

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

飼料大豆油添加量對冷藏羊肉共軛亞麻油酸, 脂肪氧化酸敗
值及肌原纖維蛋白質之影響

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2313-B-029-004-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：東海大學食品科學系

計畫主持人：郭俊欽

計畫參與人員：蘇真民

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 10 月 26 日

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 Sdction

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

飼料大豆油添加量對冷藏羊肉共軛亞麻油酸及
脂肪氧化酸敗值之影響
Effect of dietary soybean oil on conjugated linoleic acid,
and lipid oxidation of lamb during storage

研究生：蘇真民 撰
Graduate Student : Chen-Min Sue

中華民國九十五年十二月
December, 2005

目 錄

封面內頁	頁 次
目錄	I
圖次	VI
表次	VIII
中文摘要	XI
英文摘要	XIII
壹、前 言	1
貳、文獻回顧	4
一、共軛亞麻油酸之結構	5
二、共軛亞麻油酸之來源	8
(一) 共軛亞麻油酸在瘤胃中合成	8
(1) 生物氫化作用	8
(2) 共軛亞麻油酸來自瘤胃並於組織與乳脂中堆積	11
(3) 化學合成	11
三、共軛亞麻油酸之生物功效	12
(一) 腫瘤細胞抑制作用	12
(二) 預防冠狀動脈粥狀硬化	14
(三) 免疫系統的影響	16

(四) 體脂肪的調節	17
(五) 促進生長	23
(六) 抗氧化作用	23
四、共軛亞麻油酸與加工之影響	24
五、影響乳脂中共軛亞麻油酸之因素	29
(一) 動物品種與年齡	29
(二) 季節與放牧	31
(三) 飼料配方	31
(1) 油籽與共軛亞麻油酸關係	32
(2) 蔬菜油與共軛亞麻油酸關係	34
(3) 魚油與共軛亞麻油酸關係	36
參、材料與方法	38
一、動物飼料與管理	39
二、試驗設計	41
三、試驗方法	41
(1) 包裝材料	41
(2) 分裝儲藏	41
四、探討分析項目	46
A、一般成分分析	46

1. 水分	46
2. 灰分	47
3. 粗脂肪	48
4. 粗蛋白	49
B、分析項目	51
1. 酸鹼值	51
2. 硫巴比妥酸值	52
3. 色澤分析	54
4. 損失率	54
5. 加熱處理羊肉排	55
(1) 水煮	55
(2) 烤箱加熱	55
6. 脂肪酸組成分析	55
7. 膽固醇測定	58
五、統計分析	59
肆、結果與討論	60
一、一般成分分析	61
二、酸鹼值	61
三、硫巴比妥酸值	67

四、色澤	71
(一) 明亮度	71
(二) 紅色度	73
(三) 黃色度	77
五、滴水率	82
六、羊肉加熱處理	84
(1) 水煮和烤箱加熱羊肉	84
(2) 水煮和烤箱加熱羊背脂	86
七、脂肪酸組成	88
(一) 羊肉與背脂的脂肪酸組成比較	88
a. 羊肉	92
b. 羊背脂	98
(二) 羊肉與背脂經烤箱加熱處理後的脂肪酸組成比較	101
a. 羊肉	101
b. 羊背脂	105
(三) 羊肉與背脂水煮後的脂肪酸組成比較	108
a. 羊肉	108
b. 羊背脂	112
八、膽固醇	115

伍、結 論	116
陸、參考文獻	120

圖 次

頁 次

圖一、亞麻油酸、cis-9,trans-11 之共軛亞麻油酸及 trans-10, cis-12 之共軛亞麻油酸的結構	7
圖二、cis-9,trans-11 共軛亞麻油酸生物氫化作用之途徑	10
圖三、trans-10, cis-12 共軛亞麻油酸在脂肪細胞 (adipocytes) 與前脂肪細胞 (preadipocytes) 形成之間的機制	20
圖四、共軛亞麻油酸在骨骼肌中的影響機制	22
圖五、實驗設計 A	42
圖六、實驗設計 B	45
圖七、飼料中大豆油添加量對冷藏羊肉 pH 值之影響	64
圖八、飼料中大豆油添加量 (各貯藏時間之平均值) 對冷藏羊肉 pH 值之影響	66
圖九、飼料中大豆油添加量對羊肉硫巴比妥酸值之影響	68
圖十、飼料中大豆油添加量 (各貯藏時間之平均值) 對冷藏羊肉硫巴比妥酸值之影響	70
圖十一、飼料中大豆油添加量對羊肉明亮度 (L*值) 之影響 ...	72
圖十二、飼料中大豆油添加量 (各貯藏時間之平均值) 對羊肉明亮度 (L*值) 之影響	74

圖十三、飼料中大豆油添加量對羊肉紅色度 (a*值) 之影響	75
圖十四、飼料中大豆油添加量 (各貯藏時間之平均值)	
對羊排紅色度 (a*值) 之影響	78
圖十五、飼料中大豆油添加量對羊肉黃色度 (b*值) 之影響	79
圖十六、飼料中大豆油添加量 (各貯藏時間之平均值)	
對羊肉黃色度 (b*值) 之影響	80
圖十七、共軛亞麻油酸標準品之 GC 分析圖譜	89
圖十八、脂肪酸標準品之 GC 分析圖譜	90
圖十九、碳十八之代謝途徑	96

表次

	頁次
表一、不同產品中共軛亞麻油酸的含量	28
表二、共軛亞麻油酸在不同肉製品的含量	30
表三、實驗之飼糧配方	40
表四、不同植物油之脂肪酸組成	44
表五、飼料中大豆油添加量對羊肉組成影響之成分分析	62
表六、飼料中大豆油添加量對羊肉滴水率之影響	83
表七、不同烹調方法對羊肉烹調速率及烹調損失率之影響	85
表八、不同烹調方法對羊脂肪烹調速率及烹調損失率之影響 ...	87
表九、飼料中不同大豆油添加量對生鮮羊排之脂肪酸組成 和總膽固醇	93
表十、飼料中不同大豆油添加量對羊背脂之脂肪酸組成	99
表十一、飼料中不同大豆油添加量 對烤箱加熱羊肉之脂肪酸組成	102
表十二、飼料中不同大豆油添加量 對烤箱加熱羊背脂之脂肪酸組成	106
表十三、飼料中不同大豆油添加量 對水煮羊排之脂肪酸組成	109

表十四、飼料中不同大豆油添加量

對水煮羊背脂之脂肪酸組成 113

摘要

摘 要

本試驗飼養努比亞 (Nubian) 闖公羊初使體重約 40 kg 肥育 5 個月達平均約 60 kg，於飼料中添加不同量 (0、2.5 和 5.0 %) 之大豆油以探討大豆油對羊肉共軛亞麻油酸 (conjugated linoleic acid) 形成量及脂肪酸之影響。同時把羊里肌肉 (loin chops) 切成 1 公分厚之肉排，以聚乙烯膜包裝並於低溫 (4 °C) 貯藏 0、3、6 及 9 天。貯藏期間分析羊肉 TBARS 值 (thiobarbituric acid-reactive substances)、pH 值、色澤 (L*、a*、b* 值)、脂肪酸和膽固醇含量及滴水率 (purge loss) 之變化。研究結果發現，各處理組之 TBARS 值和 pH 值皆隨貯藏時間增加而上升；於各貯藏時間，2.5 % 大豆油組之 TBARS 值高於控制組與 5.0 % 大豆油組；控制組與 5.0 % 大豆油組並無顯著差異，但 5.0 % 大豆油組有高於控制組之趨勢。控制組之 pH 值顯著高於 ($P < 0.05$) 5.0 % 大豆油組。一般而言，5.0 % 大豆油組之 a* 值和 b* 值高於控制組和 2.5 % 大豆油組，不過於貯藏期間 2.5 和 5.0 % 大豆油組之 a* 值和 b* 值有下降趨勢。在羊肉脂肪酸組成方面，0、2.5 和 5.0 % 大豆油組之共軛亞麻油酸 (C18:2 cis-9, trans-11) 含量依序為 0.88、0.93 和 0.92 % FAME (% fatty acid methyl ester)，且此三組處理並無顯著差異，同時發現大豆油添加 (2.5 和 5.0 %) 組會減少羊肉中飽和脂肪酸之含量，但與控制組之差異並沒有顯著差異 ($P > 0.05$)；2.5 和 5.0 % 大豆

油組之多元不飽和脂肪酸顯著多於控制組 ($P < 0.05$)，尤其是 DHA (C22:6 n3) 之含量；但單元不飽和脂肪酸則以控制組較高，而 5.0 % 大豆油組較低。在羊背脂脂肪酸組成方面，0、2.5 和 5.0 % 大豆油組之共軛亞麻油含量依序為 1.00、1.27 和 1.42 % FAME，統計上控制組最低，兩處理組間沒有顯著差異；同時發現大豆油添加 (2.5 和 5.0 %) 組會增加羊背脂中飽和脂肪酸含量，且控制組顯著低於 5.0 % 大豆油組，而 2.5 % 大豆油組與控制組或 5.0 % 大豆油組間無顯著差異；總單元不飽和脂肪酸以 5.0 % 大豆油組較低，控制組與 2.5 % 大豆油組間無顯著差異；控制組和 2.5 % 大豆油組之多元不飽和脂肪酸顯著高於 5.0 % 大豆油組 ($P < 0.05$)，主要是 5.0 % 大豆油組之 C22:6 n3 脂肪酸含量降低。羊肉中膽固醇在 0、2.5 和 5.0 % 大豆油組含量依序為 56.33、56.24 和 56.12 mg/100g fresh tissue，且三組處理間無顯著差異 ($P > 0.05$)。控制組之滴水率較高，2.5% 大豆油組次之，而 5.0 % 大豆油組較低，且三組皆隨著貯藏時間增加而增加。

關鍵語：共軛亞麻油酸、羊肉、瘤胃微生物、生物氫化作用。

Key word：conjugated linoleic acid、sirloin lamb chop.

Abstract

Twenty Nubian lambs having a mean live weight of 40 kg were randomly allocated in three groups. The lambs in each group were group fed on of three dietary treatments, designated control (0 %), 2.5 % soybean oil, and 5.0 % soybean oil. Five months passed away, and they were at a mean live weight of 60 kg, then it was time to slaughter them. Slices of the longissimus muscle between the 12th and 13th ribs were sampled from all lambs at slaughter and analysed for fatty acid composition of intra-muscular, subcutaneous fat and cholesterol in lambs meat. Besides, 1 cm sirloin lamb chops were stored at 2°C for 0, 3, 6, and 9 days, and study thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) values, pH value, color (L*, a* and b* values), and percent of purge loss. All of TBARS and pH values increased with storage. 2.5 % soybean oil of TBARS value was higher than control and 5.0 % soybean oil, and no significant difference was found between control and 5.0 % soybean oil. Control of pH value was higher than 2.5 % soybean oil. In general, 5.0 % soybean oil of a* and b* value were higher than control and 2.5 % soybean oil, but 2.5 % and 5.0 % soybean oil decreased with storage. In fatty acid composition of intra-muscular, CLA content were 0.88, 0.9 and 0.92 %FAME (% fatty acid methyl ester) for control, 2.5 % and 5.0 % soybean oil, and the three treatments had on significant differences. And then, we found lambs were fed diets containing soybean oil (2.5 or 5.0 %) can decreased saturated fatty acid in lamb intra-muscular. 2.5% or 5.0 % soybean oil of polysaturated fatty acid content was higher than control (P<0.05), especially DHA (C22:6 n3). Monosatruated fatty acid

content was highest by control, and lowest by 5.0 % soybean oil. In fatty acid composition of subcutaneous fat, CLA content were 1.00, 1.27 and 1.42 %FAME for control, 2.5 % and 5.0 % soybean oil, and on significant difference was found between 2.5 and 5.0 % soybean oil. And then, we found lambs were fed diets containing soybean oil (2.5 or 5.0 %) can increase saturated fatty acid in lamb subcutaneous fat, and control of that was lower than 5.0 % soybean oil, and 2.5% soybean oil with control or 5.0% soybean oil had on significant difference. Total monosaturated fatty acid content were lowest by 5.0% soybean oil, and control with 2.5% soybean oil had on significant difference. Above all, C22:6 n3 was decreased by 5.0% soybean oil. Cholesterol contents in intra-muscular were 56.33, 56.24 and 56.12 mg/100g fresh tissue, and the three treatments had no significant difference ($P > 0.05$). Percent of purge loss was highest by control, and lowest by 5.0% soybean oil. The percent of purge loss value were increased during storage.

Key word : conjugated linoleic acid, sirloin lamb chop.

壹、前言

前 言

共軛亞麻油酸 (conjugated linoleic acid, 簡稱 CLA) 為一群具有 18 個碳原子、共軛雙烯基 (conjugated dienoic) 的多不飽和脂肪酸，係必需脂肪酸-亞麻油酸的幾何 (geometric) 與位置 (posotional) 異構物。CLA 是瘤胃為生物 *Butyriovibrio fibrisolvens* 將亞麻油酸 (linoleic acid) 轉化為油酸 (oleic acid) 過程的中間產物，CLA 普遍存在於日常的食中，以反芻動物製品的 CLA 含量最高，由於瘤胃為生物 *Butyriovibrio fibrisolvens* 廣泛存在的原故，其次為非反芻動物製品，又以植物油的含量最低 (Kepler *et al.*, 1966; Chin *et al.*, 1992)。在動物實驗上顯現 CLA 對健康是有益的影響，如具有抗癌 (Ip *et al.*, 1994)、抗動脈硬化 (Lee *et al.*, 1994)、促進免疫調節功能 (Cook *et al.*, 1993) 以及降低脂肪合成及增加瘦肉比例 (Park *et al.*, 1997)。

Joo *et al.* (2002) 報導關於豬直接攝食 CLA 會增加肌肉脂肪而提高保水性，且保水性和肌肉內的脂肪含量成正比關係。一般而言，肉呈現穩定的顏色和油脂氧化作用有關。另外，可改變脂肪酸組成、降低脂質氧化，使肉在保存期間抑制肉色素的氧化。因此，本試驗藉由反芻動物餵食 0、2.5 和 5.0 % 大豆油間接將亞麻油酸轉變為共軛亞麻油酸，來探討餵食不同濃度的大豆油在羊肉中之 CLA 的含量及化學特性之影響。將羊肉盛裝發泡生鮮盤中，以 PVC (polyvinylchloride)

保鮮膜包裝，並在 2°C 下貯藏 0、3、6 及 9 天，於各貯藏階段分析樣品之 pH 值、TBARS (thiobarbitic acid reactive substances) 值、色澤 (L*、a*、b*) 值和滴水率 (purge loss)，以及分析羊肉中所含之膽固醇 (cholesterol) 量，並且探討生鮮、烤箱加熱以及水煮之羊肉和羊背脂之脂肪酸成分 (fatty acid composition)。

貳、文獻回顧

文獻回顧

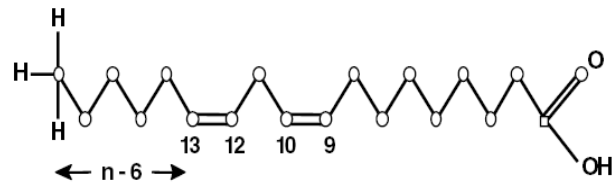
一、共軛亞麻油酸之結構

天然亞麻油酸一般分為飽和脂肪酸 (saturated fatty acid) 及不飽和脂肪酸 (unsaturated fatty acid)，其中不飽和脂肪酸有可分為單元不飽和脂肪酸 (mono unsaturated fatty acid) 與多元不飽和脂肪酸 (poly unsaturated fatty acid)。單元不飽和脂肪酸僅含一個不飽和雙鍵之長鏈脂肪酸；多元不飽和脂肪酸泛指一群包含二個或二個以上不飽和雙鍵之長鏈脂肪酸。長鏈脂肪酸依其雙鍵距離甲基端的位置又被分為 ω -3、 ω -6 及 ω -9 系列 (或稱 n-系列)，由於動物體內缺乏將 C18:1 (ω -9) 轉換成 C18:2 (ω -6) 及將 C18:2 (ω -6) 轉換成 C18:3 (ω -3) 的酵素系統，因此 ω -3 與 ω -6 系列脂肪酸無法由動物體自行合成，須由膳食攝取，故此類脂肪酸稱為動物體內之必需脂肪酸 (essential fatty acids)。常見的多元不飽和脂肪酸包括：亞麻油酸、次亞麻油酸、花生四烯酸、二十碳五烯酸及二十二碳六烯酸。

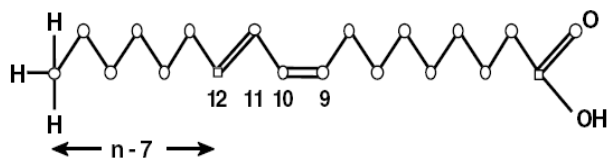
共軛亞麻油酸為具有共軛雙鍵之十八碳烯酸幾何異構物。化學結構上 (圖一)，亞麻油酸 (linoleic acid, LA) 之兩組雙鍵位置分別在第 9 及第 12 碳上，且皆為順式 (cis)，為非共軛雙鍵系統 (nonconjugated double bond system)，然而共軛亞麻油酸是亞麻油酸之幾何異構物，由八種以上含有共軛雙鍵系統 (conjugated double bond system) 之異

構物所組成。

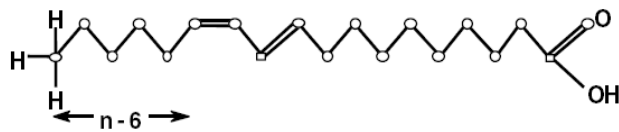
共軛亞麻油酸之兩個雙鍵位置可能在第 (9、11)、(10、12) 及 (11、13) 碳上，且有順式 (cis) 及反式 (trans) 之分，其中 (cis-9,trans-11)、(trans-9,trans-11)、(trans-10,cis-12) 及 (trans-10,trans-12) 之共軛亞麻油酸為主要異構物種類，約佔共軛亞麻油酸總量之 90% 以上 (Belury, 1995 ; Yang *et al.*, 2000)。膳食所含之共軛亞麻油酸大多以 9,11-共軛亞麻油酸與 10, 12-共軛亞麻油酸為主，其中 cis-9,trans-11 之共軛亞麻油酸可經由反芻動物瘤胃菌元異構化亞麻油酸而生，故又稱為瘤胃酸 (rumenic acid ; RA)，為膳食中最主要之共軛亞麻油酸形式，亦為最具生物活性者，具抗氧化、抗癌以及影響細胞膜磷脂質之機能性 (Lin *et al.*, 1995 ; Ip *et al.*, 1994)，而 trans-10, cis-12 之共軛亞麻油酸則具有影響能量代謝以及體脂肪組成之機能性 (Park *et al.*, 1999)。



Linoleic acid
cis-9, cis-12 (18:2)



Conjugated linoleic acid
cis-9, trans-11 isomer



Conjugated linoleic acid
trans-10, cis-12 isomer

圖一、亞麻油酸、cis-9,trans-11 之共軛亞麻油酸及 trans-10,cis-12 之共軛亞麻油酸的結構。

Figure 1. Structure of the parent omega-6 fatty acid linoleic acid and its two main conjugated derivative. (Wahle *et al*, 2004)

二、共軛亞麻油酸之來源

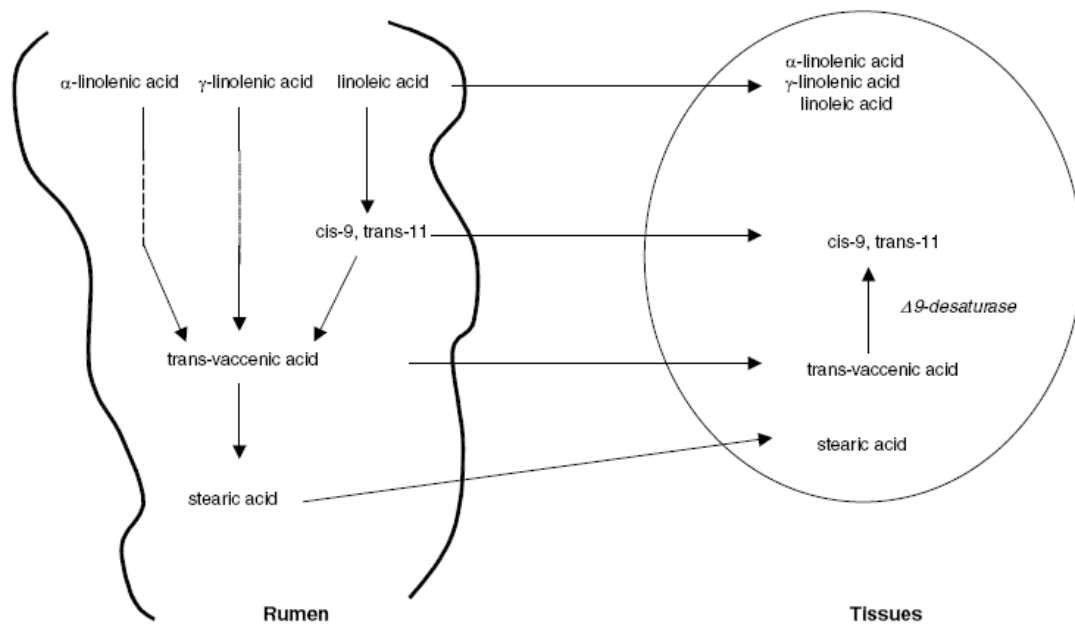
(一) 共軛亞麻油酸在瘤胃中合成

(1) 生物氫化作用 (biohydrogenation)

Reiser (1951) 及 Shorland *et al.* (1995) 首先證實，飼糧中不飽和脂肪酸經氫化作用後存在瘤胃中的脂肪酸會形成反式 (trans form) 結構存在，Kepler *et al.* (1967) 研究發現，瘤胃微生物 *Butyrivibrio fibrisolvens* 是唯一具有氫化亞麻油酸與次亞麻油酸為共軛亞麻油酸之細菌，Parodi (1977) 確定 cis-9,trans-11 C18:2 是反芻動物乳汁中共軛亞麻油酸的主要異構物。Corl *et al.* (2001) 和 Griinari *et al.* (1999) 估計在牛奶中內生性合成 cis-9, trans-11 共軛亞麻油酸佔總脂肪的 78%~64%，之後根據 Knight *et al.* (2003) 推斷在動物脂肪中共軛亞麻油酸主要來自於油酸 (vaccenic acid, trans-C18:1) 去飽和作用而獲得，因此共軛亞麻油酸與油酸兩者有高度的相關性。其餘來自於其它油酸之異構物經 Δ^9 -去飽和酶作用而生成共軛亞麻油酸 (Griinari *et al.*, 1999)。雖然在反芻動物與非反芻動物都可發現內生性合成共軛亞麻油酸 (Glaser *et al.*, 2002; Looor *et al.*, 2002; Salminen *et al.*, 1998; Santora *et al.*, 2000; Turpeinen *et al.*, 2002)，但是反芻動物胃中微生物具有生物氫化作用使得順式-油酸含量較單位動物來的高 (Bessa *et al.*, 2000)，如圖二。也有文獻記載證明人體內亦可由順式-油酸內生性形

成共軛亞麻油酸，但是攝食肉製品與奶製品還是主要獲得共軛亞麻油酸的來源 (Adlof *et al.*, 2000; Kraft *et al.*, 2001; Salminen *et al.*, 1998; Turpeinen *et al.*, 2002)。

Dhiman (2000) 亦指出，共軛亞麻油酸的產生是不飽合脂肪酸經過程之中間產物。動物體內由於缺乏硬脂醯輔酶 (stearoyl -CoA desaturase, 簡稱 SCD)，因此在脂肪代謝過程中，無法經由耗氧機制轉變為油醯輔酶 (oleyl CoA)，進一步經去飽和作用形成亞麻油酸，然而僅有植物有此能力，所以亞麻油酸為動物飼料中的必需脂肪酸。亞麻油酸為動物飼料中主要不飽和脂肪酸，在玉米及大豆中亞麻油酸含量最高，當亞麻油酸在瘤胃中氫化作用轉化形成硬脂酸 (stearic acid)，其中間產物共軛亞麻油酸未被瘤胃所吸收，因而進入小腸中吸收進入血液，最後再進入乳腺細胞，使乳汁中富含共軛亞麻油酸的成分。反芻動物瘤胃 pH 值會影響瘤胃微生物異構化及氫化活性 (Bessa *et al.*, 2000)，當瘤胃 pH 降低造成瘤胃微生物數量改變 (van Soest, 1994) 導致影響發酵最終產物不同 (Bauman *et al.*, 1999)。



圖二、cis-9, trans-11 共軛亞麻油酸生物氫化作用之途徑。

Figure 2. Biosynthesis of c-9,t-11-C18:2.

(Griinari et al.,1999)

(2) 共軛亞麻油酸來自瘤胃並於組織與乳脂中堆積

Vivivai (1970) 認為乳汁中共軛亞麻油酸是來自於瘤胃中形成，他的觀點如下：

(a) 由於共軛亞麻油酸是亞麻油酸在生物氫化過程中的中間產物，但是這並無法解釋餵食低亞麻油酸飼糧時(即新鮮牧草)(Kelly *et al.*, 1998b) 或魚油 (Chouinard *et al.*, 1998)，仍然可以提升乳脂中共軛亞麻油酸的含量。

(b) 部分在瘤胃形成之共軛亞麻油酸未被瘤胃中的微生物異構化，而來到了小腸被吸收。但是離開瘤胃的共軛亞麻油酸尚未被定量出來，先前研究則認為這部份的共軛亞麻就是乳脂中共軛亞麻油酸含量的最下限。

(3) 化學合成

使用化學方法可將亞麻油酸轉變成共軛亞麻油酸並且能夠增大生物活性，其主要異構物以 cis-9,trans-11 和 trans-10,cis-12 為主。例如在實驗室製備共軛亞麻油酸 (CLA)，其異構物百分比分別為 cis-9,trans-11 之 CLA 佔 40.8~41.1%、trans-10,cis-12 之 CLA 佔 43.5~44.9%以及 trans-9,trans-11 和 trans-10,trans-12 之 CLA 佔 4.6~10% (Sehat *et al.*, 1999；Chin *et al.*, 1992；Park *et al.*, 1997)。

依據 Chin *et al.* (1992) 指出利用葵花油、紅花油或玉米油，在

鹼性環境下加熱可合成共軛亞麻油酸，其步驟如下：

乙二醇(ethylene glycol)在充滿氮氣的情況下，以油浴加熱至 180°C，在 10 分鐘後取出降溫至 160°C，之後加入 26 g KOH 充份混合，再以油浴加熱升溫至 180°C 之 10 分鐘，加入 50 g 之亞麻油酸(linoleic acid)後，以 180°C 油浴溫度維持 2 小時，此時亞麻油酸就會轉變為共軛亞麻油酸。

三、共軛亞麻油酸之生物功效

近年來陸續發表關於亞麻油酸經去飽和與異構化作用所生成的共軛亞麻油酸之生理功效研究。

(一) 腫瘤細胞抑制作用

近年來癌症為國人十大死亡之前三名。與正常細胞相較下，腫瘤細胞增生速度快速，對提供有絲分裂之必需脂肪酸與必需氨基酸需求量相對提高，因此飲食中脂肪酸將提供腫瘤細胞吸收以促進腫瘤細胞生長，以下就以共軛亞麻油酸為主要生理機能來抑制腫瘤細胞生長試驗加以說明：

(1) 活體試驗

小鼠餵飼含有共軛亞麻油酸的日糧可有效抑制由二甲基苯蔥(7,12-dimethylbenz(a) anthracene, 簡稱 DMBA) 所引起的小鼠表皮腫瘤 (Ha *et al.*, 1987 ; Ip *et al.*, 1991)。飼料中添加 1.0% 或 1.5% 的

共軛亞麻油酸能夠抑制小鼠表皮腫瘤的發生 (Belury *et al.*, 1996)。

Bougnux *et al.* (1999) 針對 360 名乳癌患者進行臨床治療，發現共軛亞麻油酸對乳癌腫瘤細胞有減緩擴大的效果，且共軛亞麻油酸與乳癌發生機率成顯著的負相關。惡性腫瘤細胞 (malignant cells) 比正常細胞 (normal counterparts) 容易受到氧化刺激 (oxidative stress) 而破壞了強氧化劑和抗氧化劑的平衡導致細胞損傷 (Hileman *et al.*, 2004)，因此假若有一強活性之活性氧 (reaction oxygen species, ROS) 存在時，與正常細胞相較之下，惡性腫瘤細胞具有強的能力將超氧自由基 (superoxide radical) 轉變為過氧化氫 (hydrogen peroxide)，造成細胞壽命減短同時產生極穩定的氫氧自由基離子活性 (reactive hydroxyl radical) 和 4 羥基壬烯酸 (4-hydroxy-2-nonenal, 4HNE)。藉由抗氧化劑來減緩活性氧的活性達到改變腫瘤細胞中氧化還原作用之平衡，同時降低細胞計畫性死亡 (apoptosis) 的風險和提高辨認具有細胞毒素的淋巴細胞 (cytotoxic lymphocytes) (Das, 2002; Gerber *et al.*, 1996; Huwyler *et al.*, 1985; Kahl *et al.*, 2002)。脂肪酸的化學結構只要有些微改變就會強烈影響齧齒類動物的腫瘤生長和抑制其生長，如 α -亞麻油酸 (α -linolenic acid) 與二十碳五烯酸 (eicosapentaenoic acid, EPA) 都有增強抑制癌症發生的機率 (Sauer *et al.*, 2000)。

(2) 細胞培養試驗

共軛亞麻油酸對於活體外的癌細胞株具有抑制生長的現象，如人類惡性黑色素腫瘤 (human malignant melanoma, M21-HPB)、直腸癌細胞 (colorectal cancer cells, HT-29) 及乳癌細胞 (breast cancer cells, MCF-7) (Shultz *et al.*, 1992)。Yotosumoto *et al.* (1999) 對於 HepG2 肝癌細胞株投予經過純化後含大量 t10,c12-共軛亞麻油酸異構物進行細胞培養，結果指出 t10,c12-共軛亞麻油酸可以顯著降低脂蛋白 B (apolipoprotein B) 分泌，進而達到抑制肝癌細胞之增生。Kim *et al.* (2005) 指出共軛亞麻油酸會抑制 5-脂氧合酶 (five-lipoxygenase metabolite, 簡稱 FLAP) 的代謝故降低 5-羥二十碳四烯酸 (5-hydroxyeicosatetraenoic acid, 簡稱 5-HETE) 生成進而達到降低哺乳動物中腫瘤細胞的生長。由於，脂氧合酶 (lipoxygenase) 代謝途徑，特別是 5-脂氧合酶 (5-lipoxygenase) 和 12-脂氧合酶 (12-lipoxygenase) 會造成腫瘤細胞增生且使數種型式的腫瘤細胞計畫性死亡 (apoptosis) 同時也增加心血管疾病的發生率 (Tong *et al.*, 2002 ; Titos *et al.*, 2003 ; Avis *et al.*, 2001)。

(二) 預防冠狀動脈粥狀硬化

許多研究都表示共軛亞麻油酸具有抗動脈粥樣硬化 (antiatherosclerosis) 的功能。Lee *et al.* (1994) 經由試驗組的兔子

餵飼高脂肪飼糧 (14 % fat)，處理組則含有 0.5g 共軛亞麻油酸，對照組則不含共軛亞麻油酸。經過 12 天之後發現餵飼共軛亞麻油酸的兔子在血中總膽固醇、低密度脂蛋白 (low density lipoprotein, LDL) 膽固醇及三酸甘油酯 (triglyceride, TG) 含量顯著低於對照組的兔子。持續餵食至 22 天後，發現餵飼共軛亞麻油酸的兔子，其大動脈發生動脈硬化的機率較對照組低。

反式單不飽和 (trans monounsaturated) 脂肪酸已經被證實可提高血漿中低密度脂蛋白 (low density lipoprotein, LDL) 膽固醇之含量以及降低高密度脂蛋白 (high density lipoprotein, HDL) 膽固醇之含量 (Katan *et al.*, 1995)。一般在動物實驗中所用的共軛亞麻油酸異構物主要為 cis-9,trans-11 C18 : 2 及 trans-10, cis-12 C18 : 2，此兩者均含有一個反式結構的雙鍵。因此由這一特質用來決定共軛亞麻油酸是否具有影響血中膽固醇及動脈硬化發生的能力。Nicolosi *et al.* (1997) 利用大鼠來研究共軛亞麻油酸對粥狀動脈硬化的影響，餵飼大鼠添加含高膽固醇飼料 (對照組)、1.1% 亞麻油酸，或者另一實驗設計為高膽固醇飼糧中含有 0.06%、0.11% 及 1.1% 共軛亞麻油酸含對照組做比較，顯示三個共軛亞麻油酸處理組的總血清膽固醇會顯著下降 21-26%，而和亞麻油酸處理組比較會降低 8-14%。而在其他大鼠試驗也發現，以 cis-9,trans-11 C18 : 2 及 trans-10, cis-12 C18 : 2 混合餵飼，

以及單獨添加 trans-10, cis-12 C18:2 的飼糧，皆會降低血漿總膽固醇含量，但是單獨添加 trans-10, cis-12 C18:2 飼糧則沒有顯著的影響(de Deckere *et al.*, 1999)。

(三) 免疫系統的影響

研究發現動物餵食共軛亞麻油酸可以有效增加免疫功能(Cook *et al.*, 1993 ; Miller *et al.*, 1994)，之後更進一步發現共軛亞麻油酸對幼鼠 (young rats) 扮演著生長因子的角色 (Chin *et al.*, 1994)。Pariza (1999) 指出共軛亞麻油酸具有抑制脂質之過氧化作用、抑制前列腺素 E₂ 產量，因此有促進免疫的效果。例如當遭受外傷時，免疫系統會遭受到某個程度上的抑制，身體大部份能量會優先進行傷口癒合以降低進一步的感染，之後在逐漸轉移至免疫系統 (Hensler *et al.*, 1997)。目前為止共軛亞麻油酸是唯一同時具備增強免疫系統及抵抗因免疫刺激的分解效應 (catabolic effects) 之飲食因子，因此可藉由共軛亞麻油酸來改善健康。

免疫刺激過程中，免疫系統的細胞會和抗原交互作用，並釋放細胞質傳導訊息以促成免疫反應，在這些細胞中，最重要的兩介體分別是腫瘤壞死因子- α (tumor necrosis factor- α , 簡稱 TNF- α) 及介白素-1 (interleukin-1, 簡稱 IL-1)。TNF- α 與 IL-1 是誘發自我分解最重要的兩個細胞介質，在防禦過程中扮演了關鍵性的角色及改變養分的

利用，產生免疫細胞的許多效應包括發炎反應，並誘發骨骼肌的降解和降低合成，其中 IL-1 便是藉由誘發前列腺素 E₂ (prostaglandin E₂, 簡稱 PGE₂) 的釋放，進而促進骨骼肌的降解 (Goldberg *et al.*, 1984)。

由膳食攝入體內的亞麻油酸 (linoleic acid, 簡稱 LA) 會經去飽和作用 (desaturation) 和鏈延長作用 (elongation) 形成花生四烯酸 (arachidonic acid, C_{20:4})，而在受到細胞質訊息刺激後，花生四烯酸酯 (arachidonate) 便會在磷脂質上截切下來，然後經由環氧化 (cyclooxygenase) 的路徑轉化成 (PGE₂)。

(四) 體脂肪的調節

除了在免疫方面扮演的角色外，研究人員也發現，不同處理組間的食物攝取量有差異。現今已非常明瞭共軛亞麻油酸在生理上具有改變身體組成的功能。飼糧中添加 0.5% 共軛亞麻油酸餵食 6 週大小鼠 5 週後，發現體脂肪相對於瘦肉組織會降低，且是脂肪細胞之容積縮減而非脂肪細胞數 (Park *et al.*, 1999)，證明共軛亞麻油酸可以對脂肪細胞與骨骼肌細胞產生影響，脂肪細胞是身體儲存脂肪的地方而骨骼肌細胞是脂肪氧化代謝之處。另一實驗亦指出共軛亞麻油酸餵食豬也有相同的結果 (Dugan *et al.*, 1997)。此外共軛亞麻油酸添加到小鼠 3T3-L1 脂肪細胞進行細胞培養，結果顯示脂蛋白脂肪 (lipoprotein lipase, 簡稱 LPL) 活性會隨共軛亞麻油酸添加量的增加而呈線性減

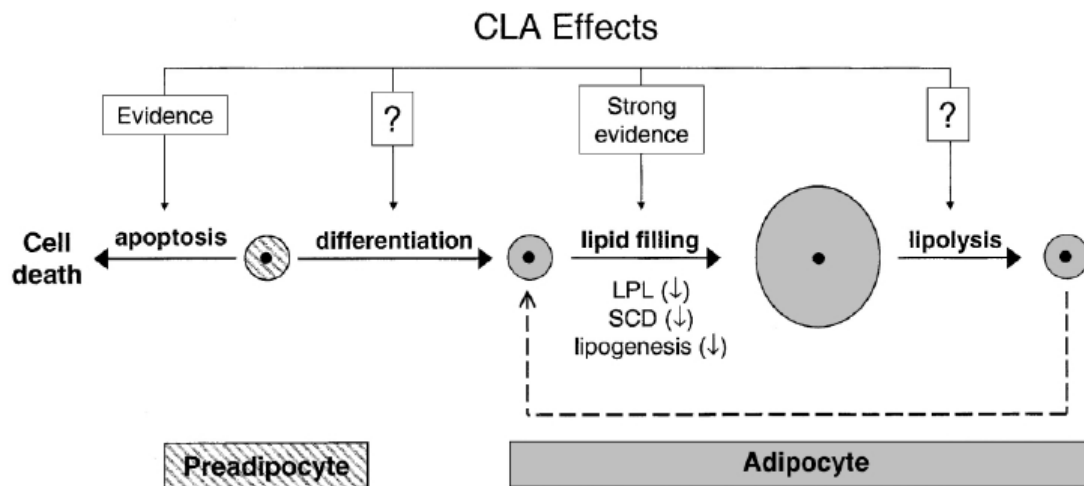
小，進而降低脂肪酸被脂肪細胞吸收 (Park *et al.*, 1997)，由此證明共軛亞麻油酸具有促進脂肪酸分解 (lipolysis) 的能力。

(1) 脂肪細胞

以 trans-10,cis-12 之共軛亞麻油酸 (CLA) 異構物而言，具有減緩脂蛋白脂肪 (Lipoprotein lipase, 簡稱 LPL) 活性 (Park *et al.*, 1997 ; Park *et al.*, 1999) 與硬脂醯輔酶 (Stearoyl-CoA desaturase, 簡稱 SCD) 活性 (Lee *et al.*, 1998 ; Choi *et al.*, 2000 ; Bretillon *et al.*, 1999 ; Park *et al.*, 2000)。Park *et al.* (2000) 雖然証實 trans-10,cis-12 共軛亞麻油酸具有抑制硬脂醯輔酶 (SCD) 活性 (如圖三)，如圖三所示 trans-10,cis-12 共軛亞麻油酸 (CLA) 具有雙向抑制的活性，分別在脂肪細胞

(adipocyte) 期間的脂肪細胞吸收 (lipid filling) 具有抑制硬脂醯輔酶 (SCD) 及脂蛋白脂肪 (LPL) 活性，因此脂肪生成 (lipogenesis) 率降低；在前脂肪細胞 (preadipocytes) 階段，trans-10,cis-12 共軛亞麻油酸 (CLA) 會抑制細胞計畫性死亡 (apoptosis) 減緩細胞的死亡週期，達到預防癌細胞產生，但是並沒有很充分的資料詳細描述其機制途徑。trans-10,cis-12 共軛亞麻油酸 (CLA) 抑制脂蛋白脂肪 (LPL) 活性也不是很明瞭，近年來亦證實是異構物的結構造成抑制硬脂醯輔酶 (SCD) 及脂蛋白脂肪 (LPL) 活性，而不是共軛亞麻油酸 (CLA) 異構物之代謝物所產生的抑制效果。

科學家證實幼畜經餵食共軛亞麻油酸 (CLA) 後具有降低體脂肪的吸收促進脂肪細胞縮小 (West *et al.*, 1998 ; Dugan *et al.*, 1999 ; DeLany *et al.*, 1999 ; Ostrowska *et al.*, 1999 ; Stangl, 2000) , Schoenherr *et al.* (1999) 在成犬 (adult beagles) 飼糧中添加共軛亞麻油酸餵食一段時間其數據顯示並不能夠降低體脂肪含量, 但是能夠有效阻礙脂肪細胞再繼續膨大, 因此任意攝取含有共軛亞麻油酸 (CLA) 食品皆能夠有效限制卡路里在體內的吸收。亦有相似的結果在 Zambell *et al.* (2000) 的研究, 成年女子給予共軛亞麻油酸 (CLA) 膠囊也發現無法降低體脂肪重量。因此我們預期服用共軛亞麻油酸可以有減緩脂肪細胞吸收脂肪酸, 但是對於脂肪細胞中共軛亞麻油酸促進脂質分解作用將游離脂肪酸釋出的能力是微乎其微 (圖三)。脂肪細胞並不是存在於特定組織中, 在體內脂肪細胞存在的地方是視脂肪細胞功能而定。Buisson *et al.* (2000) 餵食 40% 共軛亞麻油酸 (CLA) 於成熟的雄鼠與雌鼠, 發現共軛亞麻油酸 (CLA) 無法抑制脂肪細胞增大。因此由圖三可以了解, 在特殊情況-脂肪含量極端多的時候給予共軛亞麻 (CLA) 油酸具有降低體脂肪重量。

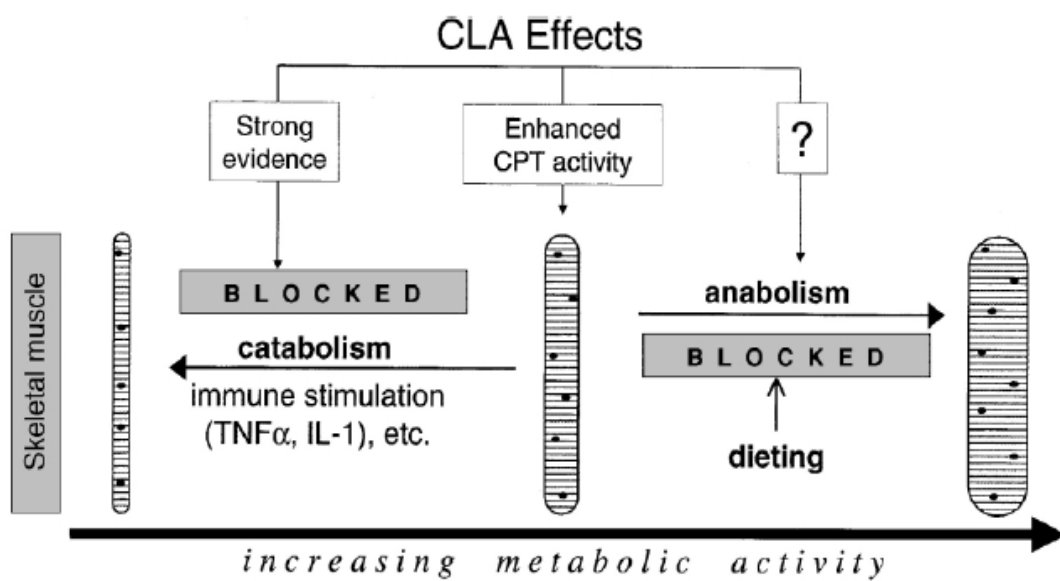


圖三、trans-10,cis-12 共軛亞麻油酸在脂肪細胞 (adipocytes) 與前脂肪細胞 (preadipocytes) 形成之間的機制。

Fig.3. A model for the effects of trans-10,cis-12 CLA on adipocytes and preadipocytes. (Pariza *et al.*, 2001)

(2) 骨骼肌

小鼠餵飼共軛亞麻油酸 (CLA) 具有提高其骨骼肌中棕櫚醯基轉移酶 (carnitine palmitoyltransferase, 簡稱 CPT) 的活性進而促進 β -氧化作用 (β -oxidation) 來增加骨骼肌中脂肪的代謝, 並可增加全身蛋白質之生成 (Park *et al.*, 1997)。在小鼠 (Azain *et al.*, 2000; Stangl, 2000)、豬 (Dugan *et al.*, 1999; Ostrowska *et al.*, 1999) 及人類 (Atkinson *et al.*, 1999) 給予共軛亞麻油酸試驗中顯示都具有增加瘦肉率。Pariza *et al.* (2000) 指出共軛亞麻油酸 (CLA) 具有調節免疫功能中的腫瘤壞死因子- α (tumor necrosis factor-alpha, TNF- α)、介白素-1 (interleukin-1, IL-1) 及細胞介素 (cytokines) 而造成骨骼肌的分解代謝 (catabolism)。因此, 就生理學觀點而言 (如圖四), 共軛亞麻油酸具有提高瘦肉率、增加免疫功能及影響生物化學機制。



圖四、共軛亞麻油酸在骨骼肌中的影響機制。

Fig. 4. Model for the possible effects of CLA on skeletal muscle cell.

(Pariza *et al.*, 2001)

(五) 促進生長

Cook *et al.* (1993) 認為，共軛亞麻油酸 (CLA) 可降低內毒素所造成的生長障礙，因而促進生長。Giuseppe Bee. (2000) 對於懷孕母豬投予含 2% 共軛亞麻油酸 (CLA) 以及 2% 亞麻油酸添加於飼料中，在乳豬出生後持續餵食母豬飼料配方至斷奶，並給予相同飼料配方餵食乳豬 70 天後犧牲取組織樣本分析。結果顯示餵飼共軛亞麻油酸 (CLA) 組之乳豬體型、屠後畜體及飼料攝取率均較餵食亞麻油酸組為佳，表現出生長促進之效果，此外共軛亞麻油酸 (CLA) 餵食乳豬之脂肪組織飽和程度較高，顯示出調節 Δ -9 去飽和酶活性 (Δ -9 desaturases) 同時葡萄糖-6-磷酸去氫酶 (glucose-6-phosphate dehydrogenase, 簡稱 G6PD) 活性亦顯著提升，表示共軛亞麻油酸 (CLA) 有調節免疫強度之功效。

(六) 抗氧化作用

CLA 的產生和 LA 的自氧化反應以及抗氧化劑間之交互作用有關。抗氧化劑主要作用於 LA 自氧化反應起始期，當 LA 移去氫原子的同時，抗氧化劑便提供氫原子給 LA 自由基，避免 LA 進一步形成過氧化物，而 LA 的自由基在接受氫原子後，雙鍵位置可能會有所改變而形成較穩定之共軛雙鍵系統。然而，氫原子之提供，亦可使氫化反應進行，而造成 CLA 轉變為其他物質，如雙鍵酸 (monoenoic acid)

及硬脂酸，使 CLA 含量下降。研究指出，食物中共軛亞麻油酸 (CLA) 含量佔脂質 0.25% 時其抗氧化性最大，達到 1% 時對腫瘤生長的抑制最大 (Ip *et al.*, 1991)。雖然輻射照射能夠增加食品的保存期限 (Farkas, 1998)，但是由於輻射會產生自由基而促使脂質過氧化作用 (lipid peroxidation) 及產生化學變化 (chemical changes) 導致改變食品風味 (Branka *et al.*, 1992; Wong *et al.*, 1995)。與紅肉做比較，禽肉中多不飽和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acids, 簡稱 PUFA) 含量高且易因輻射而發生氧化作用。因此禽類在飼糧中添加共軛亞麻油酸 (CLA) 餵食，發現可以降低肉中多不飽和脂肪酸的濃度 (Du *et al.*, 1999; Meynier *et al.*, 1999)。有實驗指出餵食含有共軛亞麻油酸 (CLA) 之畜肉比控制組能減緩脂質氧化和揮發性物質產生並維持肉色鮮度。

四、共軛亞麻油酸與加工之影響

Dugan *et al.* (1999) 指出豬於飼糧中添加 2% 共軛亞麻油酸 (CLA) 肥育 45 天，並不會影響肉質的可口性。產品加工方式及環境皆會對其共軛亞麻油酸 (CLA) 含量產生影響，如熟成 (ripening; aging)、熱處理... 等。

- (1) 熱處理：生碎牛肉中共軛亞麻油酸 (CLA) 含量約佔總脂質的 0.205%，經煎烤後共軛亞麻油酸 (CLA) 量增加至 0.929% (Ha *et al.*, 1989)。Ha *et al.* (1989) 又提到鮮乳之殺菌過程亦會影響

共軛亞麻油酸 (CLA) 含量：全脂生乳中共軛亞麻油酸 (CLA) 含量約為總脂質之 0.083%，經殺菌處理後含量降為 0.071%。製造乾酪方面，以不同溫度製造乾酪在大氣之下，其共軛亞麻油酸 (CLA) 含量會隨著溫度上升成正比關係，其中 90°C 下製造的乾酪內含有共軛亞麻油酸 (CLA) 量達 0.52°C (Shantha *et al.*, 1992)。但是，Chin *et al.* (1992) 實驗並未發現熱處理會對共軛亞麻油酸 (CLA) 含量有顯著影響。

- (2) 微生物發酵作用：研究發現發酵乳中含有的共軛亞麻油酸 (CLA) 含量高於原料乳 (Chin *et al.*, 1992; Ha *et al.*, 1989; Wermer *et al.*, 1992)，『Dahi』為印度民族食用之酸凝酪食品，比原料乳含有更多共軛亞麻油酸 (CLA) 含量。Lin *et al.* (1999) 亦提出將 *L. bulgaricus* 萃取亞麻油酸異構酶分別於 50°C，pH4.5、pH6.0 與 pH7.5 環境下，與亞麻油酸反應 10 分鐘後，以 GC 進行分析。結果發現萃取液具有亞麻油酸異構酶活性，能將亞麻油酸轉變成共軛亞麻油酸異構酶活性。其中以 pH6.0 處理組經異構化反應生成之 c-9,t-11-/t-9,c-11 CLA 含量最高，分別為 28.47 與 10.42μg，顯示此亞麻油酸異構酶萃取液最適當之反應 pH 值為 6.0。此外，以 100 KD 透析膜分離此酵素萃取液，發現大於 100 KD 之收集液具酵素活性，且其活性顯著高於未

經透析之處理組。

- (3) 熟成 (ripening : aging) : 乾酪在 4~8 週熟成期間，亞麻油酸逐漸轉變為共軛亞麻油酸 (CLA)，使得共軛亞麻油酸 (CLA) 含量逐漸增加，若繼續熟成則共軛亞麻油酸 (CLA) 會進行氧化，熟成時間若超過十個月，則共軛亞麻油酸 (CLA) 會降至最低 (Chin *et al.*, 1992)。
- (4) 加工處理環境中若提供較多氫離子，則有助於雙鍵 (double bond) 的形成，如在大氣中製造乾酪，由於獲得氫離子較多，故當溫度加熱高於 80°C 以上時，其產品中共軛亞麻油酸 (CLA) 含量比在氮氣加工環境為高 (Shantha *et al.*, 1992.)。
- (5) 亞麻油酸氧化作用可加速亞麻油酸自由基的產生，進而促進雙鍵位置改變形成一共軛系統 (Cawood *et al.*, 1983 ; Ha *et al.*, 1989)。
- (6) 蛋白質的品質影響共軛亞麻油酸的產生 (Garcia-Lopez *et al.*, 1994) : 乾酪的製造，乳清蛋白的添加能提高成品中共軛亞麻油酸量 (Shantha *et al.*, 1992) ; 添加 6% 濃縮乳清之 Cheese Whiz™，其共軛亞麻油酸 (CLA) 生成量比未添加之產品多三分之一，原因為乳清蛋白之乳球蛋白與乳白蛋白能與共軛亞麻油酸結合，防止再進行異構化或進一步之氧化作用，進而提高

共軛亞麻油酸 (CLA) 在加工過程中之穩定性 (Chin *et al.*, 1992)。此結果與 Colbert *et al.* (1991) 提出分子量介於 500~5,000 之間的乳清蛋白，可以提供烷基自由基 (alkyl radical)，使亞麻油酸 (LA) 氧化作用被阻斷，而轉變成較穩定的共軛脂肪酸，使得共軛亞麻油酸 (CLA) 生成量增加之論點相符。此外共振可穩定共軛亞麻油酸所形成的自由基，進而形成共軛雙鍵系統，然而蛋白質提供了共振所需之氫原子，故對於共軛亞麻油酸穩定性之上升，亦有助益 (Ha *et al.*, 1989)。

- (7) 脂質的影響：當原料之中性脂質含量高時，產品中共軛亞麻油酸脂含量也較高，如脫脂乳所含之極性脂質 (polar lipid) 較全脂乳高，因此脫脂乳製成之酸凝酪所含 CLA 量，亦較全脂乳製成之酸凝酪之 CLA 量高 (Shantha *et al.*, 1995)。此乃因為原料乳中的中性脂質含量高時，脂質異構化現象較容易發生所致，總歸而言使用脫脂乳粉可以促進優酪乳共軛亞麻油酸含量上升。同時脂質的分布、移去水溶性抗氧化劑 (Colbert *et al.*, 1991)、固/液態脂質的比值、及脂肪球之物理性狀 (Shantha *et al.*, 1995) 皆會影響產品中共軛亞麻油酸的含量。

表一、不同產品中共軛亞麻油酸的含量

Table 1. Conjugated linoleic acid content of various foods.

Food	mg/g fat	food	mg/g fat
Dairy products		Meats/Fish	
Homogenized milk	5.5	Fresh ground beef	4.3
2% milk	4.1	Veal	2.7
Butter fat	6.1	Lamb	5.8
Condensed milk	7.0	Pork	0.6
Cultured buttermilk	5.4	Chicken	0.9
Butter	4.7	Fresh ground turkey	2.6
Sour cream	4.6	Salmon	0.3
Ice cream	3.6	Egg yolk	0.6
Low-fat yogurt	4.4		
Custard style yogurt	4.8	Vegetable oils	
Plain yogurt	4.8	Safflower oil	0.7
Frozen yogurt	2.8	Sunflower oil	0.4
Medium cheddar	4.1		
American processed	5.0		

(MacDonald , 2000)

五、影響乳脂中共軛亞麻油酸之因素

(一) 動物品種與年齡

食物中之共軛亞麻油酸主要來源包括動物性與植物性製品，人類可由攝食多種肉類食品來獲得，其中以反芻動物食品含量較高，一般而言，羊肉含共軛亞麻油酸量最多，約 4.3~19.0 mg/g lipid，其次為牛肉約為 1.2~10.0 mg/g lipid，食肉中如豬肉、雞肉及馬肉其共軛亞麻油酸量小於 1 mg/g lipid。火雞肉中含有的共軛亞麻油酸量高達 2~2.5 mg/g lipid，其原因並不清楚 (Chin *et al.*, 1992; Fritsche *et al.*, 1998)。有些資料顯示不普遍被人類攝食的肉種亦含有豐富共軛亞麻油酸，如麋鹿其共軛亞麻油酸量為 1.3~2.1 mg/g lipids、野牛含量為 2.9~4.8 mg/g lipids、水牛含量為 1.83 mg/g lipids 及 zebu-type cattle 含量為 1.47 mg/g lipids (de Mendoza *et al.*, 2005; Rule *et al.*, 2002)。我們可以發現在所有肉製品中大袋鼠的脂肪組織中含有共軛亞麻油酸特別高，為 38 mg/g lipids (Engelke *et al.*, 2004)。Ma *et al.* (1999) 研究牛肉中含有共軛亞麻油酸最少，為 1.2~3.0 mg/g lipids (表二)。大部份科學家研究共軛亞麻油酸含量只針對 cis-9, trans-11 C18:2 來做探討 (Dufey, 1999; Fritsche *et al.*, 1998; Knight *et al.*, 2004; Ma *et al.*, 1999; Raes *et al.*, 2003; Wachira *et al.*, 2002)，那是因為 cis-9, trans-11 C18:2 佔總共軛亞麻油酸 80% (Fritsche *et al.*, 1998)。

表二、共軛亞麻油酸在不同肉製品的含量。

Table 2. Mean CLA content in various raw meats.

Reference	Lamb	Beef	Veal	Pork	Chicken	Turkey	Horse
(in mg/g fat)							
Chin et al. (1992)	5.6	2.9-4.3	2.7	0.6	0.9	2.5	
Shantha et al. (1994)		5.8-6.8					
Dufey (1999)	11.0	3.6-6.2		0.7			0.6
Ma et al. (1999)		1.2-3.0					
Raes et al. (2003)		4.0-10.0					
Badiani et al. (2004)	4.32						
(in mg/g FAME)							
Fritsche et al. (1998)	12.0	6.5		1.2/1.5	1.5	2.0	
Rule et al. (2002)		2.7-5.6			0.7		
Wachira et al. (2002)	8.8-10.8						
Knight et al. (2004)	19.0						

FAME = fatty acid methyl ester.

(Schmid *et al.*, 2006)

(二) 季節與放牧

大多數的試驗中，餵飼新鮮牧草被認為是提升乳脂中共軛亞麻油酸含量最有效的方法。Riel (1963) 指出，除了品種及動物年齡外，牧草品質及季節變化均會影響牛乳中共軛亞麻油酸含量。Jahreis *et al.* (1997) 實驗中比較放牧牧場及全年都餵飼發酵飼糧的圈飼牧場之共軛亞麻油酸含量變化，其結果顯示放牧牛隻的乳中共軛亞麻油酸含量明顯較圈飼牛隻高，導致放牧乳牛生產較高量 CLA 牛乳的主要原因應是其所採食的新鮮牧草含有豐富的多不飽和脂肪酸所致。

Chouinard *et al.* (1998) 以早穗期 (early heading)、開花期 (flowering) 及第二次收割期 (second cutting) 三個不同成熟階段之梯牧草 (timothy) 採收製成之青貯料，餵飼牛隻觀察乳汁中 CLA 含量之影響，結果發現各期青貯料對 CLA 產量之結果不同，以早穗期採收製成之青貯料處理組為 11.4 mg CLA/g fat 較佳，第二次收割期青貯料處理組為 8.1 mg CLA/g fat，而開花期青貯料處理組則為 4.8 mg CLA/g fat。

(三) 飼糧與配方

原料之組成、化學成分及物理性狀均會影響瘤胃中微生物對於脂肪分解及氫化作用，且反芻動物由於瘤胃微生物的作用使得肌肉中飽和脂肪酸含量高於單胃動物 (Enser *et al.*, 1998)，因此藉由給予反芻

動物不同種類飼料具有改變肌肉中儲存脂肪酸種類 (Givens *et al.*, 2000)。一般而言，共軛亞麻油酸含量與肌肉中脂肪含量有相互關係 (Raes, *et al.*, 2004)。Gerson *et al.* (1985) 研究指出，以穀物取代牧草時，會降低脂肪分解及氫化作用的速率。由於共軛亞麻油酸係亞麻油酸經過瘤胃微生物分泌之酵素予以異構化所形成，導致飼糧中所含脂肪酸之種類與含量影響乳中 CLA 量的重要因子。Dhiman *et al.*

(1996) 試驗顯示，餵飼牛隻分別含有 1/3、2/3 及 3/3 牧草的日糧，所得到的含量介於 8.4~22.7 mg/g fat，其中以牧草作為全部飼糧的處理組所得之 CLA 含量最高。而在同一個試驗中，亦比較了高油脂玉米青貯料與一般玉米青貯料對乳中 CLA 含量之影響，其結果顯示兩者所得之 CLA 含量並無顯著差異，分別為 4.0 mg/g fat 與 3.7 mg/g fat。由此證實乳牛飼養管理能營造不同的瘤胃環境，而導致脂肪酸的氫化環境有所差異，致使 CLA 含量產生差異。由此證實某種飼料添加會正面影響脂質中共軛亞麻油酸的含量。

(1) 油籽與共軛亞麻油酸關係 (feeding of oilseeds)

飼料中添加油籽已經被證實能有效增加肉中共軛亞麻油酸的含量，但是並不是所有的油籽都有相同的效果。Casutt *et al.* (2000) 針對 Brown Swiss 公牛在飼料中添加葵花油、菜籽油及亞麻籽 (sunflower oil, rape oil, and linseed) 肥育一段時間後，結果顯示控制組在肌肉中

共軛亞麻油酸量為 5.6 mg/g FAME，添加葵花油組能有效增加其濃度，為 7.8 mg/g FAME，添加亞麻籽組並不會促進濃度增加（5.5 mg/g FAME），添加菜籽油組會降低肉中濃度（4.6 mg/g FAME）。其它研究也證實在飼料中添加葵花油確實會增加肉中共軛亞麻油酸濃度（Santos-Silva *et al.*, 2003）。此外文獻指出羊飼料中添加葵花油、亞麻籽及紅花籽都會增加肌肉中共軛亞麻油酸濃度，Kott *et al.*（2003）羊飼料中添加 6%紅花籽經過肥育後，結果顯示里肌肉中共軛亞麻油酸含量在紅花籽的添加有顯著增加為 9.0 mg/g FAME（控制組: 4.1 mg/g FAME），與 Bote *et al.*（2002）試驗結果相同。粗萃取大豆油添加於雜種閩公牛飼料中具有增加肌肉中共軛亞麻油酸含量，Mardron *et al.*（2002）飼料中分別添加 0%、含有 12.7%大豆和 25.6%肥育結果顯示在只在飼料中添加含有 25.6%脂質大豆能有效增加肉中共軛亞麻油酸堆積（25.6% soybeans: 7.7 mg/g FAME; 12.7%soybeans: 6.9 mg/g FAME; control: 3.7 mg/g FAME）。另外在羊飼料中添加 20%及 42%鷹嘴豆（chick-peas）來取代大豆粕及玉米，結果顯示雞豆亦會增加里肌肉中共軛亞麻油酸濃度（control:4.9 mg/g FAME; 20% chickpeas: 8.5 mg/g FAME; 40% chickpeas:8.9 mg/g FAME）（Priolo *et al.*, 2003）。在牛飼料中添加葵花籽或大豆經過肥育後，比較牛奶中增加共軛亞麻油酸濃度與肉中含量，其兩者相關性低（Collomb *et al.*,

2004; Dhiman *et al.*, 2000; Lawless *et al.*, 1998), 可能是肌肉間共軛亞麻油酸堆積速率比在牛脂慢或者是油籽的添加量不足。一般而言, 羊奶及牛奶中含有 cis-9, trans-12 共軛亞麻油酸含量很低 (Raes *et al.*, 2004), 但在肉中濃度會增加 (Aharoni *et al.*, 2004), 由於油籽中富含亞麻油酸的添加, 如紅花籽及葵花籽, 皆會有效增加反芻動物肉中共軛亞麻油酸濃度。飼料中油籽攝食不僅增加共軛亞麻油酸量亦會改變脂肪組織中脂肪種類比率, 如提高 C18:1, C18:2 和 C18:3 濃度, 同時不飽和脂肪酸經瘤胃微生物氫化促使組織中飽和脂肪酸增加 (Casutt *et al.*, 2000)。

(2) 蔬菜油與共軛亞麻油酸關係 (feeding of vegetable oils)

飼料中添加蔬菜油與油籽相同, 皆會影響共軛亞麻油酸濃度。牛飼料中添加 0%、3%和 6%葵花油肥育, 結果顯示皆會增加里肌肉中共軛亞麻油酸含量, 分別為 2.0 mg/g lipid、2.6 mg/g lipid 和 3.5 mg/g lipid (Mir *et al.*, 2003), 此外在羊飼料中添加 6%葵花油會導致肌肉間共軛亞麻油酸增加 (Ivan *et al.*, 2001)。油菜籽油 (rapessed oil) 與未壓榨油菜籽 (whole rapeseed) 添加於飼料結果在組織內都未有增加共軛亞麻油酸濃度 (Stasiniewicz *et al.*, 2000; Strzetelski *et al.*, 2001; Szumacher-Strabel *et al.*, 2001)。在飼料中添加大豆油來探討儲存於組織內共軛亞麻油酸濃度, 其結果都不盡相同。Beaulier *et al.* (2002)

於小母牛玉米飼料中添加 5%大豆油肥育，其牛肉中不會影響 cis-9, trans-11 共軛亞麻油酸比例，但在後腿肉與前腿肉可以發現 trans-10, cis-12 共軛亞麻油酸含量增加，此作者並未說明為何分析部位不一致。

Griswold *et al.* (2003) 於牛飼料中添加 4%大豆油和控制組，比較添加 4%大豆油和控制組發現，添加 4%大豆油的組別其組織中共軛亞麻油酸含量較低 (control: 3.1 mg/g FAME; 4%soybean oil: 2.5 mg/g FAME)，此作者又另做一實驗，於牛飼料分別添加 4%和 8%大豆油實驗觀察，添加 8%大豆油有增加組織中共軛亞麻油酸濃度 (4%soybean oil: 2.8 mg/g FAME; 8%soybean oil: 3.1 mg/g FAME)。

Santos-Silva *et al.* (2004) 於羊乾草飼料中添加 8%大豆油與控制組做比較發現，8%大豆油組別在羊里肌肉含有共軛亞麻油酸量顯著高於控制組，分別為 8%大豆油 23.7 mg/g FAME；控制組為 5.5 mg/g FAME。

Mir *et al.* (2000a) 於羊飼料中添加 6%紅花油 (safflower oil) 亦會增加組織中共軛亞麻油酸堆積。反芻動物飼料添加多不飽和脂肪酸之蔬菜油會因為瘤胃微生物異構化及氫化作用而影響組織共軛亞麻油酸濃度，如果某脂質會抑制瘤胃微生物異構化及氫化作用則共軛亞麻油酸量並不會內生性增加，因為共軛亞麻油酸之前驅物沒有活性可言。除此之外，在反芻動物飼料中添加蔬菜油成本高於種子 (seeds)，而且蔬菜油易產生氧化作用，Aharoni *et al.* (2005) 在公

牛飼料中添加大豆油與黃豆做比較，結果發現添加黃豆的飼料比添加大豆油能有效增加 20% 共軛亞麻油酸於組織中，而且飼料添加黃豆能使組織中含較高多不飽和脂肪酸（PUFA）及含量較低的飽和脂肪酸（SFA）及單不飽和脂肪酸（MUFA），這有可能是因為黃豆粉具有抵抗瘤胃中微生物過度氫化而產生抑制共軛亞麻油酸生成（Casutt *et al.*, 2000; Scheeder. 2004），因此選擇種子的添加或許會比經粹取之油脂來的好。

（3）魚油與共軛亞麻油酸關係（feeding of fish oil）

飼料中添加魚油也會增進組織內共軛亞麻油酸的堆積。Enser *et al.*（1999）在閩公牛飼料中添加魚油肥育後，里肌肉中共軛亞麻油酸濃度會由 3.2 mg/g FAME 提升至 5.7 mg/g FAME，但是亞麻籽的添加能更有效增加促使共軛亞麻油酸在里肌肉內儲存。另實驗在羊飼料中添加魚油並不會增加體內共軛亞麻油酸含量（控制組：10.0 mg/g FAME; fish oil 組：11.0 mg/g FAME），但是亞麻籽也具有顯著的效果（Wachira *et al.*, 2002）。但是若是在飼料中添加混合魚油和亞麻籽餵食小羊，結果意外發現它會比只添加亞麻籽來得顯著增加其濃度（Demirel *et al.*, 2004）。魚油的添加少數資料顯示會增加共軛亞麻油酸濃度其原因並不清楚，但是在含有少量亞麻油酸、次亞麻油酸或多量 n-3 長碳鏈脂肪酸情況下會抑制瘤胃微生物異構化和氫化之活性，

因此減少共軛亞麻油酸或順式一油酸 (trans-vaccenic acid)，因此魚油中富含 n-3 長碳鏈脂肪酸會阻礙亞麻油酸及次亞麻油酸氫化反應或者抑制 Δ 9-去飽和酶活性 (Raes *et al.*, 2004)。Chow *et al.* (2004) 說明魚油會增進反芻動物體內順式一油酸堆積而抑制了硬脂酸的形成。魚油的添加會增加肌肉組織中 n-3 長碳多不飽和脂肪酸濃度，那是因為魚油富含二十碳五烯酸 (eicosapentaenoic, EPA) 和二十二碳六烯酸 (docosahexaenoic, DHA)，EPA 和 DHA 會阻礙微生物氫化作用，因此會堆積在脂肪組織 (Raes *et al.*, 2004; Scheeder, 2004)。總而言之，牛和羊在青草的餵食或亞麻油酸、次亞麻油酸的添加來達到提高共軛亞麻油酸之效果比添加魚油來得優。

參、材料與方法

材料與方法

一、動物飼養與管理

本試驗所用羊隻來源是由行政院農委會畜產試驗所，台東總畜繁殖場負責飼養。選用 15 頭，年齡在 9~12 個月的努比亞 (Nubian) 闖公羊，以圈飼的形式進行肥育，將 15 頭努比亞闖公羊分配在三組添加不同含量大豆油之處理進行試驗，且每組試驗處理間羊的初始重量總平均為 40 kg，肥育時間為 2~3 個月，使每組試驗處理間羊的總平均重量為 60 kg。試驗日糧依照 NRC (2001) 推薦山羊營養維持需要量並滿足其維生素與礦物質需求，調配成三種不同處理之完全混合日糧 (total mixed ration, TMR) 如下：①添加 0%大豆油，此組為對照組 ②精料中添加 2.5%大豆油 (soybean oil) ③精料中添加 5%大豆油 (soybean oil)。各組之完全混合日糧配方組成及精料配方列於表二。TMR 於每日 9:00、15:00 各配製一次，每二週紀錄體重。待羊體重平均達 60 kg 後，於台東肉品屠宰場依屠宰程序進行，宰殺完在 4°C 下預冷 12 小時後進行分切，取下第 12 肋骨後與髖股前之部位，以冷凍車迅速運送到本實驗室儲藏於-20°C 冷凍庫待分析，本試驗採 5 批進行實驗及化學分析，以下敘述之。

表三、實驗之飼糧配方

Table 3. Composition of experimental diets. (%)

Ingredients	0% (control)	2.5%	5%
Burmuda grass	30.00	30.00	30.00
corn	55.70	52.80	49.80
Soybean meal	13.10	13.50	14.00
Soybean oil	0.00	2.50	5.00
diphosphate	0.40	0.40	0.40
calcium carbonate	0.40	0.40	0.40
salt	0.20	0.20	0.20
mineral	0.20	0.20	0.20
total	100.00	100.00	100.00
ND,%	75.70	77.90	80.10
CP,%	13.80	13.80	13.80
ADF,%	13.50	13.40	13.30
NDF,%	29.30	29.00	28.70
NSC,%	48.40	46.40	44.40
TEE,%	3.40	5.80	8.20
Ca,%	0.47	0.46	0.46
P,%	0.42	0.41	0.40

二、試驗設計

本實驗之設計分為實驗設計 A 與實驗設計 B 進行探討，

如圖五、圖六所示。

三、試驗方法

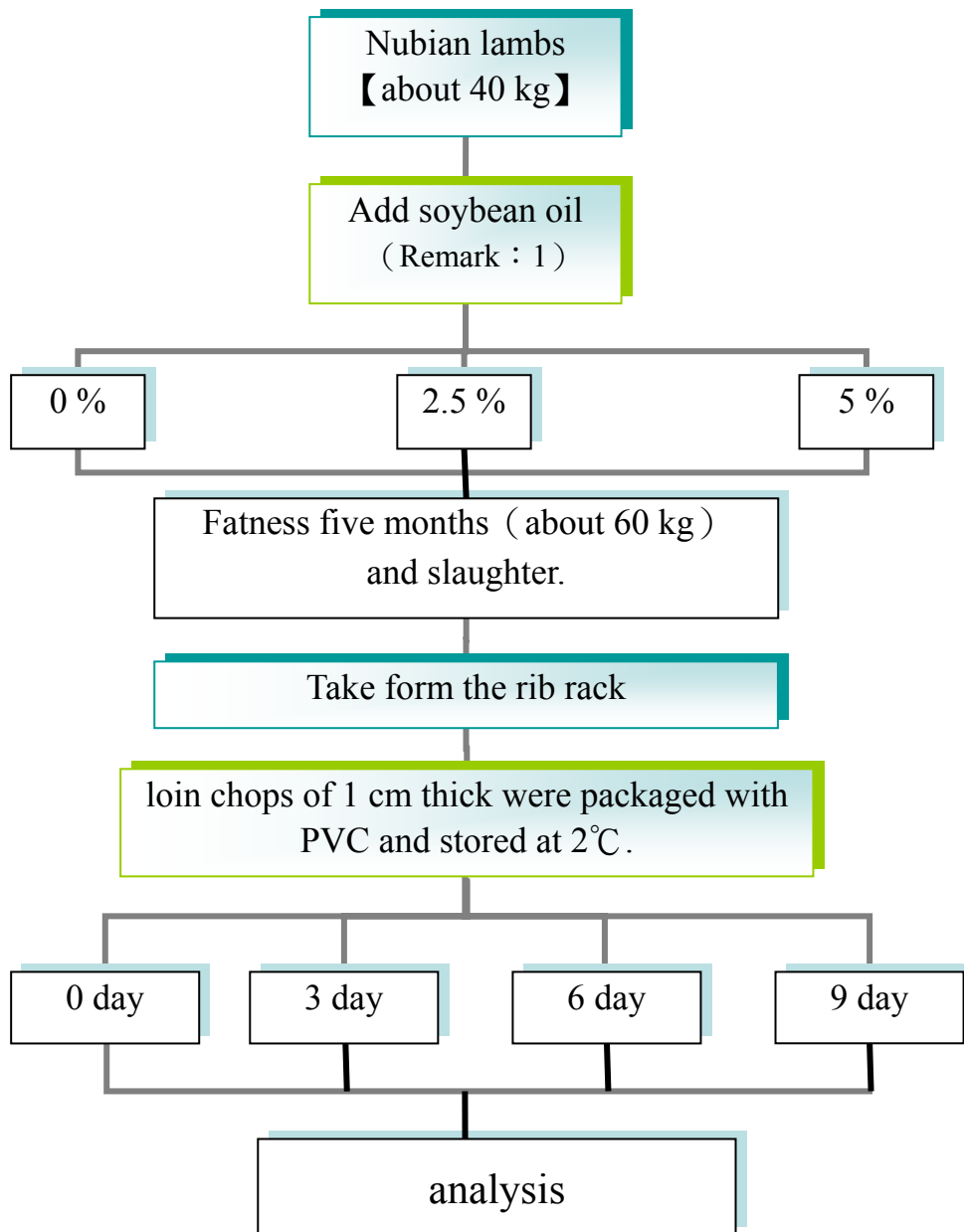
(1) 包裝材料

發泡生鮮盤 (polystyrene foam tray, 15cm × 9cm)，PVC 保鮮膜

(polyvinylchloride，三井化學株式會社，日本)。

(2) 分裝儲藏

本試驗採 5 批進行實驗及化學分析。每批試驗從各組中取一頭羊之分切部位，於 2°C 下解凍 48 小時後切取大里肌部份，再切成厚約 1cm 之肉排，平均每 3 片肉排放入發泡生鮮盤，以 PVC 進行包裝，在 2°C 恆溫培養箱下儲藏 0、3、6、9 天下進行分析。



圖五、實驗設計 A。

Fig. 5. Experimental design.

Remark : 1

根據 Dhiman *et al.* (2000) 指出反芻動物胃中的瘤胃微生物 (Butyrivibrio fibrisolvens) 將 C18 : 2 之亞麻油酸 (linoleic acid) 轉變成共軛亞麻油酸效率優於 C18 : 3 之次亞麻油酸 (linolenic acid)。

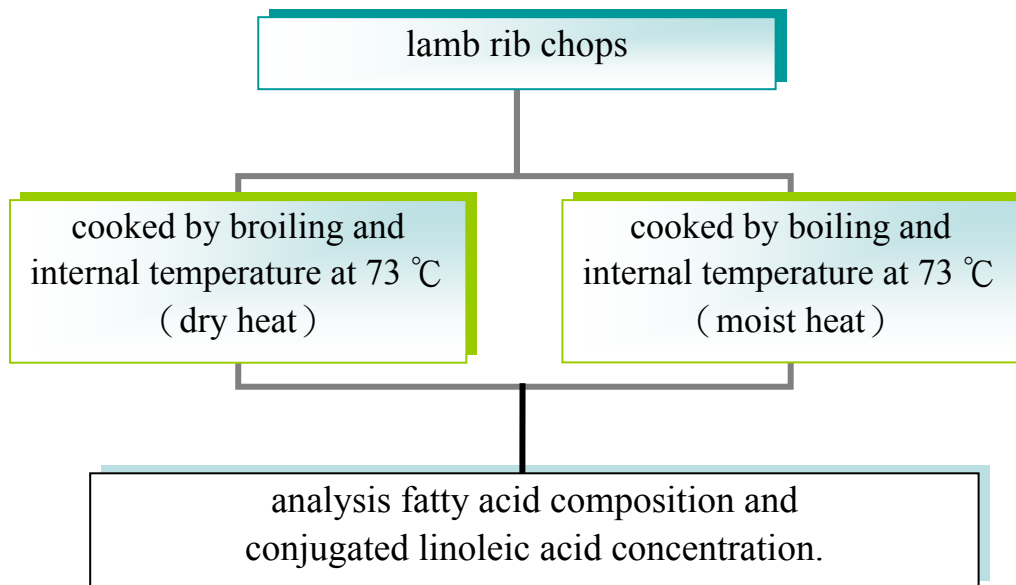
美國國家研究委員會 (National Research Council, NRC) 於 2001 年針對不同植物油脂肪酸組成進行分析 (表四)，其脂肪酸 C18:2 含量最多依序為紅花籽油、玉米油、亞麻仁油及黃豆油，分別為 74.1、58.0、51.5 及 51.0 g/100 g fat，在臺灣市面上普遍以大豆油銷售，因此以經濟成本為考量故本實驗之目的乃評估在飼糧添加富含亞麻油酸之大豆油對羊肌肉中存在的共軛亞麻油酸濃度之影響。

表四、不同植物油之脂肪酸組成。

Table 4. The fatty acid composition of different plant oil .(g/100 g fat)

Plant								other
oil	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	FAs
Rapeseed	--	4.8	0.5	1.6	53.8	22.1	11.1	6.1
corn	--	10.9	--	1.8	24.2	58.0	0.7	4.4
Cotton seed	0.8	22.7	0.8	2.3	17.0	51.5	0.2	4.7
flaxseed	--	5.3	--	4.1	20.2	12.7	53.3	4.4
Palm oil	1.0	43.5	0.3	4.3	36.6	9.1	0.2	5.0
peanut	0.1	9.5	0.1	2.2	44.8	32.0	--	11.3
Safflower seeds	0.1	6.2	0.4	2.2	11.7	74.1	0.4	4.9
gingili	--	8.9	0.2	4.8	39.3	41.3	0.3	5.2
soybean	0.1	10.3	0.2	3.8	22.8	51.0	6.8	5.0
Sunflower seed	--	5.4	0.2	3.5	45.3	39.8	0.2	5.6

(NRC, 2001)



圖六、實驗設計 B。

Fig.6. Experimental design.

四、探討分析項目

A、一般成分分析 (composition analysis)

1. 水分 (moisture content)

依據 A.O.A.C. (1991) 方法分析。

a) 儀器設備

- ① 熱風循環乾燥箱 (Risen,RUD-30L,台北,台灣)

b) 實驗步驟

- ① 將鋁盤作標記，放入 $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 熱風循環乾燥箱進行乾燥 2~3 小時，以鑷子夾取鋁盤移至玻璃乾燥器 (desiccator) 中冷卻 30 分鐘，此為達恆重之鋁盤備用。
- ② 稱取樣品 10 克放入已達恆重的鋁盤中，置入 $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 熱風循環乾燥箱乾燥 16~18 小時，以鑷子取出鋁盤放入玻璃乾燥器 (desiccator) 中冷卻至室溫後秤重，反覆秤重達恆重為止。

計算公式：

$$\text{水份 (\%)} = \frac{(W1 + W2) - W3}{W2} \times 100 \%$$

W1：樣品重 (g)

W2：鋁盤恆重重量 (g)

W3：鋁盤及樣品乾燥至恆重時的總重量 (g)

2. 灰分 (ash)

依據 A.O.A.C. (1991) 方法分析。

a) 化學試藥

- ① 稀鹽酸 (聯工化學廠股份有限公司, 新竹, 台灣)

b) 儀器設備

- ① 灰化爐 (N/5RL, Nabertherm, Germany)
- ② 熱風循環乾燥箱 (Risen, RUD-30L, 台北, 台灣)
- ③ 加熱板 (hot plate stirrer; CORNING, PC-351, U.S.A)
- ④ 玻璃乾燥器 (desiccator; COORS, U.S.A.)

c) 實驗步驟

- ① 坩鍋置於含有 10%稀鹽酸溶液中加熱 2 小時, 再將坩鍋置於灰化在 525°C 灰化 8 小時, 以鑷子夾取坩鍋置於玻璃乾燥器中冷卻至室溫備用, 此為達恆重之坩鍋。
- ② 稱取 5 g 試樣至已達恆重的坩鍋中, 放入熱風循環乾燥箱以 100 ± 2°C 乾燥 8 小時後, 再放置加熱板上加熱直到試樣無冒煙, 最後放於灰化爐中以 525°C 灰化 18 小時, 以鑷子夾取至玻璃乾燥器中冷卻 30 分鐘, 稱重並記錄之。

計算公式：

$$\text{灰分 (\%)} = \frac{W3 - W2}{W1} \times 100 \%$$

W1：樣品重量 (g)

W2：坩鍋恆重 (g)

W3：坩鍋及樣品灰化至恆重時的總重量 (g)

3. 粗脂肪 (cure fat)

根據 A.O.A.C. (1984) 方法分析。

a) 化學試藥

- ① 石油醚 (petroleum ether；島久藥品株式會社，大阪，日本)
- ② 沸石 (boilong stone, 林純藥工株式會社，大阪，日本)

b) 儀器設備

- ① 粗脂肪快速測定儀 (Tecator, Soxtec System HT6 Extraction Unit 1043 及 Service Unit 1046, HöGANÄS, Sweden)
- ② 玻璃乾燥器 (desiccator；COORS，U.S.A.)
- ③ 圓筒濾紙 (thimble；schleicher & Schuell，W. Germany)
- ④ 萃取杯 (extraction cup)

c) 實驗步驟

以秤量紙取樣品 5 g 放入圓筒濾紙內及萃取杯 (extraction cup) 加入 3~5 顆沸石，於 100°C 的熱風循環乾燥箱乾燥 1~2 小時後，萃取杯秤重後盛裝 2/3 容積的石油醚，以粗脂肪快速測定儀萃取脂肪酸，萃取完之萃取杯置於加熱板加熱至無味為止，最後將萃取杯放入玻璃乾燥器中冷卻 30 分鐘，秤重並記錄之。

計算公式：

$$\text{粗脂肪 (\%)} = \frac{(W3 - W2)}{W1} \times 100\%$$

W1：樣品重量 (g)

W2：萃取杯重量 (g)

W3：萃取杯及樣品乾燥至恆重時的總重量 (g)

4. 粗蛋白 (cured protein)

依據凱氏氮定量法 (Micro-Kjeldahl method) 分析。

a) 化學試藥

- ① 催化錠 (消化錠含 5 克 kaliumsulfat, K_2SO_4 和 5 毫克 selen Se, tecator, Sweden)
- ② 沸石 (boilong stone, 林純藥工株式會社, 大阪, 日本)

- ③ 濃硫酸 (sulfuric acid; 聯公化學股份有限公司, 新竹, 台灣)
- ④ 氫氧化鈉 (sodium hydroxide; 聯公化學股份有限公司, 新竹市, 台灣)
- ⑤ 硼酸 (boric acid; 片山試藥株式會社, 大阪, 日本)
- ⑥ 鹽酸 (hydrochloric acid; 聯工化學廠股份有限公司, 新竹, 台灣)

b) 儀器設備

- ① 蛋白質消化器 (BÜCHI Digestion Unit K-435, Zurich, Switzerland)
- ② 廢氣過濾器 (BÜCHI Scrubber Unit B-414, Zurich, Switzerland)
- ③ 蒸餾裝置 (BÜCHI Distillation Unit K-3114, Zurich, Switzerland)
- ④ 數位滴定器 (Brand, Digital Burette III, Nertheim, Germany)

c) 實驗設備

以秤量紙秤取 1 g 樣品放入玻璃消化管 (digestion glass tube) 中, 空白組只放入秤量紙, 分別依序加入 1 顆催化錠、3~5 顆沸石及 20 mL 濃硫酸, 再置於蛋白質消化器上, 以 400~450°C 加熱進行消化, 使蛋白質態氮 (protein nitrogen) 分解轉變為硫酸銨 (ammonium sulfate), 消化中以廢氣過濾器接收並中和消化過程中所產生的廢氣, 直至消化液從黑褐色分解變成澄清無色, 取出消化管經冷凝冷卻後加入 75 mL

蒸餾水，於蒸餾裝置上，添加 40% 氫氧化鈉溶液，使消化管內的消化液為鹼性（約需 70 毫升），以盛有 60 毫升 2% 硼酸的接收瓶接收氨氣（ammonia），收集蒸餾液達 160 mL，最後用 0.1 N 鹽酸以數位滴定器滴定，測其氮量並加計算出含氮量，再換算成粗蛋白質的含量。

計算公式：

$$\text{粗蛋白 (\%)} = \frac{(A - B) \times N \times 14.007 \times 6.25}{S} \times 100\%$$

A：樣品組之滴定量（mL）

B：空白組之滴定量（mL）

N：HCl 之克當量數（即 0.1）

14.007：氮分子量

6.25：氮係數（蛋白質含 16% 氮，故 $100/16=6.25$ ）

S：樣品重量（mg）

B、分析項目（analyze project）

1. 酸鹼值（pH value）

依據 Ockerman（1985）方法分析。

a) 儀器設備

① 均質機（Sunbeam-qster, Mexico）

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)

b) 實驗步驟

秤取 10 g 樣品加 100 mL 之蒸餾水，以均質機均質 1 分鐘。酸鹼度計依序以 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 Ockerman (1985) 所述之方法分析。

a) 試劑之配製

① 4 N 鹽酸溶液 (hydrochloric acid, HCl solution)

取 1 體積之 12 N 濃鹽酸 (37%，聯工化學廠股份有限公司，新竹，台灣) 與 2 倍體積之蒸餾水溶液混合。強酸溶液於加熱蒸餾時可使結合於肉蛋白質的丙二醛水解出來。

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

取 1.442 克 2-thiobarbituric acid ($C_4H_4N_2O_2S$, Sigma chemical Co. St. Louis, USA) 溶於 500 mL 之 90% 冰醋酸 (glacial acetic acid, 島久藥品株式會社，大阪，日本) 中，並置於棕色玻璃瓶中，此為 TBARS 試劑。

③ 抗泡劑 (antifoam A emulsion Sigma, St. Louis, USA)

④ 沸石 (boilong stone, 林純藥工株式會社, 大阪, 日本)

b) 儀器設備

① 均質機 (Sunbeam-qster, Mexico)

② 克氏燒瓶 (PYREX® NO.5420, Raleigh, North Carolina, USA)

③ 分光光度計 (Milton Roy, Spectronic® Genesys™ 5 Spectrophotometer, Rochester, New York, USA)

c) 實驗步驟

秤取 10 g 絞碎之樣品於刀口瓶中，加入 50 mL 之 50°C 蒸餾水，用均質機均質 2 分鐘，將均質液到入克氏燒瓶，利用 47.5 mL 50°C 蒸餾水沖洗刀口瓶後倒入克氏燒瓶，再加入 2.5 mL 之 4 N HCl、數滴抗泡劑和數顆沸石進行蒸餾，當收集 50 mL 之蒸餾液後，取 5 mL 之蒸餾液 (空白組以 5 mL 蒸餾水取代)，加入 5 mL TBARS 試劑後於沸水浴加熱 35 分鐘，流水冷卻 10 分鐘，以分光光度計於 538 nm 波長下測其吸光值 (Optical density, O.D.)

計算公式：

$$\text{TBARS value (mg malonaldehyde / kg ment)} = \text{O.D. value} \times 7.8$$

7.8：濃度 0~10 μM TMP (1,1,3,3,-tetramethoxypropane) 製作 TMP 標準曲線，得一常數 K 值。

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

a) 儀器設備

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

b) 實驗步驟

以 PVC 保鮮膜將羊肉排 (厚約 1 cm) 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)、紅色度值 (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. 損失率 (purge loss)

羊里肌肉排 (1 cm 厚) 秤重並紀錄後，置於生鮮盤中以 PVC 膜包裝，於 2°C 冷藏儲藏 0、3、6 及 9 天下秤重並記錄之。

計算公式：

$$\text{損失率 (purge loss, \%)} = \frac{\text{初始重} - \text{儲藏後重}}{\text{初始重}} \times 100\%$$

5. 加熱處理羊肉排

(1) 水煮 (boiling)

羊肉排秤初重以聚乙烯 (PE, polyethylene) 袋包裝，放入沸水中直至中心溫度為 73°C，並且記錄所需時間即為烹煮時間 (cooking loss, °C/min)，迅速以冰塊冷卻後將羊里肌肉排表面擦乾秤重，計算其烹煮損失率 (cooking loss, %)。

計算公式：

$$\text{烹煮損失率 (cooking loss, \%)} = \frac{\text{初始肉重} - \text{烹煮後重}}{\text{初始肉重}} \times 100\%$$

(2) 烤箱加熱 (broiling)

烤箱 (TMO-V230P，大同，台灣) 先在 220°C 下預熱 10 分鐘，放入肉片於每 30 秒進行翻面烘烤直至羊里肌肉中心溫度為 73°C，並且記錄所需時間即為烹煮時間 (cooking loss, °C/min)，迅速以冰塊冷卻後將羊里肌肉排表面擦乾秤重，計算其烹煮損失率 (cooking loss, %)，計算公式如上。

6. 脂肪酸組成分析 (analysis of fatty acid composition)

(1) 脂肪酸的萃取

依據 Folch (1957) 所述方法。

a) 藥品

- ① 氯仿 (chloroform) : Merck KGaA , Darmstadt, Germany.
- ② 甲醇 (methyl alcohol, anhydrous) : HPLC 級 , Mallinckrodt Baker, Inc. Phillipsburg, USA.
- ③ 苯甲醇丁酯 (butylated hydroxytoluene, BHT) : Sigma Chemical Co., St. Louis, Mo, USA.
- ④ 氯化鈉 (NaCl) : 島久藥品株式會社 , 大阪 , 日本。
- ⑤ 無水硫酸鈉 (Na₂SO₄) : 林 純藥工業株式會社 , 大阪 , 日本。
- ⑥ 過濾濾紙 Whatmam No.1 (Whatman Int. Ltd Maidstone, England)

b) 藥品配製

- ① Folch 溶液 : 氯仿 : 甲醇 = 2 : 1, v/v 。
- ② 10% BHT : 25 mg 的 99% BHT 用乙醇 (ethanol) 定量至 250 ml 。
- ③ 0.88% NaCl : 2.2 mg 的 NaCl 用蒸餾水定量至 250 ml 。

c) 儀器設備

- ① 均質機 (PRO205 Homogenizer, PEO Scientific Inc., Connecticut, USA)

d) 實驗步驟

秤取 2 g 已絞碎 (生鮮、水煮及烘烤) 之樣品 , 加入 1 毫升 BHT 和 10 毫升 Folch 溶液 , 用均質機均質 30 秒 , 以 Whatmam No.1 濾紙過濾 , 再以 5 毫升 Folch 溶液清洗瓶身過濾 , 將過濾液重複以 Whatmam No.1 過濾 , 加入 5 毫升 0.88 % 的氯化鈉溶液 , 分液漏斗靜置分離之 , 取下層溶液 , 氮氣吹乾。

(2) 脂肪甲基化

依據 Du et al. (2000) 所述方法。

由氮氣吹乾之萃取脂肪酸，加入 1 毫升甲基試劑 (anhydrous methanolic-HCl-3N, Supelco, Bellefonte, PA)，置於 60°C 恆溫水浴槽中 40 分鐘，取出於室溫中冷卻後，加入 5 毫升正己烷與 2 毫升去離子水充分混合，加入無水硫酸鈉靜置 2 小時，取上層液，濾液以孔徑為 0.22 μm 的小飛碟 (filter) 過濾後，進行 GC 分析之。

(3) 氣象層析分析儀條件如下：

氣象層析儀：Hitachi G-5000^a Gas Chromatograph, Hitachi, Tokyo, Japan.

注入口溫度：250 °C

檢出器溫度：250 °C (火焰游離檢出器，Flame ionization detector)

管柱：SP-2380 (30m \times 0.25 mm i.d., 0.2 μm film thickness,

Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA)

管柱升溫條件及滯留時間：

150 °C, 4 min, 2 °C/min ; 190 °C, 0 min, 0.3 °C/min ;

195 °C, 2 min, 1.5 °C/min ; 210 °C, 4 min 。

載送氣體：氮氣, 0.5 ml/min 。

分流比： 1 : 50

樣品注射量：2 μl

7. 膽固醇測定

依照 Folch 等 (1957) 之方法，取絞碎樣品 0.2 g 加入 4 ml chloroform/methanol 混合溶液 (2:1, v/v)，以均質機 (PRO205 Homogenizer, PEO Scientific Inc., Connecticut, USA) 均質 30 秒後，再以離心機 (Hitachi, Tokyo, Japan) 4°C 轉速 3000 rpm 離心 10 分鐘，以 Whatman No.1 過濾上清液，吹氮氣除去有機溶劑，再以 chloroform/methanol 混合溶液 (2:1, v/v) 定量至 5 ml，並置於保存瓶中以待分析。依 Carlcon and Goldford (1979) 的方法，吸取萃取液 10 μ L 加入 Triton X-100 (sigma) 10 μ L 混合均勻，氮氣吹乾，再以 Enzymatic Kits 等酵素法分析組織中膽固醇。

計算公式：

$$\text{Total cholesterol (mg/dL)} = \frac{ES}{Estd} \times 200$$

ES: 樣品的吸光值

Estd: 標準試劑的吸光值

200: 標準試劑濃度為 200 mg/dL

五、統計分析

試驗採完全逢試驗 (completely randomized design, CRD) 之列區設計 (split plot design)。以不同濃度大豆油之添加為主區 (main plot) 以儲存天數為裂區 (sub plot)。測定項目所得之數據利用 Sastistical analysis system 統計套裝軟體 (SAS, 2005) 做分析，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，並且利用最小平方平均值 (least-square mean) 測定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

一、一般成分分析

表五為各處理組之成分分析。羊肉 (lamb sirloin chop) 之水分含量、粗脂肪、粗蛋白及灰分，分別為 73.06~73.31 %、1.28~1.39 %、24.04~24.14 % 和 1.01~1.09 %，且各組之間並無顯著差異 ($P > 0.05$)。有此可知，飼料添加不同濃度大豆油並不會影響羊肉之水分、粗脂肪、粗蛋白及灰分。有許多文獻包括歐洲國家 (Souci *et al.*, 2000; Favier *et al.*, 1995)、美國 (National Live Stock *et al.*, 1988; USDA, 2002b) 和澳洲 (Greenfield *et al.*, 1987; Hoke *et al.*, 1999) 針對生鮮羊里肌肉之一般成份報告如下：蛋白質範圍在 15.0~22.6 %，灰分範圍在 0.90~1.20 %，粗脂肪範圍在 2.70~16.5 %，水份範圍在 67.5~76.5 %。故由以上文獻資料與本實驗之一般成分含量相似，但是在粗脂肪部分本試驗結果較上述文獻資料略低，猜測可能是本試驗使用闖公羊，而上述文獻為一般公羊與母羊的粗脂肪平均值，因此使粗脂肪產生差異。

二、酸鹼值

pH值為簡單測定肉品品質之方法。羊屠宰後由於血液循環停止和肌肉供氧停止，醣元不再氧化成二氧化碳和水，導致乳酸產生。隨

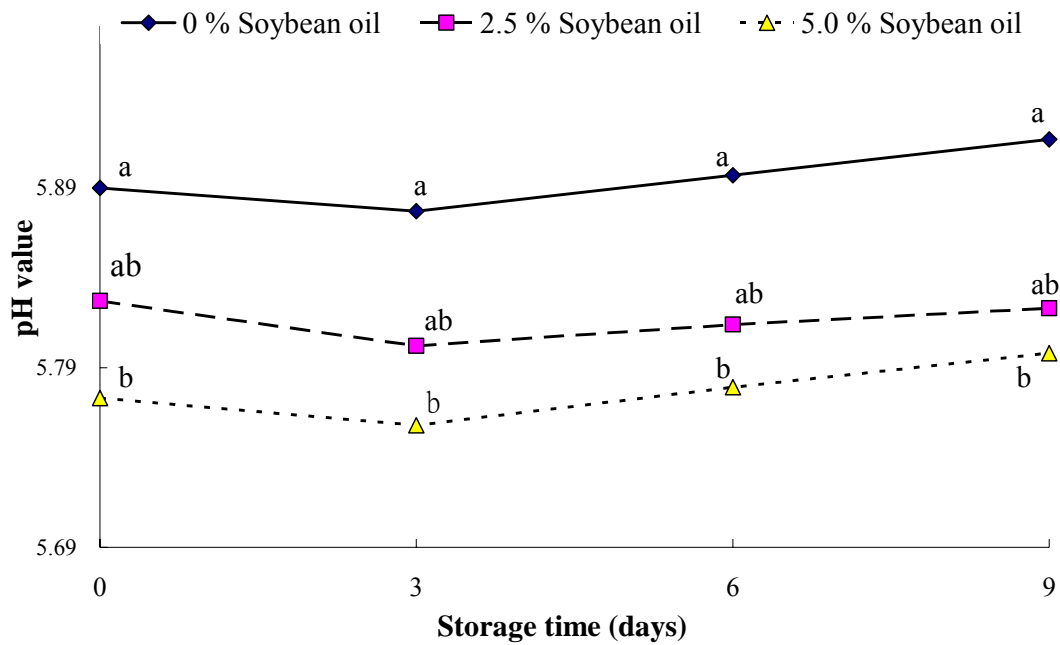
表五、飼料中大豆油添加量對羊肉組成影響之成分分析。

Table 5. Effect of dietary soybean oil on composition of lamb sirloin chops

	Soybean oil (%)		
	0	2.5	5.0
Moisture (%)	73.09 ± 0.76	73.06 ± 0.61	73.07 ± 0.71
Crude protein (%)	24.14 ± 0.88	24.04 ± 0.87	21.13 ± 0.47
Crude fat (%)	1.28 ± 0.38	1.35 ± 0.34	1.39 ± 0.23
Ash (%)	1.06 ± 0.05	1.02 ± 0.09	1.08 ± 0.12

Each value is the mean ± S.E. (standard error)

著乳酸的生成和積累，肌肉的pH值由原來的弱鹼性（pH為7.0~7.4）逐漸降低到酸性極限pH（一般哺乳動物肌肉的極限pH在5.4~5.5左右）（Troeger *et al.*, 1987）。一般牲畜包括羊之肌肉組織pH值約7.4，屠宰後pH值緩慢下降至5.6-5.7，屠後24小時之pH值約在5.5-5.7之間（陳，1997），正常情況下，所有牲畜如牛、羊和豬經屠宰後之pH範圍在5.3~5.8之間（Smulders *et al.*, 1992）。本試驗中羊排分別為控制組、2.5%大豆油組和5.0%大豆油組之pH值介於5.70~5.92之間（圖七），是屬於正常肉的pH值，這與Doherty *et al.*（1996）之文獻結果相似，作者於英國當地購買羊隻，在屠宰場繫留且給予充分水分隔夜，經標準作業程序屠宰後在4°C下冷藏16小時測其pH值，其範圍在5.4~5.8。本試驗之羊肉貯藏至第3天，其pH值略微下降，而第6和9天的pH值緩慢上升，這是由於牲畜宰殺後若迅速降溫會減緩屠體內化學及生物化學反應，因此減緩屠體的pH值下降速率（Lawrie, 1998）。Meisinger（1999）將豬隻屠宰後迅速移至0°C冷藏庫來減緩化學變化。有報告指出（2001a, 2001b）山羊肉與綿羊肉之離胺酸分別為15.3 g/kg muscle, 14.9 g/kg muscle；而白胺酸分別為17.2 g/kg muscle, 13.1 g/kg muscle，由於離胺酸側鏈上官能基帶正電，屬於鹼性胺基酸，而白胺酸不帶電，屬於中性胺基酸。畜肉會隨貯藏時間增加使肉中蛋白質分解而腐敗，蛋白質被分解成許多游離胺基酸，又因肉中蛋



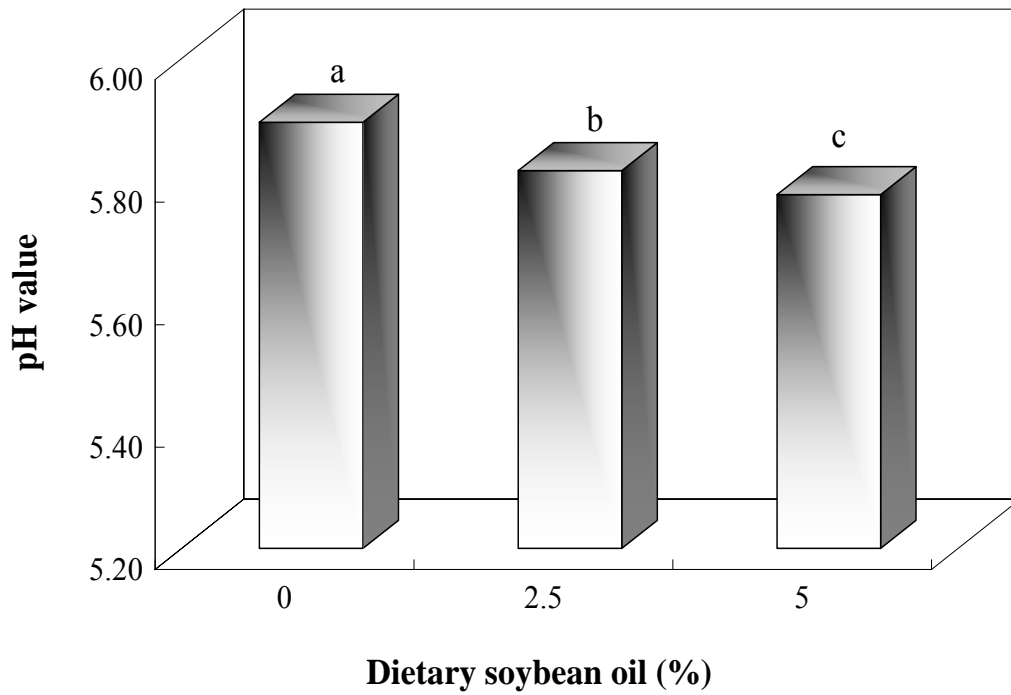
圖七、飼料中大豆油添加量對冷藏羊肉 pH 值之影響。

Fig. 7. Effect of dietary soybean oil on pH value of lamb sirloin chops during storage.

ab Means within a storage period having the same are not significantly ($P > 0.05$).

白質以鹼性之離胺酸為最多，因此pH值會隨貯藏時間增加而有上升趨勢。

各組處理組之羊排pH值(各儲藏時間之平均值)如圖八所示，pH值由高至低依序為控制組，2.5%大豆油組和5.0%大豆油組，且此三組在統計上有顯著差異，這是由於脂肪酸屬於酸性，當脂肪含量越多其脂肪酸含量也越多，因此pH值會降低之故，本試驗結果相似於Kalscheur *et al.* (1997a) 和Young *et al.* (1997) 之研究結果相似，他們指出牛及羊飼料中添加不飽和脂肪酸越多會降低牛乳及羊肉之pH值。



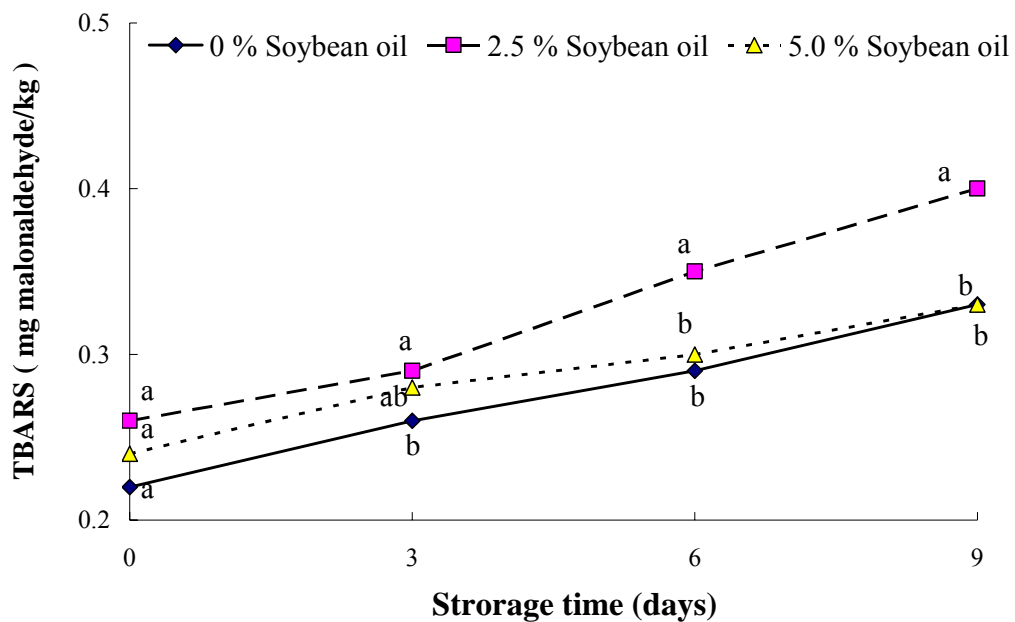
圖八、飼料中大豆油添加量（各貯藏時間之平均值）對冷藏羊肉 pH 值之影響。

Fig. 8. Effect of dietary soybean oil (pooled data over storage time) on pH value of lamb sirloin chops.

a-c Bar with different letters are significantly different ($P > 0.05$).

三、硫巴比妥酸值 (TBARS 值)

羊肉於儲藏期間和空氣接觸會有自體氧化的現象產生，再加上微生物與酵素的氧化作用，而使得脂質易發生過氧化的情形，且脂質氧化過程會有丙二醛 (malonaldehyde) 和乙縮醛 (acetal) 等氧化產物積蓄 (Caldironi *et al.*, 1982)。TBARS 值為脂質氧化酸敗程度之指標。主要是在測定油脂含有三個以上雙鍵不飽和脂肪酸所氧化的二級產物-丙二醛。圖九顯示各處理組之 TBARS 值皆隨儲藏時間增加而增加，整體而言可看出控制組之 TBARS 值皆低於兩處理組。觀察貯藏於第 3、6 和 9 天，2.5% 大豆油組之 TBARS 值皆高於控制組與 5.0% 大豆油組，特別在貯藏至第 6 天時 2.5% 大豆油組之 TBARS 值較控制組 (0%) 和 5.0% 大豆油組兩組之上升速率較快，猜測可能是羊肉中之飽和脂肪酸含量少的關係，而增加脂肪酸氧化酸敗機會。Joo *et al.* (2002) 在豬飼料中分別添加 0%、1%、2.5% 和 5.0% 純度為 91% 的共軛亞麻油酸肥育四週後，取其里肌肉排貯藏於 4°C 下第 0、1、3、5 和 7 天測其 TBARS 值，結果發現控制組之 TBARS 值皆高於處理組，且 2.5% 共軛亞麻油酸組之 TBARS 值高於 1% 及 5.0% 共軛亞麻油酸組，作者說明肉中飽和脂肪酸含量越多會降低 TBARS 值，也就是說會降低肉中脂肪酸敗，相反地高含量之 C20:5n3 (eicosapentaenoic acid, EPA)、C22:5n3 (docosapentaenoic acid, DHA) 及其他不飽和脂

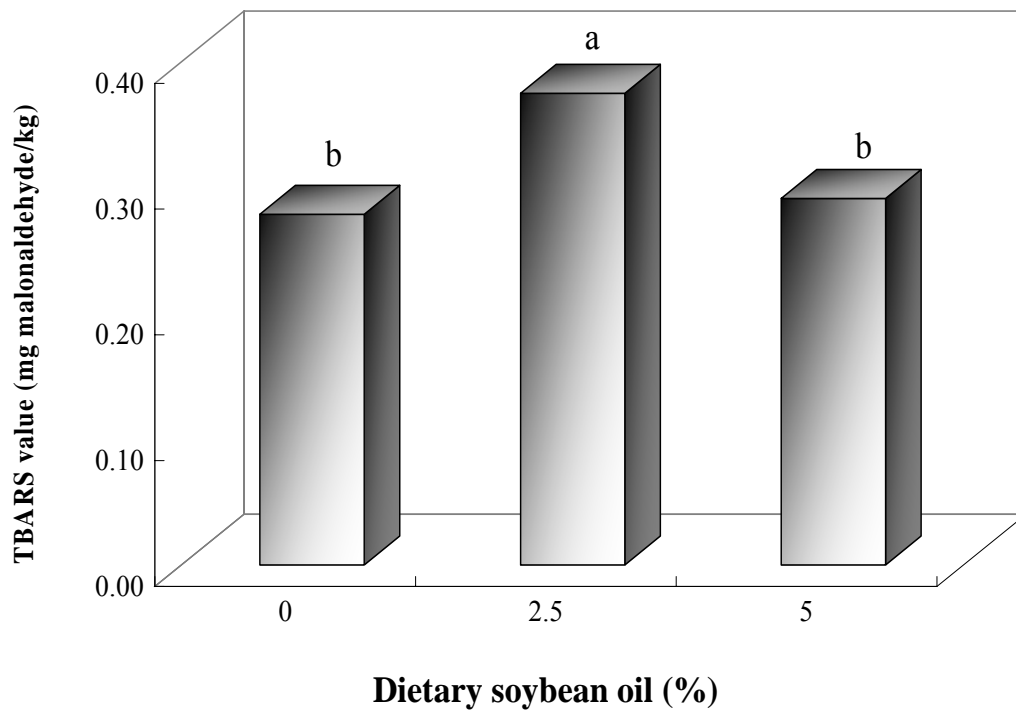


圖九、飼料中大豆油添加量對羊肉硫巴比妥酸值之影響。

Fig.9 . Effect of dietary soybean oil on TBARS value of lamb loin chops during storage.

ab Means within a storage period having the same are not significantly ($P > 0.05$) .

肪酸的濃度而易使肉中脂肪酸氧化，同時 Ackman *et al.* (1988) 指出小雞餵飼含有 ω -3 多元不飽和脂肪酸如 EPA 和 DHA 會促進雞肉的脂肪酸氧化酸敗，Insausti *et al.* (2001) 和 Jeremiah (2001) 指出肉製品的酸臭味與脂質氧化有關，故觀察本試驗脂肪酸成分表 (表九)，將 C20:5n3、C22:5n3、單元不飽和脂肪酸總和及多元不飽和酸總和相加，其控制組、2.5 %大豆油組與 5.0 %大豆油組含量依序為 65.94 %、70.88 %與 70.14 %，由此可知 2.5 %大豆油於貯藏期間 TBARS 較高。各組處理之 TBARS 值 (各儲藏時間之平均值) 如圖十所示，更清楚得知 2.5 %大豆油易使得羊排於貯藏期間脂肪酸氧化，且顯著 ($P < 0.05$) 高於控制組與 5.0 %大豆油。



圖十、飼料中大豆油添加量（各貯藏時間之平均值）對冷藏羊肉硫巴
比妥酸值之影響。

Fig.10. Effect of dietary soybean oil (pooled data over storage time) on
TBARS value of lamb sirloin chops.

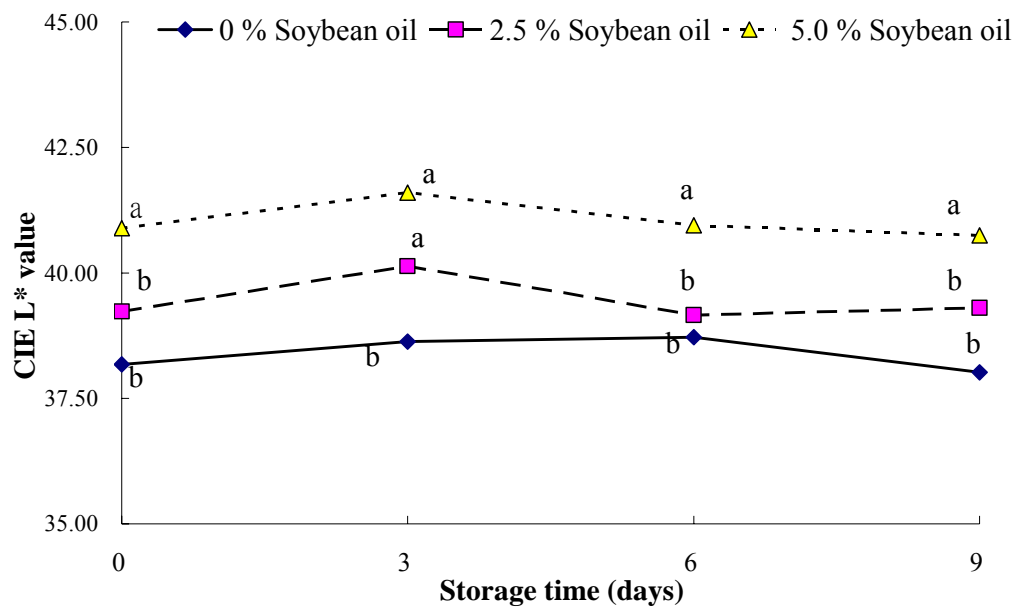
a-b Bar with different letters are significantly different ($P > 0.05$).

四、色澤

肉之色澤對商品價值影響極大 (Judge *et al.*, 1989)，當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。

(一) 明亮度

圖十一表示飼料中不同大豆油添加量對羊肉明度 (L*值) 之影響。由表可知隨著飼料中大豆油的添加濃度越高其 L*值亦越高，也就是說飼料中越多大豆油的添加對羊排色澤越明亮，且隨著儲藏時間增加各處理組與控制組之 L*值大致呈現下降趨勢。於第 0, 6 和 9 天時，添加 5.0 %大豆油的 L*值顯著 ($P < 0.05$) 高於添加 2.5 %大豆油組和控制組，於第 3 天時，控制組則顯著 ($P < 0.05$) 低於其他大豆油添加量組。Boles *et al.* (2005) 在羊飼料中添加不同濃度 0、3 和 6 之紅花油 (safflower oil)，由平均羊初始體重為 37.5 kg，經肥育至 54 kg (約 22 天左右)，切取里肌肉排於 4°C 下儲藏試驗觀察其色澤，發現隨著紅花油添加量增加羊肉 L*值會減少，添加 6 %紅花油組之顏色較暗。這與本試驗果不同，換言之，飼料中添加大豆油或紅花油對羊肉之 L*值之影響並非相同。



圖十一、飼料中大豆油添加量對羊肉明度 (L*值) 之影響。

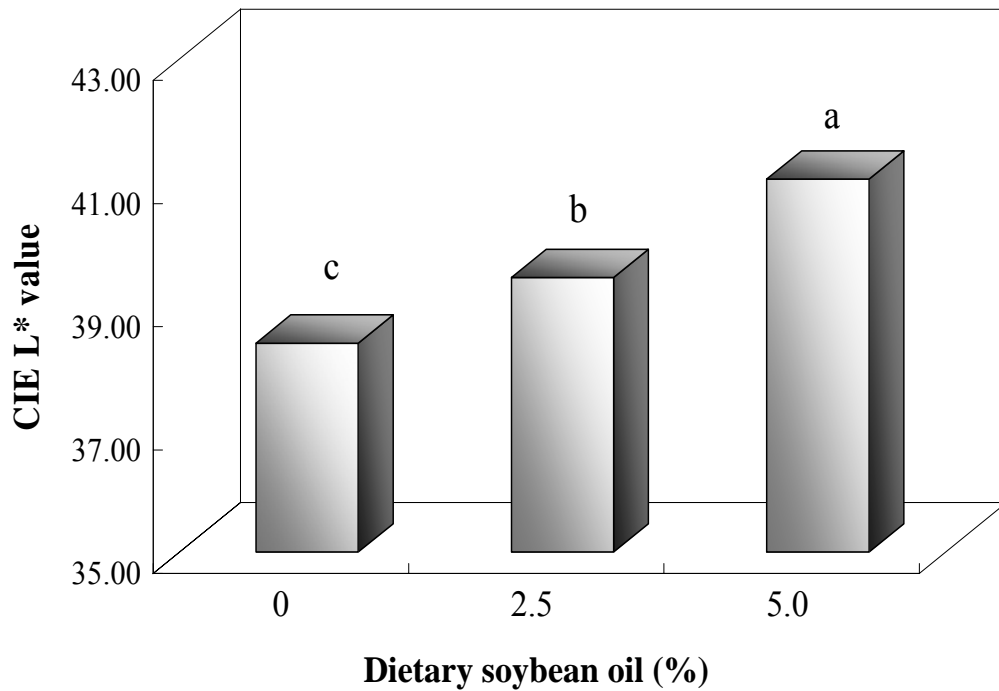
Fig. 11. Effect of dietary soybean oil on L* value of lamb sirloin chops during storage.

ab Means within a storage period having the same are not significantly ($P > 0.05$) .

各組處理之 L*值 (各儲藏時間之平均值) 如圖十二所示。由高至低依序為添加 5.0 %大豆油、添加 2.5 %大豆油和控制組 (0 %大豆油), 推測這與一般成分 (表五) 之粗脂肪的百分比有關。也就是說, 當里肌肉中脂肪含量較高時, 脂肪會影響肌肉顏色, 造成肌肉亮度值上升。另一方面, 過去許多研究發現屠後肌肉之 pH 值和 L*值有很大的負相關, 且 pH 值與保水性有關 (Abril *et al.*, 2001; Boulianne *et al.*, 1998), 主要是因為較低之 pH 值會接近肌肉等電點 (PI=5.5), 導致保水力降低, 因此肌肉表面會較光亮 (Qiao *et al.*, 2001), 本次試驗結果亦可證明控制組之 pH 值較高而 L*值較低, 兩者呈負相關。

(二) 紅色度

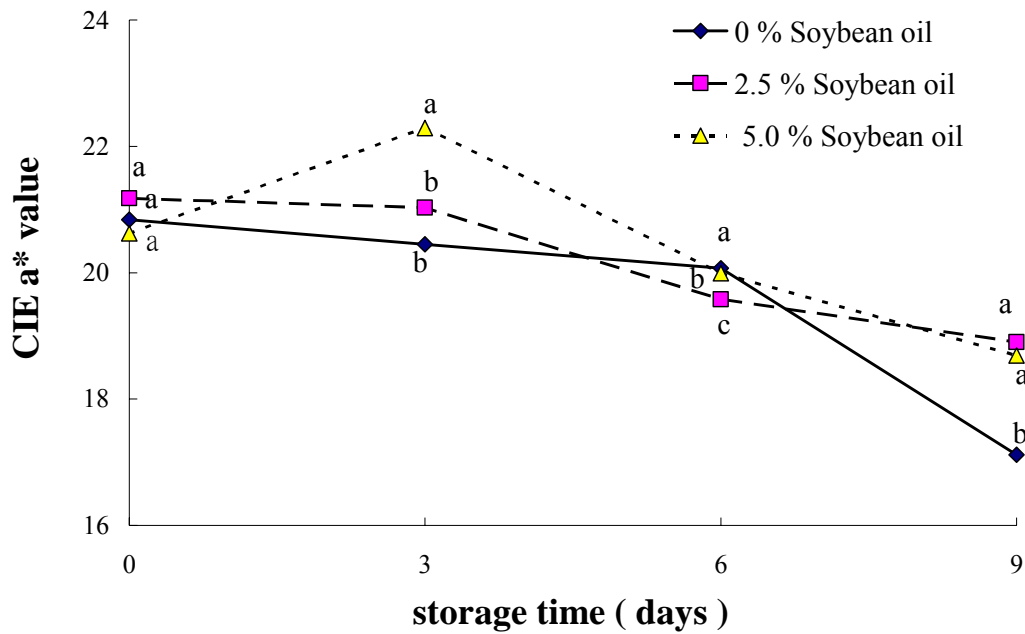
圖十三表飼料中不同大豆油添加量對羊肉紅色度 (a*值) 之影響。羊里肌肉排第 0 天其處理組與控制組之 a*值沒有顯著差異, 羊肉貯藏至第 3 天時, 添加 5.0 %大豆油組其 a*值顯著高於控制組和 2.5 %大豆油組 ($P < 0.05$), 於第 6 天時, 羊肉 a*值由高至低分別為 5.0 %大豆油、2.5 %大豆油和控制組, 且 5.0 %大豆油組和 2.5 %大豆油組之 a*值迅速下降, 同時表九亦指出兩處理組之總多不飽和脂肪酸量高於控制組, 故造成氧化作用加速而使肉之紅色度 (a*值) 下降, 至



圖十二、飼料中大豆油添加量（各貯藏時間之平均值）對羊肉明度（L*值）之影響。

Fig.12. Effect of dietary soybean oil (pooled date over storage time) on L* value of lamb sirloin chops.

a-c Bar with different letters are significantly different ($P > 0.05$).



圖十三、飼料中大豆油添加量對羊排紅色度 (a*值) 之影響。

Fig. 13. Effect of dietary soybean oil on a* value of lamb sirloin chops during storage.

abc Means within a storage period having the same are not significantly ($P > 0.05$) .

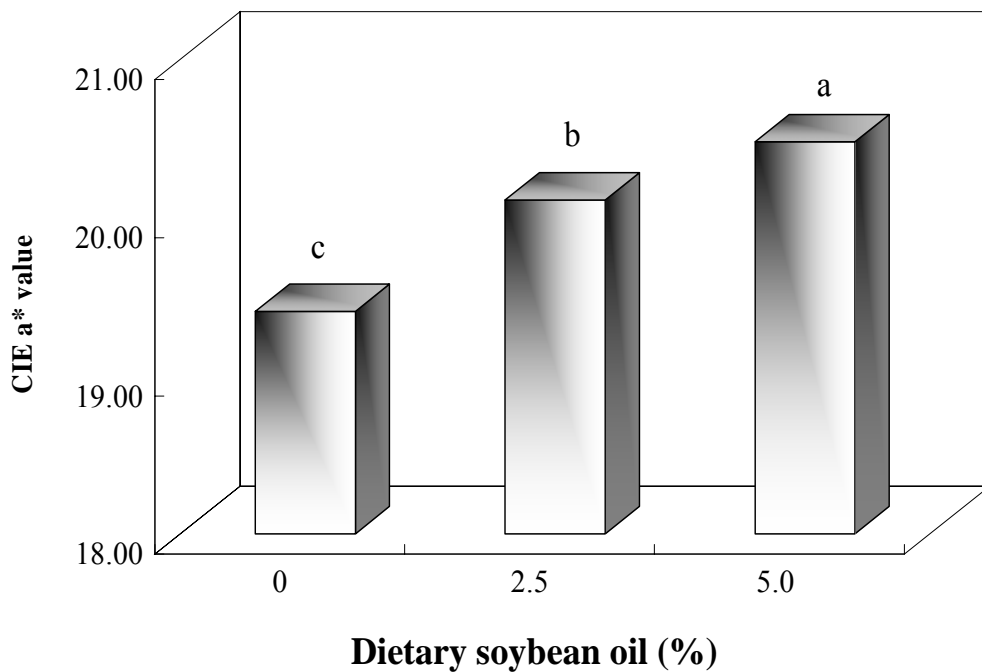
第 9 天時，控制組的 a^* 值顯著低於其兩處理組。這是由於一條完整羊里肌肉剛切斷肌肉的斷面時，其肌肉間肌紅蛋白（myoglobin）沒有和氧分子結合，呈現紫赤色，儲藏期間肌紅蛋白中原血紅素蛋白（heme protein）之 Fe^{+2} 會與空氣中氧氣結合，形成氧合肌紅蛋白（oxymyoglobin），此時顏色鮮紅其 a^* 值較高。儲藏時間越久肌紅蛋白中原血紅素蛋白之 Fe^{+2} 經氧化作用變成 Fe^{+3} 之變性肌紅蛋白（metmyoglobin），肉顏色由紅色變為褐色，導致 a^* 值下降。本實驗於第 9 天控制組之 a^* 值顯著下降 ($P < 0.05$)，因此証實飼料中大豆油的添加可維持羊排在貯藏下之紅色度。此外 pH 值高會使肌肉本身具有良好的保水性，肌纖維呈膨潤狀態且肌細胞水分滲出量降低，導致肌纖維間空隙減少或肌細胞膜的通透性降低，使得空氣中的氧氣不易進入細胞內，肌紅蛋白無法與氧結合，而造成紫紅色（Hedrick *et al.*, 1994），以上理論符合本試驗結果，由圖八可看出 pH 值以控制組較兩處理組高且控制組之 a^* 值比兩處理組低。

圖十四表示各組處理之 a^* 值（各儲藏時間之平均值），由此可知處理組比控制組較能夠促進紅色值之穩定，尤其是 5.0% 大豆油的添加，本試驗結果與 Thiel *et al.*（1998）結果相符合，他們指出豬飼料添加共軛亞麻油酸可增加豬肉 a^* 值，因此猜測共軛亞麻油酸有維持紅色度之功能。Bessa *et al.*（2005）指出羊分別餵食加工製造的紫苜

蓿顆粒 (ground and pelleted lucerne, L)、紫苜蓿顆粒再加上 10 %大豆油(ground and pelleted Lucerne plus soybean oil, LO)、菁料(concentrate, C) 以及菁料再加上 10 %大豆油 (concentrate plus soybean oil, CO), 飼養已斷奶 90 天小羊 7 週後犧牲, 結果發現飼料中有添加與不添加大豆油經肥育一段時間後不會影響羊肉之紅色度 (a^* 值)。這可能是羊之屠宰年齡不同所致。上述研究之小羊年齡為 7 週, 而今討論羊之年齡為 20 週。

(三) 黃色度

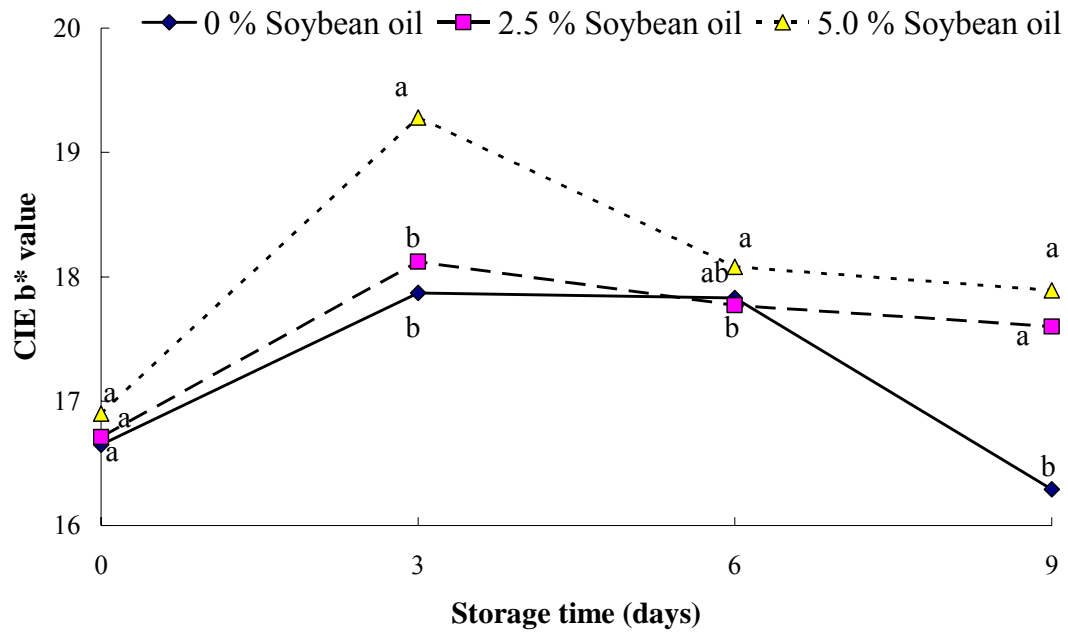
圖十五為飼料中不同大豆油添加對羊肉黃色度 (b^* 值) 之影響。羊排貯藏至第 3 天時, 添加 5.0 %大豆油的 b^* 值顯著高於添加 2.5 %大豆油和控制組 ($P < 0.05$), 於第 6 和 9 天處理組和控制組皆有下降趨勢, 且控制組皆顯著低於兩處理組。其中控制組在第 9 天黃色度 (b^* 值) 迅速下降, 但添加 5.0 %大豆油和添加 2.5 %大豆油之黃色度下降緩慢, 這可能是因為大豆油的攝取會促使肌肉中脂肪堆積導致隨著儲藏時間增長黃色度影響不顯著, 本實驗與 Wiegand *et al.* (2002) 所下結論相符, 作者在豬飼料中添加 0.75 %共軛亞麻油酸來探討初始體重為 28 kg 肥育至 29 kg、56 kg 和 87 kg 並測其豬里肌肉之色澤, 由於肥育時間越久表示體內堆積共軛亞麻油酸量越多, 故結果顯示肥育至 87 kg 之豬排的 b^* 值較高, 表示共軛亞麻油酸會促進豬排之黃色



圖十四、飼料中大豆油添加量（各貯藏時間之平均值）對羊排紅色度（a*值）之影響。

Fig.14. Effect of dietary soybean oil (pooled date over storage time) on a* value of lamb loin chops.

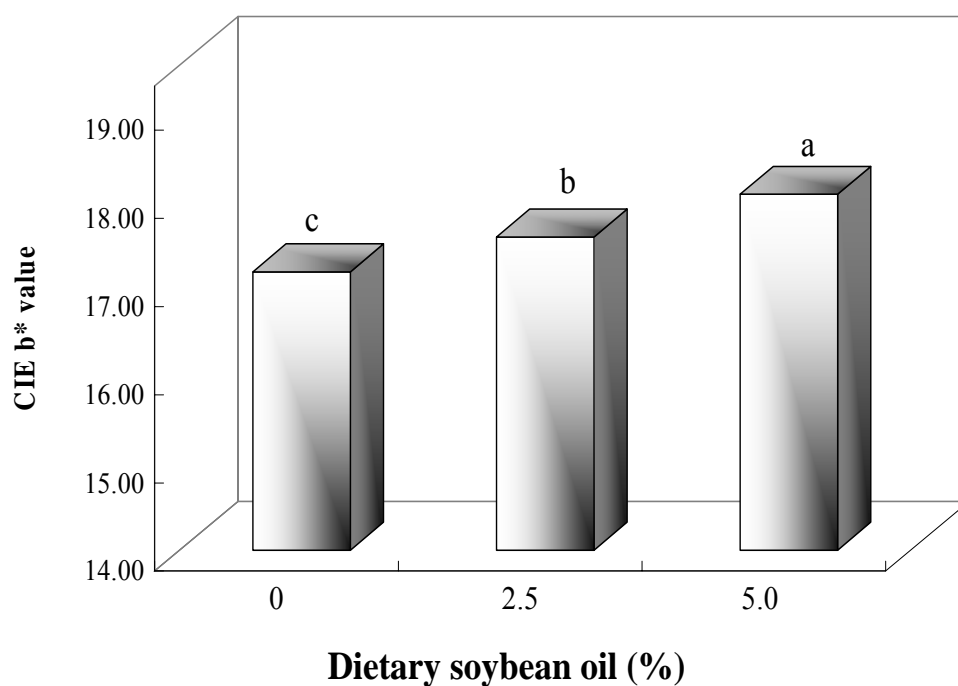
a-c Bar with different letters are significantly different ($P > 0.05$)



圖十五、飼料中大豆油添加量對羊肉黃色度 (b*值) 之影響。

Fig. 15. Effect of dietary soybean oil on b* value of lamb sirloin chops during storage.

ab Means within a storage period having the same are not significantly ($P > 0.05$).



圖十六、飼料中大豆油添加量（各貯藏時間之平均值）對羊肉黃色度（b*值）之影響。

Fig.16. Effect of dietary soybean oil (pooled date over storage time) on b* value of lamb sirloin chops.

a-c Bar with different letters are significantly different ($P > 0.05$).

度，但是並不會影響 L^* 值和 a^* 值。

圖十六表示各組處理之 b^* 值（各儲藏時間之平均值），由此可知處理組比控制組較能夠增加羊排之黃色度，尤其是 5.0 % 大豆油的添加。

飼料中不同大豆油添加量與控制組之色澤（各儲藏時間之平均值， $L^*a^*b^*$ 值）如圖十二、十四和十六所示。一般而言，飼料中大豆油量添加的越多，其 $L^*a^*b^*$ 值越高，因此本實驗的處理組與控制組之色澤（ L^* 、 a^* 和 b^* 值）由高至低分別為 5.0 % 大豆油的添加、2.5 % 大豆油的添加與控制組。在 Santos-Silva *et al.* (2004) 於羊飼料中分別添加不同種類菁料來觀察，依序為紫苜蓿乾草（conditioned hay of lucerne, 簡寫為 H）、紫苜蓿乾草再加上 8 % 大豆油（conditioned of lucerne plus soybean oil, 簡寫成 HO）、加工製造成紫苜蓿顆粒狀（ground and pelleted lucerne, 簡寫成 P）以及紫苜蓿顆粒再加上 8 % 大豆油（ground and pelleted lucerne plus soybean oil, 簡寫成 PO），餵食已斷奶 45-60 天之小羊肥育之週後犧牲，結果發現飼料中有添加與不添加大豆油經肥育一段時間後不會影響羊肉之色澤（ L^* 、 a^* 和 b^* 值）。

五、滴水率

表六所示為飼料中不同大豆油添加量對羊排滴水率影響。飼料中添加 5.0 %大豆油之羊排貯藏 3、6 和 9 天的滴水率在統計分析上皆顯著低於 2.5 %大豆油添加和控制組，而 2.5 %大豆油組之滴水率也低於控制組，由此可知大豆油添加量越多，滴水率愈低。這可能是飼料中添加大豆油能增加肌肉間脂肪比例，使得羊排於貯藏期間減少滴水率。觀察一般成分表（表五）可看出飼料中大豆油濃度添加越多則粗脂肪有增加的趨勢，但是彼此之間沒有顯著差異，故猜測滴水率可能與肉中脂肪含量多寡有關。Griswold *et al.* (2003) 指出牛飼料中分別添加 0、4 和 8 %大豆油，牛初始體重為 323 kg，經肥育 42 天後（體重約為 569 kg）犧牲，結果牛肉隨大豆油添加量增加而增加，同時肌肉間脂肪含量也增加，使滴水率減少，此現象與本實驗結果相似。Andrae *et al.* (2000) 指出牛於飼料中添加 0、74 與 82 %玉米油肥育 24 天後，發現攝食植物油越多，其牛肉的大理石文越多，牛肉的評級分數就越高，Dugan *et al.* (1999) 和 Joo *et al.* (2002) 之報告也指出於飼料中添加共軛亞麻油酸會增加豬肉的里肌肉大理石紋（marbling）同時會減少滴水率。

表六、飼料中大豆油添加量對羊肉滴水率之影響。

Table 6. Effect of dietary soybean oil on purge loss (%) of lamb sirloin chops during cold storage

Diet	Days		
	3	6	9
0 % Soybean oil	3.31 ± 0.37a	3.87 ± 0.49a	4.96 ± 0.33a
2.5 % Soybean oil	3.14 ± 0.88ab	3.78 ± 0.79b	4.84 ± 0.31a
5.0 % Soybean oil	3.09 ± 0.41b	3.68 ± 0.57b	4.68 ± 0.23b

Each value is the mean ± S.E. (standard error)

a.b Means in the same column with different letters are significantly different (P < 0.05) .

六、羊肉加熱處理

肉品之水分含量占大部分，可提供肉品較佳之官能特性，因此加熱處理後對烹煮失重 (cooking loss) 越低，表示食肉品質越佳，烹煮失重與儲藏期間汁液損失率有密切關係，當汁液損失越多則烹煮失重比例亦相對提高 (Li *et al.*, 2006)。

(1) 水煮和烤箱加熱羊肉

表七為水煮和烤箱加熱羊肉不同加熱方式之比較。水煮和烤箱加熱羊肉至中心溫度為 73°C，以水煮方式之烹煮時間 (cooking time, min) 較短，範圍在 3.29~4.01 分鐘，而火烤所需時間範圍在 7.60~8.06 分鐘。這是因為熱傳導介質不同，會影響受熱時間和速率，就物理性質而言，熱傳導係數：水(0.556 W/m°C) > 空氣(0.024 W/m°C) 所以置於水中的肉品受熱比空氣中受熱來的快，故水煮羊肉至中心溫度為 73°C 之烹煮時間較短，表示升溫速率快 (cooking rate, °C/min)，速率在 20.83~21.03 °C/min；烤箱加熱羊肉升溫速率範圍在 7.97~9.55。

探討烹煮損失率 (cooking loss, %) 方面，以控制組 (0%大豆油組) 而言，水煮羊肉之烹煮損失率為 20.77%，烤箱加熱羊肉則為 21.32%；而在飼料中添加 2.5%大豆油組之烹煮損失率為 20.20%，烤箱加熱羊肉則為 20.64%；在 5.0%大豆油添加組水煮羊肉之烹煮

表七、不同烹調方法對羊肉烹調速率及烹調損失率之影響。

Table 7. Cooking loss and cooking rate of sirloin lamb chops as affected by cooking method

	Boiling			Broiling		
	0%	2.5%	5.0%	0%	2.5%	5.0%
	Soybean oil	Soybean oil	Soybean oil	Soybean oil	Soybean oil	Soybean oil
Cooking time (min)	3.60 ± 0.70	4.01 ± 0.48	3.29 ± 0.12	8.06 ± 0.60	7.64 ± 0.65	7.60 ± 0.48
Cooking rate (°C/min)	21.03 ± 0.63	21.00 ± 0.49	20.83 ± 0.45	7.97 ± 0.48	9.55 ± 0.95	9.10 ± 0.72
Cooking loss (%)	20.77 ± 0.55	20.20 ± 0.99	20.61 ± 0.47	21.32 ± 0.87	20.64 ± 0.57	21.19 ± 0.75

Each value is the mean ± 1 standard deviation.

Internal temperture : 73 °C

損失率為 20.61 %，烤箱加熱羊肉則為 21.19 %，由以上數據觀察顯示水煮與烤箱加熱的烹煮損失率範圍在 20.20~21.32 % 間，表示說不同加熱方式並不會影響烹煮損失率之多寡，由此更能了解飼料中不同大豆油濃度添加量之羊肉經水煮及火烤加熱方式不會影響烹煮損失率。

(2) 水煮和烤箱加熱羊背脂

脂肪經水煮和火烤不同加熱方式會影響烹煮損失率（表八），以火烤脂肪之烹煮損失率較高，範圍在 14.72~15.73% 間，水煮烹煮損失率範圍為 4.18~5.98%。文獻指出牛肉中飽和脂肪酸比例增加，其脂肪硬度會增加（Smith *et al.*, 1998），也就是說脂肪組織內飽和脂肪酸越多其熔點亦越高（King *et al.*, 2004），本實驗可看出脂肪由水煮及火烤不同方式加熱至中心溫度 73°C 皆以控制組（0% soybean oil）所需時間最長，又以背脂的脂肪酸成分分析（表十）得知飽和脂肪酸含量以控制組較兩處理組高，由此可證之。

表八、不同烹調方法對羊脂肪烹調速率及烹調損失率之影響。

Table 8. Cooking loss and cooking rate of lamb fat as affected by cooking method

	Boiling			Broiling		
	0% soybean oil	2.5% soybean oil	5.0% soybean oil	0% soybean oil	2.5% soybean oil	5.0% soybean oil
Cooking time (min)	5.62 ± 0.46	5.62 ± 0.79	4.93 ± 0.73	5.83 ± 0.65	5.51 ± 0.45	5.37 ± 0.88
Cooking rate (°C/min)	14.86 ± 0.50	14.72 ± 0.70	15.73 ± 0.77	11.93 ± 0.76	12.56 ± 1.32	12.36 ± 0.65
Cooking loss (%)	5.28 ± 0.91	4.18 ± 0.06	5.98 ± 0.46	14.86 ± 0.50	14.72 ± 0.70	15.73 ± 0.77

Each value is the mean ± 1 standard deviation

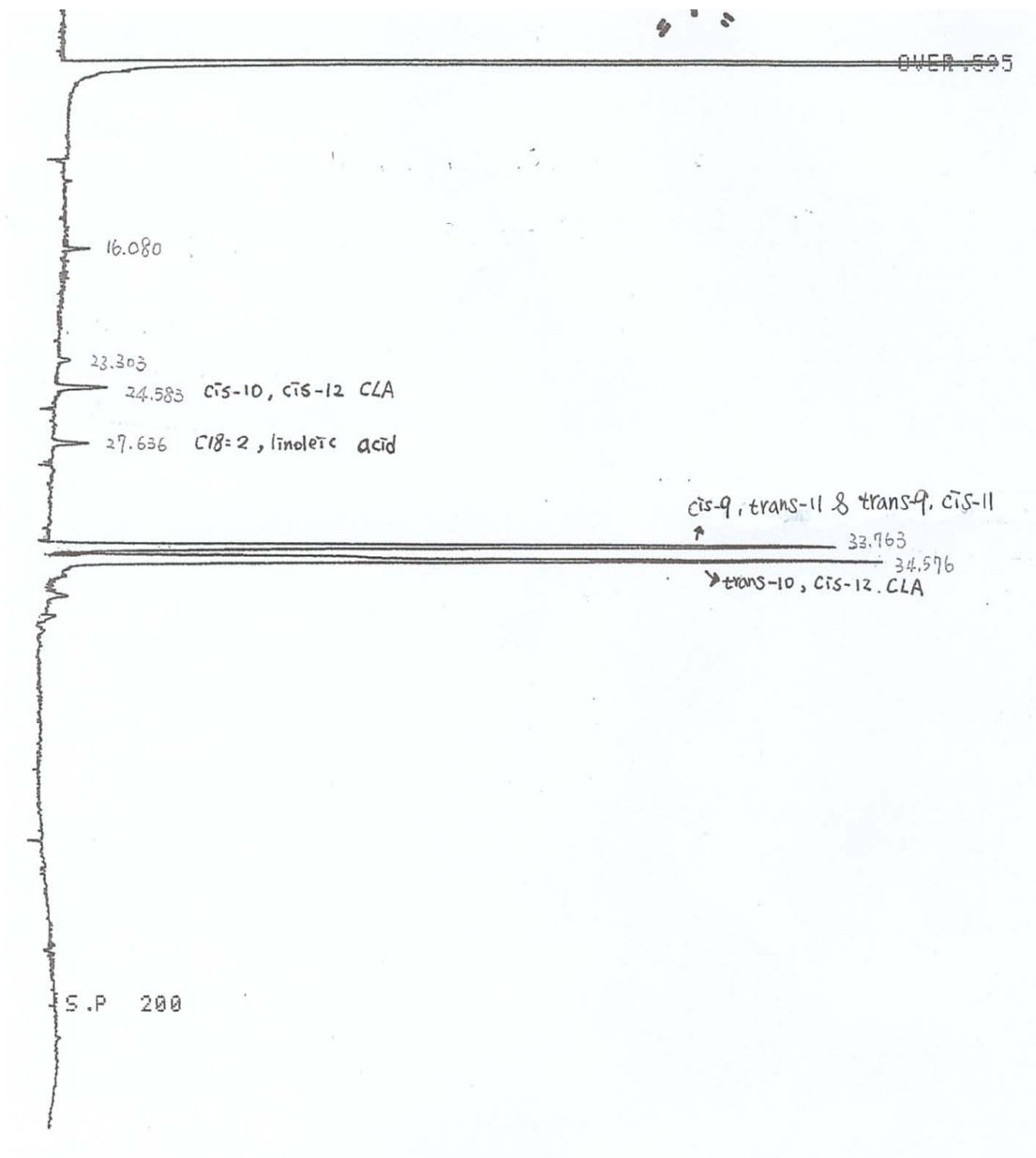
Internal temperature : 73 °C

七、脂肪酸組成

反芻動物由於瘤胃微生物的氫化作用導致牛肉和羊肉等紅肉中富含飽和脂肪酸，反之多元不飽和脂肪酸含量較少（Beluty, 1995；Enser *et al.*, 1998），因此利用飼料額外添加植物油經牲畜體內代謝作用轉換成含不飽和脂肪酸比例多，有利於健康。共軛亞麻油酸（conjugated linoleic acid, CLA）於動物實驗中已被證實具有抗癌活性（Visonneau *et al.*, 1997）以及對心血管疾病、糖尿病有正面影響（Jahreis *et al.*, 2000；Khanal, 2004）。碳十八之不飽和脂肪酸能有效增進反芻動物轉換成共軛亞麻油酸含量（Griinari *et al.*, 1998），植物油以大豆油含高比例碳十八之不飽和脂肪酸，本試驗在飼料中添加 0、2.5 和 5.0 % 大豆油以探討生鮮及加熱（水煮及火烤）羊排之共軛亞麻油酸、飽和脂肪酸、單不飽和脂肪酸和多不飽和脂肪酸。圖十七和圖十八為共軛亞麻油酸和脂肪酸標準品之對照。

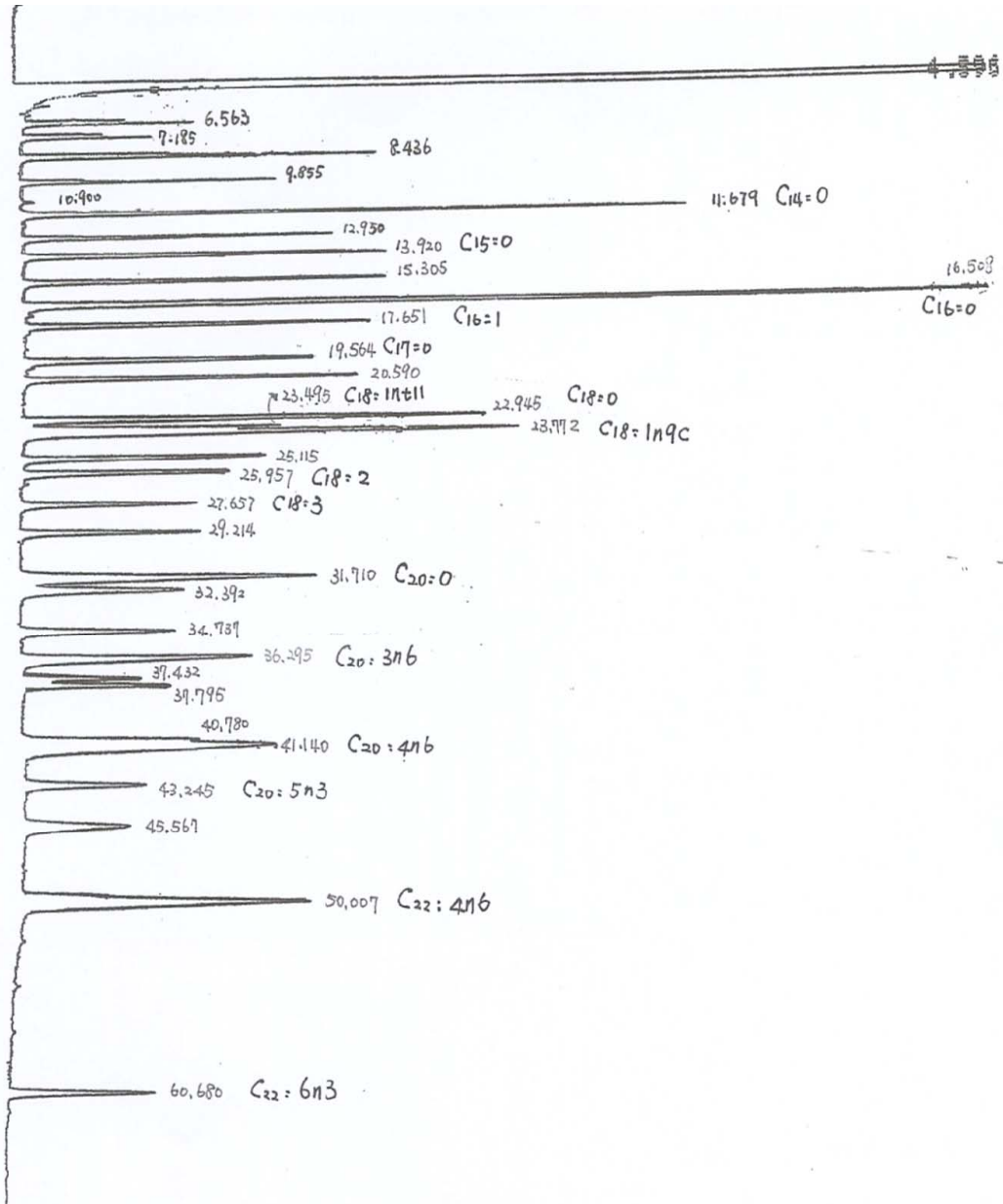
（一）羊肉與背脂的脂肪酸組成比較

不同濃度大豆油添加量於羊肉與背脂的脂肪酸組成如表九和表十，因此可知背脂所含的總飽和脂肪酸比肌肉組織中的還多。共軛亞麻油酸異構物以 cis-9, trans-11 和 trans-10, cis-12 為主，但本實驗中只偵測到 cis-9, trans-11 共軛亞麻油酸，故猜測 trans-10, cis-12 之異構物



圖十七、共軛亞麻油酸標準品之 GC 分析圖譜

Fig. 17. GC chromatogram of standard fatty acid.



圖十八、脂肪酸標準品之 GC 分析圖譜。

Fig. 18. GC chromatogram of standard fatty acid.

在肉中與脂肪組織中含量較少。French *et al.*(2000)分別餵食牛 grazed grass、grass silage 和 concentrate-based 三種飼料，經過肥育 85 天後探討牛排中共軛亞麻油酸種類及含量，結果顯示牛排中共軛亞麻油酸異構物主要以 cis-9, trans-11 型式存在，而 trans-10, cis-12 之異構物無法在牛排中被偵測出，表示 trans-10, cis-12 共軛亞麻油酸異構物在牛排中含量非常少，因此無法被氣相層析儀 (gas chromatography) 分析出 (Beaulieu *et al.*, 2002; Madron *et al.*, 2002)。各組之脂肪酸組成均以油酸 (C18:1 n9) 含量最高，羊肉中占 37~41 %FAME；背脂中占 39~41 %FAME，其次為棕櫚酸 (C16:0)，羊肉中占 16~19 %FAME；背脂中占 22~26 %FAME，其餘脂肪酸羊排中亞麻油酸 (C18:2) 占 11~13 %FAME；背脂中占 3~4 %FAME，硬脂酸 (C18:0) 在羊肉中占 9~11 %FAME；背脂中占 19~21 %FAME。Santos-Silva *et al.* (2004) 作者餵食羊飼料添加大豆油，Bessa *et al.* (2005) 餵食紫苜蓿、精料及 Kott *et al.* (2003) 於飼料中添加紅花油籽約 1 個月的肥育後，其羊肉中所含有脂肪酸比例與本試驗之脂肪酸比例大同小異。共軛亞麻油酸 (cis-9, trans-11 C18:2) 在羊排中占 0.88~0.93 %FAME；背脂中占 1.00~1.42 %FAME，此結果與 Bolte *et al.* (2002) 相似，此作者在羊飼料中添加 78 %亞麻油酸之紅花油籽與 76 %油酸鹽之紅花油籽經肥育 4 個月後發現，背脂中所含共軛亞麻油酸量比里

肌肉含量高。

a. 羊肉 (sirloin lamb chops)

反芻動物飲食改變會影響共軛亞麻油酸與油酸在小腸的吸收與利用，以及在肌肉組織內將油酸去飽和作用來產生共軛亞麻油酸的 $\Delta 9$ -去飽和酶 ($\Delta 9$ -desaturase)，因此而改變共軛亞麻油酸在肌肉組織中的堆積 (Griinari *et al.*, 1999; Griinari *et al.*, 2000; Corl *et al.*, 2001)。本實驗於不同濃度大豆油添加 (2.5 和 5.0 %大豆油) 與控制組在羊里肌肉中共軛亞麻油酸 (CLA) 濃度在統計分析上並無顯著差異 (表九)，控制組、2.5 %大豆油與 5.0 %大豆油三組處理 CLA 濃度分別為 0.88 %、0.93 %與 0.92 %，但仍可觀察出於飼料中大豆油的添加會增加 CLA 趨勢，且 2.5 %和 5.0 %大豆油添加量不會影響 CLA 的堆積濃度，本實驗與 Beaulieu *et al.* (2002) 研究相符，他們在牛飼料中添加 5.0 %大豆油經肥育 28 天，結果顯示大豆油並不會顯著影響共軛亞麻油酸在組織的沉積，然而異油酸 (vaccenic acid, C18:1 t11) 於本試驗中濃度由高至低分別為控制組 (0 % soybean oil)、2.5 % 大豆油和 5.0 % 大豆油組，因此有可能是多量的多不飽和脂肪酸之亞麻油酸 (linolenic acid) 和次亞麻油酸 (linoleic acid) 對瘤胃微生物會造成傷害，導致微生物氫化作用活性與異構化活性受損 (Beaulieu *et al.*, 2002; Scollan *et al.*, 2001)，故飼料中大豆油添加量增加不一定會增

表九、飼料中不同大豆油添加量對生鮮羊排之脂肪酸組成和總膽固醇。

Table 9. Fatty acid composition (% fatty acid methyl esters) and total cholesterol (mg/100g fresh tissue) of raw lamb sirloin chops among dietary selectively soybean oil

Fatty acid	Dietary		
	0% Soybean oil	2.5% Soybean oil	5.0% Soybean oil
C14:0	1.58 ±0.23 a	1.21 ±0.29 b	1.49 ±0.08 a
C15:0	4.46 ±0.63 a	4.39 ±0.28 a	3.26 ±0.28 b
C16:0	18.02 ±0.77 b	15.47 ±0.83 c	19.19 ±0.73 a
C16:1	2.40 ±0.11 a	1.90 ±0.14 b	2.30 ±0.30 a
C17:0	1.02 ±0.05 a	0.66 ±0.18 b	0.69 ±0.06 b
C18:0	9.48 ±0.69 b	11.17±0.58 a	9.06 ±0.89 b
C18:1 t11	0.62 ±0.12 a	0.39 ±0.06 b	0.26 ±0.05 c
C18:1 n9	41.16 ±0.99 a	37.17 ±0.97 c	39.90 ±0.70 b
C18:2	11.18 ±0.59 b	13.20 ±0.91 a	12.62 ±0.92 a
C18:3	0.44 ±0.03 a	0.47 ±0.08 a	0.31 ±0.04 b
CLA (Cis-9, trans-11)	0.88 ±0.14	0.93 ±0.19	0.92 ±0.09
C22:0	0.50 ±0.14 a	0.46 ±0.09 a	0.29 ±0.07 b
C20:3n6	0.48 ±0.16	0.43 ±0.04	0.45 ±0.12
C20:4n6	6.57 ±1.09 b	8.66 ±0.45 a	6.96 ±0.76 b
C20:5n3	0.54 ±0.11 a	0.47 ±0.27 a	0.25 ±0.04 b
C22:4n6	0.64 ±0.12 b	0.74 ±0.14 b	1.01 ±0.16 a
C22:6n3	0.68 ±0.11 b	3.49 ±0.63 a	2.91 ±0.70 a
Sum SFA	35.07 ±0.42	33.35 ±0.37	33.96 ± 0.35
Sum MUFA	44.18 ±0.55 a	39.46 ±0.55 b	42.46 ± 0.50 a
Sum PUFA	20.54 ±0.31 c	27.46 ±0.36 a	24.52 ± 0.39 b
Total cholesterol	56.33 ±1.33	56.24 ±1.02	56.12 ±1.14

Each value is the mean ± SE. (standard error)

SFA, saturated fatty acids; MUFA, monounsaturated fatty acids (CLA excluded) ;

PUFA, polyunsaturated fatty acids.

加共軛亞麻油酸在組織中的堆積 (Harfoot *et al.*, 1997)。異油酸為反式脂肪酸，反式脂肪酸可歸類於飽和脂肪酸，因為反式結構相似於直鏈不轉折的構造，且熔點也相似飽和脂肪酸 (Spritz *et al.*, 1969)。

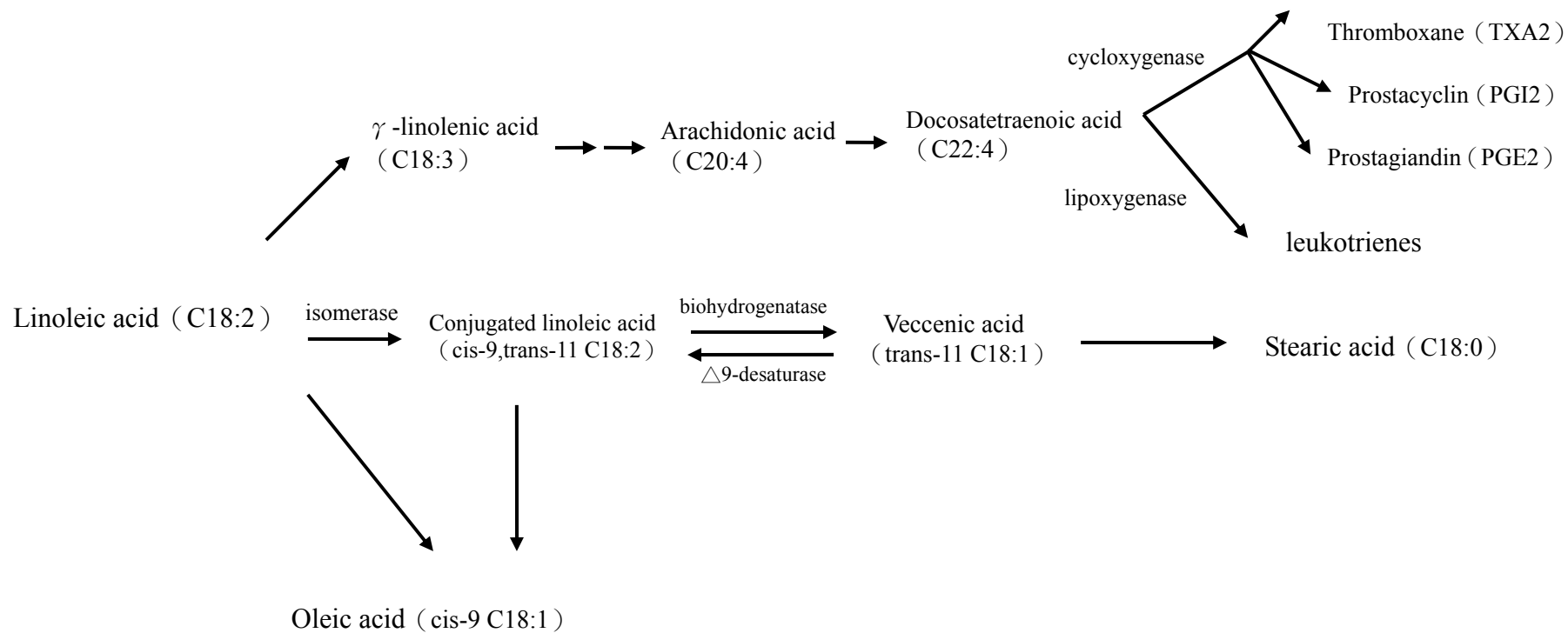
Sundram *et al.* (2003) 和 French *et al.* (2002) 指出反式脂肪酸會增加血漿中總膽固醇和低密度脂蛋白 (LDL)，降低血漿中高密度脂蛋白 (HDL)。本實驗發現於不同大豆油添加量於羊肉中並不能明顯增加組織中共軛亞麻油酸堆積，但能有效降低組織中反式脂肪酸濃度。

硬脂酸 (stearic acid, C18:0) 濃度以 2.5%大豆油添加為最高，控制組與 5.0 %大豆油之間無顯著差異 ($P > 0.05$)，但控制組之硬脂酸濃度有高於 5.0 %大豆油組的趨勢。Madron *et al.* (2002) 推測反芻動物之瘤胃微生物氫化活性增強，使 CLA 與油酸轉變成大量硬脂酸 (C18:0) 而減少了 CLA 在組織內堆積。

亞麻油酸 (C18:2) 隨著不同大豆油添加量增加而增加，控制組、2.5 %大豆油與 5.0 %大豆油三組處理 C18:2 濃度分別為 11.18 %FAME、13.20 %FAME 與 12.62 %FAME。大豆油添加越多則堆積於組織中的亞麻油酸呈顯著的線性增加，但本實驗在統計上並沒有因為大豆油添加愈多而使共軛亞麻油酸含量在肌肉中堆積增加，可能是羊食大豆油中富含高比例共軛亞麻油酸在體內脂肪代謝途徑複雜，亞麻油酸除了會在反芻動物的瘤胃微生物作用形成硬脂酸 (C18:0) 外，

可能還依循必需脂肪酸的代謝形成 γ 式-次亞麻油酸 (γ -linolenic, C18:3)、花生四烯酸 (arachidonic acid, C20:4) 經脂氧化酶 (lipoxygenase) 與環氧化酶 (cyclooxygenase) 產生白三烯素 (leukotrienes)、前列腺素 E2 (prostaglandin E2, PGE2)、前列環素 (prostacyclin, PGI2) 和血栓素 A2 (thromboxane, TXA2)。在 γ 式-次亞麻油酸 (γ -linolenic, C18:3) 濃度以 5.0 %大豆油組顯著低於控制組和 2.5 %大豆油組, Beaulieu *et al.* (2002) 和 Madron *et al.* (2002) 指出在飼料中添加大豆油均會增加組織中 C18:3 濃度, 但 Engle *et al.* (2000) 報導牛飼料中添加 4 %大豆油不會增加里肌肉中 C18:3 濃度, 因此在本實驗可猜測過多的亞麻油酸量反而抑制必需脂肪酸的代謝路徑。

油酸 (oleic acid, C18:1 n9) 濃度由高至低依序為控制組、5.0 %大豆油組和 2.5 %大豆油組, 羊肉脂肪酸組成中 (表九) 將 C18:0、C18:1n11、C18:1n9、C18:2、C18:3 和 cis-9, trans-11 C18:2 等所有碳十八的脂肪酸總和相加, 在控制組、2.5 %大豆油組和 5.0 %大豆油組總和依序為 63.76 % FAME、63.33 % FAME 和 63.07 % FAME。由此可知十八碳脂肪酸於羊隻體內總代謝約占 63 % FAME, 圖十九為推測可能的代謝途徑。因此處理組而言, 飼料中添加 5.0 %大豆油, 結果表示會減少異油酸 (vecceniv acid) 與次亞麻油酸 (linolenic acid) 在肉



圖十九、碳十八之代謝途徑

Fig.19. metabolism of 18 carbons.

中堆積，但促進亞麻油酸及共軛亞麻油酸轉變成油酸之比例含量，也就是說高濃度大豆油會使得提高共軛亞麻油酸及亞麻油酸共同轉變成油酸，且降低亞麻油酸轉換成 γ 式-次亞麻油酸之脂肪代謝路徑。

探討飽和脂肪酸總和、單元不飽和脂肪酸總和與多元不飽和脂肪酸總和可得知，添加大豆油處理組會減少肉中飽和脂肪酸含量，但在統計上控制組與處理組之間並沒有顯著差異 ($P > 0.05$)；而在多元不飽和脂肪酸中，可看出大豆油的添加會使多元不飽和脂肪酸有顯著多於控制組，以 DHA (C22:6n3) 增加最為顯著，其中 2.5 %大豆油組為 3.49 %FAME 與 5.0 %大豆油組為 2.91 %FAME，統計上者無顯著差異 ($P > 0.05$)，控制組則顯著低於處理組為 0.68 %FAME。Kott *et al.* (2003) 和 Bolte *et al.* (2002) 指出羊餵食 0 %及 6 %紅花油籽或餵食含高濃度油酸鹽 (含 76 %的 18:1) 之紅花油籽及高濃度亞麻油酸 (含 78 %的 18:2) 之紅花油籽分別肥育 48 天與 4 個月後，結果發現添加 6 %紅花油籽與含油酸鹽或亞麻油酸之紅花油籽會增加多元不飽和脂肪酸，同時會減少總單元不飽和脂肪酸於肉中的堆積。本試驗與以上作者之試驗結果相似，飼料中添加大豆油會增加羊肉之多元不飽和脂肪酸的堆積，同時降低單元不飽和脂肪酸之濃度。

b. 羊背脂

共軛亞麻油酸濃度在統計上控制組最低，兩處理組之間沒有顯著差異，但仍可看出 5.0 %大豆油組之共軛亞麻油酸含量高於 2.5 %大豆油組（表十），異油酸（C18:1 t11）濃度以 5.0 %大豆油添加為最高，其次為 2.5 %大豆油組和控制組最低，但後兩組在統計上沒有顯著差異。控制組之亞麻油酸（C18:2）、油酸（C18:1 n9）與次亞麻油酸（C18:3）含量皆顯著低於兩處理組（ $P < 0.05$ ），而 2.5 %大豆油組與 5.0 %大豆油組濃度間沒有顯著差異，但是其中亞麻油酸（C18:2）濃度有隨著大豆油量增加而增加趨勢。硬脂酸（C18:0）濃度以 2.5 %大豆油組較高，而控制組與 5.0 %大豆油組其濃度沒有顯著差異。羊背脂的脂肪酸組成中（表十）將 C18:0、C18:1 t11、C18:1 n9、C18:2、C18:3 和 cis-9, trans-11 C18:2 等所有碳十八的脂肪酸總和相加，在控制組、2.5 %大豆油組和 5.0 %大豆油組總和依序為 63.30 % FAME、68.98 % FAME 和 66.86 % FAME，且控制組之 C16:0 含量比兩處理組高，推測可能是控制組之脂肪組織的 β -oxidation 旺盛，導致碳十八的脂肪酸經 β -氧化（ β -oxidation）作用產生較多的乙醯輔酶 A（acetyl-CoA）再經 acetyl-CoA carboxylase 速率決定步驟之酵素作用後轉換成棕櫚酸（C16:0）。

探討總飽和脂肪酸、總單元不飽和脂肪酸與總多元不飽和脂肪酸

表十、飼料中不同大豆油添加量對羊背脂之脂肪酸組成。

Table 10. Fatty acid composition (% fatty acid methyl esters) of raw lamb subcutaneous fat among dietary selectively soybean oil.

Fatty acid	Dietary		
	0% Soybean oil	2.5% Soybean oil	5.0% Soybean oil
C14:0	2.93 ±0.21 b	2.21 ±0.30 c	3.41 ±0.38 a
C15:0	1.04 ±0.23 ab	0.81 ±0.12 b	1.10 ±0.22 a
C16:0	26.15 ±0.99 a	21.97 ±1.37 c	23.73 ±1.41 b
C16:1	1.34 ±0.34 b	2.17 ±0.30 a	2.28 ±0.27 a
C17:0	1.90 ±0.20 a	1.45 ±0.30 b	1.76 ±0.34 ab
C18:0	19.11 ±1.97 b	21.87 ±0.62 a	19.29 ±1.70 b
C18:1 t11	0.53 ±0.12 b	0.57 ±0.09 b	0.89 ±0.12 a
C18:1n9	39.02 ±1.18 b	40.74 ±1.34 a	40.62 ±0.98 a
C18:2	3.17 ±0.10 b	3.90 ±0.33 a	4.07 ±0.39 a
C18:3	0.47 ±0.10 b	0.63 ±0.15 a	0.57 ±0.10 ab
CLA (Cis-9, trans-11)	1.00 ±0.10 b	1.27 ±0.36 a	1.42 ±0.10 a
C22:0	ND	ND	ND
C20:3n6	0.76 ±0.11 a	0.65 ±0.12 a	0.80 ±0.12 a
C20:4n6	ND	ND	ND
C20:5n3	ND	ND	ND
C22:4n6	ND	ND	ND
C22:6n3	ND	ND	ND
Sum SFA	51.12 ±0.72 a	48.30 ±0.54 c	49.29 ±0.81 b
Sum MUFA	40.89 ±0.55 c	43.47 ±0.57 b	43.79 ±0.45 a
Sum PUFA	4.40 ±0.10 b	5.17 ±0.20 a	5.44 ±0.20 a

Each value is the mean ± S.E. (standard error)

SFA, saturated fatty acids; MUFA, monounsaturated fatty acids (CLA excluded) ;

PUFA, polyunsaturated fatty acids.

方面，可得知不同大豆油量添加會降低飽和脂肪酸含量，主要是因為飽和脂肪酸中的棕櫚酸 (C16:0) 會因為大豆油的添加而顯著的降低，其中 2.5 %大豆油組低於 5.0 %大豆油組，故推測以適當的多元不飽和脂肪酸餵飼動物更能有抑制 C16:0 生成。Lough *et al.* (1992) 於公羊飼料中添加油菜籽 (canola seeds) 肥育後亦會降低背脂中飽和脂肪酸濃度，尤其棕櫚酸含量降低較為顯著。

綜合討論羊肉組織與羊背脂在異油酸 (C18:1 t11) 與共軛亞麻油酸 (cis-9,trans-11 C18:2) 之比值，發現控制組、2.5 %大豆油組和 5.0 %大豆油組在羊肉之比值依序值為 0.70 % FAME、0.42 % FAME 和 0.28 % FAME；羊背脂之比值依序值為 0.53 % FAME、0.45 % FAME 和 0.62 % FAME。由此可知控制組羊肉組織之異油酸與共軛亞麻油酸比值高於羊背脂，此比值在 2.5 %大豆油組與 5.0 %大豆油組卻是羊背脂高於羊肉組織，推測異油酸和共軛亞麻油酸在肌肉與背脂中的代謝情形可能不同所致。本實驗控制組在飼料中未添加大豆油結果異油酸與共軛亞麻油酸之比值以羊肉組織高於羊背脂。Griinari *et al.* (1999) 指出在一般牧場所購得牛經宰殺後，共軛亞麻油酸含量在牛背脂之脂肪組織高於牛肌肉組織。

(二) 羊肉與背脂經烤箱加熱處理後的脂肪酸組成比較

不同濃度大豆油添加量於羊肉與背脂經烤箱加熱後的脂肪酸組成如表十一和表十二，可知背脂經烤箱加熱後所含總飽和脂肪酸量高於烤箱加熱之羊肉。各組之脂肪酸組成均以油酸 (C18:1 n9) 含量最高，烤箱加熱之羊肉占 30~34 %FAME；烤箱加熱背脂占 39~41 %FAME，其次為棕櫚酸 (C16:0)，烤箱加熱羊排占 13~15 %FAME；背脂占 24~26 %FAME。其餘之脂肪酸，烤箱加熱之羊肉所含亞麻油酸 (C18:2) 占 14~15 %FAME；烤箱加熱之背脂占 2~5 %FAME，在烤箱加熱之羊肉所含硬脂酸 (C18:0) 占 11~13 %FAME；背脂占 13~22 %FAME。

a. 羊肉

羊肉經烤箱加熱後的共軛亞麻油酸濃度以 2.5 %大豆油組為最高，其次為控制組而添加 5.0 %大豆油組之共軛亞麻油酸濃度含量最低 (表十一)。比較生鮮羊肉與烤箱加熱之羊肉之共軛亞麻油酸濃度變化 (表九和表十一)，可知控制組之羊肉經烤箱加熱後，共軛亞麻油酸濃度變化不大，由 0.88 %FAME 約略降低至 0.80 %FAME，在 2.5 %大豆油組之羊肉經烤箱加熱後，共軛亞麻油酸濃度會由 0.93 %FAME 提高至 1.14 %FAME，而 5.0 %大豆油組之共軛亞麻油酸濃度經火烤加熱後反而降低，由 0.92 %FAME 降低至 0.58 %FAME。

表十一、飼料中不同大豆油添加量對烤箱加熱羊肉之脂肪酸組成。

Table 11. Fatty acid composition (% fatty acid methyl esters) of broiling lamb loin chops among dietary selectively soybean oil

Fatty acid	Dietary		
	0% Soybean oil	2.5% Soybean oil	5.0% Soybean oil
C14:0	0.74 ±0.06 b	0.67 ±0.09 b	0.99 ±0.31 a
C15:0	6.96 ±0.58 a	6.53 ±0.98 a	5.06 ±0.39 b
C16:0	14.98 ±0.49	13.80 ±0.91	14.79 ±2.77
C16:1	1.66 ±0.23	1.75 ±0.18	1.64 ±0.36
C17:0	0.84 ±0.11	0.74 ±0.08	0.88 ±0.22
C18:0	11.50 ±0.37 b	12.55 ±0.76 a	11.58 ±0.85 b
C18:1t11	1.07 ±0.14 a	0.81 ±0.10 b	0.84 ±0.14 b
C18:1 n9	34.26 ±0.88 a	30.73 ±0.89 b	32.33 ±1.93 b
C18:2	14.33 ±0.82	14.11 ±0.77	14.39 ±1.35
C18:3	0.48 ±0.07 b	0.57 ±0.14 ab	0.65 ±0.12 a
CLA (Cis-9, trans-11)	0.80 ±0.08 b	1.14 ±0.21 a	0.58 ±0.10 c
C22:0	0.83 ±0.10 a	0.78 ±0.21 a	0.33 ±0.07 b
C20:3 n6	0.71 ±0.07 a	0.51 ±0.14 b	0.41 ±0.05 b
C20:4 n6	7.83 ±0.65 b	11.04 ±1.03 a	7.41 ±0.60 b
C20:5 n3	0.50 ±0.04 b	0.47 ±0.10 b	0.66 ±0.06 a
C22:4 n6	0.76 ±0.08 b	0.89 ±0.15 a	0.73 ±0.02 b
C22:6 n3	0.93 ±0.14 ab	1.03 ±0.13 a	0.85 ±0.10 b
Sum SFA	35.85 ±0.28 a	35.07 ±0.50 ab	33.63 ±0.77 b
Sum MUFA	36.98 ±0.56 a	33.30 ±0.54 b	34.81 ±1.14 ab
Sum PUFA	25.53 ±0.27	28.62 ±0.35	25.10 ±0.33

Each value is the mean ± SE (standard error)

SFA, saturated fatty acids; MUFA, monounsaturated fatty acids (CLA excluded) ; PUFA, polyunsaturated fatty acids.

Ha *et al.* (1989) 指出，在一般飼養情況下所得牛肉經烤箱加熱後所含共軛亞麻油酸之含量高於未烹煮之牛肉，作者推測加熱會促進牛肉中亞麻油酸之熱氧化作用 (thermal oxidation) 而產生共軛亞麻油酸，相反地，若加熱溫度過高則會破壞牛肉中共軛亞麻油酸濃度。

控制組之異油酸 (C18:1 t11) 與油酸 (C18:1 n9) 之濃度高於 ($P < 0.05$) 2.5 及 5.0 %大豆油組，但兩處理組間之差異則不顯著 ($P > 0.05$)。由此可知羊肉經烤箱加熱後會使控制組與 2.5 及 5.0 %大豆油組之反式異油酸濃度增加，且會降低控制組與 2.5 及 5.0 %大豆油組之油酸濃度，而 2.5 及 5.0 %大豆油組之油酸濃度皆顯著 ($P < 0.05$) 低於控制組，換言之羊飼料中添加大豆油肥育後有利於人類攝食。硬脂酸 (C18:0) 以 2.5 %大豆油組較高，而控制組與 5.0 %大豆油組間無顯著差異 ($P > 0.05$)。次亞麻油酸 (C18:3) 以 5.0 %大豆油組含量較高而控制組含量較低。控制組之亞麻油酸 (C18:2) 濃度與 2.5 及 5.0 %大豆油組並無顯著差異，且在比較生鮮與烤箱加熱羊肉後亞麻油酸含量 (表九和表十一) 發現生鮮羊肉中平均濃度 (控制組與 2.5 及 5.0 %大豆油組之平均) 為 12.33 %FAME；但羊肉經烤箱加熱後其濃度增加 (控制組與 2.5 及 5.0 %大豆油組之平均) 至為 14.27 %FAME。本實驗結果與 Duckett *et al.* (1998) 研究成果不盡相同，作者指出牛肉經烹煮後會降低油酸、亞麻油酸與次亞麻油酸含量，但

硬脂酸濃度提高，而十五酸或棕櫚酸濃度則不變。

其它飽和脂肪酸如肉豆蔻酸 (myristic acid, C14:0) 以 5.0 %大豆油組含量較高為 0.99 %FAME，而控制組與 2.5 %大豆油組間在統計上無顯著差異，而 5.0 %大豆油組之十五酸 (pentadecanoic acid, C15:0) 和山酸 (behenic acid, C22:0) 含量低於 ($P < 0.05$) 控制組與 2.5 %大豆油組，但控制組與 2.5 及 5.0 %大豆油組之棕櫚酸 (palmitic acid, C16:0) 和十七烷酸 (margaric acid, C17:0) 含量則無顯著差異 ($P > 0.05$)。烤箱加熱羊肉之總飽和脂肪酸含量以控制組為較高，而 5.0 %大豆油組較低，但可知總飽和脂肪酸含量由高至低依序為控制組、2.5 %大豆油組與 5.0 %大豆油組 (表十一)。

其它單元不飽和脂肪酸如棕櫚烯酸 (palmitoleic acid, C16:1) 含量以控制組高於 ($P < 0.05$) 2.5 及 5.0 %大豆油組，且可發現經烤箱加熱羊肉之棕櫚烯酸濃度會降低。烤箱加熱羊肉之總單不飽和脂肪酸含量統計上以控制組最高，2.5 %大豆油組最低，但可看出總單不飽和酸含量由高至低依序為控制組、5.0 %大豆油組與 2.5 %大豆油組。

花生四烯酸 (C20:4 n6) 為多元不飽和脂肪酸之主要含量，如表十一所示。以 2.5 %大豆油組濃度最高，控制組與 5.0 %大豆油組間無顯著差異 ($P > 0.05$)。烤箱加熱羊肉會些微增加其濃度。DHA (C22:6

n3) 濃度則以 2.5 %大豆油組較其他二組多 ($P < 0.05$)，而控制組與 5.0 %大豆油組間無顯著差異。比較生鮮與烤箱加熱羊肉之 DHA 濃度 (表九和表十一)，可發現 2.5 %大豆油組與 5.0 %大豆油組火烤加熱後會明顯減少其濃度，平均由 3.2 %FAME (表九的 2.5 %大豆油組與 5.0 %大豆油組之平均) 減為 0.94 %FAME (表十一的 2.5 %大豆油組與 5.0 %大豆油組之平均)。烤箱加熱之羊肉的總多不飽和脂肪酸含量在控制組與 2.5 及 5.0 %大豆油組間無顯著差異，且可發現 2.5 %大豆油組與 5.0 %大豆油組之羊肉勾烤箱加熱後總多元不飽和脂肪酸含量無變化，但控制組之總多元不飽和脂肪酸含量卻增加 5 % (生鮮羊肉為 20.54 %FAME，烤箱加熱之羊肉為 25.53 %FAME)。Duckett *et al.* (1998) 研究指出牛肉經火烤後會降低 C18:2, C18:3 和 C20:4，且會使多不飽和脂肪酸總量下降 29 %，此結果與本實驗不同。

b. 羊背脂

控制組之羊背脂經烤箱加熱後其共軛亞麻油酸濃度較高，2.5 %大豆油組含量較低，統計上 5.0 %大豆油組之共軛亞麻油酸濃度與控制組和 2.5 %大豆油組間無顯著差異 (表十二)。羊背脂經烤箱加熱後，控制組之共軛亞麻油酸濃度由 1.00 %FAME 提升至 1.91 %FAME，2.5 %大豆油組變化不大，而 5.0 %大豆油組則些微下降 0.1 %之共軛亞麻油酸。

表十二、飼料中不同大豆油添加量對烤箱加熱羊背脂之脂肪酸組成。

Table 12. Fatty acid composition (% fatty acid methyl esters) of boiling lamb subcutaneous fat among dietary selectively soybean oil

Fatty acid	Dietary		
	0% soybean oil	2.5% soybean oil	5.0% soybean oil
C14:0	3.02 ±0.30 ab	2.59 ±0.49 b	3.32 ±0.41 a
C15:0	1.11 ±0.09	1.15±0.22	1.22 ±0.17
C16:0	24.17 ±0.79	24.72 ±0.57	25.99 ±2.41
C16:1	1.69 ±0.42 a	0.92 ±0.17 b	0.72 ±0.12 b
C17:0	1.64 ±0.44	1.30 ±0.33	1.51 ±0.38
C18:0	13.11 ±1.52 b	22.31 ±2.23 a	14.45 ±1.24 b
C18:1 t11	0.32 ±0.15 b	0.37 ±0.08 ab	0.56 ±0.26 a
C18:1 n9	41.22 ±2.34	39.57 ±1.85	39.54 ±2.21
C18:2	5.13±1.13 a	2.36 ±0.47 b	2.52 ±1.56 b
C18:3	0.55±0.10 a	0.32 ±0.39 ab	0.22 ±0.06 b
CLA (Cis-9, trans-11)	1.91 ±0.84 a	1.20 ±0.24 b	1.32 ±0.31 ab
C22:0	ND	ND	ND
C20:3 n6	0.57 ±0.06 b	1.00 ±0.18 a	0.53 ±0.18 b
C20:4 n6	ND	ND	ND
C20:5 n3	ND	ND	ND
C22:4 n6	ND	ND	ND
C22:6 n3	ND	ND	ND
Sum SFA	43.06 ±0.63 b	52.07 ±0.77 a	46.48 ±0.92 b
Sum MUFA	43.23 ±0.97 a	40.85 ±0.70 b	40.82 ±0.86 b
Sum PUFA	6.25 ±0.43 a	3.68 ±0.41 b	3.28 ±0.60 b

Each value is the mean ± S.E. (standard error)

SFA, saturated fatty acids; MUFA, monounsaturated fatty acids (CLA excluded) ; PUFA, polyunsaturated fatty acids.

異油酸 (C18:1 t11) 濃度以 5.0 %大豆油組為高，控制組最低。且可發現背脂經烤箱加熱後皆會降低異油酸含量，平均由 0.66 %FAME (表十的控制組與兩處理組之平均) 降至 0.42 %FAME (表十二的控制組與兩處理組之平均)。

由表十二觀察可知，烤箱加熱之背脂總飽和脂肪酸含量以 2.5 %大豆油組為高，其次為 5.0 %大豆油組，控制組含量最少，但 5.0 %大豆油組與控制組在統計上無顯著差異 ($P > 0.05$)。背脂經烤箱加熱後總飽和脂肪酸由 49.57 %FAME (表十之總飽和脂肪酸之平均) 降低至 47.20 %FAME (表十二之總飽和脂肪酸總之平均)。控制組之總單元不飽和脂肪酸含量較高，而與 2.5 及 5.0 %大豆油組之差異不顯著 ($P > 0.05$)。生鮮羊背脂與烤箱加熱羊背脂在各處理之總單元不飽和脂肪酸改變並不大，平均由 42.71 %FAME (表十之總單元不飽和脂肪酸的平均) 降低至 41.63 %FAME (表十二之總飽和脂肪酸的平均)。控制組之總多元不飽和脂肪酸含量較高，且經烤箱加熱後由 4.40 %FAME 明顯提高至 6.25 %FAME，這是因為亞麻油酸濃度 (C18:2) 因加熱而增加，而兩處理組間總多元不飽和脂肪酸含量無顯著差異，且加熱後其含量由 5.30 %FAME (表十的兩處理組之總多不飽和脂肪酸之平均) 降低至 3.48 %FAME (表十二的兩處理組之總多元不飽和脂肪酸之平均)。

(三) 羊肉與背脂水煮後的脂肪酸組成比較

不同濃度大豆油添加量於羊排與背脂經水煮後的脂肪酸組成如表十三和表十四，可知水煮背脂所含的總飽和脂肪酸量高於水煮羊肉。各組之脂肪酸組成均以油酸 (C18:1 n9) 含量最高，在水煮羊肉中占 35~40 %FAME；在水煮背脂中占 31~38 %FAME。其次較高含量為棕櫚酸 (C16:0)，在水煮羊肉中占 14~17 %FAME；背脂占 22~34 %FAME，其餘脂肪酸在水煮羊肉之亞麻油酸 (C18:2) 占 12~15 %FAME；在背脂亞麻油酸 (C18:2) 占 3 %FAME，硬脂酸 (C18:0) 在水煮羊肉中占 9~12 %FAME；在背脂中占 16~22 %FAME。

a. 羊肉

羊肉經水煮後，控制組與兩處理組 (2.5 及 5.0 %大豆油組) 之共軛亞麻油酸濃度於統計上並無顯著差異 ($P > 0.05$) (表十三)，但仍可看出 2.5 %大豆油組高於 5.0 %大豆油組，控制組含量較少。比較生鮮羊肉與水煮羊肉之共軛亞麻油酸濃度變化 (表九和表十三)，可知羊肉水煮後共軛亞麻油酸含量約略下降，其平均值由 0.91 %FAME 下降至 0.75 %FAME。

異油酸 (C18:1t 11) 與油酸 (C18:1 n9) 濃度在統計上以控制組高於 ($P < 0.05$) 兩處理組，2.5 及 5.0 %大豆油組之含量則不顯著 ($P > 0.05$)。2.5 %大豆油組之硬脂酸 (C18:0) 較高 ($P < 0.05$)，而控制

表十三、飼料中不同大豆油添加量對水煮羊排之脂肪酸組成。

Table 13. Fatty acid composition (% fatty acid methyl esters) of boiling lamb sirloin chops among dietary selectively soybean oil

Fatty acid	Dietary		
	0% Soybean oil	2.5% Soybean oil	5.0% Soybean oil
C14:0	1.23 ±0.16 a	0.89 ±0.06 b	1.28 ±0.40 a
C15:0	4.78 ±0.49	5.49 ±0.37	4.99 ±1.18
C16:0	17.36 ±0.75 a	14.50 ±1.01 b	17.25 ±1.38 a
C16:1	2.50 ±0.28 a	1.13 ±0.12 b	2.01 ±0.70 a
C17:0	0.77 ±0.06 a	0.61 ±0.05 b	0.80 ±0.10 a
C18:0	9.46 ±0.48 b	12.64 ±0.95 a	10.08 ±1.26 b
C18:1 t11	0.84 ±0.05 a	0.51 ±0.08 b	0.72 ±0.09 b
C18:1 n9	40.76 ±1.30 a	36.89 ±1.21 b	35.93 ±1.20 b
C18:2	12.23 ±1.34 b	13.23 ±1.28 b	15.36 ±1.27 a
C18:3	0.32 ±0.05	0.38 ±0.10	0.33 ±0.07
CLA (Cis-9, trans-11)	0.67 ±0.12	0.82 ±0.07	0.77 ±0.15
C22:0	0.51 ±0.11 b	0.65 ±0.11 a	0.36 ±0.07 c
C20:3 n6	0.48 ±0.15	0.61 ±0.12	0.63 ±0.13
C20:4 n6	6.50 ±0.89 b	9.56 ±1.23 a	7.08 ±1.45 b
C20:5 n3	0.19 ±0.06 b	0.39 ±0.21 a	0.28 ±0.10 ab
C22:4 n6	0.71 ±0.14 b	1.04 ±0.18 a	0.82 ±0.18 b
C22:6 n3	0.46 ±0.09 b	1.04 ±0.19 a	0.93 ±0.18 a
Sum SFA	34.10 ±0.34	34.79 ±0.43	34.77 ±0.73
Sum MUFA	44.10 ±0.79 a	38.52 ±0.66 b	38.66 ±0.68 b
Sum PUFA	20.89 ±0.39 b	26.25 ±0.47 a	25.44 ±0.48 a

Each value is the mean ± SE (standard error)

SFA, saturated fatty acids; MUFA, monounsaturated fatty acids (CLA excluded) ; PUFA, polyunsaturated fatty acids.

組與 5.0 %大豆油組間則無顯著差異。亞麻油酸 (C18:2) 則以 5.0 %大豆油組含量較高 ($P < 0.05$)，而控制組與 2.5 %大豆油組間無顯著差異。所有組之次亞麻油酸 (C18:3) 濃度則無顯著差異。

控制組與 5.0 %大豆油組之肉豆蔻酸 (C14:0) 為較高分別為 1.23 %FAME 和 1.28 %FAME，而 2.5 %大豆油組濃度較少為 0.89 %FAME。所有組之十五酸 (C15:0) 濃度在統計上無顯著差異 ($P > 0.05$)。2.5 %大豆油組之棕櫚酸 (C16:0) 和十七烷酸 (C17:0) 濃度較低，分別為 14.50 %FAME 和 0.61 %FAME，而控制組與 5.0 %大豆油組間無顯著差異 ($P > 0.05$)。山酸 (C22:0) 濃度則是以 2.5 %大豆油組最高為 0.65 %FAME，其次是控制組為 0.51 %FAME，5.0 %大豆油組含量最低為 0.36 %FAME。水煮羊肉後之總飽和脂肪酸含量在控制組與兩處理組 (2.5 及 5.0 %大豆油組) 間無顯著差異；控制組、2.5 %大豆油組和 5.0 %大豆油組之總飽和脂肪酸含量依序為 34.10 %FAME、34.79 %FAME 和 34.77 %FAME。

其它單元不飽和脂肪酸如棕櫚烯酸 (C16:1) 濃度以 2.5 % 大豆油組最低為 1.13 %FAME，而控制組與 5.0 %大豆油組間無顯著差異其值分別為 2.50 %FAME 和 2.01 %FAME，但可看出控制組之棕櫚烯酸含量有較高的趨勢。水煮羊肉之總單元不飽和脂肪酸以控制組較高為 44.10 %FAME，2.5 %大豆油組和 5.0 %大豆油組分別為 38.52

%FAME 和 38.66 %FAME。

多元不飽和脂肪酸主要以花生四烯酸 (C20:4 n6) 為主。如表十三所示，2.5 %大豆油組之花生四烯酸濃度最高，控制組與 5.0 %大豆油組在統計上無顯著差異，分別為 6.50 %FAME 和 7.08 %FAME，花生四烯酸含量多寡之趨勢為 2.5 %大豆油、5.0 %大豆油組和控制組。且發現飼料中添加大豆油之羊肉水煮後會增加花生四烯酸之含量，平均由 7.81 %FAME (表九兩處理組 C20:4 n6 之平均) 增加至 8.32 %FAME (表十三兩處理組 C20:4 n6 之平均)。DHA (C22:6 n3) 濃度以 2.5 %大豆油組和 5.0 %大豆油組較高，但兩者間並無顯著差異，分別為 1.04 %FAME 和 0.93 %FAME，控制組為較低為 0.46 %FAME。比較生鮮和水煮羊肉中 DHA 的變化 (表九和表十三)，可發現 2.5 %大豆油組和 5.0 %大豆油組之羊肉水煮後會顯著減少其濃度，平均由 3.2 %FAME (表九 2.5 %大豆油組和 5.0 %大豆油組之平均) 減為 0.99 %FAME (表十三 2.5 %大豆油組和 5.0 %大豆油組之平均)。水煮羊肉的總多元不飽和脂肪酸含量以 2.5 及 5.0 %大豆油組較高，且兩處理組在統計上無顯著差異；2.5 %大豆油組和 5.0 %大豆油組分別為 26.25 %FAME 和 25.44 %FAME，控制組為 20.89 %FAME。

比較羊肉由表十一和表十三可知羊肉經烤箱加熱和水煮後皆會增加其異油酸 (C18:1 t11)、山酸 (C22:0) 和花生四烯酸 (C20:4 n6)

之濃度，同時會使棕櫚酸（C16:0）和 DHA（C22:6 n3）的脂肪酸濃度下降。探討兩者不同加熱方式之總飽和脂肪酸，發現水煮和烤箱加熱之羊肉所含總飽和脂酸含量相當，分別為 34.55 %FAME 和 34.85 %FAME（表十一和表十三各別三組之 SFA 之平均）。而在總單元不飽和脂肪酸方面，水煮羊肉之含量高於烤箱加熱羊肉，分別為 40.43 %FAME 和 35.03 %FAME（表十一和表十三各別三組之 MUFA 之平均）。總多元不飽和脂肪酸方面，控制組以烤箱加熱羊肉之含量顯著高於（ $P < 0.05$ ）水煮羊肉，分別為 25.53 %FAME 和 20.89 %FAME，而兩處理組（2.5 及 5.0 %大豆油組）間之差異並不顯著。

b. 羊背脂

羊脂肪經水煮後的共軛亞麻油酸濃度以控制組較高為 2.31 %FAME，其次是 2.5 %大豆油組為 1.55 %FAME，而 5.0 %大豆油組濃度較少為 1.12 %FAME（表十四）。

異油酸（C18:1 t11）濃度以 2.5 %大豆油組較高為 0.7 %FAME，其次是 5.0 %大豆油組為 0.57 %FAME，控制組較低為 0.44 %FAME。同時發現羊背脂經水煮後，2.5 %大豆油組之異油酸濃度會提高，而在控制組與 5.0 %大豆油組濃度有減少趨勢。

由表十四可知，水煮之背脂總飽和脂肪酸含量依控制組、2.5 %

表十四、飼料中不同大豆油添加量對水煮羊背脂之脂肪酸組成。

Table 14. Fatty acid composition (% fatty acid methyl esters) of boiling lamb subcutaneous fat among dietary selectively soybean oil

Fatty acid	Dietary		
	0% Soybean oil	2.5% Soybean oil	5.0% Soybean oil
C14:0	3.78 ±0.21 a	3.18 ±0.41 b	3.69 ±0.50 a
C15:0	0.90 ±0.13 b	0.81 ±0.09 ab	1.05 ±0.21 a
C16:0	22.43 ±1.95 c	25.33 ±2.60 b	34.15 ±1.09 a
C16:1	2.65 ±0.31 a	1.29 ±0.16 b	1.19 ±0.14 b
C17:0	2.04 ±0.16 a	1.69 ±0.10 b	1.58 ±0.34 b
C18:0	19.50 ±0.97 b	22.04 ±1.83 a	16.54 ±1.56 c
C18:1 t11	0.44 ±0.05 c	0.70 ±0.06 a	0.57 ±0.13 b
C18:1 n9	38.00 ±1.08 a	37.58 ±1.55 a	31.15 ±1.62 b
C18:2	3.82 ±0.60	3.80 ±0.35	3.45 ±0.62
C18:3	0.35 ±0.03 a	0.35 ±0.06 a	0.27 ±0.07 b
CLA (Cis-9, trans-11)	2.31 ±0.36 a	1.55 ±0.16 b	1.12 ±0.26 c
C22:0	ND	ND	ND
C20:3 n6	0.63 ±0.10 b	0.79 ±0.07 a	0.33 ±0.10 c
C20:4 n6	ND	ND	ND
C20:5 n3	ND	ND	ND
C22:4 n6	ND	ND	ND
C22:6 n3	ND	ND	ND
Sum SFA	48.65 ±0.69 b	53.04 ±1.01 ab	57.01 ±0.74 a
Sum MUFA	41.09 ±0.48 a	39.57 ±0.59 a	32.92 ±0.63 b
Sum PUFA	4.79 ±0.24 b	4.93 ±0.16 a	4.05 ±0.26 c

Each value is the mean ± S.E. (standard error)

SFA, saturated fatty acids; MUFA, monounsaturated fatty acids (CLA excluded) ; PUFA, polyunsaturated fatty acids.

大豆油組和 5.0 %大豆油組之濃度分別為 48.65 %FAME、53.04 %FAME 和 57.01 %FAME，2.5 %大豆油組與控制組之差異或與 5.0 %大豆油組之差異並無顯著差異 ($P > 0.05$)，而控制組與 5.0 %大豆油組則有顯著差異 ($P < 0.05$)。背脂水煮後總飽和脂肪酸由 49.57 %FAME (表十之總飽和脂肪酸之平均) 增加至 52.90 %FAME (表十四之總飽和脂肪酸之平均)。總單元不飽和脂肪酸之含量以控制組和 2.5 %大豆油組較高，其值分別為 41.09 %FAME 和 39.57 %FAME，但兩組間並無顯著差異 ($P > 0.05$)；而 5.0 %大豆油組之濃度較低，其值為 32.92 %FAME。背脂經水煮後總單元不飽和脂肪酸平均由 42.71 %FAME (表十之總單元不飽和脂肪酸之平均) 降低至 37.86 %FAME (表十四之總單元不飽和脂肪酸之平均)。2.5 %大豆油組、控制組及 5.0 %大豆油組之總多元不飽和脂肪酸濃度，分別為 4.93 %FAME、4.79 %FAME 和 4.05 %FAME，多元不飽和脂肪酸主要是亞麻油酸濃度 (C18:2)，亞麻油酸經水煮加熱後控制組之濃度會增加，由 3.17 %FAME 增加至 3.82 %FAME，而 2.5 及 5.0 %大豆油組之亞麻油酸濃度會減少，2.5 %大豆油組由 3.90 %FAME 減少至 3.80 %FAME；5.0 %大豆油組則由 4.07 %FAME 減少至 3.45 %FAME。

總多元不飽和脂肪酸整體而言，背脂水煮加熱後其含量平均由 5.30 %FAME (表十之總多元不飽和脂肪酸之平均) 降至 4.59 %FAME

(表十四之總多元不飽和脂肪酸之平均)，表示少部分的多元不飽和脂肪酸因加熱關係而使得脂肪酸的雙鍵位置被氫化而成單鍵形式之飽和脂肪酸和只含一個雙鍵的單元不飽和脂肪酸。

八、膽固醇

探討飼料添加不同含量大豆油對羊肉膽固醇的影響(表九)，由表可知控制組、2.5%大豆油組和5.0%大豆油組膽固醇含量依序為56.33、56.24和56.12 mg/100 g fresh tissue，但各組間之差異並不顯著($P>0.05$)，表示說飼料中不同濃度大豆油的添加並不會改變羊肉中膽固醇的濃度。本試驗結果與 Migdal et al. (2004) 相似，他們在豬飼料中添加2.0%共軛亞麻油酸，體重由70 kg 肥育至平均重量為129.9 kg 後，發現控制組與添加2.0%共軛亞麻油酸組之膽固醇量分別為61.26和62.96 mg/100 g fresh tissue，在統計上兩組間無顯著差異($P>0.05$)。Alfaia et al. (2006) 指出水牛放牧飼養於2002年十月的秋天和2003年6月的春天，以探討牛肉中共軛亞麻油酸和膽固醇的關係，結果發現共軛亞麻油酸含量與膽固醇濃度在秋天或春天的飼養環境下並沒有顯著差異。

伍、結 論

結 論

1. 本試驗飼養努比亞 (Nubian) 闖公羊初使體重約 40 kg 肥育 5 個月達平均約 60 kg，於飼料中添加不同量 (0、2.5 和 5.0 %) 之大豆油，發現各組處理羊肉之水份、粗脂肪、粗蛋白和灰份沒有顯著差異。
2. 酸鹼值 (pH 值) 由高至低依序為控制組 (0 %大豆油)、2.5 %和 5.0 %大豆油組，且此三組之間具有顯著差異 ($P < 0.05$)，由於脂肪酸屬於酸性，當脂肪含量越多其脂肪酸含量也越多。同時各組處理之酸鹼值皆隨貯藏時間增加而增加。
3. 各組處理之硫巴比妥酸值 (TBARS value) 皆隨貯藏時間增加而增加。2.5 %大豆油組貯藏於第 6 和 9 天之 TBARS 值皆顯著高於控制組與 5.0 %大豆油組，主要是餵飼 2.5 %大豆油組羊肉之脂肪酸所含雙鍵數目較多導致貯藏期間脂肪酸氧化。
4. 飼料中越多大豆油的添加對羊排色澤越明亮 (L^* 值)，且隨著貯藏時間增加 0、2.5 和 5.0 %大豆油組之 L^* 值大致呈下降趨勢。5.0 %大豆油組之明亮度顯著高於控制組與 2.5 %大豆油組，且 2.5 %大豆油組顯著高於控制組，這是由於羊肉中脂肪含量較高時，脂肪會影響肌肉顏色，造成羊肉之明亮度上升。
5. 整體而言，5.0 %大豆油組之紅色度和黃色度 (a^* 和 b^* 值) 顯著高於 2.5 %大豆油組和控制組，且 2.5 %大豆油組之紅色度和黃色度 (a^* 和 b^* 值) 顯著高於控制組。其中 5.0 %大豆油組之羊肉貯藏至第 3 天時紅色度和黃色度 (a^* 和 b^* 值) 會顯著高於控制組和 2.5 %大豆油組，且控制組之羊肉貯藏至第 9 天時紅色度和黃色度 (a^* 和 b^* 值) 會顯著低於 2.5 和 5.0 %大豆油組，因此証實飼料中大豆油的添加可維持羊肉在貯藏下之紅色度及黃色度。

6. 各組處理羊肉之滴水率皆會隨著貯藏時間增加而增加，5.0 %大豆油組羊肉貯藏至第 9 天時滴水率顯著低於控制組與 2.5 %大豆油組，可能是攝食大豆油濃度越高則粗脂肪有增加的趨勢，因此猜測滴水率與肉中脂肪含量多寡有關係。
7. 水煮羊肉至中心溫度為 73°C 所需時間比烤箱加熱羊肉短，是因為熱傳導介質不同，會影響受熱時間和速率之關係，且水煮與烤箱加熱羊肉不會影響烹煮損失率；控制組之羊背脂由水煮與烤箱加熱之不同方式加熱至中心溫度 73°C 所需時間最長，因為控制組羊肉之脂肪組織內飽和脂肪酸較多，則所需熔點易高之故。
8. 0、2.5 和 5.0 %大豆油組之生鮮羊肉中所含共軛亞麻油酸 (conjugated linoleic acid) 濃度並無顯著差異 ($P > 0.05$)，但仍有隨著飼料中大豆油的添加而增加其 CLA 之趨勢。異油酸會隨著大豆油量增加而顯著減少，由於異油酸為反式脂肪酸，易增加血漿中總膽固醇和 LDL 濃度，因此不同大豆油添加雖然不能顯著增加羊肉中共軛亞麻油酸濃度，但能有效降低組織中反式脂肪酸濃度。同時發現，飼料中隨著大豆油的添加會減少羊肉中總飽和脂肪酸含量及增加羊肉中多元不飽和脂肪酸濃度，但本實驗中控制組與兩處理組之飽和脂肪酸濃度並無顯著差異 ($P > 0.05$)。
9. 羊背脂所含共軛亞麻油酸 (conjugated linoleic acid) 濃度隨著飼料中大豆油添加而增加，其中 2.5 和 5.0 %大豆油組之含量顯著高於控制組。但異油酸濃度以 5.0 %大豆油添加顯著高於 2.5 %大豆油組與控制組。同時發現總飽和脂肪酸含量在羊背脂中會因大豆油的添加而減少或增加總單元不飽和脂肪酸及總多元不飽和脂肪酸的濃度。

10. 羊肉經烤箱加熱至中心溫度為 73°C 後，軛亞麻油酸濃度會增加，推測是因為加熱而促進亞麻油酸之熱氧化作用而產生共軛亞麻油酸，其中以 2.5 % 大豆油組最高，最低為 5.0 % 大豆油組。烤箱加熱後控制組之異油酸濃度顯著高於 2.5 和 5.0 % 大豆油組，因此羊飼料中添加大豆油肥育後有利於人類攝食。
11. 羊背脂經烤箱加熱至中心溫度為 73°C 後，共軛亞麻油酸濃度以控制組變化最大，其中控制組之含量顯著高於兩處理組 ($P < 0.05$)。
12. 羊肉經水煮至中心溫度為 73°C 後，0、2.5 和 5.0 % 大豆油組之共軛亞麻油酸含量無顯著差異，且羊肉經水煮後會減少共軛亞麻油酸濃度，控制組之異油酸濃度顯著高於 2.5 和 5.0 % 大豆油組 ($P < 0.05$)。
13. 羊背脂經烤箱加熱至中心溫度為 73°C 後，共軛亞麻油酸濃度以控制組較高，5.0 % 大豆油組之濃度最少。羊背脂經水煮後，2.5 % 大豆油組之異油酸含量會上升，而 5.0 % 大豆油組與控制組之濃度有減少趨勢，其中以 2.5 % 大豆油組較高，控制組較低。
14. 0、2.5 和 5.0 % 大豆油組之羊肉中所含膽固醇濃度並無顯著差異 ($P > 0.05$)，表示說飼料中不同濃度大豆油添加不會改變羊肉中膽固醇的濃度。

陸、參考文獻

參考文獻

陳明造。1997。肉品加工理論與應用（修訂版）。藝軒圖書出版社（台北）。第六、八、九章。

Abril, M., Campo, M. M., Önenc, A., Sanudo, C., Alberti, P., and Negueruela, A. I. 2001. Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat sci.* 58,69-78.

Ackman, R. G., Lamothe, M. F., Hulan, H. W., and Proudfoot, F. G. 1998. The broiler chicken-its current and potential role as a source of long chain n-3 fatty acids in our diets, *N-3 News.* 3:1.

Adlof, R. O., Duval, S., and Emken, E. A. 2000. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in human. *Lipids*, 35, 131-135.

Aharoni, Y., Orlov, A., and Brosh, A. 2004. Effects of high-forage content and oilseed supplementation of fattening diets on conjugated linoleic acid (CLA) and trans fatty acids profiles of beef lipid fractions. *Animal Feed Science and Technology*, 117, 43-60.

Aharoni, Y., Orlov, A., Brosh, A., Granit, R., and Kanner, J. 2005. Effects of soybean oil supplementation of high forage fattening diet on fatty acid profiles in lipid depots of fattening bull calves, and their levels of blood vitamin E. *Animal Feed Science and Technology*, 119, 191-202.

Alfaia, C. M. M., Ribeiro, V. S.S., Lourenco, M. R. A., Quaresma, M. A. G., Martins, S. I. V., Portugal, A. P V., Fontes, C. M. G. A., Bessa, R. J. B., Castro, M. L. F., and Prates, J. A. M. 2006. Fatty acid composition, conjugated linoleic acid isomers and cholesterol in beef from crossbred bullocks intensively produced and from Alentejana purebred bullocks reared according to Carnalentejana-PDO specifications. *Meat Science.* 72, 425-436.

Andrae, J. G., Hunt, C. W., Duckett, S. K., Kennington, L. R., Feng, P., Owens, F. N., and Soderlund, S. 2000. Effect of high-oil corn on growth performance, diet digestibility, and energy content of finishing diets fed to beef cattle. *J. Anim. Sci.* 78, 2257-2262.

A.O.A.C. 1991. Official Method of Analysis, 16th ed., Virginia, USA : Association of Official Analytical Chemists International.

- A.O.A.C. 1984. Official Method of Analysis, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington. 152-159.
- Atkinson, R. L. 1999. conjugated linoleic acid for altering body composition and treating obesity. In : Yurawecz MP, Mossoba MM, Kramer JKG, Pariza MW, Nelson G, editors. Advances in conjugated linoleic acid research, vol. 1. Champaign : AOCS Press, p. 348-353.
- Avis, I., Hong, S. H., Martinez, A., Moody, T., Choi, Y. H., Trepel, J., Das, R., Jett, M., and Mulshine, J. L. 2001. Five-lipoxygenase inhibitors can mediate apoptosis in human breast cancer cell lines through complex eicosanoid interactions. *FASEB J.* 15, 2007-2009.
- Azain, M. J., Hausman, D. B., Sisk, M. B., Flatt, W. P., and Jewell, D. E. 2000. Dietary conjugated linoleic acid reduces rat adipose tissue cell size rather than cell number. *J. Nutr.* 130 : 1548-1554.
- Bauman, D. E., Baumgard, L. H., Corl, B. A., and Griinari, J. M. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *In Proceedings of the American Society of Animal Science.*
- Badiani, A., Montellato, L., Bochicchio, D., Anfossi, P., Zanardi, E., and Maranesi, M. 2004. Selected nutrient contents, fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, and retention values in separable lean from lamb rib loins as affected by external fat and cooking method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 5187-5194.
- Beaulieu, A. D., Drackley, J. K., and Merchen, N. R. 2002. Concentrations of conjugated linoleic acid (cis-9, trans-11-octadecadienoic acid) are not increased in tissue lipids of cattle fed a high-concentrate diet supplemented with soybean oil. *Journal of Animal Science.* 80, 847-861.
- Belury, M. A. 1995. Conjugated dienoic linoleate : A polyunsaturated fatty acid with unique chemoprotective properties. *Nutr. Rev.* 53, 83-89.
- Belury, M. A., Nickel, K. P., Bird, C. E., and Wu, Y. 1996. Dietary conjugated linoleic acid modulation of phorbol ester skin tumor promotion. *Nutr. Cancer.* 26, 149-157.
- Bessa, R. J. B., Santos-Silva, J., Ribeiro, J. M., and Portugal, A. V. 2000. Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible

products with linoleic acid conjugated isomers. *Livestock Production Science*. 63, 201-211.

Bessa, R. J. B., Protugal, P. U., Mendes, I. A., and Santos-Silva, J. 2005. Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate. *Livestock Production Science*. 96, 185-194.

Boles, J. A., Kott, R. W., Hatfield, P. G., Bergmant, J. W., and Flynn, C. R. 2005. Supplemental safflower oil affects the fatty acid profile, including conjugated linoleic acid, of lamb. *J. Anim. Sci.* 83, 2175-2181.

Bolte, M. R., Hess, B. W., Means, W. J., Moss, G. E., and Rule, D. C. 2002. Feeding lambs high-oleate or high-linoleate safflower seeds differentially influences carcass fatty acid composition. *Journal of Animal Science*. 80, 609-616.

Boulianne, M., and King, A. J. 1998. Meat color and biochemical characteristics of unacceptable dark-colored broiler chicken carcasses. *J. Food Sci.* 63, 759-762.

Branka, K., Branka, M., and Dusan, R. 1992. Radiation-induced oxidative chemical changes in dehydrated egg products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 40, 662-666.

Bregendahl, K., Shell, J. L., and Zimmerman., D. R. 2002. Effect of low-protein diets on growth performance and body composition of broiler chicks. *Poult. Sci.* 81, 1156-1167.

Bretillon, L., Chardigny, J. M., Gregoire, S., Berdeaux, O., and Sebedio, J. L. 1999. *Lipids*. 34 (9) , 965-9.

Buisson, A., Ordiz, F., Pellizzon, M., and Jen, K. L. C. 2000. Conjugated linoleic acid does not impair fat regain but alters IGF-1 levels in weight-reduced rats. *Nutr Res.* 20, 1591-601.

Caldironi, H. A., and Bazan, N. G. 1982. Effect of antioxidants on malonaldehyde production and fatty acid composition in pieces of bovine muscle and adipose tissue stored fresh and frozen. *J. Food Sci.* 47, 1329.

Carlez Amne, Veciana-Nogues Teresa, and Cheftel Jean-Claude. 1995. Change in Colour and Myoglobin of Minced Beef Meat Due to High

Pressure Processing. *Lebensm.-Wiss. u.-Tdchnol.* 28, 528-538.

Casutt, M. M., Scheeder, M. R., Ossowski, D. A., Sutter, F., Sliwinski, B. J., Danilo, A. A., et al. 2000. Comparative evaluation of rumen-protected fat, coconut oil and various oilseeds supplemented to fattening bulls. 2. Effects on composition and oxidative stability of adipose tissues. *Archiv der Tierernährung.* 53, 25-44

Cawood, P., Wickens, D. G., Iversen, S. A., Braganza, J. M., and Dormandy, 1983. *FEBS Lett.* 162, 239-243.

Chin S. F., Lin, W., Storkson, J. M., Ha, Y. L., and Pariza, M. W. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J. Food Comp. Analysis.* 5, 185-197.

Chin, S. F., Storkson, J., Albright, K. J., Cook, M. E., and Pariza, M. W. 1994.

Choi, Y. J., Kim, Y. C., Han, Y. B., Park, Y., and Ntambi, J. M. 2000. The trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid downregulates stearyl-CoA desaturase 1 gene expression in 3T3-L1 adipocytes. *J. Nutr.* 130, 1920-1924.

Chow, T. T., Fievez, V., Moloney, A. P., Raes, K., Demeyer, D., and de Smel, S. 2004. Effect of fish oil on in vitro rumen lipolysis, apparent biohydrogenation of linoleic and linolenic acid and accumulation of biohydrogenation of intermediates. *Animal Feed Science and Technology.* 117, 1-12.

Chouinard, D. Y., Couneau, L., Beauman, D. E., Butler, W. R., Chilliard, Y., and Dracklery, J. K. 1998. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different sources of dietary fat. *J. Anim. Sci.* 76(Suppl. 1.), 233.

Cook, M. E., Miller, C. C., Park, Y., and Pariza, M. W. 1993. Immune modulation by altered nutrient : nutritional control of immune induced growth depression. *Poultry sci.* 72, 1301-1305.

Colbert, L. B., and Decker, E. A. 1991. *J. Food Sci.* 56, 1248-1250.

Conjugated linoleic acid is a growth factor for rats as shown by enhanced weight gain and improved feed efficiency. *J. Nutr.* 124, 2344-2349.

Corl, B. A., Baumgard, L. H., Dwyer, D. A., Griinari, J. M., Phillips, B. S., and Bauman, D. E. 2001. The role of Δ^9 -desaturase in the production of cis-9, trans-11 CLA. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 12, 622-630.

Das, U. N. 2002. A radical approach to cancer. *Med Sci. Monit.* 8, 79-92.

DeLany, J. P., Blohm, F., Truett, A. A., Scimeca, J. A., and West, D. B. 1999. Conjugated linoleic acid rapidly reduces body fat content in mice without affecting energy intake. *Am. J. Physiol.* 276, 1172-1179.

de Deckere, E. A. M., Amelvoort, Van J. M. M., McNeill, G. P., and Jones, P. 1999. Effects of conjugated linoleic acid (CLA) isomers on lipid levels and peroxisome proliferation in the hamster. *Br. J. Nutr.* 82, 309-317.

de Mendoza, M. G., de Moreno, L. A., Huerta-Leidenz, N., Uzcategui-Bracho, S., Beriain, M. J., and Smith, G. C. 2005. Occurrence of conjugated linoleic acid in longissimus dorsi muscle of water buffalo (*Bubalus bubalis*) and zebu-type cattle raised under savannah condition. *Meat Science*. 69, 93-100.

Demirel, G., Wood, J. D., and Enser, M. 2004. Conjugated linoleic acid content of the lamb muscle and liver fed different supplements. *Small Ruminant Research*. 53, 23-28.

Dhiman, T. R., Satter, L. D., Pariza, M. W., Galli, M. P., Albright, K., and Tolosa, M. X. 2000. Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *J. Dairy Sci.* 83, 1016-1027.

Doherty, Alice., Sheridan, J. J., Allen, P., McDowell, D. A., Blair, L. S., and Harrington, D. 1996. Survival and growth of *Aeromonas hydrophila* on modified atmosphere package normal and high pH lamb. *International Journal of Food Microbiology*. 28, 397-392.

Du, M., Ahn, D. U., and Sell, J. L. 1999. Effect of dietary conjugated linoleic acid on the composition of egg yolk lipids. *Poultry Science*. 78, 1639-1645.

Dufey, P. A. 1999. Fleisch ist eine CLA-Nahrungsquelle. *Agrarforschung*. 6, 177-180.

Dugan, M. E. R., Aalhus, J. L., Schaefer, A. L., and Kramer, J. K. G. 1997. The effect of conjugated linoleic acid on fat to lean repartitioning and feed conversion in pigs. *Canadian Journal of Animal Science*. 77, 723-729

Dugan, M. E. R., Aalhus, J. L., Jeremiah, L. E., Kramer, J. D. G., and Schaefer, A. L. 1999. The effects of feeding conjugated linoleic acid on subsequent pork quality. *Canadian Journal of Animal Science*. 79, 45-51.

Dugan, M. E. R., and Aalhus, J. L. 1999. Feeding CLA to pigs : Effects on feed conversion, carcass composition, meat quality and palatability. In : Yuraweca, M. P., Mossoba, M. M., Kramer, J. K. G., Pariza, M. W., and Nelson, G. Editors. *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, Volume 1. Champaign : AOCS Press, 354-368.

Du, M., Ahn, D. U., Nam, K. C., and Sell, J. L. 2000. Influence of dietary conjugated linoleic acid on volatile profiles, color and lipid oxidation of irradiated raw chicken meat. *Meat science*. 56, 387-395.

Duckeutt, S. K., and Wagner, D. G. 1998. Effect of cooking on the fatty acid composition of beef intramuscular lipid. *Journal of Food Composition and Analysis*. 62, 357-362.

Enser, M., Hallett, K. G., Hewett, B., Fursey, G. A. J., Wood, J. D., and Harrington, G. 1998. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*. 49, 329-341.

Enser, M., Scollan, N. D., Choi, N. J., Kurt, E., Hallett, K., and Wood, J. D. 1999. Effect of dietary lipid on the content of conjugated linoleic acid (CLA) in beef muscle. *Animal Science*. 69, 143-146.

Engle, T. E., Spears, J. W., Fellner, V., and Odle, J. 2000. Effects of soybean oil and dietary copper on ruminal and tissue lipid metabolism in finishing steers. *J. Anim. Sci.* 78, 2713-2712.

Farkas, J. 1998. Irradiation as a method for decontaminating food. *International Journal of Food Microbiology*. 44, 189-204.

Favier, J.-C., Ireland-Ripert, J., Toque, C., and Feinberg, M. 1995. *Repetoire General des Aliments : Table de composition (2nd ed.)* . Paris, F : Lavoisier.

Fritsche, J., and Steinhardt, H. 1998. Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung A – Food Research and Technology*. 206, 77-82.

Folch, J. M., Lees, M., and Stanley, S. G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 226, 497-509.

French, M. A., Sundram, K., and Clandinin, M. T. 2002. Cholesterolaemic effect of palmitic acid in relation to other dietary fatty acids. *Asia. Pac. J. Clin. Nutr.* 11 (7) :S401-S407.

French, P., Stanton, C., Lawless, F., O’Riordan, E. G., Monahan, F. J., and Caffrey, P. J. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets, *Journal of Animal Science*. 78, 2349-2855.

Garcia-Lopez, S., Echeverria, E., Tsui, I., and Balch, B. 1994. Changes in the content of conjugated linoleic acid (CLA) in processed cheeses during processing. *Food Res. Int.* 27, 61-64.

Gerber, M., Astre, C., Ségala, C., Saintot, M., Simony-Lafontaine, J., Grenier, J., and Pujol, H. 1996. Oxidant-antioxidant status alterations in cancer patients : relationship to tumor progression. *J. Nutr.* 126, 1201s-1207s.

Givens, D. J., Cottrill, B. R., Dacies, M., Lee, P. A., Mansbridge, R. J., and Moss, A. R. 2000. Sources of *n*-3 polyunsaturated fatty acids additional to fish oil for livestock diets – a review. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)* , 70 (8) ,1-13.

Giuseppe Bee. 2000. Dietary Conjugated linoleic acid consumption during pregnancy and lactation influences growth and tissue composition in weaned pigs. *J. Nutr.* 130, 2981-2989.

Gläser, K. R., Wenk, C., and Scheeder, M. R. 2002. Effects of feeding pigs increasing levels of C 18:1 trans fatty acids on fatty acid composition of backfat and intramuscular fat as well as backfat firmness. *Archiv der Tierernährung*. 56, 117-130.

Greenfield, H., Kuo, Y. L., Hutchison, G. L., and Wills, R. B. H. 1987.

Composition of Australian foods. 33. Lamb. *Food Technology in Australia*. 39, 202-207.

Griinari, J. M., and Bauman, D. E. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In M. P. Yurawecz, M. W. Mossoba, J.K.G. Kramer, M.W. Pariza, and G. Nelson (Eds.) *Advances in conjugated linoleic acid research* (pp.180-200) .Champaign, IL: American Oil Chemists Society Press.

Griinari, J. M., Corl, B. A., Lacy, S. H., Chouinard, P. Y., Nurmela, K. V. V., and Bauman, D. E. 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cattle. *J. Nutr.* 130, 2285-2291.

Griinari, J. M., Dwyer, D. A., McGuire, M. A., Bauman, D. E., Palmquist, D. L., and Nurmela, K. V. 1998. Trans-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cow. *J. Dairy Sci.* 81, 1251-1261.

Griswold, K. E., Apgar, G. A., Robinson, R. A., Jacobson, B. N., Johnson, D., and Woody, H. D. 2003. Effectiveness of short-term feeding strategies for altering conjugated linoleic acid content of beef. *J. Anim. Sci.* 81, 1862-1871.

Ha, Y. L., Grimm, K., and Pariza, M. W. 1987. Anticarcinogens from fried ground beef heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis* 8, 1881-1887.

Ha, Y. L., Grimm, N. K., and Pariza, M. W. 1989. Newly recognized anticarcinogenic fatty acids : Identification and quantification in natural and processed cheeses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 37, 75-81.

Harfoot, C. G., and Hazelwood, G. P. 1998. Lipid metabolism in the rumen. In P. N. Hobson (Ed.) , *the rumen microbial ecosystem* (pp.285-332) . London, UK: Elsevier.

Hedrick, H. B., Aberle, E. D., Forrest, J. C., Judge, M. D., and Merkel, R. A. 1994. *Principles of Meat Science. Third Edition*. Iowa, the United States of America. Chapter 6. pp123-131.

Hensler, T., Hecker, H., Heeg, K., Heidecke, C. -L., Bartels, H., Barthlen, W., Wagner, H., Siewert, J. -R., and Holzmann, B. 1997. Distinct

mechanisms of immunosuppression as a consequence of major surgery. *Infect. Immun.* 65, 2283-2291.

Hileman, E. O., Liu, J., Albitar, M., Keating, M. J., and Huang, P. 2004. Intrinsic oxidative stress in cancer cells: a biochemical basis for therapeutic selectivity. *Cancer Chemother. Pharmacol.* 53, 209-219.

Hoke, I. M., Buege, D. R., Ellefson, W., and Maly, E. 1999. Nutrient and related food composition of exported Australian lamb cuts. *Journal of Food Composition and Analysis.* 12, 97-109.

Huwylar, T., Hirt, A., and Morrell, A. 1985. Effect of ascorbic acid on human natural killer cells. *Immunol. Lett.* 10, 173-176.

Ip, C., Singh, M., Thompson, H. J., and Scineca, J. A. 1994. Conjugated linoleic acid suppresses mammary carcinogenesis and proliferative activity of the mammary gland in the rat. *Cancer Res.* 54, 1212-1215.

Ivan, M., Mir, P. S., Koenig, K. M., Rode, L. L., Neill, L., Entz, T., Et al. 2001. Effects of dietary sunflower seed oil on rumen protozoa population and tissue concentration of conjugated linoleic acid in sheep. *Small Ruminant Research.* 41, 215-227.

Insausti, K., Beriain, M. J., Purroy, A., Alberti, P., Gorraiz., C., and Alzueta, M. J. 2001. Shelf life of beef from local Spanish cattle breeds stored under modified atmosphere. *Meat Science.* 57, 273-281.

Jahreis, G., Fritsche, J., and Steinhart, H. 1997. Conjugated linoleic acid in milk fat : high variation depending on production system. *Nutr. Res.* 17, 1479-1484.

Jahreis, G., Kraft, J., Tischendorf, F., Schöne, F., and von Loeffetholz, C. 2000. Conjugated linoleic acids : Physiological effects in animal and man with special regard to body composition. *European Journal of Lipid Science and Technology.* 102, 695-703.

Jermiah, L. E. 2001. Packaging alternatives to deliver fresh meats using short- or long-term distribution. *Food Res. Int.* 34, 479-772.

Joo, S. T., Lee, J. I., Ha, Y. L., and Park, G. B. 2002. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. *J. Anim. Sci.* 80, 108-112.

- Kahl, R., Kampkotter, A., Watjeu, W., Chovolou, Y. 2004. Antioxidant enzymes and apoptosis. *Drug Metab. Rev.* 36, 747-762.
- Kalscheur, K F., Teter, B. B., Piperova, L. S., and Erdman, R. A. 1997a. Effect of dietary forage concentration and buffer addition on duodenal flow of trans-C18:1 fatty acids and milk fat production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 2104-2114.
- Katan, M. B., and Zock, P. L. 1995. Trans fatty acids and their effects on lipoproteins in humans. *Annu. Rev. Nutr.* 15, 473-493.
- Kepler, C. R., Hirons, K. P., McNeill, J. J., and Tove, S. B. 1966. Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. *J. Biol. Chem.* 25, 1350-1354.
- Kepler, C. R., and Tove, S. B. 1967. Biohydrogenation of unsaturated fatty acid : III, Purification and properties of a linoleate Δ 12-cis, Δ 11-trans-isomerase from *Butyrivibrio fibrisolvens*. *J. Biol. Chem.* 242, 5686-5692.
- Khanal, R. C. 2004. Potential health benefits of conjugated linoleic acid (CLA) : A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 17, 1315-1328.
- Kim, J. H., Hubbard, N. E., Ziboh, V., and Erickson, K. L. 2005. Conjugated linoleic acid reduction of murine mammary tumor cell growth through 5-hydroxyeicosatetraenoic acid. *Biochim. Biophys. Acta.* 1687, 103-109.
- King, D. A., Behrends, J. M., Jenschke, B. E., Rhoades, R. D., and Smith, S. B. 2004. Positional distribution of fatty acids in triacylglycerols from subcutaneous adipose tissue of pigs fed diets enriched with conjugated linoleic acid, corn oil, or beef tallow. *Meat Science.* 67, 675-681.
- Knight, T. W., Knowles, S., and Death, A. F. 2003. Factors affecting the variation in fatty acid concentrations in lean beef from grass-fed cattle in New Zealand and the implications for human health. *New Zealand Journal of Agricultural Research.* 46, 83-95.
- Knight, T. W., Knowles, S. O., Death, A. F., Cummings, T. L., and Muir, P. D. 2004. Conservation of conjugated linoleic, trans-vaccenic and long

- chain omega-3 fatty acid content in raw and cooked lamb from two cross-breeds. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 47, 129-135.
- Kott, R. W., Hatfield, P. G., Bergman, J. W., Flynn, C. R., Van Wagoner, H., and Boles, J. A. 2003. Feedlot performance, carcass composition, and muscle and fat, CLA concentrations of lambs fed diets supplemented with safflower seeds. *Small Ruminant Research*. 49, 11-17.
- Kräfte, J., and Jahreis, G. 2001. conjugated linoleic acids: formation and metabolic effects. *Ernährungs-Umschau*. 48, 348.
- Krzywicki, K. 1982. The determination of haem pigments in meat. *Meat Science*. 7, 29-36.
- Lal, D., and Narayanan, K. M. 1984. Effect of lactation number on the polyunsaturated fatty acids and oxidative stability of milk fats Indian. *J. Dairy Sci*. 37, 225-229.
- Lawless, F., Escop, P. L., Devery, R., Connolly, B., Murphy, J., and Stanton, C. 1998. The effect of animal breed on the levels of CLA (c-9,t-11) in bovine milk. *Int. Dairy J*. 8, 578.
- Lawrie, R. A. 1998. Lawrie's meat science(pp. 216)(6th ed.).Cambridge, England : Woodhead, Ltd.
- Lee, K. D., Kritchevsky, D., and Pariza, M. W. 1994. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*. 108, 19-25.
- Lee, K. N., Pariza, M. W., and Ntambi, J. M. 1998. Conjugated linoleic acid decrease hepatic stearyl-CoA desaturase mRNA expression. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 248, 817-821.
- Lin H., Boylston, T. D., Chang, M. J., Luedecke, L. O., and Shultz, T. D. 1995. Survey of conjugated linoleic acid contents of dairy products. *J. Dairy sci*. 78, 2358-2356.
- Lin, Tung Y., Lin, Chin-Wen, and Lee, Chien-Hsing. 1999. Conjugated linoleic acid concentration as affected by lactic cultures and added linoleic acid. *Food Chem*. 67, 1-5.
- Li, C. B., Chen, Y. J., Xu, X. L., Huang, M., Hu, T. J., and Zhou, G. H.

2006. Effects of low-voltage electrical stimulation and rapid chilling on meat quality characteristics of Chinese Yellow crossbred bull. *Meat Sci.* 72, 9-17

Lough, D. S., Solomon, M. B., Rumsey, T. S., Elsasser, T. H., Slyter, L. L., Kahl, S., and Lynch, G. P. 1992. effects of dietary canola seed and soy lecithin in high-forage diets on cholesterol content and fatty acid composition of carcass tissues of growing ram lambs. *J. Anim. Sci.* 70, 1153-1158.

Ma, D. W. L., Wierzbicki, A. A., Field, C. J., and Clandinin, M. T. 1999. Conjugated linoleic acid in Canadian dairy and beef products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 47, 1956-1960.

MacDonald, H. B. 2000. Conjugated linoleic acid and disease prevention : A review of current knowledge. *J Am Coll Nutr.* 19, 111S-118S.

Madron, M. S., Peterson, D. G., Dwyer, D. A., Corl, B. A., Baumgard, D. H., Beermann, D. H., and Bauman, D. E. 2002. Effect of extruded full-fat soybeans on conjugated linoleic acid content of intramuscular, intermuscular, and subcutaneous fat in beef steers. *J. Anim. Sci.* 80, 1135-1143.

Meynier, A., Genot, C., and Gandemer, G. 1999. Oxidation of muscle phospholipids in relation to their fatty acid composition with emphasis on volatile compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 79, 797-804.

Migdal, W., Paściak, P., Wojtysiak, D., Barowicz, T., Pieszka, M., and Pietras, M. 2004. The effect of dietary CLA supplementation on meat and eating quality, and the histochemical profile of the m. longissimus dorsi from stress susceptible fatteners slaughtered at heavier weights. *Meat Science.* 66, 863-870.

Mir, P. S., McAllister, T. A., Zaman, S., Jones, S. D. M., He, M. L., Aalhus, J. L., et al. 2003. Effect fo dietary sunflower oil and vitamin E on beef cattle performance, carcass characteristics and meat quality. *Canadian Journal of Animal Science.* 83, 53-66.

Mir, Z., Paterson, L. J., and Mir, P. S. 2000a. Fatty acid composition and conjugated linoleic acid content of ;intramuscular fat in crossbred cattle with and without Wagyu genetics fed a barley-based diet. *Canadian*

Journal of Animal Science. 80, 195-197.

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle 7th rev. ed. Natl. Academy Press, Washington, DC.

National Live Stock and Meat Board. 1988. Nutrient values of muscle foods (1st et.,p.63) . Chicago, IL : National Live Stock and Meat Board.

Nicolosi, R. J., Rogers, E. J., Kritchevsky, K., Scimeca, J. A., and Huth, P. J. 1997. Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters. *Artery*. 22, 266-277.

Ockerman, H. W. 1985. Quality Control of Post-Mortem Muscle Tissue. Dept. of Animal Science. The Ohio State University.

Ostrowska, E., Muralitharan, M., Cross, R. F., Bauman, D. E., and Dunshea, F. R. 1999. Dietary conjugated linoleic acids increase lean tissue and decrease fat deposition in growing pigs. *J. Nutr.* 129, 2037-2042.

Pariza, M. W. 1999. The biological activities of conjugated linoleic acid. In : Yurawecz, M. P., Mossoba, M. M., Kramer, J. K. G., Pariza, M. W., Nelson, G. J., ed. *Advances in Conjugated Linoleic Acid. Research*, volume 1. pp. 12-20. AOCS Press, Champaign, IL.

Pariza, Michael W., Yeonhwa Park, and Cook, Mark E. 2001. Review : The biologically active isomers of Pariza, M. W., Park, Y., and Cook, M. E. 2000. Mechanisms of Action of Conjugated Linoleic Acid : Evidence and Speculation. *Fed. Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 223 : 8-13.

Park, Y., Albright, K. J., Storkson, J. M., Cook, M. E., and Pariza, M. W. 1997. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids*. 32, 853-858.

Park Y., Storkson, J. M., Albright, K. J., Liu, W., and Pariza, M. W. 1999. Evidence that the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice. *Lipids*. 34, 235-241.

Park, Y., Storkson, J. M., Ntambi, J. M., Cook, M. E., Sih, C. J., and Pariza, M. W. 2000. Anion antiport mechanism is involved in transport of lactic acid across intestinal epithelial brush-border membrane. *Biochimica*

et Biophysica Acta (BBA) -Biomembranes. 1486, 285-92.

Priolo, A., Lanza, A., Galofaro, V., Fasone, V., and Bella, A. 2003. Partially or totally replacing soybean meal and maize by chickpeans in lamb diets: intramuscular fatty acid composition. *Animal Feed Science and Technology*. 108, 215-221.

Qiao, M., Fletcher, D. L., Smith, D. P., and Northcutt, J. K. 2001. The effect of broilerbreast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. *Poult. Sci.* 80, 676-680.

Raes, K., Balcaen, A., Dirinck, P., De Winne, A., Claeys, E., Demeyer, D., et al. 2003. Meat quality, fatty acid composition and flavour analysis in Belgian retail beef. *Meat Science*. 65, 1237-1246.

Raes, K., de Smet, S., and Demeyer, D. 2004. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal feed Science and Technology*. 113, 199-221.

Reaney, M. T., Ya-Dong, L., Westcott, N. D. Commercial production of conjugated linoleic acid. In: Yurawecz, M. P., Mossoba, M. M., Kramer, J. K. G., Pariza, M. W., Nelson, G., editors. *Advances in conjugated Linoleic Acid Research, Volume 1*. Champaign: *AOCS Press*, 1999:39-54.

Riel, R. R. 1963. Physico-chemical characteristics of Canadian milk fat : unsaturated fatty acids. *J. Dairy Sci.* 46, 102-106.

Rule, D. C., Broughton, K. S., Shellito, S. M., and Maiorano, G. 2002. Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, beef cattle, elk, and chicken. *Journal of Animal Science*. 80, 1202-1211.

Salminen, I., Mutanen, M., Jauhiainen, M., and Aro, A. 1998. Dietary trans fatty acids increase conjugated linoleic acid levels in human serum. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 9, 93-98.

Santos-Sliva, J., Bessa, R. J. B., and Mendes, I. A. 2003. The effect of supplementation with expanded sunflower seed on carcass and meat quality of lambs raised on pasture. *Meat Science*. 65, 1301-1308.

Santos-Solva, J., Mendes, I. A., Portugal, P. V., and Bessa, R. J. B. 2004. Effect of particle size and soybean oil supplementation on growth

performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs. *Livestock Production Science*. 90, 79-88.

Santora, J. E., Palmquist, D. L., and Roehrig, K. L. 2000. Trans-vaccenic acid is desaturated to conjugated linoleic acid in mice. *The Journal of Nutrition*. 130, 208-215.

Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R., and Bee, G. 2006. Conjugated linoleic acid in meat and meat Products: A review. *Meat Science*. 73, 29-41.

Scollan, N. D., Dhanoa, M. S., Choi, N. J., Maengm W. J., Enser, M., and Wood, J. D. 2001. Biohydrogenation and digestion of long chain fatty acids in steers fed on different sources of lipid. *J. Agric. Sci.* 136, 345-355.

Schoenherr, W., and Jewell, D. 1999. *FASWB J.* 13 (4) A262.

Sehat, N., Arawaks, M. P., Roach, J. A. G., Mossoba, M. M., Kramer, J. K. G., and Ku, Y. 1999. *Lipids*. 33, 217-219

Shantha, N. C., Decker, E. A., and Ustanol, Z. 1992. Conjugated linoleic acid concentration in processed cheese. *J. Am. Oil Chim. Soc.* 69, 425-428.

Shantha, N. C., Crum, A. D., and Decker, E. A. 1994. Evaluation of conjugated linoleic acid concentrations in cooked beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 42, 1757-1760.

Shantha, N. C., Ram, L. N., O'leary, J., Hichs, C. L., and Decker, E. A. 1995. *J. Food Sci.* 60 (4) : 695-697,720.

Smith, S. B., Yang, A., Larsen, T. W., and Tume, R. K. 1998. Positional analysis of triacylglycerols from bovine adipose tissue lipids varying in degree of unsaturation. *Lipids*. 33 (2) , 197-207.

Smulders, F. J. M., Toldra, F., Flores, J., and Prieto, M. 1992. New technologies for meat and meat products.(pp. 182,186-188). Utrecht, The Netherlands : Audet Tijdschriften.

Souci, S. W., Fachmann, W., and Kraut, H. 2000. Food composition and nutrition tables (6th ed.) . Stuttgart, D : Medpharm GmbH Scientific

Publishers.

Spritz, M., and Mishkel, M. A. 1969. Effects of dietary fat on plasma lipids and lipoproteins: an hypothesis for the lipid lowering effect of unsaturated fatty acids. *Journal of Clinic Incestigation*. 48, 78-86.

Stangl, G. I. 2000. Conjugated linoleic acids exhibit a strong fat-to-lean partitioning effect, reduce serum VLDL lipids and redistribute tissue lipids in food-restricted rat. *J. Nutr.* 130, 1140-1146.

Stanton, C., Lawless, F., Kjellmer, G., Harrington, D., Devery, R., Connolly, J. F., and Murphy, J. 1997. Dietary influences on bovine milk *cis-9, trans-11* conjugated linoleic acid content, *J. Food Sci.* 62, 1083-1086.

Stasiniewicz, T., Strzetelski, J., Kowalczyk, J., Osieglowski, S., and Pustkowiak, H. 2000. Performance and meat quality of fattening bulls fed complete fed with rapeseed oil cake or linseed. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 9, 283-296.

Strzetelski, J., Kowalczyk, J., Osieglowski, S., Stasiniewicz, T., Lipiarska, E., and Pustkowiak, H. 2001. Fattening bulls on maize silage and concentrate supplemented with vegetable oils. *Journal of Animal and Feed Science*. 10, 259-271.

Sundram, K., French, M. A., and Clandinin, M. T. 2003. Exchanging partially hydrogenated fat for palmitic acid in the diet increase LDL-cholesterol and endogenous cholesterol synthesis in normocholesterolemic women. *Eur. J. Nutr. Aug.* 42 (4) :188-194.

Szumacher-Strabel, M., Potkanski, A., Cieslak, A., Kowalczyk, J., and Czauderna, M. 2001. The effects of different amounts and types of fat on the level of conjugated linoleic acid in the meat and milk of sheep. *Journal of Animal and Feed Science*. 10, 103-108.

Theil, R. L., Wiegand, B. R., Parrish, F. C. Jr., and Ewan, R. C. 1998. Conjugated linoleic acid improves performance and body composition in swine. *Journal of Animal Science*. 76 (Suppl. 2) , 57 (Abstr)

Titos, E., Claria, J., Planaguma, A., Lopez-parra, M., Villamor, N., Parrizas, M., Carrio, A., Miquel, R., Jimenez, W., Arroyo, V., Rivera, F., Rodes, J. 2003. Inhibition of 5-lipoxygenase induces cell growth arrest

and apoptosis in rat Dupffer cells : implications for liver fibrosis. *FASEB J.* 17, 1745-1747.

Tong, W. G., Ding, X. Z., and Adrian, T. E. 2002. The mechanisms of lipoxygenase inhibitor-induced apoptosis in human breast cancer cells. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 296, 942-948.

Troege, K., and Wottersdorf, W. 1987. Hot-boning and hot meat production from pig carcass. *Fleischwirtsch.* 67 (6) , 707-710.

Turpeinen, A. M., Mutanen, M., Aro, A., Salminen, I., Basu, S., Palmquist, D. L., et al. 2002. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. *American Journal of Clinical Nutrition.* 76, 504-510.

USDA. 2002. US Department of Agriculture Nutrient Database for Standard Reference, release 15. Nutrient Data Laboratory. Available :
 < <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/SR15/sr15.html> > .Accessed August 20, 2002.

van Soest, P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*(2nd ed.). Ithaca, NY: Cornell University Press.

Visonneau, S., Cesano, A., Tepper, S. A., Scimeca, J. A., Santali, D., and Kritchevsky, D. 1997. Conjugated linoleic acid suppresses the growth of human breast adenocarcinoma cells in SCID mice. *Anticancer Research.* 17, 969-974.

Wachira, A. M., Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G., Enser, M., Wood, J. K., and Fisher, A. V. 2002. Effects of dietary fat source and breed on the carcass composition, n-3 polyunsaturated fatty acid and conjugated linoleic acid content of sheep meat and adipose tissue. *British Journal of Nutrition.* 88, 697-709.

Wahle, W. J., Klaus, Heys, Steven, D., Rotondo, Dino., 2004. Conjugated linoleic acids: are they beneficial or detrimental to health. *Progress in Lipid Research.* 43, 533-587.

West, D. B., Delany, J. P., Camet, P. M., Blohm, F., Truett, A. A., Scimeca, J. 1998. Effects of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse. *Am J. Physiol.* 275, 667-672.

Wermer, S. A., Luedecke, L. O., and Shultz, T. 1992. *J. Agru. Food Chem.*

40, 1817-1821.

Wiegand, B. R., Sparks, J. C., Parrish, Jr., and Zimmerman, D. R. 2002. Duration of feeding conjugated linoleic acid influences growth performances, carcass traits and meat quality of finishing barrows. *J. Anim, Sci.* 80, 934-643.

Wong, Y. C., Herald, T. J., and Hachmeister, K. A. 1995. Comparison between irradiation and thermally pasteurized liquid egg white on functional, physical, and microbiological properties. *Poultry Science.* 75, 803-808.

Yang, L., L. K. Leung, Y. Huong, and Z. Y. Chen. 2000. Oxidation stability of conjugated linoleic acid isomers. *J. Agric. Food chem.* 48, 3072-3076.

Young, O. A., Agnew, M. P. and Fraser, T. J. 1997. Volatile branched chain fatty acids in fat from two sheep breeds. *Proceedings of the 43th International Meat Science and Technology Congress.* 632-633.

Zambell, K. L., Keim, N. L., Van Loan, M. D., Gale, B., Benito, P., Kekkey, D. S., and Nelson, G. J. 2000. *Lipids.* 35, 777-782.