

東海大學畜產與生物科技學系
Department of Animal Science and Biotechnology
Tunghai University

碩士論文
Master Thesis

指導教授:姜樹興 博士
Advisor: Dr. Shu-Hsing Chiang

飼糧中添加不同精油對肉雞每日飼料採食量、營養分消化率
及腸道菌相之影響

Effect of Dietary Supplementation of Different Essential Oil on Daily Feed Intake,
Nutrient Digestibility and Intestinal Microflora in Broiler Chickens

研究生：林國長
Graduate student: Guo-Chang Lin

中華民國一百零四年五月
May, 2015

致謝

本篇論文能夠順利完成，誠摯的感謝指導教授 姜樹興博士，老師不厭其煩的悉心指導與教誨，並在學習的態度與為人處事態度上的教導，使我在學期間獲益匪淺，僅此致上萬分敬意及感謝。

論文口試期間，承蒙中興大學動物科學系 余碧博士，東海大學畜產與生物科技學系 陳珠亮博士與畜產試驗所產業組 李恆夫博士詳細審閱，遠道而來給予學生寶貴意見與指正，使本論文更臻完善，特此敬申熱忱。

試驗進行期間，感謝農牧場 劉嘉佑組長協助雞隻之現場管理。感謝本實驗室的佩儀助教、勝博學長與正耀、重志、宜道及桓禎學弟在動物試驗及實驗分析上的鼎力相助，使試驗可以順利完成，也感謝韋融、聖諭、定邦、峻賢及羽萱...等同學，為研究所生活提供嘴砲、鼓舞及歡樂，女友雅文在背後的默默關心與陪伴，更是我前進的動力。

最後，深深感謝我的父母、弟弟及幸運，在這段期間，他們的支持及陪伴，讓我不用煩惱課業外的事情，對家人的感謝非紙墨能輕易表達，謹以此論文獻給你們，以表無盡之感謝。

目次

目次	I
表次	VI
圖次	VIII
摘要	1
前言	2
文獻檢討	4
一、 抗生素	4
(一) 抗生素定義	4
(二) 抗生素促生長機制	4
(三) 抗生素生長促進劑禁用原因	4
(四) 抗生素生長促進劑替代物	5
二、 維生素	5
三、 植物精油簡介	6
四、 植物精油種類	7
五、 植物精油理化特性	7
六、 植物精油的成分	7
(一) 萜類	8

(二) 芳香族化合物-----	8
(三) 脂肪族化合物-----	10
(四) 含硫化合物-----	10
七、 植物精油的萃取方法-----	11
(一) 蒸餾法-----	11
(二) 冷壓法-----	12
(三) 有機溶劑萃取法-----	12
(四) 冷吸法-----	13
八、 植物精油之作用-----	13
(一) 抗菌機制-----	13
(二) 抗氧化特性-----	15
(三) 刺激消化道酵素分泌之機制-----	29
九、 植物精油的代謝途徑-----	21
十、 植物精油對家畜禽生長性能之影響-----	22
材料與方法-----	24
一、 試驗一 -----	24
(一) 精油種類-----	24
(二) 試驗設計-----	24
(三) 試驗飼糧-----	24

(四) 雞隻飼養管理及採樣-----	25
(五) 樣品分析-----	28
1. 粗蛋白質測定-----	28
2. 脂肪酸組成測定-----	28
3. 二氧化鈦濃度測定-----	29
4. 糞便尿酸測定-----	29
5. 微生物菌相及 pH 值測定-----	30
(六) 數據計算-----	30
1. 脂肪酸消化率-----	30
2. 蛋白質消化率及蓄積率-----	31
(1) 蛋白質蓄積率-----	31
(2) 蛋白質全腸道消化率-----	31
(3) 可消化蛋白質蓄積率-----	31
(4) 蛋白質迴腸消化率-----	32
(七) 統計分析-----	32
二、 試驗二-----	33
(一) 精油種類-----	33
(二) 試驗設計-----	33
(三) 試驗飼糧-----	33

(四) 雞隻飼養管理及採樣-----	33
(五) 樣品分析-----	35
(六) 數據計算-----	35
(七) 統計分析-----	35
結果-----	36
一、 試驗一 -----	36
(一) 生長性能-----	36
(二) 脂肪及蛋白質消化率-----	36
(三) 腸道菌相-----	42
二、 試驗二 -----	45
(一) 生長性能-----	45
(二) 脂肪及蛋白質消化率-----	45
(三) 腸道菌相-----	55
三、 試驗一與二合併-----	58
(一) 生長性能-----	58
(二) 脂肪及蛋白質消化率-----	58
(三) 腸道菌相-----	61
討論-----	64
結論-----	68

參考文獻-----69

英文摘要-----85



表次

表 1. 精油主要抗菌成分-----	16
表 2. 精油成分百里香酚、香芹酚及肉桂醛的化學特性-----	17
表 3. 基礎飼糧組成 (試驗一)-----	26
表 4. 試驗用精油成分-----	27
表 5. 基礎飼糧組成 (試驗二)-----	34
表 6. 飼糧中添加不同精油對肉雞生長性能 (17-36 日齡) 之影響 (試驗一)-----	37
表 7. 飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質全腸道消化率 (%) 及蛋白質蓄積率(%)之影響 (試驗一)-----	41
表 8. 飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質迴腸消化率 (%) 之影響 (試驗一)-----	43
表 9. 飼糧中添加不同精油對肉雞腸道菌相及 pH 之影響 (試驗 一)-----	44
表 10. 飼糧中添加不同精油對肉雞生長性能 (27-44 日齡) 之影響 (試驗二)-----	46
表 11. 飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質全腸道消化率 (%) 及蛋白質蓄積率(%)之影響 (試驗二)-----	54

表 12. 飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質迴腸消化率 (%) 之影響 (試驗二)-----	56
表 13. 飼糧中添加不同精油對肉雞腸道菌相及 pH 之影響 (試驗 二)-----	57
表 14. 飼糧中添加不同精油對肉雞生長性能之影響 (試驗一與二合 併)-----	59
表 15. 飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質全腸道消化率 (%) 及蛋白質蓄積率(%)之影響 (試驗一與二合併)-----	60
表 16. 飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質迴腸消化率 (%) 之影響 (試驗一與二合併)-----	62
表 17. 飼糧中添加不同精油對肉雞腸道菌相及 pH 之影響 (試驗一與 二合併)-----	63

圖次

圖 1. 各種萜類化學結構式-----	9
圖 2. 芳香族化合物化學結構式-----	10
圖 3. 脂肪族化合物化學結構式-----	10
圖 4. 含硫化合物化學結構式-----	11
圖 5. 蒸餾法及有機溶劑萃取法-----	12
圖 6. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每週體重之影響 (試驗一)--	38
圖 7. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日飼料採食量之影響 (試驗 一)-----	39
圖 8. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每週增重/飼料之影響 (試驗 一)-----	40
圖 9. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日體重之影響 (試驗 二)-----	47
圖 10. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日飼料採食量之影響 (試 驗二)-----	48
圖 11. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日累積飼料採食量之影響 (試驗二)-----	49
圖 12. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日增重之影響 (試驗	

二)-----50

圖 13. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日累積增重之影響 (試驗

二)-----51

圖 14. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日增重/飼料之影響 (試驗

二)-----52

圖 15. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日累積增重/飼料之影響

(試驗二)-----53



摘要

本研究以兩個試驗分別探討飼糧中添加不同精油對肉雞每日飼料採食量、營養分消化率及腸道菌相之影響。試驗一，30羽17日齡愛拔益加肉雞，個別籠飼，逢機分配至5處理組，每處理組6重複，分別飼予不添加或添加200 ppm不同精油：(1) 百里香 (thyme; T); (2) 肉桂 (cinnamon; C); (3) 牛至 (oregano; O) 或 (4) 迷迭香 (rosemary; R) 之試驗飼糧，為期20天。試驗二，30羽27日齡羅斯肉雞，個別籠飼，逢機分配至5處理組，每處理組6重複，分別飼予與試驗一相同之試驗飼糧，為期18天。試驗一及二，測定雞隻每日飼料採食量、營養分消化率及腸道 pH 值與菌相。合併試驗一及二結果顯示，飼糧中添加 R，在數字上提高每日飼料採食量，飼糧中添加不同精油皆提高總脂肪酸及飽和脂肪酸之全腸道及迴腸消化率 ($P < 0.01$)。飼糧中添加 T, C 及 R 皆顯著提高蛋白質及不飽和脂肪酸之全腸道及迴腸消化率 ($P < 0.05$)。T、O 及 R，顯著提高肉雞盲腸內容物中乳酸菌菌落數 ($P < 0.05$)，C 及 R，提高肉雞盲腸內容物中乳酸菌/大腸桿菌菌落數 ($P < 0.05$)。飼糧中添加精油，對腸道內容物 pH 值、大腸桿菌菌落數及乳酸菌及大腸桿菌總菌落數皆無顯著影響。綜合以上，飼糧中添加精油可有效地提高營養分消化率，改善盲腸菌相，其中以 C 及 R 之效果最佳。

關鍵語：精油、微生物、消化率、肉雞

前言

精油 (essential oils ; EO) 是具有芳香氣味的油狀液體總稱，為植物分泌且具有特定氣味的物質，由分子量較小的簡單化合物組成，常溫下多為液態，易揮發性的親油性化合物。因此，精油具有特殊氣味，添加於飼糧中應會影響雞隻之飼料採食量。飼糧中添加精油對肉雞飼料採食量所得結果並不一致， Hernandez *et al.* (2004) 及 Alkassie (2009) 於飼糧中添加 EO，提高肉雞飼料採食量。Mathlouthi *et al.* (2012)、Bravo *et al.* (2014)、Sadek *et al.* (2014) 及 Zhu *et al.* (2014) 則指出，於飼糧中添加 EO，對肉雞飼料採食量無影響。以上研究並未測定雞隻每日飼料採食量，如果測定雞隻每日飼料採食量或可了解精油之特殊氣味是否會影響雞隻之採食意願。有些研究指出雞隻之味覺並不發達 (Gentle and Harkin, 1979 ; Moran, 1982)，但有關雞隻味覺與精油間之關係並不明瞭。

EO 除了具有抗氧化 (Botsoglou *et al.*, 2002 ; Florou-paneri *et al.*, 2005) 及刺激消化道酵素分泌之作用 (Bhat *et al.*, 1984 ; Pradeep *et al.*, 1991 ; Pradeep and Geervani, 1994 ; Platel and Srinivasan, 2000) 外；EO 另具有抑菌作用 (Hammer *et al.*, 1999 ; Burt, 2004 ; Lee *et al.*, 2004 ; Sallam *et al.*, 2004)。

Jang *et al.* (2007) 於飼糧中添加 EO，抑制肉雞迴盲腸內容物大腸

桿菌菌落數。Alali *et al.* (2013) 於飲水中添加 EO，降低肉雞嗉囊內容物之沙門氏菌。Lee *et al.* (2004) 於飼糧中添加 EO，抑制肉雞盲腸沙門氏菌之生長。Tiihonen *et al.* (2010) 則指出，於肉雞飼糧中添加 EO，降低肉雞盲腸內容物沙門氏菌，並提高乳酸菌落數及大腸桿菌菌落數比。Betancourt *et al.* (2012, 2014) 及 Si *et al.* (2006) 發現，精油對病原菌之抑制效果要大於對有益菌者。

本研究分成兩個試驗，分別探討不同種類之精油對肉雞每日飼料採食量、營養分消化率及腸道菌相之影響。



文獻檢討

一、 抗生素

(一) 抗生素定義

抗生素為細菌、真菌及部分微生物之產物，可殺滅或抑制其他微生物生長，而不同種類的抗生素具不同之化學特性、作用機制及作用目標 (Waksman, 1953)。

(二) 抗生素促生長機制

部分學者認為抗生素促生長之機制可能來自於：(1) 抑制微生物所引起輕微感染；(2) 降低細菌產生生長抑制之細菌毒素；(3) 減少微生物造成之營養消耗；(4) 使腸壁變薄，提高營養分之利用效率 (Visek, 1978)。部分研究顯示，以促生長濃度添加之抗生素，藉由調節腸道微生物及其產物方式改善動物生長表現 (Visek, 1978；Anderson *et al.*, 1999)。

(三) 抗生素生長促進物禁用原因

抗生素生長促進劑物可改善禽畜生長之效率，但有研究指出存在於動物腸道之微生物，其抗藥性基因有轉移至人類致病菌之風險 (Bager *et al.*, 1997；Greko, 2001；Phillips *et al.*, 2004)。故歐盟於 1999

開始禁用部分抗生素，並於 2006 年全面禁止飼料中以促生長為目的之抗生素添加。台灣亦於 2005 年起陸續禁用多種抗生素作為生長促進物。

(四) 抗生素生長促進物替代物

有鑑於各國陸續禁止抗生素作為生長促進物，因此，畜牧生產業者致力研究替代抗生素的飼料添加物 (Hyden, 2000)，而這些較具潛力的替代物有 (1) 益生菌 (probiotics)；(2) 益生素 (prebiotics)；(3) 有機酸 (organic acids)；(4) 酵素 (enzyme) 及 (5) 植生素 (phytobiotics) 等。藉由各種方式改善腸道健康，進而改善禽畜生長性能 (Verstegen and Williams, 2002)。

二、 植生素

植生素為存在於植物內的天然化學成分，其應用全部或根、莖、葉、花或種子所萃取出之二級代謝產物，使用型態可能是新鮮、乾燥、液體或粉狀。例如，草藥 (herb)、香料 (spice) 及精油 (essential oil) 等 (Windisch and Kroismayr, 2006)。植生素可作為飼料添加物，因此，又可稱為植物性飼料添加物或植生劑，具有抗氧化、抗菌、改善適口性、改善飼料利用效率及腸道健康，從而提高生長性能之效益。Wang *et al.*

(1998) 指出，植生素與抗生素或無機化合物相比，具天然、低毒性及零殘留之理想飼料添加物特性。

三、 植物精油簡介

植物精油，為植物性天然香料，在化學和醫藥學上亦被稱為芳香油或揮發油 (volatile oil)，是具有芳香氣味的油狀液體總稱，為植物生理或病理性的分泌、且具有特定氣味的物質。植物精油由分子量較小的簡單化合物組成，常溫下多為液態，易揮發性的親油性化合物，具強烈的芳香氣味，易隨水蒸氣蒸出。植物精油一般存在於植物之花、葉子、莖部、根部和果實中，一般是由幾十至幾百種化合物組成的複雜混合物。且其含量因品種、土壤成分、生長地區的氣候、季節、空氣、收穫季節及年齡等有所不同。經水蒸餾法、水蒸氣蒸餾法、壓榨法或有機溶劑萃取法萃取出，具有芳香氣味的天然化合物。Lallès *et al.* (2009) 指出，不同種類之精油成分受植物種類，環境氣候與萃取方式影響，在許多體外試驗中顯示不同之抗菌能力。

四、 植物精油種類

植物精油普遍存在於植物中，精油含量隨種類及分布之不同而有所差異，以花、果實及葉含量較多，但少數如樟科及松科類植物精油則以莖部含量較高，精油含量較為豐富的植物，包括裸子植物（柏科及松科）及被子植物中的雙子葉植物（傘型花科、菊科、樟科、桃金娘科及唇形科）及單子葉植物（禾本科及姜科）。牛至、百里香、迷迭香、鼠尾草、薰衣草及薄荷為常見的唇形科植物精油。肉桂及月桂則為常見的樟科類精油。其他常見的尚有菊科的洋甘菊、姜科的生薑、傘型花科的大茴香及桃金娘科的尤加利和丁香。

五、 植物精油理化特性

植物精油具以下理化性質：(1) 常溫下具揮發性；(2) 具特殊而強烈的氣味；(3) 常溫下多為液體；(4) 易溶於石油醚等極性小之有機溶劑；(5) 幾乎不溶於水；(6) 易分解變質。

六、 植物精油的成分

植物精油所含化學成分複雜，主要可以分為四大類：(一) 萜類；(二) 芳香族化合物；(三) 脂肪族化合物及(四) 含硫化合物。

(一) 萜類

萜類 (Terpenoids) 是精油的主要成分，含量最多具有高揮發性並具有特殊香味，而這些成分，有許多文獻證實具有抗氧化、抗菌及抗發炎等活性。常見的萜烯類為單萜類 (monoterpenoids)、倍半萜類 (sesquiterpenoids) 及雙萜類 (diterpenoids)，萜類化合物主要為異戊二烯所構成，其分類是依據其異戊二烯數目而定，例如單萜類即含 2 個異戊二烯所組成，而倍半萜類則 3 個異戊二烯所構成。各種萜類之化學結構式如圖 1 所示 (蘇及何，2008)。

(二) 芳香族化合物

芳香族化合物 (aromatic derivatives) 是精油中含量僅次於萜類的化合物，為苯基丙烯化合物，常見的芳香族化合物，包括百里香酚 (thymol)、桂皮醛 (cinnamaldehyde)、丁香酚 (eugenol) 及茴香醚 (anethole) 等。芳香族化合物之化學結構式如圖 2 所示 (廖及黃，2008)。

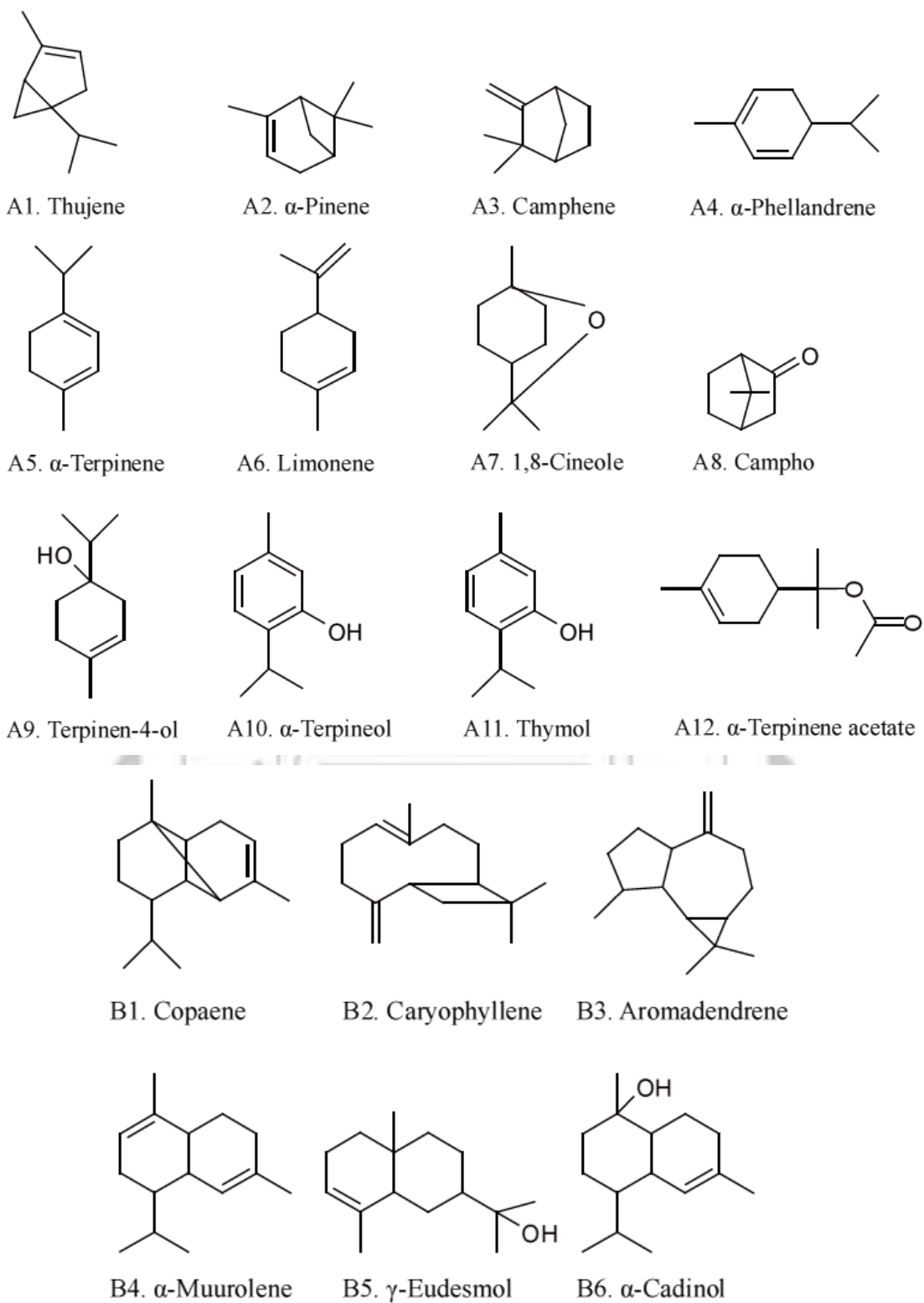


圖 1. 各種萜類化學結構式 (A 為單萜類；B 為倍半萜類)。

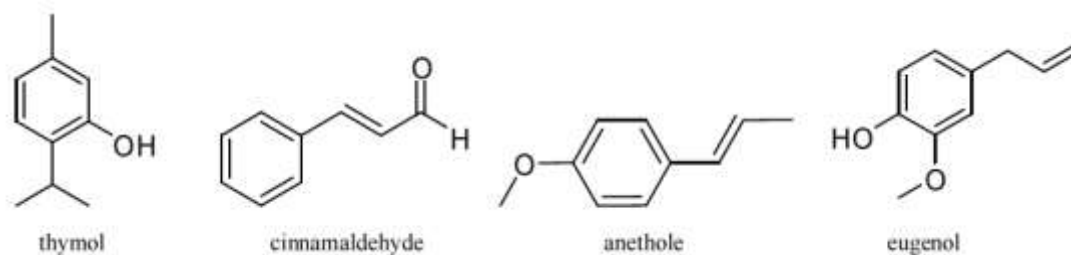


圖 2. 芳香族化合物化學結構式。

(三) 脂肪族化合物 (aromatic derivatives)

幾乎存在於所有的精油中，為分子量較小的化合物，例如麝香 (muscone)。脂肪族化合物之化學結構式如圖 3 所示 (廖及黃，2008)。

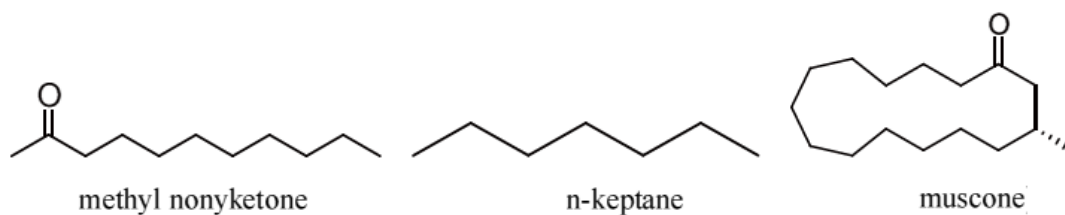


圖 3. 脂肪族化合物化學結構式。

(四) 含硫化合物

由香辛類植生素，如蒜、薑、洋蔥及辣椒等所萃取出之精油具有含硫化合物之成分。主要由二烯丙基一硫醚、二硫醚、三硫醚及四硫醚所組成，皆具抗菌之效果，如大蒜中之二硫醚及三硫醚能 (圖 4) 穿過細菌之細胞膜，進入細胞質中，將細菌酶的羥基氧化為雙硫鍵，而抑制細菌的細胞分裂，達到抗菌的效果 (Sallam *et al.*, 2004)。

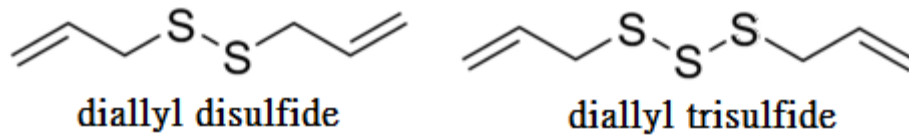


圖 4. 含硫化合物化學結構式。

七、 植物精油的萃取方法

精油於室溫下置於空氣中即可揮發，可透過水蒸氣蒸發而萃取。

精油之萃取方法，易影響到精油最後的品質，即便是同一植物，經過不同的方法所萃取出來之精油，成分亦有所差異。

(一) 蒸餾法

蒸餾法 (distillation) 為目前最普遍的萃取精油之方法，其原理為利用高溫水蒸氣，蒸餾出植物中揮發性的精油成分，經冷卻後，透過油水分離，獲取精油 (圖 5)。蒸餾法為萃取精油中，較便宜及簡單之方式，缺點為蒸餾時，植物中的成分可能因高溫而分解變質。蒸餾法主要分為水蒸餾法 (water distillation) 及水蒸氣蒸餾法 (water and steam distillation)，水蒸餾法適用於不受煮沸破壞之植物，而水蒸氣蒸餾法適用於會被煮沸破壞之植物。

(二) 冷壓法

部分精油成分易因蒸餾而分解變質，故使用冷壓榨 (cold press) 或其他的物理壓榨方法獲取。冷壓法之優點為萃取效率高，缺點為較易溶出原料中的非精油雜質。

(三) 有機溶劑萃取法

需同時獲取揮發性及非揮發性之精油成分時，可以利用有機溶劑進行浸取。有機溶劑萃取法 (solvent extraction) 為將植物浸於化學溶劑中，如石油醚或苯等揮發性溶劑 (圖 5)。此法優於蒸餾法之處為，無需高溫，且香味自然 (蒸餾法易因高溫而改變其化學成分)，為香水工業普遍使用之萃取方式，缺點為此法較為昂貴。

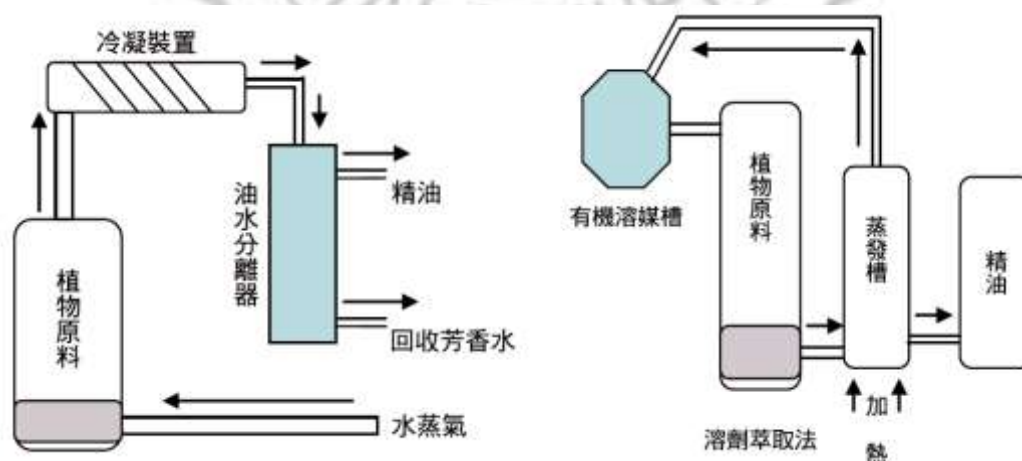


圖 5. 蒸餾法及有機溶劑萃取法 (廖及黃，2008)。

(四) 冷吸法

冷吸法 (Enfleurage method) 能保留較完整之香氣，此法適用於新鮮精油含量甚少之花瓣，方法為將脂肪作為精油的抽出吸附劑，塗於玻璃板上，再將花瓣鋪於其上，待脂肪吸收花瓣中油質，再更換新鮮之花瓣，週而復始，直到脂肪無法吸收精油為止，再以酒精讓脂肪及精油分離，耗時且萃取率低為此法缺點。

八、植物精油之作用

(一) 抗菌機制

抗生素被當作生長促進劑，廣泛的使用於肉雞飼養上，但隨抗藥性的問題逐漸受到關注，歐盟近幾年已禁止使用抗生素作為禽畜生長促進劑，儘管是作為治療用途，仍不鼓勵使用 (Dibner and Richards, 2005)。Heuer *et al.* (2006) 指出，飼糧中添加抗生素增加細菌產生抗藥性之機會，對人類的健康產生潛在風險，故近年來關於抗生素替代物之試驗持續受到關注。

精油抗菌活性機制直至現今，並未完全研究透徹。Steiner (2006) 指出，唇形科植物含有大量的香芹酚 (carvacrol) 及百里香酚 (thymol) 等生物活性物質。精油成分雖複雜，但其抗菌活性強度依序為酚類 (phenols) > 醛類 (aldehydes) > 酮類 (ketones) > 醇類 (alcohols)

> 醚類 (ethers)，具有抗細菌、真菌及球蟲之作用。植物精油含有不同抗菌活性物質 (表 1)，抑菌方式亦有所不同 (表 2)。精油之抗菌性主要原因為，精油中之萜類化合物可利用本身之親脂性，滲透進細胞內部，改變細胞膜通透性，破壞細菌酵素系統，使細菌無法正常代謝生長。

Hammer *et al.* (1999) 發現，多數精油皆對大腸桿菌、沙門氏菌及金黃色葡萄球菌具有抑制作用。Yano *et al.* (2006) 指出，飼糧中添加 2.5% 羅勒、丁香、大蒜、鼠尾草、薄荷、百里香及薑黃的萃取液，可抑制肉雞盲腸大腸桿菌的生長。Sadek *et al.* (2014) 指出，於肉雞飼糧中添加 150 及 300 ppm 百里香精油，對盲腸內容物大腸桿菌菌落數無影響，但皆提高乳酸菌菌落數。Lee *et al.* (2004) 則表示，給予 500 ppm 之黃連、五味子及薑的萃取物，能抑制肉雞盲腸沙門氏菌之生長。Jang *et al.* (2007) 指出，於肉雞飼糧中添加 25 及 50 ppm 商業用混合精油，具降低迴盲腸內容物大腸桿菌菌落數之趨勢，但並不影響乳酸菌菌落數。

另外，在一項體外試驗中，使用 100 ppm 香芹酚及 300 ppm 肉桂精油，顯著降低豬隻盲腸內容物大腸桿菌菌落數，但並不影響乳酸菌菌落數，而 200 ppm 百里香酚，則對盲腸內容物大腸桿菌菌落數無影響 (Si *et al.*, 2006)。Alali *et al.* (2013) 發現，於肉雞飲水中添加 500

ppm 百里香酚、香芹酚、桉葉油 (eucalyptol) 及檸檬混合精油，對盲腸內容物沙門氏菌抑制效果不顯著，但顯著降低嗉囊內容物之沙門氏菌。另一方面，Tiihonen *et al.* (2010) 則指出，於肉雞飼糧中添加 20 ppm 百里香酚及肉桂醛混合精油，降低肉雞盲腸內容物沙門氏菌，並提高乳酸菌落數及大腸桿菌菌落數比。

(二) 抗氧化特性

脂質最常發生之問題為酸敗 (rancidity)，其主要原因為氧化所造成，氧化酸敗除了使脂質產生異味外，對脂質之營養價值亦產生極大影響。脂質之氧化起始於脂肪酸 (RH) 失去質子 ($H\cdot$) 而形成脂肪酸自由基 (fatty acid radical; $R\cdot$)，脂肪酸自由基進而與氧形成過氧化自由基 (peroxyl radical; $ROO\cdot$)；過氧化自由基獲取另一脂肪酸之質子形成過氧化氫 (ROOH)，但使得另一脂肪酸形成脂肪酸自由基，在與氧形成另一過氧化自由基，如此繼續進行，週而復始，進行一連串脂肪酸氧化反應，亦即連鎖反應 (chain reaction)。過氧化氫會進一步分解為醛類及酮類，而產生酸敗性異味，亦會導致細胞壞死及癌症產生。

表 1. 精油主要抗菌成分

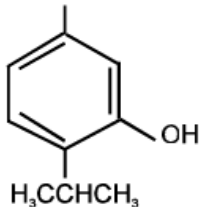
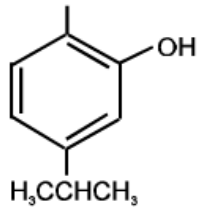
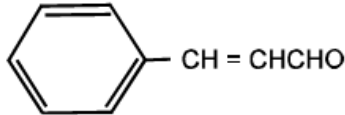
Table 1. Major components of EOs that exhibit antibacterial properties

Common name of EO	Latin name of plant source	Major components	Approximate % composition	References
Cinnamon	<i>Cinnamomum zeylandicum</i>	Trans-cinnamaldehyde	65%	Lens-Lisbonne et al., 1987
Oregano	<i>Origanum vulgare</i>	Carvacrol Thymol γ -Terpinene ρ -Cymene	Trace-80% Trace-64% 2 – 52% Trace-52%	Lawrence, 1984; Prudent et al., 1995; Charai et al., 1996; Sivropoulou et al., 1996; Kokkini et al., 1997; Russo et al., 1998; Daferera et al., 2000; Demetzos and Perdetzoglou, 2001; Marino et al., 2001
Rosemary	<i>Rosmarinus officinalis</i>	α -pinene Bornyl acetate Camphor 1,8-cineole	2 – 25% 0 – 17% 2 – 14% 3 – 89%	Daferera et al., 2003; Pintore et al., 2002
Thyme	<i>Thymus vulgaris</i>	Thymol Carvacrol γ -Terpinene ρ -Cymene	10 – 64% 2 – 11% 2 – 31% 10 – 56%	Lens-Lisbonne et al., 1987; McGimpsey et al., 1994; Cosentino et al., 1999; Marino et al., 1999; Daferera et al., 2000; Juliano et al., 2000

(修改自 Burt, 2004).

表 2. 精油成分百里香酚、香芹酚及肉桂醛的化學特性

Table 2. Chemical properties of the essential oil constituents thymol, carvacrol and cinnamaldehyde

	Thymol	Carvacrol	Cinnamaldehyde
Molecular weight	150 C ₁₀ H ₁₄ O	150 C ₁₀ H ₁₄ O	132 C ₉ H ₈ O
Synonym	5-methyl-2-(1-methylethyl) phenol	2-methyl-5-(1-methylethyl) phenol	3-phenyl-2-propenal
FEMA-GRAS	3066	2245	2286
FDA	21CFR 172.515	21CFR 172.515	21CFR 182.60 GRAS
Found in	Thyme (Lamiaceae)	Oregano (Lamiaceae)	Cinnamon (Lauraceae)
Appearance	White crystals	Colorless to pale yellow liquid	Slightly yellow liquid
Odor	Pungent, caustic taste	Thymol-odor like	Cinnamon
Boiling point	233	237	246
Density, g/ml	0.969	0.976	1.048
LD ₅₀	980 mg/kg, orally rat	810 mg/kg, orally rat	2,220 mg/kg, orally rat
Stability	Good	Good	Fair to poor
Structure	 <chem>CC1=CC=C(C=C1)C(O)=C(C)C</chem>	 <chem>CC1=CC=C(C=C1)C(O)=C(C)C</chem>	 <chem>O=CC=Cc1ccccc1</chem>
Biological activity	Antimicrobial Antiinflammatory Antioxidant Antiseptic Flavor	Antimicrobial Antiinflammatory Antioxidant Antiseptic Flavor	Antimicrobial Antiinflammatory Antispasmodic Cancer-preventive Flavor Hypoglycemic

(修改自 Lee *et al.*, 2004)

脂肪氧化過程中會產生丙二醛 (malondialdehyde ; MDA) , 為脂肪氧化之代謝產物, 可當作脂肪氧化程度之指標, 其值越高表示氧化指數越高。Florou-paneri *et al.* (2005) 發現, 於每公斤火雞飼糧中添加 100 及 200 mg 牛至精油, 屠宰後將胸肉冷藏於 4°C , 於第 0、3、6 及 9 天觀察脂質氧化情形, 結果顯示添加精油處理組, 丙二醛含量顯著低於對照組。Botsoglou *et al.* (2002) 在肉雞飼糧中添加 50 及 100 ppm 牛至精油, 結果顯示添加 50 及 100 ppm 牛至精油組其胸肉、腿肉及腹部脂肪中丙二醛, 濃度皆顯度低於對照組。

植物精油中抗氧化作用主要來自於植物中的酚類化合物, 如牛至中的香芹酚及百里香中的百里香酚, 能在脂質氧化過程中提供氫離子, 避免脂質氧化產生過氧化自由基, 達到抗氧化的作用。

植物精油成分中酚類化合物的抗氧化作用, 依其原理可分為:(1) 自由基終止劑 ;(2) 還原劑或清除劑 ;(3) 螯合劑 ;(4) 過氧化物分解劑。

1. 自由基終止劑 (free radical terminator)

植物精油中酚類化合物能在脂質氧化過程中提供氫離子, 避免脂質氧化產生過氧化自由基, 干擾或延滯連鎖反應 (Lee *et al.*, 2004)。

2. 還原劑或清除劑 (reducing agent or oxygen scavenger)

主要藉轉移氫原子或清除氧分子之能力來抑制氧化，常見於植物成分中的酚類及萜類 (廖及黃，2008；Lee *et al.*, 2004)。

3. 螯合劑 (chelating agent)

植物中的酚類可與金屬產生螯合作用，減少金屬離子誘導脂質的過氧化產生，而間接的減緩自由基氧的形成，達到抗氧化的作用 (廖及黃，2008；Kittss, 1997)。

4. 過氧化物分解劑 (peroxide decomposers)

植物精油中的酚類化合物，可將過氧化合物分解，將脂質過氧化物分解成安定之最終產物 (李，2001)，達到抗氧化之作用。

精油中大多都含有抗氧化成分，這些成分不僅單獨存在時具有抗氧化作用，組合後是否能提升抗氧化效果，並產生協同作用，則需進一步查證。

(三) 刺激消化道酵素分泌之機制

Mellor (2000) 及 Platel and Srinivasan (2000) 指出，精油及香料分別可以改善動物消化功能。推測香料及精油具有類似成分，可改善

消化功能 (Pradeep *et al.*, 1991; Pradeep and Geervani, 1994)。Glatzel (1968) 表示，香料能促進唾液及胃液分泌，並幫助消化。另外，香料中成分能刺激膽汁分泌 (Bhat *et al.*, 1984; Bhat and Chandrasekhara, 1987 ; Sambaiah and Srinivasan, 1991)。

植物精油及香料提高營養分消化率之可能原因有二：(1) 刺激肝臟分泌膽汁，協助脂肪的消化吸收，如肉桂、薄荷 (mint)及茴香 (cumin) 均可提高膽汁分泌及 (2) 刺激胰臟及腸道內消化酶分泌，將食物中之澱粉、蛋白質及三酸甘油酯大分子，消化成小分子，以利吸收 (Platel and Srinivasan, 2000, 2004)。Jang *et al.* (2007) 指出，於肉雞飼糧中添加 25 及 50 ppm 商業用混合精油，雖不影響肉雞生長性能，但添加較高含量 50 ppm 精油處理組，顯著提高胰臟中胰蛋白酶、總胰澱粉酶及腸道麥芽糖酶活性。Lee *et al.* (2003) 於肉雞飼糧中添加百里香酚、肉桂醛及含百里香酚之商業用混合精油，於 21 日齡時，商業用混合精油組相較於對照組，有較高之小腸澱粉酶活性，於 40 日齡時，肉桂醛及商用混合精油組相較於對照組，有較高之小腸胰蛋白酶活性。

另外，Krogdahl (1985) 發現，腸道菌群能夠水解膽鹽，而降低脂肪消化，精油可能透過抑菌及殺菌作用，降低膽鹽被水解，而提高脂肪消化率。

Hernandez *et al.* (2004) 發現，飼糧中添加精油提高肉雞脂肪之全腸道及迴腸消化率。Lee *et al.* (2003) 及 Jang *et al.* (2004) 發現，飼糧中添加精油，提高肉雞胰蛋白酶活性，因而提高蛋白質被水解成小分子胜肽，進而提高蛋白質消化率。

九、 植物精油之代謝途徑

Kohlert *et al.* (2000) 提出了植物精油中各純化成分之吸收、代謝及排泄途徑。精油透過採食、肺部吸收或皮下注射後，快速吸收，代謝後，多數經腎臟以葡萄糖醛酸形式，或透過呼吸作用以二氧化碳排出。由於清除快速及半衰期短，不易蓄積於體內。在大鼠試驗中，Austgulen *et al.* (1987) 指出，給予大鼠口服每公斤體重 1 mmol 的百里香酚和香芹酚，結果顯示，代謝產物透過尿液快速排出，24 小時後排出量明顯減少，48 小時後尿液中已無代謝產物排出。香芹酚及百里香酚皆以同樣方式排出。Peters and Caldwell (1994) 發現，在大鼠及小鼠，肉桂醛於最初的 24 小時隨尿液快速排出，於 72 小時後，僅 2% 所給予的劑量還保留在體內。肉桂醛之主要代謝產物為馬尿酸，推測乙醛氧化產生肉桂酸 (cinnamic acid)，再甲基化並與甘胺酸結合產生馬尿酸。由於精油能快速代謝及排泄，故幾乎不殘留體內，因此，精油對雞肉風味無顯著影響 (Vogt and Rauch, 1991)。

Jenner *et al.* (1964) 指出，香芹酚、肉桂醛及百里香酚於大鼠的急性口服毒性試驗，結果發現其急性口服 LD₅₀ 分別為 810、2220 及 980 (mg/kg 體重)。另外，Hagan *et al.* (1967) 指出，小鼠餵飼含 1,000 至 10,000 ppm 百里香酚之試驗飼糧共計 19 週，並無發現中毒跡象。

十、 植物精油對禽畜生長性能之影響

試驗發現，精油對家禽生長性能多具正面影響 (Bassett, 2000 ; Langhout, 2000 ; Alkassie, 2009)。Zhu *et al.* (2014) 指出，於肉雞飼糧中添加 100、200 及 250 ppm 百里香精油，提高肉雞增重及飼料利用效率，但對飼料採食量無影響。Roofchae *et al.* (2011) 指出，於肉雞飼糧中添加 600 ppm 牛至精油，提高肉雞後期 (22 至 42 日齡) 增重，對飼料採食量無影響，且降低肉雞盲腸內容物大腸桿菌菌落數。Bravo *et al.* (2014) 於飼糧中添加 carvacrol、cinnamaldehyde 及 capsicum 混合精油，提高肉雞增重及飼料利用效率。Sadek *et al.* (2014) 指出，於肉雞飼糧中添加 300 ppm 百里香精油，對肉雞增重、飼料採食量及飼料利用效率無影響，而添加 150 ppm 百里香精油，則提高肉雞增重及飼料利用效率，但不影響飼料採食量。Alkassie (2009) 指出，於肉雞飼糧中添加 100 及 200 ppm 百里香及肉桂精油，提高肉雞增重、飼料採食量及飼料利用效率，另有試驗顯示，於肉雞飼糧

中添加 100 ppm 迷迭香及牛至精油，提高肉雞增重及飼料利用效率 (Mathlouthi *et al.*, 2012)。Hernandez *et al.* (2004) 指出，於肉雞飼糧中添加 200 ppm 精油 (牛至、肉桂及胡椒) 及 5,000 ppm 精油 (百里香、迷迭香及鼠尾草)，處理組相較於對照組均有較佳之增重、飼料採食量及飼料利用效率，惟結果並不顯著。Mathlouthi *et al.* (2012) 指出，飼糧中添加迷迭香精油提高肉雞飼料採食量，而添加牛至精油則降低之。Allen *et al.* (1997) 指出，於攻毒及未攻毒球蟲肉雞飼糧中添加 119 ppm 精油 (樟腦及 1,8-桉樹腦)，感染球蟲組添加精油相較於未添加組，有顯著較佳的增重，而未感染球蟲組添加精油與對照組間，增重並無差異，此結果與 Bassett (2000) 及 Langhout (2000) 試驗結果一致。精油於較不理想之環境及營養分消化率較差之飼糧時，對肉雞生長性能有較明顯的改善。精油在許多肉雞試驗結果較一致，雖然精油之用量、成分、產地及試驗方法不盡相同。

材料與方法

一、 試驗一

(一)精油種類

選擇脣形科 (Lamiaceae) (百里香、牛至及迷迭香) 及樟科 (Lauraceae) (肉桂) 兩類使用蒸餾法萃取之植物精油 (essential oil)，共四種精油，試驗精油來源及成分如表 4 所示：

1. 百里香 (Thyme ; T)
2. 肉桂 (Cinnamon ; C)
3. 牛至 (Oregano ; O)
4. 迷迭香 (Rosemary ; R)

(二)試驗設計

100 羽愛拔益加 (Arbor acres) 雞肉雞 (未分性別)，飼養於開放式平飼雞舍中，於 17 日齡時，於其中選取體重相近之公肉雞 30 羽，隨機分成 5 處理組，每處理 6 重複，每重複 1 羽。

(三)試驗飼糧

試驗基礎飼糧主要由玉米及去殼大豆粕為主配成，營養分含量參照 NRC (1994) 肉雞營養標準，組成如表 3 所示。五種試驗飼糧為分別於基礎飼糧中(1) 不添加精油；(2) 添加 200 ppm 百里香精油 (T)；

(3) 添加 200 ppm 肉桂精油 (C); (4) 添加 200 ppm 牛至精油 (O); (5) 添加 200 ppm 迷迭香精油 (R); 添加精油時，於配製飼糧前，先行添加至大豆油中均勻預混。

(四) 雞隻飼養管理及採樣

雞隻於 0 日齡秤重後，飼養於開放式平飼雞欄 (2.98 m × 1.47 m) 中，以稻殼為墊料，架設紅外線保溫燈，使雞隻處於適溫下，夜間給予照明。飼養至 17 日齡時，於其中選取體重相近之公肉雞 30 羽，飼養於代謝籠 (40 cm × 26 cm × 40 cm) 內，網底下方備有收糞盤。飼料及飲水採任飼。至雞隻達 36 日齡結束。

於 17-36 日齡間 (共 20 天) 每日記錄飼料採食量，試驗期第 17-34 日齡，於飼糧中添加 0.5% 二氧化鈦作為指示劑，並於 23-32 日齡間 (共 10 天)，每日收集雞隻新鮮排泄物，密封冷凍於 -20°C 保存，以備分析。

試驗結束時將雞隻以 CO₂ 犧牲，用蒸餾水沖取梅克耳氏憩室 (Meckel's diverticulum) 與迴盲相接處 (ileal-cecal junction) 間最後 10 cm 的內容物，立即放入碎冰中冰鎮後，以 -20°C 冷凍保存，以備測定雞隻之迴腸脂肪及蛋白質消化率，並立刻取嗉囊、小腸及盲腸內容物，以碎冰冰鎮，立即測定微生物菌相 (乳酸菌及大腸桿菌菌數) 及 pH 值。

表 3. 基礎飼糧組成 (試驗一)

Table 3. Composition of basal diet (trial 1)

Age, day	0-16	17-36
Ingredient, %		
Yellow corn	52.46	61.24
Dehulled soybean meal (47% CP)	30.08	21.80
Corn gluten meal (60% protein)	8.00	8.00
Sodium chloride	0.35	0.35
Soybean oil	6.30	5.00
Monocalcium phosphate	1.70	1.21
Calcium carbonate	1.64	1.60
Choline-Cl (75%)	0.15	0.05
DL-Methionine	0.10	0.00
L-Lysine-HCl	0.00	0.20
L-Threonine	0.00	0.03
Vitamin+ Mineral premix ^{1,2}	0.50	0.50
Butylated hydroxytoluene	0.02	0.02
Total	100.00	100.00
Calculated values		
ME, kcal/kg	3117.45	3193.80
Crude protein, %	23.05	19.70
Crude fat, %	7.51	7.70
Calcium, %	1.03	0.91
Available phosphorus, %	0.46	0.36
Methionine + cysteine, %	0.93	0.74
Analyzed values, %		
Crude protein	21.36	18.59
Total fatty acid ³	7.00	7.13

¹ Provided per kilogram of diet: vitamin A, 12,000 IU; vitamin D₃, 2,000 IU; vitamin E, 40 IU; vitamin K₃, 4 mg; vitamin B₁, 1.5 mg; vitamin B₂, 5 mg; vitamin B₆, 4 mg; vitamin B₁₂, 0.05 mg; niacin, 25 mg; pantothenic acid, 16 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 0.2 mg.

² Provided per kilogram of diet: Fe, 150 mg; Mn, 40 mg; Zn, 100 mg; Cu, 20 mg; Se, 0.3 mg; I, 1 mg; Co, 0.3 mg.

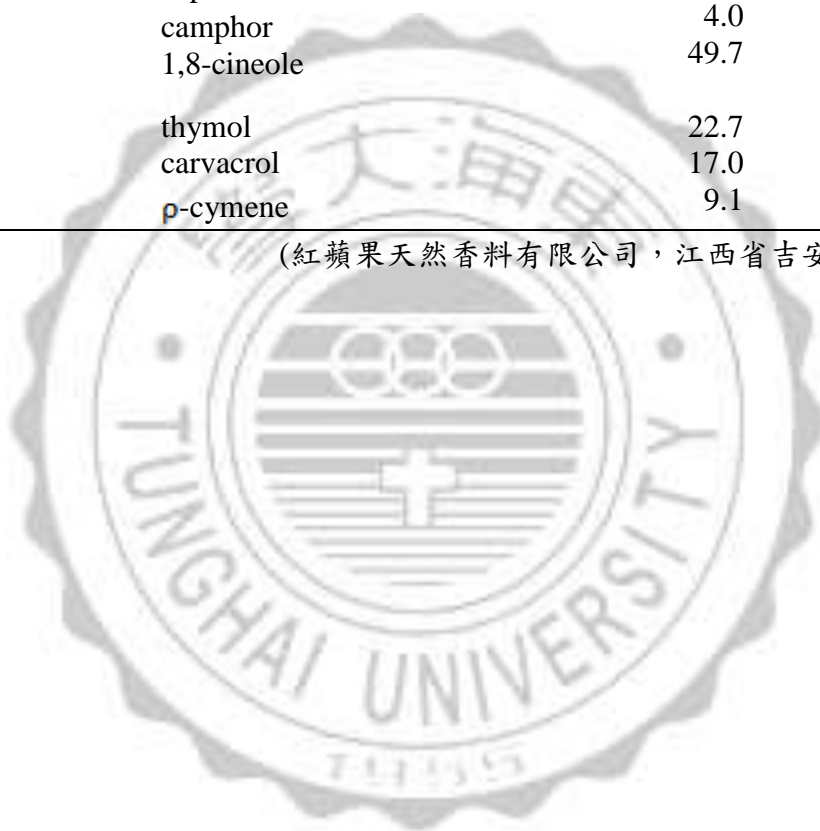
³ Total fatty acid=C16:0+C18:0+C18:1+C18:2.

表 4. 試驗用精油成分

Table 4. The composition of experimental essential oil

EO	Major components	Approximate % composition
Cinnamon	cinnamaldehyde	83.0
Oregano	carvacrol	37.8
	thymol	13.4
	p-cymene	7.9
Rosemary	α -pinene	10.0
	camphor	4.0
	1,8-cineole	49.7
Thyme	thymol	22.7
	carvacrol	17.0
	p-cymene	9.1

(紅蘋果天然香料有限公司，江西省吉安市，中國)



(五) 樣品分析

1. 粗蛋白質測定

飼料經磨細保存，糞便經 60°C，48 小時乾燥 (UFE, Memmert Company, Germany) 後，磨細保存；迴腸內容物經冷凍乾燥 (Freeze dry system, Labconco Company, U.S.A) 後，磨細保存，分別測定粗蛋白質含量 (AOAC, 1984)。秤取適量樣品，以 Kjeldahl 法經硫酸分解後，以凱氏氮蒸餾裝置 (Kjeltec system-8100, Foss Tector, Sweden) 蒸餾滴定後，測定樣品中總氮含量，並推算粗蛋白質百分比 ($N\% \times 6.25$)。

2. 脂肪酸組成測定

依照 Sukhija and Palmquist (1988) 之方法，取適量之飼料、糞便樣品及迴腸內容物，添加 pentadecanoic acid (C15:0) (Matreya, Inc., U.S.A.) 作為內標 (internal standard)，使用 benzene，methanolic HCl 及 K_2CO_3 將樣品中脂肪酸甲基化，再以氣相層析儀 (GC-1000，中國層析科技，台灣) 定量樣品中脂肪酸。樣品注入 GP 14% SP-2330 GC packed 填充管 (長 2 公尺，100/120 mesh，OD 3.175 mm，ID 2.16 mm，Supelco Inc., U.S.A.)。oven 溫度及注入口溫度分別為 100 及 240°C。

3. 二氧化鈦濃度測定

飼料、糞便及迴腸內容物樣品中鈦濃度之分析，依 Short *et al.* (1996) 所述之方法。取約 0.2 g 樣品置於坩堝中，於 600°C 灰化 13 小時。冷卻後，加入 10 mL 7.4 M 硫酸至坩堝內，緩緩加熱至沸騰後，繼續加熱直到液體澄清（從室溫到澄清，視情況約為 120 分鐘）。冷卻後，倒入含約 25 mL 蒸餾水的燒杯中，過濾至 100 mL 定量瓶，再加入 20 mL 30% 過氧化氫，並將溶液以蒸餾水定量至 100 mL。以分光光度計 (Hitachi U-2000, Japan) 於波長 410 nm 下測定吸光度。

4. 糞便尿酸測定

糞便樣品中尿酸濃度之分析依 Marquardt *et al.* (1983) 所述之方法。取約 0.05 g 樣品，置入 250 mL 三角瓶，加入 100 mL pH 為 9.3 之 0.1 M glycine buffer。於 40°C 震盪一小時後靜置。取上層澄清液置入 15 mL 離心管中，以 5.35% 過氯酸溶液定量至 15 mL。放置離心機 (Z200A, Hermle Labortechnik, Germany) 於離心力 $4,185 \times g$ (6,000 rpm) 下離心 15 分鐘。離心後取上清液，以分光光度計 (U-2000, Hitachi, Japan) 於波長 285 nm 下測定吸光度。

5. 微生物菌相及 pH 值測定

分別取 1 g 嗉囊、小腸及盲腸內容物，以 phosphate buffer saline (PBS) 進行 10 倍數之連續稀釋，取菌落數介於 30-300 之間稀釋倍數之 1 mL 稀釋液 (先透過預備試驗測得) 注入有蓋培養皿中，並加入不同之培養基。乳酸菌及大腸桿菌分別使用 MRS agar (Difco) 及 Chromocult coliform agar (Merck, Darmstadt, Germany); MRS agar 置入恆溫箱中 (Firstek Inc., Taipei, Taiwan) 以 37°C 培養 48 小時，Chromocult coliform agar 則以 37°C 培養 24 小時 (Jin *et al.*, 1998)。結果以每 g 內容物濕重中所含之菌落數對數 (log cfu/g) 表示之。

嗉囊、小腸及盲腸內容物分別混合均勻後，立即以晶片式攜帶式酸鹼度測定儀 (IQ Scientific Instruments, Inc., Taipei, Taiwan) 測定 pH 值。

(六)數據計算

1. 脂肪酸消化率

依飼糧與糞便及迴腸內容物中脂肪酸濃度與鈦濃度之比例，分別求出脂肪酸全腸道及迴腸消化率：

脂肪酸全腸道 (迴腸) 消化率 (%) =

$$100 - 100 \times \frac{\text{飼糧鈦濃度 (\%)} \times \text{糞便 (迴腸內容物) 脂肪酸濃度 (\%)}}{\text{糞便 (迴腸內容物) 鈦濃度 (\%)} \times \text{飼糧脂肪酸濃度 (\%)}}$$

2. 蛋白質消化率及蓄積率

依飼糧，糞便及迴腸內容物及尿酸氮濃度與鈦濃度比例，分別求出蛋白質全腸道及迴腸消化率及蛋白質蓄積率：

(1) 蛋白質蓄積率 (%) =

$$100 - 100 \times \frac{\text{飼糧鈦濃度 (\%)} \times \text{糞便氮濃度 (\%)}}{\text{糞便鈦濃度 (\%)} \times \text{飼糧氮濃度 (\%)}}$$

(2) 蛋白質全腸道消化率 (%) =

$$100 - 100 \times \frac{\text{飼糧鈦濃度 (\%)} \times [\text{糞便氮濃度 (\%)} - \text{尿酸氮濃度 (\%)}]}{\text{糞便鈦濃度 (\%)} \times \text{飼糧氮濃度 (\%)}}$$

(3) 可消化蛋白質蓄積率 (%) =

$$\frac{\text{蛋白質蓄積率 (\%)}}{\text{蛋白質消化率 (\%)}} \times 100$$

(4) 蛋白質迴腸消化率 (%) =

$$100 - 100 \times \frac{\text{飼糧鈦濃度 (\%)} \times \text{迴腸內容物氮濃度 (\%)}}{\text{迴腸內容物鈦濃度 (\%)} \times \text{飼糧氮濃度 (\%)}}$$

(七)統計分析

每日及每周生長性能數據以混合程序 (MIXED) 進行重複測定，選用複合對稱結構 (compound symmetry, CS)，無結構 (unstructured, UN) 及一階自動迴歸結構 (autoregressive order one, AR[1]) 方式定義，並選取擬合統計量 BIC (Schwartz's Bayesian criterion) 絕對值最低者為準，(李等，2012)，統計模式為精油效應、時間效應及兩者間交互作用。如處理效應顯著 ($P < 0.05$)，則以 Tukey 法，測定各處理間之差異。

全期生長性能及消化率及微生物數據以最小平方平方值 (least squares means) 表示之。利用統計分析系統 (Statistical Analysis System; SAS, 2000) 套裝軟體，以一般線性模式程序 (General Linear Model Procedure, GLM) 進行統計分析。如處理效應顯著 ($P < 0.05$)，則以 Tukey 法，測定各處理間之差異。

二、 試驗二

(一) 精油種類

與試驗一者同。

(二) 試驗設計

除雞隻品系為羅斯 (Ross) 外，其它設計與試驗一者同。

(三) 試驗飼糧

除試驗基礎飼糧不同外 (未使用玉米筋粉)，其它處理與試驗一者同，組成如表 5 所示。

(四) 雞隻飼養管理及採樣

於 24-44 日齡間 (共 21 天) 每日記錄雞隻體重及飼料採食量，試驗期第 32-41 日齡於飼糧中添加 0.5% 二氧化鈦作為指示劑，並於表 5. 基礎飼糧組成 (試驗二)

Table 5. Composition of basal diet (trial 2)

Age, day	0-16	17-44
Ingredient, %		

Yellow corn	51.23	58.11
Dehulled soybean meal (47% CP)	38.49	32.23
Sodium chloride	0.35	0.35
Soybean oil	6.30	6.30
Monocalcium phosphate	1.85	1.35
Calcium carbonate	1.33	1.32
Choline-Cl (70%)	0.10	0.10
DL-Methionine	0.17	0.05
Vitamin premix ¹	0.07	0.07
Mineral premix ²	0.10	0.10
Butylated hydroxytoluene	0.02	0.02
Total	100.00	100.00
Calculated values		
ME, kcal/kg	3098.34	3162.55
Crude protein, %	22.99	20.39
Crude fat, %	8.69	9.03
Calcium, %	1.06	0.93
Available phosphorus, %	0.46	0.37
Methionine + cysteine, %	0.90	0.72
Analyzed values, %		
Crude protein	21.39	18.87
Total fatty acid ³	7.69	7.90

¹ Provided per kilogram of diet: vitamin A, 25,200 IU; vitamin D₃, 3,150 IU; vitamin E, 56 IU; vitamin K₃, 4.2 mg; vitamin B₁, 4.2 mg; vitamin B₂, 10.5 mg; vitamin B₆, 7 mg; vitamin B₁₂, 0.07 mg; niacin, 56 mg; pantothenic acid, 28 mg; folic acid, 1.75 mg; biotin, 0.14 mg.

² Provided per kilogram of diet: Fe, 90 mg; Mn, 100 mg; Zn, 90 mg; Cu, 15 mg; Se, 0.15 mg; I, 1 mg; Co, 0.25 mg.

³ Total fatty acid=C16:0+C18:0+C18:1+C18:2.

36-41 日齡間 (共 6 天)，每日收集雞隻新鮮排泄物。雞隻達 44 日齡

試驗結束。其它試養管理及採樣與試驗一者同。

(五) 樣品分析

與試驗一者同。

(六) 數據計算

與試驗一者同。

(七) 統計分析

與試驗一者同。



結果

一、 試驗一

(一) 生長性能

飼糧中添加不同精油對肉雞生長性能之影響如表 6 所示。飼糧中

添加不同精油對肉雞 (day 17-36) 增重及飼料利用效率無顯著影響，飼糧中添加 C 及 R 皆顯著提高飼料採食量 ($P < 0.05$)，其中以 R 效果最佳 ($P < 0.05$)。

飼糧中添加不同精油對肉雞平均每週體重及增重/飼料如圖 6 及圖 8 所示，平均每日飼料採食量如圖 7 所示。飼糧中添加不同精油對肉雞平均每週體重、平均每日飼料採食量及平均每週增重/飼料無顯著影響，但飼糧中添加 C 及 R 在數字上有較高的每週體重及每日飼料採食量。

(二) 脂肪酸及蛋白質消化率

飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質全腸道消化率及蛋白質蓄積率之影響如表 7 所示。不同精油皆提高飽和脂肪酸及 C18:0 之全腸道消化率 ($P < 0.05$)；添加 T, C 及 R 皆顯著提高總脂肪酸、不飽和脂肪酸及 C18:1 之全腸道消化率 ($P < 0.05$)；添加不同精油對 C16:0 之全腸道消化率則無顯著影響。

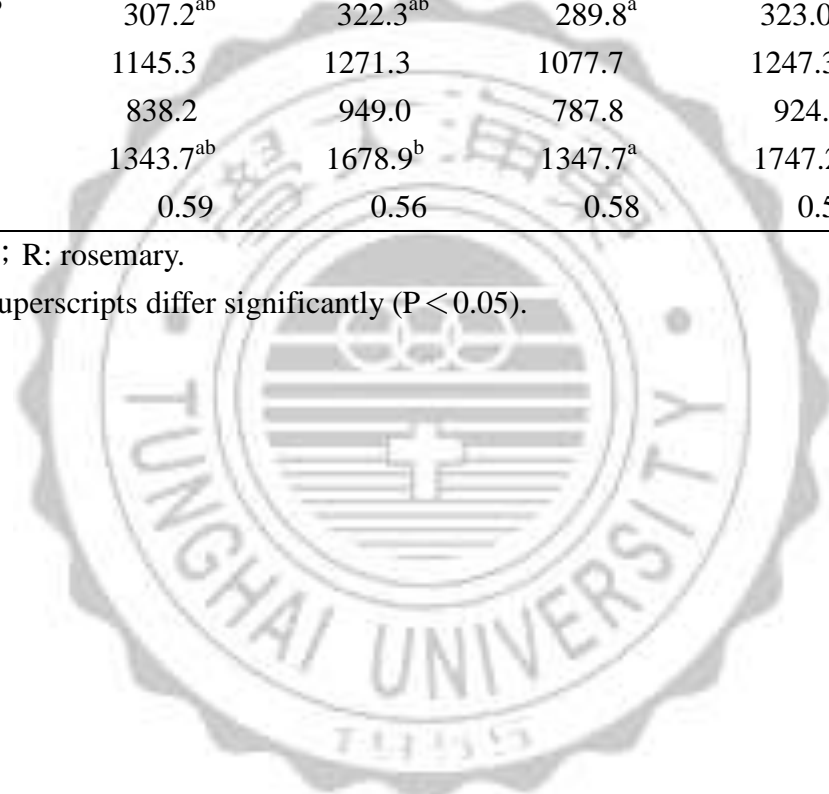
表 6. 飼糧中添加不同精油對肉雞生長性能 (17-36 日齡) 之影響 (試驗一)

Table 6. Effect of supplementation of different essential oil in diets on growth performance (day 17-36) in broilers (trial 1)

Item ¹	Control	T	C	O	R	SEM	P-value
Initial body weight, g	292.3 ^{ab}	307.2 ^{ab}	322.3 ^{ab}	289.8 ^a	323.0 ^b	7.81	0.01
Final body weight, g	1084.0	1145.3	1271.3	1077.7	1247.3	59.76	0.10
Weight gain, g	791.7	838.2	949.0	787.8	924.3	59.81	0.22
Feed intake, g	1358.4 ^a	1343.7 ^{ab}	1678.9 ^b	1347.7 ^a	1747.2 ^c	79.05	<0.01
Gain/feed	0.58	0.59	0.56	0.58	0.53	0.02	0.29

¹T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

^{abc}Data in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).



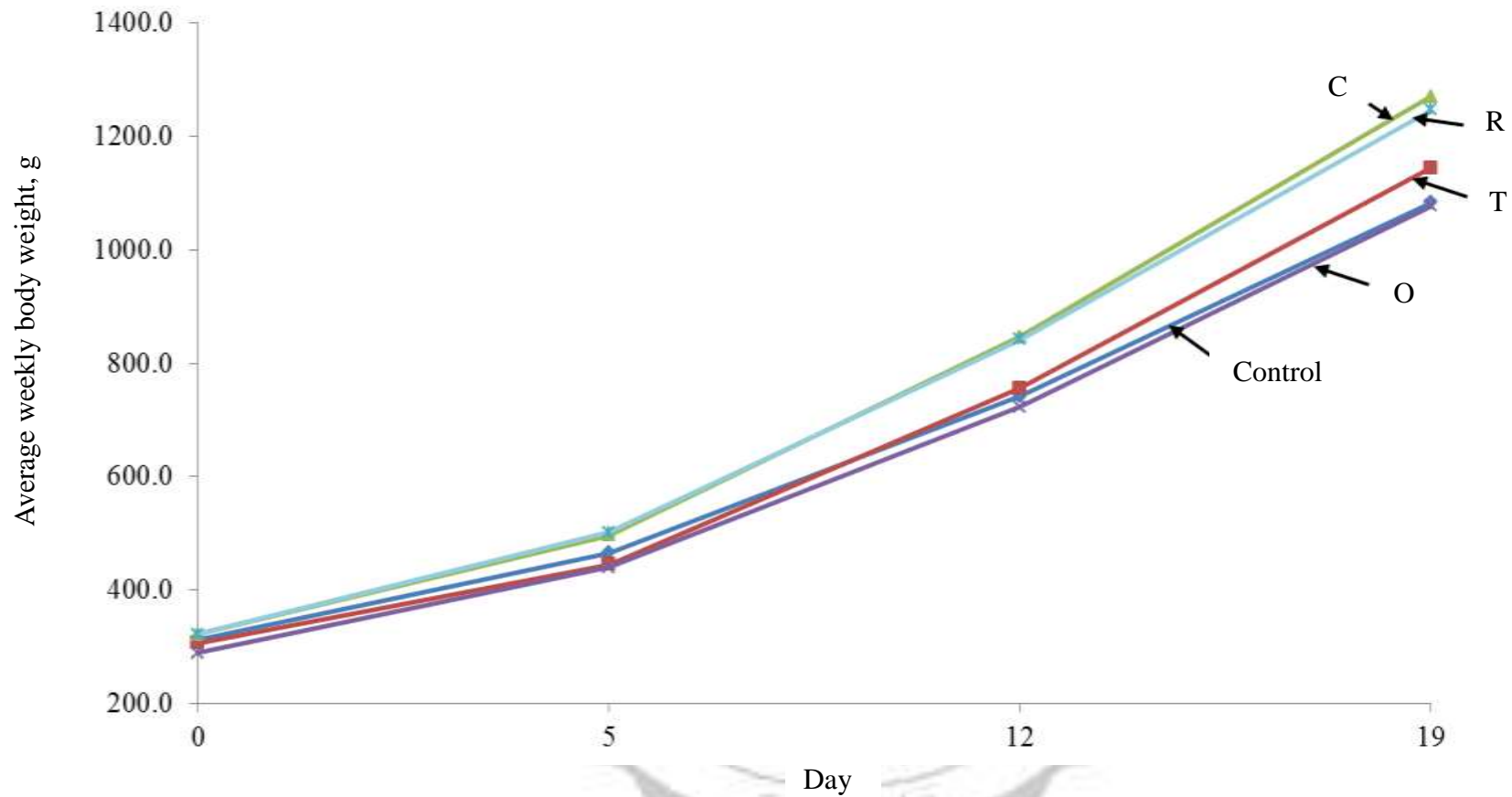


圖 6. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每週體重之影響 (試驗一)。

Figure 6. Effect of supplementation of different essential oil in diets on average weekly body weight in broilers (trial 1).

Treatment effect : $P = 0.44$ (SEM = 39.31) ; day effect : $P < 0.01$ (SEM = 21.38) ; treatment \times day effect : $P = 0.61$ (SEM = 47.82).

T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

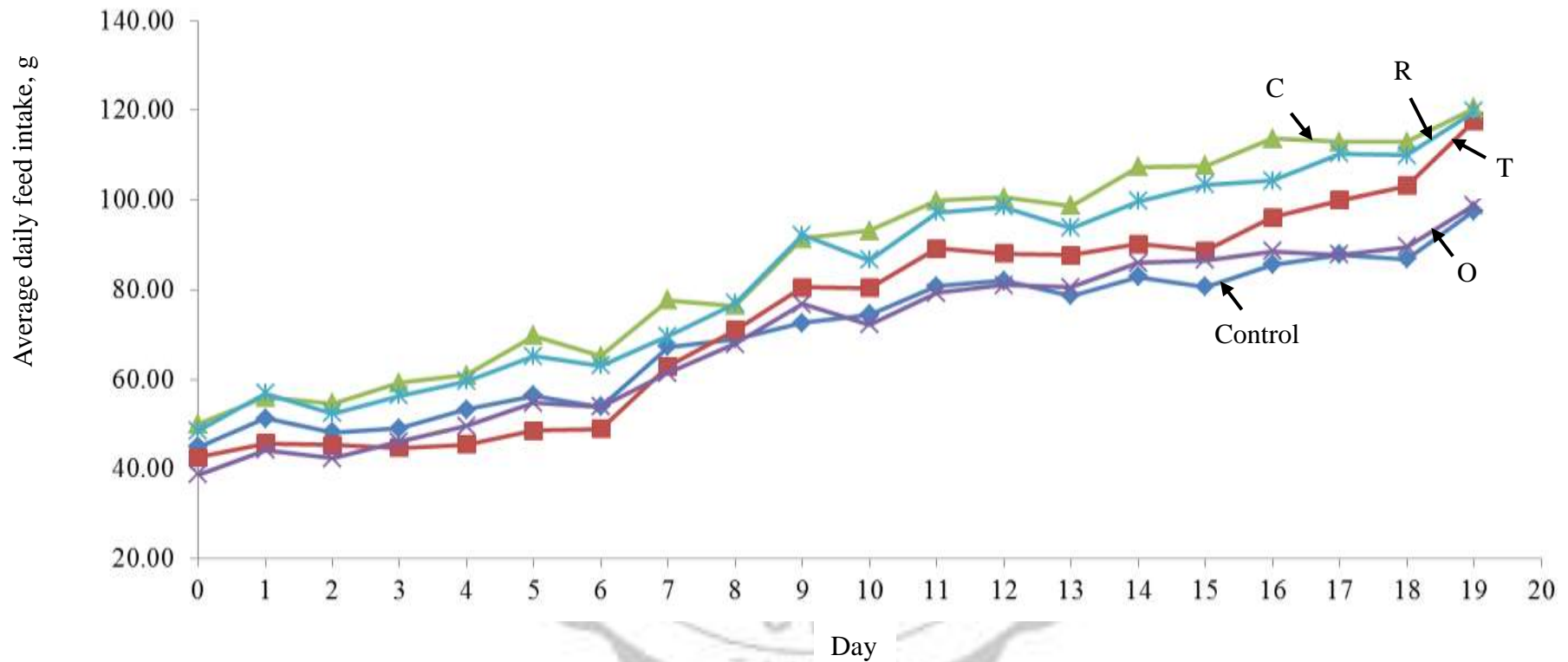


圖 7. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日飼料採食量之影響 (試驗一)。

Figure 7. Effect of supplementation of different essential oil in diets on average daily feed intake in broilers (trial 1).

Treatment effect : $P = 0.05$ (SEM = 4.79) ; day effect : $P < 0.01$ (SEM = 2.75) ; treatment \times day effect : $P = 0.86$ (SEM = 6.16).

T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

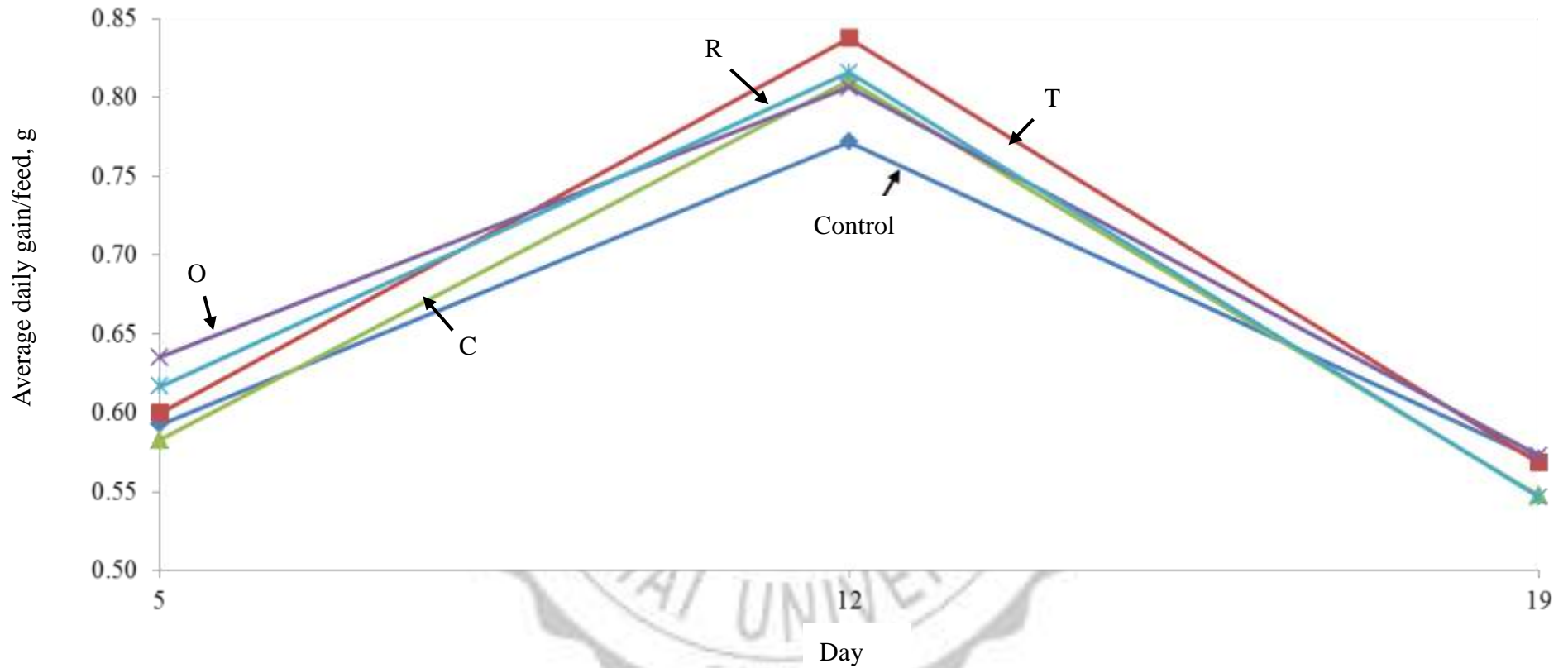


圖 8. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每週增重/飼料之影響 (試驗一)。

Figure 8. Effect of supplementation of different essential oil in diets on average weekly gain/feed in broilers (trial 1).

Treatment effect : $P = 0.18$ (SEM = 0.02) ; day effect : $P = 0.03$ (SEM = 0.01) ; treatment \times day effect : $P = 0.73$ (SEM = 0.03).

T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

表 7. 飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質全腸道消化率 (%) 及蛋白質蓄積率(%)之影響 (試驗一)

Table 7. Effect of supplementation of different essential oil in diets on fatty acid and protein total tract digestibility (%) and protein retention (%) in broilers (trial 1)

Item ¹	Control	T	C	O	R	SEM	P-value
TFA ²	90.86 ^a	92.71 ^b	93.47 ^c	91.37 ^a	93.02 ^{bc}	0.13	<0.01
C16: 0	85.33	87.00	87.59	86.65	87.03	0.76	0.32
C18: 0	11.93 ^a	22.82 ^{bc}	35.30 ^d	18.20 ^b	28.58 ^c	2.09	<0.01
C18: 1	84.23 ^a	89.32 ^b	90.14 ^b	85.00 ^a	89.60 ^b	0.59	<0.01
C18: 2	99.43 ^{ab}	99.38 ^{ab}	99.53 ^b	99.29 ^a	99.49 ^{ab}	0.06	0.05
SFA ³	72.53 ^a	75.81 ^{bc}	78.48 ^c	74.72 ^b	76.84 ^{bc}	0.82	<0.01
USFA ⁴	94.75 ^a	96.29 ^b	96.64 ^b	94.90 ^a	96.45 ^b	0.18	<0.01
PR ⁵	56.46 ^a	58.81 ^b	59.69 ^b	57.16 ^a	59.62 ^b	0.79	0.03
PD ⁶	75.90 ^a	77.35 ^{ab}	78.44 ^c	76.31 ^a	78.21 ^b	0.67	0.05
DPR ⁷	74.36	76.03	76.07	74.87	76.20	0.65	0.21

¹T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

²TFA: total fatty acids (C16: 0+C18: 0+C18: 1+C18: 2).

³SFA: saturated fatty acids (C16: 0+C18: 0).

⁴USFA: unsaturated fatty acids (C18: 1+C18: 2).

⁵PR: protein retention (protein retained/protein intake, %).

⁶PD: protein digestibility (protein digested/protein intake, %).

⁷DPR: digestible protein retention (protein retained/ protein digested, %).

^{abcd}Data in the same row with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

飼糧中添加 T, C 及 R 皆顯著提高蛋白質蓄積率 ($P < 0.05$)。飼糧中添加 C 及 R 提高蛋白質全腸道消化率 ($P < 0.05$)，其中以 C 效果最佳 ($P < 0.05$)。飼糧中添加不同精油對可消化蛋白質蓄積率，則無顯著影響。

飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質迴腸消化率之影響如表 8 所示。飼糧中添加不同精油皆提高總脂肪酸，飽和脂肪酸及 C18:0 之迴腸消化率 ($P < 0.05$)，其中以 C 及 R 效果最佳 ($P < 0.05$)；添加 T, C 及 R 皆顯著提高不飽和脂肪酸、C16:0 及 C18:2 之迴腸消化率 ($P < 0.05$)。飼糧中添加 C 及 R 顯著提高 C18:1 之迴腸消化率 ($P < 0.05$)。飼糧中添加 T, C 及 R 皆顯著提高蛋白質之迴腸消化率 ($P < 0.05$)。

(三) 腸道菌相及 pH 值

飼糧中添加不同精油對肉雞腸道菌相之影響如表 9 所示。飼糧中添加不同精油，對肉雞嗉囊及小腸內容物中乳酸菌落數 (L)、大腸桿菌菌落數 (C) 及乳酸菌及大腸桿菌總菌落數 (L+C) 皆無顯著影響。飼糧中添加 T、O 及 R，皆顯著提高肉雞盲腸內容物中 L ($P < 0.05$)。飼糧中添加不同精油具提高盲腸內容物中乳酸菌/大腸桿菌菌落數 (L/C) 之趨勢 ($P = 0.06$)，對 C 及 L+C 則皆無顯著之影響。飼糧中添加不同精油不影響肉雞嗉囊、小腸及盲腸內容物 pH 值。

表 8. 飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質迴腸消化率 (%) 之影響 (試驗一)

Table 8. Effect of supplementation of different essential oil in diets on fatty acid and protein ileal digestibility (%) in broilers (trial 1)

Item ¹	Control	T	C	O	R	SEM	P-value
TFA ²	89.92 ^a	91.97 ^c	92.77 ^d	90.47 ^b	92.45 ^{cd}	0.11	<0.01
C16: 0	78.02 ^a	84.16 ^b	85.03 ^b	78.78 ^a	84.09 ^b	0.40	<0.01
C18: 0	66.17 ^a	81.81 ^c	86.09 ^d	75.65 ^b	87.32 ^d	0.73	<0.01
C18: 1	88.17 ^a	88.89 ^a	90.47 ^b	88.42 ^a	90.19 ^b	0.29	<0.01
C18: 2	94.50 ^a	95.46 ^b	95.73 ^b	94.65 ^a	95.45 ^b	0.08	<0.01
SFA ³	75.95 ^a	83.75 ^c	85.21 ^c	78.24 ^b	84.65 ^c	0.41	<0.01
USFA ⁴	92.88 ^a	93.71 ^b	94.37 ^c	93.06 ^a	94.11 ^{bc}	0.10	<0.01
PD ⁵	76.75 ^a	78.18 ^b	79.10 ^b	77.20 ^{ab}	78.76 ^b	0.25	<0.01

¹T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

²TFA: total fatty acids (C16: 0+C18: 0+C18: 1+C18: 2).

³SFA: saturated fatty acids (C16: 0+C18: 0).

⁴USFA: unsaturated fatty acids (C18: 1+C18: 2).

⁵PD: protein digestibility (protein digested/protein intake, %).

^{abcd}Data in the same row with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

表 9. 飼糧中添加不同精油對肉雞腸道菌相及 pH 之影響 (試驗一)

Table 9. Effect of supplementation of different essential oil in diets on intestinal microflora and pH in broilers (log CFU/g) (trial 1)

Item ¹	Control	T	C	O	R	SEM	P-value
Crop							
Lactobacilli (L)	8.64	8.46	9.45	8.87	8.11	0.46	0.37
Coliforms (C)	4.50	4.62	4.92	5.42	4.69	0.24	0.44
L/C	1.91	1.67	1.81	1.43	1.70	0.17	0.66
L+C	12.42	8.91	11.88	9.22	11.99	1.07	0.11
pH	5.25	5.44	5.00	5.06	4.85	0.22	0.40
Small intestine							
Lactobacilli (L)	6.70	5.37	6.38	6.17	7.03	0.89	0.31
Coliforms (C)	4.26	4.11	- ²	3.92	3.82	0.84	0.99
L/C	1.52	1.31	-	1.56	1.82	0.22	0.53
L+C	5.88	6.87	6.38	7.03	8.51	1.10	0.60
pH	6.29	6.25	6.21	6.26	6.08	0.09	0.50
Caeca							
Lactobacilli (L)	6.54 ^a	8.84 ^b	8.25 ^{ab}	8.45 ^b	8.27 ^b	0.40	0.01
Coliforms (C)	6.70	6.00	6.47	6.39	6.23	0.38	0.81
L/C	0.95	1.35	1.33	1.34	1.33	0.10	0.06
L+C	13.04	15.84	15.01	14.83	14.66	0.63	0.16
pH	6.51	6.37	6.34	6.31	6.41	0.09	0.58

¹T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

²Not detected.

^{ab}Data in the same row with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

二、 試驗二

(一)生長性能

飼糧中添加不同精油對肉雞生長性能之影響如表 10 所示。飼糧中添加不同精油對肉雞 (day 27-44) 增重、飼料採食量及飼料利用效率無顯著影響。惟飼糧中添加 R 於試驗結束前 5 天時，體重顯著高於對照組 ($P < 0.05$) (圖 9)。

飼糧中添加不同精油，對肉雞每日飼料採食量、累積飼料採食量、平均每日增重、累積增重、平均每日飼料利用效率及累積飼料利用效率，並無影響 (圖 10-15)，但飼糧中添加 R，在數字上有較高的每日飼料採食量、累積飼料採食量、累積增重及累積飼料利用效率。

(二)脂肪酸及蛋白質消化率

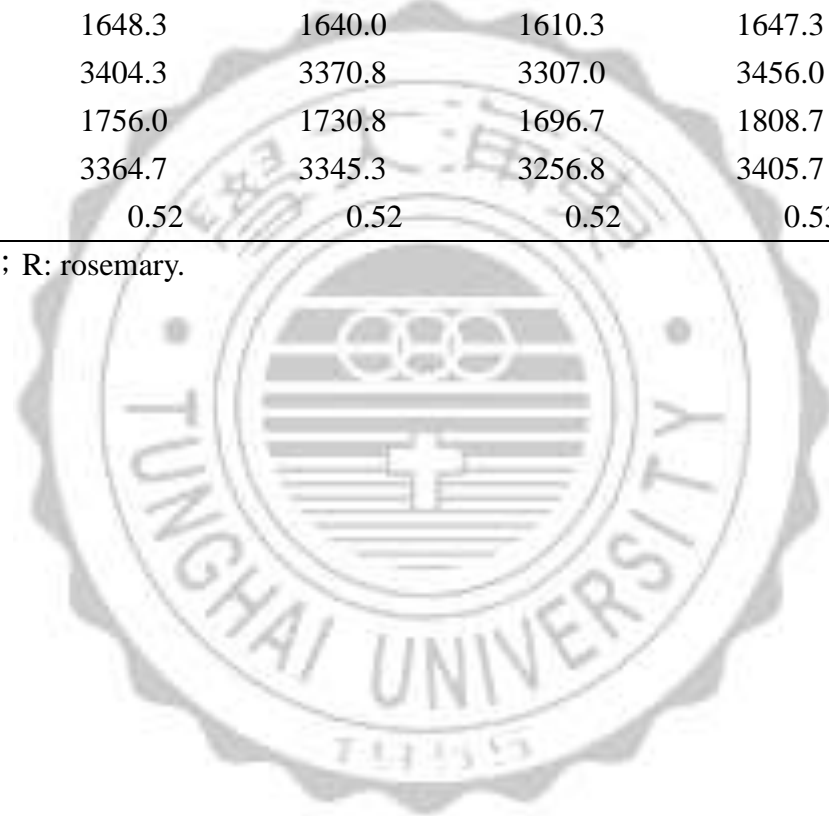
飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質全腸道消化率及蛋白質蓄積率之影響如表 11 所示。飼糧中添加不同精油皆提高總脂肪酸，飽和脂肪酸及 C18:0 之全腸道消化率 ($P < 0.01$)；添加 O 顯著提高 C16:0 之全腸道消化率 ($P < 0.05$)，飼糧中添加 T, C 及 R 皆顯著提高不飽和脂肪酸及 C18:1 之全腸道消化率 ($P < 0.05$)；添加不同精油對 C18:2 之全腸道消化率，則無顯著影響。飼糧中添加 T, C 及 R 皆顯著提高蛋白質蓄積率及蛋白質全腸道消化率 ($P < 0.05$)。飼糧中添加不同精油對可消化蛋白質蓄積率，則無顯著影響。

表 10. 飼糧中添加不同精油對肉雞生長性能 (27-44 日齡) 之影響 (試驗二)

Table 10. Effect of supplementation of different essential oil in diets on growth performance (day 27-44) in broilers (trial 2)

Item ¹	Control	T	C	O	R	SEM	P-value
Initial body weight, g	1634.3	1648.3	1640.0	1610.3	1647.3	17.44	0.55
Final body weight, g	3306.2	3404.3	3370.8	3307.0	3456.0	54.70	0.27
Weight gain, g	1671.8	1756.0	1730.8	1696.7	1808.7	49.64	0.36
Feed intake, g	3283.7	3364.7	3345.3	3256.8	3405.7	65.13	0.50
Gain/feed	0.51	0.52	0.52	0.52	0.53	0.01	0.67

¹T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.



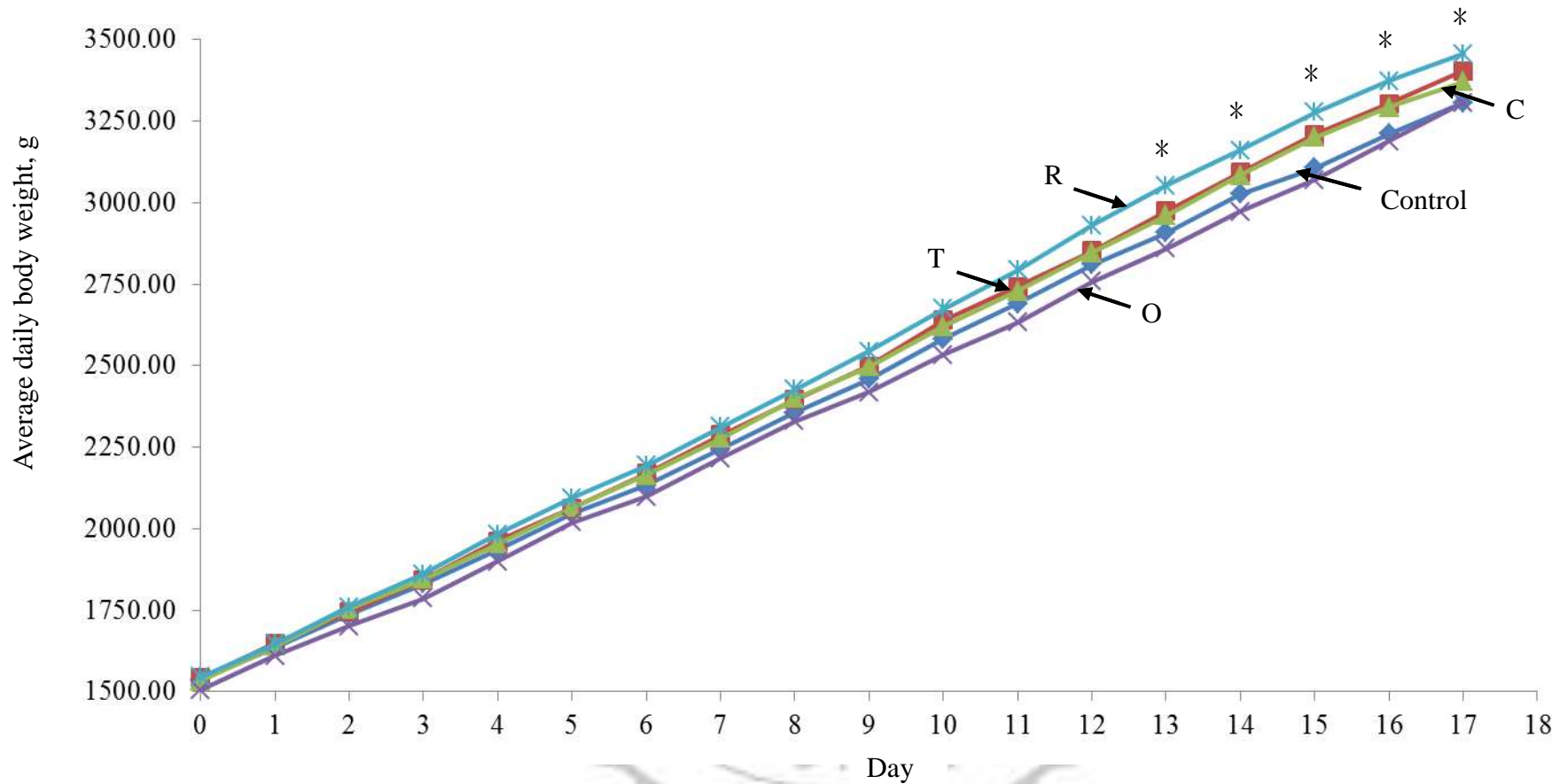


圖 9. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日體重之影響 (試驗二)。

Figure 9. Effect of supplementation of different essential oil in diets on average daily body weight in broilers (trial 2).

Treatment effect : $P = 0.82$ (SEM = 78.47) ; day effect : $P < 0.01$ (SEM = 35.84) ; treatment \times day effect : $P = 0.46$ (SEM = 80.15).

T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

* $P < 0.05$ vs. control.

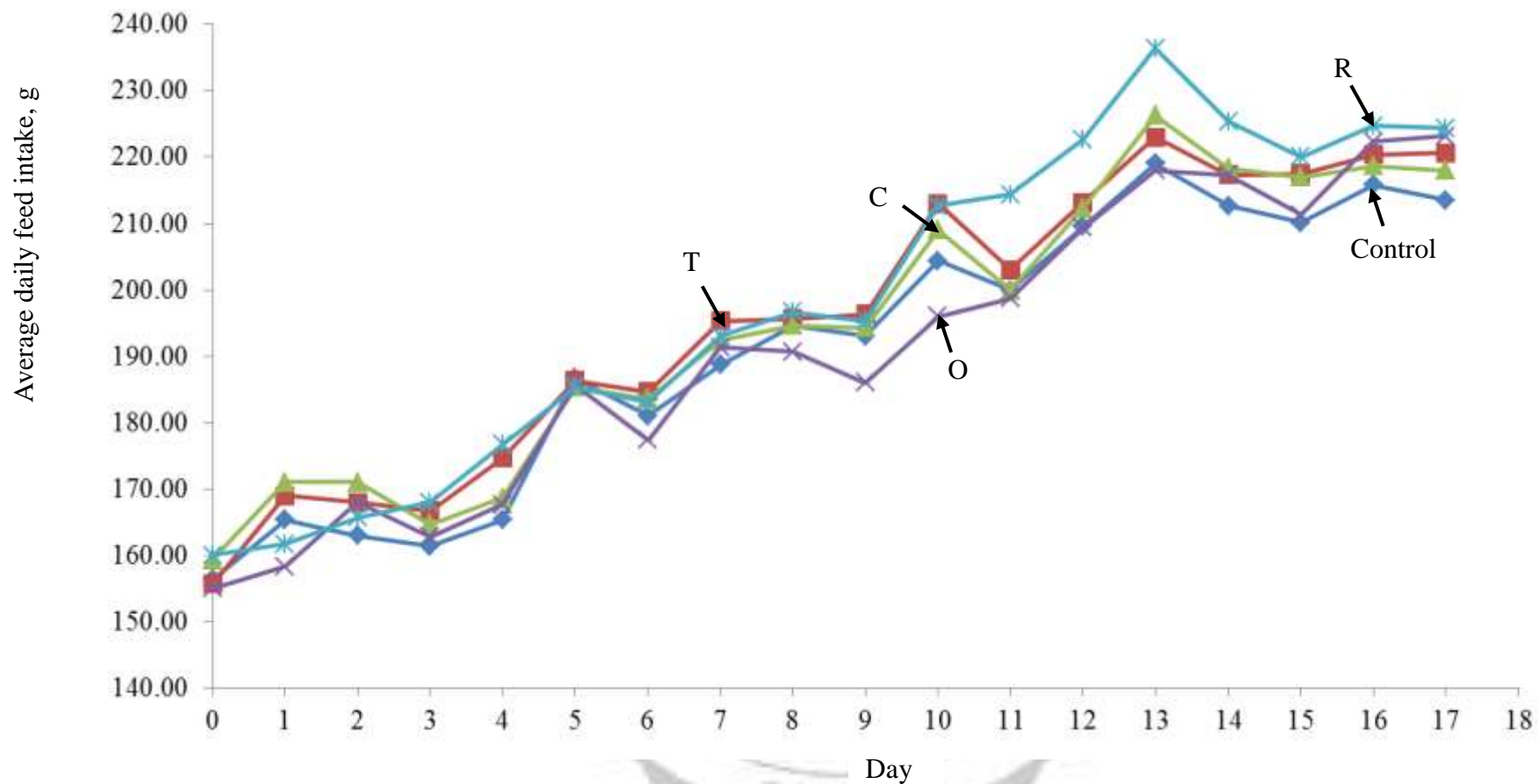


圖 10. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日飼料採食量之影響 (試驗二)。

Figure 10. Effect of supplementation of different essential oil in diets on average daily feed intake in broilers (trial 2).

Treatment effect : $P = 0.83$ (SEM = 5.93) ; day effect : $P < 0.01$ (SEM = 3.38) ; treatment \times day effect : $P = 0.58$ (SEM = 7.57).

T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

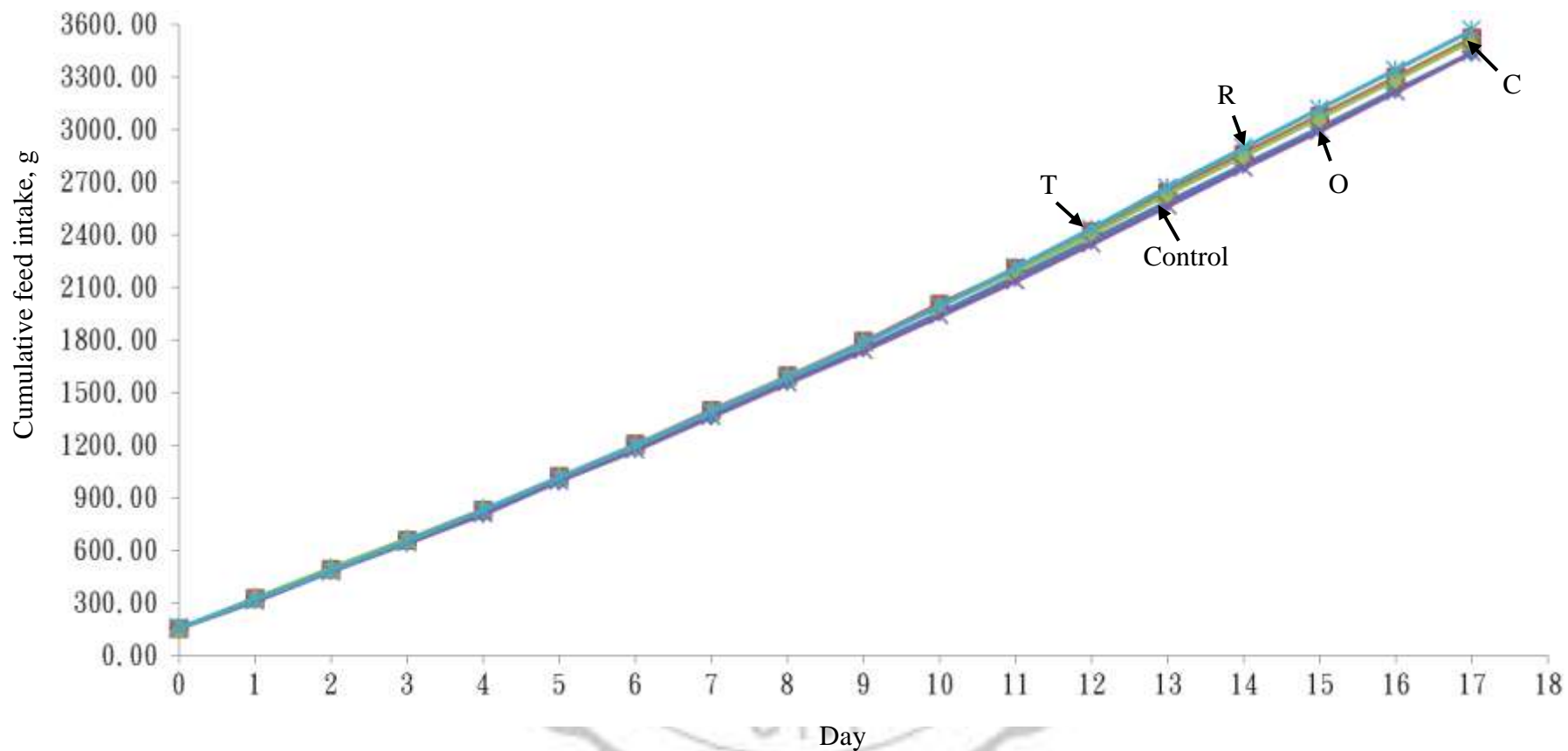


圖 11. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日累積飼料採食量之影響 (試驗二)。

Figure 11. Effect of supplementation of different essential oil in diets on cumulative feed intake in broilers (trial 2).

Treatment effect : $P = 0.86$ (SEM = 6.56) ; day effect : $P < 0.01$ (SEM = 3.06) ; treatment \times day effect : $P = 1.00$ (SEM = 6.84).

T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

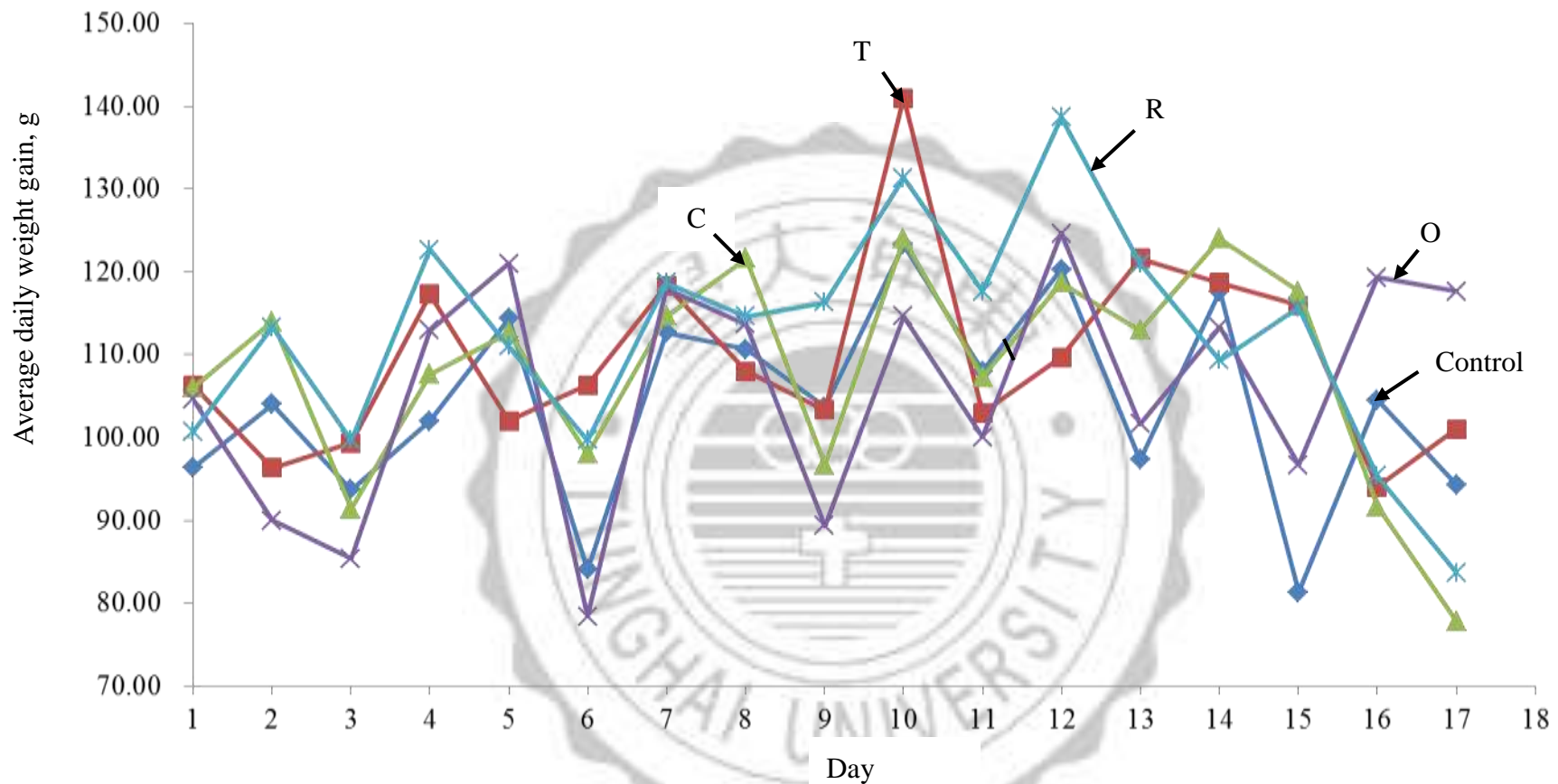


圖 12. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日增重之影響 (試驗二)。

Figure 12. Effect of supplementation of different essential oil in diets on average daily weight gain in broilers (trial 2).

Treatment effect : $P = 0.68$ (SEM = 4.22) ; day effect : $P < 0.01$ (SEM = 4.37) ; treatment \times day effect : $P = 0.35$ (SEM = 9.78).

T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

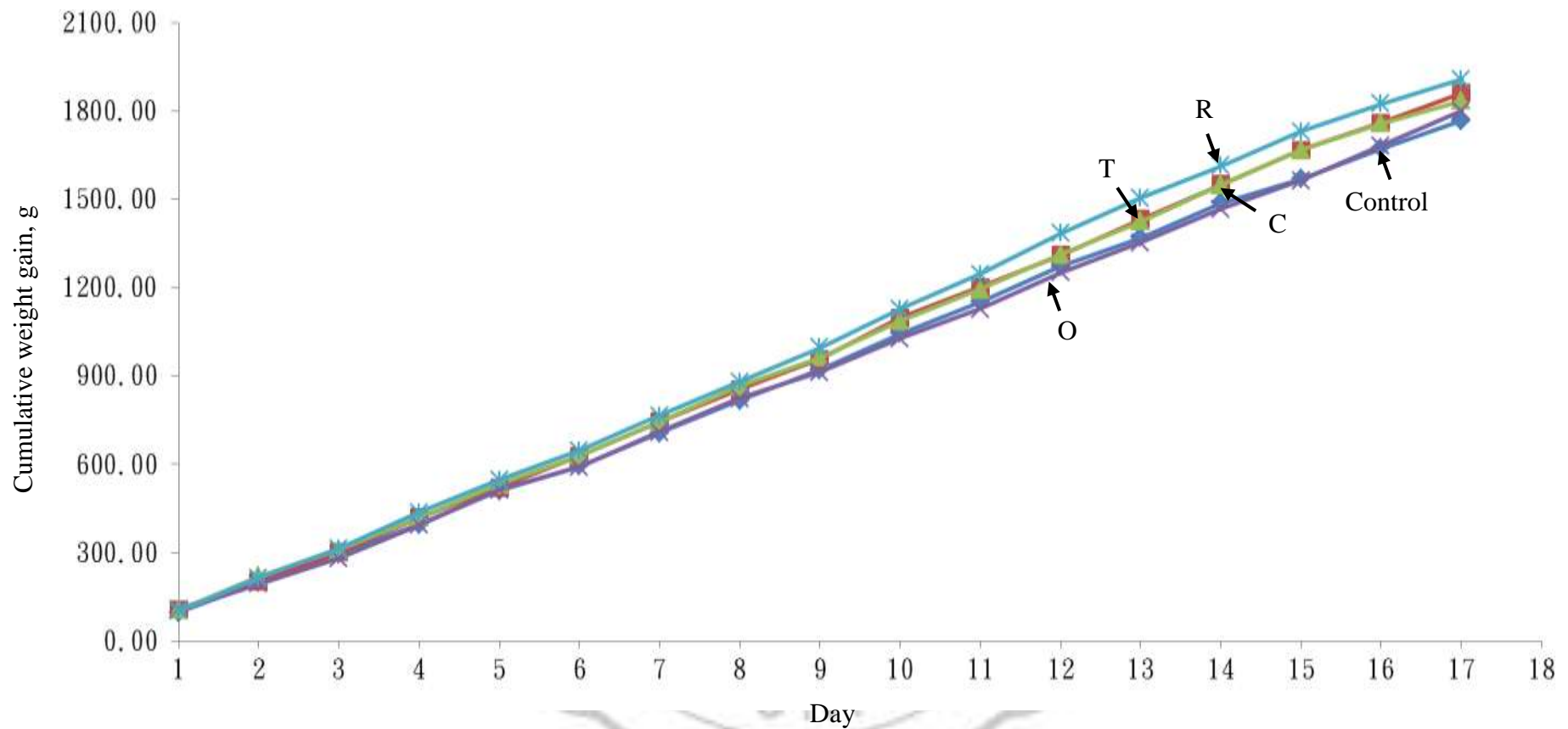


圖 13. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日累積增重之影響 (試驗二)。

Figure 13. Effect of supplementation of different essential oil in diets on cumulative weight gain in broilers (trial 2).

Treatment effect : $P = 0.71$ (SEM = 4.70) ; day effect : $P < 0.01$ (SEM = 2.37) ; treatment \times day effect : $P = 1.00$ (SEM = 5.31).

T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

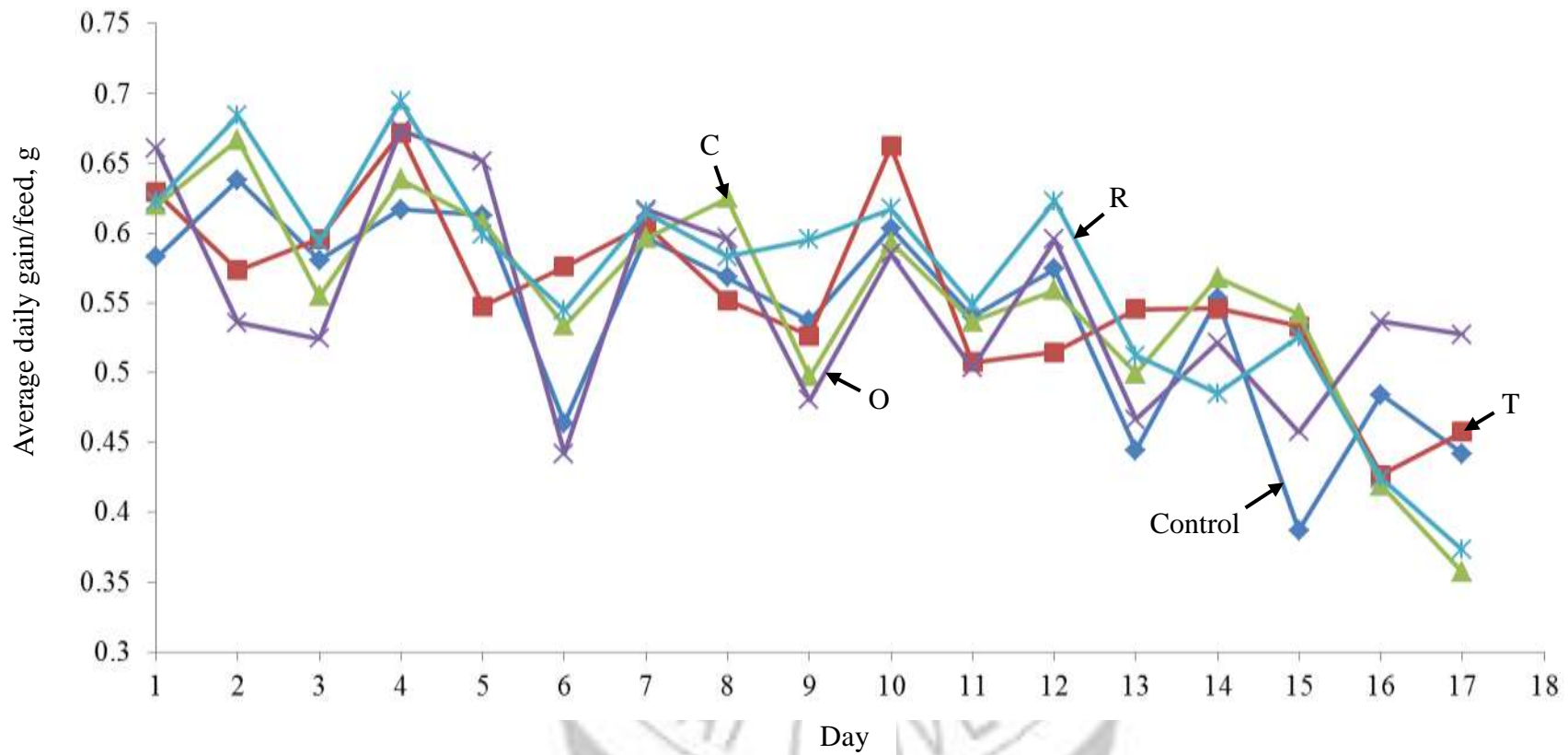


圖 14. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日增重/飼料之影響 (試驗二)。

Figure 14. Effect of supplementation of different essential oil in diets on average daily gain/feed in broilers (trial 2).

Treatment effect : $P = 0.56$ (SEM = 0.01) ; day effect : $P < 0.01$ (SEM = 0.02) ; treatment \times day effect : $P = 0.35$ (SEM = 0.04).

T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

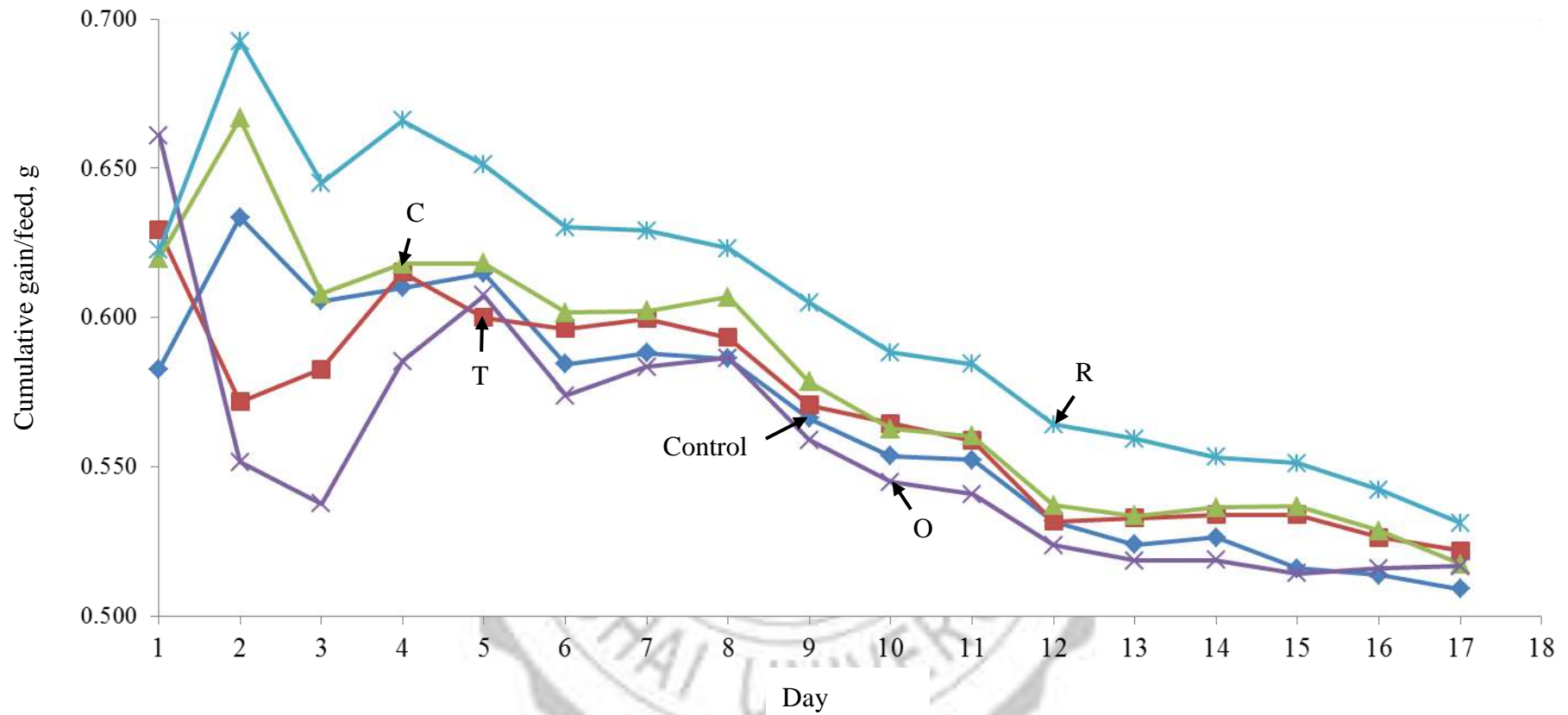


圖 15. 飼糧中添加不同精油對肉雞平均每日累積增重/飼料之影響 (試驗二)。

Figure 15. Effect of supplementation of different essential oil in diets on cumulative gain/feed in broilers (trial 2).

Treatment effect : $P = 0.37$ (SEM = 0.02) ; day effect : $P < 0.01$ (SEM = 0.01) ; treatment \times day effect : $P = 0.93$ (SEM = 0.02).

T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

表 11. 飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質全腸道消化率 (%) 及蛋白質蓄積率(%)之影響 (試驗二)

Table 11. Effect of supplementation of different essential oil in diets on fatty acid and protein total tract digestibility (%) and protein retention (%) in broilers (trial 2)

Item ¹	Control	T	C	O	R	SEM	P-value
TFA ²	92.59 ^a	94.25 ^b	94.50 ^b	93.83 ^b	94.65 ^b	0.23	<0.01
C16: 0	86.55 ^a	88.37 ^{ab}	88.65 ^{ab}	89.27 ^b	88.89 ^{ab}	0.58	0.03
C18: 0	50.91 ^a	58.04 ^b	61.42 ^b	58.61 ^b	62.53 ^b	1.45	<0.01
C18: 1	87.08 ^a	91.54 ^b	91.60 ^b	89.36 ^{ab}	91.86 ^b	0.68	<0.01
C18: 2	99.52	99.47	99.59	99.47	99.59	0.04	0.21
SFA ³	77.32 ^a	80.52 ^b	81.60 ^b	81.33 ^b	82.06 ^b	0.72	<0.01
USFA ⁴	95.74 ^a	97.09 ^b	97.17 ^b	96.41 ^{ab}	97.25 ^b	0.21	<0.01
PR ⁵	58.21 ^a	62.79 ^b	63.13 ^b	61.14 ^{ab}	63.40 ^b	0.71	<0.01
PD ⁶	76.62 ^a	80.09 ^b	80.79 ^b	78.74 ^{ab}	81.36 ^b	0.77	<0.01
DPR ⁷	75.95	78.43	78.15	77.65	77.96	0.75	0.19

¹T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

²TFA: total fatty acids (C16: 0+C18: 0+C18: 1+C18: 2).

³SFA: saturated fatty acids (C16: 0+C18: 0).

⁴USFA: unsaturated fatty acids (C18: 1+C18: 2).

⁵PR: protein retention (protein retained/protein intake, %).

⁶PD: protein digestibility (protein digested/protein intake, %).

⁷DPR: digestible protein retention (protein retained/ protein digested, %).

^{ab}Data in the same row with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質迴腸消化率之影響如表 12 所示。飼糧中不同精油皆提高總脂肪酸，飽和脂肪酸及 C18:0 之迴腸消化率 ($P < 0.01$)，其中以 C 及 R 效果最佳 ($P < 0.05$)。飼糧中添加 T，C 及 R 皆顯著提高不飽和脂肪酸，C16:0 及 C18:1 之迴腸消化率 ($P < 0.01$)。飼糧中添加 T，C 及 R 皆顯著提高蛋白質迴腸消化率 ($P < 0.01$)，其中以 C 效果最佳 ($P < 0.05$)。

(三)腸道菌相及 pH 值

飼糧中添加不同精油對肉雞腸道菌相之影響如表 13 所示。飼糧中添加不同精油對肉雞嗉囊、小腸及盲腸內容物 L、C 及 L+C 皆無顯著影響。飼糧中添加不同精油不影響肉雞嗉囊、小腸及盲腸內容物 pH 值。飼糧中添加不同精油在數字上提高盲腸中 L 及 L/C。

表 12. 飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質迴腸消化率 (%) 之影響 (試驗二)

Table 12. Effect of supplementation of different essential oil in diets on fatty acid and protein ileal digestibility (%) in broilers (trial 2)

Item ¹	Control	T	C	O	R	SEM	P-value
TFA ²	92.33 ^a	93.25 ^b	93.49 ^c	92.84 ^b	93.48 ^c	0.11	<0.01
C16: 0	80.93 ^a	84.72 ^b	84.65 ^b	81.86 ^a	84.38 ^b	0.32	<0.01
C18: 0	82.83 ^a	89.52 ^c	91.39 ^c	87.45 ^b	92.49 ^c	0.40	<0.01
C18: 1	90.85	90.64	91.39	91.25	91.48	0.26	0.15
C18: 2	95.69	96.08	96.04	95.85	95.72	0.13	0.14
SFA ³	81.42 ^a	85.97 ^c	86.40 ^c	83.31 ^b	86.48 ^c	0.30	<0.01
USFA ⁴	94.58	94.75	94.96	94.80	94.91	0.11	0.14
PD ⁵	80.43 ^a	81.99 ^b	83.46 ^c	81.25 ^{ab}	82.84 ^{bc}	0.32	<0.01

¹T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

²TFA: total fatty acids (C16: 0+C18: 0+C18: 1+C18: 2).

³SFA: saturated fatty acids (C16: 0+C18: 0).

⁴USFA: unsaturated fatty acids (C18: 1+C18: 2).

⁵PD: protein digestibility (protein digested/protein intake, %).

^{abc}Data in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

表 13. 飼糧中添加不同精油對肉雞腸道菌相及 pH 之影響 (試驗二)

Table 13. Effect of supplementation of different essential oil in diets on intestinal microflora and pH in broilers (log CFU/g) (trial 2)

Item ¹	Control	T	C	O	R	SEM	P-value
Crop							
Lactobacilli (L)	10.84	10.42	10.42	10.38	11.22	0.28	0.19
Coliforms (C)	5.29	5.62	5.31	5.24	5.04	0.30	0.75
L/C	2.07	1.86	1.99	2.03	2.26	0.13	0.37
L+C	16.14	16.04	15.73	15.62	16.27	0.40	0.76
pH	5.20	5.39	5.29	5.15	5.17	0.10	0.41
Small intestine							
Lactobacilli (L)	7.36	7.89	7.91	7.85	7.63	0.36	0.79
Coliforms (C)	4.45	4.60	4.17	4.48	4.40	0.24	0.78
L/C	1.66	1.73	1.94	1.79	1.77	0.14	0.71
L+C	11.81	12.49	12.09	12.34	12.04	0.39	0.77
pH	6.20	6.24	6.32	6.30	6.20	0.06	0.49
Caeca							
Lactobacilli (L)	9.32	10.29	10.09	10.69	10.64	0.45	0.25
Coliforms (C)	7.58	6.89	6.81	7.53	6.98	0.39	0.49
L/C	1.25	1.50	1.52	1.44	1.54	0.11	0.32
L+C	16.91	17.18	16.90	18.21	17.62	0.56	0.44
pH	6.34	6.33	6.51	6.38	6.43	0.06	0.24

¹T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

三、 試驗一與二合併

因兩試驗飼養期間，雞隻生長速率不一，個體差異大，導致數據變異大，使統計不易達顯著差異。因此，將兩試驗結果合併，每處理重複數由 6 增加至 12，以提高統計力度。

(一)生長性能

飼糧中添加不同精油對肉雞生長性能之影響如表 14 所示。飼糧中添加不同精油對肉雞增重及飼料利用效率無顯著影響，但飼糧中添加 R，在數字上較對照組有較高的增重及飼料採食量。

(二)脂肪酸及蛋白質消化率

飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質全腸道消化率及蛋白質蓄積率之影響如表 15 所示。飼糧中添加不同精油皆提高總脂肪酸，飽和脂肪酸，C18:0 及 C18:1 之全腸道消化率 ($P < 0.01$)；添加 C，O 及 R 顯著提高 C16:0 之全腸道消化率 ($P < 0.05$)。飼糧中添加 T，C 及 R 皆顯著提高不飽和脂肪酸之全腸道消化率 ($P < 0.05$)；添加 C 及 R 皆顯著提高 C18:2 之全腸道消化率 ($P < 0.05$)。飼糧中添加 T，C 及 R 皆顯著提高蛋白質蓄積率及蛋白質全腸道消化率及飼可消化蛋白質蓄積率 ($P < 0.05$)。

表 14. 飼糧中添加不同精油對肉雞生長性能之影響 (試驗一與二合併)

Table 14. Effect of supplementation of different essential oil in diets on growth performance in broilers (trial 1 and 2 combined)

Item ¹	Control	T	C	O	R	SEM	P-value
Initial body weight, g	963.3	977.8	981.2	950.1	985.2	18.17	0.64
Final body weight, g	2195.1	2274.8	2321.1	2192.3	2351.7	56.05	0.18
Weight gain, g	1231.8	1297.1	1339.9	1242.3	1366.5	44.82	0.16
Feed intake, g	2321.1 ^{ab}	2399.7 ^{ab}	2512.2 ^{ab}	2302.3 ^a	2576.5 ^b	64.44	0.02
Gain/feed	0.55	0.55	0.54	0.55	0.53	0.01	0.63

¹T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

^{ab}Data in the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

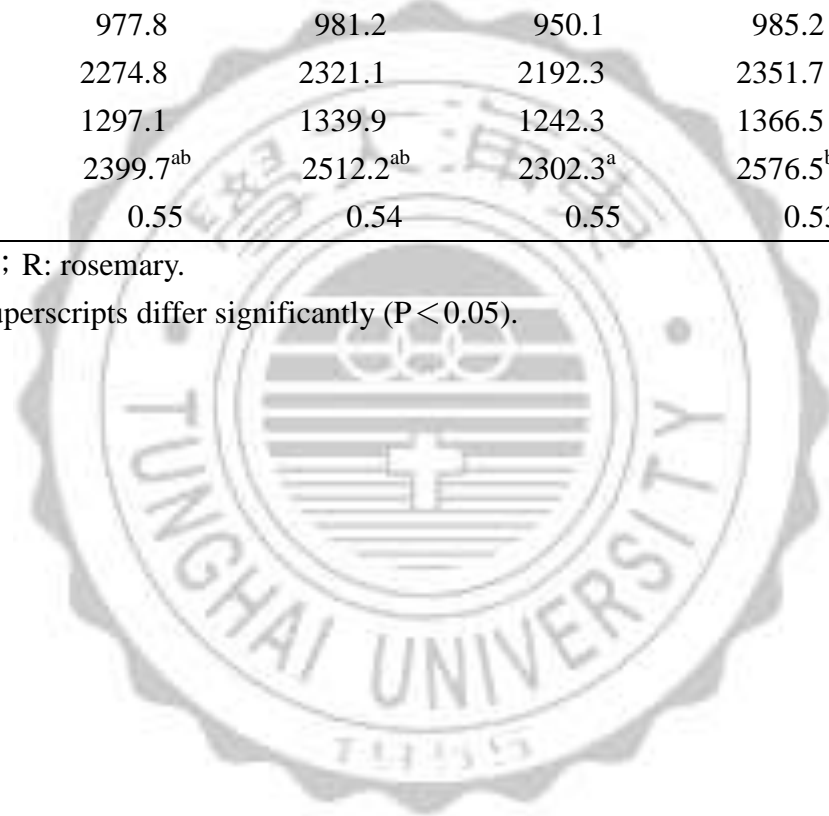


表 15. 飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質全腸道消化率 (%) 及蛋白質蓄積率(%)之影響 (試驗一與二合併)

Table 15. Effect of supplementation of different essential oil in diets on fatty acid and protein total tract digestibility (%) and protein retention (%) in broilers (trial 1 and 2 combined)

Item ¹	Control	T	C	O	R	SEM	P-value
TFA ²	91.72 ^a	93.48 ^c	93.99 ^c	92.60 ^b	93.84 ^c	0.13	<0.01
C16: 0	85.94 ^a	87.69 ^{ab}	88.13 ^b	87.96 ^b	87.96 ^b	0.47	0.01
C18: 0	31.42 ^a	40.43 ^c	48.36 ^d	38.40 ^b	45.55 ^d	1.27	<0.01
C18: 1	85.65 ^a	90.43 ^c	90.87 ^c	87.18 ^b	90.73 ^c	0.43	<0.01
C18: 2	99.48 ^{ab}	99.43 ^{ab}	99.56 ^b	99.38 ^a	99.54 ^b	0.03	<0.01
SFA ³	74.93 ^a	78.16 ^b	80.04 ^b	78.02 ^b	79.45 ^b	0.55	<0.01
USFA ⁴	95.24 ^a	96.69 ^b	96.91 ^b	95.65 ^a	96.85 ^b	0.13	<0.01
PR ⁵	57.33 ^a	62.80 ^b	61.41 ^b	59.15 ^{ab}	61.51 ^b	0.61	<0.01
PD ⁶	76.26 ^a	78.72 ^{bc}	79.61 ^{bc}	77.53 ^{ab}	79.79 ^c	0.55	<0.01
DPR ⁷	75.15 ^a	77.23 ^b	77.11 ^b	76.27 ^{ab}	77.08 ^b	0.53	0.04

¹T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

²TFA: total fatty acids (C16: 0+C18: 0+C18: 1+C18: 2).

³SFA: saturated fatty acids (C16: 0+C18: 0).

⁴USFA: unsaturated fatty acids (C18: 1+C18: 2).

⁵PR: protein retention (protein retained/protein intake, %).

⁶PD: protein digestibility (protein digested/protein intake, %).

⁷DPR: digestible protein retention (protein retained/ protein digested, %).

^{abcd}Data in the same row with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質迴腸消化率之影響如表 16 所示。飼糧中添加不同精油皆提高總脂肪酸，飽和脂肪酸，C16:0 及 C18:0 之迴腸消化率 ($P < 0.01$)。飼糧中添加 T、C 及 R 提高 C18:2 及不飽和脂肪酸迴腸消化率 ($P < 0.05$)。飼糧中添加 C 及 R 提高總脂肪酸、C18:0 及 C18:1 迴腸消化率之效果最佳 ($P < 0.05$)。飼糧中添加 T、C 及 R 皆提高蛋白質之迴腸消化率 ($P < 0.01$)。

(三)腸道菌相及 pH 值

飼糧中添加不同精油對肉雞腸道菌相之影響如表 17 所示。飼糧中添加不同精油，對肉雞嗉囊及小腸內容物中 L、C、L/C 及 L+C 皆無顯著影響。飼糧中添加 T、O 及 R，皆顯著提高肉雞盲腸內容物中 L ($P < 0.05$)。飼糧中添加 C 及 R，提高肉雞盲腸內容物中 L/C ($P < 0.05$)。對 C 及 L+C 則皆無顯著影響。飼糧中添加不同精油不影響肉雞嗉囊、小腸及盲腸內容物 pH 值。

表 16. 飼糧中添加不同精油對肉雞脂肪酸及蛋白質迴腸消化率 (%) 之影響 (試驗一與二合併)

Table 16. Effect of supplementation of different essential oil in diets on fatty acid and protein ileal digestibility (%) in broilers (trial 1 and 2 combined)

Item ¹	Control	T	C	O	R	SEM	P-value
TFA ²	91.13 ^a	92.61 ^c	93.13 ^d	91.65 ^b	92.97 ^d	0.11	<0.01
C16: 0	79.47 ^a	84.44 ^c	84.84 ^c	80.32 ^b	84.23 ^c	0.25	<0.01
C18: 0	74.48 ^a	85.67 ^c	88.74 ^d	81.55 ^b	89.90 ^d	0.41	<0.01
C18: 1	89.51 ^a	89.76 ^a	90.93 ^b	89.84 ^a	90.83 ^b	0.19	<0.01
C18: 2	95.09 ^a	95.77 ^b	95.88 ^b	95.25 ^a	95.59 ^b	0.07	<0.01
SFA ³	78.68 ^a	84.86 ^c	85.80 ^c	80.77 ^b	85.56 ^c	0.25	<0.01
USFA ⁴	93.73 ^a	94.23 ^b	94.66 ^c	93.93 ^a	94.51 ^{bc}	0.07	<0.01
PD ⁵	78.59 ^a	80.09 ^b	81.28 ^c	79.23 ^a	80.80 ^{bc}	0.21	<0.01

¹T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

²TFA: total fatty acids (C16: 0+C18: 0+C18: 1+C18: 2).

³SFA: saturated fatty acids (C16: 0+C18: 0).

⁴USFA: unsaturated fatty acids (C18: 1+C18: 2).

⁵PD: protein digestibility (protein digested/protein intake, %).

^{abcd}Data in the same row with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

表 17. 飼糧中添加不同精油對肉雞腸道菌相及 pH 之影響 (試驗一與二合併)

Table 17. Effect of supplementation of different essential oil in diets on intestinal microflora and pH in broilers (log CFU/g) (trial 1 and 2 combined)

Item ¹	Control	T	C	O	R	SEM	P-value
Crop							
Lactobacilli (L)	9.77	9.48	9.96	9.65	9.70	0.28	0.81
Coliforms (C)	4.85	5.04	5.12	5.34	4.85	0.19	0.51
L/C	2.02	1.85	1.93	1.77	2.00	0.10	0.52
L+C	14.62	12.81	13.82	13.32	14.15	0.58	0.22
pH	5.22	5.42	5.15	5.10	5.01	0.12	0.17
Small intestine							
Lactobacilli (L)	7.23	7.11	7.15	7.02	7.33	0.48	0.93
Coliforms (C)	4.27	4.60	4.10	4.80	4.38	0.26	0.61
L/C	1.43	1.52	1.64	1.47	1.70	0.18	0.60
L+C	12.70	12.02	10.78	11.66	11.80	0.60	0.29
pH	6.24	6.24	6.26	6.28	6.14	0.05	0.40
Caeca							
Lactobacilli (L)	7.93 ^a	9.51 ^b	9.17 ^{ab}	9.57 ^b	9.45 ^b	0.31	<0.01
Coliforms (C)	7.16	6.58	6.51	6.96	6.53	0.27	0.37
L/C	1.10 ^a	1.42 ^{ab}	1.45 ^b	1.39 ^{ab}	1.45 ^b	0.07	<0.01
L+C	14.52	13.83	14.14	16.52	15.48	0.69	0.06
pH	6.43	6.35	6.43	6.34	6.42	0.05	0.62

¹T: thyme ; C: cinnamon ; O: oregano ; R: rosemary.

^{ab}Data in the same row with different superscripts differ significantly (P < 0.05).

討論

試驗一及二中，於飼糧中添加不同種類精油，皆不影響肉雞全期增重及飼料利用效率，但試驗一中，飼糧中添加 C 及 R 提高飼料採食量，而試驗二中，添加 R 提高試驗結束前 5 天肉雞體重，在數字上，也提高飼料採食量、增重及增重/飼料。以上結果顯示，飼糧中添加 R 促進肉雞生長性能之效果最佳。試驗一及二合併後顯示，飼糧中添加 R，在數字上，提高飼料採食量及增重。

精油可改變飼料風味，刺激仔豬離乳後食慾 (Anonymous, 1998)。Alkassie (2009) 於飼糧中添加百里香及肉桂精油，提高肉雞增重、飼料採食量及飼料利用效率。Mathlouthi *et al.* (2012) 於飼糧中添加迷迭香及牛至精油，提高肉雞增重及飼料利用效率。Bravo *et al.* (2014) 於飼糧中添加 Carvacrol、Cinnamaldehyde 及 Capsicum 混合精油，提高肉雞增重及飼料利用效率。Hernandez *et al.* (2004) 則指出，於飼養條件較理想之環境，飼糧中添加精油及抗生素皆無法顯著改善肉雞增重、飼料採食量及飼料利用效率。飼糧中精油之種類及添加量，雞隻生理狀態及環境因素，可能影響精油之效果。

試驗一中，飼糧中添加 C 及 R，由試驗開始至結束，皆提高每日飼料採食量 (圖 7)，顯示肉雞可能喜愛 C 及 R 之風味，味覺有其重要性。

惟試驗二中，飼糧中添加 R，僅在試驗後期，才提高飼料採食量（圖 10 及 11），顯示味覺並不重要。試驗一及二之結果，並不一致，尚待進一步研究。Hernandez *et al.* (2014) 及 Alkassie (2009) 指出，飼糧中添加 EO，提高肉雞飼料採食量。Mathlouthi *et al.* (2012)、Bravo *et al.* (2014) 及 Zhu *et al.* (2014) 則指出，飼糧中添加精油對肉雞之飼料採食量並無影響，此現象應為肉雞之味覺較不發達所導致。Moran (1982) 曾提出家禽味覺與豬相比並不敏銳，飼料風味不易影響雞隻飼料採食量。

試驗一中，飼糧中添加 C 及 R，提高蛋白質全腸道及迴腸消化率；試驗二中，飼糧中添加 T，C 及 R，提高蛋白質全腸道及迴腸消化率。試驗一及二中，飼糧中添加 T，C 及 R 皆提高蛋白質蓄積率。試驗一及二合併後顯示，飼糧中添加 T，C 及 R，提高蛋白質全腸道及迴腸消化率，且皆提高蛋白質蓄積率，顯示精油之效果，除了促進蛋白質的吸收，對吸收後蛋白質在體內的代謝亦有影響。

Haselmeyer *et al.* (2015) 指出，飼糧中 T 很快會被肉雞腸道吸收，進入血液後很快被代謝掉，而很少在組織中蓄積。Bravo *et al.* (2014) 發現，飼糧中添加精油提高能量吸收後在肉雞體內之利用效率，但對蛋白質蓄積率並無影響。至於精油為何促進蛋白質在體內在體內代謝之原因是否因其抗氧化作用，提高體內細胞功能有關，有待進一步研

究。

Lee *et al.* (2003) 及 Jang *et al.* (2004) 發現，飼糧中添加精油，提高肉雞胰蛋白酶活性，因而提高蛋白質被水解成小分子肽，進而提高蛋白質消化率。Glatzel (1968) 指出，精油能促進唾液及胃液分泌，而幫助消化。

本研究試驗一及二一致地發現，飼糧中添加不同種類精油皆提高脂肪酸全腸道及迴腸消化率。Hernandez *et al.* (2004) 發現，飼糧中添加精油提高肉雞脂肪之全腸道及迴腸消化率。精油提高脂肪酸消化率可能原因有二：Krogdahl (1985) 發現，腸道菌群能夠水解膽鹽，而降低脂肪消化。精油透過抑菌及殺菌作用，減少膽鹽水解為其原因之一。Platel and Srinivasan (2000) 則提出，精油可刺激動物消化酶及膽汁的分泌，為其原因之二。

試驗一中，於飼糧中添加 T，O 及 R，提高盲腸 L，且飼糧中添加不同種類精油，皆有提高 L/C 之趨勢 ($P=0.06$)。試驗二中，則精油在數字上有提高腸道 L/C 之現象。試驗一及二合併後顯示，於飼糧中添加 T，O 及 R，盲腸 L 較高，且飼糧中添加 C 及 R，皆提高盲腸 L/C ($P<0.05$)。此結果與 Sadek *et al.* (2014) 所得結果相符，他們於肉雞飼糧中添加 150 及 300 ppm 百里香精油，對盲腸內容物大腸桿菌菌落數無影響，但皆提高乳酸菌菌落數，因而改善腸道菌相。Betancourt

et al. (2012, 2014) 發現，精油對病原菌之抑制效果要大於對有益菌者。*Si et al.* (2006) 亦發現相似結果。

Burt (2004) 指出，精油具有抗菌成分，如香芹酚 (carvacrol)、百里酚 (thymol)、丁子香酚 (eugenol)、肉桂醛 (cinnamaldehyde) 及肉桂酸 (cinnamic acid) 等。Jang *et al.* (2007) 指出，於肉雞飼糧中添加精油，具降低迴盲腸內容物大腸桿菌菌落數之趨勢，但並不影響乳酸菌菌落數。Tiihonen *et al.* (2010) 指出，於肉雞飼糧中添加百里香酚及肉桂醛混合精油，降低肉雞盲腸內容物沙門氏菌，並提高乳酸菌落數及大腸桿菌菌落數比。Hammer *et al.* (1999) 發現，多數精油皆對大腸桿菌、沙門氏菌及金黃色葡萄球菌具有抑制的效果，部分精油亦對李斯特菌有抑制的作用。Lambert *et al.* (2001) 及 Burt (2004) 指出，精油中之萜類化合物可破壞細胞結構，改變細胞膜穿透性，造成膜上蛋白質及脂質流失，導致細菌死亡。本研究中雞飼養於代謝架上，導致飼養環境過於乾淨，腸道中大腸桿菌菌落數偏低，腸道菌相改善空間較小，但精油仍表現出改善腸道菌相之現象。

以上結果顯示，飼糧中添加精油可改善腸道菌相，提高營養分消化率及利用率。改善腸道菌相可能減少腸毒素 (endotoxin) 之產生及降低腸道發炎，增進腸道功能，而提高肉雞對營養分之消化能力 (Ulevitch and Tobias, 1999)。

結論

飼糧中添加精油抑制肉雞腸道大腸桿菌、改善腸道菌相、提高營養分消化率，其中以 C 及 R 之效果最佳。飼糧中添加 R，在數字上提高肉雞每日飼料採食量。



參考文獻

- 李惠蓮。2001。省產花青菜之抗氧化性研究。大葉大學碩士論文，彰化縣。
- 李德南、呂効儒、陳保基及楊天樹。2012。比較不同 SAS 程序分析動物試驗重複測量資料之差異。中畜會誌 41:177-186。
- 林志勳。2010。益生菌、維生素、植生素。畜牧要覽飼料與營養篇。睿煜出版社，屏東縣。
- 姜樹興編著。2009。動物營養學原理。華香園出版社，台北市。
- 溫佑君。精油圖鑑。2003。商周出版社，台北市。
- 廖志中、黃元照。2008。精油與抗氧化作用。林業研究專訊 15 (3) : 19-26.
- 蘇裕昌、何振隆。2008。精油的化學。林業研究專訊 15 (3) :1-5.
- Adibmoradi, M., B. Navidshad, J. Seifdavati and M. Royan. 2006. Effect of dietary garlic meal on histological structure of small intestine in broiler chickens. J. Poult. Sci. 43:378-383.
- Alali, W. Q., C. L. Hofacre , G. F. Mathis and G. Faltys. 2013. Effect of essential oil compound on shedding and colonization of Salmonella enterica serovar Heidelberg in broilers. Poult. Sci. 92:836-841.
- Alkassie, G. 2009. Influence of two plant extracts derived from thyme

- and cinnamon on broiler performance. *Pak. Vet. J.* 29:169-173.
- Allen, P. C., J. Lydon and H. D. Danforth. 1997. Effects of components of *Artemisia annua* on coccidian infections in chickens. *Poult. Sci.* 76: 1156-1163.
- Amal, O. A., A. M. Mukhtar, K. A. Mohamed and A. H. Ahlam. 2013. Use of halfa bar essential oil (HBO) as a natural growth promoter in broiler nutrition. *Int. J. Poult. Sci.* 12:15-18.
- Anderson, D. B., V. J. McCracken, R. I. Aminov, J. M. Simpson, R. I. Mackie, M. W. A. Verstegen and H. R. Gaskins. 1999. Gut microbiology and growth-promoting antibiotics in swine. *Pig News Inform.* 20:115N-122N.
- Anonymous, 1998. Feed additives: the added value to feed. NEFATO vereniging van Nederlandsefabrikanten van voedertoevoegingen. Aalsmeer.
- Austgulen, L.-T., E. Solheim and R. R. Scheline. 1987. Metabolism in rats of D-cymene derivatives: carvacrol and thymol. *Pharm. Toxicol.* 61:98-102.
- A.O. A.C. 1984. Official Methods of Analysis (14th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

- Bager, F., M. Madsen, J. Christensen and F. M. Aarestrup. 1997. Avoparcin used as a growth promoter is associated with the occurrence of vancomycin-resistant *Enterococcus faecium* on Danish poultry and pig farms. *Prev. Vet. Med.* 31:95-112.
- Bassett, R. 2000. Oregano's positive impact on poultry production. *World Poult. Sci. J.* 16:31-34.
- Betancourt, L., V. Phandanouvong, R. Patiño, C. Ariza-Nieto and G. Afanador-Téllez. 2012. Composition and bactericidal activity against beneficial and pathogenic bacteria of oregano essential oils from four chemotypes of *Origanum* and *Lippia* genus. *Rev. Med. Vet. Zoot.* 59:21-31.
- Betancourt, L., F. Rodriguez, V. Phandanouvong, C. Ariza-Nieto, M. Hume, D. Nisbet and A. Nalian. 2014. Effect of *Origanum* chemotypes on broiler intestinal bacteria. *Poult. Sci.* 93: 2526-2535.
- Bhat, B.G. and N. Chandrasekhara. 1987. Effect of black pepper and piperine on bile secretion and composition in rats. *Nahrung* 31:913-916.
- Bhat, B. G., M. R. Srinivasan and N. Chandrasekhara. 1984. Influence of curcumin and capsaicin on the composition and secretion of bile in

- rats. *J. Food Sci. Tech.* 21:225-227.
- Botsoglou, N. A., P. Florou-Paneri, E. Christaki, D. J. Fletouris and A. B. Spais. 2002. Effect of dietary oregano essential oil on performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast thigh and abdominal fat tissues. *Br. Poult. Sci.* 43:223-230.
- Bravo, D., V. Pirgozliev and S. P. Rose. 2014. A mixture of carvacrol, cinnamaldehyde, and capsicum oleoresin improves energy utilization and growth performance of broiler chickens fed maize-based diet. *J. Anim. Sci.* 92:1531-1536.
- Buratti, S., N. Pellegrini, O. V. Brenna and S. Mannino. 2001. Rapid electrochemical method for the evaluation of the antioxidant power of some lipophilic food extracts. *J. Agric. Food. Chem.* 49:5136-5141.
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *Int. J. Food. Microbiol.* 94:223-253.
- Charai, M., M. Mosaddak and M. Faid. 1996. Chemical composition and antimicrobial activities of two aromatic plants: *Origanum majorana* L. and *O. compactum* Benth. *J. Essent. Oil Res.* 8:657-664.
- Cosentino, S., C. I. G. Tuberoso, B. Pisano, M. Satta, V. Mascia,

- E. Arzedi and F. Palmas. 1999. In vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian Thymus essential oils. *Lett. Appl. Microbiol.* 29:130-135.
- Cuppett, S. L. and C. A. Hall. 1988. Antioxidant activity of labiatae. *Adv. Food Nutr. Res.* 42:245-271.
- Daferera, D. J., B. N. Ziogas and M. G. Polissiou. 2000. GC-MS analysis of essential oils from some Greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. *J. Agr. Food. Chem.* 48:2576-2581.
- Daferera, D. J., B. N. Ziogas and M.G. Polissiou. 2003. The effectiveness of plant essential oils in the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium sp.* and *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Crop. Prot.* 22:39-44.
- Demetzos, C. and D. K. Perdetzoglou. 2001. Composition and antimicrobial studies of the oils of *Origanum calcaratum* Juss. and *O. scabrum* Boiss. et Heldr. from Greece. *J. Essent. Oil Res.* 13:460-462.
- Dibner, J. J. and J. D. Richards. 2005. Antibiotic growth promoters in agriculture: History and mode of action. *Poult. Sci.* 84:634-643.

- Florou-Paneri, P., G. Palatos, A. Govaris, D. Botsoglou, I. Giannens and I. Ambrosiadis. 2005. Oregano herb versus oregano essential oil as feed supplements to increase the stability of turkey meat. *Int. J. Poult. Sci.* 11:866-871.
- Franz, C. and J. Novak. 2010. Production of essential oils. *Essent. Oil.* 3:39-82.
- Gentle, M. J. and C. Harkin. 1979. The effect of sweet stimuli on oral behaviour in the chicken. *Chem. Senses Flavour.* 4:183-190.
- Graefe and M. Veit, 2000. Bioavailability and pharmacokinetics of natural volatile terpenes in animals and humans. *Planta Medica.* 66:495-505.
- Greko, C. 2001. Safety aspects on non-use of antimicrobials as growth promoters. In: A. Piva, K. E. Bach Knudsen and J. E. Lindberg (Ed.) *Gut Environment of Pigs.* pp. 219-230. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- Gustafson, R. H. and R. E. Bowen. 1997. Antibiotic use in animal agriculture. *J. Appl. Microbiol.* 83:531-541.
- Hagan, E. C., W. H. Hansen, O. G. Fitzhugh, P. M. Jenner, W. I. Jones, J.M. Taylor, E. L. Long, A. A. Nelson and J. B. Brouwer. 1967. Food

flavourings and compounds of related structure. II. Subacute and chronic toxicity. *Food. Cosm. Toxicol.* 5:141-157.

Hammer, K.A., C. F. Carson and T.V. Riley. 1999. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *J. Appl. Microb.* 86:985-990.

Haselmeyer, A ., J. Zentek and R, Chizzola. 2015. Effects of thyme as a feed additive in broiler chickens on thymol in gut contents, blood plasma, liver and muscle. *J. Sci. Food Agric.* 95: 504-508.

Hernandez, F., J. Madrid, V. Garca, J. Orengo and M. D. Megas. 2004. Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. *Poult. Sci.* 83:169-174.

Heuer, O. E., A. M. Hammerum, P. Collignon and H. C. Wegener. 2006. Human health hazard from antimicrobial resistant enterococci in animals and food. *Clin. Inf. Dis.* 43:911-916.

Hyden, M. 2000. Protected acid additives. *Feed Int.* 7:14-16.

Jang, I. S., Y. H. Ko, H. Y. Yang, J. S. Ha, J. Y. Kim, S. Y. Kang, D. H. Yoo, D. S. Nam, D. H. Kim and C. Y. Lee. 2004. Influence of essential oil components on growth performance and the functional activity of the pancreas and small intestine in broiler chickens. *Asian*

- australas. *J. Anim. Sci.* 17:394-400.
- Jang, I. S., Y. H. Ko, S. Y. Kang and C. Y. Lee. 2007. Effect of a commercial essential oil on growth performance digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 134:304-315.
- Jenner, P. M., E. C. Hagan, J.M. Taylor, E.L. Cook and O.G. Fitzhugh. 1964. Food flavorings and compounds of related structure. I. Acute oral toxicity. *Food. Cosm. Toxicol.* 2:327-343.
- Jin, L. Z., Y. W. Ho, N. Abdullah and S. Jalaludin. 1998. Acid and bile tolerance of *Lactobacillus* isolated from chicken intestine. *Lett. Appl. Microbiol.* 27:183-185.
- Juliano, C., A. Mattana and M. Usai. 2000. Composition and in vitro antimicrobial activity of the essential oil of *Thymus herba-barona* Loisel growing wild in Sardinia. *J. Essent. Oil Res.* 12:516 -522.
- Kalemba, D. and A. Kunicha. 2003. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Curr. Med. Chem.* 10:813-829.
- Kamel, C., P. C. Garnsworthy and J. Wiseman. 2001. Tracing modes of action and the roles of plant extracts in non-ruminants. *Rec. Adv. Anim Nutr.* 135-150.

- Khajareern, J. and Khajareern, S. 2002. The efficacy of origanum essential oils in sow feed. *Int. Pig Topics*. 17:17.
- Kittss, D. 1997. An evaluation of the multiple effects of antioxidant vitamins. *Trends Food Sci. Tech*. 8:198-203.
- Kohlert, C., I. Van Rensen, R. März, G. Schindler, E. U.
- Kokkini, S., R. Karousou, A. Dardioti, N. Krigas and T.Lanaras. 1997. Autumn essential oils of Greek oregano. *Phytochem*. 44:883-886.
- Krogdahl, A. 1985. Digestion and absorption of lipids in poultry. *J. Nutr*. 115:675-685.
- Lambert, R. J. W., P. N. Skandamis, P. J. Coote and G. J. E. Nychas. 2001. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *J. Appl. Microbiol*. 91:453-462.
- Lallès, J. P., P. Bossi, P. Janczyk, S. J. Koopmans and D. Torrallardona. 2009. Impact of bioactive substances on the gastrointestinal tract and performance of weaned piglets: a review. *Animal* 3:1625-1643.
- Lawrence, B. M. 1984. The botanical and chemical aspects of oregano. *Perfum. Flavor* 9:41-51.
- Langhout, P. 2000. New additives for broiler chickens. *World poultr. Sci*.

J. 16:22-27.

Lee, K. W., H. Everts , H. J. Kappert, M. Frehner, R. Losa and A.C. Beynen. 2003. Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 3:450-457.

Lee, K. W., H. Everts and A. C. Beynen. 2004. Essential oils in broiler nutrition. *Int. J. Poult. Sci.* 3:738-752.

Leistner, L. 1978. Hurdle effect and energy saving. In: Downey, W. K. (Ed.), *Food Quality and Nutrition*. Appl. Sci. Publ. London. p. 553.

Marino, M., C. Bersani and G. Comi. 1999. Antimicrobial activity of the essential oils of *Thymus vulgaris* L. measured using a bioimpedometric method. *J. Food. Prot.* 62:1017-1023.

Marino, M., C. Bersani and G. Comi. 2001. Impedance measurements to study the antimicrobial activity of essential oils from Lamiacea and Compositae. *Int. J. Food Microbiol.* 67:187-195.

Marquardt, R. R. 1983. A simple spectrophotometric method for the direct determination of uric acid in avian excreta. *Poult. Sci.* 62:2106-2108.

Mathlouthi, N., T. Bouzaienne, I. Oueslati, F. Recoquillay, M. Hamdi, M. Urdaci and R. Bergaoui. 2012. Use of rosemary, oregano, and a

commercial blend of essential oils in broiler chickens: in vitro antimicrobial activities and effects on growth performance. *J. Anim. Sci.* 90:813-23.

McGimpsey, J. A., M. H. Douglas, J. L. Van Klink, D. A. Beauregard and N. B. Perry. 1994. Seasonal variation in essential oil yield and composition from naturalized *Thymus vulgaris* L. in New Zealand. *Flavour Frag. J.* 9:347-352.

Mellor, S. 2000. Antibiotics are not the only growth promoters. *World Poult. Sci. J.* 16:14-15.

Moran, E. T. J. 1982. Comparative nutrition of fowl and swine. The gastrointestinal systems. University of Guelph. Ontario. Canada.

Mukhtar, A. M. 2011. The effect of feeding clove oil on broiler performance. *Austr. J. Basic Sci.* 5:49-51.

NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.

Periago, P. M., A. Palop and P. S. Fernandez. 2001. Combined effect of nisin, carvacrol and thymol on the viability of *Bacillus cereus* heat-treated vegetative cells. *Food. Sci. Tec. Int.* 7:487-492.

Peters, M.M.C.G. and J. Caldwell. 1994. Studies on tans-

- cinnamaldehyde. 1. The influence of dose size and sex on its disposition in the rat and mouse. *Food. Chem. Toxicol.* 32:869-876.
- Phillips, I., M. Casewell, T. Cox, B. De Groot, C. Friis, R. Jones, C. Nightingale, R. Preston and J. Waddell. 2004. Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? A critical review of published data. *J. Antimicrob. Chemother.* 53:28-52.
- Pintore, G., M. Usai, P. Bradesi, C. Juliano, G. Boatto, F. Tomi, M. Chessa, R. Cerri and J. Casanova. 2002. Chemical composition and antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis* L. oils from Sardinia and Corsica. *Flavour Frag. J.* 17:15-19.
- Piva A., V. Pizzamiglio, M. Morlacchini, M. Tedeschi and G. Piva. 2007. Lipid microencapsulation allows slow release of organic acids and natural identical flavors along the swine intestine. *J. Anim. Sci.* 85:486-493.
- Platel, K. and K. Srinivasan. 2000. Influence of dietary spices and their active principles on pancreatic digestive enzymes in albino rats. *Nahrung* 44:42-46.
- Platel, K. and K. Srinivasan. 2004. Digestive stimulant action of spices. *Indian J. Med. Res.* 119:167-179.

- Pradeep, K. U. and P. Geervani. 1994. Influence of spices on protein utilization of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) and horsegram (*Dolichos biflorus*). *Plant Food. Hum. Nutr.* 46:187-193.
- Pradeep, K.U., P. Geervani and B. O. Eggum. 1991. Influence of spices on utilization of sorghum and chickpea protein. *Plant Food. Hum. Nutr.* 41:269-276.
- Prudent, D., F. Perineau, J. M. Bessiere, G. M. Michel and J. C. Baccou. 1995. Analysis of the essential oil of wild oregano from Martinique (*Coleus aromaticus* Benth.)-evaluation of its bacteriostatic and fungistatic properties. *J. Essent. Oil Res.* 7:165-173.
- Roofchae, A., M. Irani, M. A. Ebrahimzadeh and M. R. Akbari. 2011. Effect of dietary oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil on growth performance, cecal microflora and serum antioxidant activity of broiler chickens. *Afr. J. Biotechnol.* 10:6177-6183.
- Russo, M., G. C. Galletti, P. Bocchini and A. Carnacini. 1998. Essential oil chemical composition of wild populations of Italian oregano spice (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietswaart): A preliminary evaluation of their use in chemotaxonomy by cluster analysis: 1. Inflorescences. *J. Agr. Food. Chem.* 46:3741-3746.

- Sadek, K. M., H. A. Ahmed, M. Ayoub and M. Elsabagh. 2014. Evaluation of Digestarom and thyme as phytogenic feed additives for broilerChickens. *Europ. Poult. Sci.* 78:1-12.
- Sallam, K. H. I., M. Ishioroshi and K. Samejima. 2004. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage. *Food Sci. Tech.* 37:849-855.
- SAS, 2000. SAS User' s Guide: Statistical, SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA.
- Sambaiah, K. and K. Srinivasan. 1991. Secretion and composition of bile in rats fed diets containing spices. *J. Food Sci. Tech.* 28:35-38.
- Short, F. J., P. Gorton, J. Wiseman, and K. N. Boorman. 1996. Determination of titanium dioxide added as an inert marker in chicken digestibility studies. *Anim. Feed Sci. Tech.* 59:215-221.
- Si, W. J. Gong, R. Tsao, T. Zhou, H. Yu, C. Poppe, R. Johnson and Z. Du. 2006. Antimicrobial activity of essential oils and structurally related synthetic food additives towards selected pathogenic and beneficial gut bacteria. *J. Appl. Microbiol.* 100:296-305.
- Sivropoulou, A., E. Papanikolaou, C. Nikolaou and S. Kokkini. 1996. Antimicrobial and cytotoxic activities of *Origanum* essential oils. *J.*

Agric. Food. Chem. 44:1202-1205.

Steiner, T. 2006. Managing gut health: natural growth promoters as a key to animal performance. Nottingham University press, Nottingham, England.

Sukhija, P. S., and D. L. Palmquist. 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. J. Agric. Food Chem. 36:1202-1206.

Tiihonen, K., H. Kettunen, M. H. L. Bento, M. Saarinen, S. Lahtinen, A. C. Ouwehand, H. Schulze and N. Rautonen. 2010. The effect of feeding essential oils on broiler performance and gut microbiota. Br. Poult. Sci. 51:381-392.

Ulevitch, R. J. and P. S. Tobias. 1999. Recognition of gram-negative bacteria and endotoxin by the innate immune system. Curr. Opin. Immunol. 11:19-22.

Verstegen, M. W. A. and B. A. Williams. 2002. Alternatives to the use of antibiotics as growth promoters for monogastric animals. Anim. Biotechnol. 13:113-127.

Visek, W. J. 1978. The mode of growth promotion by antibiotic. J. Anim. Sci. 46:1447-1469.

- Wang, R., D. Li and S. Bourne. 1998. Can 2000 years of herbal medicine history help us solve problems in the year 2000? In: *Biotechnology in the Feed Industry: Proceedings of Alltech's 14th Annual Symposium*, pp. 273-291. Kentucky, USA.
- Windisch, W., K. Schedle, C. Plitzner and A. Kroismayr. 2008. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *J. Anim. Sci.* 86 (E. Suppl.):E140-E148.
- Zhang, K. Y., F. Yan, C. A. Keen and P. W. Waldroup. 2005. Evaluation of Microencapsulated essential oil and organic acids in diets for broiler chickens. *Int. J. Poult. Sci.* 4:612-619.
- Zhang, K. Y., F. Yan, C. A. Keen and P. W. Waldroup. 2005. Evaluation of Microencapsulated essential oil and organic acids in diets for broiler chickens. *Int. J. Poult. Sci.* 4:612-619.
- Zhu, X., W. Liu, S. Yuan and H. Chen. 2014. The effect of different dietary levels of thyme essential oil on serum biochemical indices in Mahua broiler chickens. *Ital. J. Anim. Sci.* 13:576-581.

Effect of Dietary Supplementation of Different Essential Oil on Daily Feed Intake,
Nutrient Digestibility and Intestinal Microflora in Broiler Chickens

Kuo-Chang Lin

Abstract

Two trials were conducted to investigate the effect of dietary supplementation of different essential oil on daily feed intake, nutrient digestibility and intestinal microflora of broiler chickens. In trial 1, thirty 17-d-old Arbor Acres chicks were allotted to 5 treatments with 6 replicates per treatment. Chicks were reared in individual cages and fed diets without or with supplementing 200 ppm of different essential oil: (1) thyme (T); (2) cinnamon (C); (3) oregano (O) and (4) rosemary (R) for 20 days. In trial 2, thirty 27-d-old Ross chicks were allotted to 5 treatments with 6 replicates per treatment. Chicks were reared in individual cages and fed same diets as in trial 1 for 18 days. Daily feed intake, nutrient digestibility, pH and microbial counts of digestive tract contents were measured in trial 1 and 2. The combined results showed that dietary supplementation of R numerically improved daily feed intake. Supplementing different essential oil in diet improved fecal and ileal digestibility of total fatty acid and saturated fatty acid ($P < 0.01$). Supplementing T, C and R in diet significantly improved fecal and ileal digestibility of protein and unsaturated fatty acid ($P < 0.05$). Supplementing T, O and R in diet improved caecum *lactobacillus* counts ($P < 0.05$). Supplementing C and R in diet increased caecum *lactobacillus*/coliforms ($P < 0.05$). Supplementing different essential oil in diet did not affect pH of digestive tract contents, coliforms and *lactobacillus*+coliforms counts. In conclusion, supplementing EO, especially C and R, in diet effectively improved caecal microbial environment and nutrient digestibility of broiler chickens.

Key Words: Essential oil, Microflora, Digestibility, Broiler chickens