

東海大學畜產學研究所
Graduate Institute of Animal Science
Tunghai University

碩士論文
Master Thesis

乳化劑唯樂美(Volamel) 降低肉雞飼糧中代謝能需求
及生產成本之研究

Study on Emulsifier (Volamel) in Reducing Dietary
Metabolizable Energy and Production Cost in Broilers



研究生: 陳丁二 撰
Graduate student: Ding-Er Chen

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

中華民國九十二年七月
July, 2003

目 次

表次.....	
圖次.....	
誌謝.....	
摘要.....	1
緒言.....	3
文獻檢討.....	5
一、 乳化劑.....	5
(一) 前言.....	5
(二) 簡介.....	5
(三) 分類.....	6
1. 非離子型界面活性劑.....	6
2. 離子型界面活性劑.....	7
(四) 基本性質及作用.....	7
(五) 應用.....	8
二、 脂質及脂肪酸之分類.....	9
(一) 脂質之分類.....	9
1. 簡單脂質.....	9
2. 複合脂質.....	9
3. 脂質先成物.....	10
(二) 脂肪酸之分類.....	10
三、 脂肪在營養上之重要性.....	11
(一) 供應能量.....	11
1. 供應能量.....	11
2. 代謝能值之測定.....	13
(二) 維持之溶性維生素正常吸收.....	13
(三) 供應必需脂肪酸.....	14

四、 脂肪消化吸收之過程.....	15
(一) 脂肪之消化過程.....	15
(二) 脂肪之吸收過程.....	16
五、 影響脂肪消化吸收知因子.....	17
(一) 年齡.....	17
(二) 脂肪種類.....	19
(三) 其他因素.....	20
六、 飼料中添加乳化劑對禽畜脂肪利用之影響.....	20
(一) 卵磷脂之性性質及製造.....	21
(二) 卵磷脂對脂肪消化吸收之影響.....	21
(三) 卵磷脂對脂肪代謝之影響.....	23
(四) 其他.....	23
(五) 膽鹽之性質.....	24
(六) 膽鹽對脂肪消化吸收之影響.....	24
(七) 膽鹽對脂肪代謝之影響.....	26
材料與方法.....	28
一、 試驗設計及飼糧.....	28
二、 雞隻飼養管理及採樣.....	28
三、 屠宰及屠體測定.....	32
四、 成本分析方法.....	32
(一) 總生產成本.....	32
(二) 胸肉及腿肉之生產成本.....	33
1. 胸肉生產成本.....	33
2. 腿肉生產成本.....	33
3. 胸加腿肉生產成本.....	33
五、 樣品分析.....	33

(一) 飼料及糞便成分分析.....	33
1. 粗脂肪含量分析.....	33
2. 鉻濃度分析.....	34
六、 脂肪消化率測定.....	34
七、 統計分析.....	34
結果與討論.....	36
一、 雞隻生長性狀.....	36
二、 雞之屠體性狀.....	41
三、 成本分析.....	45
四、 雞隻之脂肪消化率.....	50
結論.....	53
參考文獻.....	54
英文摘要.....	70
附錄 1.....	72
附錄 2.....	74
小傳.....	76

表 次

表 1、乳化劑之分類.....	7
表 2、試驗飼糧組成及價格(0-2 週).....	29
表 3、試驗飼糧組成及價格(2-4 週).....	30
表 4、試驗飼糧組成及價格(4-6 週).....	31
表 5、降低飼糧代謝能後添加唯樂美對肉雞 生長表現之影響 (0-2 週).....	37
表 6、降低飼糧代謝能後添加唯樂美對肉雞 生長表現之影響 (2-4 週).....	38
表 7、降低飼糧代謝能後添加唯樂美對肉雞 生長表現之影響 (4-6 週).....	39
表 8、降低飼糧代謝能後添加唯樂美對肉雞 生長表現之影響 (0-6 週).....	40
表 9、降低飼糧代謝能後添加唯樂美對肉雞屠 體性狀(6 週)之影響.....	43
表 10、不同性別肉雞之屠體性狀(6 週).....	44
表 11、飼予肉雞不同飼糧之飼料及成本分析.....	46
表 12、餵予肉雞不同飼糧之胸肉,腿肉,胸加 腿肉生產成本分析.....	49

圖 次

圖 1、降低飼糧代謝能後添加唯樂美對肉雞對 脂肪消化率 (24-26 日齡).....	51
--	----

誌 謝

本論文之完成首先感謝指導教授 姜樹興博士二年來不斷地細心指導與教誨，犧牲許多私人時間、勞心勞力地付出，使學生在求學過程不單是增廣了知識視野，於研究精神與方法、如何解決問題以及種種做人處事之態度等等，均獲益良多。老師就像我的父親一樣，時時地給予關愛，讓在外地求學的我感受如同家庭般的溫暖，對老師之感謝，非言詞所能形容。

論文口試期間，謝謝中興大學許振忠教授，屏東科技大學謝豪晃教授及臺灣省畜產試驗所李恆夫學長細心審閱及指正，特此敬申謝忱。

研究及分析期間，特別感謝謝長奇、林佩儀、鄭智翔、陳立杰等學長姐及林傳順、王俊傑、吳永全、李鑫聰、蘇敬評、黃琮建、謝濬智、林合明、管隆宇、王信凱、姚典良、劉幸宜、吳鈴彩等好友及學弟妹們等給予適當之協助，讓我能在此研究所緊張的生活中歡樂不斷，也是讓我能熬過來的最大功臣。另外，女友惠霞的支持及鼓勵，讓我備感溫馨。此份榮耀，願與所有關心我及我所關心的人們共同分享，謝謝大家。

最後，更要感謝父母、姐姐們及大哥至始至終不斷給予無限的關懷與支持，隻言片語無法表達深深謝意，僅以本篇論文獻給親愛的家人，以表無限之感謝。

摘 要

本研究之目的在於探討在降低飼料單位價格及飼養成本之原則下，降低飼糧代謝能 3 或 6% 後添加唯樂美能否維持肉雞正常生長性能及胸、腿肉之生產，進而增加收益。576 隻愛拔益加 (Arbor Acres) 初生雛雞，分成六個處理組，每組四重複，每重複 24 隻，分別飼予 (1) 對照組，(2) 降代謝能 3% 組，(3) 降代謝能 6% 組，(4) 降代謝能 3% 添加 125 g 唯樂美/噸飼料組，(5) 降代謝能 6% 添加 125 g 唯樂美/噸飼料組，或 (6) 降代謝能 6% 添加 500 g 唯樂美/噸飼料組之飼糧，飼養期 6 週。飼糧主要由玉米-大豆粕-全脂豆粉配成；分成育雛、生長及肥育三期，對照組之代謝能在育雛期為 3192 kcal/kg，生長期為 3129 kcal/kg，肥育期為 3250 kcal/kg；於 24 日齡起連續收集糞 3 日。測定雞隻生長性能、死亡率、脂肪消化率、生產成本，胸、腿肉產量及其生產成本。試驗結果顯示，(1) 及 (4) 組在增重、飼料採食量及飼料利用效率方面沒有顯著差異，顯示降低飼糧代謝能 3% 後添加 125 g 唯樂美/噸可維持肉雞生長性能之正常水準；而 (3) (5) (6) 組則有飼料利用效率變差之現象，顯示降低飼糧代謝能 6% 似乎太多，即使添加唯樂美亦無法恢復至正常水準之飼料利用效率。降低飼糧代謝能及 (或) 添加唯樂美對雞隻對脂肪之消化率則無影響。在胸肉及腿肉方面，(1) (4) 組間差異不顯著，顯示降低飼糧代謝能 3% 後添加 125 g 唯樂美/噸可維持胸肉及腿肉正常產量，而 (3) (5) (6) 組則有偏低的現象，顯示降低飼糧代謝能 6% 似乎太多，即使添加唯樂美亦無法恢復正常水準之胸及腿肉產量。在飼料價格方面，(1) 組平均為 9.10 元/公斤，(4) 組平均為

8.93 元/公斤,每公斤相差 0.17 元;收入以 (4) 組與(1) 組最接近;利潤以 (4) 組最高,而利潤 (元/隻(進雞)) 也最高,即每進一隻雞,則 (4) 組比 (1) 組多 0.08 元收益 (其中勞力、設備折舊費均未算入成本分析中);(胸 + 腿)肉生產成本以 (4) 組最低,比 (1) 組低 2.5 元/公斤;胸肉及腿肉個別生產成本 (4) 組亦低於 (1) 組。此結果顯示,降低飼糧中代謝能 3% 後添加 125 g 唯樂美/噸,可在降低飼料單位價格及飼養成本之情況下,維持肉雞正常生長性能及胸,腿肉之生產。

關鍵語：肉雞、乳化劑、唯樂美、代謝能、脂肪消化率、生產成本。

緒 言

脂肪在小腸必須經過乳化後，才能被動物消化及吸收。腸道內之乳化劑 (emulsifier) 主要為膽鹽 (bile salts)，亦有少量卵磷脂，二者皆存在於膽汁中。乳化劑又稱為界面活性劑 (surface active agent)，化學結構為一同時具有極性之親水基 (hydrophilic group) 及非極性之疏水基 (hydrophobic group) 之雙極性 (amphipathy) 分子，此分子親水基部份與水相吸附，親油基部份與油相吸附，致使油水間之界面張力下降，不互溶之油及水因而形成水包油 (oil in water) 或油包水 (water in oil) 狀態之乳化物，使油及水分別均勻分散於水 (水包油型) 或油 (油包水型) 中。因腸道為水環境，且油水不互溶，在脂肪吸收過程中必須以膽鹽為乳化劑將食物中脂肪以水包油型式 [(i.e., 微膠粒 (micelle)] 溶於腸道水環境中，才可使脂肪能夠被腸細胞所吸收。

在家禽方面，乳化劑之研究結果相當不一致。Polin (1980) 於飼糧中分別添加 0.02、0.2 或 2% 之卵磷脂，發現飼糧中添加 2% 卵磷脂可以顯著提高 0-3 週齡雛雞對牛油之消化率。陳及姜 (1998) 亦指出，飼糧中添加 2% 卵磷脂，提高 7 及 21 日齡肉雞對大豆油及牛油之消化率。然而 Summers and Leeson (1981) 分別於飼糧中添加 0-1% 卵磷脂，卻無法改善 1-3 週齡肉雞對牛油脂消化率。此外，Blanch *et al.* (1995) 於飼糧中添加 0.2% 卵磷脂，亦發現無法改善雞隻對脂肪之消化率；以上結果顯示，卵磷脂的添加量可能至少要 2% 或者更高才會有效。

在豬隻方面，乳化劑之研究結果亦不一致。Jones *et al.* (1990a,b; 1992) 發現於離乳豬飼糧中添加卵磷脂，可以顯著改善

離乳豬對牛油之消化率，但會降低對豬油之消化率。Overland *et al.* (1993a) 及 Overland and Sundstol (1995) 於飼糧中添加卵磷脂，發現卵磷脂無法提高離乳豬隻之脂肪消化率。Overland *et al.* (1993b) 與 Overland *et al.* (1994) 以生長豬進行試驗，亦發現飼糧中添加卵磷脂仍然無法提高對大豆油及動物油之消化率。

乳化劑 [唯樂美 (Volamel)] 為一種親水性較強之乳化劑，應該比膽鹽及卵磷脂更有效的增進脂肪的利用效率。飼糧中能量主要由碳水化合物、脂肪及蛋白質所提供，佔飼料成本之絕大部分。其中脂肪所提供之能量約佔飼糧總能量之 20% 以上。如果乳化劑能夠提高脂肪消化率，則應可提高脂肪在飼糧可提供之代謝能。如此便可因乳化劑之添加而設計配製代謝能較低之飼糧，而節省成本。

本試驗之目的在於探討，降低飼糧中代謝能 3% 或 6% 後添加乳化劑唯樂美是否能維持雞隻正常生長及屠體性能並降低生產成本及增加利潤。

文獻檢討

一. 乳化劑:

(一) 前言

二種互不相溶之液體組成乳液 (如油和水), 即一方形成微滴狀態分散於另一方。乳液非常不安定, 經過一段時間後會再度分成二個界面, 為使乳液安定化, 需添加乳化劑, 使不溶解於水的油類液體 (分散相) 以微小粒子之狀態均勻分散於水類液體 (連續相) 中 (賴, 2002)。乳化劑 (emulsifier) 又稱為界面活性劑 (Surfactant or Surface active agent), 化學結構為一同時具有極性親水基 (hydrophilic group) 及非極性疏水基 (hydrophobic group) 之分子, 此種結構特性稱之為雙極性 (amphipathy) 分子結構 (賴, 1979; 簡, 2000)。一般而言, 乳化劑分子內的疏水基為 $-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2$, $-\text{C}_6\text{H}_5$, $\text{RCOO}-$, $\text{RNH}-$, RCONH , RCOCH_2 等; 親水基為 $-\text{ONa}$, $-\text{OSO}_3\text{Na}$, $-\text{OH}$, $-\text{PO}_4$, $-\text{COOH}$, $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{NH}_2$ 等。乳化劑之應用非常廣泛, 如醫藥、食品、化妝品、農藥、塑膠、塗料及飼料添加劑等 (賴, 1979; 賴, 2002)。

(二) 簡介

當乳化劑在溶液中以低濃度溶解分散時, 乳化劑分子即立刻吸附於溶液之相與相的界面或吸附於相之表面上, 使界面自由能 (free energy) 或表面張力 (surface tension, γ) 迅速下降, 而改變整個體系的界面狀態 (簡, 2000), 如在油-水體系中加入乳化劑後, 親水基溶於水中, 親油基溶於油中, 即在油-水兩相之間形成一層緻密的界面薄膜, 因而改變兩界面間的物理、化學性質, 使表面張力降低, 因此乳化劑有乳化、起泡、消泡、分散、凝集、洗淨、

潤濕等功用 (賴, 1979)。另外, 在吸附和摩擦等作用下, 液滴帶電並在界面兩側形成雙電層結構, 因雙電層的排斥作用使液滴較難集中, 使乳液之安定性提高。因此乳化劑可應用在濕潤、乳化、染色、潤滑、肥料、水泥、浮選、分散、起泡、消泡或洗淨等作用上。

(三) 分類

乳化劑 (界面活性劑) 之分類 (表 1) 有許多種方法, 一般先以溶解於水中是否解離成離子分為非離子型界面活性劑 (nonionic surfactant) 及離子型界面活性劑 (ionic surfactant), 離子型界面活性劑依其親水基所帶電荷之不同可區分為陰離子界面活性劑 (anionic surfactant)、陽離子界面活性劑 (cationic surfactant)、及兩性離子界面活性劑 (amphoteric surfactant) 四類 (簡, 2000; 賴, 2002)。食品級乳化劑之親脂部分通常為得自於食物中脂肪或油之長鏈脂肪酸, 而親脂部分則為非離子 (如甘油; glycerol)、陰離子 (帶負電荷; 如乳酸鹽 (lactate)) 或兩性離子 (同時帶有正電及負電; 如胺基酸系列), 而陽離子 (帶正電) 界面活性劑一般為含有殺菌性或一些有毒性的物質, 故無法使用於食品添加劑。乳化劑之例子有單酸甘油酯 (非離子型) stearoyl lactylate (陰離子型) 及卵磷脂 (兩性離子型)。在水相中, 非離子界面活性劑對 pH 及鹽類濃度較不敏感, 而 pH 及離子強度則顯著地影響離子型界面活性劑的功能。

1. 非離子型界面活性劑

非離子型界面活性劑具有較高之界面活性, 使其水溶液之表面張力較低, 其親油基由烷基酚脂肪酸和油脂等組成, 若在其親油

基上加入羥基 (-OH) 和環氧乙烷基 (OCH₂CH₂; ethylene oxide) 後，親水性便會增加。非離子型界面活性劑具有很好的乳化及洗滌能力；非離子型界面活性劑依親水基型態的不同可分為：

- (1) 脂肪醇聚氧乙烯醚 (polyoxyethylenealkyl ether)
- (2) 烷基酚聚氧乙烯醚 (polyoxyethylenealkylphenol ether)
- (3) 聚氧乙烯脂肪酸酯 (polyoxyethylenealkyl ester)
- (4) 山梨糖醇脂肪酸酯 (sorbitanalkyl ester)
- (5) 聚氧乙烯山梨糖醇脂肪酸酯
(polyoxyethylene sorbitanalkyl ester)
- (6) 其他非離子型界面活性劑

2. 離子型界面活性劑

離子型界面活性劑主要特性為，在水中可離解，而依其電荷之正負，可分為陽離子型，陰離子型及兩性離子型界面活性劑。

表 1. 乳化劑之分類

按溶解性分	按水中是否解離分	按水中顯示活性部分的離子分
水溶性	離子型	陽離子型
油溶性	非離子型	陰離子型
		兩性離子型

(四) 基本性質及作用

乳化劑之性質受到許多因子決定，主要決定因子為其分子的化學結構，如各活性部位之構造：構成原子團之型態（如疏水基之直鏈、支鏈或環狀構造）、分子量等，及活性部位之組合構造（如

極性親水基及非極性疏水基分子之平衡) 及活性部位原子團的數目等,而乳化劑(界面活性劑)分子的化學結構具有以下特性(賴, 2002):

1. 其分子構造必須為由親水性或親油性的雙極性基團組成,若無此性質,則無法稱為界面活性劑。
2. 乳化劑分子之分子量不能太大,否則易影響其親水基(水溶性)或親油基(油溶性)之活性。
3. 乳化劑之極性基(親水基)及非極性基(親脂基)需有一適當平衡,稱為親水性-親脂性平衡(hydrophile-lipophile balance; HLB),才能充分發揮其雙極性特性,使原本二種互不相溶之液體組成乳液,即一方形成微滴狀態均勻分散於另一方並呈較穩定狀態。由以上三種條件可得到乳化劑之存在必會改變兩界面之間之表面張力,因此乳化劑有以下作用:

- (1) 乳化作用
- (2) 分散、凝集作用
- (3) 濕潤作用
- (4) 洗淨作用
- (5) 潤滑作用
- (6) 起泡、消泡作用
- (7) 潤滑作用
- (8) 吸附作用
- (9) 飼料添加劑

(五) 應用

乳化劑的作用很多,因此其應用的範圍很廣,如醫藥、農藥、

化妝品、麵包及蛋糕烘培、油處理劑、分散劑、洗淨劑、染料、吸附劑、肥料等等 (賴, 1979)。

二. 脂質及脂肪酸之分類

(一) 脂質之分類

脂質 (Lipid) 為不溶於水，但溶解於苯 (benzene)、氯仿 (chloroform)、乙醚 (ether)、石油醚 (petroleum ether) 等有機溶劑中之有機化合物，包含脂類、油類、蠟、醣脂、磷脂、脂蛋白質、脂肪酸、醇類、脂溶性維生素及類胡蘿蔔素等 (Church and Pond, 1988)，對動、植物組織之生理及生化功能非常重要。其分類如下：

1. 簡單脂質 (simple lipids)

簡單脂質為脂肪酸與不同醇類 (alcohol) 形成之酯化物，有時也包括游離脂肪酸。簡單脂質包括脂、油類及蠟。

(1) 脂及油 (fats and oils)

脂及油均為脂肪酸與甘油 (glycerol) 酯化而成之三酸甘油酯 (triglyceride)，為 3 個碳的碳鏈並含 3 個羥基的甘油與 3 個脂肪酸酯化而成之酯化合物，又可稱為中性脂肪 (neutral fat)，或為 3 個碳的碳鏈並含 3 個羥基的甘油與 1 或 2 個脂肪酸酯化而成之單或雙甘油酯。在常溫下成固態者稱為脂；在常溫下成液態者稱為油。

(2) 蠟質 (wax)

由脂肪酸與高分子量 (長鏈) 氫基醇類 (monohydric alcohol) 酯化而成。

2. 複合脂質 (complex lipids)

除了包括脂肪酸及甘油外，尚含有其他之官能基 (group)，可分為：

(1) 磷脂 (phospholipids)

由脂肪酸、甘油、磷酸根及特定之化合物 (如膽鹼、肌醇及乙醇胺等) 所組成。磷脂為細胞膜主要組成分之一。

(2) 醣脂質 (glycolipids)

由脂肪酸、甘油及碳水化合物所組成。

(3) 其他複合脂質

胺脂 (aminolipids)、神經脂質腦? 脂類 (sphingolipids cerebrosides) 以及硫脂質 (sulfolipids)。另外，脂蛋白 (lipoproteins) 為脂質與蛋白質之化合物，亦屬此類；存在於血液中，負責運輸脂質。

3. 脂質先成物 (precursor) 及衍生物 (derived lipids)

包括脂肪酸、甘油、酮體 (ketone body)、類固醇 (steroids)、類胡蘿蔔素及脂溶性維生素 D、E 及 K。

(二) 脂肪酸之分類

脂肪酸由一個碳鏈及一個羧基 (carboxyl group) 組成，一般結構為 R-COOH。脂肪酸脂分類可依其碳鏈的碳數、碳鏈的雙鍵數來分類。脂肪酸依其碳鏈碳數之多寡可區分為長鏈脂肪酸 (碳數 > 12)、中鏈脂肪酸 (碳數介於 6-12) 及短鏈脂肪酸 (碳數 < 6)。在動物體內含有之脂肪酸大部份為直鏈的 (straight chain) 脂肪酸，並為偶數碳數的碳鏈；而支鏈 (branch chain) 及奇數鏈之脂

脂肪酸可在微生物中發現 (Murray *et al.*, 1988) , 動物組織中多為 16-26 個碳之脂肪酸。

脂肪酸依其碳鏈中是否存在雙鍵可區分為飽和脂肪酸 (saturated fatty acids) 及不飽和脂肪酸 (unsaturated fatty acid)。飽和脂肪酸為不含有雙鍵之脂肪酸，亦即碳鏈上之化學鍵皆為單鍵，碳鏈上每個碳原子皆接 2 個氫原子，如硬脂酸 (stearic acid, C18:0)；不飽和脂肪酸為含有一個或一個以上雙鍵之脂肪酸，結構上亦有順式 (cis) 及反式 (trans) 兩種同分異構物，以亞麻油酸 (C18:2) 為例，共有 4 種異構物，分別為 cis-9-cis-12，trans-9-trans-12，trans-9-cis-12，cis-9-trans-12；僅含有一個雙鍵之脂肪酸稱為單不飽和脂肪酸 (monounsaturated fatty acid)，如油酸 (oleic acid；C18:1)；含有兩個或兩個以上雙鍵之脂肪酸稱為多不飽和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid)，如亞麻油酸 (linoleic acid；C18:2) (Church and Pond, 1988；Murray *et al.*, 1988)。

三. 脂肪在營養上之重要性：

(一) 供應能量

1. 供應能量

飼糧必須提供足夠的能量，方能滿足動物維持及生產所需。Rand *et al.* (1958) 以等蛋白質飼糧對肉雞進行試驗，隨著玉米油含量提高，增重隨之提高，在達到最高生長速率之後，再增加玉米油的添加量，則無改進增重之效果；顯示添加脂肪於飼糧中，

可提供雞隻能量，以滿足其需求。

脂肪在家禽具有額外能量效應 (extra caloric effect)，即所測出之脂肪代謝能值會高於脂肪之總能 (Sibbald and Kramer, 1977； Sell *et al.*, 1979； Mateos and Sell, 1980a)。脂肪之代謝能值大小與脂肪本身之消化率相關；脂肪消化率受到其脂肪酸組成所影響 (Renner and Hill, 1960； Young, 1961)。一般而言，不飽和度高的脂肪較易被消化吸收。Leeson and Summers (1976) 認為因不飽和脂肪酸與飽和脂肪酸之間的協同作用 (synergistic effect)，即不飽和脂肪酸會促進飽和脂肪酸之吸收，是產生額外能量效應的主要原因之一，此一協同作用在許多混合不同來源脂肪所進行之試驗中均被發現 (Lall and Slinger, 1973； Sibbald and Kramer, 1978； Ketels and Groote, 1989)。Mateos and Sell (1980a) 表示，提高 yellow grease 之添加量，額外能量效應隨之降低，證實了 Leeson and Summers (1976) 的論點，即是不飽和脂肪酸存在，能促進飽和脂肪被吸收，此一協同作用是產生額外能量效應的原因之一。而且脂肪的添加延長了食物通過消化道時間 (Rao and Clandinin, 1970； Mateos and Sell, 1980b)，有助於提高對飼糧中非脂質部分 (non-lipid portion) 能量之利用 (Polin and Hussein, 1982)，亦為額外能量效應產生之原因之一。

對家禽來說，碳水化合物，如葡萄糖所含代謝能值為 3,680 kcal/kg，而玉米油為 9,870 kcal/kg、大豆油為 8,795 kcal/kg (NRC, 1994)，此外，脂肪所產生之熱增值 (heat increment) 較低 (Dale and Fuller, 1979； Maynard *et al.*, 1979； Noblet *et al.*, 1985)，能量

損失較低，因此，脂肪為很好的能量來源。

2. 代謝能值之測定

飼糧中能量含量為影響家禽飼料採食量之主要因子之一，當家禽採食足夠能量之後，則不再繼續採食 (Rand *et al.*, 1956; Mraz *et al.*, 1957; Boomgaardt and Baker, 1973); 而降低飼糧中所含的能量之後，採食量會因而提高 (Hill *et al.*, 1956; MacIntyre and Aitken, 1957)。由於採食量受到能量影響，因此調配飼料時應調整其他營養分之含量使之與能量維持適當比例 (如能量-蛋白質比)，方可使動物獲得充分之營養分，將有助於調配飼料，使飼料之營養成分更為精準。

只有以動物本身進行代謝試驗，方能知道飼糧中營養分真正可被動物所利用之情況。家禽因糞尿由泄殖腔排出，糞尿不易分別收集，因而代謝能值較易測定。飼糧之代謝能值可利用傳統之全糞法或指示劑法 (indicator method) 來進行測定。全糞法需要精算飼料採食量、糞尿排泄量以及每單位重量飼料和排泄物之總能。

指示劑法則是於飼料中添加不被動物消化吸收之物質作為指示劑，如三氧化二鉻 (Cr_2O_3)，分析飼料及排泄物中指示劑濃度及每單位重量之總能，計算測試樣品中之代謝能。而以指示劑法較全糞法為省時省力 (Sibbald, 1982)。

(二) 維持脂溶性維生素正常吸收

維生素為有機質，需要量雖然很少，但為維持正常生理所必須，可分為脂溶性及水溶性維生素，脂溶性維生素包括 A、D、E 及 K 四種，食物中的脂溶性維生素在脂肪消化吸收過程中一起被

消化吸收 (McDowell, 1989)。因此脂肪為脂溶性維生素吸收載體 (carrier)；在脂肪完全缺乏時，飼糧中脂溶性維生素之吸收將大受影響；不過飼糧中微量的脂肪便足以維持脂溶性維生素之正常吸收。

(三) 供應必需脂肪酸

正常代謝情況下，動物可藉由脂肪酸的碳鏈加長作用 (chain elongation) 及去飽和作用 (desaturation) 合成其他不飽和脂肪酸。然而卻無法合成亞麻油酸 (linoleic acid) 及 α -亞麻仁油酸 (α -linolenic acid)，必須由食物中獲得 (Murray *et al.*, 1988)；而花生四烯酸 (arachidonic acid) 可由亞麻油酸代謝產生，當亞麻油酸缺乏時，才需由食物供應 (Church and Pond, 1988)。

家禽方面之研究大多著重於亞麻油酸之需要量。必需脂肪酸缺乏時，首先出現之外在症狀為生長遲滯 (Roland and Edwards, 1972)，近而降低飼料利用效率，並出現脫羽現象 (Ross and Adamson, 1961)；在產蛋雞則會降低產蛋率、蛋的大小及孵化率 (Menge *et al.*, 1963)，而所孵化之雛雞的生存能力及生長潛能均較差 (Menge and Richardson, 1968)。必需脂肪酸會在體內儲存，Roland and Edwards (1972) 發現在飼予雞隻正常飼糧一段時間後，突然更換為不含必需脂肪酸之飼糧，雞隻並不至於立刻產生缺乏症狀。

以生化角度來探討，脂肪為身體結構之重要物質，如磷脂質，而必需脂肪酸存在於磷脂質中，通常位於第二個碳上，在必需脂肪酸缺乏情況下，磷脂質中之必需脂肪酸將被其他非必需多烯酸 (nonessential polyenoic acids) 所取代，特別是二十碳三烯酸

(eicosatrienoic acid) , 體內二十碳三烯酸含量相對提高。因此, 血中三烯類 (triene) 與四烯類 (tetraene) 之比值是檢測必需脂肪酸缺乏的適當指標 (Murray *et al.*, 1988)。Holman (1960) 認為在家禽三烯類與四烯類之比值為 0.4 時正好達到必需脂肪酸最低需要量, 此時亞麻油酸含量大約為飼糧所含能量之 1%。Whitehead (1984) 整理相關文獻亦有類似之結論。而 NRC (1994) 之建議量為飼糧中之 1%。

另外, 給予必需脂肪酸及多不飽和脂肪酸超過需要量並不至於有直接的負面作用, 但是較易產生自由基, 則可能會產生不良影響 (陳及姜, 1998)。

四. 脂肪消化吸收之過程

(一) 脂肪之消化過程

目前只在人、大白鼠及狗證明有胃脂肪酶 (gastric lipase) 之存在, 豬及雞則未被發現 (Brindley, 1984)。此類脂肪酶在 pH 6 ~ 7 時活力最佳, 於 pH 3.5 時仍具穩定之活力。此外胃脂肪酶較傾向於水解中鏈三酸甘油酯, 對於初生之哺乳動物較重要, 因乳汁中含多量之中鏈三酸甘油酯, 分解後所產生之中鏈脂肪酸直接由胃吸收, 用以產生能量。另外, 胃中之蛋白質分解作用有助於脂肪由食物中釋出, 而胃的蠕動亦可使脂肪粗略被乳化, 有助於脂肪之消化。脂肪之消化作用主要發生在小腸之前端 (proximal part)。當食糜由胃或由肌胃進入十二指腸刺激膽囊收縮素 (cholecystokinin, CCK) 之分泌, 促使膽囊收縮, 使膽汁進入十二指腸; 同時膽囊收縮素可刺激胰液之分泌, 其中含有胰脂肪酶

(pancreatic lipase) 與其他消化？；並可刺激肝臟分泌新鮮之膽汁。脂肪與膽汁、胰液相混合，使脂肪受膽鹽及磷脂質之乳化作用，使脂肪顆粒變小，提高脂肪球之相對表面積，進而提高脂肪？之作用機會。

脂肪在乳化之後，脂肪？必須與輔脂肪？(colipase) 共同作用才能將脂肪水解。輔脂肪？為胰脂肪？水解脂肪之輔因子；為分子量約 10,000 之蛋白質。當膽鹽聚集在脂肪表面，因電荷之特性使胰脂肪？無法接近脂肪表面，而輔脂肪？最主要的功用，即是使胰脂肪？能突破這層屏障而接近脂肪表面，進行解脂作用。

胰脂肪？在油與水的界面 (water-oil interface) 進行解脂作用。胰脂肪？較傾向於水解三酸甘油脂中碳位置 1 與 3 之脂肪酸，而較少水解三酸甘油脂中碳位置 2 之脂肪酸，所產生之 2-monoacylglycerol 在單胃動物很少會繼續水解產生甘油 (Brindley, 1984)；而反芻動物在微生物的脂肪？肪作用下，將三酸甘油酯完全水解成脂肪酸及甘油。此外，胰液中亦含有 phospholipases 及 carboxylic ester hydrolase (cholesterol esterase) 二種脂肪？類，前者可水解磷脂質產生 lysophospholipids，而後者可水解膽固醇酯 (cholesterol esters) 產生膽固醇 (Freeman, 1984)。在單胃動物，脂肪經胰脂肪？水解後之產物，主要為 2-monoglycerides 與游離脂肪酸，以及少量的 lysophospholipids，1,2-diglycerides，膽固醇及甘油。

(二) 脂肪之吸收過程

在正常生理狀態下，腸道中膽鹽的濃度夠高時，脂肪水解產物與膽鹽會聚集而形成微膠粒 (micelle)，微膠粒能將脂肪水解產

物溶入微膠粒中心，使微膠粒中含有高濃度之脂肪水解產物，增加位差以促進脂肪酸之吸收。微膠粒將脂肪水解產物攜帶至腸細胞表面進行吸收作用，脂肪水解產物是以被動擴散方式 (passive diffusion) 通過腸細胞刷狀緣 (brush border)，其通過速率與脂肪酸之鏈長及飽和度有關 (Krogdahl, 1985)；通常脂肪酸之鏈愈長則通過小腸細胞之速率愈慢，反之則愈快。飽和脂肪酸之吸收速率較慢，不飽和脂肪酸則較快。在雞隻大部分的脂質吸收作用發生在空腸 (Hurwitz *et al.*, 1973; Gurr *et al.*, 1989)；而亞麻仁油酸、硬脂酸 (stearic acid) 及棕櫚酸 (palmitic acid) 主要在迴腸被吸收 (Hurwitz *et al.*, 1973)；膽鹽則可在空腸與迴腸被吸收，重複使用 (Hurwitz *et al.*, 1973; Brindley, 1984)。

在吸收之前微膠粒將先行瓦解，使脂肪水解產物分散成單分子狀態；而脂質吸收主要是靠向腸細胞之擴散作用來進行，因此，體內必須不斷的建立向腸細胞內的位差才能使脂質被吸收。一般而言，位差可藉由將已吸收之脂肪酸再脂化 (re-esterification) 之方式來維持。脂肪酸與腸細胞中的脂肪酸結合蛋白質 (fatty acid binding protein; FABP) 結合後，被攜帶進入細胞質之內質網中進行再脂化 (Ockner *et al.*, 1972)，此種蛋白質分子量低，為 12,000，傾向於與長鏈及不飽和脂肪酸結合，此一特性可能是油酸較硬脂酸易被吸收的原因之一 (Brindley, 1984)。

五. 影響脂肪消化吸收之因子

(一) 年齡

年幼雞隻消化脂肪之能力偏低，隨著年齡增加，雞隻對脂肪消

化率隨之改善 (Krogdahl, 1985 ; Wiseman and Salvador, 1989 ; 陳及姜, 1998)。

Carew *et al.* (1972) 與 Krogdahl (1985) 認為，年幼雞隻對脂肪消化能力較差，是與消化系統尚未發展完全有關。Cera *et al.* (1988a) 及 Li *et al.* (1990) 也指出離乳豬隻對脂肪的消化率較生長豬差。Renner and Hill (1960), Krogdahl (1985) 及 Jackson *et al.* (1971) 認為，此時可能是因膽汁分泌不足且脂肪？活力較低導致脂肪消化功能受限，此現象一般包含較年輕的動物，因此限制了年輕雞隻或豬隻對飽和脂肪的消化及吸收功能。Polin *et al.* (1980) 及 Polin and Hussein (1982) 分別於飼糧中添加脂肪？與膽鹽，結果確實可以改善年幼雞隻之脂肪消化率，Edwards (1962), Eysen *et al.* (1965) 及 Garlich and Nesheim (1965) 等也指出，膽鹽可改進雞隻對飼糧中脂肪的利用效率，然而，Serafin and Nesheim (1967) 及 Gomez and Polin (1974 ; 1976) 指出，添加外源性膽鹽於飼糧中對雞隻脂肪的利用並非一定為正面效應，還需視雞隻年齡而定。Noy and Sklan (1995) 以三週齡肉雞進行試驗，證明十二指腸中膽汁及脂肪？分泌量於 4 日齡時最低，隨年齡增長而於 21 日齡時達到最高。陳及姜 (1998) 亦發現，7 日齡肉雞對大豆油及牛油之消化率分別為 63.9 及 41.9% ；而 21 日齡時分別提高為 90.0 及 85.5% 。Uni *et al.* (1995) 針對不同品系 4 -10 日齡肉雞之小腸進行形態學 (morphology) 之研究，不論在十二指腸、空腸或迴腸段，絨毛高度及腸細胞密度，均隨著年齡增加而顯著增加，顯示年幼雞隻之消化功能可能不足，而其因雞隻年齡之增長而獲改善。此外，食物通過消化道所需的時間亦會隨著雞隻年齡增加

而增加 (Golian and Maurice, 1992 ; Noy and Sklan, 1995 ; Uni *et al.*, 1995) ; Monson *et al.* (1950) 及 Mateos and Sell (1981b) 也指出 , 脂肪使食物在消化道停留時間更久 , 有助於營養分更充分地被消化及吸收。另外 , Katongole and March (1980) 指出 , 肉雞腸道之脂肪酸結合蛋白質濃度在 1 – 2 週齡時較低 , 於 4 週齡時達到最高濃度 , 添加牛磺膽酸鈉可使脂肪酸結合蛋白質的活力增加 , 亦可能對脂肪消化率有所影響。

(二) 脂肪種類

雞隻對不同種類脂肪之消化率有很大差異 (Carew *et al.*, 1972 ; Wiseman and Salvador, 1989 ; 陳及姜, 1998)。雞隻對不同種類脂肪之消化率不同 , 主要是受到脂肪本身理化組成之影響 (Summers, 1984)。

Lloyd and Crampton (1957) 在小豬及天竺鼠的試驗與 Garrett and Young (1975) 對雞隻的研究均顯示 , 脂肪酸之碳鏈愈長 , 其吸收率則愈差。除此之外 , Duckworth *et al.* (1950) , Carver *et al.* (1955) 及 March and Biely (1957) 發現雞隻對熔點高之脂肪之消化率低於熔點較低者 , 而碳鏈愈長之脂肪酸一般具較高之熔點。另外 , 脂肪酸之飽和度亦影響脂肪之消化率 , 飽和度愈高者 , 消化率愈低 ; 反之則愈高 (陳及姜 , 1998)。而飽和度愈高之脂肪酸一般具較高的熔點。

Carver *et al.* (1955), Sunde (1956) 及 March and Biely (1957) 進一步指出 , 即使是同一種脂肪 , 經氫化處理後 , 雞隻對其利用性亦會降低 , 顯示脂肪飽和度對脂肪消化率相當重要之影響。

Young and Garrett (1963) 發現 , 添加油酸或亞麻油酸可以提高

雞隻對棕櫚酸及硬脂酸之消化率，Wiseman and Lessire (1987) 亦獲得類似之結果。此一改善效果亦被發現在將不同種類油脂混合後所進行之試驗中 (Leeson and Summers, 1976 ; Ketels and G. D. Groote, 1989 ; 陳及姜, 1998) , 此即脂肪酸間之協同作用 (synergistic effect) ; 一般來講即不飽和脂肪酸會促進飽和脂肪酸之吸收。

(三) 其他因素

Young *et al.* (1963) 給予雞隻抗生素處理後有助脂肪酸之利用，顯示腸道微生物會影響脂肪酸之利用。Krogdahl (1985) 指出雌雞對脂肪之消化率較雄雞為佳。Sibbald and Price (1977) 認為礦物質離子可能會與脂肪形成不可溶之皂化物，而降低飼糧中脂肪之可利用性，特別是鈣離子。陳及姜 (2000) 指出高溫環境降低脂質及能量之消化率。Bonnet *et al.* (1997) 指出，高溫環境下雞隻對蛋白質、脂質及能量之消化率降低，其原因可能是雞隻在高溫下飲水量驟增，提高飼糧通過消化道速率而降低營養分的吸收，且長期熱緊迫下，肉雞消化道變小之緣故。

Katongole and March (1980) 指出，脂肪酸結合蛋白質存在於腸黏膜中，其含量受遺傳基因及飼糧中脂肪的含量而有而有相當大的差異，以不同基因來源而言，剛孵出之雛雞以 New Hampshire chicks 最多，白色來亨雞居次，而以肉用雞種最低；脂肪酸結合蛋白質影響雞隻對脂肪的吸收能力，飼糧中含較高量之脂肪或添加牛磺膽酸鈉會使腸道中脂肪酸結合蛋白質的濃度增加。

六. 飼料中添加乳化劑對禽畜脂肪利用之影響

飼糧中添加乳化劑對雞隻脂肪利用之影響的相關文獻並不多。主要添加於雞及豬隻飼糧中的乳化劑為卵磷脂 (lecithin) 及膽鹽 (bile salt)，雞隻及豬隻本身可製造膽鹽而卵磷脂可由飼糧中獲得。影響雞隻脂肪利用效率的因子大致有雞隻年齡、脂肪種類(飽和度、鏈長)、脂肪添加量、游離脂肪酸含量、溫度、乳化劑的添加(種類、添加量及成分等)及酵素或藥物的添加等。以下主要對卵磷脂及膽鹽之特性及添加於飼糧中對雞隻及豬隻脂肪利用之影響作探討。

(一) 卵磷脂之性質及製造

卵磷脂 (lecithin) 是 phosphatidyl choline 之俗稱，而商業產品則泛指卵磷脂為含磷脂質之產品，主要含有 phosphatidyl choline (PC)、phosphatidyl ethanolamine (PE)、phosphatidyl inositol (PI) 及 phosphatidic acid (PA) (Wood and Allison, 1982)。卵磷脂在脂質分類上屬於磷脂類，其化學結構在甘油與脂肪酸酯化之部分為卵磷脂非極性之部分(親油端)；膽鹼則為極性部分(親水端)。磷脂質普遍存在於動物之肝臟、蛋黃及神經組織中，以及存在於植物來源如燕麥、黃豆及玉米等種子中，是生物細胞膜之主要成分 (Canty and Zeisel, 1994)。

一般商業上之卵磷脂製造的原料為生產大豆油時所產生的副產物，以生產大豆油之脫膠過程所得之複合磷脂產品經真空乾燥後所得之產物稱為粗大豆卵磷脂；另有以蛋黃經丙酮、乙醇及石油醚等有機溶劑萃取之產物稱為蛋黃卵磷脂。

(二) 卵磷脂對脂肪消化吸收之影響

飼糧中脂肪必須經膽鹽及(或)卵磷脂等乳化劑乳化後，動物

方能有效的加以消化。卵磷脂為乳化劑，將之添加於飼糧中改善動物對脂肪消化率之研究，目前有關文獻不多，而且結果並不一致，仍然存在些問題需要再探討。

在家禽方面，Polin (1980) 以等蛋白質及等能量之試驗飼糧餵飼 0-3 週齡之雛雞，飼糧中分別添加 0 或 4% 牛油以及 0.02、0.2 或 2% 之卵磷脂，結果顯示，飼糧中添加 2% 卵磷脂可以顯著提高牛油之消化率，證實了卵磷脂之添加可以改善 0-3 週齡雛雞對較飽和脂肪（牛油）之消化率。陳及姜 (1998) 亦指出，飼糧中添加 2% 卵磷脂，提高 7 及 21 日齡肉雞大豆油及牛油之消化率。然而 Summers and Leeson (1981) 分別於飼糧中添加 0-1% 卵磷脂，卻無法改善 1-3 週齡肉雞對牛油之消化率。此外，Blanch *et al.* (1995) 於飼糧中添加 0.2% 卵磷脂，亦發現無法改善雞隻對脂肪之消化率，卵磷脂的添加量可能至少要 2% 或者更高才會有效。

在豬隻方面之研究結果亦不一致；Jones *et al.* (1990a,b ; 1992) 發現於離乳豬飼糧中添加卵磷脂，可以顯著改善對牛油及大豆油之消化率，但無法提高對椰子油的消化率，甚至會降低對豬油之消化率。同樣在離乳豬方面之研究，Overland *et al.* (1993a) 及 Overland and Sundstol (1995) 於飼糧中添加卵磷脂，分別以大豆油及動物油進行試驗，結果均顯示卵磷脂無法提高離乳豬隻之脂肪消化率。Overland *et al.* (1993b) 及 Overland *et al.* (1994) 以生長豬進行試驗，發現飼糧中添加卵磷脂仍然無法提高對大豆油及動物油之消化率。

綜合以上文獻，顯示卵磷脂對改善脂肪消化率的效果並不

致，卵磷脂的效果除了受到卵磷脂添加量之影響外，可能亦受脂肪種類之影響。陳及姜 (1998) 雖未發現卵磷脂與脂肪種類間在脂肪消化率方面顯著之交互作用，但發現卵磷脂提高 C16:0 及 C18:0 之消化率，卻無法提高 C18:1、C18:2 及 C18:3 之消化率，此結果顯示卵磷脂應較有利於提高飽和脂肪酸含量較高之牛油之消化率；他們確實發現卵磷脂提高 7 日齡雞隻對牛油消化率之幅度 (53.7 vs. 41.9%) 遠大於提高大豆油者 (67.8 vs. 63.9)。另外，年齡亦是影響脂肪消化率重要因子，年幼動物消化系統尚未完全發展，消化能力較差，卵磷脂的效果是否較易顯現出來？陳及姜 (1998) 發現 7 日齡雞隻對大豆油及牛油之消化率低於 21 日齡雞隻者，而卵磷脂提高脂肪消化率之效果，在 7 日齡之雞隻大於 21 日齡雞隻者，不過未達顯著水準。

(三) 卵磷脂對脂肪代謝之影響

目前的研究顯示，有關卵磷脂降低血中脂質含量效果有很大爭議性。Prack *et al.* (1983) 指出給予正常人卵磷脂並無降低血中膽固醇效果，Ter Welle *et al.* (1974) 亦有同樣看法。然而，相反的研究成果卻不斷累積，Biel and Grundy (1980) 指出，給予卵磷脂可以降低血中膽固醇含量，Childs *et al.* (1981) 更發現卵磷脂可以提高高膽固醇血症 (hypercholesterolemia) 患者血中 HDL 膽固醇含量，但提高程度不大，並降低 LDL 膽固醇含量；Wong *et al.* (1980) 在高血脂症猴子 (hyperlipidemic monkey) 以及 Clark *et al.* (1981) 在高血脂症大白鼠上也有效果。

(四) 其他

卵磷脂含有大量亞麻油酸 (55-58%) (Wilson *et al.*, 1998 ;

Wettstein *et al.*, 2000), 早期卵磷脂在醫療的使用上是作為亞麻油酸供應來源。此外, 卵磷脂約含 13% 膽鹼, 為補充膽鹼來源之一 (Canty and Zeisel, 1994)。

臨床上有以提高體內膽鹼含量, 即是給予乙醯膽鹼之先成物, 如氯化膽鹼或卵磷脂, 以作為治療手段, 但無一致性的改善效果 (Canty and Zeisel, 1994)。

另外, 在家禽其他研究方面, 粗卵磷脂是肉雞以及蛋黃有效之色素來源 (Lipstein *et al.*, 1967 ; 1970)。對家禽來說卵磷脂亦是膽鹼有效來源, 在生長及預防滑腱症 (perosis) 方面的效果與氯化膽鹼相當 (Lipstein *et al.*, 1977)。

(五) 膽鹽之性質

膽汁由膽鹽、膽固醇、卵磷脂及膽色素等組成。膽汁由肝臟所製造及分泌, 亦為膽鹽、膽固醇、卵磷脂及膽色素的運輸工具, 主要有以下四種功能 (李等, 2002) :

(1) 乳化作用 : 膽汁中的膽鹽為一種乳化劑, 膽鹽可降低物質的表面張力使腸內食糜中之脂肪被乳化, 亦使脂肪酸及不溶性皂類溶解, 因此膽汁之存在對於脂肪之消化吸收及脂溶性維生素 A、D、E 及 K 之吸收極為重要。

(2) 酸之中和 : 膽汁之 pH 值稍高於 7.0, 可中和來自胃部之酸性食糜。

(3) 分泌作用 : 膽酸可排泄許多藥物、毒物及一些無機鹽 (如銅、鋅及汞等) 及膽色素。

(4) 膽色素之代謝 (bile pigment metabolism)。

(六) 膽鹽對脂肪消化吸收之影響

在家禽方面，以純化飼糧並添加 8.2% 的牛油餵飼雞隻時，膽鹽可改善雞隻對牛油的消化率 15-20% (Gomez and Polin, 1976)。另外，以豬油、氫化大豆油及玉米油替代純化飼糧中等能量的葡萄糖時，膽鹽及膽酸也可改善這些脂肪的表面消化率 (Gomez and Polin, 1974)，他們也證明了這些脂質的額外能量效應及膽酸改善額外代謝能值的效應。Gomez and Polin (1976) 指出，以一般飼糧餵飼產蛋母雞時，膽酸並無法改善牛油的表面消化率。而於一般飼糧添加 12% 牛油時，膽鹽可增加牛油之消化率 (Katogole and March, 1980)。某些膽鹽改善牛油的消化率可能與其特殊的分子結構有關，膽鹽可促進飽和脂肪酸的吸收，且可能與添加的脂肪 (lipase) 間有交互作用存在。在使用時，必須考慮使用於一般或純化飼糧，使用於純化飼糧可較正確估算年輕雞隻使用膽鹽對牛油吸收時的影響 (Polin *et al.*, 1980)。

Polin *et al.* (1980) 於含 4% 牛油，分別添加 0.04% 膽酸，鵝去氧膽酸 (chenodeoxycholic acid)，去氫膽酸 (dehydrocholic acid)，去氧膽酸 (deoxycholic acid) 或牛磺膽酸鈉 (sodium taurocholate) 之飼糧餵飼公白色來亨雞，結果膽酸可改善雞隻對牛油之消化率，但不顯著；鵝去氧膽酸顯著改善 0-7 日齡雞隻對牛油的消化率，而降低 14-21 日齡雞隻對牛油之消化率；去氫膽酸，去氧膽酸及牛磺膽酸鈉對雞隻對牛油之消化率無顯著影響。飼糧中添加 0.04% 膽酸及 0.10% 脂肪，分別顯著改善 1 及 3 週齡雞隻 8 及 4% 對牛油之消化率 (Polin *et al.*, 1980)。另外，Gomez and Polin (1974 ; 1976) 及 Kussaibati *et al.* (1982) 指出，添加膽鹽於含高濃度飽和脂肪酸之飼糧可提高飼糧之代謝能值及脂

肪消化率，尤其對年輕雞隻而言。年輕雞隻消化道發育尚未完全，對飽和脂肪酸之消化率較差，添加膽鹽對飽和脂肪酸的吸收影響較大，而較老雞隻對膽鹽提高飽和脂肪酸消化率之效果較不明顯。此外，乾物質的消化率及利用效率可能也因脂質吸收效率的改善而改善 (Polin *et al.*, 1980)。

一般牛油的代謝能為 7010 kcal/kg, 約為不飽和植物油之 78% (Polin *et al.*, 1980)。Duckworth *et al.* (1950), Fedde *et al.* (1960) 及 Renner and Hill (1960) 分別指出, 3 週齡內雞隻對牛油之表面消化率並未達最大值。當餵飼雞隻添加牛油的純化飼糧, 在 4-7 及 14-19 日齡時脂肪的表面消化率分別只有 35-40% 及 68-78%, 而以不飽和脂肪餵飼時脂肪的表面消化率可達 92% (Carew *et al.*, 1972; Gomez and Polin, 1976)。而年輕雞隻對牛油的代謝能值不僅低於一般值, 在純化飼糧中更低 (Polin *et al.*, 1980)。

在豬隻方面, Freeman (1969) 及 Borgstrom (1974) 指出, 當有磷脂存在下, 膽鹽與長鏈飽和脂肪酸及固醇類形成微膠粒之能力增加; 另外, 乳化劑之添加使脂肪及氮的消化率增加, 而總能及乾物質之消化率有隨著此現象改變的趨勢。Jones *et al.* (1992) 指出, 飼糧中添加乳化劑並不影響 0-7 日齡豬隻之增重及飼料採食量。

(七) 膽鹽對脂肪代謝之影響

人體每天排泄約 1 g 膽固醇, 膽固醇及卵磷脂不溶於水, 必須溶於卵磷脂-膽鹽微膠粒 (phosphatidylcholine-bile salt micelle) 內而排泄於糞便中, 膽固醇於膽汁中之溶解度取決於膽鹽、卵磷脂及膽固醇三者之相互比例, 當膽汁成分異常造成膽固醇過飽和

狀態，則易形成膽結石 (bile stone) (李等, 2002)。

材 料 與 方 法

一. 試驗設計及飼糧

576 隻 1 日齡愛拔益加 (Arbor Acres) 肉雞，逢機分配至六處理組，每處理組四重複，每重複 24 隻。每處理組分別飼予 (1) 對照組，(2) 降代謝能 3% 組 (-3% ME)，(3) 降代謝能 6% 組 (-6% ME)，(4) 降代謝能 3% 添加 125 g 唯樂美/噸飼料組 (-3% ME+125 g Vol/t)，(5) 降代謝能 6% 添加 125 g 唯樂美/噸飼料組 (-6% ME+125 g Vol/t)，或 (6) 降代謝能 6% 添加 500 g 唯樂美/噸飼料組 (-6% ME+500 g Vol/t) 之飼糧，飼養期 6 週。飼糧主要由玉米-大豆粕-全脂豆粉配成；分成育雛、生長及肥育期三期，對照組之代謝能在育雛期為 3192 kcal/kg，生長期為 3129 kcal/kg，肥育期為 3250 kcal/kg (表 2，3 及 4)。於第 2-4 週飼糧中添加 0.25 % 三氧化二鉻作為脂肪消化率測定之指示劑。

二. 雞隻飼養管理及採樣

雞隻於 1 日齡秤重後，飼養於開放式平飼雞舍，以木屑作為墊料，採 24 小時光照。雞隻於 4 日齡時進行新城雞瘟及傳染性支氣管炎 (ND + IB) 點眼；10 日齡進行雞痘 (Pox) 翼膜穿刺；14 日齡進行傳染性支氣管炎及新城雞瘟 (Mass IB + ND-B-1) 飲水；28 日齡進行傳染性支氣管炎及新城雞瘟 (Mass IB + ND Lasota) 飲水。飼料及飲水任飼。

育雛、生長及肥育三期分別為 0-2、2-4 及 4-6 週齡，於 24 日齡起連續收集糞便 3 日，收集之糞便樣品保存於 -30℃，以供

表 2. 試驗飼糧組成及價格 (0-2 週)

Table 2. The composition and price of experiment diet (week 0-2)

Diet		Control	-3%ME+125g	-6%ME+125g	-6%ME+500g
	Price		Vol/t	Vol/t	Vol/t
Ingredient	(NTD/kg)	kg/ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton
Yellow Corn	4.83	516.00	544.10	558.33	558.33
Soybean Meal	8.05	165.7	162.8	212.4	212.4
Full Fat Soybean Meal	9.00	159.3	159.3	117.0	117.0
Corn Gluten Meal	13.90	36.4	34.7	22.7	22.7
Salt	4.00	3.0	3.0	3.0	3.0
Fish Meal	26.00	44.8	44.8	44.8	44.8
Tallow	15.00	39.8	16.2	7.0	7.0
Dicalcium phosphate	1.50	17.0	17.0	16.8	16.8
Limestone	2.00	9.4	9.5	9.3	9.3
Choline-Cl (75%)	30.00	1.0	1.0	1.0	1.0
DL-Methionine	150.00	1.10	1.10	1.17	1.17
Vitamin Premix ^a	240.00	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral Premix ^b	60	1.0	1.0	1.0	1.0
Volamel	800.00	0.0	0.125	0.125	0.500
Amprolium	450.00	1.5	1.5	1.5	1.5
Neomycin	320.00	1.5	1.5	1.5	1.5
CTC	180.00	1.5	1.5	1.5	1.5
Total		1000.0	1000.125	1000.125	1000.500
Price, NTD		9721.7	9551.7	9342.3	9642.3
Calculated values					
Crude protein, %		23	23	23	23
Crude fat, %		9.10	6.95	5.36	5.36
ME, kcal/kg		3192	3096	3000	3000
Ca, %		1.0	1.0	1.0	1.0
AP, %		0.45	0.45	0.45	0.45
Methionine + cystine, %		0.9	0.9	0.9	0.9

^aProvide per kilogram of diet: vitamin A, 15,000 IU; vitamin D₃, 2,500 IU; vitamin E, 40 mg; vitamin k₃, 3 mg; thiamine, 3 mg; riboflavin, 6 mg; pyridoxine, 4 mg; vitamin B₁₂, 0.04 mg; pantothenate, 16 mg; niacin, 30 mg; folate, 1 mg; biotin, 0.12 mg.

^bProvide per kilogram of diet: Cu, 15 mg; Fe, 70 mg; Zn, 100 mg; Mn, 80 mg; I, 2 mg; Se, 0.15 mg; Co, 0.5 mg.

表 3. 試驗飼糧組成及價格 (2-4 週)

Table 3. The composition and price of experiment diet (week 2-4)

Diet		Control	-3%ME+125g	-6%ME+125g	-6%ME+500g
			Vol/t	Vol/t	Vol/t
Ingredient	Price (NTD/kg)	kg/ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton
Yellow Corn	4.83	565.12	593.15	609.61	609.61
Soybean Meal	8.05	204.2	222.0	275.0	275.0
Full Fat Soybean Meal	9.00	123.0	95.2	42.1	42.1
Corn Gluten Meal	13.90	8.1	8.1	0.0	0.0
Salt	4.00	3.0	3.0	3.0	3.0
Fish Meal	26.00	29.9	29.9	29.9	29.9
Tallow	15.00	33.2	15.2	7.0	7.0
Dicalcium phosphate	11.50	14.3	14.3	14.2	14.2
Limestone	2.00	11.0	11.0	11.0	11.0
Choline-Cl (75%)	30.00	0.9	0.9	0.9	0.9
DL-Methionine	150.00	1.08	1.05	1.09	1.09
Vitamin Premix ^a	240	0.7	0.7	0.7	0.7
Mineral Premix ^b	60	1.0	1.0	1.0	1.0
Volamel	800.00	0.0	0.125	0.125	0.500
Amprolium	450.00	1.5	1.5	1.5	1.5
Neomycin	320.00	1.5	1.5	1.5	1.5
CTC	180.00	1.5	1.5	1.5	1.5
Total		1000.0	1000.125	1000.125	1000.500
Price, NTD		8946.3	8799.5	8595.1	8895.1
Calculated values					
Crude protein, %		21	21	21	21
Crude fat, %		7.89	5.79	4.13	4.13
ME, kcal/kg		3129	3035	2914	2914
Ca, %		0.95	0.95	0.95	0.95
AP, %		0.40	0.40	0.40	0.40
Methionine + cystine, %		0.81	0.81	0.81	0.81

^aProvide per kilogram of diet: vitamin A, 10,500 IU; vitamin D₃, 1,750 IU; vitamin E, 28 mg; vitamin k₃, 2.1 mg; thiamine, 2.1 mg; riboflavin, 4.2 mg; pyridoxine, 2.8 mg; vitamin B₁₂, 0.028 mg; pantothenate, 11.2 mg; niacin, 21 mg; folate, 0.7 mg; biotin, 0.084 mg.

^bProvide per kilogram of diet: Cu, 15 mg; Fe, 70 mg; Zn, 100 mg; Mn, 80 mg; I, 2 mg; Se, 0.15 mg; Co, 0.5 mg.

表 4. 試驗飼糧組成及價格(4-6 週)

Table 4. The composition and price of experiment diet (week 4-6)

Diet		Control	-3%ME+125g	-6%ME+125g	-6%ME+500g
	Price		Vol/t	Vol/t	Vol/t
Ingredient	(NTD/kg)	kg/ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton
Yellow Corn	4.83	597.15	631.13	623.74	623.74
Soybean Meal	8.05	123.3	130.9	176.6	176.6
Full Fat Soybean Meal	9.00	149.5	125.6	130.6	130.6
Corn Gluten Meal	13.90	30.4	34.7	0.0	0.0
Salt	4.00	3.0	3.0	3.0	3.0
Fish Meal	26.00	29.9	29.9	29.9	29.9
Tallow	15.00	37.4	15.3	7.0	7.0
Dicalcium phosphate	11.50	12.2	12.3	11.8	11.8
Limestone	2.00	11.4	11.5	11.4	11.4
Choline-Cl (75%)	30.00	0.8	0.8	0.8	0.8
DL-Methionine	150.00	0.25	0.17	0.46	0.46
Vitamin Premix ^a	240	0.7	0.7	0.7	0.7
Mineral Premix ^b	60	1.0	1.0	1.0	1.0
Volamel	800.00	0.0	0.125	0.125	0.500
Amprolium	450.00	1.5	1.5	1.5	1.5
Neomycin	320.00	1.5	1.5	1.5	1.5
Total		1000.0	1000.125	1000.125	1000.500
Price, NTD		8629.5	8457.0	8265.0	8565.0
Calculated values					
Crude protein, %		20	20	20	20
Crude fat.%		8.86	6.47	5.69	5.69
ME, kcal/kg		3250	3152	3055	3055
Ca, %		0.9	0.9	0.9	0.9
AP, %		0.35	0.35	0.35	0.35
Methionine + cystine, %		0.72	0.72	0.72	0.72

^aProvide per kilogram of diet: vitamin A, 10,500 IU; vitamin D₃, 1,750 IU; vitamin E, 28 mg; vitamin k₃, 2.1 mg; thiamine, 2.1 mg; riboflavin, 4.2 mg; pyridoxine, 2.8 mg; vitamin B₁₂, 0.028 mg; pantothenate, 11.2 mg; niacin, 21 mg; folate, 0.7 mg; biotin, 0.084 mg.

^bProvide per kilogram of diet: Cu, 15 mg; Fe, 70 mg; Zn, 100 mg; Mn, 80 mg; I, 2 mg; Se, 0.15 mg; Co, 0.5 mg.

分析之用。

雞隻於第 2、4 及 6 週齡時稱重，稱重於當日上午 8:00 開始，稱重前一晚下午 8:00 雞隻絕食，共絕食 12 小時，但不停水，稱重時動作要儘量迅速小心，以減少雞隻緊迫，稱重結束時立即恢復給飼，並給予水溶性維生素以降低緊迫。

於平飼飼養因糞便易與墊料木屑摻雜，形成樣品污染，故使用糞盤收集糞便，先於 21 日時每欄放置一個糞盤，糞盤周圍四角以磚塊架起，放置三天使雞隻適應，於第 24 日起連續收集糞便 3 天，每日收集 2 次，分別於上午 8:00 及下午 4:00 開始，將糞盤上所收集之糞便儘量挑除墊料後置入封口袋冷凍於 -30 保存。

三. 屠宰及屠體測定

雞隻於試驗期結束經稱重後，以頸椎脫臼法犧牲之，犧牲後立即剖腹取其去骨之胸肉、左腿之骨腿及腹脂，稱重後測定其胸肉、腿肉及腹脂與雞隻活體重之比例。

四. 成本分析方法

(一) 總生產成本

Feed price：飼料購入之單位價格。

Final weight：雞隻屠宰前之平均活體重。

Sale weight：雞隻出售時之總重。

Income : 雞隻出售時之收入。

Feed cost : 飼料單位價格乘以飼料總採食量。

Chick cost : 雛雞之購入成本。

Other cost : 藥物、水及電之成本。

Total cost : feed、chick 及 other cost 之總和。

Profit : income 減去 total cost。

Profit / chick started : profit 除以 96。

(二) 胸肉及腿肉之生產成本

1. 胸肉生產成本

胸肉生產成本 : 每隻雞之平均生產成本除以每隻雞之平均胸肉重 (公斤)。

2. 腿肉生產成本 : 每隻雞之平均生產成本除以每隻雞之平均腿肉重 (公斤)。

3. 胸加腿肉生產成本 : 每隻雞之平均生產成本除以每隻雞之平均胸加腿肉重 (公斤)。

五. 樣品分析

(一) 飼料及糞便成分分析

1. 粗脂肪含量分析

飼料 (生長期) 經研磨機磨碎後均勻混合, 以乙醚萃取法分析; 糞便樣品經烘箱以 55 三天時間烘乾後, 磨碎保存, 分別測定飼料及糞便中粗脂肪含量。

飼料利用 Soxtec 粗脂肪萃取機 (2055, Foss Tecator, AB) 測

定飼料中粗脂肪含量，以乙醚為萃取溶劑，進行粗脂肪萃取（包含預煮 2 小時，萃取 6 小時及回收 1 小時；溫度設定為 80 ）。

脂肪在消化過程中經脂肪？水解釋出脂肪酸 (Pond *et al.*, 1995)，其中大部分的脂肪酸會與食糜中之陽離子礦物質如鈣、鉀或鈉產生皂化作用 (Van de Kamer *et al.*, 1949)，而皂化所產生的皂化物為水溶性之物質，故無法被乙醚所萃取，因此在測定糞便中脂肪時乙醚萃取法可能低估了其真正的含量。因此本試驗利用滴定法 (Van de Kamer *et al.*, 1949) 來測定糞便中脂肪含量。滴定法是將糞便中脂肪酸皂化物（包括原有的及由三酸甘油酯水解及皂化後產生的），與鹽酸作用形成脂肪酸，經石油醚萃取後以鹼滴定之，求出糞便中脂肪含量（附錄 1）。

2. 鉻濃度分析 (附錄 2)

飼料及糞便樣品中鉻濃度之分析依 Williams *et al.* (1962) 所述之方法處理，樣品經灰化；加熱消化後；稀釋至適當倍數後，以 Atomic Absorption Spectrophotometer (Hitachi 170-30, Tokyo, Japan) 測定之。

六. 脂肪消化率測定

以指示劑法測定雞隻對脂肪之消化率，計算公式如下：

脂肪消化率, % =

$$100 - 100 \times \frac{\text{飼糧中鉻 \%} \times \text{糞便中粗脂肪 \%}}{\text{糞便中鉻 \%} \times \text{飼糧中粗脂肪 \%}}$$

七. 統計分析

試驗所得數據利用 SAS (2002)，以鄧肯氏新多次變域測定法

(Duncan's New Multiple Range Test) 比較各處理組間差異之顯著性。

結果與討論

一. 雞隻生長性狀

降低 0-2 週齡肉雞飼糧代謝能後添加唯樂美對其生長表現之影響如表 5 所示。

在末重、增重及飼料利用效率方面，(1)(2)(3)(4) 組間沒有顯著差異，而 (5)(6) 組則顯著低於 (1) 組 ($P < 0.05$)，顯示降低飼糧 6% 代謝能後添加 125 g 及 500 g 唯樂美/噸無法維持肉雞生長性能之正常水準；各處理組間在飼料採食量、死亡率、淘汰率及育成率方面沒有顯著差異。

降低 2-4 週齡肉雞飼糧代謝能後添加唯樂美對其生長表現之影響如表 6 所示。

在初重、末重及增重方面，(1)(2)(3)(4) 組間沒有顯著差異，而 (5)(6) 組則顯著低於 (1) 組 ($P < 0.05$)，顯示降低飼糧代謝能 6% 後添加 125 g 及 500 g 唯樂美/噸無法維持肉雞生長性能之正常水準；各處理組間在飼料採食量、飼料利用效率、死亡率、淘汰率及育成率方面沒有顯著差異。

降低 4-6 週齡肉雞飼糧代謝能後添加唯樂美對其生長表現之影響如表 7 所示。

在初重方面，(1)(2)(3)(4) 組間沒有顯著差異，而 (5)(6) 組則顯著低於 (1) 組 ($P < 0.05$)；各處理組間在末重、增重、飼料採食量及死亡率、淘汰率及育成率方面沒有顯著差異。

降低 0-6 週齡肉雞飼糧代謝能後添加唯樂美對其生長表現之影響如表 8 所示。

表 5. 降低飼糧代謝能後添加唯樂美對肉雞生長表現之影響 (0-2 週)

Table 5. Growth performance of broilers fed regular or ME-reduced volamel supplemented diet (week 0-2)

Treatments	Control	- 3%ME	- 6%ME	- 3%ME + 125g Vol/t	- 6%ME + 125g Vol/t	- 6%ME + 500g Vol/t	SEM
Groups	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
Initial wt, g	41.8	41.4	41.6	41.4	41.0	41.0	0.32
Final wt, g	376.2 ^a	338.9 ^{ab}	340.8 ^{ab}	360.9 ^{ab}	328.3 ^b	330.1 ^b	12.59
Weight gain, g	334.5 ^a	297.5 ^{ab}	299.2 ^{ab}	319.50 ^{ab}	287.4 ^b	289.2 ^b	12.53
Feed intake, g	373.2	365.3	383.8	372.9	393.8	386.0	12.87
Gain/feed	0.90 ^a	0.82 ^{abc}	0.78 ^{abc}	0.86 ^{ab}	0.73 ^c	0.75 ^{bc}	0.038
Mortality, %	1.04	0	0	0	0	1.04	0.62
Culling, %	0	0	0	0	0	0	0
Survival, %	98.96	100	100	100	100	98.96	0.62

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

表 6. 降低飼糧代謝能後添加唯樂美對肉雞生長表現之影響 (2-4 週)

Table 6. Growth performance of broilers fed regular or ME-reduced volamel supplemented diet (week 2-4)

Treatments	Control	- 3%ME	- 6%ME	- 3%ME + 125g Vol/t	- 6%ME + 125g Vol/t	- 6%ME + 500g Vol/t	SEM
Groups	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
Initial wt, g	376.2 ^a	338.9 ^{ab}	340.8 ^{ab}	360.9 ^{ab}	328.3 ^b	330.1 ^b	12.59
Final wt, g	1082.4 ^a	966.5 ^{ab}	971.7 ^{ab}	1035.4 ^{ab}	935.0 ^b	940.6 ^b	39.00
Weight gain, g	706.2 ^a	628.1 ^{ab}	631.6 ^{ab}	674.5 ^{ab}	606.6 ^b	610.5 ^b	26.45
Feed intake, g	1213.9	1129.7	1207.7	1199.7	1175.4	1182.8	30.84
Gain/feed	0.58	0.56	0.52	0.56	0.52	0.52	0.020
Mortality, %	0	1.04	1.04	0	1.04	0	0.72
Culling, %	0	0	0	0	1.04	0	0.43
Survival, %	100	98.96	98.96	100	97.92	100	0.79

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

表 7. 降低飼糧代謝能後添加唯樂美對肉雞生長表現之影響 (4-6 週)

Table 7. Growth performance of broilers fed regular or ME-reduced volamel supplemented diet (week 4-6)

Treatments	Control	- 3%ME	- 6%ME	- 3%ME + 125g Vol/t	- 6%ME + 125g Vol/t	- 6%ME + 500g Vol/t	SEM
Groups	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
Initial wt, g	1082.4 ^a	966.5 ^{ab}	971.7 ^{ab}	1035.4 ^{ab}	935.0 ^b	940.6 ^b	39.00
Final wt, g	1977.5	1897.9	1885.3	1942.8	1883.8	1899.6	49.94
Weight gain, g	895.2	931.4	861.5	907.4	936.7	959.0	41.89
Feed intake, g	1924.9 ^a	1927.8 ^a	1964.0 ^a	1920.2 ^a	1930.1 ^a	1965.8 ^a	59.87
Gain/feed	0.46 ^{ab}	0.48 ^{ab}	0.44 ^b	0.47 ^{ab}	0.49 ^a	0.49 ^a	0.015
Mortality, %	1.09	1.04	0	2.08	0	2.13	0.89
Culling, %	1.09	0	0	0	1.04	1.09	0.74
Survival, %	97.83	98.96	100	97.92	98.96	96.78	1.38

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

表 8. 降低飼糧代謝能後添加唯樂美對肉雞生長表現之影響 (0-6 週)

Table 8. Growth performance of broilers fed regular or ME-reduced volamel supplemented diet (week 0-6)

Treatments	Control	- 3%ME	- 6%ME	- 3%ME + 125g Vol/t	- 6%ME + 125g Vol/t	- 6%ME + 500g Vol/t	SEM
Groups	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
Initial wt, g	41.8	41.4	41.6	41.4	41.0	41.0	0.32
Final wt, g	1977.5	1897.9	1885.3	1942.8	1883.8	1899.6	51.12
Weight gain, g	1935.8	1856.5	1843.7	1901.4	1842.8	1858.6	51.01
Feed intake, g	3512.0	3422.8	3555.5	3492.8	3499.3	3534.5	91.15
Gain/feed	0.55 ^a	0.54 ^{ab}	0.52 ^c	0.54 ^{ab}	0.53 ^{bc}	0.53 ^{bc}	0.006
Mortality, %	2.08	2.08	1.04	2.08	1.04	3.13	1.40
Culling, %	1.04	0	0	0	2.08	1.04	0.79
Survival, %	96.88	97.92	98.96	97.92	96.88	95.83	1.97

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

在初重、末重、增重及飼料採食量方面，各處理組間沒有顯著差異，顯示降低飼糧代謝能 3% 後添加 125 g 唯樂美/噸可維持肉雞生長性能之正常水準；而 (3) (5) (6) 組與 (1) 組相較則有飼料利用效率變差之現象 ($P < 0.05$)，顯示降低飼糧 6% 代謝能似乎太多。在死亡率、淘汰率、及育成率方面，則各處理組間無顯著差異。

綜合 0-2, 2-4 及 4-6 週齡之結果，降低飼糧代謝能 6% 並添加唯樂美，降低 0-2 及 2-4 週齡肉雞之增重，而 4-6 週齡時，具代償作用，使得 0-6 週之增重各處理間，並無顯著差異。0-6 週齡間，肉雞之生長性能中，僅增重/飼料，各處理間具顯著差異。降低代謝能 3%，並不影響增重/飼料，但進一步降低代謝能 6% 顯著使飼料利用效率變差。很多研究者均發現，降低飼糧代謝能太多，會使肉雞之飼料利用效率變差。Lesson *et al.* (1996) 指出，降低飼糧代謝能 6、12 及 18%，對 7 週齡公肉雞之體重及增重無顯著影響，飼料採食量則顯著增加，使得飼料利用效率顯著較差。另外，Summers *et al.* (1992) 卻指出，分別降低代謝能 6.5、7.5%，並不影響 0-3 及 3-6 週齡肉雞之增重、飼料採食量及飼料利用效率。本試驗之結果與以上文獻之結果相比並不完全一致。

而飼糧中添加唯樂美對飼料/增重及其他之生長性能並無影響。Polin and Hussen (1982) 及 Al-Marzooqi and S. Leeson (1999) 發現，飼糧中添加乳化劑，對肉雞生長性能之效果不一致。他們所用之乳化劑與本試驗所用的不同，效果很難同時比較。

二. 雞隻屠體性狀

降低飼糧代謝能後，添加唯樂美對 6 週齡雞隻胸肉及腿肉量之影響如表 9 所示。

(1)(2) 及 (4) 組間，胸肉含量並無顯著差異，顯示降低飼糧代謝能 3% 並不影響雞隻胸肉含量，而添加 125 g 唯樂美/噸對雞隻胸肉含量並無進一步影響。(1) 及 (3) 組間，雞隻胸肉含量差異顯著 ($P < 0.05$)，(3) 組顯著高於 (1) 組，而進一步添加 125 g 或 500 g 唯樂美/噸則無進一步影響。各處理組間在雞隻腿肉含量方面，並無顯著影響。在腹脂含量方面，(1)(2) 及 (4) 組間，差異不顯著，顯示降低飼糧代謝能 3% 並不影響雞隻腹脂含量，而添加 125 g 唯樂美/噸亦無進一步影響。(3)(5) 組與 (1) 組相較，腹脂含量顯著較低 ($P < 0.05$)，顯示降低飼糧代謝能 6% 降低雞隻腹脂含量，即使添加 125 g 唯樂美/噸，亦無影響；而添加 500 g 唯樂美/噸，雖可提高腹脂含量至 (1) 組之水準，但仍偏低，顯示出 500 g 唯樂美/噸之添加量對腹脂含量有不良之影響。

此結果顯示降低飼糧代謝能 6%，增加肉雞之胸肉及降低腹脂之比例。Lesson *et al.* (1996) 指出，降低飼糧代謝能 6、12 及 18%，並不顯著影響 7 週齡雞隻之屠體、胸肉重及胸肉之比例，但顯著降低腹脂重及腹脂之比例。Jackson *et al.* (1982) 指出，降低飼糧代謝能 5.6、11.1、16.7、22.2 及 27.8%，也顯著降低 7 週齡肉雞之腹脂重。

降低飼糧中代謝能 3% 後添加唯樂美 125 g/t 或降低飼糧中代謝能 6% 後分別添加唯樂美 125 g/t 及 500 g/t 則不影響肉雞之屠體性狀；而相關之文獻仍付之闕如。

不同性別雞隻之屠體性狀 (6 週齡) 如表 10 所示。

表 9. 降低飼糧代謝能後添加唯樂美對肉雞屠體性狀 (6 週) 之影響

Table 9. Carcass characteristics of broilers fed regular or ME-reduced volamel supplemented diet (week 6)

Treatments	Control	- 3%ME	- 6%ME	- 3%ME + 125g Vol/t	- 6%ME + 125g Vol/t	- 6%ME + 500g Vol/t	SEM
Groups	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
Live body wt ¹ , g	1977.5	1897.9	1885.3	1942.8	1883.8	1899.6	51.12
Breast wt ² , g	294.79 ^{ab}	284.04 ^b	295.44 ^{ab}	300.05 ^a	291.31 ^{ab}	285.62 ^b	4.31
Thigh wt ³ , g	351.08 ^a	346.71 ^{ab}	339.02 ^{ab}	348.28 ^{ab}	338.63 ^{ab}	334.34 ^b	4.63
Abdominal fat wt., g	44.31 ^a	40.52 ^{ab}	32.04 ^c	43.21 ^{ab}	31.88 ^c	37.70 ^{bc}	2.10
Breast, %	14.91 ^b	14.97 ^b	15.67 ^a	15.44 ^{ab}	15.46 ^{ab}	15.04 ^{ab}	0.23
Thigh, %	17.75	18.27	17.98	17.93	17.98	17.60	0.24
Abdominal fat, %	2.24 ^a	2.14 ^a	1.70 ^b	2.22 ^a	1.69 ^b	1.98 ^{ab}	0.11

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

^{1,2,3}wt = weight

表 10. 不同性別肉雞之屠體性狀(6 週)

Table 10. Carcass characteristics of male and female broilers (week 6)

Sex	Male	Female	SEM
Breast weight, g	2878.00	295.76	2.49
Thigh weight, g	348.34	337.68	2.68
Abdominal weight, g	33.88	42.68	1.21
Breast, %	15.0 ^b	15.5 ^a	0.13
Thigh, %	18.2 ^a	17.6 ^b	0.14
Abdominal fat, %	1.77 ^b	2.23 ^a	0.06

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

在胸肉比例方面，公雞顯著少於母雞 ($P < 0.05$)，顯示出同體重的雞隻，母雞比公雞有較多的胸肉；在腿肉含量方面，母雞顯著少於公雞 ($P < 0.05$)，顯示出同體重的雞隻公雞要比母雞的腿肉多；在腹脂含量方面，母雞顯著多於公雞 ($P < 0.05$)，顯示出同體重之雞隻，母雞的腹脂含量多於公雞。此結果與 Sonaiya (1988)，Sklan and Ayal (1989) 及 Sanz *et al.* (1999) 符合。

三. 成本分析

飼予肉雞不同飼糧之飼糧及生產成本如表 11 所示。

在飼料單位價格方面，育雛期料以 (1) 組最高，為 9.71 元/公斤，(2)~(6) 組分別比 (1) 組低 0.27, 0.48, 0.17, 0.38 及 0.08 元；飼料單位價格隨能量值之降低而下降，其中唯樂美之價格為 800 元/公斤，即每公噸飼料中添加 125 g 的唯樂美將使飼料單位價格多 100 元。在生長期料方面 (1) 組為 8.95 元/公斤，分別比 (2)~(6) 組高 0.25, 0.45, 0.15, 0.35 及 0.05 元。在肥育期料方面，(1) 組為 8.63 元/公斤，分別比 (2)~(6) 組高 0.27, 0.46, 0.17, 0.36 及 0.06 元。三期平均而言，(1)~(6) 組飼料分別為 9.10, 8.83, 8.63, 8.93, 8.73 及 9.03 元，(2)~(6) 組分別為比 (1) 組低 0.27, 0.47, 0.17, 0.37, 0.07 元。

在末重方面，以 (1) 組為最重，(2)~(6) 組雞隻之平均末重分別較 (1) 組低了 0.07, 0.08, 0.03, 0.09 及 0.06 公斤，其中以 (4) 組與 (1) 組最接近。

各組在出售總重方面，以 (1) 組最重，(4) 組其次，二者皆達 182 kg 以上，顯示出降低飼糧代謝能 3% 後添加 125 g 唯樂美/噸可

表 11. 飼予肉雞不同飼糧之飼料及成本分析

Table 11. The feed and production costs of broilers fed different diets

Treatments	Control	-3%ME	-6%ME	-3%ME+	-6%ME+	-6%ME+
				125g Vol/t	125g Vol/t	500g Vol/t
Groups	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Feed price, NTD/kg						
starter	9.71	9.44	9.23	9.54	9.33	9.63
grower	8.95	8.70	8.50	8.80	8.60	8.90
finisher	8.63	8.36	8.17	8.46	8.27	8.57
Final weight, kg/chick	1.97	1.90	1.89	1.94	1.88	1.91
Sale weight, kg	183.21	178.60	179.55	182.36	174.84	175.72
Income, NTD ¹	6778.8	6608.2	6643.4	6747.3	6469.1	6501.6
Feed cost, NTD	2892.3	2763.6	2835.8	2853.8	2765.8	2860.3
Chick cost, NTD ²	1536	1536	1536	1536	1536	1536
Other cost, NTD ³	1344	1344	1344	1344	1344	1344
Total cost, NTD	5772.3	5643.6	5715.8	5733.8	5645.8	5740.3
Profit, NTD	1006.5	964.6	927.6	1013.5	823.3	761.3
Profit, NTD/chick started	10.48	10.05	9.76	10.56	8.58	7.93

¹37 NTD/kg final weight.

²16 NTD/chick.

³14 NTD/chick (medicine, water, electricity cost).

維持肉雞出售活體重；(2) 及 (4) 組間，(4) 組出售重比 (2) 組多 3.76 kg 顯示出降低代謝能 3% 後添加 125 g 唯樂美/噸可改善雞隻出售重，(3) (5) 及 (6) 組間，可發現降低飼糧代謝能 6% 後，添加唯樂美並無法恢復出售重的水準，顯示降低代謝能 6% 似乎太多了。

在收入方面，(1) 及 (4) 組最接近，皆達 6700 元以上，比 (2) (3) (5) 及 (6) 組高，顯示出降低飼糧代謝能 3% 並添加 125 g 唯樂美/噸可維持 (1) 組的收入水準，(3) (5) 及 (6) 組間，以 (3) 組收入最好，顯示降低飼料代謝能 6% 後添加唯樂美並無法增加收入，表示降低代謝能 6% 似乎太多了，添加唯樂美反而會增加飼料成本，減少收入。在飼料成本方面，以 (1) 組最高，依次為 (6) (4) (3) (5) 及 (2) 組，(2) 及 (4) 組間，(4) 組高於 (2) 組，顯示出添加唯樂美會增加飼料成本，(3) (5) 及 (6) 組間，以 (6) 組最高，(5) 組最低，顯示降低飼糧代謝能 6% 後添加 125 g 唯樂美/噸會減少飼料成本，而添加 500 g 唯樂美/噸會使飼料成本增加。

在雞隻價格及其他成本（水、電及藥品等）方面，各處理組間皆相同。在總成本方面，以 (1) 組最高，依次為 (6) (4) (3) (5) 及 (2) 組，(2) 及 (4) 組間，(4) 組成本高於 (2) 組許多，(3) (5) 及 (6) 組間，以 (6) 組最高，(5) 組最低，顯示出降低飼糧代謝能 6% 後添加 125 g 唯樂美/噸可降低總成本，而添加 500 g 唯樂美/噸使總成本增加。在利潤方面，以 (4) 組最高，(4) 組比 (1) 組多了 7 元，(1) ~ (3) 組間，利潤隨代謝能值得降低而降低，(2) 及 (4) 組間，(4) 組高於 (2) 組許多，顯示降低飼糧代謝能 3% 後添加

125 g 唯樂美/噸可改善利潤，(3) (5) 及 (6) 組間，(3) 組最高，依次為 (5) 及 (6) 組，顯示降低飼糧代謝能 6% 後添加唯樂美反而使利潤減少，且減少的利潤隨唯樂美添加量的上升而增加；在利潤（每進一隻雞隻）方面，以 (4) 組最好，依次為 (1) (2) (3) (5) 及 (6) 組，(1) 及 (4) 組皆達 10.48 元以上，(4) 組比 (1) 組多 0.08 元（其中勞力、設備折舊費均未算入成本分析中），(2) 及 (3) 組間，隨飼糧代謝能值的降低，利潤（每進一隻雞隻）隨之降低，(3) (5) 及 (6) 組間，以 (3) 組最高，依次為 (5) 及 (6) 組，顯示出降低飼糧代謝能 6% 似乎太多，添加唯樂美反而使利潤（每進一隻雞隻）下降，且添加量愈高，利潤愈低。

餵予肉雞不同飼糧之胸肉、腿肉及胸加腿肉生產成本分析如表 12 所示。

在胸肉生產成本方面，以 (6) 組最高，(3) 組最低，(1) ~ (3) 組間，胸肉生產成本也隨著代謝能下降而下降，(1) (2) 及 (4) 組間，以 (1) 組最高，依次為 (2) 及 (4) 組，顯示降低飼糧代謝能 3% 後添加 125 g 唯樂美/噸可減少胸肉生產成本，且 (4) 組比 (1) 組低了 8.6 元/公斤，(3) (5) 及 (6) 組間，以 (3) 組最低，依次為 (5) 及 (6) 組，顯示出降低飼糧代謝能 6% 後添加唯樂美會增加胸肉生產成本，且隨添加量的增加而增加，與 (1) 組相較，(3) 及 (5) 組胸肉生產成本較低，而 (6) 組高於 (1) 組，顯示 500 g 唯樂美/噸的添加量太多，造成胸肉生產成本大幅提高。

在腿肉生產成本方面，以 (6) 組最高，依次為 (5) (1) (3) (4) 及 (2) 組，與 (1) 組相較，(2) (3) 及 (4) 組在降低代謝能後，腿

表12. 餵予肉雞不同飼糧之胸肉、腿肉、胸加腿肉生產成本分析

Table 12. The production costs of breast and thigh meat in broilers fed different diets

Treatments	Control	-3%ME	-6%ME	-3%ME+	-6%ME+	-6%ME+
				125g Vol/t	125g Vol/t	500g Vol/t
Groups	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Breast production						
cost, NTD/kg	211.5	210.7	202.8	202.9	208.3	217.8
Thigh production						
cost, NTD/kg	177.0	172.7	176.9	174.7	179.4	185.6
(Breast+Thigh) production						
cost, NTD/kg	96.4	94.9	94.5	93.9	96.4	100.2

肉生產成本依然較低，而 (5) 及 (6) 組腿肉生產成本高於 (1) 組，顯示降低飼糧代謝能 6% 並添加唯樂美，將使腿肉生產成本增加。

在胸加腿肉生產成本方面，(4) 組最低，與 (1) 相較，生產每公斤胸加腿肉，(4) 組少 2.5 元的成本，(1) ~ (3) 組間，胸加腿肉生產成本由高至低分別為 (1) (2) 及 (3) 組，顯示胸加腿肉之生產成本隨著飼糧中代謝能值下降而下降，(3) (5) 及 (6) 組間，(3) 組最低，(6) 組最高，顯示降低飼糧代謝能 6% 後，添加唯樂美會使胸加腿肉生產成本增加，且隨著添加量的增加而增加。

綜合以上結果可得知，降低飼糧中代謝能 3% 後添加 125 g 唯樂美/噸，可在降低飼料單位價格及飼養成本之情況下，維持肉雞正常生長性能及胸，腿肉之生產。

降低 0-6 週齡肉雞飼糧代謝能 3% 後添加 125 g 唯樂美/噸可得到以下優點：

1. 降低飼料單位價格：每公斤相差 0.17 元，對飼料廠有利。
2. 維持收入：肉雞生產者收入並不減少。
3. 增加利潤：每進一隻雞可增加 0.08 元利潤，對垂直整合系統之業者有利。
4. 降低胸、腿肉生產成本：每公斤可節省 2.5 元，對屠宰場有利。

四. 雞隻之脂肪消化率

降低飼糧代謝能後添加唯樂美對肉雞對脂肪消化率 (24-26 日齡) 之影響如圖 1 所示。

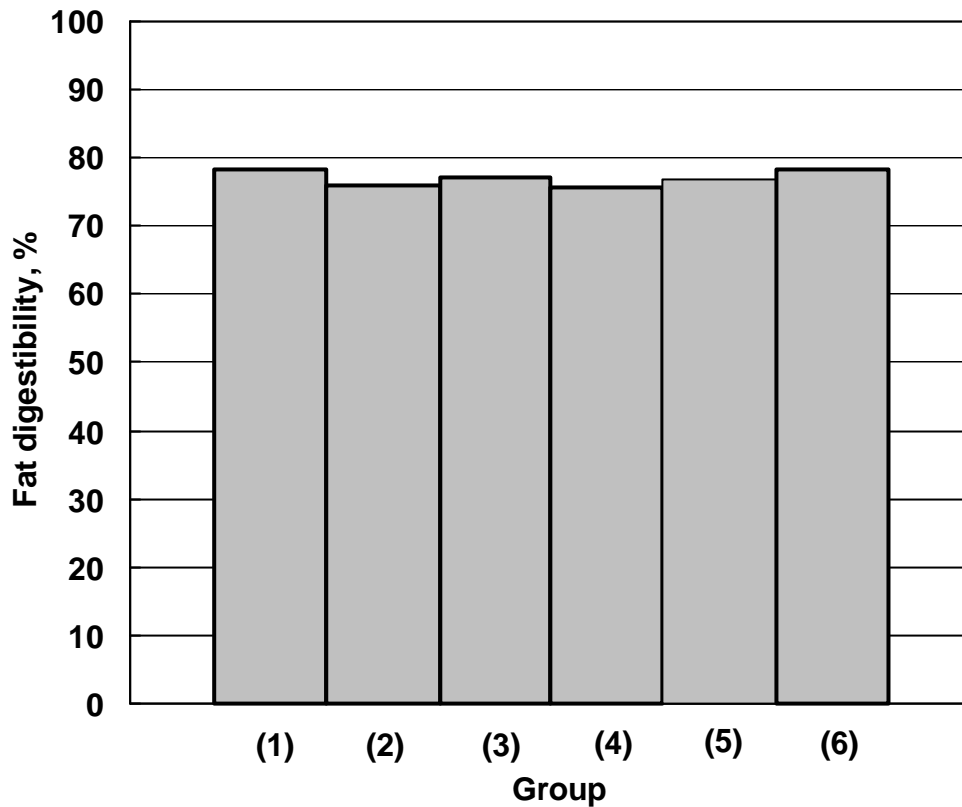


Fig. 1. Fat digestibility of broilers fed regular or ME-reduced volamel supplemented diet (day 24-26)^{abc}.

^aGroup (1) : Control ;

(2) : - 3% ME ;

(3) : - 6% ME ;

(4) : - 3% ME + 125 g Vol/t ;

(5) : - 6% ME + 125 g Vol/t ;

(6) : - 6% ME + 500 g Vol/t.

^bSEM = 4.561.

^cTreatment effect not significant (P > 0.05).

(1) ~ (6) 組之脂肪消化率分別為 78.30、75.92、77.16、75.72、76.81 及 78.28%，各處理組間沒有顯著差異，顯示飼糧添加唯樂美並不影響雞隻對脂肪之消化率。

在肉雞，有關乳化劑對脂肪消化率之影響之研究結果並不一致。Polin (1980) 以等蛋白質及等能量之試驗飼糧餵飼 0-3 週齡之雞隻，飼糧中分別添加 0 或 4% 牛油以及 0.02、0.2 或 2% 之卵磷脂，結果顯示，飼糧中添加 2% 卵磷脂可以顯著提高牛油之消化率。然而 Summers and Leeson (1981) 分別於飼糧中添加 0-1% 卵磷脂，卻無法改善 1-3 週齡肉雞對牛油之消化率；此外，Blanch *et al.* (1995) 於飼糧中添加 0.2% 卵磷脂，亦發現無法改善雞隻對脂肪之消化率，卵磷脂的添加量可能至少要 2% 或者更高才會有效。陳及姜 (1998) 亦發現，飼糧中添加 2% 卵磷脂可提高 7 及 21 日齡肉雞對牛油及大豆油之消化率。

本試驗所添加之乳化劑，據生產公司所述為偏向水溶性者，效果應更佳，添加量亦不需太高（僅添加 125 或 500 ppm），但實際上，並無法提高肉雞對脂肪之消化率。

結 論

降低飼糧代謝能 3% 後添加 125 g 唯樂美/噸飼料時,能維持 6 週齡肉雞之正常生長性能,並能在降低飼料單位價格下,維持生產者之收入並增加垂直整合系統業者之利潤及降低胸及腿肉之生產成本。

參 考 文 獻

- 賴耿陽譯著。1979。界面活性劑應用實務。復興出版社，台南。
- 陳敏修，姜樹興。1998。卵磷脂之代謝能值及影響其促進肉雞對脂肪消化率之因子 - 脂肪種類及年齡。中國畜牧學會會誌 27(4) : 459-472。
- 陳曉芸。2000。不同環境溫度下調整飼糧中多不飽和脂肪酸/飽和脂肪酸比對肉雞生長性能及能量代謝之影響。碩士論文。東海大學畜產學研究所。
- 簡振龍。2000。陰/陽離子界面活性劑的混合增效作用之研究。碩士論文。成功大學化學工程系研究所。
- 賴碧玉。2002。乳液安定性控制因素。碩士論文。元智大學化學工程系研究所。
- 李建雄，端木梁，翁郁嘉，黃淑姿。2002。生物化學，第 2 版。藝軒圖書出版社，台北。
- AOAC, 1984. Official Methods of Analysis (14th Ed.) Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Al-Marzooqi, W., and S. Leeson. 1999. Evaluation of dietary supplements of lipase, detergent, and crude porcine pancreas on fat utilization by young broiler chicks. *Poult. Sci.* 78:1561-1566.
- Biel, F. U., and S. M. Grundy. 1980. Studies on plasma lipoproteins during absorption of exogenous lecithin in man. *J. Lipid Res.* 21:525-536.

- Blanch, A., A. C. Barroeta, M. D. Baucells, and F. Puchal. 1995. The nutritive value of dietary fats in relation to their chemical composition. Apparent fat availability and metabolizable energy in two-week-old chicks. *Poult. Sci.* 74:1335-1340.
- Blanch, A., A. C. Barroeta, M. D. Baucells, X. Serrano, and F Puchal. 1995. Utilization of different fats and oils by adult chickens as a source of energy, lipid and fatty acids. *Anim. Feed Sci. Technol.* 61:335-342.
- Bonnet, S., P. A. Geraert, M. Lessire, B. Carre, and S. Guillaumin. 1997. Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. *Poult. Sci.* 76:857-863.
- Boomgaardt, J., and D. H. Baker. 1973. Effect of dietary energy concentration on sulfur amino acid requirements and body composition of young chicks. *J. Anim. Sci.* 36:307-311.
- Borgstrom, B. 1974. Fat digestion and absorption. In: *Biomembranes*. Vol. 4B. D. H. Smyth, ed. Plenum Press, New York, USA.
- Brindley, D. N. 1984. Digestion, absorption and transport of fats: general principles. In: *Fats in Animal Nutrition*, pages 85-103. J. Wisman, ed. Butterworths, London, England.
- Canty, D. J., and S. H. Zesisel. 1994. Lecithin and choline in human health and disease. *Nutr. Rev.* 52(10):327-339.
- Carew, L. B., R. H. Machemer, R. W. Sharp, and D. C. Foss. 1972.

- Fat absorption by the very young chick. *Poult. Sci.* 51:738-742.
- Carver, D. S., E. E. Rice, R. E. Gery, and P. E. Mone. 1955. The utilization of fats of different melting point added to broiler feeds. *Poult. Sci.* 34:544-546.
- Cera, K. R., D. C. Mahan, and R. F. Cross. 1988a. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. *J. Anim. Sci.* 66:1430-1437.
- Cera, K. R., D. C. Mahan, and G. A. Reinhart. 1988b. Weekly digestibilities of diets supplemented with corn oil, lard or tallow by weanling swine. *J. Anim. Sci.* 66:1430-1437.
- Childs, M. T., J. A. Bowlin, J. T. Ogilvie, W. R. Hazzard, and J. J. Albers. 1981. The contrasting effects of dietary soya lecithin and corn oil on lipoprotein lipids in normolipidemic and familial hypercholesterolemic subjects. *Atherosclerosis* 38:217-228.
- Church, D. C., and W. G. Pond. 1988. *Basic Animal Nutrition and feeding*. John Wiley and Sons, New York. USA.
- Clark, S. B., V. E. Clark, and D. M. Small. 1981. Effects of lecithin ingestion on plasma and lymph. Lipoproteins of normo- and hyperlipemic rats. *Am. J. Physiol.* 241:G422-G430.
- Dale, N. M., and H. L. Fuller. 1979. Effects of diet composition on feed intake and growth of chicks under heat stress. 1. Dietary fat levels. *Poult. Sci.* 58:1529-1534.

- Duckworth, J., J. M. Naftalin, and A. C. Dalgarno. 1950. The digestibility of linseed oil and mutton fat by chicks. *J. Agric. Sci.* 40:39-43.
- Edwards, H. M., Jr. 1962. Observations on feeding cholic acid to broilers. *Poult. Sci.* 41:340-341.
- Eyssen, H., M. Vanderputte, and E. Evroad. 1965. Effect of various dietary bile acids on nutrient absorption and on liver size in chicks. *Arch. Int. Pharm.* 158:292-306.
- Fedde, M. R., P. E. Waibel, and R. E. Burger. 1960. Factors affecting the absorbability of certain dietary fats in the chicken. *J. Nutr.* 70: 447-452.
- Freeman, C. P. 1969. Properties of fatty acids in dispersions of emulsified lipid and bile salt and the significance of these properties in fat absorption in the pig and the sheep. *Br. J. Nutr.* 23:249.
- Freeman, C. P. 1984. The digestion, absorption and transport of fat-non-ruminants. In: *Fats in Animal Nutrition*, pages 105-122. J. Wiseman, ed. Butterworths, London, England.
- Garlich, J. D., and M. C. Nesheim. 1965. Effect of sodium taurocholate on fat malabsorption induced by feeding unheated soybean proteins. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 118:1022-1025.
- Garrett, R. L., and R. J. Young. 1975. Effect of micelle formation on the absorption of neutral fat and fatty acids by the chicken. *J.*

- Nutr. 105:837-838.
- Golian, A., and D. V. Maurice. 1992. Dietary poultry fat and gastrointestinal transit time of feed and fat utilization in broiler chickens. *Poult. Sci.* 71:1357-1363.
- Gomez, M. X., and D. Polin. 1974. Influence of cholic acid on the utilization of fats in the growing chicken. *Poult. Sci.* 53:773-781.
- Gomez, M. X., and D. Polin. 1976. The use of bile salts to improve absorption of tallow in chicks, one to three weeks of age. *Poult. Sci.* 55:2189-2195.
- Gurr, M. I., N. Borlak, and S. Gannatra. 1989. Dietary fat and Plasma lipids. *Nutr. Res. Rev.* 2:63-86.
- Hill, F. W., D. L. Anderson, and L. M. Dansky. 1956. Studies on energy requirements of chickens. 3. The effect of dietary energy level on the rate and gross efficiency of egg production. *Poult. Sci.* 35:54-59.
- Holman, R. T. 1960. The ration of trienoic:tetraenoic acids in tissue lipids as a measure of essential fatty acid requirement. *J. Nutr.* 70:405-410.
- Hurwitz, S., A. Bar, M. Katz, D. Skan, and P. Budowski. 1973. Absorption and secretion of fatty acids and bile acids in the intestine of the laying fowl. *J. Nutr.* 103:543-547.
- Jackson, B. T., R. A. Smallwood, and G. J. Piasecki. 1971. Fetal bile

- salt metabolism. 1. The metabolism of sodium cholate ^{14}C in the fetal dog. *J. Clin. Invest.* 50:1286-1294.
- Jackson, S., J. D. Summers, and S. Leeson. 1982. Effect of dietary protein and energy on broiler carcass composition and efficiency of nutrient utilization. *Poult. Sci.* 61:2224-2231.
- Jason L. E., T. A. Garrow, and D. H. Baker. 1996. Development of an experimental diet for determining bioavailable choline concentration and its application in studies with soybean lecithin. *J. Anim. Sci.* 74:2738-2744.
- Jones, D. B., J. D. Hancock, J. L. Nelssen, and R. H. Hines. 1990a. Effect of lecithin and lysolecithin on the digestibility of fat sources in diets for weaning pigs. *J. Anim. Sci. (Suppl. 1)*:78 (Abstr.).
- Jones, D. B., J. D. Hancock, J. L. Nelssen, and R. H. Hines. 1990b. Effect of lecithin and lysolecithin additions on growth performance and nutrient digestibility in weaning pigs. *J. Anim. Sci. (Suppl. 1)*:79 (Abstr.).
- Jones, D. B., J. D. Hancock, D. L. Harmon, and C. E. Walker. 1992. Effects of exogenous emulsifiers and fat digestibility, serum lipids, and growth performance in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 70:3473-3482.
- Katongole, J. B. D., and B. E. March. 1980. Fat utilization in relation

- to intestinal fatty acid binding protein and bile salts in chicks of different ages and different genetic sources. *Poult. Sci.* 59:819-827.
- Ketels, E., and G. D. Groote. 1989. Effect of ratio of unsaturated to saturated fatty acids of the dietary lipid fraction on utilization and metabolizable energy of added fats in young chicks. *Poult. Sci.* 68:1506-1512.
- Krogdahl, A. 1985. Digestion and absorption of lipids in poultry. *J. Nutr.* 115:675-685.
- Kussaibati, R., J. Guillaume, and B. Leclercq. 1982. The effects of age, dietary fat and bile salts, and feeding rate on apparent and true metabolizable energy values in chicks. *Br. Poult. Sci.* 23:393-403.
- Lall, S. P., and S. J. Slinger. 1973. The metabolizable energy content of rapeseed oil roots and the effect of blending with other fats. *Poult. Sci.* 52:143-151.
- Lesson, S., and J. D. Summers. 1976. Fat ME values: The effect of fatty acid saturation. *Feedstuffs* 48(46):26-28.
- Leeson, S. L. Caston and J. D Summers. 1996. Broiler response to diet energy. *Poult. Sci.* 75:529-535.
- Li, D. F., R. C. Thales, J. L. Nelssen, D. I. Harmon, G. L. Alle, and T. L. Weeden. 1990. Effect of fat sources and combinations on

- starter pig performance nutrient digestibility and intestinal morphology. *J. Anim. Sci.* 68:3694-3704.
- Lindemann, M. D., S. G. Cornelius, S. M. E. Kandelgy, R. L. Moser, and J. E. Pettigrew. 1986. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. *J. Anim. Sci.* 62:1298.-1307.
- Lipstein, B., S. Bornstein, and P. Budowski. 1967. By-products of the refining of soybean oil as pigment sources for poultry. 1. Pigmentation studies with broilers. *Poult. Sci.* 46:626-638.
- Lipstein, B., P. Budowski, and S. Bornstein. 1970. By-products of the refining of soybean oil as pigment sources for poultry. 2. Egg yolk pigmentation. *Poult. Sci.* 49:449-458.
- Lipstein, B., S. Bornstein, and P. Budowski. 1977. Utilization of choline from crude soybean lecithin by chicks. 1. Growth and prevention of perosis. *Poult. Sci.* 56:331-336.
- Lloyd, L. E., and E. W. Crampton. 1957. The relation between certain characteristics of fats and oils and their apparent digestibility by young pigs, young guinea pigs and pups. *J. Anim. Sci.* 16:377-382.
- MacIntyre, T. M., and J. R. Aitken. 1957. The effect of high levels of dietary energy and protein on the performance of laying hens. *Poult. Sci.* 36:1211-1216.

- March, B., and J. Biely. 1957. Fat studies in poultry. 6. Utilisation of fats of different melting points. *Poult. Sci.* 36:71-75.
- Mateos, G. G., and J. L. Sell. 1980a. Influence of graded levels of fat on utilization of pure carbohydrate by the laying hen. *J. Nutr.* 110:1894-1903.
- Mateos, G. G., and J. L. Sell. 1980b. Influence of fat and carbohydrate source on rate of food passage of semipurified diets for laying hens. *Poult. Sci.* 60:1925-1930.
- Maynard, L. A., J. K. Loosli, H. F. Hintz, and R. G. Warner 1979. *Animal Nutrition*. McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
- Mcdowell, L. R. 1989. *Vitamins in Animal Nutrition: Comparative Aspects to Human Nutrition*. Academic Press, New York, USA.
- Menge, H. and G. V. Richardson. 1968. The influence of a linoleic-acid-deficient maternal diet on growth of progeny. *Poult. Sci.* 47:542-547.
- Menge, H., E. C. Miller, and C. A. Denton. 1963. Effect of an essential fatty acid deficient diet on the reproductive performance of chickens. *Poult. Sci.* 42:1291.
- Monson, W. J., L. S. Dietrich, and C. A. Elvehjem. 1950. Studies on the effects of different carbohydrates in chicks growth. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 75:256-259.

- Mraz, F. R., R. V. Boucher, and M. G. McCarty. 1957. The influence of the energy:Volume ratio on growth response in chickens. *Poult. Sci.* 36:1217-1221.
- Murray, R. K., D. K. Granner, P. A. Mayes, and V. W. Rodwell. 1988. *Happer's Biochemistry*. 21ed. East Norwalk. USA.
- Noblet, J., J. Le Dividich, and T. Bikawa. 1985. Interaction between energy level in the diet and environmental temperature on the utilization of energy in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 61:452-459.
- Noy, Y., and D. Sklan. 1995. Digestion and absorption in the young chick. *Poult. Sci.* 74:366-373.
- Noy, Y., and D. Sklan. 1999. Energy utilization in newly hatched chicks. *Poult. Sci.* 78:1750-1756.
- NRC. 1994. *Nutrient Requirements of poultry*. (9th ed.). National Academy Press, Washington, DC. USA.
- Ockner, R. K., J. A. Manning, R. B. Poppenhausen, and W. K. L. Ho. 1972. A binding protein for fatty acids in cytosol of intestinal mucosa, liver, myocardium, and other tissues. *Science* 177:56-58.
- Overland, M., and F. Sundstol. 1995. Effects of lecithin on fat utilization by weanling pigs. *Lives. Prod. Sci.* 41:217-224.
- Overland, M., M. D. Tokach, S. G. Cornelius, J. E. Pettigrew, and J. W. Rust. 1993a. Lecithin in swine diets : . Weanling Pigs. *J. Anim.*

- Sci. 71:1187-1193.
- Overland, M., M. D. Tokach, S. G. Cornelius, J. E. Pettigrew, and M. E. Wilson. 1993b. Lecithin in swine diets : .
Growing-Finishing Pigs. J. Anim. Sci. 71:1194-1197.
- Overland, M., Z. Mroz, and F. Sundstol. 1994. Effect of lecithin on the apparent ileal and overall digestibility of crude fat and fatty acids in pigs. J. Anim. Sci. 72:2022-2028.
- Polin, D. 1980. Increased absorption of tallow with lecithin. Poult. Sci. 59 (Suppl. 1):1652 (Abstr.).
- Polin, D., T. L. Wing, P. Ki, and K. E. Pell. 1980. The effect of bile acids and lipase on absorption of tallow in young chicks. Poult. Sci. 59:2738-2743.
- Polin, D., and T. H. Hussein. 1982. The effect of bile acid on lipid and nitrogen retention, carcass composition, and dietary metabolizable energy in very young chicks. Poult. Sci. 61:1697-1707.
- Prack, M., T. Sanborn, D. Waugh, H. Simkin, S. B. Clark, and D. M. Small. 1983. Effects of polyunsaturated lecithin on plasma and lipoprotein cholesterol and fatty acids in normal man. In Dietary Fats and Health. pages 689-697. Perkins, E. G., and W. J. Visek., ed. American Oil Chemists' Society, Champaign, Illinois. USA.
- Pond, W. G., D. C. Church and K. R. Pond. 1995. Basic Animal

- Nutrition and Feeding. Fourth Edition. John Wiley and Sons,
New York. USA.
- Rand, N. T., H. M. Scott, and F. A. Kummerow. 1956. The
relationship of protein, fiber and fat in the diet of the growing
chick. *Poult. Sci.* 35:1166.
- Rand, N. T., H. M. Scott, and F. A. Kummerow. 1958. Dietary fat in
the nutrition of the growing chicks. *Poult. Sci.* 37:1075-1085.
- Rao, P. V., and D. R. Clandinin. 1970. Effect of method of
determination on the metabolizable energy value of rapeseed
meal. *Poult. Sci.* 49:1069-1074.
- Renner, R., and F. W. Hill. 1960. The utilisation of corn oil, lard and
tallow by chickens of various ages. *Poult. Sci.* 39:849-854.
- Roland, D. A., and H. M. Edwards. 1972. Effect of linoleic acid
reserves on essential fatty acid deficiency of the chick. *Poult. Sci.*
51:382-389.
- Ross, E., and L. Adamson. 1961. Observations on the requirements of
young chicks for dietary fat. *J. Nutr.* 74:329-334.
- Sanz, M., A. Flores, P. P. D. Ayala, and C. J. Lopez-bote. 1999.
Higher lipid accumulation in broilers fed on saturated fats than
in those fed on unsaturated fats. *Br. Poult. Sci.* 40:95-101.
- SAS. 2002. SAS User's Guide. Statistical Analysis Institute. Inc.,
Cary, NC. USA.

- Sell, J. L., L. G. Tenessaca, and G. L. Bales. 1979. Influence of dietary fat on energy utilization by laying hen. *Poult. Sci.* 58:900-905.
- Serafin, J. A., and M. C. Nesheim. 1967. Influence of diet on bile production and excretion in the chick. Pages 146-150 in *Proc. Cornell Nutr. Conf. Ithaca, USA.*
- Sibbald, I. R. 1982. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: A review. *Can. J. Anim. Sci.* 58:983-1048.
- Sibbald, I. R., and K. Price. 1977. The effects of level of dietary inclusion and calcium on the true metabolizable energy values of fats. *Poult. Sci.* 56:2070-2078.
- Sibbald, I. R., and J. K. G. Kramer. 1977. The true metabolizable energy values of fats and fat mixtures. *Poult. Sci.* 56:2079-2086.
- Sibbald, I. R., and J. K. S. Kramer. 1978. The effect of the basal diet on the true metabolizable energy value of fat. *Poult. Sci.* 57:685-691.
- Sklan, D., and A. Ayal. 1989. Effect of saturated fat on growth, body fat composition and carcass quality in chicks. *Br. Poult. Sci.* 30:407-411.
- Soares, M., and C. J. Lopez-Bote. 2002. Effects of dietary lecithin and fat unsaturation on nutrient utilization in weaned piglets. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 95:169-177.
- Sonaiya, E. B. 1988. Fatty acid composition of broiler abdominal fat

- as influenced by temperature, diet, age and sex. *Br. Poult. Sci.* 29:589-595.
- Souza, T. R. D., J. Peiniau, A. Mounier, and A. Aumaitre. 1994. Effect of addition of tallow and lecithin in the diet of weanling piglets on the apparent total tract and ileal digestibility of fat and fatty acids. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1995:77-91..
- Summers, J. D. 1984. The extra caloric value of fats in poultry diets. In: *Fats in Animal Nutrition*, pages 265-276. J. Wiseman, ed. Butterworths, London, England.
- Summers, J. D., and Leeson S. 1981. Influence of dietary lecithin on digestibility of fats in poultry diets. *Nutr. Rep. Int.* 23(5):969-974.
- Summers, J. D., D. Spratt, and J. L. Atkinson. 1992. Broiler weight gain and carcass composition when fed diets varying in amino acid balance, dietary energy, and protein level. *Poult. Sci.* 71:263-273.
- Sunde, M. L. 1956. The effect of fats and fatty acids in chick rations. *Poult. Sci.* 35:362-368.
- Ter Welle, H. F., C. M. van Gent, W. Dekker, and A. F. Willebrands. 1974. The effect of soya lecithin on serum lipid values in type II hyperlipoproteinemia. *Acta Med. Scand.* 195:267-271.
- Uni, Z., Y. Noy, and D. Sklan. 1995. Posthatch changes in

- morphology and function of the small intestines in heavy- and light-stain chicks. *Poult. Sci.* 74:1622-1629.
- Van de Kamer, J. H., H. Ten Bokkel Huinink and H. A. Weyers. 1949. Rapid method for the determination of fat in feces. *J. Biol. Chem.* 177:349-355.
- Williams, C. H., D. J. David and D. Iismaa. 1962. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J. Agric. Sci.* 59:381-385.
- Wettstein, H. R., A. Machmuller, and M. Kreuzer. 2000. Effect of raw and modified canola lecithins compared to canola oil, canola seed and soy lecithin on ruminal fermentation measured with rumen simulation technique. *Anim. Feed Sci. Technol.* 85:153-169.
- Whitehead, C. C. 1984. Essential fatty acids in poultry nutrition. In: *Fats in Animal Nutrition*. pages 153-166. J. Wiseman, ed. Butterworths, London, England.
- Wilson, T. A., C. M. Meservey, and R. J. Nicolosi. 1998. Soy lecithin reduces plasma lipoprotein cholesterol and early atherogenesis in hypercholesterolemic monkeys and hamsters: beyond linoleate. *Atherosclerosis* 140:147-153.
- Wiseman, J., and M. Lessire. 1987. Interactions between fats of differing chemical content: apparent availability of fatty acids.

- Br. Poult. Sci. 28:677-691.
- Wiseman, J., and F. Salvador. 1989. Influence of age, chemical composition and rate of inclusion on the apparent metabolizable energy of fats fed to broiler chicks. Br. Poult. Sci. 30:653-662.
- Wong, E. K., R. J. Nicolosi, P. A. Low, J. A. Herd, and K. C. Hayes. 1980. Lecithin influence on hyperlipemia in rhesus monkeys. Lipids 15:428-433.
- Wood, J. L., and R. G. Allison. 1982. Effects of consumption of choline and lecithin on neurological and cardiovascular systems. Fed Proc. 41:3015-3021.
- Young, R. J. 1961. The energy value of fats and fatty acids for chicks. 1. Metabolisable energy. Poult. Sci. 40:1225-1233.
- Young, R. J., and R. L. Garrett. 1963. Effect of oleic and linoleic acids on the absorption of saturated fatty acids in the chick. J. Nutr. 81:321-329.

Study on emulsifier (Volamel) in reducing dietary metabolizable energy and production cost in broilers

Ding-Er Chen

Abstract

The purpose of this study was to investigate whether 3 or 6% metabolizable energy (ME)-reduced volamel-supplemented diets could maintain a normal rate and efficiency of growth, and reduce the production cost in broilers. 576 1-day-old Arbor Acres broilers were randomly assigned to six treatments, four replicates with 24 chicks per treatment. Chicks were fed (1) control, (2) -3% ME, (3) -6% ME, (4) -3% ME + 125 g volamel/ton, (5) -6% ME + 125 g volamel/ton, or (6) -6% ME + 500 g volamel/ton diet for 6 weeks. The ME of control diet were 3192, 3129, and 3250 kcal/kg in starter, grower, and finisher period, respectively. Growth performance, mortality, fat digestibility, production cost, breast and thigh production and their costs were calculated. Results found that no differences in weight gain, feed intake and feed efficiency were observed between group (1) and (4), indicating that reducing 3% and supplementing 125 g volamel/ton could maintain normal growth performance in broilers; a worse feed efficiency was observed in groups (3) (5) and (6), indicating 6% ME reduction was too much and even volamel supplementation could not restore it. A similar trend was observed in

breast and thigh production. There was no differences in fat digestibility in all groups, indicating that reducing 3 or 6% ME and supplementing 125 or 500 g volamel/ton could not improve the fat utilization. The feed price in group (4) was 8.93 NTD/kg which was 0.17 NTD/kg cheaper than the one in group (1) (9.10 NTD/kg). Income for producers was highest in group (4). The profit was also highest in group (4), an extra of 0.08 NTD per chick started was found as compared with group (1). Production costs of breast and thigh were lowest in group (4) among other groups. In summary, supplementing 125 g volamel/ton in 3% ME-reduced diet (group 4) could reduce the feed price and production cost while maintaining normal growth performance and breast and thigh production in broilers.

Key words : Broiler, Emulsifier, Volamel, Metabolizable energy, Fat digestibility, Production cost.

附錄 1. 滴定法測糞便中粗脂肪含量

參考文獻 : Kamer, J. H. van de., H. ten Bokkel Huinink and H. A.

Weyers. 1949. Rapid method for the determination of fat in feces. J. Biol. Chem. 177:349-355.

原理 : 以 KOH 及 Ethanol 將脂肪中之中性脂及脂肪酸皂化, 再加入 HCl 使之脂肪酸釋放出來, 利用石油醚將脂肪酸萃取出來。再利用鹼來滴定脂肪酸, 求出糞便中脂肪含量。

試劑 : 1. Ethanol 99.5% + 0.4% Amyl alcohol
2. Ethanol 99.5% (netral to thymol blue)
3. KOH 33%
4. HCl 25% (specific gravity 1.13)
5. Petroleum ether
6. NaOH 0.1N
7. thymol blue 2% in 50% ethanol (as indicator)

步驟 : 1. 秤取約 1 g 乾燥糞便, 放入 150 mL 平底燒瓶, 加 10 mL 33% KOH 溶液 及 40 mL ethanol 99.5% + 0.4% amyl alcohol 溶液。
2. 將混合物冷凝加熱 (80) 20 分鐘後, 完全冷卻 (水浴槽加熱)。
3. 完全冷卻後加入 17 mL 25% HCl, 再冷卻。

4. 準確加入 50 mL petroleum ether ，用橡皮塞塞好，激烈搖蕩 1 分鐘。
5. 靜置至完全分層後，吸取 20 mL 上層之 petroleum ether 到另一個三角瓶中，用 N₂ 吹乾。
6. 加入 10 mL 99.5% ethanol。
7. 以 0.1N NaOH 用 micro burette 滴定到黃色開始改變 (以 thymol blue 為指示劑)。
8. 脂肪酸 (g)/100 g 糞便 =

$$\frac{A \times 284 \times 1.04 \times 2.5 \times 100}{10,000 Q}$$

A：滴定的毫升數。

Q：樣品重(克)。

284：脂肪酸中含量最多的 C18:0 的分子量

1.04：為校正係數，其中 1% 為石油醚層在搖盪時所增加的體積；3% 為殘留在酒精層中的脂肪酸含量。

2.5：共加入 50 毫升之石油醚，只取上層 20 毫升滴定之。

100：換算為每 100 克糞中之脂肪酸重 (克)。

10000Q：滴定氫氧化鈉濃度及滴定量單位之換算 (如將濃度 0.1N 換算為 1N；將滴定毫升換算為公升)。

附錄 2. 鉻測定之前處理

參考文獻 : Williams, C. H., D. J. David and O. Iisma. 1962. The determination of chromic oxide in feces samples by atomic absorption spectrophotometry. J. Agric. Sci. 59:381-385.

原理 : 以 atomic absorption spectrophotometry 方法測定樣品之鉻濃度，須先將樣品之有機物經灰化處理後，剩下無機物部分 (含有鉻)，再以酸消化形成溶液。

試劑 : 1. 10% manganese sulphate (w/v)
2. 85% phosphoric acid (w/v)
3. phosphoric acid-manganese sulphate : 取 30 mL 10% manganese sulphate 加入 1L 85% phosphoric acid 溶液
4. 4.5% potassium bromate (w/v)
5. calcium chloride solution (含鈣 4000 ppm)

步驟 : 1. 取 1g 樣品置入坩鍋中，以 600 灰化 1.5 小時。
2. 冷卻後加入 3 mL phosphoric acid-manganese sulphate solution 及 4 mL potassium bromate solution。
3. 蓋上表玻璃後置於加熱板上，加熱消化至冒泡停止。
4. 冷卻後，以純水稀釋，加 25 mL calcium chloride solution，並將溶液洗入 200 mL 之定量瓶，以純水稀

釋至 200 mL。

5. 靜置過夜。
6. 再以 atomic absorption spectrophotometer (原子吸收光譜儀，日立牌 170-30) 測定之。

小 傳

作者於民國 67 年 7 月 9 日出生，台北市人。先後畢業於台北市立北投國小、北投國中、復興高中。86 年考入東海大學畜產學系，90 年畢業獲農學士學位，同年考取東海大學畜產學研究所，師從 姜樹興博士研習畜禽營養迄今。