

東海大學食品科學系
Department of Food Science
TUNGHAI UNIVERSITY

食品科技組碩士論文
Master Thesis of Food Technology Section

指導教授：郭俊欽 博士
Advisor : Chun-Chin Kuo, Ph. D.

一氧化碳接觸溫度與時間及包裝對豬里肌肉排
之微生物、化學及物理性質之影響

Exposure temperature and time for carbon monoxide
pretreatment and packaging on microbial, chemical
and physical properties of pork loin chops

研究生：楊瑋涵 撰
Graduate Student : Wei-Han Yang

中華民國九十六年七月
July, 2007

謝 誌

於東海兩年的研究生生涯如今畫下句點，承蒙恩師 郭俊欽教授的耐心指導與鼓勵，使學生在學術研究或待人處世上皆獲益良多。在論文撰寫期間，老師百忙之中對於論文詳盡的審閱及指正，使論文得以更為完善。此外，感謝師母所給予的關心與鼓勵，讓學生在求學期間倍感溫馨。

文稿初成，復蒙口試委員 大葉大學生物產業科技學系 陳教授明造及中華醫事科技大學餐旅管理系 紀教授 學斌對學生論文詳加審閱及斧正，並於學生口試時給予寶貴的建議，讓論文更臻周嚴，在此深表最誠摯的敬意與謝意。

研究期間，感謝學長姐建銘、真民、力惠、貞華、偉龍，在實驗上或生活上的指導與照顧；同窗夥伴嘉慧及文芳，一起並肩作戰；也感謝好友舒瑜、于珊、育玫、力瑋、文彥、國晏、惟雅、季璇等同學的支持與幫助，學弟妹慧吟、曉捷、群凱、書涵在實驗上的幫忙與協助，還有一路相伴的摯友們，讓我在研究所期間增添了許多歡笑與色彩。

最後，將此論文獻給我最親愛的父母親和弟弟以及陪伴我走過五年歲月的男友柏堯，感謝你們給我無限的體諒、支持與包容，使我在學術研究上得以專心致志，順利完成研究所的學業，謝謝你們。

學生楊瑋涵

謹致於

東海大學食品科學系 食品科技組

中華民國九十六年七月

目錄

封面內頁	頁次
目錄	I
圖次	V
表次	VIII
中文摘要	2
英文摘要	4
壹、前言	6
貳、文獻回顧	9
一、包裝的目的	10
二、包裝之方法	10
(一) 調節氣體包裝	10
1. 定義	10
2. 調氣包裝之優缺點	11
(1) 優點	11
(2) 缺點	12
(二) 真空包裝	12
1. 定義	12
2. 真空包裝之優缺點	12
(1) 優點	12
(2) 缺點	13
(三) 低氧包裝技術	16
三、一氧化碳之介紹	18
(一) 一氧化碳與顏色	18
(二) 一氧化碳對微生物之影響	21

(三) 一氧化碳之毒性	22
1. 一氧化碳對於人體的影響	22
2. 暴露於經過一氧化碳處理之生鮮肉品的影響	23
(四) 勞工安全	25
(五) 相關一氧化碳之食品管制	28
參、材料與方法	30
一、實驗材料	31
二、試驗設計	31
三、實驗方法	31
四、分析項目	35
1. 酸鹼值	35
2. 硫巴比妥酸值	35
3. 色澤分析	36
4. 變性肌紅蛋白百分比	37
5. 微生物測定	38
(1) 總生菌數	38
(2) 乳酸菌數	39
6. 加熱處理豬里肌肉排	39
7. 肉排中一氧化碳殘留量之測定	39
五、統計分析	42
肆、結果與討論	43
第一部份 一氧化碳接觸時間與溫度對豬里肌肉排之探討	44
1. 酸鹼值	44
2. 紅色值	44
2. 硫巴比妥酸值測定	45

第二部份 豬里肌肉排預處理一氧化碳後以不同包裝方式貯藏之探討	52
一、豬里肌肉預先以 100% CO 處理 30 分鐘後，再以 PVC 包裝貯藏	52
1. 酸鹼值	52
2. 硫巴比妥酸值測定	52
3. 變性肌紅蛋白百分比	54
4. 色澤	57
(1) 明亮度	57
(2) 紅色度	58
(3) 黃色度	61
5. 總生菌數	64
6. 肉排中一氧化碳殘留量	66
二、豬里肌肉預先以 100% CO 處理 30 分鐘後，再以真空包裝貯藏	70
1. 酸鹼值	70
2. 硫巴比妥酸值測定	70
3. 變性肌紅蛋白百分比	73
4. 色澤	75
(1) 明亮度	75
(2) 紅色度	75
(3) 黃色度	78
5. 總生菌數	78
(1) 乳酸菌數	78
(2) 總生菌數	80

6. 肉排中一氧化碳殘留量	83
伍、結論	86
陸、參考文獻	90
柒、附錄	102

圖次

	頁次
圖一、肌紅蛋白之結構圖。	14
圖二、肌紅蛋白的血基質上鐵原子之氧化還原狀態。	15
圖三、CO 型肌紅蛋白 (carboxymyoglobin) 之 3-D 結構圖。 ...	19
圖四、試驗設計一。	33
圖五、試驗設計二。	34
圖六、CO 之標準曲線。	41
圖七、於 2°C 下，一氧化碳接觸時間對 PVC 包裝豬里肌肉排 a* 值 (各貯藏時間之平均值) 之影響。	46
圖八、於 2°C 下，一氧化碳接觸時間對真空包裝豬里肌肉排 a* 值 (各貯藏時間之平均值) 之影響。	47
圖九、於 25°C 下，一氧化碳接觸時間對 PVC 包裝豬里肌肉排 a* 值 (各貯藏時間之平均值) 之影響。	48
圖十、於 25°C 下，一氧化碳接觸時間對真空包裝豬里肌肉排 a* 值 (各貯藏時間之平均值) 之影響。	49
圖十一、於 2°C 下，一氧化碳接觸時間對 PVC 包裝豬里肌肉排 硫巴比妥酸值 (各貯藏時間之平均值) 之影響。	50
圖十二、於 25°C 下，一氧化碳接觸時間對 PVC 包裝豬里肌肉排 硫巴比妥酸值 (各貯藏時間之平均值) 之影響。	51
圖十三、於 2°C 下，貯藏期間一氧化碳處理方式對 PVC 包裝豬 里肌肉排 pH 值之影響。	53
圖十四、於 2°C 下，貯藏期間一氧化碳處理方式對 PVC 包裝豬 里肌肉排 TBARS 值之影響。	55

圖十五、於 2°C 下，貯藏期間一氧化碳處理方式對 PVC 包裝豬里肌肉排於變性肌紅蛋白百分比之影響。	56
圖十六、於 2°C 下，貯藏期間一氧化碳處理方式對 PVC 包裝豬里肌肉排於明亮度 (L* value) 之影響。	59
圖十七、於 2°C 下，貯藏期間一氧化碳處理方式對 PVC 包裝豬里肌肉排 a* 值之影響。	60
圖十八、一氧化碳處理方式對 PVC 包裝豬里肌肉排 b* 值 (各貯藏時間之平均值) 之影響。	62
圖十九、於 2°C 下，貯藏時間 (各處理組之平均值) 對 PVC 包裝豬里肌肉排 b* 值之影響。	63
圖二十、於 2°C 下，貯藏期間一氧化碳處理方式對 PVC 包裝豬里肌肉排總生菌數之影響。	65
圖二十一、於 2°C 下，貯藏期間一氧化碳處理方式對真空包裝豬里肌肉排 pH 值之影響。	71
圖二十二、於 2°C 下，貯藏時間 (各處理組之平均值) 對於真空包裝豬里肌肉排 TBARS 值之影響。	72
圖二十三、於 2°C 下，貯藏期間一氧化碳處理方式對真空包裝豬里肌肉排變性肌紅蛋白百分比之影響。	74
圖二十四、於 2°C 下，貯藏時間 (各處理組之平均值) 對於真空包裝豬里肌肉排明亮度 (L* value) 之影響。	76
圖二十五、於 2°C 下，貯藏期間一氧化碳處理方式對真空包裝豬里肌肉排紅色度 (a* 值) 之影響。	77
圖二十六、於 2°C 下，貯藏期間一氧化碳處理方式對於真空包裝豬里肌肉排黃色度 (b* 值) 之影響。	79

圖二十七、於 2°C 下，貯藏期間一氧化碳處理方式對真空包裝豬 里肌肉排乳酸菌數之影響。	81
圖二十八、於 2°C 下，貯藏期間一氧化碳處理方式對真空包裝豬 里肌肉排總生菌數之影響。	82

表次

	頁次
表一、在空氣中接觸一氧化碳不同時間及濃度，使其產生體內一 氧化碳肌紅蛋白量 (COHb) 為 1.5%	24
表二、理論上血液中攝入一氧化碳含量	26
表三、不同一氧化碳濃度環境狀況下，出現的不同生理反應	27
表四、貯藏期間一氧化碳處理方式對烹煮前後 PVC 包裝豬里肌 肉排一氧化碳殘留量之變化	69
表五、貯藏期間一氧化碳處理方式對烹煮前後真空包裝豬里肌肉 排一氧化碳殘留量之變化	86

摘要

中文摘要

本試驗將豬里肌肉排預先以 100% CO 之調氣包裝處理，置於 2 或 25 °C 下維持 30 分鐘，之後移出包裝袋，置於 2°C 分別以 PVC (polyvinylchloride) 保鮮膜包裝，貯藏 0、2、4、6 及 8 天；或真空包裝袋包裝，貯藏 0、3、6、9 及 12 天，於各貯藏階段分析樣品之 pH 值、TBARS (thiobarbituric acid reactive substances) 值、變性肌紅蛋白百分比 (percent metmyoglobin)、色澤 (L^* 、 a^* 、 b^* value)、總生菌數 (total plate counts) 和乳酸菌數 (lactic acid bacteria)，同時分析肉排中 CO 殘留量及烹煮後肉排中 CO 殘留量。

PVC 包裝之結果顯示各組之 pH 值沒有顯著差異。三組之 TBARS 值隨者貯藏時間增加而稍有增加之趨勢，但於第 6 天 Air-2 組除外，然而 CO 處理組之 TBARS 值並沒有降低。於各貯藏時間，三組之變性肌紅蛋白百分比無顯著差異 ($p > 0.05$)，但 Air-2 組 (未經 CO 處理) 之變性肌紅蛋白百分比稍高於 CO-2 組 (肉排以 100% CO 預處理並置於 2°C 下維持 30 分鐘) 及 CO-25 組 (肉排以 100% CO 預處理並置於 25°C 下維持 30 分鐘)。一般而言，Air-2 組之 L^* 值及 b^* 值於貯藏階段高於 CO-2 組及 CO-25 組 ($p < 0.05$)，而 CO-2 組與 CO-25 組之 L^* 值則無顯著差異 ($p > 0.05$)。於貯藏期間，CO-2 組及 CO-25 組之 a^* 值顯著高於 Air-2 組 ($p < 0.05$)，表示 CO 處理可促使肉品顏色保持鮮紅色。第 2 天除外，於貯藏期間 CO-2 組之總生菌數顯著低於 Air-2 組及 CO-25 組 ($p < 0.05$)。肉排中 CO 殘留量皆隨貯藏天數增加而減少，CO 處理組以 CO-2 組之 CO 含量最低；烹煮後肉排中 CO 殘留量皆顯著降低 ($p < 0.05$)。

真空包裝之結果發現，各組之 pH 值及 TBARS 值無顯著差異 (p

>0.05)。變性肌紅蛋白百分比以CO-2 組及CO-25 組顯著低於Air-2 組 ($p < 0.05$)。在色澤方面，各組之L*值無顯著差異 ($p > 0.05$)；於貯藏期間CO-2 組及CO-25 組之a*值顯著高於Air-2 組 ($p < 0.05$)，而且沒有顯著變化，顯示出經過CO處理之肉排其紅色值較高，而且很穩定；則b*值隨著貯藏時間增加而略有上升之趨勢。各處理組之乳酸菌數及總生菌數皆隨著貯藏時間增加而有增加之趨勢，貯藏至第6 天，控制組之乳酸菌數及總生菌顯著高於CO-2 組及CO-25 組 ($p < 0.05$)，而且控制組之總生菌數已經超過 10^7 CFU/g，顯示出CO對於菌數似乎有抑菌之效果。隨著貯藏時間增加而肉中CO殘留量沒有下降之趨勢，CO處理組以CO-2 組含量最低；烹煮後肉排中CO殘留量皆顯著降低 ($p < 0.05$)。

關鍵語：調節氣體包裝、一氧化碳、CO 型肌紅蛋白、顏色

Key words：modified atmosphere packaging (MAP)、carbon monoxide (CO)、carboxymyoglobin (MbCO)、color

Abstract

In this study, pork loin chops was pretreated with 100%CO-MAP at 2°C or 25°C for 30 min, then PVC packaged and vacuum packaged. Storage times were 0, 2, 4, 6 and 8 days for PVC packaged, and 0, 3, 6, 9 and 12 days for vacuum packaged. Samples were stored at 2°C, and study pH value, thiobarbitic acid reactive substances (TBARS) value, percent metmyoglobin, color (L*, a* and b* value), total plate count, lactic acid bacteria and CO residue.

The result of PVC packaged showed that pH values were not significant. All of TBARS values slightly increased with storage time. However, CO-2 (100% CO in a MAP at 2°C for 30 min) and CO-25 (100% CO in a MAP at 25°C for 30 min) of TBARS values were not decreased. Air-2 (air in a MAP at 2°C for 30 min) had slightly higher percent metmyoglobin than CO-2 and CO-25, but between all treatments had no significant differences. Air-2 had higher L* value and b* value than CO-2 and CO-25 during storage, and no significant difference was found between CO-2 and CO-25. Both CO-2 and CO-25 had higher a* value than Air-2. The result were indicated that samples treated with CO to develop stable red color. The total plate counts of CO-2 were significantly lower than Air-2 and CO-25. In CO residue of meat, all treatments decreased with storage, and CO residue of CO-2 were lower than CO-25. After cooking, CO residue in meat were decreased.

The result of vacuum packaged showed that pH values and TBARS values were not significant. Both CO-2 and CO-25 had lower percent metmyoglobin than Air-2. In color, L* value of all treatments had no significant differences. Both CO-2 and CO-25 had higher a* value than Air-2 during storage. And all of b* values slightly increased with storage

time. All of total plate counts and lactic acid bacteria increased with storage time. After 6 days of storage, Air-2 had higher total plate counts and lactic acid bacteria than CO-2 and CO-25. And then, total plate counts of Air-2 were over 10^7 CFU/g, indicating that CO seem to have the inhibitory effect on microbial growth. In CO residue of meat, all treatments did not decreased with storage, and CO residue of CO-2 were lower than CO-25. After cooking, CO residue in meat were decreased.

Key words : modified atmosphere packaging (MAP) 、 carbon monoxide (CO) 、 carboxymyoglobin (MbCO) 、 color

壹、前言

前言

消費者在判定肉品的品質，是藉由三個感官性質如外觀、質地及風味來認定，其中是以顏色為主要判定肉品好壞的依據，因為它會直接影響消費者在決定購買與否。含有一氧化碳（carbon monoxide；CO）之調氣包裝（modified atmosphere packaging；MAP）可以產生肉品安定的鮮紅色，這是由於CO與肌紅蛋白具有極強的親和力，為氧氣的250倍，所以會取代氧氣而形成CO型肌紅蛋白（carboxymyoglobin；MbCO），並且一旦形成後則不易氧化成褐色之變性肌紅蛋白（metmyoglobin），因此較與空氣接觸後所產生的紅色之氧合肌紅蛋白（oxymyoglobin）更為安定（Chow *et al.*, 1998）。

Jayasingh *et al.* (2001) 指出將牛排以5% CO預處理並維持24小時及100% CO預處理並維持1小時之後，分別再以真空包裝貯存，可以使肉品顏色有高度的穩定性。Viana *et al.* (2005) 亦將豬里肌肉排以100% CO預處理並維持1小時之後，再以真空包裝貯藏也有相同的結果。而對於抑制微生物生長方面，Clark *et al.* (1976) 將0.5-1%CO與N₂混合，能延長肉品氣味的保存期限，且貯藏於0、5和10°C時，低溫菌（psychrotrophic bacteria）菌數有下降。牛排以100% CO預處理30分鐘後以真空包裝貯藏8週，菌數低於未經過CO處理組1個log cfu/cm²（Brewer *et al.*, 1994）。目前對於CO處理肉品的相關研究較少，因此本試驗乃探討將豬里肌肉排預先以含有100% CO之調氣包裝包裝處理，置於2或25°C下維持30分鐘，之後移出包裝袋，分別以PVC（polyvinylchloride）保鮮膜包裝，並在2°C下貯藏0、2、4、6及8天；或真空包裝袋包裝，並在2°C下貯藏0、3、6、9及12天，於各貯藏階段分析樣品之pH值、TBARS（thiobarbituric acid

reactive substances) 值、變性肌紅蛋白百分比 (percent metmyoglobin)、色澤 (L*、a*、b*值)、總生菌數 (total plate counts) 和乳酸菌數 (lactic acid bacteria)，同時分析肉排中CO殘留量及烹煮後肉排中CO殘留量。

貳、文獻回顧

文獻回顧

一、包裝的目的

適切的包裝，不僅可以維持肉品品質；延長肉品保存期限，同時更可以提高肉品的附加價值。即使肉品在處理及加工製造過程中，均有良好的品質管制，如果使用的包裝材質或包裝方法不當，終將導致肉品的品質低下，甚至損傷或敗壞。事實上，包裝無法改善肉品的品質，但是適切的包裝卻可以避免微生物或外物的汙染、肉品的氧化和酸敗、水分的流失、以及其他物理性破壞和化學性變化等，抑制或減緩種種可能造成品質降低的因素。此外包裝不僅可以使產品更具吸引力，刺激消費者之購買慾，同時也提高了產品的附加價值（郭，1984）。

二、包裝之方法

（一）調節氣體包裝（modified atmosphere packaging；MAP）

1. 定義

調節氣體包裝第一次被紀錄在 1927 年，是減少袋中氧氣濃度並增加二氧化碳濃度之包裝中進行貯藏，以達到延長保存期限。1930 年，MAP 用在以船舶運送水果，而且為了長距離的運送，在牛肉屠體包裝袋中增加二氧化碳的濃度，結果顯示可延長肉品的保存期限（Davies, 1995）。1979 年之後，MAP 開始廣泛的使用於新鮮或冷藏食品，包括生肉、烹煮過的肉、魚及蔬菜水果等。

正常的大氣組成中約含有 78% 氮氣，21% 氧氣，以及其他微量成分如二氧化碳、水汽、氫氣等。MAP 為單一氣體或混合氣體形式的包

裝，將產品周圍的氣體組成改變，使其異於正常大氣組成，以保持食品品質之貯藏法。MAP主要使用的氣體有氧氣（O₂）、氮氣（N₂）及二氧化碳（CO₂）。二氧化碳是一種良好抑制細菌繁殖的氣體，Gill and Tan（1980）研究在有氧的環境下，袋中含有20-30% CO₂對於好氧性假單胞桿菌（*Pseudomonas*）具有抑菌效果；在無氧的環境下，100% CO₂可以延長肉品的保存期限，有效地抑制厭氧菌為 *Lactobacilli*及 *Enterobacteriaceae* 的生長（Gill and Penney, 1986; Nissen *et al.*, 1996）。氧氣作為保持肉品之鮮紅色，這是由於O₂與肉中的肌紅蛋白結合，形成鮮紅色的氧合肌紅蛋白（oxymyoglobin），然而，高量的O₂會促使好氧性腐敗微生物生長，且會加速食品的脂質氧化酸敗（Phillips, 1996），所以O₂盡可能的排除或少量存在，則氮氣主要作為調節及緩衝作用。依照產品的特性還可使用其他的氣體，如：一氧化碳、二氧化硫及乙烯等（Church, 1994）。

MAP袋內混合氣體的含量會有變動（Warren *et al.*, 1992），這是由於肌肉呼吸作用、微生物代謝、氣體溶解於肉中、由袋內散佈出去及溫度的影響（Gill, 1988）。

2. 調氣包裝之優缺點

（1）優點

MAP常使用於肉品的包裝，是由於其具有下列優點（Phillips, 1996）：增加保存期限、維持較高的產品品質、適當的分切、降低配送成本、不需要化學的防腐劑、內容物清楚可見。Krause（2003）指出MAP袋內的CO₂具有抑菌效果，而且可以降低肉品水分的損失（purge）。

(2) 缺點

Phillips (1996) 指出 MAP 具有下列缺點：增加成本、須要溫度調節控制、須要專門的訓練與設備、依產品特性做不同的氣體改變。另外，不能針對所有的微生物有效地抑制，如氧氣的存在雖然可以抑制低溫貯藏肉品中的厭氧菌菌群，但卻無法抑制好氧性假單胞桿菌 (徐, 1994)。同時，當氧氣高達 90% 時與空氣比較，對好氧性菌、乳酸菌的生長均無影響 (Duan *et al.*, 1971)。

(二) 真空包裝

1. 定義

真空包裝為將包裝袋內所有的空氣抽出，並使用低氧通透性的包裝袋材質，使氧氣無法由外滲透入內。由於空氣的排除，造成內部的壓力比外部的空氣低，因此包裝的崩塌於產品的周圍。目前普遍使用於生鮮肉、醃漬肉製品、硬質乳酪等的食品包裝上。

2. 真空包裝之優缺點

(1) 優點

真空包裝由於使氧氣無法由外滲透入內，而袋內殘留的氧氣可以被微生物或肉中粒線體的酵素代謝利用產生二氧化碳 (Seideman *et al.*, 1976)。在生鮮肉製品中，因為肌肉的呼吸作用，使氧氣快速消耗，而造成包裝袋內的二氧化碳相對增加 10-20%，甚至增加到 30%

(Gardner *et al.*, 1979)，因此好氧性微生物的生長受到抑制，並減緩微生物對蛋白質及脂肪的腐敗作用，進而延長肉品的保存期限

(Seideman *et al.*, 1979)。Kuo *et al.* (1987) 研究包裝方法與貯藏時

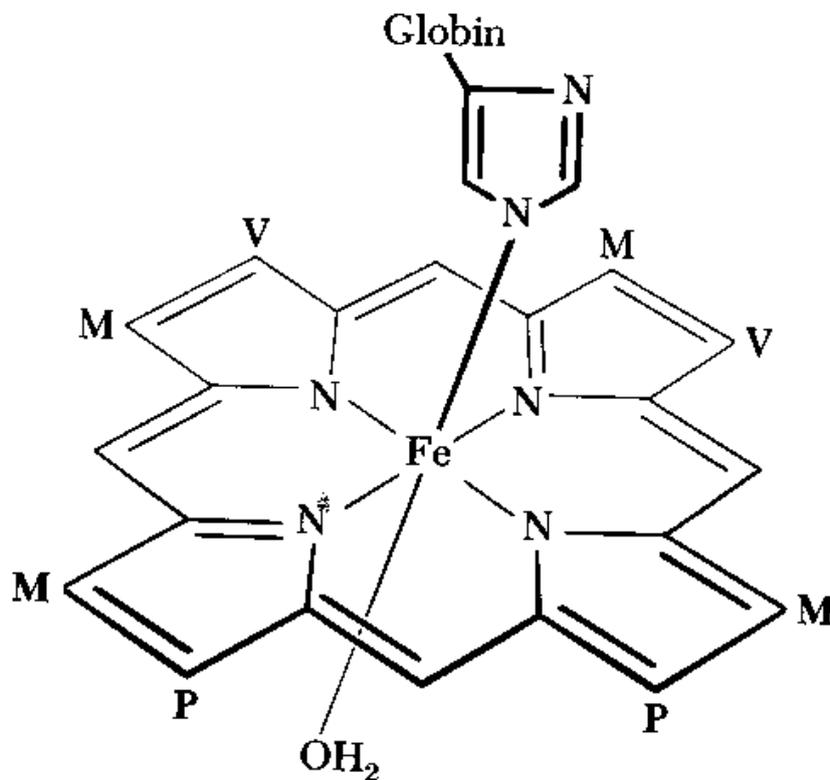
間對中式香腸品質之影響，指出真空包裝中式香腸在 4°C 貯藏六星期之 TBARS 值無顯著變化，非真空包裝組之 TBARS 值貯藏四週期間則無顯著差異。貯藏二星期內，真空包裝與非真空包裝中式香腸之 TBARS 值並無顯著差異，但超過二星期，真空包裝之 TBARS 值比非真空包裝組低，表示真空包裝有抑制中式香腸氧化酸敗的功用。

真空包裝在低溫下可以延長鮮肉保存期限達 30 天之久，但所使用的包裝材質，透氣性需小於 $40 \text{ ml/m}^2 \cdot 24\text{hr} \cdot \text{atm} \cdot 30^\circ\text{C}$ 。一般真空包裝的材料為聚偏二氯化乙烯 (polyvinylidene chloride, PVDC)、聚酯 (poly-esters)、聚醯胺 (polyamide) 或稱 Nylon/polyester/PE、cellophane/PVDC/PE、polyester/PVDC/PE 等基層材料 (郭, 1984)。

Taylor *et al.* (1990) 指出以真空包裝貯藏於 1°C 維持至 20 天，肉排中的乳酸菌數由 10^2 達到 10^7 - 10^8 CFU cm^{-2} 。Jeremiah *et al.* (1995) 亦研究以相同包裝方式，肉排中乳酸菌數最大達到 10^7 CFU cm^{-2} ，林與郭 (1993) 指出貯藏於 4°C 下真空包裝中式香腸之優勢菌群為乳酸菌，故真空包裝可以促進乳酸菌等厭氧性菌的生長，使肉中的 pH 值下降至 5.4-5.6。真空包裝能抑制 *Serratia liquefaciens*, *Yersinia enterocolitica*, *Enterolactar cloacae* 及 *Aeromonas* 等四屬革蘭氏陰性菌的生長 (Weakley *et al.*, 1986)。

(2) 缺點

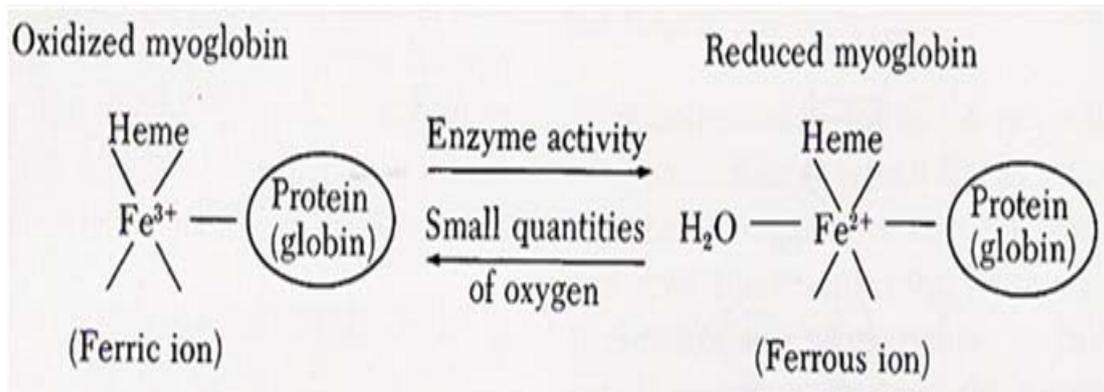
真空包裝中的氧氣含量低於 1%，因此肉品的肌紅蛋白 (圖一) 無法與氧氣結合，使得氧合肌紅蛋白還原成肌紅蛋白，為紫紅色。而在低氧的環境下，肌紅蛋白和氧合肌紅蛋白分子中血基質 (heme) 上的鐵離子，由 Fe^{+2} 氧化成 Fe^{+3} (圖二)，使肉品顏色由紅色轉為褐色



圖一、肌紅蛋白之結構圖。

Fig. 1. Schematic representation of the heme complex of myoglobin.

The globin and water are not part of the planar heme complex. M, V, and P stand for methyl, vinyl, and propyl radicals attached to the porphyrin ring that surrounds the iron atom. [From Bodwell, C.E. and P. E. McClain, "Chemistry of Animal Tissues — Proteins," in *The Science of Meat and Meat Products*, 2nd ed. J. F. Price and B. S. Schweigert, eds. W. H. Freeman and Co., San Francisco. 1971.]



圖二、肌紅蛋白的血基質上鐵原子之氧化還原狀態。

Fig. 2. The oxidation state (valence) of the central iron in the heme group of myoglobin under different conditions.

(Bodwell *et al.*, 1971)

的變性肌紅蛋白（metmyoglobin；MetMb）。因此，在零售包裝時此顏色會使消費者誤認為是非新鮮肉品，Meischen *et al.*（1987）也認為雖然真空包裝可以延緩微生物的生長及增加食品的保存期限，但是消費者較喜歡牛肉的鮮紅色，而不是真空包裝造成的暗紫紅（purple）色。

由於真空包裝內的氣體為極少量，使得包裝袋內與肉品緊密結合，不但會造成產品之變形，形成產品物理性的破壞，而且還使肉品水分流失量的增加（Kuo *et al.*, 1988；Boerema *et al.*, 1993）。Grau（1981）也曾指出真空包裝有暫時褪色的現象產生。

（三）低氧包裝技術（low-oxygen packaging）

肉品之零售包裝（case-ready）的基本設計在最近 5-10 年並沒有顯著的發展。多數的產品通常為了維持肉品鮮紅色，必須持續提供一個高氧的環境（氧氣約為 80%），以及少量的二氧化碳（20%）來預防微生物生長。無論這些氣體使用於初級包裝袋（primary package）中，或圍繞於初級包裝袋外的主要包裝袋（master package）內，這種包裝技術在近幾年都沒有改變。此技術成功地使用於多數的零售商，因為此包裝可以增加產品的保存期限（Eilert, 2005）。

低氧包裝系統在美國已經開始使用，但是不像高氧系統那麼廣泛使用。真空包裝的最新發明是將收縮薄膜（shrinkable films）用於臥式充填封罐機中（Salvage and Lipsky, 2004），此技術是針對真空包裝用於生鮮肉品所產生的缺點而設計，因為收縮薄膜可以解決在包裝上常常產生多餘的膜或皺紋的問題，此外，此技術對於傳統密封機和真空包裝袋的應用也提供許多優點。

Merriman *et al.* (2003) 發展了另一種低氧包裝來取代高氧包裝。在這系統中，少量的一氧化碳 (<0.4%) 使用於圍繞在初級包裝袋的次要包裝袋 (secondary package) 中，這是以傳統的聚氯乙烯膜 (polyvinyl chloride; PVC) 覆蓋包裝。然而，將一氧化碳用於肉品包裝是較難創新，因此，此技術是第一個合併使用於次要包裝袋中。而在 2002 年，此包裝獲得美國食品藥物管理局 (Food and Drug Administration; FDA) 的允許使用 (FDA, 2002)。

於 1985 年只有挪威使用一氧化碳於鮮肉中 (Sørheim *et al.*, 1999)，在過去美國曾表示此系統會有掩飾鮮肉腐敗的疑慮，然而有報告指出，低量的一氧化碳不會掩飾包裝袋內肉品腐敗的現象 (FDA, 2004)。一般肉品腐敗的指標為顏色、不好的氣味和風味，FDA 認為含有一氧化碳的包裝中，即使肉品顏色沒有褪色，其不好的氣味仍然會存在。Sørheim *et al.* (1999) 研究也證明出低量的一氧化碳不會抑制腐敗菌生長。

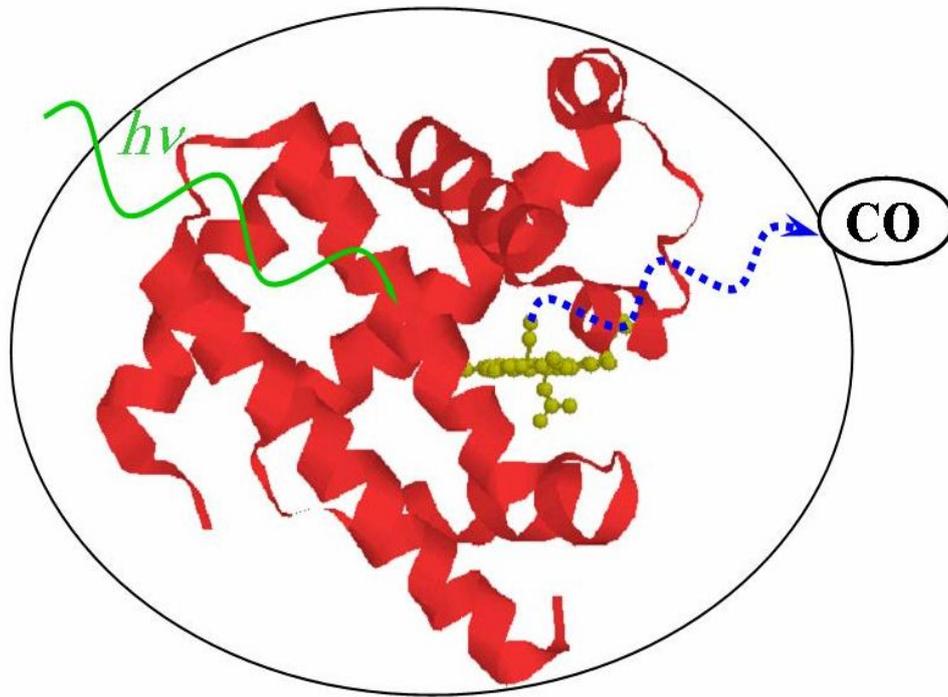
在美國使用一氧化碳於生鮮肉品的包裝為一大突破，這將可以使零售包裝廣泛的配送，而且使產品有足夠的保存期限。另外，低氧包裝的主要益處為減少肉品氧化酸敗所造成之風味損失，而且此發展可使美國肉品工廠足以應付大量零售商的需求。然而，真空包裝及低氧包裝在衛生方面及溫度控制是很重要的，這樣才能提供消費者沒有腐敗的產品。

三、一氧化碳之介紹

(一) 一氧化碳與顏色

含有一氧化碳 (carbon monoxide ; CO) 之調氣包裝可以使肉品產生穩定且鮮紅的顏色，這是由於CO與肉中肌紅蛋白 (myoglobin ; Mb) 強烈鍵結而生成CO型肌紅蛋白 (carboxymyoglobin ; MbCO) (圖三) 之緣故 (Lentz, 1979)，而且CO型肌紅蛋白其吸收光譜與氧合型肌紅蛋白 (oxymyoglobin ; MbO₂) 相似 (Cornforth, 1994)。雖然以不同氣體組合之調氣包裝可以增加肉品保存期限，但是對於肉品褪色方面有限，歸因於肌紅蛋白會氧化成變性肌紅蛋白 (metmyoglobin ; metMb)，因此肉品褪色可藉由含有CO混合氣體之調氣包裝來避免此現象發生 (Sørheim, 1997)。Di Iorio (1981) 指出CO氣體對於血紅蛋白 (hemoglobin ; Hb) 及肌紅蛋白均具有極強的親和力，為氧氣的 250 倍。所以CO氣體容易取代Hb、Mb中的氧氣而形成CO型Hb (HbCO) 或CO型Mb，並且一旦形成後則不易氧化成褐色之變性肌紅蛋白，因此較與空氣接觸後所產生的紅色氧合型肌紅蛋白更為安定 (Chow, 1998)。

Gee 和 Brow (1978) 曾以 1% CO 氣體在 2°C 下處理絞碎牛肉 3 天，可使牛肉中的變性肌紅蛋白逐漸下降，並在之後的空氣中貯藏 3 天時仍能保持良好顏色。CO 氣體不只容易與肌紅蛋白結合，而且具有使變性肌紅蛋白還原的作用。Lanier *et al.* (1978) 亦指出在氧氣存在下，CO 氣體的濃度愈高，牛肉抽出液中的肌紅蛋白其還原現象愈強。顯示 CO 氣體對紅色肉類有良好保色作用。



圖三、CO型肌紅蛋白（carboxymyoglobin）之3-D結構圖（黃色部份為一氧化碳）。

（自 <http://discharge1.kuic.kyoto-u.ac.jp/~masa/study/master.html> 取得之圖）

Fig. 3. 3-D structure of carboxymyoglobin. Yellow represents carbon monoxide.

目前很多研究顯示出含有CO氣體之調氣包裝可以改善肉品顏色及增加肉品顏色的安定性，這些研究所使用的肉品普遍為牛肉、豬肉及家禽類。在早期，El-Badawi *et al.* (1964) 研究將牛肉貯藏於4°C下，以2% CO及98%空氣混合氣體進行包裝，發現可以維持穩定的鮮紅色達到15天。Clark *et al.* (1976) 亦指出牛肉貯藏於2°C下，含有0.5%以上CO氣體之調氣包裝會維持肉品紅色值超過30天。同樣的，將碎牛肉、牛排及豬肉排以0.4% CO/60% CO₂/40% N₂之混合氣體包裝貯藏於4°C下，也可以維持紅色值至21天 (Sørheim *et al.*, 1999)。

將肉品以CO氣體預處理後再進行包裝的相關研究顯示出肉品也可以維持安定的鮮紅色。Jayasingh *et al.* (2001) 指出將牛排以5% CO預處理並貯藏於2°C維持24小時及100% CO預處理並維持1小時之後，分別再以真空包裝貯藏，可以使肉品顏色有高度的穩定性。Viana *et al.* (2005) 亦將豬里肌肉排以100% CO預處理並貯藏於4°C維持1小時之後，再以真空包裝貯藏其結果也是相同的。相反的，若以CO氣體預處理後，再以可透氧性膜包裝貯藏，則不能使肉品顏色穩定 (Clark *et al.*, 1976)。因此，預處理之後的貯藏需要在無氧的環境下才可以維持紅色的CO型肌紅蛋白。

經過烹煮或醃漬處理之肉製品，以含有CO之調氣包裝貯藏也有增加顏色的益處。經過CO處理之牛肉餅，由於肉餅的MbCO之緣故，使其加熱烹煮至80°C以上仍有微量的粉紅色，然而再將此肉餅放置於空氣中一段時間，則表面的粉紅色會逐漸變淡 (Sørheim *et al.*, 2000)。另外，將發酵香腸以1% CO預處理後煮熟，或者煮熟後以1% CO包裝貯藏，皆可以使肉之紅色值增加，這是由於CO可以鍵結

變性或部份沒有變性的肌紅蛋白所導致的 (Aasgaard, 1993; Sørheim *et al.*, 2006)。

(二) 一氧化碳對微生物之影響

調氣包裝中，低濃度的CO氣體對於肉品微生物有抑菌作用。Clark *et al.* (1976) 將 0.5-1% CO與N₂混合，能延長肉品氣味的保存期限，且貯藏於 0、5 和 10°C 時，低溫菌 (psychrotrophic bacteria) 菌數有下降。牛排以 100% CO預處理 30 分鐘後真空包裝貯藏於 2°C 維持 8 週，菌數低於未經過CO處理組 1 個log cfu/cm² (Brewer *et al.*, 1994)。Viana *et al.* (2005) 亦將豬肉排以CO處理包裝後貯藏於 5°C 下至 20 天，低溫好氧菌數及厭氧菌數皆低於以 100% O₂包裝的肉排。Luño *et al.* (2000) 則認為含有CO氣體之調氣包裝可以降低好氧菌之菌數，但是對於乳酸菌數沒有影響。

然而，若以低濃度的CO氣體 (0.4-1%) 與CO₂混合時，對於肉中菌數生長沒有影響 (Sørheim *et al.*, 1999; Luño *et al.*, 1998)，這可能是因為含高濃度CO₂的混合氣體，會掩蔽低濃度CO的抑菌效果。

Nissen *et al.* (2000) 指出將牛肉以 0.4% CO/60% CO₂/40% N₂ 貯藏於 4 及 10°C 下，皆能降低腸結腸炎耶氏菌 (*Yersinia enterocolitica*) 和單核球增多性李斯特菌 (*Listeria monocytogenes*) 之菌數；在 10°C，大腸桿菌 (*Escherichia coli* O157:H7) 能被抑制，但沙門氏菌屬 (*Salmonella* spp.) 沒有降低。這表示以低溫來抑制這些病原菌是很重要的。Gee and Brow (1980) 將菌種培養於含有 5-30% CO氣體中，發現對於綠膿桿菌 (*Pseudomonas aeruginosa*) 沒有影響，但會抑制螢光假單胞桿菌 (*Pseudomonas fluorescens*) 及

大腸桿菌 (*E. coli*) 的生長，且增加無色桿菌屬 (*Achromobacter*) 的遲滯期 (lag phase)。

Viana *et al.* (2005) 將肉排以 1% CO/99% CO₂ 及 100% CO 預處理後真空包裝貯藏，也可以延緩假單胞桿菌屬 (*Pseudomonas*) 的生長。低溫下，*Pseudomonas* 在有氧的環境及不需要營養成分的環境可以快速地生長，而在真空包裝的肉品中則不易生長，是由於袋中 O₂ 含量低於 1% 及肌肉組織的有氧代謝會使 CO₂ 含量增加約為 20% 而造成的 (Dainty and Mackey, 1992)。因此，調氣包裝中若以其他氣體取代 O₂ 可使 *Pseudomonas* 不易生長 (Labadie, 1999)。

(三) 一氧化碳之毒性

1. 一氧化碳對於人體的影響

一氧化碳 (carbon monoxide; CO) 是一種無色、無味、無臭的氣體，在空氣中不容易與其他物質產生化學反應，故可在大氣中停留很長時間，主要是經過含碳物質不完全燃燒所產生的產物。自然界中的 CO 含量為 0.01-0.09 mg/m³。CO 會結合紅血球中血紅蛋白 (hemoglobin; Hb) 的鐵離子，形成一氧化碳血紅蛋白 (carboxyhemoglobin; COHb)，而 CO 對 Hb 的親和力高於氧氣 240 倍 (WHO, 1979)。

CO 主要是干擾氧氣的運送，造成 Hb 供氧不足，並且使得已經與氧結合的血紅素不易釋放出氧氣到組織細胞中。CO 也可以鍵結肌紅蛋白、細胞色素 (cytochromes) 及一些酵素。CO 會抑制細胞呼吸，由於 CO 可接合在粒腺體的細胞色素氧化酵素 (mitochondrial cytochrome oxidase) 及肌肉中的肌紅蛋白，直接阻斷細胞呼吸，即使

COHb 清除後，細胞本身被阻斷的呼吸鏈可能尚未恢復，細胞仍在持續缺氧中。

CO 對人體的健康影響主要在心臟血管系統、神經系統及胎兒中。血液中 COHb 的濃度通常以 COHb% 來表示，當 COHb 濃度接近 2.5% 時，心臟血管疾病患者會感到胸部痛苦，而對於健康個體只要濃度低於 5%，對健康則沒有不利的影響。少量的 CO 會由人體自然的產生，此在人體中 COHb 濃度約為 0.5%，因此，一般在沒有吸煙的個體中，平均 COHb 濃度為 1.2-1.5%，有吸煙者則為 3-4%。根據挪威專家研究指出，COHb 濃度高於 2% 時，會使較脆弱之個體受到影響，並建議暴露於 CO 不同的時間及濃度，可以預防 COHb 濃度不超過 1.5%，其中包括體內 CO 產生的量 (Aunan *et al.*, 1992) (表一)。

2. 暴露於經過一氧化碳處理之生鮮肉品的影響

Clark *et al.* (1976) 指出，吸入空氣中 CO 含量為 57 mg/m^3 (美國可接受的工作環境含量) 並延長暴露時間，其所產生的 COHb 濃度相當於經過 CO 處理包裝之肉品 (約 250 g) 產生 COHb 濃度的 14 倍，因此，顯示出經過 CO 處理之肉品產生極少量的 COHb。而經過含 1% CO 處理 3 天之肉品，肉中的 CO 含量會經由貯藏時間增加而減少，當牛肉在 195°C 高溫下加熱維持 8 分鐘，則 CO 損失比例約為 85% (Watts *et al.*, 1978)。

表一中得知，為了預防血液中 COHb 濃度超過 1.5%，在身體活動期間 1 小時，空氣中的 CO 濃度不得高於 24 mg/m^3 ，相當於攝入 CO 含量為 1.5 mg；而 Watts *et al.* (1978) 曾研究出使用 1% CO 處理肉品 3 天，在貯藏和烹煮後，肉品中 CO 殘留量約為 0.1 mg/kg。

表一、在空氣中接觸一氧化碳不同時間及濃度，使其產生體內一氧化
碳肌紅蛋白量（COHb）為 1.5%

Table 1. Estimates of carbon monoxide (CO) levels in ambient air that
will result in carboxyhaemoglobin (COHb) level of 1.5%,
including endogenous CO production

Exposure time	CO concentration in air (mg/m ³)		
	At rest	Moderate activity	Heavy work
15 min	170	80	52
30 min	86	42	29
1 hr	48	24	18
8 hr	11.5	9.2	9.2

(Aunan *et al.*, 1992)

和肺部吸收 CO 含量比較（表二），由腸胃道吸收 CO 進入血液的機率更小，而且與肌紅蛋白結合的 CO，經過人食用後，會在腸胃被消化酵素破壞分解，所釋放出的 CO，無法透過胃腸壁而進入血管與血紅素結合。因此，一天食用一餐含有 CO 處理的肉品並不會導致血液中 COHb 的濃度升高，而且對於消費者也沒有安全的威脅（Sørheim *et al.*, 1997）。

（四）勞工安全

在肉品工廠中，以純 CO 或高濃度的 CO 作為充填包裝的氣體對於操作人員都有潛在的危險。因此在工作環境中，CO 濃度不能超過 29 mg/m^3 （Directorate of Labour Inspection, 1996）；而在台灣，依據行政院勞工委員會所訂之「勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準」，勞工作業環境中 CO 容許濃度為 35ppm。

在挪威，無論是充填如 1% CO/ 99% N₂ 或 0.3% CO/ 70% CO₂/ 30% N₂ 等混合氣體之操作人員都必須訓練，而且在工廠中隨時都要監控工作環境的安全性。表三為不同一氧化碳濃度下，生理反應將出現的不同狀況。高濃度 O₂ 容易具有爆炸性，處理時必須要謹慎小心；相反的，低量的 CO 則不會。

表二、理論上血液中攝入一氧化碳含量

Table 2. Theoretical uptake of carbon monoxide in blood

Exposure method	CO intake in 1 hr	CO intake in 8 hr
Lungs (15 m ³ /d)	24 mg x 0.625 = 15.1 mg	9.2 mg x 0.5 = 46.0 mg
Meat (250g, CO treated)	0.025 mg	0.025 mg

(Watts *et al.*, 1978)

表三、不同一氧化碳濃度環境狀況下，出現的不同生理反應

環境中一氧化碳含量 (ppm)	暴露時間 (小時)	人體中一氧化碳血紅素濃度 (%)	出現症狀
< 100	—	1~10	短時間暴露對健康不會有不良影響
100~200	—	10~20	呼吸困難、輕微頭痛>
200~300	5~6	20~30	明顯頭痛、虛弱、判斷力改變
400~600	4~5	30~40	嚴重頭痛、昏暈、虛弱、視力模糊
700~1,000	3~4	40~50	意識混亂、心跳呼吸加速、昏厥
1,100~1,500	1.5~3	50~60	Chyene-Stokes 氣喘、昏迷、痙攣
1,600~3,000	1~1.5	60~70	昏迷、痙攣、呼吸及心衰竭、死亡
> 4,000	1~2 分鐘	70~80	喪失意識、死亡

(勞工委員會勞工安全衛生研究所，物質安全資料表，2000)

（五）相關一氧化碳之食品管制

儘管一氧化碳用於肉品的調氣包裝之研究多年，而且也具有許多優點，但是在各國的肉品工廠中並沒有普遍的使用。目前包括日本、新加坡、歐盟及我國皆禁止食品公司使用一氧化碳於生鮮產品之處理；美國是有限制一氧化碳含量使用。

自 1985 年開始，挪威市場約有 60% 的零售包裝肉品如牛肉、豬肉及羊肉，是使用低量（0.3-0.5%）的一氧化碳充填於包裝中。雖然挪威不是歐盟（EU）的成員之一，但是由於歐洲經濟區域協定（European Economic Agreement）的貿易緣故，歐盟逐漸地接受挪威的食品法規。在 2000 年，歐盟委員會允許可以使用 0.5% 一氧化碳於調氣包裝中，並且在挪威及歐盟，使用調氣包裝於肉品或其他食品時，需要有適當的標示管制，如標示“Packaged in a protective atmosphere”（Sørheim *et al.*, 2001）。

在 2002 年，美國食品藥物管理署（Food and Drug Administration；FDA）則將一氧化碳歸類屬於一般認為安全之物質（Substances Generally Recognized as Safe；GRAS），同意使用一氧化碳於調氣包裝，其中使用的含量為 0.4%，此種包裝會使每磅肉最大可含有 2.2 mg 的一氧化碳（4.85 mg/kg）（FDA, 2002）。至今已核准 Pactiv Corporation 及 Precept Foods LLC 兩家公司使用一氧化碳於調氣包裝肉製品。同樣的，在紐西蘭及澳洲國家也認同一氧化碳對於肉品加工方面有幫助（Personal communication, M. Patterson, Vertex Pacific Ltd., September 2005）。然而，在 2004 年 7 月歐盟禁止使用一氧化碳於新鮮肉品之包裝，由於歐盟認為包裝的氣體為食品添加物，但是一氧化碳尚未列入為食品添加物（Personal communication, O.

Sørheim, Matforsk, September 2005)。目前在台灣，一氧化碳也並未經過衛生署公告核准為食品添加物，因此依照規定仍不得添加，但未來可建議使用一氧化碳與充氣調節系統以包裝肉品。

參、材料與方法

材料與方法

一、實驗材料

(1) 冷凍豬里肌肉 (pork loin) 購自香里食品企業有限公司 (南投市南崗工業區仁和路三號)。

(2) 包裝材料

發泡生鮮盤 (polystyrene foam tray, 15 cm × 9 cm, 泉軒企業有限公司, 台中, 台灣)、PVC (polyvinylchloride) 保鮮膜 (泉軒企業有限公司, 台中, 台灣)、真空包裝袋 (Nylon 15 μ m/ Cast Polypropylene 70 μ m, 19 cm × 25 cm, 三櫻企業股份有限公司, 台中, 台灣)。

(3) 一氧化碳 (CO) 氣體購自聯華氣體工業股份有限公司, 為國外原裝進口之一氧化碳氣體 (純度為 99.5%)。

二、試驗設計

本實驗之試驗設計如圖四、圖五。

三、實驗方法

每次試驗自香里食品企業有限公司購買同一隻豬之二條冷凍豬里肌肉, 於 4°C 下解凍 72 小時, 以蒸餾水清洗擦拭乾淨後, 切成厚約 1.5 cm 之肉排, 分別裝入真空包裝袋 (每袋約 85g) 中, 利用真空包裝機 (Gastrovac A300/42, Multivac, Wolfertschwenden, Germany) 進行充氣包裝, 先將袋內空氣完全抽出, 再將 CO 氣體灌入袋內, 封口後分別於 2°C 及 25°C 下維持 30 分鐘。控制組為未經 CO 處理之豬里肌肉排, 同樣將肉排裝入真空包裝袋中, 置於 2°C 下維持 30 分鐘。

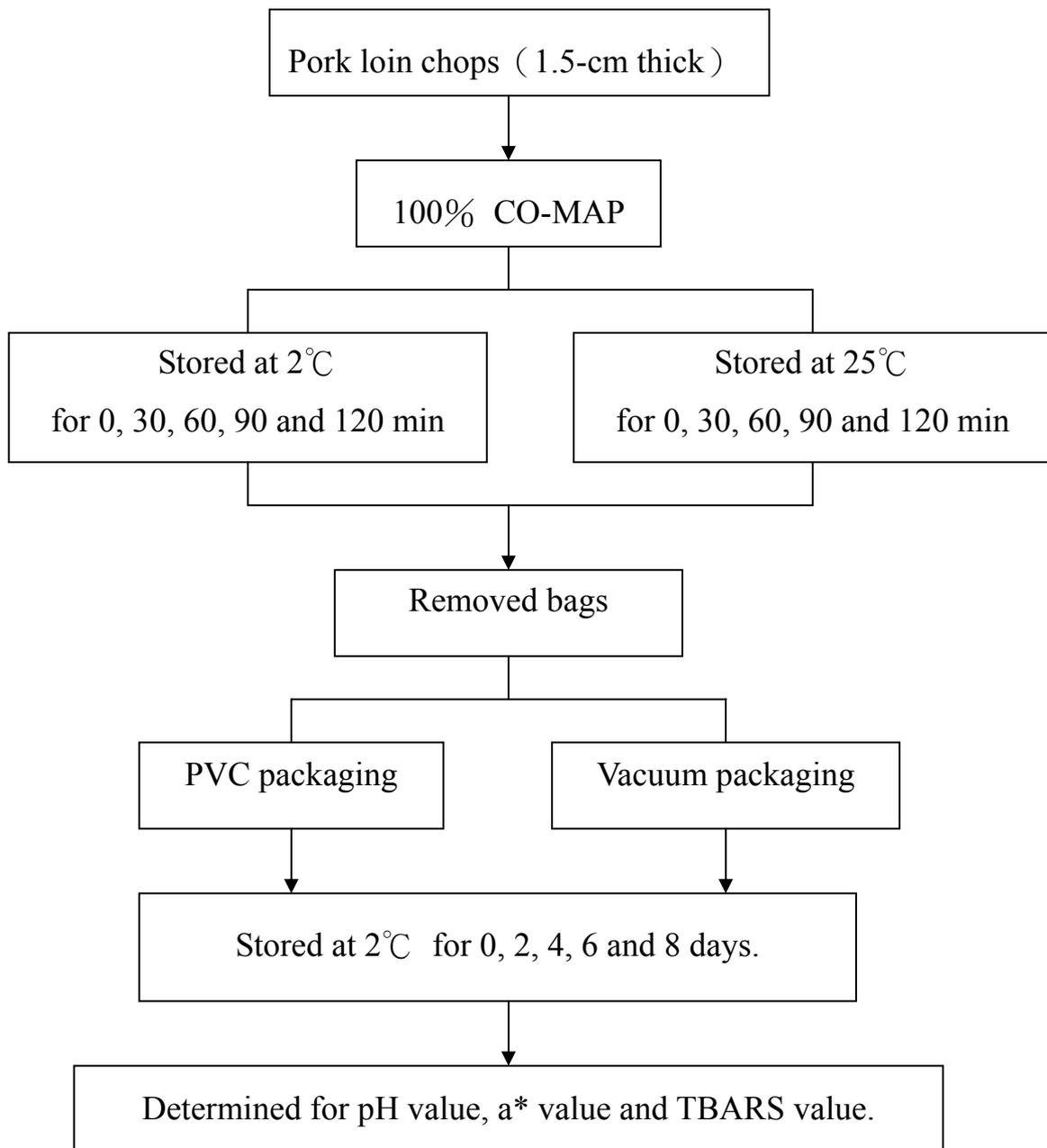
而後將袋內的肉排移出，分別以不同包裝方式貯藏：

(1) PVC (polyvinylchloride) 包裝

將肉排移出袋中，以 PVC 保鮮膜進行包裝，在 2°C 恆溫冷藏箱 (Sanyo, MIR153, Tokyo) 下貯藏 0、2、4、6 及 8 天，並進行各項分析。

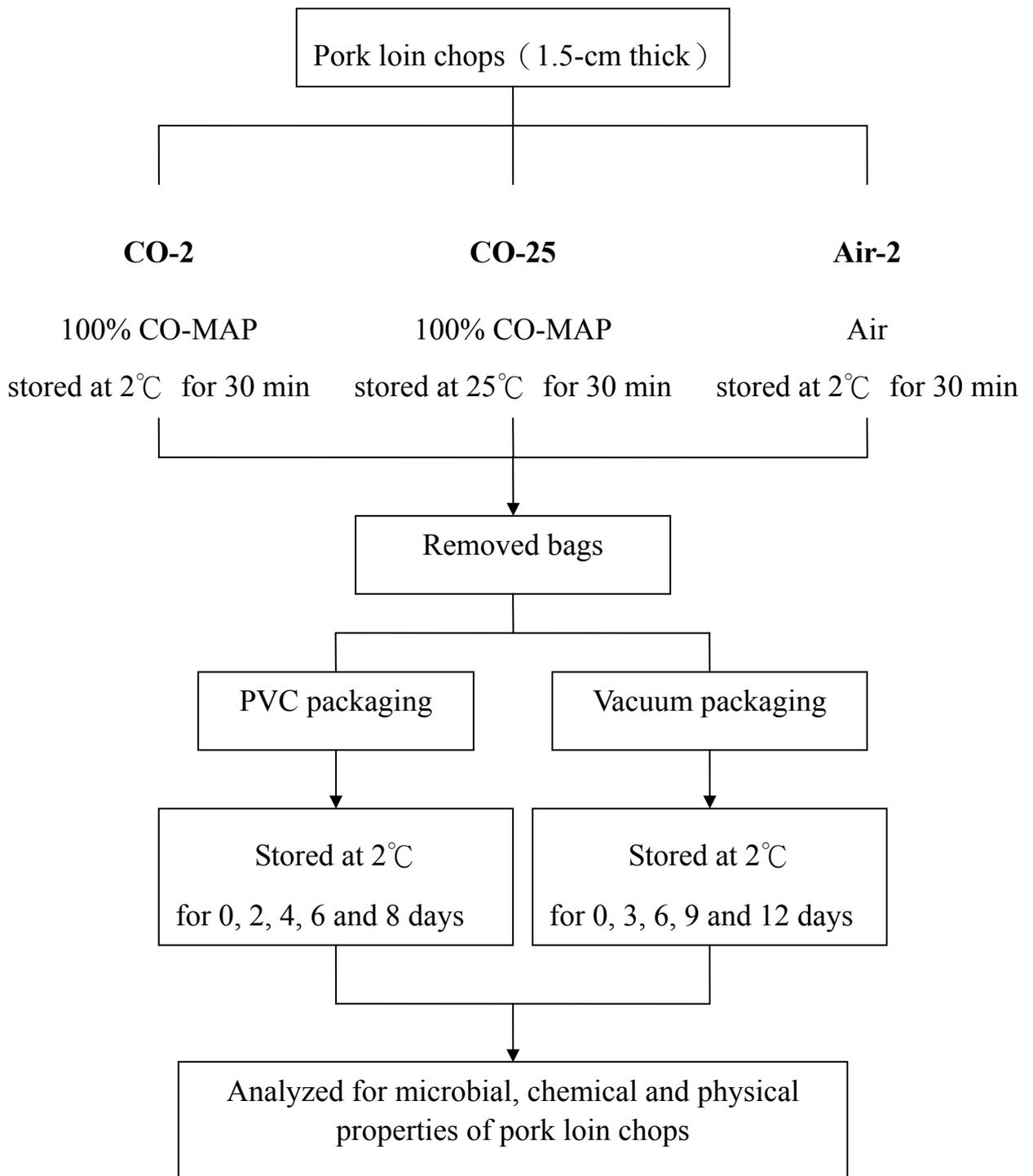
(2) 真空包裝

將肉排移出袋中，以真空包裝袋利用真空包裝機進行真空包裝，在 2°C 恆溫冷藏箱下貯藏 0、3、6、9 及 12 天，並進行各項分析。



圖四、試驗設計一。

Fig. 4. Experimental design 1.



圖五、試驗設計二。

Fig. 5. Experimental design 2.

四、分析項目

1. 酸鹼值 (pH value)

依據 Ockerman (1985) 之方法分析。

(1) 儀器設備

- ① 鐵胃 (Stomacher Lab-blender 400, Tekmar Company, London, England)
- ② 酸鹼度計 (InoLab pH 427, Wissenschaftlich Technische Werkstätten, Germany)
- ③ pH 4 和 pH 7 之校正液 (WTWM 108 708, Weilheim, Germany)

(2) 實驗步驟

秤取 10 g 樣品加入 100 ml 之蒸餾水，以鐵胃均質 1 分鐘。酸度計依序以 pH 4 和 pH 7 進行校正，再將玻璃電極 (glass electrode) 插入樣品均質液中，直到 pH 值穩定為止。

2. 硫巴比妥酸值 (thiobarbituric acid-reactive substances values)

依據 Witte *et al.* (1970) 之方法分析。

(1) 試劑之配製

① 10% 三氯醋酸溶液

秤取 25 g trichloroacetic acid (TCA; Sigma, Germany) 以蒸餾水定量至 250 ml。

② 0.02 M 硫巴比妥酸試劑 (2-thiobarbituric acid, TBARS reagent)

秤取 0.4608 g 2-thiobarbituric acid (Sigma, Germany) 以蒸餾水定量至 160 ml，並置於棕色玻璃瓶中，此為 TBARS 試

劑。

(2) 儀器設備

- ① 組織均質機 (PRO205 homogenizer, PEO Scientific Inc., Connecticut, USA)
- ② 分光光度計 (Milton Roy, Spectronic® Genesys™ 5 Spectrophotometer, Rochester, New York, USA)

(3) 實驗步驟

秤取 5 g 絞碎之樣品於 150 ml 的均質瓶中，加入 25 ml 10% 三氯醋酸，以組織均質機均質 1 分鐘，再加入 25 ml 的蒸餾水，均勻混合後，將混合液體以濾紙 (Whatman No.1) 過濾，取 5 ml 濾液 (空白組以 5 ml 的蒸餾水取代)，加入 5 ml TBARS 試劑後於沸水浴加熱 30 分鐘，流水冷卻 10 分鐘，以分光光度計於波長 532 nm 下測其吸光值 (Optical density, O.D.)。

計算公式：

$$\text{TBARS value (mg malondialdehyde / kg meat)} = \text{O.D. value} \times 10.4$$

10.4：濃度 0-10 μm TEP (1,1,3,3,-tetraethoxypropane) 製作 TEP 標準曲線，得一常數 K 值。

3. 色澤分析 (L*、a*、b* 值) (color evaluation)

(1) 儀器設備

- ① 色差儀 (color meter ZE2000, Nippon Denshoku Ind., CO., Ltd. Tokyo, Japan)

(2) 實驗步驟

以 PVC 保鮮膜將肉排（厚約 1.5 公分）包覆，以色差儀測定樣品之色澤，測定樣品前先以標準白板（standard white plate）校正（ $Y=93.90$, $X=91.89$, $Z=110.26$ ），結果以國際照明委員會（Commission International del' Eclairage, CIE）表色系統之明度值（ L^* value）、紅色度（ a^* value）及黃色度值（ b^* value）表示，每面測三個不同點，並求其平均值。

4. 變性肌紅蛋白百分比（percent metmyoglobin）

依據 Kannan（2001）之方法分析。

(1) 試劑之配製

(a) 0.04 M phosphate buffer, pH 6.8

① 0.04 M $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 溶液

秤取 0.75 g $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ （林純藥工業株式會社，大阪，日本）以蒸餾水定量至 120 ml。

② 0.04 M Na_2HPO_4 溶液

秤取 0.68 g NaH_2PO_4 （Tedia Company, Inc., Fairfield, USA）以蒸餾水定量至 120 ml

以①溶液為主要溶液再使用②溶液，來調其 pH 值至 6.8。

(2) 儀器設備

① 均質機（Sunbeam-Qster, Mexico）

② 組織均質機（PRO205 homogenizer, PEO Scientific Inc., Connecticut, USA）

③ 高速冷凍離心機（Hitachi SCR 20B, Tokyo, Japan）

④ 分光光度計（Milton Roy, Spectronic® Genesys™ 5）

Spectrophotometer, Rochester, New York, USA)

(3) 分析步驟

將豬里肌肉排利用均質機絞碎後，秤取 5 g 絞碎之樣品於 50 ml 的離心管中，加入 25 ml 磷酸鹽緩衝溶液 (phosphate buffer, pH 6.8, in 4°C)，以組織均質機均質 20 秒，於 4°C 下靜置 1 小時，取出後以高速冷凍離心機於 4°C 以 5000 rpm 離心 30 分鐘，將離心後樣品之上層液以濾紙 (Whatman No.1) 過濾，取其濾液以分光光度計分別於波長 525 nm、572 nm、700 nm 下測其吸光值 (O.D. value)。

計算公式：

$$\text{Metmyoglobin (\%)} = \{ 1.395 - [(A_{572} - A_{700}) / (A_{525} - A_{700})] \} \times 100$$

5. 微生物測定

(1) 總生菌數 (total plate counts)

依據 CNS(1991) 之方法分析。自各組中隨機取出一包肉排 (約 50 克)，經絞碎後，秤取 10 克樣品於滅菌之無菌袋中，加入 90 毫升含 0.1% peptone (Difco™, Sparks, USA) 之無菌水，以鐵胃於 230 rpm 的速度下均質 1 分鐘後，將樣品進行 10 倍序列稀釋，分別取各稀釋濃度之樣品 1 毫升於不同無菌培養皿中，以傾倒法 (pour plate method) 倒入 12~15 毫升 (約 45~50°C) 的無菌 plate count agar (PCA) (Difco™, Sparks, USA)，均勻搖晃使樣品稀釋液與培養基均勻混合，待凝固後倒置於 37°C 恆溫培養箱中培養 48±2 小時。選取菌落數在 25~250 間之培養皿計數其菌落數，計算後得樣品中之總生菌數 (CFU/g)。

(2) 乳酸菌數 (lactic acid bacterial counts)

依據Lacroix *et al.* (2002) 之方法分析。吸取 1 毫升樣品稀釋液，以傾倒法倒入 12~15 毫升 (約 45~50°C) 的無菌Lactobacilli MRS agar (Difco™, Sparks, USA)。待凝固後倒置於 37°C 恆溫培養箱中培養 48±2 小時。選取菌落數在 25~250 間之培養皿計數其菌落數，計算其菌落數 (CFU/g)。

6. 加熱處理豬里肌肉排

(1) 儀器設備

① 中心溫度測定儀 (Yokogawa, Tokyo, Japan)

(2) 加熱處理方式

① 水煮 (boiling)

將肉排放入沸水中，以中心溫度測定儀測定肉排之中心溫度至 72°C，之後迅速以冰塊冷卻後將肉排表面擦乾，作為烹煮後 CO 殘留量之測定。

7. 肉排中一氧化碳 (CO) 殘留量之測定

依據 Chow *et al.* (1998) 之方法分析。

(1) 藥品

① 硫酸 (sulfuric acid, H₂SO₄): 聯工化學廠股份有限公司，新竹，台灣。

② 正辛醇 (1-octanol): Sigma, Europe.

(2) 試劑之配製

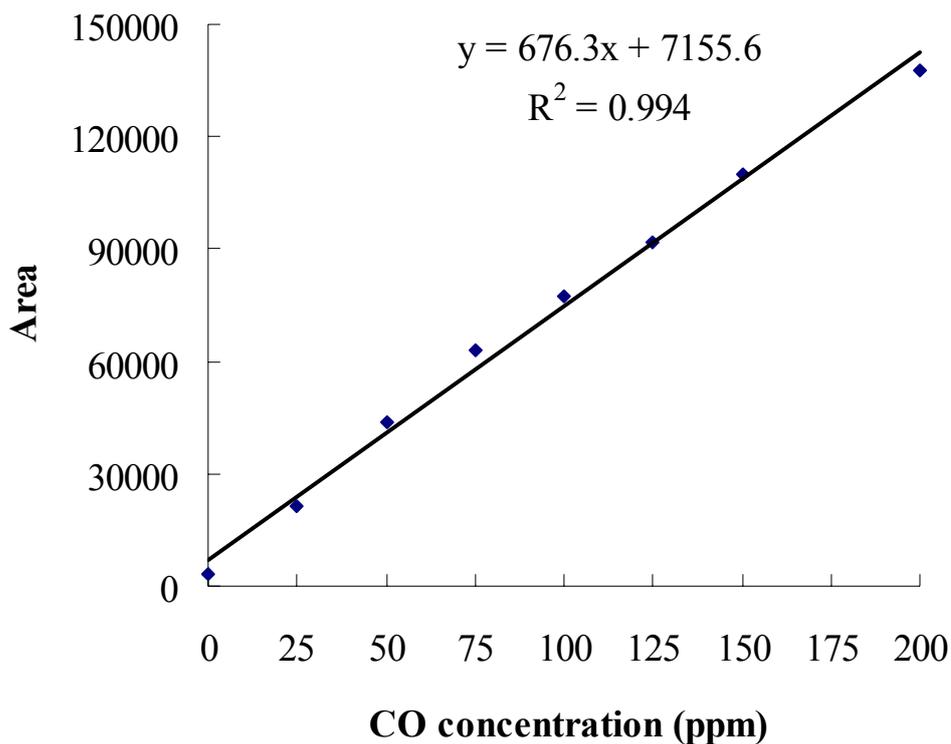
① 20%硫酸溶液：取 20 ml H₂SO₄ 用蒸餾水定量至 100 ml。

(3) 儀器設備

- ① 組織均質機 (PRO205 homogenizer, PEO Scientific Inc., Connecticut, USA)
- ② 高速冷凍離心機 (Hitachi SCR 20B, Tokyo, Japan)
- ③ 60 ml 樣品瓶 (headspace vial; 慶發玻璃儀器商行, 新竹, 台灣)
- ④ 氣相層析儀 (GC; Hitachi G-5000^a Gas Chromatograph, Hitachi, Tokyo, Japan)
- ⑤ 甲烷化裝置 (Methanizer; MT221, Hitachi, Tokyo, Japan)

(4) CO 標準曲線之製作

將純度 99.5% 以上之 CO 氣體於常壓下取出置於 60 ml 樣品瓶中，以中空螺旋蓋附鐵氟龍/矽膠 (Teflon/silicone) 雙層墊片蓋緊備用。另於常壓下同樣取空氣數瓶，將純 CO 氣體利用空氣做不同濃度的稀釋，分別為 0、25、50、75、100、125、150 及 200 ppm，各取 1 ml 打入 GC 並經直線回歸求出 CO 之標準曲線，結果如圖六所示。



圖六、CO 之標準曲線。

Fig.6. Standard curve of CO concentration.

(5) 肉排中 CO 殘留量之定量

秤取 20 g 樣品放入 250 ml 的離心瓶中，加入 2 倍冰蒸餾水，以均質機均質 1 分鐘，再以高速冷凍離心機於 4°C 以 4500 rpm 離心 10 分鐘，將離心後樣品之上層液取 25 ml 放入 60 ml 樣品瓶中，加入 2.5 ml 之蒸餾水及 0.125 ml 之正辛醇，再加入 10 ml 之 20% 硫酸溶液後迅速加蓋，立即振盪 1 分鐘，經靜置 1 小時後取瓶中上部氣體 1 ml 注入 GC，將所得之波峰面積經由 CO 標準曲線以求出肉排中 CO 殘留量。本項之測定均為二重複，以其平均表示。

【GC 之分析條件】

機型：Hitachi G-5000

管柱材料：SUS (3.0 m × 3 mm O.D.)

充填劑：Molecular sieve 13X, 60-80 mesh

攜帶氣體：He

流速：22 ml/min

烘箱溫度：50°C

注入口溫度：150°C

偵測器：FID (Flame ionization detector)

偵測器溫度：150°C

甲烷化溫度：450°C

五、統計分析 (statistical analysis)

本試驗採完全逢機試驗 (completely randomized design; CRD) 之裂區設計 (split plot design)。以不同 CO 處理方式為主區 (main plot)，以貯藏時間為裂區 (sub plot)。測定項目所得之數據利用 statistical analysis system (SAS, 2002) 統計套裝軟體進行分析，以一般線性模式程式 (GLM procedure) 進行不同處理間之差異性及相關性測定，並以最小平方平均值 (least-square mean) 測驗法比較各處理組平均值之間差異顯著性。

肆、結果與討論

結果與討論

第一部份 一氧化碳接觸時間與溫度對豬里肌肉排之探討

本試驗之目的在探討一氧化碳接觸時間（0、30、60、90 及 120 分）與溫度（2 及 25°C）對 PVC（polyvinylchloride）包裝或真空包裝冷藏豬里肌肉排於貯藏期間（0、2、4、6 及 8 天）之 pH 值、紅色度值（a* value）及 TBARS（thiobarbituric acid reactive substances）值之影響。

1. 酸鹼值

在 2°C 及 25°C 下，以不同時間使肉品與 CO 接觸，結果發現 PVC 包裝及真空包裝各組處理之 pH 值皆無顯著差異（ $p > 0.05$ ）。

2. 紅色值

圖七、圖八分別為在 2°C 下，一氧化碳接觸時間對 PVC 包裝及真空包裝豬里肌肉排 a* 值（各貯藏時間之平均值）之影響。結果顯示 CO 處理組之 a* 值顯著高於 0 分鐘組（未經 CO 處理）（ $p < 0.05$ ）而 CO 處理組之間沒有顯著差異（ $p > 0.05$ ），其中以 30 分鐘組之 a* 值稍高於其他三組。

圖九為於 25°C 下，CO 接觸時間對 PVC 包裝豬里肌肉排 a* 值之變化。結果顯示 CO 處理組之 a* 值顯著高於 0 分鐘組（未經 CO 處理）（ $p < 0.05$ ），而 CO 處理組之間沒有顯著差異（ $p > 0.05$ ），其中以 120 分鐘組之 a* 值稍高於其他三組。圖十為於 25°C 下，一氧化碳接觸時間對真空包裝豬里肌肉排 a* 值之影響。結果顯示 CO 處理組之

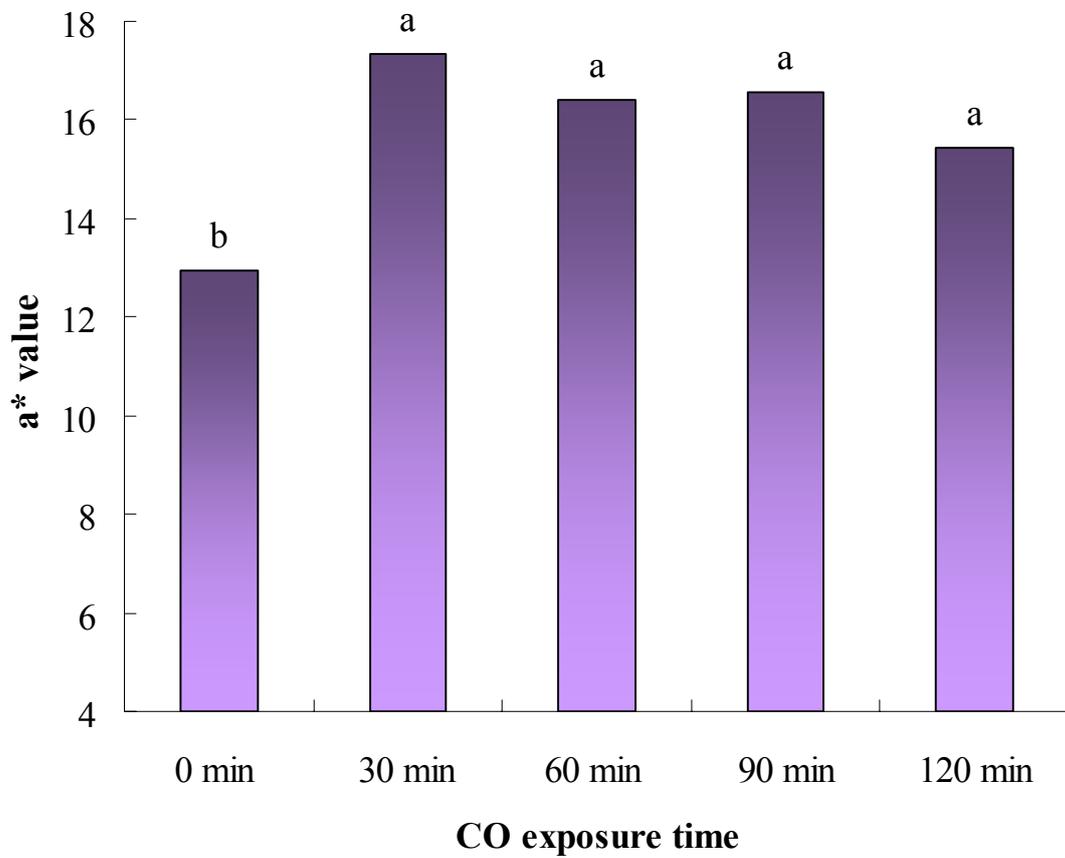
a*值顯著高於 0 分鐘組（未經 CO 處理）（ $p < 0.05$ ），而 CO 處理組之間沒有顯著差異（ $p > 0.05$ ），其中以 30 分鐘組之 a*值稍高於其他三組。

3. 硫巴比妥酸值（TBARS value）

TBARS 值結果如圖十一所示。在 2°C 下 PVC 包裝之肉排其 TBARS 值以 0 分鐘組及 120 分鐘組顯著高於 30 分鐘組、60 分鐘組及 90 分鐘組（ $p < 0.05$ ），則 30 分鐘組及 90 分鐘組顯著較低（ $p < 0.05$ ）。而以真空包裝之豬里肌肉排其 TBARS 值各組之間沒有顯著差異。

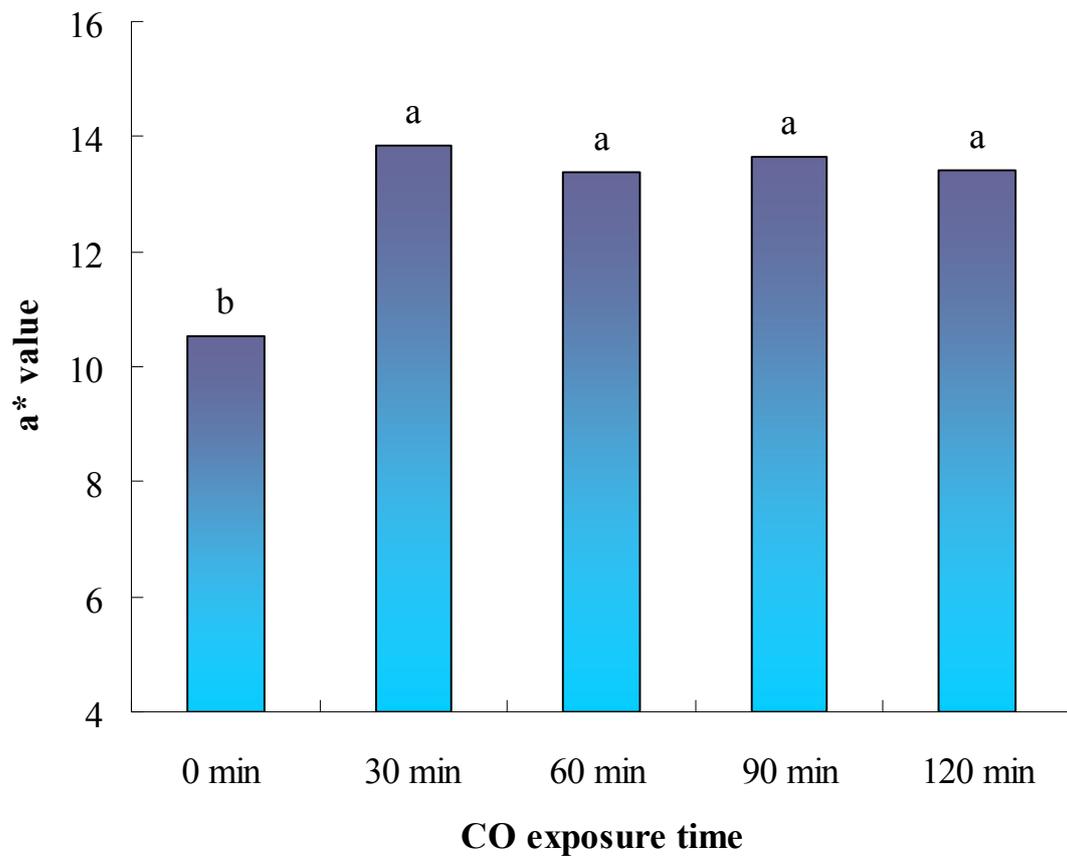
圖十二為於 25°C 下，一氧化碳接觸時間對 PVC 包裝豬里肌肉排 TBARS 值（各貯藏時間之平均值）之影響。一氧化碳接觸時間以 120 分鐘顯著高於其他四組（ $p < 0.05$ ），則 30 分鐘組、60 分鐘組及 90 分鐘組顯著低於 0 分鐘組（ $p < 0.05$ ）。而一氧化碳接觸時間對真空包裝豬里肌肉排之 TBARS 值則無顯著差異（ $p > 0.05$ ）。

綜合上述結果，於 2°C 及 25°C 下，PVC 包裝或真空包裝之肉排與一氧化碳接觸時間為 30 分鐘即可使肉品呈鮮紅色，且對於 PVC 包裝肉排之 TBARS 值，是以一氧化碳接觸時間為 30 分鐘組較 0 分鐘組及 120 分鐘組低。因此，一氧化碳與肉品接觸時間以 30 分鐘來進行爾後的實驗。



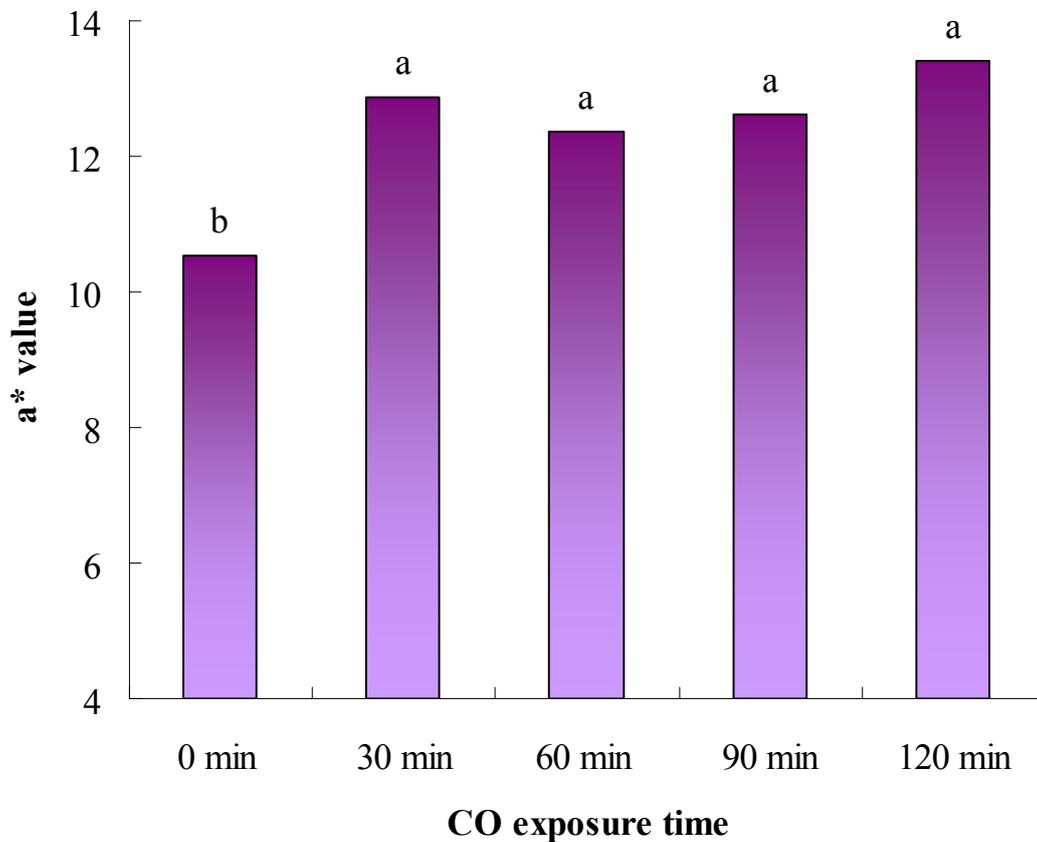
圖七、於 2°C 下，一氧化碳接觸時間對 PVC 包裝豬里肌肉排 a* 值（各貯藏時間之平均值）之影響。^{a-b}不同處理間無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 7. a* value of PVC-packaged pork loin chops pretreated at 2°C for 0-120 min with 100% carbon monoxide. ^{a-b}Bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$) .



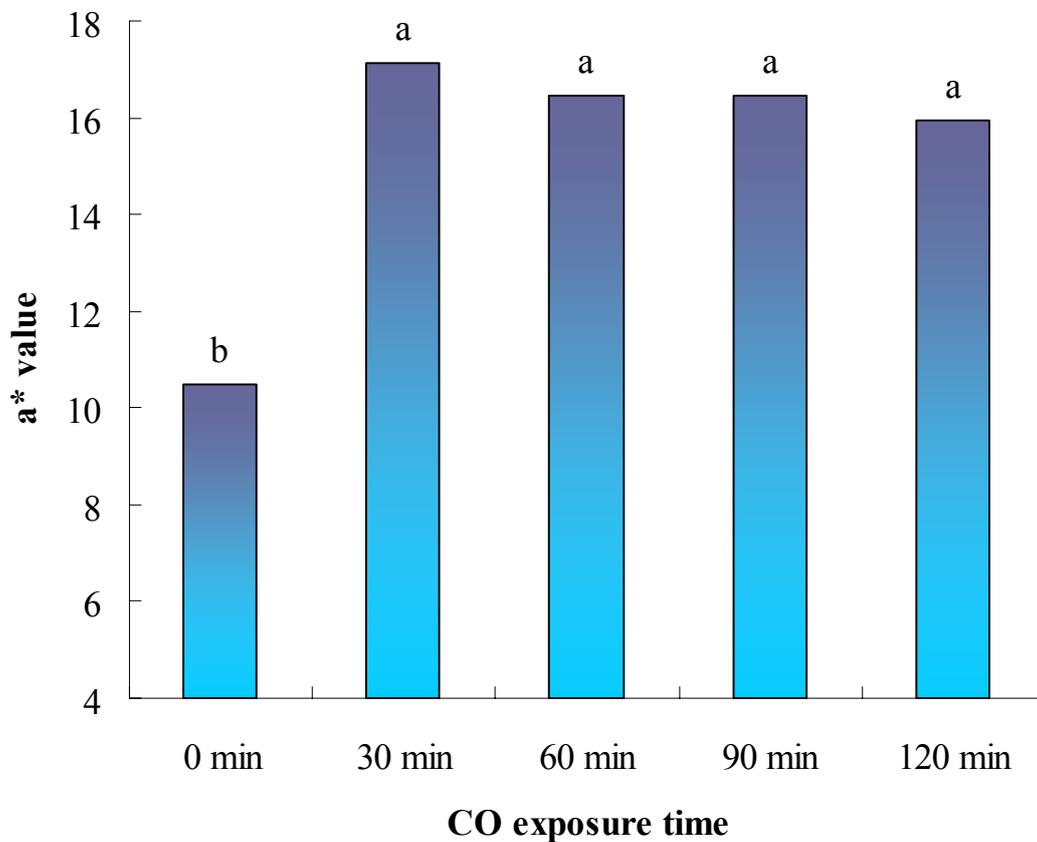
圖八、於 2°C 下，一氧化碳接觸時間對真空包裝豬里肌肉排 a* 值（各貯藏時間之平均值）之影響。^{a-b}不同處理間無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 8. a* value of vacuum-packaged pork loin chops pretreated at 2°C for 0-120 min with 100% carbon monoxide. ^{a-b}Bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$) .



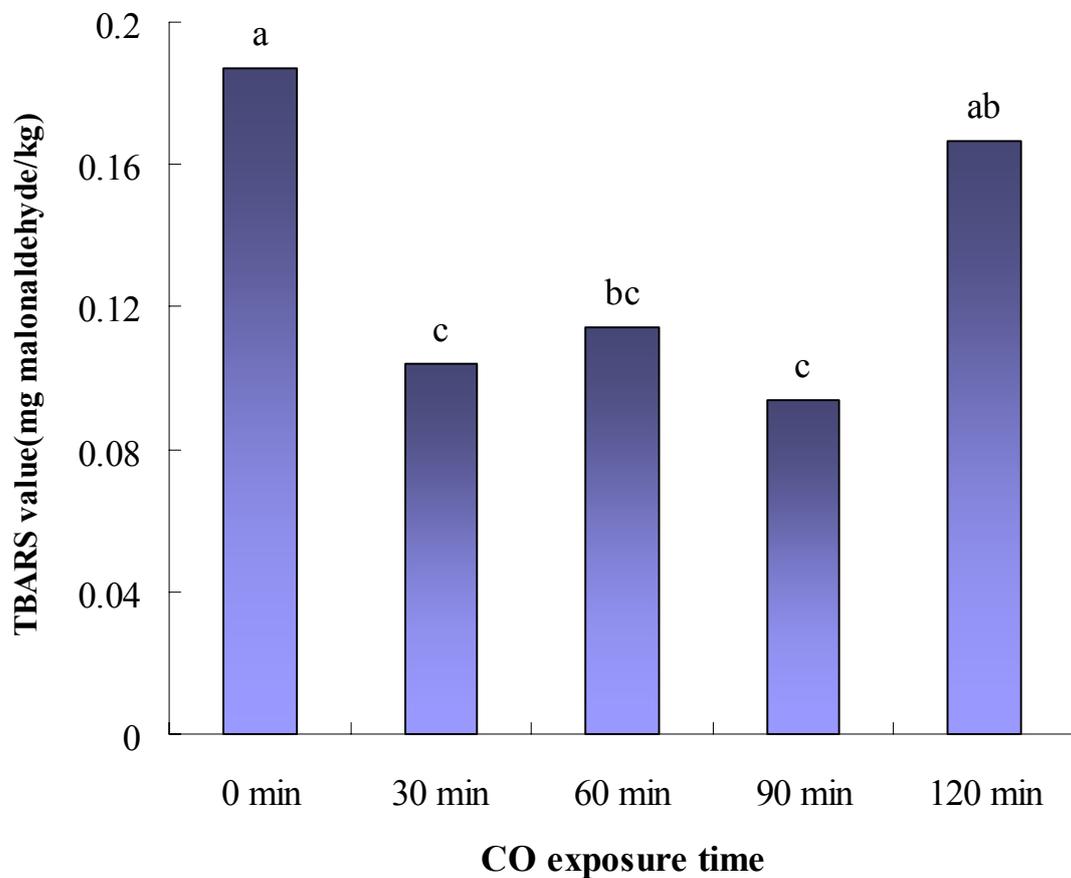
圖九、於 25°C 下，一氧化碳接觸時間對 PVC 包裝豬里肌肉排 a* 值（各貯藏時間之平均值）之影響。^{a-b}不同處理間無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 9. a* value of PVC-packaged pork loin chops pretreated at 25°C for 0-120 min with 100% carbon monoxide. ^{a-b}Bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$) .



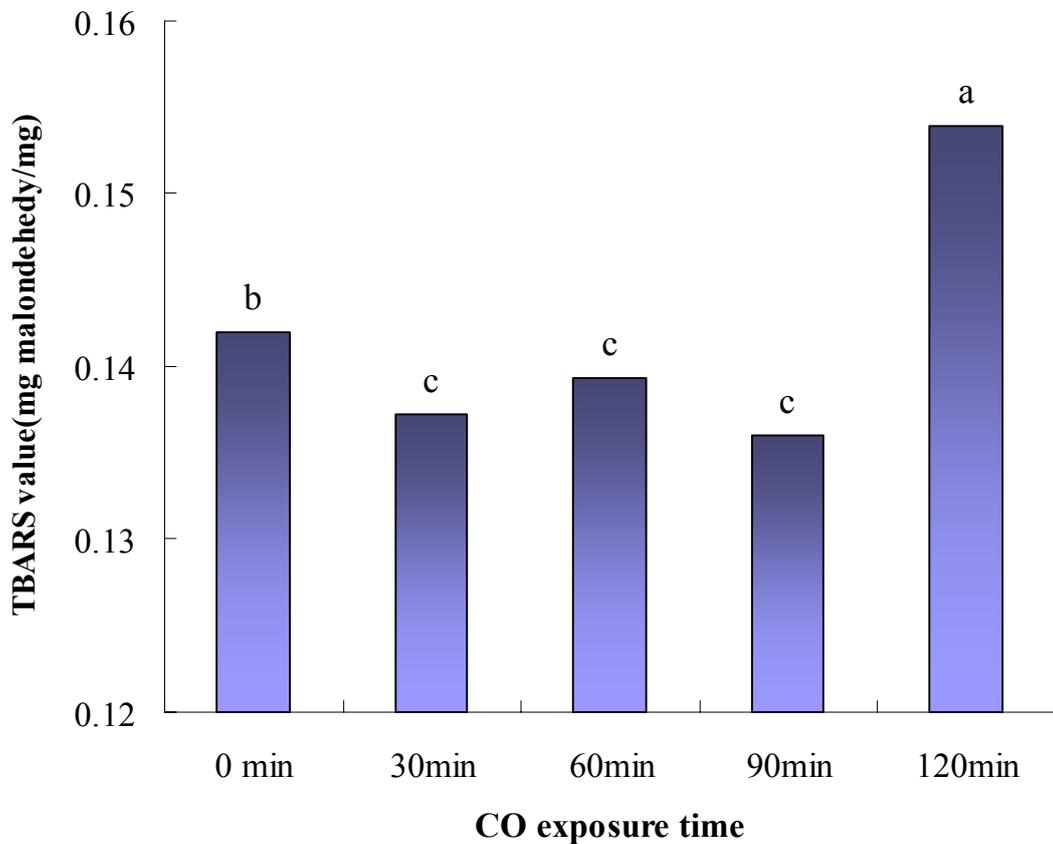
圖十、於 25°C 下，一氧化碳接觸時間對真空包裝豬里肌肉排 a* 值（各貯藏時間之平均值）之影響。^{a-b}不同處理間無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 10. a* value of vacuum-packaged pork loin chops pretreated at 25°C for 0-120 min with 100% carbon monoxide. ^{a-b}Bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$).



圖十一、於 2°C 下，一氧化碳接觸時間對 PVC 包裝豬里肌肉排硫巴比妥酸值（各貯藏時間之平均值）之影響。^{a-c}不同處理間無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 11. TBARS value of PVC-packaged pork loin chops pretreated at 2°C for 0-120 min with 100% carbon monoxide. ^{a-c}Bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$) .



圖十二、於 25°C 下，一氧化碳接觸時間對 PVC 包裝豬里肌肉排硫巴比妥酸值（各貯藏時間之平均值）之影響。^{a-c}不同處理間無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 12. TBARS value of PVC-packaged pork loin chops pretreated at 25°C for 0-120 min with 100% carbon monoxide. ^{a-c}Bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

第二部份 豬里肌肉排預處理一氧化碳後以不同包裝方式貯藏之探討

一、豬里肌肉預先以 100% CO 處理 30 分鐘後，再以 PVC 包裝貯藏

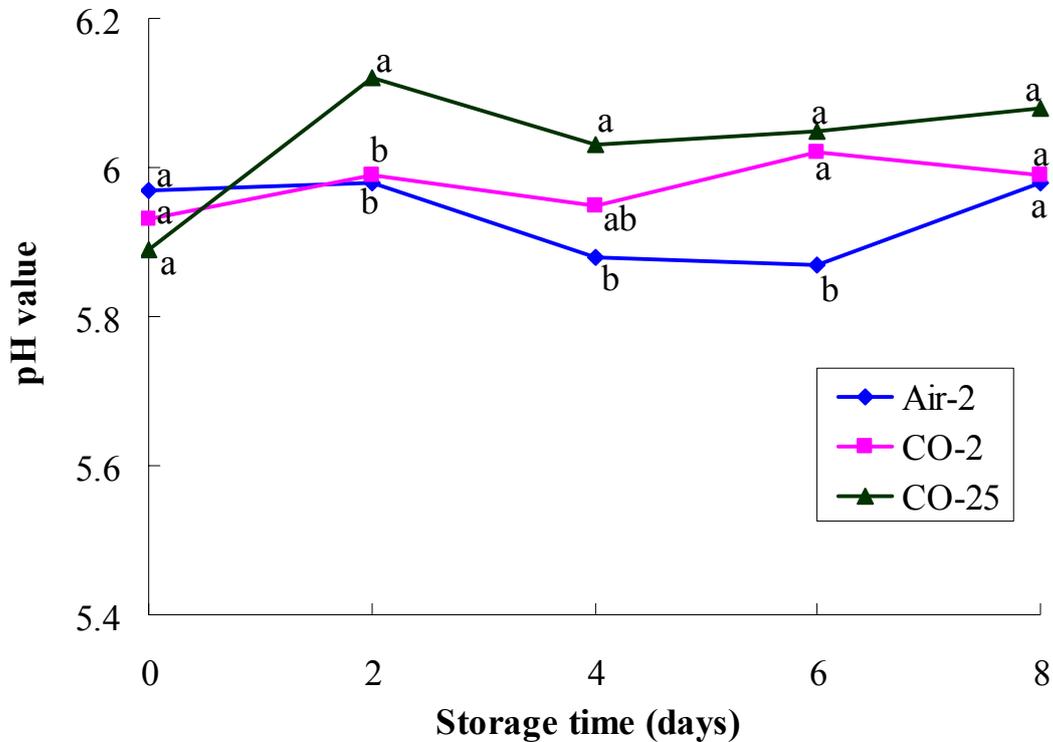
1. 酸鹼值

pH 值是一種簡易測定肉品品質之方法，pH 值的高低與肉中最初之 ATP、肌酸磷酸及肝醣之含量有關 (Judge *et al.*, 1989)。

圖十三為貯藏期間一氧化碳處理方式對於豬里肌肉排 pH 值之影響。肉排的 pH 維持介於 5.87-6.07 之間，一般而言，三組 pH 值於貯藏期間之變化不大。於貯藏第 2 天，pH 值略微上升，以 CO-25 組之 pH 值顯著高於 Air-2 組及 CO-2 組 ($p < 0.05$)。於第 4 及 6 天，CO-25 組之 pH 值仍高於 Air-2 組 ($p < 0.05$)，推測 CO-25 組預先以 CO 處理時，在 25°C 下維持 30 分鐘的過程中，肉中微生物可能已經開始生長而使 pH 值較高。Banwart (1979) 指出，肉品中所含微生物愈多，其所含蛋白質或胺基酸愈容易被分解，而產生氨 (ammonia) 及胺 (amine) 而造成 pH 值上升。

2. 硫巴比妥酸值 (TBARS value) 測定

TBARS 值 (thiobarbituric acid-reactive substance value) 為脂質氧化酸敗程度的指標，主要測定油脂中三個以上雙鍵不飽和脂肪酸所形成之二級氧化產物丙二醛 (malonaldehyde; MDA) 的量。丙二醛與硫巴比妥酸試劑 (TBA reagent) 中的硫巴比妥酸 (2-thiobarbituric acid) 反應作用會產生紅色物質，以分光光度計在波長 532 nm 測定



圖十三、於 2 °C，貯藏期間一氧化碳處理方式¹對PVC包裝豬里肌肉排pH值之影響。^{a-b}相同貯藏期間不同處理無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 13. Effect of carbon monoxide pretreatment on pH value of PVC packaged pork loin chops during storage at 2°C. ^{a-b}Means within a storage period having different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹Air-2 : air in a MAP at 2°C for 30 min, then PVC packaged.

CO-2 : 100%CO in a MAP at 2°C for 30 min, the PVC packaged.

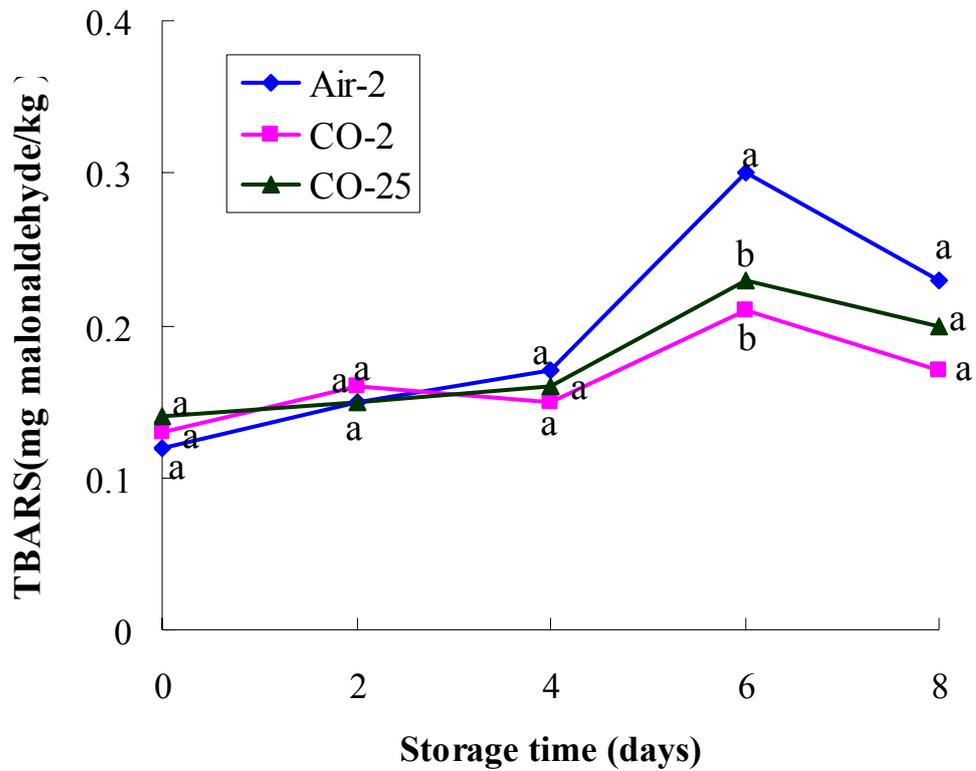
CO-25 : 100%CO in a MAP at 25°C for 30 min, the PVC packaged.

吸光值。氧化酸敗情形愈嚴重，產生的丙二醛則愈多，而吸光值就會愈高。

圖十四為貯藏期間一氧化碳處理方式對於豬里肌肉排 TBARS 值之影響。於第 0、2 及 4 天，三組之 TBARS 值沒有顯著差異($p>0.05$)，唯有第 6 天，Air-2 組之 TBARS 值顯著高於其他二組 ($p<0.05$)，而 Air-2 組於第 6 天顯著較高之原因，可能是採樣偏差所致，推測所取之樣品可能脂肪含量較高。於第 8 天，三組 TBARS 值有下降，但之間差異並不顯著，可能是貯存之丙二醛 (malonaldehyde) 及其他短鏈含碳化合物不安定，被進一步氧化成有機酸與有機醇，而無法與 TBA 試劑結合之故 (Gokalp *et al.*, 1987)。一般而言，三組之 TBARS 值隨者貯藏時間增加而稍有增加之趨勢，除了第 8 天外。Besser and Kramer (1972) 指出 CO 具有抗氧化活性，證實 CO 為酵素去活性劑。Silliker *et al.* (1977) 也證實出 CO 對於脂肪的抗氧化作用。不過在本試驗中，CO 處理組之 TBARS 值並沒有降低，顯示 CO 並沒有抗氧化作用，或許這是 CO 含量不同所致。

3. 變性肌紅蛋白百分比

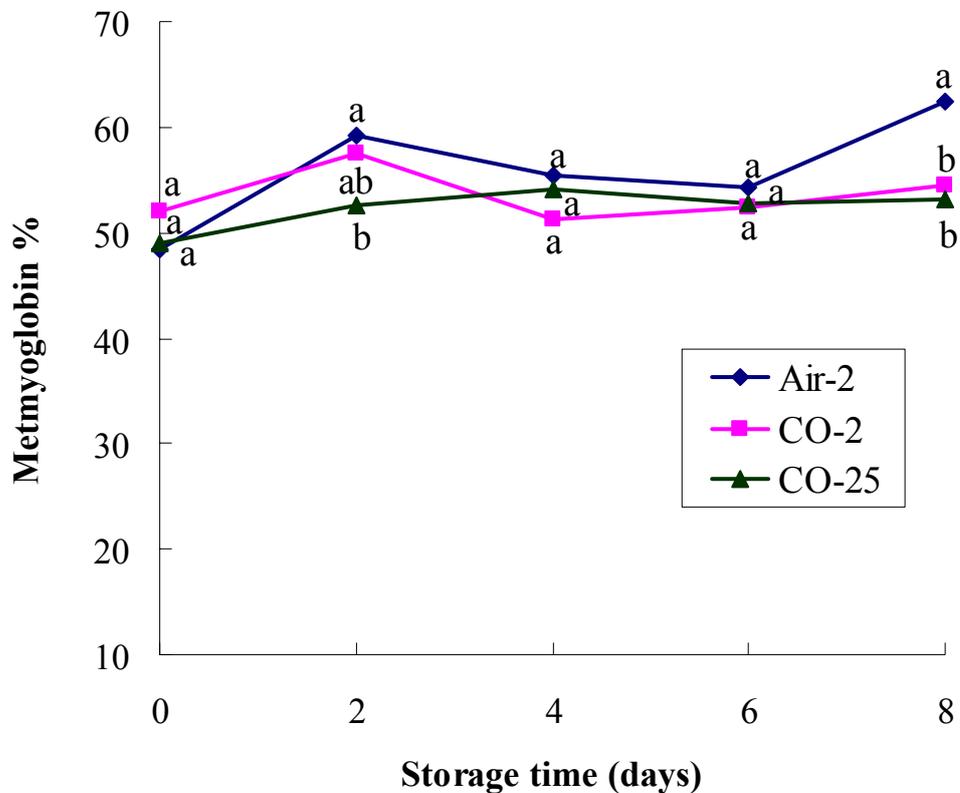
肉品之肌紅蛋白以三種形式存在，如去氧合肌紅蛋白 (deoxymyoglobin, deoxyMb)、氧合肌紅蛋白及變性肌紅蛋白，三者比例不同會反應出不同肉品顏色。變性肌紅蛋白百分比可為評估肉品中色素氧化程度的指標 (Faustman and Cassens, 1990; Govindarajan, 1973)。Ledward (1992) 指出變性肌紅蛋白的產生是肌紅蛋白 (Fe^{+2}) 中二價鐵離子被氧化形成三價鐵離子，而形成暗褐色的變性肌紅蛋白 (Fe^{+3})。



圖十四、於 2°C，貯藏期間一氧化碳處理方式¹對PVC包裝豬里肌肉排TBARS值之影響。^{a-b}相同貯藏期間不同處理無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 14. Effect of carbon monoxide pretreatment on TBARS value of PVC packaged pork loin chops during storage at 2°C. ^{a-b}Means within a storage period having different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹The same as Fig.13.



圖十五、於 2°C，貯藏期間一氧化碳處理方式¹對PVC包裝豬里肌肉排於變性肌紅蛋白百分比之影響。^{a-b}相同貯藏期間不同處理無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 15. Effect of carbon monoxide pretreatment on metmyoglobin% of PVC packaged pork loin chops during storage at 2°C. ^{a-b}Means within a storage period having different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹The same as Fig.13.

圖十五為貯藏期間一氧化碳處理方式對豬里肌肉排於變性肌紅蛋白百分比 (MetMb%) 之影響。一般而言，於各貯藏時間，三組之變性肌紅蛋白百分比沒有顯著差異 ($p > 0.05$)，但 Air-2 組之變性肌紅蛋白百分比稍高於其他二組 (CO-2 組及 CO-25 組)，推測由於 CO 與肌紅蛋白的鍵結力較強，形成穩定的鮮紅色 MbCO，一旦形成之後則不易氧化成褐色之變性肌紅蛋白 (metmyoglobin)。貯藏時間愈長，三組之變性肌紅蛋白百分比稍有增加之趨勢，但不顯著。Phillips *et al.* (2001) 發現生鮮牛肉餅貯藏時間愈長，會使氧合肌紅蛋白受到氧化壓力 (oxidative stress) 而轉變為變性肌紅蛋白，而當去氧合肌紅蛋白和變性肌紅蛋白較氧合肌紅蛋白佔優勢時，易使肉餅呈褐色 (Hunt *et al.*, 1999)。

4. 色澤

肉品之色澤對商品價值影響極大，因為一般消費者判定肉質好壞時仍以肉品表面色澤作為依據。本試驗以色差計測定之，L*值表示明亮度，其值越大表示越明亮，越小則越灰暗；a*值表示紅色度，正值越大表示越紅，越小則越綠；b*值表示黃色度，正值越大表示越黃，負值越大則越藍。

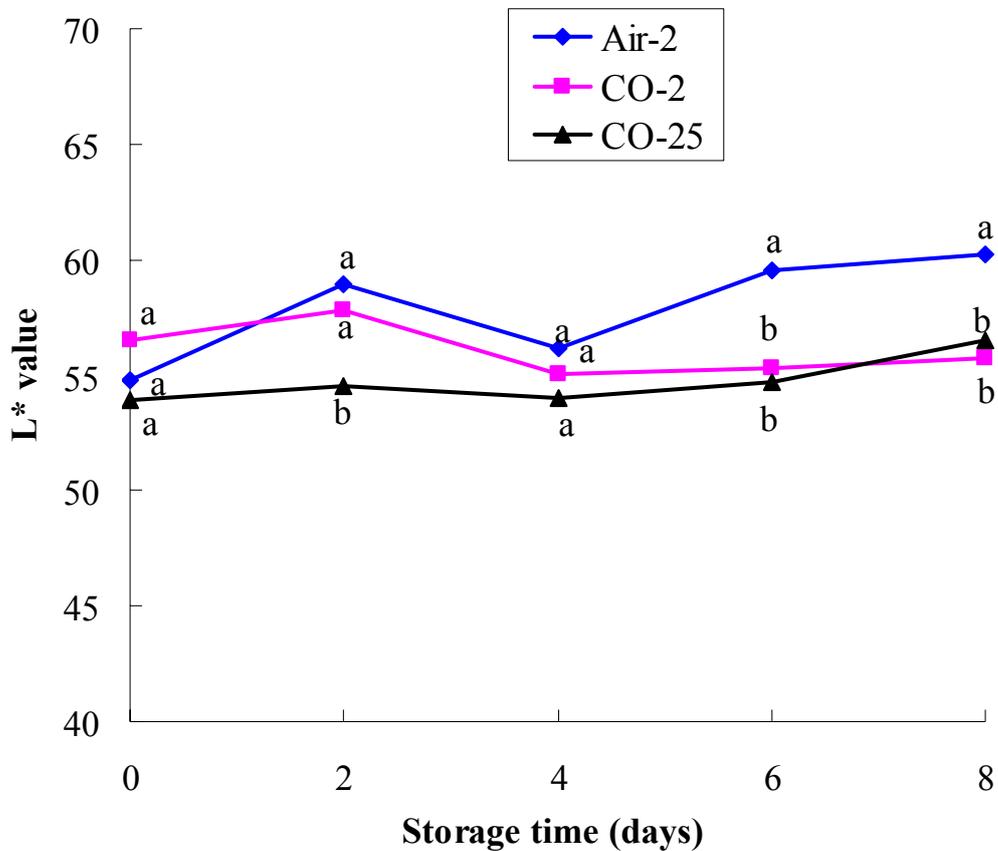
(1) 明亮度

圖十六為貯藏期間一氧化碳處理方式對豬里肌肉排明亮度 (L* value) 之影響。一般而言，Air-2 組之 L*值於貯藏階段高於 CO-2 組及 CO-25 組，尤其於第 6 及第 8 天，Air-2 組之 L*值顯著高於其他二組 ($p < 0.05$)，而 CO-2 組與 CO-25 組之 L*值則無顯著差異 ($p > 0.05$)。於貯藏期間，三組之 L*值沒有太大變化。Richardson (2003)

曾指出CO與肌紅蛋白的高親和力會使變性肌紅蛋白減少產生及降低脂質氧化，而CO含量愈多此情況愈明顯(Luño *et al.*, 2000)。Lindhal *et al.* (2001)指出變性肌紅蛋白含量愈低則L*值較低。本試驗發現CO-2組及CO-25組之變性肌紅蛋白百分較低，而L*值也較低。

(2) 紅色度

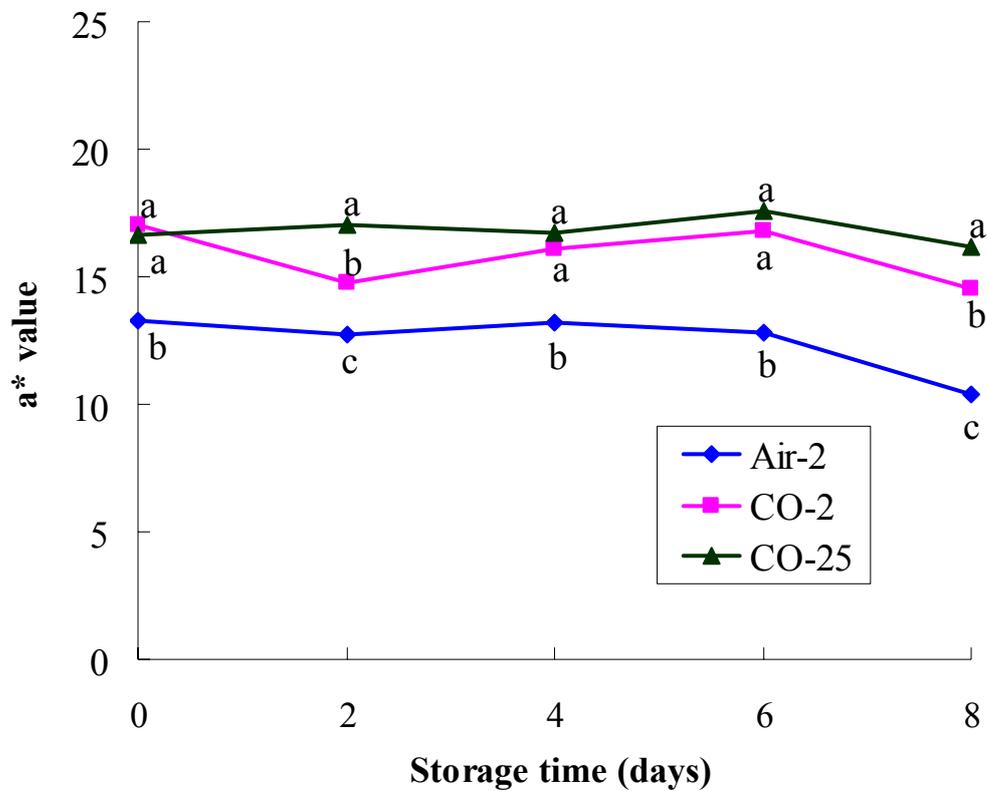
圖十七為貯藏期間一氧化碳處理方式對豬里肌肉排紅色度(a*值)之影響。本試驗主要測定豬里肌肉排表面之顏色，而內部顏色沒有測定。事實上，CO氣體可以滲透至里肌肉之內部。於第0天，CO-2組及CO-25組之a*值顯著高於Air-2組($p < 0.05$)。貯藏至第2天時，CO-25組之a*值顯著高於控制組及CO-2組($p < 0.05$)，而CO-2組之a*值也顯著高於Air-2組($p < 0.05$)。於第4、6及8天，Air-2組之a*值仍低於CO處理組($p < 0.05$)，這表示CO處理可促使肉品顏色保持鮮紅色。周等(1998)以CO氣體處理魚肉後移出，再以PE包裝1週，結果發現CO處理組之a*值顯著高於控制組。於貯藏期間，三組之a*值皆有下降趨勢，以Air-2組之a*值下降最為顯著，推測為貯藏時間愈久，Air-2組之肌紅蛋白中原血紅素蛋白中 Fe^{+2} 會氧化成 Fe^{+3} 之變性肌紅蛋白，肉顏色由紅色轉變為褐色，導致a*值下降。除了肌紅蛋白本身之氧化外，脂質的氧化亦會伴隨著變性肌紅蛋白之形成，因為脂肪氧化所產生的自由基之中間產物會破壞heme蛋白及變性肌紅蛋白還原酶活性(Metmyoglobin reductase activity; MRA)，因此a*值會下降(Lin *et al.*, 1977)。而CO-2組及CO-25組之a*值經貯藏期間變化不大，推測由於CO與肌紅蛋白結合其結構較為穩定，CO可能具有保護作用，使 Fe^{+2} 離子不易被氧化成 Fe^{+3} 離子，所以a*值不易改變。



圖十六、於 2°C，貯藏期間一氧化碳處理方式¹對PVC包裝豬里肌肉排於明亮度 (L* value) 之影響。^{a-b}相同貯藏期間不同處理無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 16. Effect of carbon monoxide pretreatment on L* value of PVC packaged pork loin chops during storage at 2°C. ^{a-b}Means within a storage period having different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹The same as Fig.13.



圖十七、於 2°C，貯藏期間一氧化碳處理方式¹對PVC包裝豬里肌肉排a*值之影響。^{a-c}相同貯藏期間不同處理無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 17. Effect of carbon monoxide pretreatment on a* value of PVC packaged pork loin chops during storage at 2°C. ^{a-c}Means within a storage period having different letters are significantly different ($p < 0.05$).

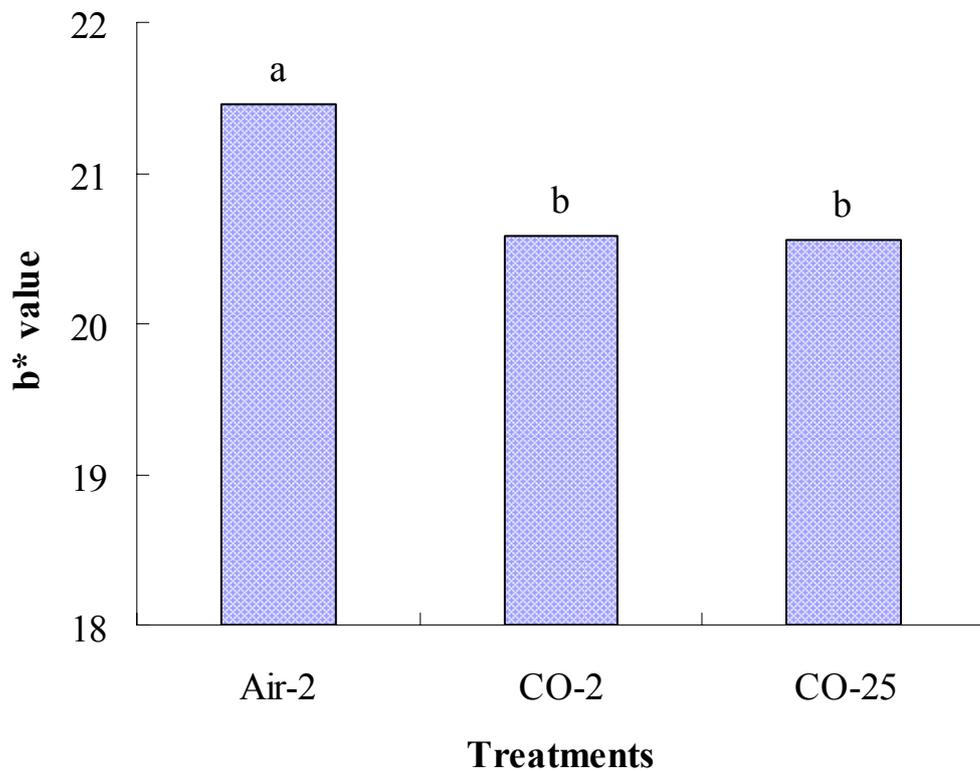
¹The same as Fig.13.

Chow *et al.* (1998) 指出 CO 與肌紅蛋白有強的鍵結力，可以形成 CO 型肌紅蛋白，此為安定的鮮紅色，而且 CO 型肌紅蛋白較與空氣接觸後所產生的紅色氧合型肌紅蛋白更穩定，因此隨著貯藏時間增加而仍然維持紅色度。Sørheim *et al.* (1999) 亦將豬肉排以 0.4% CO 之混合氣體包裝，可以維持紅色值達到 21 天。然而，也有研究指出將牛肉以 CO 預處理後再以可透氧性膜包裝貯藏，結果不會維持紅色值的穩定性 (Clark *et al.*, 1976)，而周等 (1998) 亦指出以 CO 氣體處理魚肉後移出，以 PE 包裝膜包裝貯藏一週，發現魚肉之紅色值會逐漸減退。

(3) 黃色度

圖十八表示一氧化碳處理方式對於豬里肌肉排 b^* 值 (各貯藏時間之平均值) 之影響。結果顯示 Air-2 組之 b^* 值顯著高於其他兩組 ($p < 0.05$)，而 CO-2 組及 CO-25 組之 b^* 值則無顯著差異 ($p < 0.05$)，推測一氧化碳可與肌紅蛋白強烈結合，使 Fe^{+2} 不易氧化成 Fe^{+3} ，而 Air-2 組較容易形成褐色之變性肌紅蛋白，因此造成肉品的黃色度增加。Krause *et al.* (2003) 研究以可透氧膜包裝、真空包裝及 0.4%CO 調氣包裝之三種方式包裝豬肉，發現可透氧膜包裝之 b^* 值顯著高於真空包裝及 0.4%CO 調氣包裝，而真空包裝及 0.4%CO 調氣包裝之 b^* 值沒有顯著差異，亦指出此研究中肉品之 b^* 值與 L^* 值及 a^* 值沒有相關性。

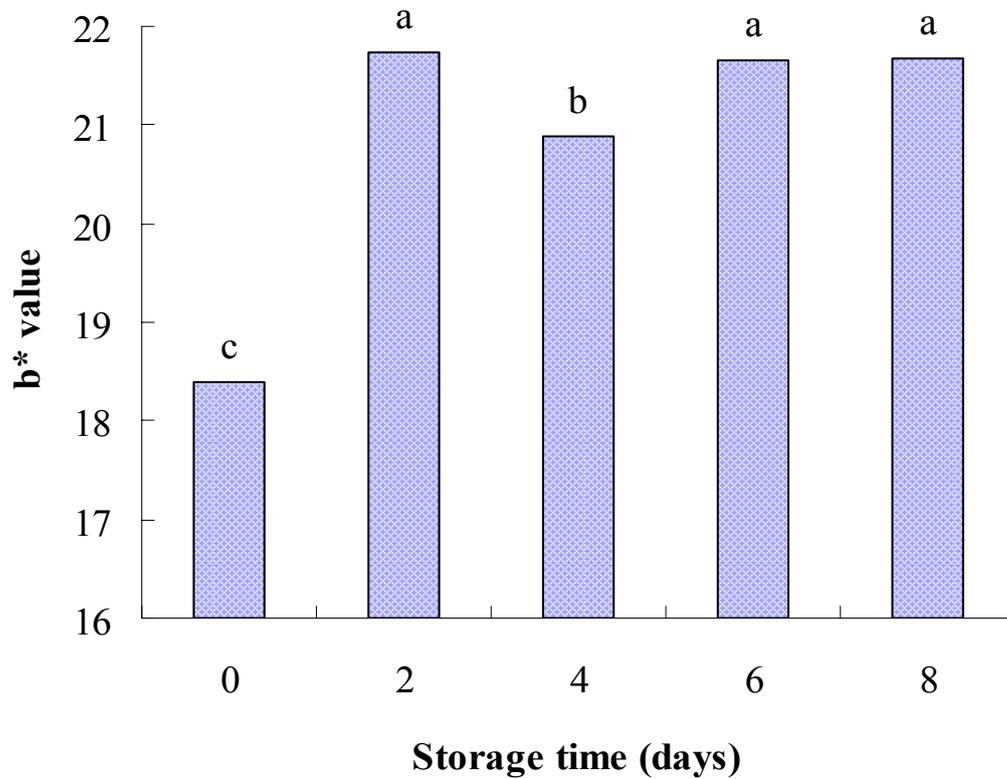
圖十九為貯藏時間 (各處理組之平均值) 對於豬里肌肉排黃色度 (b^* 值) 之影響。於各貯藏階段 (2、4、6 及 8 天)，肉品之 b^* 值皆顯著高於第 0 天肉品之 b^* 值 ($p < 0.05$)，不過於貯藏期間， b^* 值並無顯著差異 ($p > 0.05$)，第 4 天除外。



圖十八、一氧化碳處理方式¹對PVC包裝豬里肌肉排b*值（各貯藏時間之平均值）之影響。^{a-b}不同處理間無相同字母表示有顯著差異（ $p < 0.05$ ）。

Fig. 18. Effect of carbon monoxide pretreatment on b* value of PVC packaged pork loin chops. ^{a-b}Bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹The same as Fig.13.



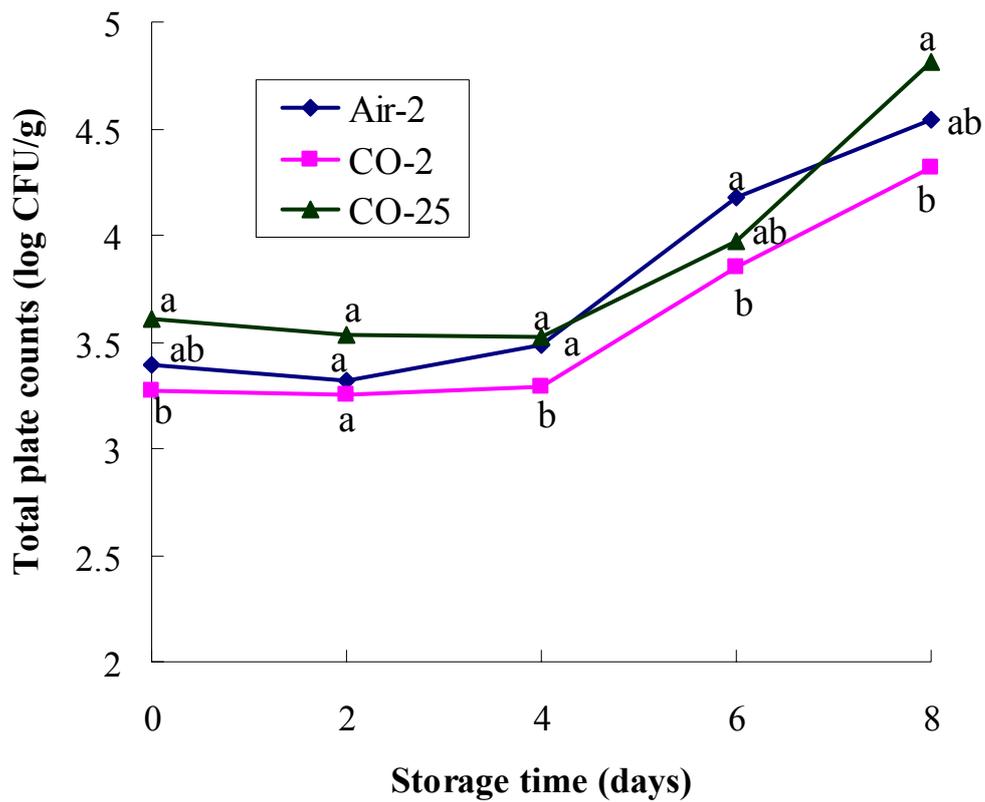
圖十九、於 2°C，貯藏時間（各處理組之平均值）對PVC包裝豬里肌肉排b*值之影響。^{a-c}不同貯藏時間之間無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 19. Effect of storage time on b* value of PVC packaged pork loin chops at 2°C. ^{a-c}Bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

5. 總生菌數

圖二十為貯藏期間一氧化碳處理方式對豬里肌肉排總生菌數之影響。貯藏期間，第 2 天除外，於第 0、4、6 及 8 天，Air-2 組之總生菌數顯著高於 CO-2 組 ($p < 0.05$)，這表示 CO 似乎有抑菌的功能，因為 Air-2 組與 CO-2 組之最大不同處，即是充空氣 (Air) 與 CO 氣體，如果不是 CO 有抑菌功能，則是 CO 氣體所含菌數較空氣少，導致 Air-2 組之總生菌數較 CO-2 組高。有文獻指出 CO 具有抑菌效果 (Clark *et al.*, 1976; Luño *et al.*, 2000; Viana *et al.*, 2005)，因此，CO 處理組是以 CO-2 組對於肉排的抑菌效果為較佳。而 CO-2 組與 CO-25 組之總生菌數一般而言沒有顯著差異 ($p > 0.05$)，但 CO-25 組之菌數仍稍高於 CO-2 組，這可能是在實驗步驟中，CO-25 組之肉排在 25 °C 下以 CO 預處理維持 30 分鐘後再進行包裝，微生物較易生長，而 CO-2 組是置於低溫 (2°C) 下與 CO 反應，低溫則可以延緩微生物之生長。

於 8 天的貯藏期間，各處理組之總生菌數皆隨貯藏時間的增加而上升。當貯藏至第 8 天，三組處理組之總生菌數在 10^4 - 10^5 CFU/g 之間，這應是低溫 (2°C) 下貯藏肉排，微生物生長較慢所致。因此，以 PVC 包裝肉品貯藏於 2°C 可以保持 8 天以上。劉與郭 (1997) 研究發現雞胸肉以 PE 包裝貯藏於低溫 (0°C) 下，可以使肉品之貯藏期限達至 9 天，與本實驗有相似之結果。而根據 Dainty *et al.* (1983) 指出，瘦肉之不良風味產生的原因主要是在有氧情況下 (如 PE 包裝)，菌數達到 10^7 CFU/g 所造成。



圖二十、於 2°C，貯藏期間一氧化碳處理方式¹對PVC包裝豬里肌肉排總生菌數之影響。^{a-b}相同貯藏期間不同處理無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 20. Effect of carbon monoxide pretreatment on total plate counts of PVC packaged pork loin chops during storage at 2°C. ^{a-b}Means within a storage period having different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹The same as Fig.13.

6. 肉排中一氧化碳殘留量

表四為貯藏期間一氧化碳處理方式對烹煮前後豬里肌肉排一氧化碳殘留量之變化。烹煮前，CO-2 組及 CO-25 組之 CO 殘留量隨著貯藏時間增加而下降。於第 0 天時，CO-2 組之肉中 CO 含量為 158.35 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，CO-25 組之肉中 CO 含量為 314.69 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，以 CO-2 組之肉中 CO 含量為最低，推測當肉排與 CO 接觸時反應的溫度較低，會造成肉中肌紅蛋白與 CO 結合的反應速率降低，因此，CO-2 組之肉中 CO 含量較少；相對於 CO-25 組，其反應溫度較高會使肌紅蛋白與 CO 結合的反應速率增加，而使肉中 CO 含量較高。在 2°C 下貯藏 2 天，兩組 CO 處理組之肉中 CO 殘留量即迅速下降，CO-2 組之 CO 殘留量為 70.63 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，下降至原來的 44.95%，CO-25 組之 CO 殘留量為 140.90 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，下降至原來的 44.77%；貯藏 6 天，兩組 CO 處理組之肉中 CO 殘留量分別為 26.17 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 及 69.48 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ；經過 8 天的貯藏，CO-2 組之 CO 殘留量僅剩 17.90 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，而 CO-25 組之 CO 殘留量剩為 39.29 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。此結果顯示滲透進入肉排之 CO，在肉排外圍沒有 CO 氣體的狀態下會再度擴散出來，因此肉排之 CO 殘留量會在冷藏時逐漸減少。然而，由 a^* 值結果（圖九）得知，貯藏至 8 天之肉排外部的色澤仍呈鮮紅色，顯示肉排並未因 CO 濃度減少而發生明顯褐變現象。這表示 CO 殘留量隨貯藏時間增加而減少，但肉品外表的 CO 依然存在，可與肌紅蛋白結合而呈鮮紅色，除非肉品表面之 CO 也揮發擴散，否則肉品外表之鮮紅色仍可維持。

Watts *et al.* (1978) 曾指出以 1% CO 在 5°C 下處理碎牛肉 3 天，然後移除 CO 以氣密包裝，其肉中之 MbCO 濃度在同樣溫度下貯藏 3 天時會減少二分之一。Gee and Brown (1978) 曾報導牛肉中的 MbCO 在正常氣壓下貯藏的半衰期為 2.1 天。Ishiwata *et al.* (1996) 也發現鮪肉與吳郭魚肉均質液之 CO 濃度皆有隨放置時間延長而降低

的現象；顯示出 CO 雖與肌紅蛋白有強的結合能力，但仍會在貯藏中擴散出來。

經過加熱烹煮後，CO-2 組及 CO-25 組之肉排經過加熱（中心溫度至 72°C）後，肉中 CO 殘留量隨著貯藏時間增加而下降。肉品烹調之前，CO-2 組之 CO 含量為 158.35 µg/kg，而 CO-25 組之 CO 含量為 314.69 µg/kg，經烹煮後於第 0 天，CO-2 組之肉中 CO 殘留量為 60.19 µg/kg，降低至未烹煮之肉排的 38.01%，CO-25 組之肉中 CO 殘留量為 231.68 µg/kg，降低至未烹煮之肉排的 73.62%，如所預期烹調處理會使肉品所含 CO 殘留量降低。貯藏至 8 天，烹煮後之 CO-2 組其肉中 CO 殘留量只剩 8.34 µg/kg，CO-25 組之肉中 CO 殘留量剩為 12.59 µg/kg，兩組 CO 處理組之肉中 CO 殘留量皆為極低，推測經由加熱處理肉排，會造成肌紅蛋白變性而使部分 CO 型肌紅蛋白分裂，並將 CO 釋放出來，當加熱溫度高於 70°C，肉中大部份肌紅蛋白已經變性（Chow and Chu, 2004），因此烹煮後會使肉中 CO 殘留量減少。然而發現貯藏至 8 天，肉中 CO 殘留量仍然具有少量並沒有完全消失，推測為即使經由加熱會使肌紅蛋白變性，由於 CO 與肌紅蛋白有強的結合力，而使 MbCO 不能完全的分裂所致。Chow and Chu（2004）也曾研究指出將鮪肉以不同溫度加熱後，魚肉中 CO 殘留量明顯的減少。

我國衛生署目前仍禁止加工業者使用 CO 氣體來處理肉品，然而，在 2006 年 9 月公告「魚肉中一氧化碳之檢測方法」，此用來測定生鮮魚肉中 CO 之含量，但是國內對於肉中 CO 殘留量沒有規定量的標準。於 2002 年美國食品藥物管理署（FDA）同意使用含有 0.4% CO 於調氣包裝，此包裝使肉品含有最大 CO 含量為 4850 µg/kg。本實驗中所測得肉品烹煮前後之 CO 殘留量皆低於此 CO 含量，因此本實驗所使用之 CO 包裝處理肉品，不會造成安全上的疑慮。

日本厚生省 (Ministry of Health and Welfare) 在 1995 年規定出魚肉中 CO 殘留量若超過 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，則認為魚肉可能曾經以 CO 氣體處理。將本試驗與日本魚肉中 CO 規定含量作比較，若以 CO-2 組為例，未烹煮 (158.35 $\mu\text{g}/\text{kg}$) 及烹煮後 (60.19 $\mu\text{g}/\text{kg}$) 之 CO 殘留量皆低於 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，因此，CO-2 組在經過 CO 處理後，其紅色度高且肉中 CO 殘留量仍低於日本所規定之標準。

表四、貯藏期間一氧化碳處理方式¹對烹煮前後PVC包裝豬里肌肉
排一氧化碳殘留量之變化

Table 4. The CO residue changes in the PVC packaging pork loin chops
pre-treated with carbon monoxide after cooking

Days	CO residue in meat (µg/kg)			
	Before cooking		After cooking ²	
	CO-2	CO-25	CO-2	CO-25
0	158.35±9.54 ^b (100%) ³	314.69±7.99 ^a (100%)	60.19±9.05 ^d (38.01%) ⁴	231.68±8.99 ^c (73.62%)
2	70.63±2.87 ^b (44.95%)	140.90±1.85 ^a (44.77%)	42.20±4.41 ^d (59.75%)	83.68±2.84 ^c (59.39%)
4	45.03±4.01 ^b (28.43%)	98.61±4.39 ^a (31.34%)	27.37±6.22 ^d (60.78%)	45.46±3.15 ^c (46.10%)
6	26.17±2.92 ^b (16.53%)	69.48±2.85 ^a (22.08%)	16.66±5.77 ^d (63.66%)	29.19±3.06 ^c (42.01%)
8	17.90±1.54 ^b (11.30%)	39.29±2.12 ^a (12.49%)	8.34±2.68 ^d (46.59%)	12.59±2.76 ^c (32.04%)

^{a-b}Means in the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^{c-d}Means in the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

Each value is the mean ± standard deviation.

¹The same as Fig.13.

²Meat sample were cooked to internal temperature of 72°C.

³CO residue in percentage during storage before cooking.

⁴CO residue in percentage during cooking after cooking.

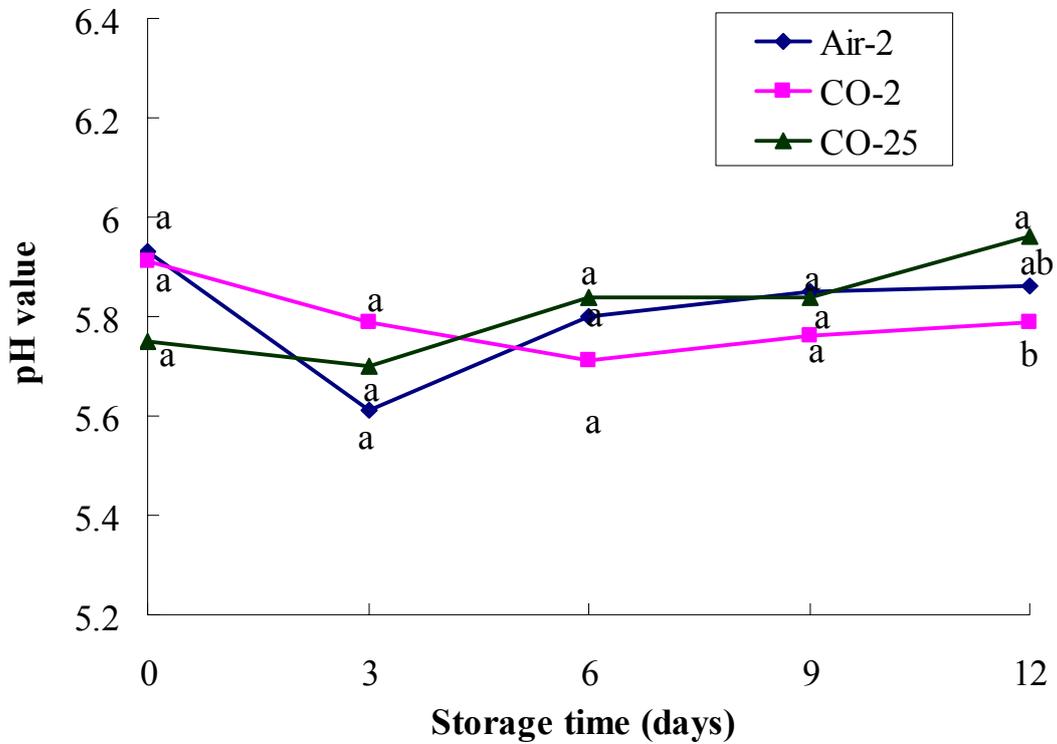
二、豬里肌肉預先以 100% CO 處理 30 分鐘後，再以真空包裝貯藏

1. 酸鹼值

圖二十一為貯藏期間一氧化碳處理方式對豬里肌肉排 pH 值之影響。一般而言，貯藏各階段各處理組之 pH 值沒有顯著差異 ($p > 0.05$)。於第 3 天，三個處理組之 pH 值皆下降，推測為肉品中乳酸菌大量生長而產生大量乳酸，而使 pH 值降低所導致。由於真空包裝為缺氧的環境，可以減緩好氧性微生物之增殖，如使 *Pseudomonas* 菌屬逐漸為 *Lactobacillus*, *Brochothrix*, *Thermophilic bacterial* 及 *Enterobacteriaceae* 所取代而造成降低 pH 值之現象 (Pierson *et al.*, 1970)。另外，林與郭 (1993) 亦指出真空包裝中式香腸之優勢菌群為乳酸菌，故真空包裝可以促進乳酸菌等厭氧性菌的生長，使肉中的 pH 值下降至 5.4-5.6。於第 6 至 12 天，三組之 pH 值雖有上升或下降，但是其變化不大。

2. 硫巴比妥酸值 (TBARS value) 測定

貯藏期間各處理組之間之 TBARS 值無顯著差異 ($p > 0.05$)，這表示 CO 處理對 TBARS 值沒有影響，由於樣品使用真空包裝貯藏，在缺氧的環境，脂質氧化較慢，所以 TBARS 值沒有顯著變化。圖二十二為貯藏時間 (各處理組之平均值) 對於豬里肌肉排 TBARS 值之影響。結果顯示 TBARS 值隨著貯藏時間之增加，有逐漸上升之趨勢，而且上升較為緩慢。林等 (1997) 以不同包裝方式測定冷藏豬絞肉之 TBARS 值，發現真空包裝之 TBARS 值變化較少，此結果與本試驗結果相似。John *et al.* (2005) 亦指出將豬肉以真空包裝貯藏，其 TBARS 值較有氧包裝之肉排低。因此，真空包裝可以有效的減緩氧化酸敗之



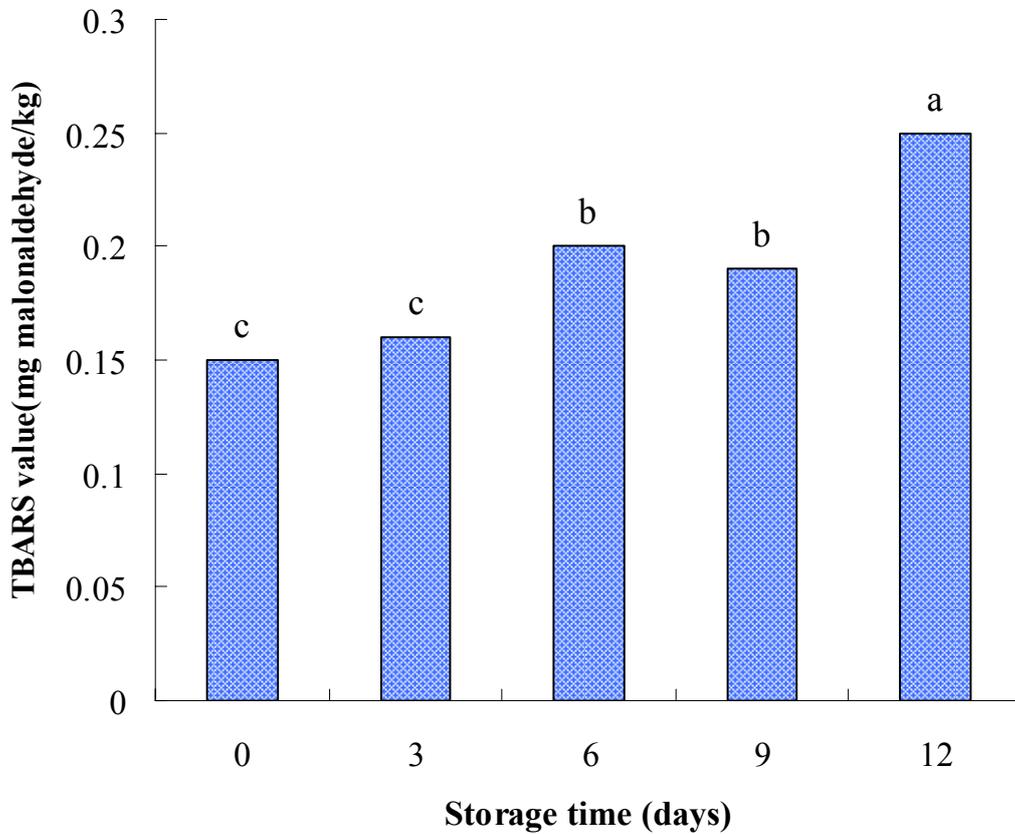
圖二十一、於 2°C，貯藏期間一氧化碳處理方式¹對真空包裝豬里肌肉排pH值之影響。^{a-b}相同貯藏期間不同處理無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig.21. Effect of carbon monoxide pretreatment on pH value of vacuum packaged pork loin chops during storage 2°C. ^{a-b}Means within a storage period having different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹Air-2 : air in a MAP at 2°C for 30 min, then vacuum packaged.

CO-2 : 100%CO in a MAP at 2°C for 30 min, the vacuum packaged.

CO-25 : 100%CO in a MAP at 25°C for 30 min, the vacuum packaged.



圖二十二、於 2°C，貯藏時間（各處理組之平均值）對真空包裝豬里肌肉排TBARS值之影響。^{a-c}不同貯藏時間之間無相同字母表示有顯著差異（ $p < 0.05$ ）。

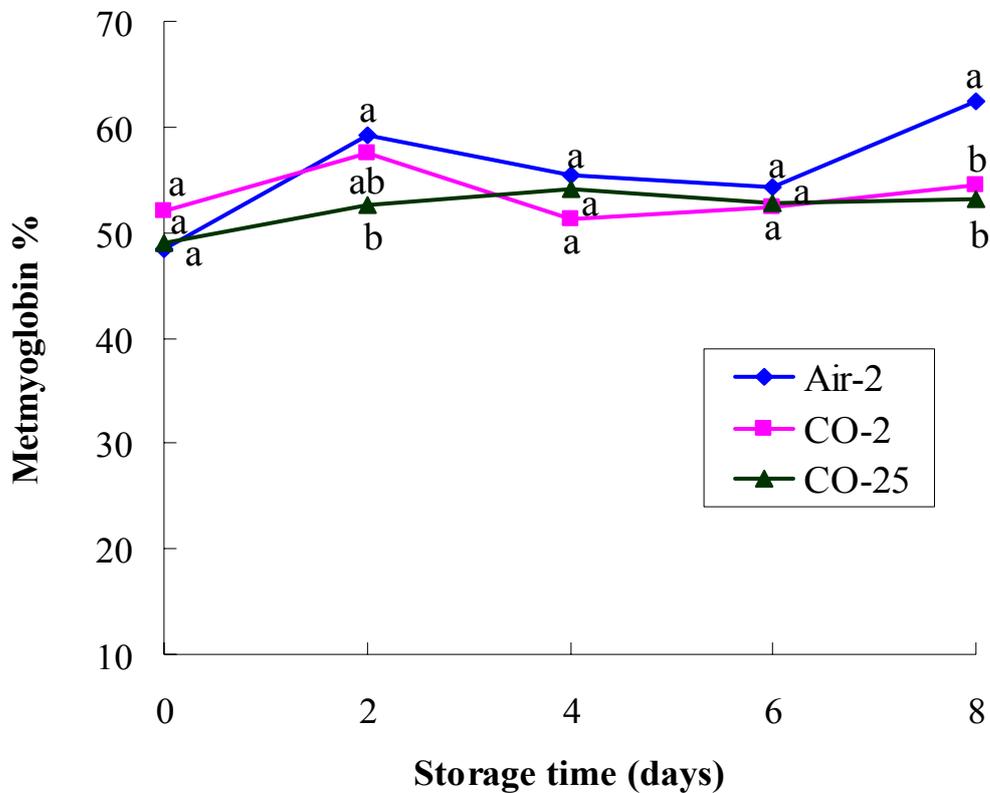
Fig. 22. Effect of storage time on TBARS value of pork loin chops in vacuum package at 2°C. ^{a-c}Bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

情形。

3. 變性肌紅蛋白百分比

圖二十三為貯藏期間一氧化碳處理方式對豬里肌肉排變性肌紅蛋白百分比之影響。於第 0 天時，三組處理組之間無顯著差異 ($p > 0.05$)。貯藏至第 3 天，CO-25 組之變性肌紅蛋白百分比顯著低於 CO-2 組及控制組 ($p < 0.05$)，結果顯示出 CO-25 組之變性肌紅蛋白百分比略微下降；而貯藏於 9 及 12 天，CO-2 組及 CO-25 組皆顯著低於 Air-2 組 ($p < 0.05$)。整體而言，肉品經過 CO 處理後，其變性肌紅蛋白百分比較 Air-2 組低。Chow *et al.* (1998) 以 CO 氣體處理魚肉 5 天後，並與對照組比較，發現以 CO 處理之魚肉其變性肌紅蛋白百分比有下降之趨勢相似。Gee and Brown (1978) 之研究指出，以 1%CO 氣體在 2°C 下處理碎牛肉 3 天可使牛肉中之變性肌紅蛋白逐漸下降，而且 CO 型肌紅蛋白則會增加，之後在空氣中貯藏 3 天仍能保持良好顏色。因此，CO 氣體不只容易與肌紅蛋白結合，而且防止肌紅蛋白氧化成變性肌紅蛋白。

一般而言，當肉品以真空包裝貯藏時，會由於袋中氧氣量極低，造成肉品顏色由紅色轉為褐色的變性肌紅蛋白，使變性肌紅蛋白增加。CO-2 組及 CO-25 組之變性肌紅蛋白百分比皆比 Air-2 組低，所以 CO 氣體具有抑制變性肌紅蛋白百分比增加之效果。以真空包裝作為肉品零售包裝時，由於低氧環境下會使肉品顏色由紅色轉為褐色之變性肌紅蛋白，此顏色會造成消費者誤認為非新鮮肉品。因此，經 CO 處理之肉品若以真空包裝貯藏，會減少真空包裝所造成之褐變問題。



圖二十三、於 2°C，貯藏期間一氧化碳處理方式¹對真空包裝豬里肌肉排變性肌紅蛋白百分比之影響。^{a-b}相同貯藏期間不同處理無相同字母表示有顯著差異 (P<0.05)。

Fig. 23. Effect of carbon monoxide pretreatment on metmyoglobin% of vacuum packaged pork loin chops during storage at 2°C.

^{a-b}Means within a storage period having different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹The same as Fig.21.

4. 色澤

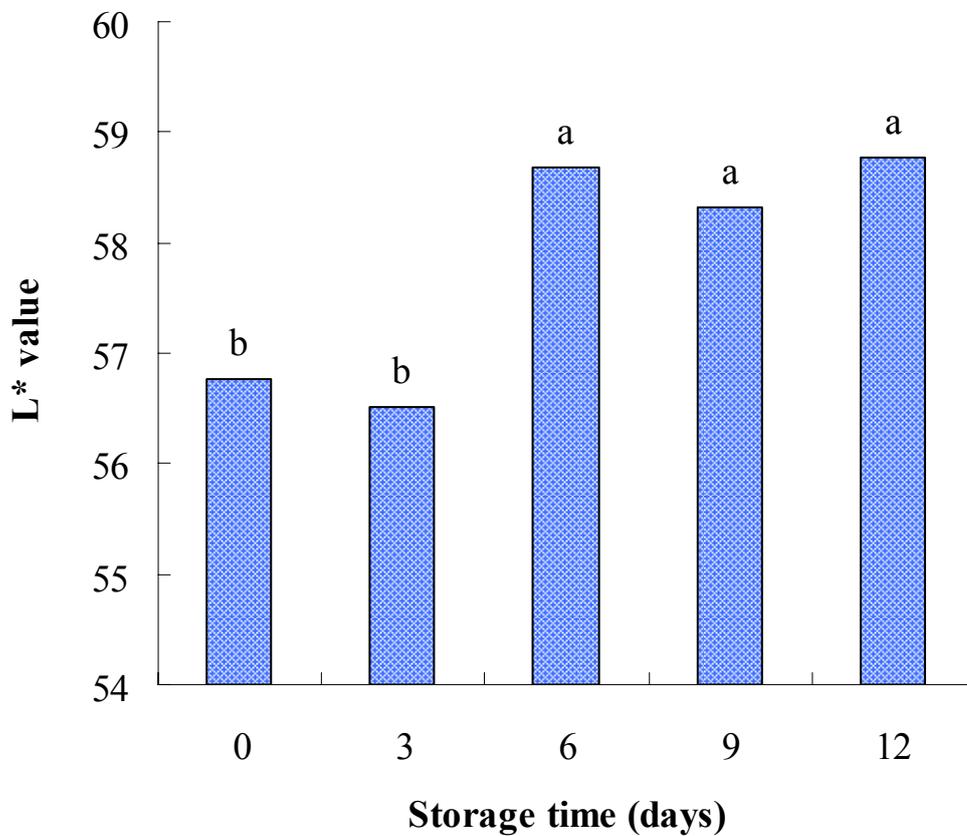
(1) 明亮度

貯藏期間，一氧化碳處理方式對豬里肌肉排之 L^* 值沒有顯著差異 ($p > 0.05$)。貯藏期間各組 L^* 值之變化如圖二十四所示。隨著貯藏時間增加而 L^* 值有增加之趨勢。於第 0 及 3 天，樣品之 L^* 值沒有顯著性的差異 ($p > 0.05$)，於第 6、9 及 12 天，肉品之 L^* 值明顯增加，並且皆顯著高於第 0 及 3 天 ($p < 0.05$)，推測為真空包裝肉品因長時間受壓力擠壓使水分擠出，反射光增加，因此其 L^* 值呈增加趨勢。

(2) 紅色度

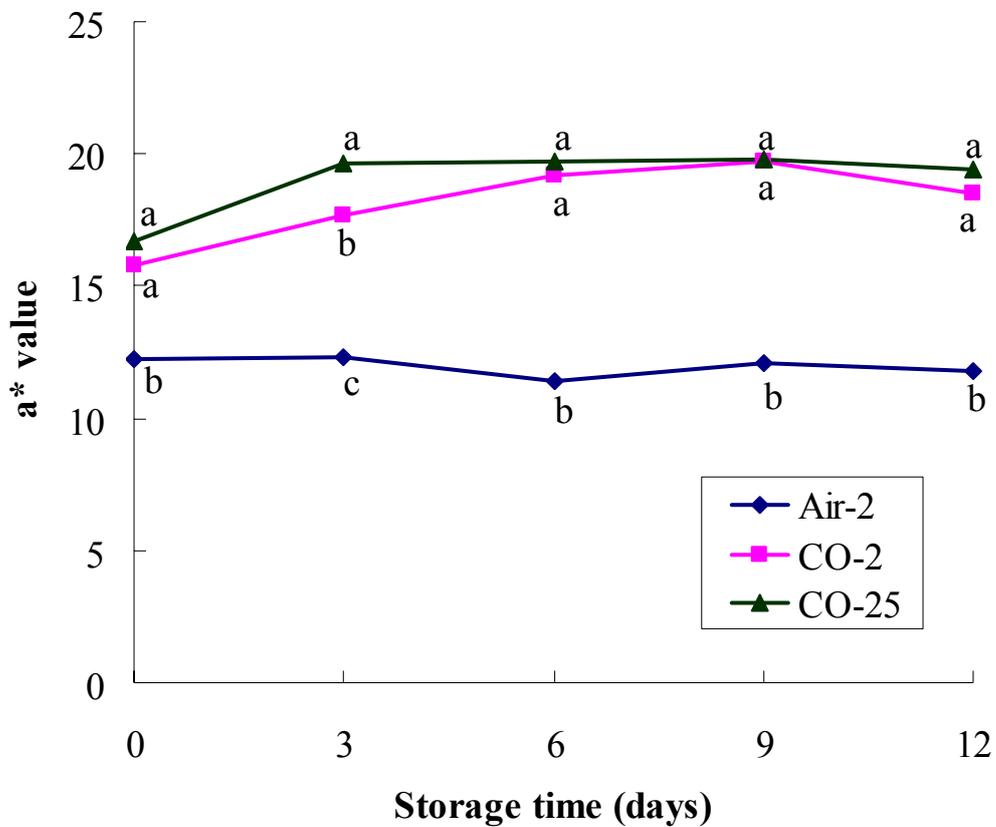
圖二十五為貯藏期間一氧化碳處理方式對豬里肌肉排紅色度 (a^* 值) 之影響。於第 0 天時，CO-2 組及 CO-25 組之 a^* 值皆顯著高於控制組 ($p < 0.05$)。貯藏至第 3 天，CO-25 組則顯著高於 CO-2 組及控制組 ($p < 0.05$)，推測為 CO-25 組與 CO 反應時的溫度較高，而使肌紅蛋白與 CO 結合能力較快，因此較容易形成穩定之 CO 型肌紅蛋白。貯藏至第 6、9 及 12 天，CO-25 組及 CO-2 組之 a^* 值皆顯著高於控制組 ($p < 0.05$)。貯藏期間 CO-2 組及 CO-25 組之 a^* 值不但比 Air-2 組高 ($p < 0.05$)，而且沒有顯著變化，顯示出經過 CO 處理之肉排其紅色值較高，而且顏色很穩定。有文獻指出將牛肉預先以 CO 處理後再以真空包裝貯藏 6 或 8 週，可以維持牛肉穩定的鮮紅色 (Brewer *et al.*, 1994; Rozbeh *et al.*, 1993)。Viana *et al.* (2005) 將豬里肌肉以 100% CO 反應 1 小時後再以真空包裝貯藏至 21 天，其 a^* 值高而且在整個貯藏期間可以維持穩定之紅色值。

然而將肉排預先以 CO 氣體處理後，再以真空包裝貯藏，即使肉



圖二十四、於 2°C，貯藏時間（各處理組之平均值）對真空包裝豬里肌肉排明亮度（L* value）之影響。^{a-c}不同貯藏時間之間無相同字母表示有顯著差異（ $p < 0.05$ ）。

Fig. 24. Effect of storage time on L* value of vacuum packaged pork loin chops at 2°C. ^{a-c}Bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$).



圖二十五、於 2°C，貯藏期間一氧化碳處理方式¹對真空包裝豬里肌肉排紅色度 (a*值) 之影響。^{a-c}相同貯藏期間不同處理無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 25. Effect of carbon monoxide pretreatment on a* value of vacuum packaged pork loin chops during storage at 2°C. ^{a-c}Means within a storage period having different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹The same as Fig.21.

排周圍沒有 CO 氣體存在，仍然可以維持紅色。Clark *et al.* (1976) 指出預先以 CO 處理肉品之後，以可透氧性膜包裝，發現肉品之紅色值並不穩定，其紅色值隨著貯藏天數增加而下降。因此，無氧的貯藏環境對於穩定鮮紅色的 CO 型肌紅蛋白是很重要的 (Sørheim *et al.*, 2001; Brewe, 2004)。

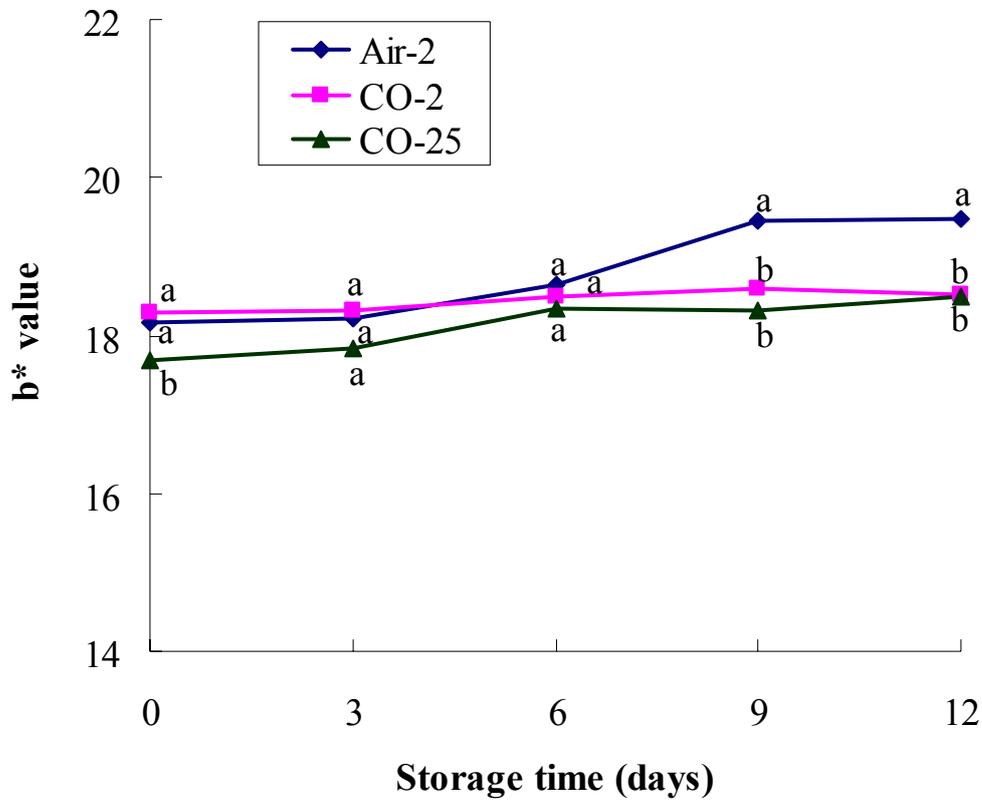
(3) 黃色值

各處理組之間之 b^* 值隨著貯藏時間增加而略有上升之趨勢 (圖二十六)。於第 0 天，CO-25 組之 b^* 值顯著低於 CO-2 組及控制組 ($p < 0.05$)。貯藏至第 3 及 6 天，各處理組之間沒有顯著差異 ($p > 0.05$)，而貯藏至 9 及 12 天，控制組之 b^* 值顯著高於 CO-2 組及 CO-25 組 ($p < 0.05$)，推測為肉品以真空包裝貯藏，會使肌紅蛋白分子之血基質上的鐵離子，由 Fe^{+2} 氧化成 Fe^{+3} ，而形成褐色之變性肌紅蛋白，會造成肉品之黃色值增加，但由於 CO 型肌紅蛋白之 Fe^{+2} 則較不易被氧化，故 CO-2 組及 CO-25 組之黃色值隨著貯藏天數增加而沒有太大變化。因此，在真空包裝下，Air-2 組之 b^* 值較高。

5. 微生物之測定

(1) 乳酸菌數

圖二十七為一氧化碳處理方式對於豬里肌肉排乳酸菌數之影響。各處理組之乳酸菌數隨著貯藏時間增加而有增加之趨勢，此結果和邱與郭 (2004) 研究將中式香腸以真空包裝貯藏相似。於第 0 及 3 天，三組之間無顯著差異 ($p > 0.05$)。貯藏於第 6 及 9 天，控制組之乳酸菌數顯著高於 CO-2 組及 CO-25 組 ($p < 0.05$)，顯示出 CO 對於



圖二十六、於 2°C，貯藏期間一氧化碳處理方式¹對於真空包裝豬里肌肉排黃色度 (b*值) 之影響。^{a-b}相同貯藏期間不同處理無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 26. Effect of carbon monoxide pretreatment on b* value of vacuum packaged pork loin chops during storage at 2°C. ^{a-b}Means within a storage period having different letters are significantly different ($p < 0.05$).

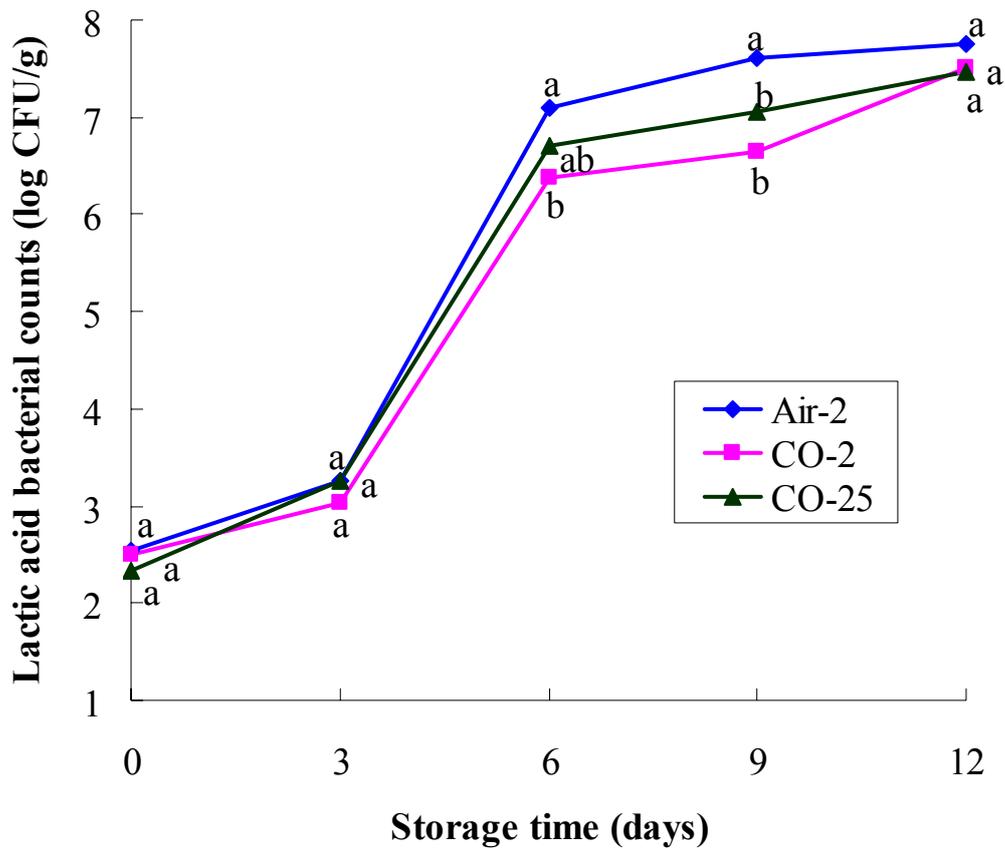
¹The same as Fig.21.

乳酸菌數似乎有抑菌之效果，但是貯藏於第 6 天三組處理組之乳酸菌數皆高於 10^6 CFU/g 以上，由實驗過程觀察得知，由於真空包裝易與肉品緊密結合，造成肉品物理性破壞及血水增加，因此肉品表面之水活性增加而使乳酸菌快速生長所導致。Pierson *et al.* (1970)、Erichsen and Molin (1981) 及 Blickstad and Molin (1984) 指出，在厭氧狀態之調氣包裝的鮮肉與肉製品中，含有大量乳酸菌，而且 *Lactobacillus spp.* 為優勢菌。

一般來說，真空包裝之肉品，若其包裝袋內之氣體組成維持無氧或低氧狀態時，*Lactobacilli* 及 *Enterobacteriaceae* 會成為主要的優勢菌群而彼此競爭生長，而乳酸菌群會產生抗菌物質 (nisin)，來抑制 *Pseudomonas* 以及其他 G (-) 細菌的生長包括 *Enterobacteriaceae*，因而成為優勢菌群 (Raccach and Baker, 1987; Dubosi *et al.*, 1979)。

(2) 總生菌數

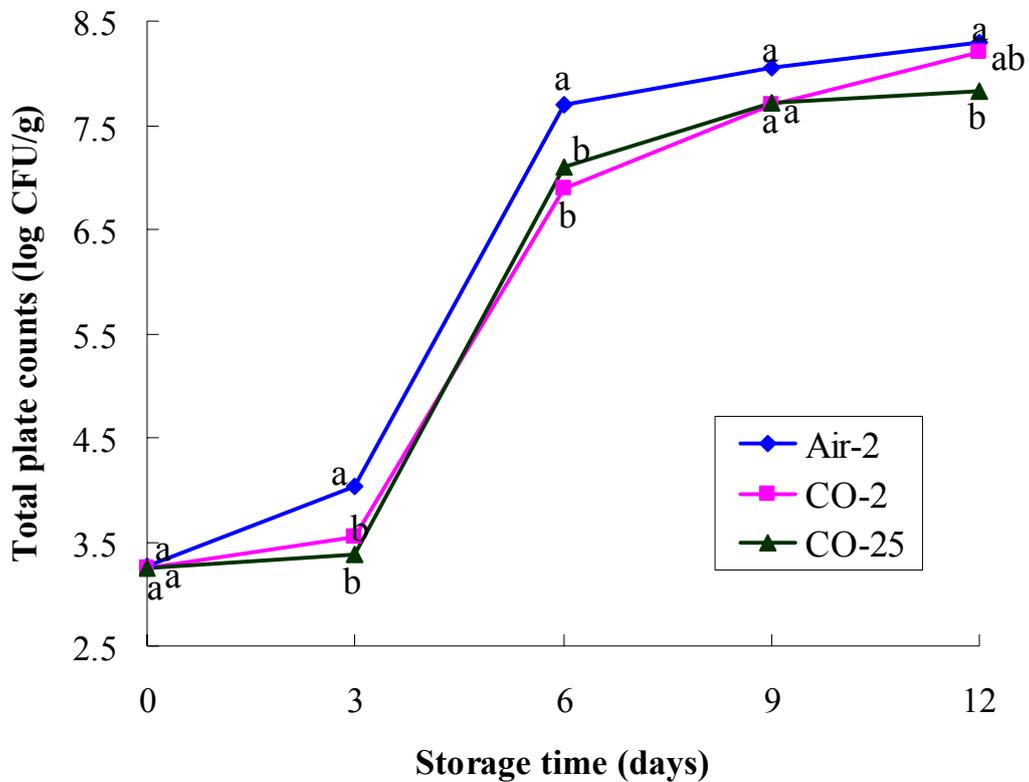
圖二十八為一氧化碳處理方式對豬里肌肉排總生菌數之影響。各處理組之總生菌數會隨者貯藏時間增加而有急速增加之趨勢。貯藏於第 3 天，控制組之總生菌數顯著高於 CO-2 組及 CO-25 組 ($p < 0.05$)。貯藏至第 6 天，控制組之總生菌顯著高於 CO-2 組及 CO-25 組 ($p < 0.05$)，而且控制組之總生菌數已經超過 10^7 CFU/g，在 Brewer *et al.* (1994) 的研究指出，將牛排預處理 100% CO 維持 30 分鐘後以真空包裝貯藏於 2°C ，肉中好氧菌菌數會低於未經 CO 處理之肉排 1 個 log CFU/cm²。而貯藏於 9 天，CO-2 組及 CO-25 組亦超過 10^7 CFU/g 顯示 Air-2 組之肉品貯藏於 2°C 可以保持 6 天以下；CO-2 組及 CO-25 組之肉品可保持 6 天以上。



圖二十七、於 2°C，貯藏期間一氧化碳處理方式¹對真空包裝豬里肌肉排乳酸菌數之影響。^{a-b}相同貯藏期間不同處理無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 27. Effect of carbon monoxide pretreatment on lactic acid bacterial counts of vacuum packaged pork loin chops during storage at 2°C. ^{a-b}Means within a storage period having different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹The same as Fig.21.



圖二十八、於 2°C，貯藏期間一氧化碳處理方式¹對真空包裝豬里肌肉排總生菌數之影響。^{a-b}相同貯藏期間不同處理無相同字母表示有顯著差異 ($p < 0.05$)。

Fig. 28. Effect of carbon monoxide pretreatment on total plate counts of vacuum packaged pork loin chops during storage at 2°C.

^{a-b}Means within a storage period having different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹The same as Fig.21.

本試驗之乳酸菌數的結果（圖二十七）與總生菌數有相關。由於真空包裝之肉品其菌群是以乳酸菌為主，因此顯示總生菌數中是以乳酸菌數為最多。Kempton（1979）發現真空包裝之午餐肉（luncheon meats）於 5°C 貯藏 16 天後，在 LBS（Lactobacillus Selective Agar）培養基上測得的乳酸菌落數與在 APT（All Purpose Tween Agar）培養基測得的總生菌數幾乎相等，表示肉中菌相主要為乳酸菌。與 a* 值結果（圖二十五）對照，發現貯藏至 12 天總生菌數已經超過 10^7 CFU/g，但是 a* 值仍維持穩定並沒有下降，顯示肉品之紅色度值不受微生物菌數多寡之影響。

6. 肉中一氧化碳殘留量測定

表五為貯藏期間一氧化碳處理方式對烹煮前後豬里肌肉排一氧化碳殘留量之變化。烹煮前，於第 0 天時，CO-2 組之肉中 CO 殘留量為 156.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，CO-25 組之肉中 CO 殘留量為 194.93 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，顯示 CO-2 組之肉中 CO 殘留量較低，這表示在 25°C 下，使肉品與 100% CO 接觸 30 分鐘（CO-25 組），其 CO 滲透量高於在 2°C 下（CO-2 組），而貯藏於第 3、6、9 及 12 天，CO-2 組之 CO 殘留量仍然低於 CO-25 組，此結果與本試驗中以 PVC 包裝肉品（表四）相同。

貯藏至第 3 天，CO-2 組及 CO-25 組之 CO 殘留量有略為增加，推測為經由真空包裝貯藏，使袋中殘留之 CO 氣體繼續與未鍵結之肌紅蛋白結合，因此肉中 CO 殘留量仍有增加。貯藏於 6 及 12 天，CO-2 組及 CO-25 組之肉中 CO 殘留量則無顯著差異（ $p > 0.05$ ），推測由於以真空包裝貯藏，真空包裝是屬於氣體通透率極低的材質，而肉中 CO 殘留量不會擴散於空氣中，因此，隨著貯藏時間增加而肉中 CO

殘留量沒有下降之趨勢。與 PVC 包裝之結果（表四）比較，以 PVC 包裝之肉中 CO 殘留量貯藏至 8 天，CO-2 組及 CO-25 組之 CO 殘留量皆下降至原來的 11.30% 及 12.49%；然而，以真空包裝之肉中 CO 殘留量貯藏至 12 天則沒有減少之趨勢，因此，利用真空包裝貯藏經過 CO 處理之肉排，對於使肉中 CO 殘留量降低的效果不佳。

經過加熱烹煮（72°C）之後，於第 0 天，CO-2 組之肉中殘留量剩為 85.02 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，CO-25 組為 114.09 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，如所預期，烹煮前之肉中 CO 殘留量較低其烹煮後肉中 CO 殘留量亦相對較低。與第 0 天未經烹煮之肉排比較，烹煮後 CO-2 組之肉中 CO 殘留量下降為未烹煮之 54.36%，CO-25 組則為 58.53%，顯示加熱會使肉中 CO 殘留量皆降低約至少一半，因為經由加熱處理肉排，會造成肌紅蛋白變性，使 CO 與肌紅蛋白之間斷鍵，並將 CO 釋放出來，因此烹煮後會使肉中 CO 殘留量減少。貯藏至第 3 天，烹煮後其二組處理組之肉中 CO 殘留量較第 0 天增加，其結果與未烹煮之肉排貯藏於第 3 天，肉中 CO 殘留量增加的結果相似。貯藏至第 6、9 及 12 天，隨者貯藏天數增加，二組處理組之肉中 CO 殘留量之間沒有顯著差異（ $p > 0.05$ ），推測亦為以真空包裝貯藏而使 CO 型肌紅蛋白穩定的維持於肉品中，所以不會擴散於空氣中所致。

貯藏至 12 天，烹煮後 CO-2 組之 CO 殘留量為 91.97 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，CO-25 組為 120.80 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，與以 PVC 包裝肉排烹煮後之結果（表四）比較，真空包裝肉排之 CO 殘留量較高於 PVC 包裝之肉排。根據 FDA 於 2002 年以 0.4% CO 用於調氣包裝，使肉品含有最大 CO 含量為 4850 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，而本實驗中所測得肉品烹煮前後之 CO 殘留量皆低於此 CO 含量，但其中以 PVC 包裝肉排中降低的 CO 含量較多。

表五、貯藏期間一氧化碳處理方式對烹煮前後真空包裝豬里肌肉排
 一氧化碳殘留量之變化

Table 5. The CO residue changes in the vacuum packaging pork loin
 chops pretreated with carbon monoxide during cooking

Days	CO residue in meat (µg/kg)			
	Before cooking		After cooking ¹	
	CO-2	CO-25	CO-2	CO-25
0	156.4±3.05 ^{cB}	194.93±3.21 ^{cA}	85.02±4.00 ^{eE} (54.36%) ²	114.09±1.86 ^{dD} (58.53%)
3	171.69±2.45 ^{bB}	219.50±5.75 ^{aA}	93.10±2.78 ^{dE} (54.22%)	123.34±5.77 ^{dD} (56.19%)
6	185.80±7.05 ^{aB}	220.22±4.40 ^{aA}	92.10±4.24 ^{dE} (49.57%)	120.11±8.59 ^{dD} (54.54%)
9	179.29±7.16 ^{abB}	207.51±9.45 ^{bA}	90.84±3.74 ^{dE} (50.67%)	116.70±9.00 ^{deD} (56.24%)
12	187.05±2.71 ^{aB}	220.40±4.78 ^{aA}	91.97±3.21 ^{dE} (49.17%)	120.80±6.82 ^{dD} (54.81%)

^{a-c}Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^{d-e}Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^{A-B}Means in the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^{D-E}Means in the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

Each value is the mean ± standard deviation.

¹Meat sample were cooked to internal temperature of 72°C.

²CO residue in percentage during cooking.

伍、結 論

結論

一、pH 值

PVC 包裝及真空包裝各組之 pH 值無顯著差異。

二、TBARS 值

1. PVC 包裝：一般而言，三組之 TBARS 值隨者貯藏時間增加而稍有增加之趨勢，而且 CO 處理組之 TBARS 值沒有顯著低於 Air-2 組，第 6 天除外。
2. 真空包裝：貯藏期間各組之間之 TBARS 值無顯著差異，表示 CO 處理對 TBARS 值沒有影響，由於樣品使用真空包裝貯藏，在缺氧的環境，脂質氧化較慢，所以沒有顯著變化。

三、變性肌紅蛋白百分比

1. PVC 包裝：於各貯藏時間三組之變性肌紅蛋白百分比沒有顯著差異，但 Air-2 組之變性肌紅蛋白百分比稍高 CO-2 組及 CO-25 組，推測由於 CO 與肌紅蛋白鍵結力較強，形成穩定的鮮紅色 MbCO，一旦形成之後二價鐵離子不易被氧化成褐色之變性肌紅蛋白。
2. 真空包裝：整體而言，肉品經過 CO 處理後，其變性肌紅蛋白百分比較 Air-2 組低，因此 CO 氣體具有抑制變性肌紅蛋白百分比增加之效果。

四、色澤

1. PVC 包裝：一般而言，Air-2 組之 L*值與 b*值於貯藏階段高於 CO-2 組及 CO-25 組，而 CO-2 組及 CO-25 組之 L*值與 b*值

則無顯著差異。於貯藏期間，CO-2 組及 CO-25 組之 a*值顯著高於 Air-2 組，貯藏至 8 天三組之 a*值皆有下降趨勢，以 Air-2 組之 a*值下降最為顯著，這是由於 CO 與肌紅蛋白結合其結構較為穩定，使肉品顏色保持鮮紅色。

2.真空包裝：於貯藏期間，各組之 L*值無顯著差異；CO-2 組及 CO-25 組之 a*值顯著高於 Air-2 組，但貯藏時間沒有顯著變化；各組之 b*值隨者貯藏天數增加而略有上升之趨勢。

五、微生物測定

1. PVC 包裝：第 2 天除外，於貯藏期間 Air-2 組之總生菌數顯著高於 CO-2 組，這表示 CO 似乎有抑菌的功能。一般而言，CO-2 組與 CO-25 組之總生菌數無顯著差異，但 CO-25 組之菌數仍稍高於 CO-2 組，這是由於 25°C 下以 CO 預處理維持 30 分鐘後，而微生物較易生長所致。

2.真空包裝：各組之乳酸菌數及總生菌數皆隨著貯藏時間增加而有增加之趨勢，貯藏至第 6 天，控制組之乳酸菌數及總生菌數顯著高於 CO-2 組及 CO-25 組 ($p < 0.05$)，而且控制組之總生菌數已經超過 10^7 CFU/g，顯示出 CO 對於菌數似乎有抑菌之效果。

六、肉中 CO 殘留量

1. PVC 包裝：CO 殘留量皆隨貯藏天數增加而減少，經過 8 天的貯藏，CO-2 組之 CO 殘留量僅剩 17.90 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，而 CO-25 組之 CO 殘留量剩為 39.29 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。CO 處理組則以 CO-2 組之 CO 含量最低；烹煮後肉排中 CO 殘留量皆顯著降低，這是由於經由加熱，會造成肌紅蛋白變性而使 CO 與肌

紅蛋白之間斷鍵，並將 CO 釋放出來所致。

- 2.真空包裝：隨著貯藏時間增加，真空包裝肉品之 CO 殘留量沒有下降趨勢，由於真空包裝是屬於氣體通透率極低的材質，因此肉中 CO 殘留量不會擴散於空氣中。而 CO 處理組則以 CO-2 組之 CO 含量最低；烹煮後肉排中 CO 殘留量皆顯著降低。

陸、參考文獻

參考文獻

中國國家標準，CNS 108960 (N6186)。1991。食品微生物之檢驗法。經濟部中央標準局印行，台北。

周照仁、謝蘋萍、蔡美玲、朱玉灼。1998。經一氧化碳氣體處理之鮪肉在冰藏及凍藏過程中品質的變化。藥物食品分析。6(3):615-623。

勞工委員會勞工安全衛生研究所。2000。“物質安全資料表”。

邱群惠。2004。乳鐵蛋白對中式香腸脂質氧化及微生物之影響。碩士論文。東海大學食品科學系。

郭俊欽。1984。肉品與肉製品的包裝材料。產品設計與包裝。17:11。

郭俊欽、林苑暉。1993。乳酸鈉及醋酸鈉對中式香腸微生物、pH值及水活性之影響。東海學報。34:1069。

郭俊欽、賴芳幸、蔡正宗。1988。熟成、包裝及貯藏時間對溫體豬肉之影響。食品科學。15:142。

徐冠裕。1994。包裝及貯藏溫度對碎豬肉中李斯特單胞菌生長及存活之影響。碩士論文。東海大學食品科學系。

劉秀媛。1997。機械嫩化、包裝及貯藏時間對淘汰蛋雞胸肉品質之影響。碩士論文。東海大學食品科學系。

謝蘋萍、周照仁、朱玉灼、陳文麗。1998。鮪肉在一氧化碳氣體處理過程中之色澤及品質變化。藥物食品分析。6 (3) : 605-613。

Aasgaard, J. 1993. Colour stability of packed meat products. *Fleischwirtschaft*. 73 : 428-431.

Aunan, K., M. Lag, P. Schwarze, P. Nygaard, O. A. Braathen, and T. Aune. 1992. Carbon monoxide. In : Effect of ambient air pollution on health and environment— air quality guidelines. Report No. 92 : 16. State Pollution Control Authority (SET) , Oslo, Norway (in Norwegian) , pp.154-170.

Besser, T. and A. Kramer. 1972. Changes in quality and nutritional composition of foods preserved by gas exchange. *J. Food Sci.* 37 : 820-824.

Boerema, J. A., N. Penney, T. L. Cummings, and R. G. Bell. 1993. Carbon dioxide controlled atmosphere packaging sliced ham. *Int. J. Food Sci. Tech.* 28 : 435-442.

Brewer, M. S., S. Wu, R. A. Field, and B. Ray. 1994. Carbon monoxide effects on color and microbial counts of vacuum packaged beef steaks in refrigerated storage. *J. Food Quality*. 17 : 231-236.

Chow, C. J., P. P. Hsieh, and M. S. Hwang. 1998. Quantitative determination of carbon monoxide residue in tuna flash. *Journal of Food and Drug Analysis*. 6(3) : 439-446. (in Chinese)

Chow, C. J., P. P. Hsieh, M. L. Tsai, and Y. J. Chu. 1998. Quality Changes during iced and frozen storage of tuna flesh treated with carbon monoxide gas. *Journal of Food and Drug Analysis*. 6(3) : 615-623. (in Chinese)

Chow, C. J. and Y. J. Chu. 2004. Effect of heating on residual carbon monoxide content in CO-treated tuna and myoglobin. *J. Food Biochem*. 28 : 476-487.

Church, N. 1994. Developments in modified atmosphere packaging and related technologies. *Trends in Food Science and Technology*. 5 : 345-352.

Cornforth, D. 1994. Color—its basis and importance. In A.M. Pearson and T. R. Dutson (Eds.) . Quality attributes and their measurements in meat, poultry and fish products (pp. 34-78) . London : Blackie.

Dainty, R. H., B. G. Shaw, and T. A. Roberts. 1983. In Food Microbiology: Advances and Prospects, ed. T. A. Roberts, & Skinner, F. Academic Press, London.

Dainty, R. H. and B. M. Mackey. 1992. The relationship between the phenotypic properties of bacteria from chill-stored meat and spoilage processes. *J. Appl. Bacteriol*. 73(S) : S103-S114.

Davies, A. R. 1995. Advances in Modified-atmosphere packaging. *New Methods of Food Preservation* (edited by G. W. Gould). Pp. 304-320. Glasgow, UK : Blackie.

Di Iorio, E. E. 1981. Preparation of derivatives of ferrous and ferric

hemoglobin. In “Methods in Enzymology”. Vol. 76. pp. 57-72. Academic Press. New York. U. S. A.

Eilert, S. J. 2005. New packaging technologies for the 21st century. *Meat Sci.* 71 : 122-127

Faustman, C. and R. G. Cassens. 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat : a review. *J. Muscle Foods.* 1 : 217-243.

FDA. 2002. Letter from Rulis, A. M. to Greenberg, E. Re: GRAS Notice No. GRN 000083.

FDA. 2004. Letter from Tarantino, L. to Kushner, G. J. Re: GRAS Notice No. GRN 000143.

Gardner, G. A., A. W. Carson, and J. Patton. 1967. Bacteriology of prepacked pork with reference to the gas composition within the pack. *J. Appl. Bacteriol.* 30 : 321-332.

Gee, D. L. and W. D. Brown. 1978. Stability of carboxymyoglobin in refrigerated ground beef. *J. Agric. Food Chem.* 26 : 273-274.

Gee, D. L. and W. D. Brown. 1980. The effect of carbon monoxide on bacterial growth. *Meat Sci.* 5 : 215-222.

Gill, C. O. and K. H. Tan. 1980. Effect of carbon dioxide on growth of meat spoilage bacteria. *Applied and Environmental Microbiology.* 39 : 317-319.

Gill, C. O. 1988. The solubility of carbon dioxide in meat. *Meat Sci.*22 : 65.

Gokalp, H. Y. H. W., R. F. Okerman, N. A. Plimpton, N. A. Parrett, and V. R. Cahill. 1987. Effect of different packing methods on objective quality characteristics of frozen and stored cow beef. *J. Food Sci.*43 : 297.

Govindarajan, S. 1973. Fresh meat color. *CRC Crit Rev. Food Technol.* 4 : 117-139.

Hunt, M. C., O. Sørheim, and E. Slinde. 1999. Color and heat denaturation of myoglobin forms in ground beef. *J. Food Sci.* 64 : 847-851.

Hunt M.C., R. A. Mancini, K. A. Hachmeister, D. H. Kropf, M. Merriman, G. Delduca, and G. Milliken. 2004. Carbon monoxide in modified atmosphere packaging affects color, shelf life, and micro-organism of beef steaks and ground beef. *J. Food Sci.*69 : 45-52.

Hsieh, P. P., C. J. Chow, Y. J. Chu, and W. L. Chen. 1998. Change in color and quality of tuna during treatment with carbon monoxide gas. *Journal of Food and Drug Analysis.* 6(3) : 605-613. (in Chinese)

Ishiwata, H., Y. Takeda, Y. Kawasaki, R. Yoshida, T. Sugita, S. Sakamodo, and T. Yamada. 1996. Concentration of carbon monoxide in commercial fish flesh and in fish flesh exposed to carbon monoxide gas for color fixing. *J. Food Hrg. Soc. Japan.* 37 : 83-90. (in Japanese)

Jayasingh, P., D. P. Cornforth, C. E. Carpenter, and D. Whittier. 2001. Evaluation of carbon monoxide treatment in modified atmosphere

packaging or vacuum packaging to increase color stability of fresh beef. *Meat Sci.* 59 : 317-324.

John, L., D. Cornforth, C. E. Carpenter, O. Sørheim, B. C. Pettee, and D. R. Whittier. 2005. Color and thiobarbituric acid values of cooked top sirloin steak packaged in modified atmospheres of 80% oxygen, or 0.4% carbon monoxide, or vacuum. *Meat Sci.* 69 : 441-449.

Judge, M. D., E. D. Aberle, J. C. Forest, H. B. Hedrick and R. A. Merkel. 1989. Principles of Meat Sci. p. 175-202. Kendal/Hunt Publishing. Dubuque, Iowa.

Kannan, G., B. Kouakou, and S. Gelaye. 2001. Color changes reflecting myoglobin and lipid oxidation in chevon cuts during refrigerated display. *Small Rumin. Res.* 42 : 67-75.

Kempton, A. G. and S. R. Bobier.(1979). Bacterial growth in refrigerated, vacuum-packed luncheon meats. *Can. J. Microbiol.* 16 : 287-297.

Krause, T. R., J. G. Sebranek, R. E. Rust, and M. S. Honeyman. 2003. Use of carbon monoxide packaging for improving the shelf life of pork. *J. Food Sci.* 68 : 2596-2603.

Kuo, J.C., S. Y. Wang, and C. J. Huang. 1987. Effect of phosphate type, packaging method and storage time on the characteristics of Chinese sausage. *J. Food Processing and preservation.* 11 : 325.

Labadie, J. 1999. Consequence of packaging on bacterial growth. Meat is

an ecological niche. *Meat Sci.* 52 : 299-305.

Lacroix, M. L., W. Smoragiewicz, M. Jobin, B. Latreille, and K. Krzystyniak. 2002. The effect of irradiation of fresh pork loins on the protein quality and microbiological changes in aerobically or vacuum-packaged. *Rad. Phys. Chem.* 63 : 317-322.

Lanier, T. C., J. A. Carpenter, R. T. Toledo, and J. O. Reagan. 1978. Metmyoglobin reduction in beef systems as affected by aerobic, anaerobic, and carbon monoxide-containing environments. *J. Food Sic.* 43 : 1788-1792.

Lentz., C. P. 1979. Effect of light intensity and other factors on the color of frozen prepackaged beef. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal.* 12(2) : 45-50.

Ledward, D. A. 1992. Colour of raw and cooked meat. In: Ledward, D. A., Johnston, D. E., Knight, M.(Eds), *The Chemistry of Muscle-based Foods.* Royal Society of Chemistry, London, pp. 128-144.

Lin, T. S., R. E. Levin, and H. O. Hultin. 1977. Myoglobin oxidation in ground beef. *J. Food Sci.*42 : 151-154.

Luño, M., P. Roncales, P. Djenane, and J. A. Beltran. 2000. Beef shelf life in low O₂ and high CO₂ atmospheres containing different low CO concentrations. *Meat Sci.* 55 : 413-419.

Martínez, L., D. Djenane, I. Cilla, J. A. Beltrán, and P. Roncalés. 2005.

Effect of different concentrations of carbon dioxide and low concentration of carbon monoxide on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. *Meat Sci.* 71 : 563-570.

McDonald, R. E. and O. H. Hultin. 1987. Some characteristics of the enzymic peroxidation system in the microsomal fraction of flounder skeletal muscle. *J. Food Sci.* 52 : 15-21,27.

Meischen, H. W., D. L. Huffman, and G. W. David. 1987. Branded beef—product of tomorrow today. *Proceeding of the Reciprocal Meat Conference.* 40 : 37-46.

Merriman, M. C., G. R. DelDuca, V. K. Luthra, and S. L. Goulette. 2003. Modified atmosphere packages and methods for making the same. *United States Patent Application Publication*, Application number US 2003/0207000 A1.

Nissen, H., O. Sørheim, and R. Dainty. 1996. Effect of vacuum, modified atmospheres and storage temperature on the microbial flora on packaged beef. *Food Microbiology.* 13 : 183-191.

Ockeman, H. W. 1985. Quality control of post-mortem muscle tissue. Dept. of Animal Science. The Ohio State University.

Phillips, C. A. 1996. Review : Modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. *Int. J. Food Sci. Tech.* 31 : 463-479.

Phillips, A. L., R. Mancini, Q. Sun, M. P. Lynch, and C. Faustman. 2001.

Effect of erythorbic acid on cooked color in ground beef. *Meat Sci.* 57 : 31-34.

Rozbeh, M., N. Kalchayanand, R. A. Field, M. C. Johnson, and B. Ray. 1993. The influence of biopreservatives on the bacterial level of refrigerated vacuum packaged beef. *J. Food Safety.* 13 : 99-111.

Salvage, B., and J. Lipsky. 2004. Focus on packaging and process. *The National Provisioner.* 64–79.

Seideman, S. C., Z. L. Carpenter, G. C. Smith, and K. E. Hoke. 1976. Effect of vacuum and length of storage on the physical characteristics of vacuum packaged beef wholesale cuts. *J. Food Sci.* 41 : 732.

Seideman, S. C., G. C. Smith, Z. L. Carpenter, T. R. Dutson, and C. W. Dill. 1979. Modified gas atmosphere and changes in beef during storage. *J. Food Sci.* 44 : 1036.

Sørheim, O., T. Aune, and T. Nesbakken. 1997. Technological, hygienic and toxicological aspects of carbon monoxide used in modified-atmosphere packaging of meat. *Trend in Food Science & Technology September.* 8 : 307-312.

Sørheim, O., H. Nissen, and T. Nesbakken. 1999. The storage life of beef and pork packaged in an atmosphere with low carbon monoxide and high carbon dioxide. *Meat Sci.* 52 : 157-164.

Sørheim, O., H. Nissen, T. Nesbakken, and T. Aune. 2001. Use of carbon

monoxide in retail meat packaging. *Proceeding of the 45th Reciprocal Meat Conference*. 47-51.

Sørheim, O., Ø. Langsrud, D. P. Cornforth, T. C. Johannessen, E. Slinde, P. Berg, and T. Nesbakken. 2006. Carbon monoxide as a colorant in cooked or fermented sausages. 71 : 549-555.

Silliker, J. H., R. E. Woodruff, J. R. Lugg, S. K. Wolfe, and W. D. Brown. 1977. Preservation of refrigerated meats with controlled atmospheres: treatment and post-treatment effects of carbon dioxide on pork and beef. *Meat Sci.* 1 : 195-201.

Stetzer, A. J., R. A. Wicklund, D. D. Paulson, E. M. Tucker, B. J. Macfarlane, and M. S. Brewer. 2007. Effect of carbon monoxide and high oxygen modified atmosphere packaging on quality characteristics of beef strip steaks. *J. Muscle foods*. 18 : 56-66.

Suman, S. P., R. A. Mancini, and C. Faustman. 2006. Lipid-oxidation-induced carboxymyoglobin oxidation. *J. Agric. Food Chem.* 54 : 9248-9253.

Viana, E. S., L. A. M. Gomide, M. C. D. Vanetti. 2005. Effect of modified atmospheres on microbiological, color and sensory properties of refrigerated pork. *Meat Sci.* 71 : 696-705.

Watts, D. A., S. K. Wolfe, and W. D. Brown. 1978. Fate of [¹⁴C] carbon monoxide in cooked or stored ground beef samples. *J. Agric. Food Chem.* 26 : 210-214.

WHO. 1979. Environment Health Criteria. 13. Carbon monoxide. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

Wilkinson B. H. P., J. A. M. Janz, P. C. H. Morel, R.W. Purchas, and W. H. Hendriks. 2006. The effect of modified atmosphere packaging with carbon monoxide on the storage quality of master-packaged fresh pork. *Meat Sci.* 73 : 605-610.

Witte, V. C., G. F. Krause, and M. E. Bailey. 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J. Food Sci.* 35 : 582-585.

Yasosky, J. J., E. D. Aberle, I. C. Peng, E. W. Mill, and M. D. Judge. 1984. Effect of pH and time of grinding on lipid oxidation of fresh ground pork. *J. Food Sci.* 49 : 1510-1512.

柒、附錄

自 傳

學生楊瑋涵，生長於風景優美且純樸的花蓮。家庭狀況小康，父親任職於華南銀行，母親為家管，弟弟則就讀於中原大學資訊工程學系。自幼父母以民主溝通之方式教育我，培養我獨立自主的個性，而且很隨和容易與人相處。平常喜歡聽音樂，或利用假日和好友到郊外走走。

國小就讀於花蓮市忠孝國小，曾擔任學校樂隊的一員；國中為花蓮市國風國中；高中則就讀於花蓮女中，曾被推選為總務股長及副班長，學了不少做人處事的態度。高二時參加校內科展比賽得到數學組第二名，暑假時曾參加過台大所舉辦的心理營，讓我重新認識自己且結交不少來自各地的新朋友，這是一次難忘且充實的回憶。大學為東海大學食品科學系，大學四年雖然沒有參與社團活動，但經由打工的經驗，訓練了自己面對各種不同客人的要求及應對進退的方法。大三時參加系上的暑期實習，在行政院農委會畜產試驗所加工組實習一個月，學習到肉品加工的製程及分析方法，讓我更加了解研究方面的工作環境，確定未來想走的方向，因此選擇就讀東海大學食品科學研究所，在這二年的研究所磨練，在學術研究及待人處事獲益良多，期許在未來求職就業上將我所學能充分發揮。

```

title 'PVC';
data split plot;
input trt day rep TPC pH L a b TBA Met ;
cards;

(datas)

;
proc sort;
    by trt day rep;
proc print;
proc glm;
class trt day rep;
model TPC pH L a b TBA Met = trt day trt*day;
means trt day trt*day/duncan;
lsmeans trt day trt*day/stderr tdiff;
run;

```

附錄一、SAS 電腦程式設計

Appendix 17. The design for SAS computer program.