指出具有 PSE (pale, soft, exudates) 豬肉的豬隻在屠宰前可能處於嚴重的緊迫狀態，此緊迫狀態對豬隻的影響可能使得豬隻肌肉的 pH 值驟降至 4.7，同時肌肉的蛋白質也會因為受到高溫而變質使得酸性增加。

Cozzolino *et al.* (2000) 以碎肉作為試驗材料，研究結果顯示未絞碎及絞碎羊肉均影響羊肌肉之光性質，其中未絞碎羊肌肉對油脂校正線相關係數只有 0.583，但絞碎羊肌肉對油脂校正線相關係數有 0.854。

Togersen *et al.* (2000) 用 NIR 在 1441, 1510, 1655, 1728 和 1810 nm 波長具 25 nm 波寬在線上偵測絞碎豬肉之粗蛋白，油脂，及水份校正線相關係數分別為 0.63、0.94 及 0.84。陳等人 (1994) 指出生物胺 (biogenic amines) 含量可做食肉鮮度之指標。白 (2000) 應用生菌數及萃取液過濾量作為判定冷藏雞肉鮮度的指標。

雖然近紅外線技術已被廣泛的應用在農產品的非破壞檢測，但是對每一特定的偵測對象都必須事先建立校正模式才能應用。而且豬肉之化學成分及組織結構也會因為豬隻的生長環境不同而有所差異。根據台灣養豬手冊 (2002)，2002 年台灣地區每人每年豬肉的消費量為 40.16 公斤，大於牛肉的消費量 (3.56 公斤)，亦大於禽肉消費量 (31.75 公斤)，加上傳統市場流通之溫體豬肉

的鮮度，一直受到質疑。建立以近紅外線技術偵測本省溫體黑毛豬肉鮮度之校正模式，以達到快速偵測溫體黑毛豬肉鮮度之目標。

二、材料與方法

採用的樣品均取自台北市士林區華榮市場A肉攤所銷售的黑毛豬里肌肉。實驗當天早上購買切成片狀的里肌肉樣品約500克，先去除樣本的結締組織再以電動絞碎機(Habart Kitchen Aid Model FPP-A)，將樣本重複絞碎4次，使樣本達到均質化(Cozzolino *et al.* 2000)。將豬肉樣本置於近紅外線分光光度計(Bran-Lubbe InfraAlyzer 500型，產生1100nm至2500nm波長的近紅外線)之專用之承杯內，使用刮刀將多餘的碎豬肉刮除並使豬肉樣本的高度與承杯的上緣平齊。每次的掃描均為5重覆(旋轉承杯72°，Windham *et al.*(1995); Hildrum and Nilsen (2000))並取其平均值為該次掃描的光譜。InfraAlyzer Data Analysis Software (IDAS) 軟體操控近紅外光分光光度計反射光譜之收集。Unscrambler®7.6軟體用以進行反射光譜之前處理與分析。掃描後的樣本則置於保持30℃，相對濕度98%的恆溫恆濕箱內(Yong Chenn 恆溫恆濕箱)，避免豬肉樣本失水。自早上10時起，每隔4小時對同一樣本進行掃描(早上10點、下午2點、下午6點及晚上10點)。

酸鹼度(pH值)檢測，測量前先進行pH meter (Suntoex TS-2 手提式酸鹼度計)校正，然後在樣品上取3點測量，求其平均值。

萃取液過濾量(ERV)檢驗(白，2000)，秤取25g的絞碎肉，加入100ml的蒸餾水(冰水)。使用組織均質機(Hsiang Gai HG-300/D)攪拌，轉速為10000 rpm，攪拌1分鐘，到絞肉與蒸餾水混和呈肉漿狀，過濾15分鐘，計算過濾液量。

胺基態氮濃度之檢測(Arce *et al.* 1998; Chang *et al.* 2001)，試驗前1小時配製O-Phthalaldehyde (OPA) Reagent，其配製程序如下：

1. 將15 mg的OPA (Waco Pure Chemical Co.) 試劑倒入燒杯，然後加入1.5 ml的台灣煙酒公賣局乙醇(ethanol)，混合溶解。

2. 添加50 ml，0.2 M，pH 10.0之carbonate(Nacalai Tesque) buffer 倒入燒杯。

3. 取7.5μl，2-Mercaptoethanol(Waco Pure Chemical Co.) 試劑倒入燒杯。

4. 加48.5 ml 蒸餾水入燒杯。

胺基態氮濃度之檢測標準液(Standard solution)之配製，濃度5 mg/ml之glycine(Sigma)溶液為標準液。測定方法將OPA reagent、蒸餾水和glycine標準液依三種比例即2000:995:5; 2000:990:5; 及2000:985:5混和建立檢量線之標準液。用Jasco分光光度計(V-530 UV/VIS Spectrophotometer)以340 nm波長測量標準液及胺基態氮萃取液。將所收集的光譜資料利用Excel統計軟體，以glycine標準溶液建立檢量線，再利用檢量線的回歸公式計算豬肉樣品之胺基態氮的濃度。

生菌數之檢驗依照“中國國家標準，食品微生物之檢驗法—生菌數之檢驗”(經濟部中央標準局1991)。以滅菌鑷子取10g絞碎里肌肉放入無菌鐵胃袋中，倒入90 ml滅菌蛋白酶稀釋液(Peptone water, Difco)，移入鐵胃(Stomacher 400, Seward, England)並以中速攪擊(拍打)30秒以達混合均勻效果，即作成10倍稀釋檢液。以滅菌吸管取1 ml該檢液，注入含9 ml蛋白酶稀釋液之試管中，此即100倍稀釋檢液。分別使用滅菌吸管，依序作成一系列之1,000倍，10,000倍，100,000倍等稀釋檢液。取適當濃度之稀釋檢液1 ml注入培養皿中，倒入12~15 ml已冷卻至 $45 \pm 1^\circ\text{C}$ 之TSA (Tryptic soy agar, Difco)培養基中，經混勻後靜置。待培養基凝固後，倒置於35℃之培養箱中，培養 48 ± 2 小時，計算生菌數。

影像處理(張等人，2000)，將樣本置於自行組裝的暗室之中以Watec CCD (Charge Couple Device) 攝影機，可輸出平均紅色光度值(R)、平均綠色光度值(G)及平均藍色光度值(B)訊號或NTSC (National Television Standards Committee, United States of America)複合彩色視訊，感光元件的解析度為NTSC-512×512圖元點。PXC200影像擷取卡之解析度為NTSC-640×480圖元點。將豬肉樣本至於暗室內，擷取樣本的數位影像，再以Matlab軟體自行撰寫影像處理程式，取得豬肉表面之平均紅色光度值(R)、平均綠色光度值(G)及平均藍色光度值(B)，供統計回歸使用。

試驗時間從早上 10 點至晚上 10 點，每隔 4 小時都進行反射光譜的收集與記錄生菌數、pH 值、萃取液過濾量、胺基態氮濃度、平均紅色光度值、平均綠色光度值與平均藍色光度值等共 7 項的分析與測定。使用的樣本則置於保持 30℃，相對濕度 98% 的恆溫恆濕箱內。每一項的檢測試驗樣本一共有 120 個，有 30 個豬肉樣本因為無法控制的腐敗膨脹，造成豬肉樣本高度超出承杯上緣而導致光譜失焦，或是實驗過程肉品已發出惡臭的等問題被剔除。經過剔除界外點之後的樣本隨機選取 2/3 計 60 個樣本為校正組，其餘 1/3 計 30 個樣為驗證組。根據各成分分析值分佈狀態進行校正組樣本的均勻選取及利用部份最小平方差 (PLS) 迴歸，進行統計分析及建立校正線。

三、結果與討論

將各時段檢驗分析的生菌數(log CFU/g)、pH 值、萃取液過濾量(ml)、胺基態氮濃度(mg/ml)、平均紅色光度值、平均綠色光度值、平均藍色光

度值等共 7 項之分析與測定結果如表 1 所示。平均生菌數的生長，隨時間增加而增加的趨勢。每個時段 90 個生菌數，回歸方程式如圖 1，預測在經過 9.45 小時之後豬肉就已經達到 7.5 log CFU/g

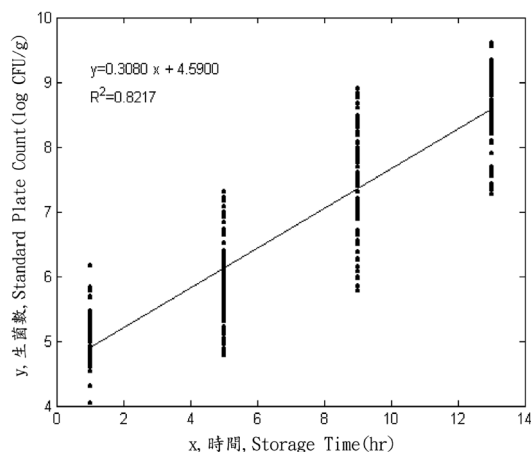


圖 1 生菌數生長與貯藏時間關係圖

Fig.1 The relationship between standard plate count (y) with storage time (x)

表 1 各項鮮度指標在四個時段的平均值

Table 1 Average standard plate count, average intensity of green, pH value, average intensity of blue, primary amines, extract release volume, and average intensity of red at different time period

時間(AM/PM)	10:00	14:00	18:00	22:00
檢測的項目				
生菌數 (log CFU/g) Standard plate count	5.0±0.4	5.6±0.6	7.3±0.9	8.5±0.6
pH 值 pH value	5.70±0.2	5.69±0.2	5.74±0.2	5.86±0.26
萃取液過濾量 (ml) Extract release volume	55.6±11.06	52.8±12.98	50.4±12.87	45.3±14.57
胺基態氮濃度 (mg/ml) Primary amines	1.16±0.1	1.25 ±0.13	1.31±0.13	1.35±0.14
平均紅色光度值 Average intensity of red	178.7±6.56	178.9±6.16	178.0±7.6	176.8±8.31
平均綠色光度值 Average intensity of green	139.7±6.65	138.3±6.36	135.1±7.08	131.4±7.07
平均藍色光度值 Average intensity of blue	149.5±4.81	144.0±5.06	137.9±6.43	137.0±6.95

的生菌數，超過此含菌數數，豬肉被判定為不新鮮。萃取液過濾量、平均綠色和藍色光度值則都隨著試驗時間愈久而呈下降的趨勢，但 pH 值、胺基態氮濃度和平均紅色光度值的變化與時間的關係則較不明顯。

依據四個不同時段的光譜資料，並結合生菌數、pH 值、萃取液過濾量、胺基態氮濃度等七種分析成分，根據各成分分析值分佈狀態進行校正組樣本的均勻選取及利用部份最小平方差迴歸 (PLSR)，建立校正線，校正組一共 60 個樣品，驗證組有 30 個樣品 (Irudayara and Sivakesava, 2001)，結果如下所述：

(一) 生菌數的分析結果

如表 1 所示，黑毛豬肉的生菌數在四個時段的平均值分別為 5.0、5.6、7.3 及 8.5 log CFU/g。依照中國農產品標準 (Chinese Agriculture Standard, CAS) 優良食品標誌肉品類微生物檢驗，新鮮冷藏豬 (禽) 肉的生菌數必須少於 3×10^7 CFU/g (等於 7.5 log CFU/g)。所以 12 小時之試驗資料包含新鮮與不新鮮豬肉的生菌數範圍。

圖 2 表示以校正組光譜結合生菌數以 PLSR

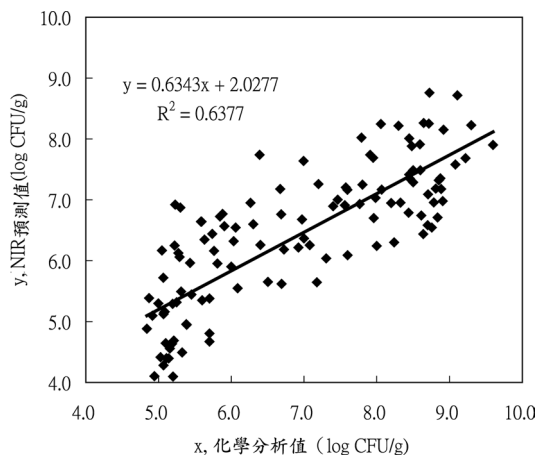


圖 2 PLSR 模式預測豬肉的生菌數與化學分析之生菌數關係圖

Fig.2 The predicted standard plate count by PLSR model vs. the measured standard plate count by lab method (y-axis: predicted standard plate count, log CFU/g; x-axis: standard plate count by lab method, log CFU/g)

(部分最小平方差迴歸法，Hansen, 1992) 所建立的校正線對驗證組光譜進行生菌數的預測，並將由 NIR 所預測得的生菌數與由化學分析所得到的生菌數之間的關係。結果顯示生菌數的 NIR 預測值與試驗分析值之相關係數(r)為 0.8，SEC 為 0.79，SEP 為 5.33。

表 2、3 及 4 使用校正組與驗證組的一次，及二次差分光譜所建立的模型，與使用原始光譜所建立的模型相比較，預測性能並無顯著差異。

(二) pH 值的分析結果

如表 1 所示，黑毛豬肉的 pH 值在四個時段的平均值分別為 5.70、5.69、5.74 及 5.86。在試驗時間的 12 小時內平均增加 0.16。

以圖 3 表示，以校正組光譜結合 pH 值以 PLSR 所建立的校正線對驗證組光譜進行 pH 值的預測，並將由 NIR 所預測得的 pH 值與由試驗分析所得到的 pH 值之間的關係。結果顯示 pH 值的 NIR 預測值與試驗分析值之相關係數(r)為 0.52，SEC 為 0.17，SEP 為 0.40。

表 2 及 3 使用校正組與驗證組的一次差分光譜所建立的模型，與使用原始光譜所建立的模型

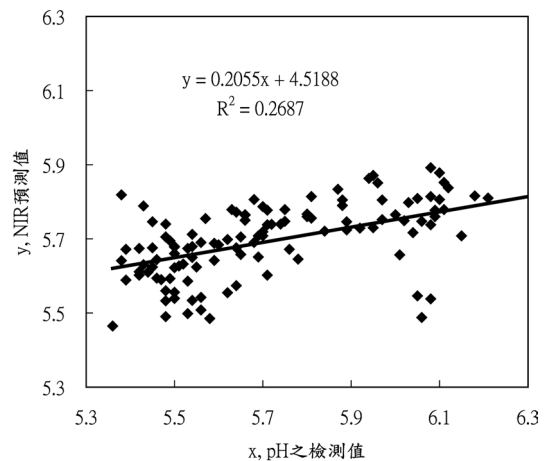


圖 3 PLSR 模式預測豬肉的 pH 值與化學分析之 pH 值關係圖

Fig.3 The predicted pH value by PLSR model vs. the measured pH value by lab method (y-axis: predicted pH value; x-axis: pH value by lab method)

表 2 利用 PLS 模式之原始光譜與各項鮮度指標的統計結果

Table2 The statistical data of average standard plate count, average intensity of green, pH value, average intensity of blue, primary amines, extract release volume, and average intensity of red from the original spectra by PLSR model

	R^2	r	SEC	SEP
生菌數(log CFU/g) Standard plate count	0.64	0.80	0.79	5.33
pH 值 pH value	0.27	0.52	0.17	0.40
萃取液過濾量 (ml) Extract release volume	0.05	0.22	10.79	34.67
胺基態氮濃度 (mg/ml) Primary amines	0.18	0.42	0.11	0.46
平均紅色光度值 Average intensity of red	0.35	0.59	5.19	36.81
平均綠色光度值 Average intensity of green	0.47	0.69	4.49	23.03
平均藍色光度值 Average intensity of blue	0.59	0.77	4.52	24.26

註：1. R^2 ：判定係數(Determination Coefficient)

2. r：相關係數(Correlation Coefficient)

3. SEC：校正標準偏差(The Standard Error of Calibration)

4. SEP：預測標準偏差(The Standard Error of Prediction)

表 3 利用 PLS 模式之一次差分光譜與各項鮮度指標的統計結果

Table3 The statistical data of average standard plate count, average intensity of green, pH value, average intensity of blue, primary amines, extract release volume, and average intensity of red from the first difference spectra by PLSR model

	R^2	r	SEC	SEP
生菌數(log CFU/g) Standard plate count	0.61	0.78	0.71	3.64
pH 值 pH value	0.51	0.71	0.17	0.43
萃取液過濾量 (ml) Extract release volume	0.15	0.39	12.5	31.69
胺基態氮濃度 (mg/ml) Primary amines	0.34	0.58	0.1	0.73
平均紅色光度值 Average intensity of red	0.33	0.57	5.64	32.43
平均綠色光度值 Average intensity of green	0.5	0.71	4.49	31.69
平均藍色光度值 Average intensity of blue	0.43	0.66	4.48	15.17

註：1. R^2 ：判定係數(Determination Coefficient)

2. r：相關係數(Correlation Coefficient)

3. SEC：校正標準偏差(The Standard Error of Calibration)

4. SEP：預測標準偏差(The Standard Error of Prediction)

相比較，使用一次差分光譜所建立的模式其相關係數(r)由 0.52 提高至 0.71，預測性能並有顯著差異。

(三) 萃取液過濾量的分析結果

如表 1 所示，黑毛豬肉的萃取液過濾量在四個時段的平均值為 55.6、52.8、50.4 及 45.3 ml，在實驗時間的 12 小時內平均降低 10.3 ml。

圖 4 表示，以校正組光譜結合萃取液過濾量以 PLSR 所建立的校正線對驗證組光譜進行萃取液過濾量的預測。結果顯示萃取液過濾量的 NIR 預測值與試驗分析值之相關係數(r)為 0.22，SEC 為 10.79，SEP 為 34.67。

表 2、3 及 4 使用校正組與驗證組的一次差分光譜所建立的模式，與使用原始光譜所建立的模式相比較，使用二次差分光譜所建立的模式其相關係數(r)由 0.22 提高至 0.55，並有顯著差異。光譜經一次、二次差分後均可提高相關係數。

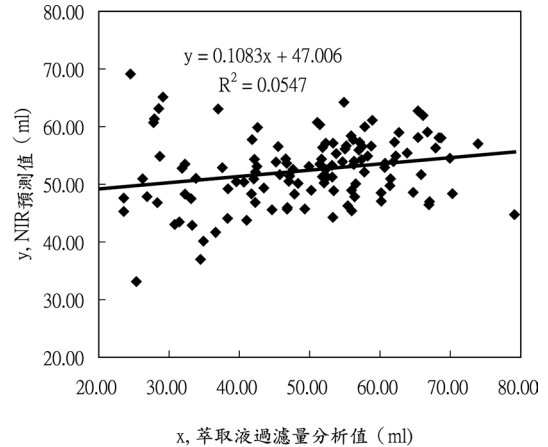


圖 4 PLSR 模式預測豬肉的萃取液過濾量與化學分析之萃取液過濾量關係圖

Fig.4 The predicted extract release volume by PLSR model vs. the measured extract release volume by lab method (y-axis: predicted extract release volume; x-axis: extract release volume by lab method)

表 4 利用 PLS 模式之二次差分光譜與各項鮮度指標的統計結果

Table 4 The statistical data of average standard plate count, average intensity of green, pH value, average intensity of blue, primary amines, extract release volume, and average intensity of red from the second difference spectra by PLSR model

	R^2	r	SEC	SEP
生菌數(log CFU/g)				
Standard plate count	0.62	0.79	0.86	6.37
pH 值				
pH value	0.32	0.57	0.14	0.01
萃取液過濾量 (ml)				
Extract release volume	0.3	0.55	12.45	38.34
胺基態氮濃度 (mg/ml)				
Primary amines	0.37	0.61	0.12	0.56
平均紅色光度值				
Average intensity of red	0.07	0.26	5.44	37.21
平均綠色光度值				
Average intensity of green	0.34	0.58	5.09	37.31
平均藍色光度值				
Average intensity of blue	0.28	0.53	5.31	21.36

註：1. R^2 ：判定係數(Determination Coefficient)

2. r ：相關係數(Correlation Coefficient)

3. SEC：校正標準偏差(The Standard Error of Calibration)

4. SEP：預測標準偏差(The Standard Error of Prediction)

㉔黑毛豬肉胺基態氮濃度分析結果

如表 1 所示，黑毛豬肉的胺基態氮濃度在四個時段的平均值為 1.16mg/ml、1.25mg/ml、1.31mg/ml 和 1.35mg/ml，晚上 10 點與早上 10 點的濃度差異為 0.19mg/ml。

圖 5 表示，以校正組光譜結合胺基態氮濃度以 PLSR 所建立的校正線對驗證組光譜進行胺基態氮濃度的預測。結果顯示胺基態氮濃度的 NIR 預測值與實驗分析值之相關係數(r)為 0.42，SEC 為 0.11，SEP 為 0.46。

表 2、3 及 4 使用校正組與驗證組的一次、二次差分光譜所建立的模式，與使用原始光譜所建立的模式相比較，使用一次、二次差分光譜所建立的模式其相關係數分別提高至 0.58 與 0.61 並有顯著差異。

㉕黑毛豬肉之平均紅色、綠色及藍色光度值分析結果

如表 1 所示，在四個時段經影像處理取得的平均紅色、綠色及藍色光度值均有隨著時間下降的趨勢，這三種顏色值的差異依序分別為 1.9、8.3 及 12.5。使用 NIR 預測的平均紅色、綠色及藍色光度值與影像處理所得平均紅色、綠色及藍色

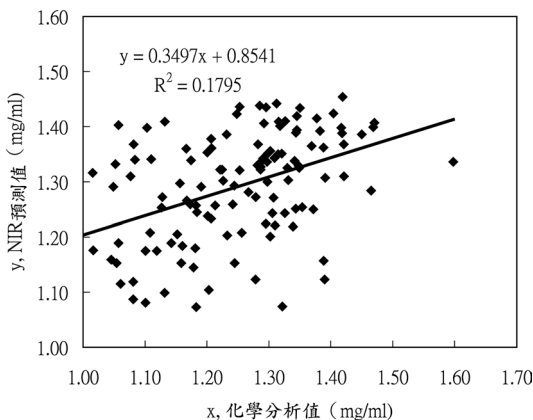


圖 5 PLSR 模式預測豬肉的胺基態氮濃度與化學分析之胺基態氮濃度關係圖

Fig.5 The predicted primary amines by PLSR model vs. the measured primary amines by lab method (y-axis: predicted primary amines; x-axis: primary amines by lab method)

光度值之相關係數(r)、分別為 0.59、0.69 及 0.77。PLSR 回歸線以圖 6、7 及 8 表示；SEC 和 SEP 則分別為 5.19、4.49、4.52 和 36.81、23.03、24.26 可從表 2 查得。使用一次差分光譜所建立的模式

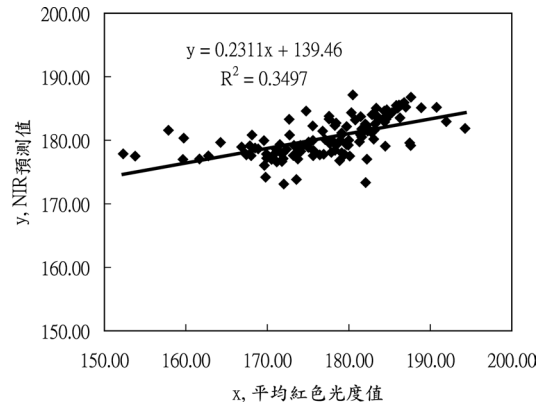


圖 6 PLSR 模式預測豬肉的紅色平均值與影像處理之紅色平均值關係圖

Fig.6 The predicted average intensity of red by PLSR model vs. the measured average intensity of red by machine vision (y-axis: the predicted average intensity of red; x-axis: average intensity of red by machine vision)

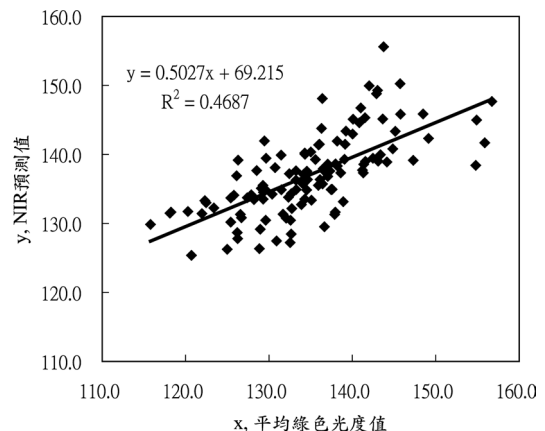


圖 7 PLSR 模式預測豬肉的綠色平均值與影像處理之綠色平均值關係圖

Fig.7 The predicted average intensity of green by PLSR model vs. the measured average intensity of green by machine vision (y-axis: the predicted average intensity of green; x-axis: average intensity of green by machine vision)

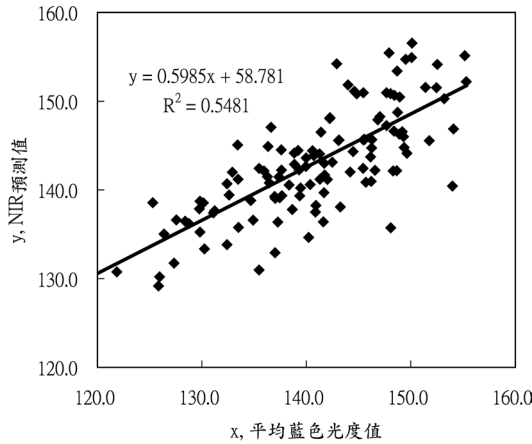


圖 8 PLSR 模式預測豬肉的藍色平均值與影像處理之藍色平均值關係圖

Fig.8 The predicted average intensity of blue by PLSR model vs. the measured average intensity of blue by machine vision (y-axis: the predicted average intensity of blue; x-axis: average intensity of blue by machine vision)

其相關係數分別變為 0.58、0.57 與 0.71（從表 2），二次差分光譜所建立的模式其相關係數分別變為 0.26、0.58 與 0.53（從表 3）。

綜之，表 2、3 及 4 生菌數(log CFU/g)、pH 值、萃取液過濾量(ml)、胺基態氮濃度(mg/ml)、平均紅色、綠色、藍色光度值等共 7 個項目的測定與近紅外線光譜，以 PLSR 模式建立校正線，相關係數(r)以生菌數最佳為 0.8（原譜光譜），其次是平均藍色光度值、pH 值和平均綠色光度值之相關係數(r)分別為 0.77（原譜光譜）、0.71（一次差分光譜）及 0.71（一次差分光譜），而胺基態氮濃度、萃取液過濾量及平均紅色光度值的相關係數(r)分別為 0.61（二次差分光譜）、0.55（二次差分光譜）及 0.59（原始光譜）。

每一測試豬肉樣本需經絞碎，透過分光光度計掃描之後，運用本試驗以 PLSR 所建立的生菌數模式對豬肉樣本的光譜進行生菌數預測，依據生菌數必須少於 3×10^7 CFU/g（等於 $7.5 \log$ CFU/g）做為新鮮之標準。可在 10 分鐘內做為初步預測溫體豬肉新鮮或不新鮮。此與傳統之生菌數檢驗，將培養基置於 35 °C 培養 48 小時後，再計算生菌數，可節省相當多的檢驗時間。

四、結 論

為避免豬肉樣品之不均質，黑毛豬里肌肉樣品試驗前先去樣本的結締組織再以電動攪拌機絞碎。樣品置於恆溫恆濕箱（溫度 30°C、濕度 98 %）12 小時後，氣味惡臭且部分樣品色澤呈綠色。在此溫度、濕度下貯藏之豬肉樣品，利用統計回歸線推估，9.45 小時後生菌數已達 $7.5 \log$ CFU/g，即已失去鮮度。

利用近紅外線光譜與測定鮮度指標即生菌數(log CFU/g)、pH 值、萃取液過濾量(ml)、胺基態氮濃度(mg/ml)、平均紅色、綠色、藍色光度值，以 PLS 模式建立校正線之相關係數(r)以生菌數最佳為 0.8（原始光譜），其次是平均藍色光度值、pH 值和平均綠色光度值相關係數(r)分別為 0.77（原始光譜）、0.71（一次差分光譜）及 0.71（一次差分光譜），而胺基態氮濃度、萃取液過濾量、及平均紅色光度值的相關係數(r)分別為 0.61（二次差分光譜）、0.55（二次差分光譜）及 0.57（一次差分光譜）。結果顯示生菌數是預測溫體黑毛豬肉鮮度之最好的指標。

五、誌 謝

本研究承蒙國科會計畫編號 NSC91-2313-B-002-344 支持，特此誌謝。

六、參考文獻

1. 白佳平。2000。市售鹽酥雞之製程、消費者調查及微生物品質。碩士論文，台大畜產學研究所。
2. 台灣養豬手冊。2002。表 3. 歷年台灣地區每人肉類消費量，p10。台北市，中央畜產會。
3. 張鴻文、蕭介宗、李盛銘、洪梅珠。2000。以近紅外線及影像技術鑑別水稻品種。農業機械學刊 9(4): 1-16。
4. 陳志銘、林亮全和顏國欽。1994。豬肉在不同溫度儲存期間其生物胺含量變化及與鮮度品質之相關性。中華農業化學會誌 32(1): 47-60。

5. 經濟部中央標準局。1991。食品微生物之檢驗法－生菌數之檢驗。中國國家標準，總號 10890，類號 N6186，台北。
 6. Arce, L., A. Rios and M. Valcarcel. 1998. Direct determination of biogenic amines in wine by integrating continuous flow clean-up and capillary electrophoresis with indirect UV detection. *J. Chromatography A* 803: 249-260.
 7. Chang, B. W., R. L. C. Chen, I. J. Huang, and H. C., Chang. 2001. Assays for angiotensin converting enzyme inhibitory activity. *Anal. Biochem.* 291: 84-8
 8. Cozzolino, D., I. Murray, J. R. Scaife, and R. Paterson. 2000. Lamb muscle identification by near infrared spectroscopy. *Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 9th International Conference* ed. by A. M. C. Davies and R. Giangiacomo, 529-534. NIR Publications, West Sussex, UK.
 9. Hansen, W. G. 1992. Chapter 4 Group information- an application of PCA/PLS in Near Infra-Red Spectroscopy *Bridging the Gap between Data Analysis and NIR Applications* ed. by K. I. Hildrum et al. Ellis Horwood, West Sussex, England.
 10. Hildrum, K. I. and B. J. Nilsen. 2000. Near infrared reflectance spectroscopy for the assessment of meat tenderness *Proceedings of the 9th International Conference* ed. by A.M.C. Davies and R. Giangiacomo, 855-857. NIR Publications, West Sussex, UK.
 11. Irudayaraj, J. and S. Sivakesava. 2001. Detection of adulteration in honey by discriminant analysis FTIR spectroscopy. *Transactions of the ASAE Vol. (44)* 3:643-650.
 12. Togersen, T., B. N. Nilsen, and K. I. Hildrum. 2000. On-line near infrared analysis of meat composition in industrial scale ground mat batches *Proceedings of the 9th International Conference* ed by A.M.C. Davies and R. Giangiacomo, 365-369. NIR Publications, West Sussex, UK.
 13. Wilson, A. 1998. Chapter 14 abnormal and general pathological conditions. Page 106-114. in *Wilson's Practical Meat Inspection*. Sixth Edition revised by W. Wilson. Blackwell Science Oxford, London.
 14. Windham, W. R., F. E. Barton II, and K. C. Lawrence. 1995. Influence of sample preparation and sampling analysis of fat and moisture in ground beef. P. 286-290. In *Leaping with near Infrared spectroscopy* ed. by Batten, Flinn, Welsh, and Blakeney, Royal Australian Chemical Institute, Victoria, Australia 3051.
- 收稿日期：2003 年 10 月 3 日
修改日期：2004 年 2 月 10 日
接受日期：2004 年 4 月 12 日