

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

飼糧中添加非離子型乳化劑對肉雞生長性能、屠體性狀及營養分消化
率之影響
Effect of Dietary Supplementation of Nonionic Emulsifier on Growth
Performance, Carcass Characteristics and Nutrient Digestibility of
Broilers

研究生：陳可蓉
Graduate student: Ke-Jung Chen

中華民國 101 年 6 月
June, 2012

目次

目次.....	I
表次.....	VII
圖次.....	IX
中文摘要.....	1
前言.....	3
文獻檢討.....	5
一、 脂質.....	5
(一) 脂質定義.....	5
(二) 脂質分類.....	5
1. 可皂化部分.....	5
2. 不可皂化部分.....	6
(三) 脂肪酸分類.....	6
(四) 脂肪在營養上之重要性.....	7
1. 提供能量.....	7
2. 供應必需脂肪酸.....	7
3. 維持脂溶性維生素之收.....	8
(五) 脂肪之消化吸收過程.....	8

(六) 影響脂肪消化吸收之因子.....	9
1. 動物年齡.....	9
2. 脂肪種類.....	10
3. 其他.....	10
二、 乳化劑.....	11
(一) 前言.....	11
(二) 乳化劑簡介.....	11
(三) 乳化劑分類.....	12
1. 陽離子型界面活性劑.....	13
(1) 胺鹽型.....	13
(2) 四級銨鹽型.....	13
(3) 氧化胺型.....	14
2. 陰離子型界面活性劑.....	14
(1) 羧酸鹽型.....	14
(2) 磺酸型.....	14
(3) 硫酸酯鹽型.....	15
(4) 磷酸及聚磷酸酯鹽型.....	15
3. 兩性離子型界面活性劑.....	15
(1) 對 pH 值敏感型.....	15

(2) 對 pH 值不敏感型.....	16
4. 非離子型界面活性劑.....	16
(1) 烷基酚聚氧乙烯型.....	17
(2) 乙醇聚氧乙烯型.....	17
(3) 聚氧乙烯硫醇型.....	17
(4) 長鏈羧酸酯型.....	17
(5) 烷基乙醇醯胺型.....	17
(四) 乳化劑作用.....	18
(五) 乳化劑在食品中之應用.....	20
1. 卵磷脂.....	20
2. 單及雙酸甘油酯.....	20
3. 單及雙酸甘油二乙醯酒石酸酯.....	20
4. 聚合甘油酯.....	21
5. 蔗糖酯.....	21
6. 山梨醇酯及聚山梨醇酯.....	21
7. 磷脂酸銨鹽.....	22
(六) 乳化劑在動物中之應用.....	22
1. 膽鹽.....	22
2. 卵磷脂.....	24

3. 脫脂酸卵磷脂.....	27
(七) 乳化劑對蛋白質消化之影響.....	28
材料及方法.....	31
試驗一：不同營養濃度飼糧中添加乳化劑對肉雞生長性能、屠體性狀、營養分消化率及血漿組成之影響.....	31
一、試驗設計.....	31
二、試驗飼糧.....	31
三、雞隻飼養管理及採樣.....	31
四、樣品分析.....	34
(一) 飼料及糞便分析.....	34
1. 粗蛋白質測定.....	34
2. 脂肪酸組成測定.....	35
3. 三氧化二鉻濃度測定.....	35
4. 尿酸測定.....	36
(二) 血漿分析.....	36
五、數據計算.....	37
(一) 脂肪酸消化率.....	37
(二) 蛋白質消化率及蓄積率.....	37
1. 蛋白質蓄積率.....	37

2. 蛋白質消化率.....	37
3. 可消化蛋白質蓄積率.....	38
六、統計分析.....	38
試驗二：飼糧中添加油效能對肉雞生長性能、屠體性狀及營養分 消化率之影響.....	38
一、試驗設計.....	38
二、試驗飼糧.....	38
三、雞隻飼養管理及採樣.....	39
四、樣品分析.....	42
(一) 飼料及糞便分析.....	42
1. 粗蛋白質測定.....	42
2. 脂肪酸組成測定.....	42
3. 二氧化鈦濃度測定.....	42
(二) 尿酸測定.....	42
五、數據計算.....	43
(一) 脂肪酸消化率.....	43
(二) 蛋白質消化率及蓄積率.....	43
六、統計分析.....	43
結果.....	44

試驗一： 不同營養濃度飼糧中添加乳化劑對肉雞生長性能、屠體性狀、營養分消化率及血漿組成之影響.....	44
一、 生長性能.....	44
二、 屠體性狀.....	46
三、 脂肪及蛋白質消化率.....	48
四、 血漿中三酸甘油酯、膽固醇及葡萄糖濃度.....	50
試驗二： 飼糧中添加油效能對肉雞生長性能、屠體性狀及營養分消化率之影響.....	50
一、 生長性能.....	50
二、 屠體性狀.....	52
三、 脂肪及蛋白質消化率.....	55
討論.....	59
結論.....	62
參考文獻.....	63
英文摘要.....	72
小傳.....	74

表次

表 1	試驗飼糧組成 (試驗一)	32
表 2	試驗飼糧之脂肪酸組成 (試驗一)	33
表 3	試驗飼糧組成 (試驗二)	40
表 4	試驗飼糧之脂肪酸組成 (試驗二)	41
表 5	不同營養濃度飼糧中添加乳化劑對肉雞生長性能、死亡率及跛腳率之影響 (試驗一)	45
表 6	不同營養濃度飼糧中添加乳化劑對肉雞屠體性狀之影響 (試驗一)	47
表 7	飼糧中添加乳化劑對肉雞脂肪及蛋白質表面糞便消化率之影響 (試驗一)	49
表 8	不同營養濃度飼糧中添加油性能對肉雞血漿中三酸甘油酯、膽固醇及葡萄糖濃度之影響 (試驗一)	51
表 9	飼糧中添加不同濃度油效能對肉雞生長性能、死亡率及跛腳率之影響 (試驗二)	53
表 10	飼糧中添加不同濃度油效能對肉雞屠體性狀之影響 (試驗二)	54
表 11	飼糧中添加不同濃度油效能對肉雞脂肪及蛋白質表面糞便消化率之影響 (試驗二)	56

表 12 飼糧中添加不同濃度油效能對肉雞脂肪及蛋白質表面迴腸消化率之影響 (試驗二)58



圖次

- 圖 1. 離子型界面活性劑之官能基.....16
- 圖 2. 非離子型界面活性劑之官能基.....18



摘要

本研究以兩個試驗分別探討，不同來源乳化劑（唯樂美或油效能）或不同濃度油效能對肉雞生長性能、屠體性狀及營養分消化率之影響。試驗一採 2×3 複因子設計，600 隻初生愛拔益加雞，逢機分配至 6 處理組，每處理組 4 重複，每重複 25 隻，各處理組分別飼予 (1) 高營養濃度飼糧 (HD)；(2) HD 添加 0.4 g 唯樂美/kg；(3) HD 添加 0.4g 油效能/kg；(4) 低營養濃度飼糧 (LD)；(5) LD 添加 0.1 g 唯樂美/kg；(6) LD 添加 0.1 g 油效能/kg，為期 36 天。試驗期間測定肉雞生長性能、屠體性狀及脂肪酸及蛋白質表面糞便消化率。結果顯示，高營養濃度飼糧添加油效能，改善肉雞全期增重 ($P<0.05$)，但對飼料採食量及飼料利用效率無影響。低營養濃度飼糧中添加乳化劑對肉雞增重、飼料採食量及飼料利用效率並無顯著影響。高營養濃度飼糧中添加油效能顯著提高肉雞胸肉百分率 ($P<0.05$)。低營養濃度飼糧添加唯樂美顯著降低肉雞胸肉百分率 ($P<0.05$)。屠宰率、腹脂率及腿肉百分率，則各處理組間無顯著差異。高營養濃度飼糧中添加乳化劑對總脂肪酸消化率無影響。低營養濃度飼糧中添加唯樂美則顯著降低總脂肪酸消化率 ($P<0.05$)。高營養濃度飼糧添加油效能提高蛋白質蓄積率及蛋白質消化率 ($P<0.05$)，對可消

化蛋白質蓄積率則並無影響。試驗二採單因子設計，600 隻初生愛拔益加雞，逢機分配至 4 處理組，每處理組 6 重複，每重複 25 隻，各處理組雞隻分別飼予基礎飼糧或基礎飼糧中分別添加 0.2、0.4 或 0.8 g 油效能/kg 之試驗飼糧，為期 36 天。試驗期間測定肉雞生長性能、屠體性狀、脂肪酸及蛋白質表面糞便及迴腸消化率。結果顯示，飼糧中添加不同濃度乳化劑對肉雞全期生長性能無影響。飼糧中隨添加乳化劑濃度增加呈直線地降低屠宰率 ($P < 0.01$)，呈曲線地影響總脂肪酸表面糞便消化率 ($P < 0.05$)，但不影響脂肪酸表面迴腸消化率。飼糧中添加不同濃度油效能呈直線地增加蛋白質表面糞便及迴腸消化率 ($P < 0.05$)，對蛋白質蓄積率及可消化蛋白質蓄積率則無影響。綜合以上，試驗一中，高營養濃度飼糧中添加油效能提高肉雞生長性能及胸肉百分比，試驗二則否。高營養濃度飼糧中添加油效能則一致地提高蛋白質消化率，但無法提高脂肪消化率。

關鍵語：生長性能、屠體性狀、消化率、乳化劑、肉雞

前言

家禽飼糧中添加動物脂肪或植物油來增加能量濃度，以額外提供能量。而脂肪必須先被腸道吸收，才可提供家禽能量。脂肪在腸道中被水解，釋出脂肪酸及單酸甘油酯後，與膽鹽及磷脂乳化形成微膠粒後，才可使脂肪與腸道中水互溶，以利吸收，提供能量，改善家禽生產效率。

常用於飼糧中之乳化劑為膽鹽 (bile salt)，卵磷脂 (lecithin) 及脫脂酸卵磷脂 (lysolecithin)。於飼糧中添加膽鹽提高雞隻脂肪消化率 (Gomez and Polin, 1976; Polin *et al.*, 1980; Kussaibati *et al.*, 1982)，增重 (Maisonnier *et al.*, 2003) 及飼料利用效率 (Polin *et al.*, 1980)。Gomez and Polin (1976) 及 Polin and Hussein (1982) 則發現，飼糧中添加膽鹽無法改善肉雞增重及飼料利用效率。於飼糧中添加卵磷脂提高雞隻脂肪消化率 (Polin, 1980; Blanch *et al.*, 1996; 陳及姜，1998)，改善雞隻增重及飼料利用效率 (Emmert *et al.*, 1996)；惟 Azman and Ciftic (2004) 及 Huang *et al.* (2007) 發現，卵磷脂降低生長性能。一般來講，於飼糧中添加膽鹽 (Kussaibati *et al.*, 1982) 及卵磷脂 (陳及姜，1998) 提高脂肪消化率之效果，在年幼雞隻大於年長者，在動物脂肪大於植物油者。最近，Zhang *et al.* (2011) 指出，於飼糧中添加脫脂

酸卵磷脂，提高肉雞脂肪消化率。Melegy *et al.* (2010) 則指出，於飼糧中添加脫脂酸卵磷脂，提高肉雞增重，飼料利用效率及屠宰率。

飼糧中常用的膽鹽，卵磷脂及脫脂酸卵磷脂均為離子型乳化劑，其乳化能力易受到腸腔內 pH 值及鹽類濃度之影響 (Hui, 1995)。而非離子型乳化劑則否。

因此，本研究分成兩個試驗，分別探討飼糧中添加非離子型乳化劑油效能對肉雞生長性能，屠體性狀及脂肪消化率之影響。



文獻檢討

一、 脂質

(一) 脂質定義

脂質為一種不溶於水，但溶於有機溶劑（如苯、乙醚、氯仿等）之有機化合物。於自然界中，脂質對植物及動物組織具有重要的生化及生理上之功能。脂質可提供生物體維持及生產之能量，必需脂肪酸及促進脂溶性維生素吸收，亦為細胞膜上不可或缺之組成。

(二) 脂質分類

脂質主要可分為可皂化 (saponifiable) 及不可皂化 (unsaponifiable) 兩大部分。

1. 可皂化部分又可分為簡單脂質 (simple lipids) 及複合脂質 (compound lipids)。簡單脂質為數種醇類與脂肪酸酯化而成，包括脂 (fat)，油 (oil) 及臘 (wax)。複合脂質則由非脂質物質（如磷，醣及蛋白質）附加於簡單脂質而成，包括磷脂 (phospholipids)，醣脂 (glycolipids) 及脂蛋白質 (lipoproteins)。

磷脂由脂肪酸，甘油及磷酸根酯化而成。結構一端具親水性，另一端為親油性，擁有雙嗜性之特性，為天然乳化劑。

醣脂為脂質之醇基與碳水化合物以糖苷鍵鍵結而成。大多存在於神經系統及腦部組織的髓鞘中，與神經傳導有關。

脂蛋白質為脂質與蛋白質之複合物，負責血液中脂質之運送。

2. 不可皂化部分則包含衍生脂質 (derived lipids)，類固醇 (steroids) 及五碳異戊二烯酸 (terpenes)。

衍生脂質為簡單或複和脂質水解後之產物，包括脂肪酸 (fatty acid)，甘油 (glycerol) 及其他醇類化合物 (alcohols)。

類固醇為脂質與雜環化合物 (complex phenanthrene-type ring) 所組成。類固醇種類很多，包括睪固酮 (testosterone)、動情素 (estrogen) 及助孕素 (progesterone) 等內泌素及膽固醇 (cholesterol)。

五碳異戊二烯酸則有異戊二烯之結構。為類固醇合成之基本單位，也可形成各種脂溶性維生素。

(三) 脂肪酸分類

脂肪酸為脂肪經水解後而產生，脂肪酸一端具有羧基 (carboxy group)，另一端為羥鏈 (hydrocarbon chain)。羧基端具有親水性及羥鏈端具有疏水性，脂肪酸為一種雙嗜性之化合物。

以脂肪酸碳鏈之碳數多寡，可分為碳數 2 到 4 個之短鏈脂肪酸，碳數 6 到 12 個之中鏈脂肪酸及碳數大於 12 個之長鏈脂肪酸。

根據脂肪酸碳鏈上有無雙鍵，又可分為飽和脂肪酸 (saturated fatty acid; SFA) 及不飽和脂肪酸 (unsaturated fatty acid; USFA)。不飽和脂肪酸之碳鏈上有一雙鍵為單不飽和脂肪酸 (monounsaturated fatty acid; MUSFA) 及含兩個以上雙鍵為多不飽和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid; PUSFA)。於不飽和脂肪酸中，雙鍵形成順式 (*cis*) 及反式 (*trans*) 兩種同分異構物，在自然界中多存在順式脂肪酸而非反式脂肪酸。在整體外形上，順式脂肪酸會使長鏈的羥基形成扭曲，而反式脂肪酸之形狀與飽和脂肪酸相似，形成完全延伸之構造。

(四) 脂肪在營養上之重要性

1. 提供能量

動物需要能量來維持體溫及活動，並建構體組織及生產產品 (如牛奶及蛋)。能量主要源自於碳水化合物，脂質及蛋白質。脂肪所提供能量為最高，總能約為 9.45 kcal/kg，為蛋白質及碳水化合物之 2.25 倍。因此，常於飼糧中添加脂肪，以提高飼糧中能量濃度。

2. 供應必需脂肪酸

必需脂肪酸 (essential fatty acid; EFA) 為動物體內無法合成之脂肪酸，主要包括亞麻油酸 (linoleic acid; C18:2) 及 α -亞麻仁油酸 (linolenic acid; C18:3)。而花生四烯酸 (arachidonic acid; C20:4) 可由

亞麻油酸轉換而來。因此，當缺乏亞麻油酸時，花生四烯酸才為必需脂肪酸，才須由飼糧供應（姜，2009; Pond *et al.*, 2005）。

必需脂肪酸為細胞膜上不可或缺的脂質結構，當缺乏時，會形成鱗狀皮膚，皮膚炎，有生長及繁殖障礙，皮下出血及脫毛等狀況。必需脂肪酸又為類二十碳酸 (eicosanoids)，包括凝血素 (thromboxanes)，白三烯素 (leukotrienes) 及前列腺素 (prostaglandins) 之先成物。以前列腺素為例，為花生四烯酸所合成，具有多種生理功能，包括可降低血壓，刺激平滑肌收縮及調整免疫功能。

3. 維持脂溶性維生素之吸收

脂溶性維生素包括維生素 A、D、E 及 K，為維持正常生理功能所必需。脂溶性維生素之吸收過程與脂肪酸相同，於小腸中與單酸甘油酯，游離脂肪酸及膽鹽形成微膠粒而吸收。若無單酸甘油酯及游離脂肪酸形成微膠粒，則脂溶性維生素之吸收效率差。因此，脂肪之存在為維持脂溶性維生素正常吸收所必需 (Pond *et al.*, 2005)。

(五) 脂肪消化吸收過程

食物中脂質在胃的蠕動下可被粗略地乳化，形成食糜。食糜進入十二指腸後，刺激小腸分泌膽囊收縮素 (cholecystokinin; CCK)，促使膽囊收縮，釋放膽汁進入十二指腸。透過膽汁之作用及腸道之攪拌作

用。使食糜中脂肪顆粒縮小至 500 至 1000 μm 。此時 CCK 可刺激胰臟分泌胰解脂酶 (pancreatic lipase)，而較小的脂肪顆粒可提供更大的接觸面積與胰解脂酶接觸，水解三酸甘油酯第一及第三個脂肪酸，釋放出一個單酸甘油酯及二個游離脂肪酸。水解產物具有雙嗜性，使水解產物，腸道中磷脂，膽固醇及膽鹽以親水端朝外，疏水端朝內之方式形成微膠粒。此時微膠粒與小腸內之水環境互溶，與腸細胞之刷狀緣接觸而吸收。

吸收進入腸細胞，長鏈脂肪酸及單酸甘油酯於腸細胞中再酯化 (re-esterification)，重新組合成三酸甘油酯，與蛋白質及膽固醇形成乳糜球 (chylomicron) 後，運送至淋巴系統經胸線，左鎖骨靜脈，大靜脈，心臟，由體循環系統送至全身。而甘油，短鏈及中鏈脂肪酸，可直接以擴散方式進入腸細胞吸收，進入肝門靜脈，送至肝臟中部分被利用後，運送至全身。

(六) 影響脂肪消化吸收之因子

1. 動物年齡

Gomez and Polin (1976) 指出，肉雞對牛脂之脂肪吸收率於 4-7 及 14-19 日齡分別為 39.6 及 68.2%，14-19 日齡脂肪吸收率較 4-7 日齡提高。Carew *et al.* (1972) 發現，雛雞消化能力差，與脂肪利用

之生理能力尚未發育完全有關。Krogdahl (1985), Wiseman and Lessire (1987), Wiseman and Salvador (1989), Noy and Sklan (1995), Noy (1998) 及陳及姜 (1998) 皆顯示，雛雞之脂肪消化能力偏低，隨著年齡增加，雞隻之脂肪消化能力隨之增加。雛雞在腸胃道發育完全前，膽鹽及解脂酶的產生不足，使在腸腔內無法形成微膠粒，而減少脂肪消化及吸收 (Lesson and Atteh, 1995)。

2. 脂肪種類

因脂肪理化性質之不同，雞隻對不同種類脂肪之消化率 (Wiseman and Salvador, 1989) 亦不同。脂肪酸碳鏈愈長，熔點愈高，雞隻對其消化率愈低，故脂肪消化率隨碳鏈愈長而愈低 (Garrett and Young, 1975)。

脂肪酸飽和度亦影響脂肪於小腸中通過腸細胞刷狀緣之速率 (Krogdahl, 1985)。陳及姜 (1998), Jones *et al.* (1992) 及 Lesson and Atteh (1995) 研究顯示，於飼糧中添加動物脂肪及植物油時，添加植物油者之脂肪消化率較動物脂肪者高。Zhang *et al.* (2011) 亦指出，不同脂肪比較 (大豆油，牛脂及家禽脂肪)，大豆油較其他脂肪在肉雞脂肪酸消化率高。

3. 其他

Krogdahl (1985) 指出，動物之性別會影響脂肪消化率，雌雞脂肪消化率高於雄雞消化率。Sibbald and Price (1977) 研究顯示，礦物離子可能與脂肪形成不可溶之皂化物，而降低飼糧中脂肪消化率。

二、 乳化劑

(一) 前言

家禽飼糧中添加動物脂肪或植物油來增加能量濃度，以額外提供能量。一般來講，家禽飼糧中脂肪提供飼糧代謝能 10-20%。而脂肪必須先被腸道吸收，才可提供家禽能量。脂肪在腸道中預先被水解，釋出脂肪酸及單酸甘油酯後，在小腸形成微膠粒 (micelles)，才利於被腸細胞吸收。脂肪因不溶於水，故在腸道中必須靠乳化劑的幫忙形成微膠粒後，才可使脂肪與腸道中水互溶，以利吸收。

腸道中乳化劑包括膽鹽，磷脂及脂肪水解產物，如脂肪酸及單酸甘油酯，可促進微膠粒的形成。惟這些乳化劑可能因家禽年齡、生理狀態、飼料中脂肪含量及品質之影響而不足所需。因此，飼糧中額外添加乳化劑可能會提高家禽對脂肪之消化率而提供家禽較多的能量。

(二) 乳化劑簡介

乳化劑 (emulsifier) 又稱界面活性劑 (surfactant)，其化學結構中同時具有親水端 (hydrophilic group) 及疏水端 (hydrophobic group)，

稱為雙嗜性 (amphipathy)。一般乳化劑疏水端分子為 $-\text{CH}_2$ 、 $-\text{CH}_3$ 、 $-\text{C}_6\text{H}_5$ 、 $-\text{RNH}$ 、 $-\text{RCONH}$ 、 $-\text{RCOCH}_2$ 等；親水端分子為 $-\text{OH}$ 、 $-\text{PO}_4$ 、 $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{SO}_3\text{H}$ 、 $-\text{ONa}$ 、 $-\text{OSO}_3\text{Na}$ 等。界面活性劑為可降低溶劑表面張力之物質，使互不混合之兩個液相其中一方以微膠粒分散於另一液相中，稱之為乳化液 (emulsions)。如油水乳化液，依據分散的物理狀態可分成兩種：油分散在水中形成水包油型乳化液 (oil in water; O/W)，此時水為連續相；水分散在油中形成油包水型乳化液 (water in oil; W/O)，此時油為連續相。乳化液中界面活性劑濃度增加，過量之界面活性劑分子於水中聚集成微膠粒 (micelles)。最初形成微膠粒之濃度，稱為臨界微膠粒濃度 (critical micelle concentration; CMC)。當兩個液相界面面積變大，於熱力學上極不穩定，故添加乳化劑增加其安定性。乳化劑可用於潤濕、乳化、增溶、起泡、消泡、凝集及滲透等功用 (賴，1979；劉等，1996)。

(三) 乳化劑分類

由上述得知，乳化劑具有極性的親水端及非極性的疏水端之特性。親水端結構對界面活性劑的影響很大，一般分類以親水端之結構來分類為離子型及非離子型。離子型界面活劑依親水端帶電荷之不同，可分為陽離子型界面活性劑 (cationic surfactants)、陰離子型界面活性劑 (anionic surfactants) 及兩性離子型界面活性劑 (amphoteric

surfactants)；非離子型界面活性劑 (nonionic surfactants) 在水中不帶電荷 (劉等，1996)。

1. 陽離子型界面活性劑

可與非離子型及兩性離子型界面活性劑共用。因一部分為正電荷，對帶有負電荷之固體物質有較強的吸附力。可作為纖維用柔軟劑、抗靜電劑及防水劑，可用於金屬之抗腐蝕，微生物之殺菌劑及礦物之懸浮劑。但除了氧化胺 (amino oxides) 之外，大部分陽離子型並不能與陰離子兼容。而且成本也較陰離子型及非離子型高，去污能力較差 (Rosen, 1978)。根據 Rosen (1978) 陽離子型又可分成下列幾項：

(1) 胺鹽型 (long-chain amine salts)

主要由動植物脂肪酸及松油 (tall oil) 所衍生出的胺類，親油端碳數在 12 至 18 之間。有很強的吸附力及在酸性溶液中溶解度及穩定性佳。但對 pH 值敏感度高，當 pH 值大於 7 時，不帶電荷也不溶於水。

(2) 四級銨鹽型 (quaternary ammonium salts)

主要為氯化烷基三甲基銨 (*N*-alkyltrimethylammonium chlorides) 及雙氯化烷基三甲基銨 (*N, N*-dialkyltrimethylammonium chlorides)。穩定性高，且不受 pH 值影響，在酸性、中性及鹼性培養基中皆有

正電荷存在。但吸附力不強，容易被移除。

(3) 氧化胺型 (amine oxides)

常見的為烷基二甲基氧化胺 (*N*-alkyldimethylamine oxides)，較陰離子型及其他氧化胺有較高之界面活性。使用於清潔劑及洗髮精，增加泡沫穩定性。

2. 陰離子型界面活性劑

為目前使用最廣泛的界面活性劑，約佔 70-75%，最具代表性為肥皂。陰離子型親水端種類有限，種類的變化主要來自於親油端，可由多種結構組成 (Myers, 1992)。根據 Rosen (1978) 陰離子型又可分成下列幾項：

(1) 羧酸鹽型 (carboxylic acid salts)

碳數低於 10 易溶於水溶液中；高於 20 則不易溶於水溶液中。可由脂肪酸與鹼性物質混合或三酸甘油酯經皂化作用產生。當遇到二價或三價金屬離子，肥皂不溶於水。

(2) 磺酸鹽型 (sulfonic acid salt)

磺酸鹽型易溶於水，於酸性溶液中不水解，具良好的發泡效果。具代表性為直鏈烷基苯磺酸鹽 (linear alkylbenzenesulfonates; LAS)，

於硬水中不與鈣及鎂離子產生沉澱。除酒精外，不溶於有機溶劑。

(3) 硫酸酯鹽型 (sulfuric acid ester salts)

具有良好的發泡及去污能力，水溶液呈中性或弱鹼性，主要應用於洗滌劑中。

(4) 磷酸及聚磷酸酯鹽型 (phosphoric and polyphosphoric acid esters)

產物是一元或二元磷酸鹽混合物。游離酸於水、有機及部分烴類溶劑中有良好之溶解性。發泡能力差，只用於表面之潤濕。

3. 兩性離子型界面活性劑

兼具陽離子及陰離子型界面活性劑之特性，在酸性溶液中呈陽離子性；鹼性溶液中呈陰離子性；而在中性溶液中，與非離子型有相似之特性。對眼睛及皮膚的刺激最小，毒性最低。但與大部分的有機溶劑不互溶 (Rosen, 1978)。根據 Rosen (1978) 兩性離子型又可分成下列幾項：

(1) 對 pH 值敏感型

於高 pH 時具陰離子型特性；低 pH 時具陽離子型特性。於等電點時為兩性離子型，有最低之溶解度、發泡、潤濕及去污能力。以 N-烷基氨基丙酸 (N-Alkylaminopropionic acid) 為例，等電點約 pH

4. 當乳化作用受到 pH 值影響，乳化劑由陰離子型變成陽離子型。

(2) 對 pH 值不敏感型

以磺酸甜菜鹼 (Sulfobetaine) 為例，在所有 pH 溶液中，皆為兩性離子型界面活性劑。

離子型界面活性劑之官能基如下圖：

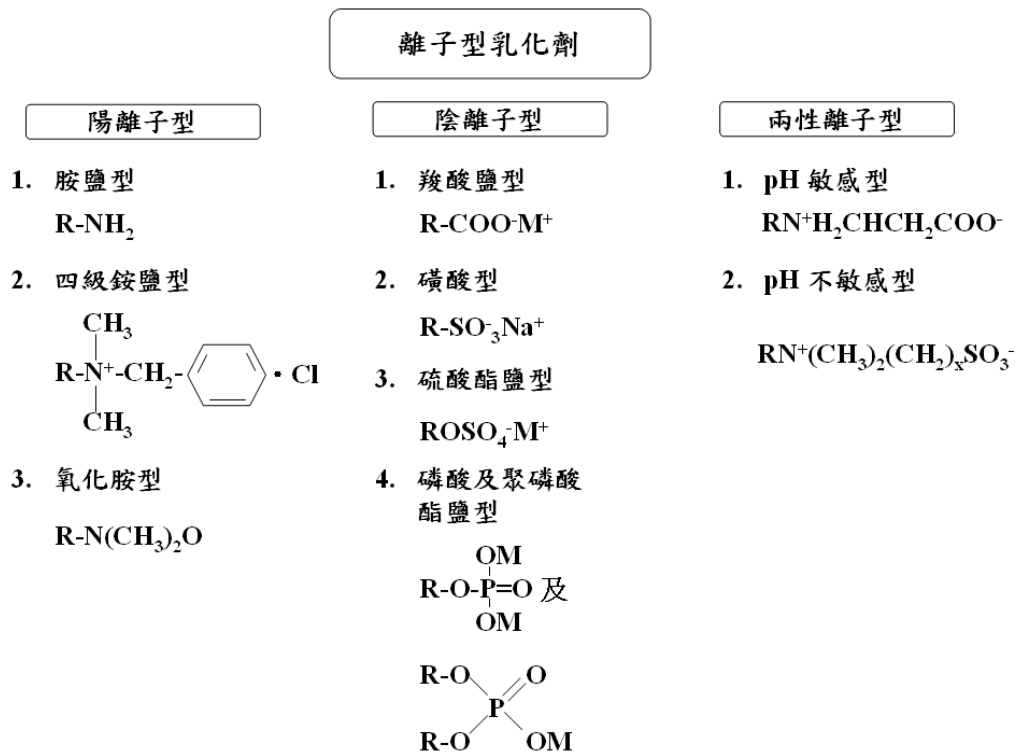


圖 1. 離子型界面活性劑之官能基。資料來源：Rosen (1978).

Figure 1. Functional groups of the ionic surfactants.

4. 非離子型界面活性劑

可與不同類型之界面活性劑共存，溶於水中不帶電荷。於水溶液

中不以離子狀態存在，故穩定性高，不易受電解質存在、酸及鹼影響。

其產物為液態或膏狀，不易形成泡沫 (Rosen, 1978)。根據 Rosen

(1978) 非離子型又可分成下列幾項：

(1) 烷基酚聚氧乙烯型 (alkylphenol ethoxylates)

化學穩定性高，在高溫下不易被強酸或強鹼破壞，生物降解性差。

(2) 乙醇聚氧乙烯型 (alcohol ethoxylates)

比烷基酚聚氧乙烯型更容易被生物降解，比聚氧乙烯脂肪酸於鹼中更不容易被水解及較好的潤濕能力。

(3) 聚氧乙烯硫醇型 (polyoxyethylenated mercaptans)

較其他聚氧乙烯型有較好之清潔及消毒能力，但有不良知氣味。

(4) 長鏈羧酸酯型 (long-chain carboxylic acid esters)

簡單的設備即可製造。與其他非離子型相比，有較佳的乳化能力。於熱酸或熱鹼中，立即被水解。

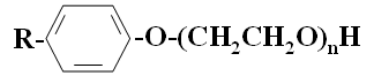
(5) 烷基乙醇醯胺型 (alkanolamides)

具有很強之發泡及穩定泡沫能力，故常用於泡沫促進劑或泡沫穩定劑。

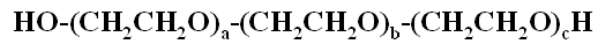
非離子型界面活性劑之官能基如下圖：

非離子型乳化劑

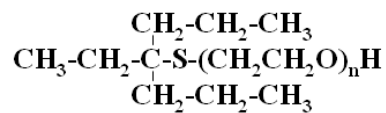
1. 烷基酚聚乙烯型



2. 乙醇聚乙烯型



3. 聚氧乙烯硫醇型



4. 長鏈羧酸酯型



5. 烷基乙醇醯胺型

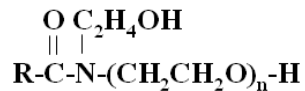


圖 2. 非離子型界面活性劑之官能基。資料來源：Rosen (1978).

Figure 2. Functional groups of nonionic surfactants .

(四) 乳化劑作用

根據 George and George (1989) 所述，乳化劑作用可分成下列：
可減少乳化的表面張力，促進乳化作用，並穩定乳化液；乳化劑影響食物中澱粉，蛋白質及脂質特性，而影響食物的口感。因食物種類，製造過程不同，而使用不同乳化劑。

乳化劑的親水性或親油性，會影響乳化劑在水或油中之溶解度。可依據親水性與親油性平衡 (hydrophilic lipophilic balance; HLB) 概

念，計算乳化劑是偏於水或油。計算 HLB 公式為：

$$\text{HLB} = 20 \times (M_0/M)$$

M_0 為乳化劑親水基之分子量； M 為乳化劑之分子量。比値之範圍落在 0 至 20。親水端佔優勢之乳化劑，有較高 HLB 值；而親油端佔優勢者，則反之。依 HLB 值的大小，一般將乳化劑分作下列用途：

1. 0-3 消泡劑 (antifoaming agents)
2. 4-6 油包水型乳化劑 (W/O emulsifying agent)
3. 7-9 潤濕劑 (wetting agent)
4. 8-18 水包油型乳化劑 (O/W emulsifying agent)
5. 13-15 清潔劑 (detergents)
6. 10-18 助溶劑 (solubilisers)

水包油型乳化劑 HLB 值介於 8-18；油包水型乳化劑者介於 4-6 間。兩類型乳化液穩定性最佳之 HLB 範圍分別為 12.0 及 3.5 (George and George, 1989; Whitehurst, 2004)。但 HLB 系統會受到溫度及乳化劑濃度影響 (Whitehurst, 2004)。當溫度改變時，因物質溶解度改變，使水包油型轉變為油包水型乳化液，此溫度稱為相轉換溫度 (phase inversion temperature; PIT) (McClements, 1999)。Shinoda and Saito (1968) 及 Shinoda (1969) 指出，當低溫環境下，為水包油型；高溫環境下，轉換為油包水型。

(五) 乳化劑在食品中之應用

應用於食品中乳化劑種類繁多，Whitehurst (2004) 將其分類為：

1. 卵磷脂 (lecithin)

最廣泛應用於食品工業上。卵磷脂於 1846 年被法國化學家 Maurice Gobley 由蛋黃中分離出。其後，陸續由腦、血液、膀胱及其他有機物質分離出。多存在於卵黃、大豆及葵花籽中。

卵磷脂之溶解度主要與極性端及脂肪酸組成有關。如磷脂酸膽鹼 (phosphatidylcholine; PC) 於乙醇中之溶解度，隨著鹼基長度減少而增加。磷脂之熔點與極性端結構及其脂肪酸飽和度有關，範圍介於 71 至 240°C 間。HLB 值介於 2-7，表示卵磷脂並不能形成水包油型乳化液。可應用於包裹於巧克力表面降低黏性；在烘焙工業中，使原料可以均勻分佈及增加冷凍麵團於保存中之伸展性。

2. 單及雙酸甘油酯 (mono- and diglycerides)

單酸甘油酯擁有親油之特性，HLB 值較低 (3-6)，屬於油包水型乳化劑。應用於麵團發酵穩定性、蛋糕、人造黃油及冰淇淋。

3. 單及雙脂肪酸甘油二乙醯酒石酸酯 (di-acetyltartaric esters of monoglycerides; DATEM)

為甘油衍生物，由食用脂肪酸與單及二乙醯酒石酸酯化而成。

DATEM 具有液態或臘狀固體之特性。隨著二乙醯酒石酸含量提高熔點隨之下降，熔點較單及雙酸甘油酯低。剛低於熔點時，具有可塑性，而遠低於熔點，則產生塊狀。DATEM 親水端較多，HLB 值較高，為水包油型乳化劑。應用於奶精、奶油、口香糖、肉製品、乳化醬汁、罐裝咖啡及茶、色素溶劑及食品抗氧化劑。

4. 聚合甘油酯 (polyglycerol esters)

聚合甘油酯是一種非離子型乳化劑，HLB 值介於 6-11，為油包水型乳化劑、潤濕劑或水包油型乳化劑。應用於人造黃油，蛋糕，烘焙產品，以延長保存期限。

5. 蔗糖酯 (sucrose esters)

脂肪酸與蔗糖酯化而成，脂肪酸碳數範圍介於 8-22，又分為飽和及不飽和脂肪酸，影響其特性。HLB 值範圍很廣，介於 1-18。當蔗糖酯 HLB 值大於 6，可溶於水但難溶於油；HLB 值小於 6，則反之。pH 穩定範圍介於 4-8，pH 高於 8 時，會發生皂化作用。應用於調味料，糕點糖果製造，糖衣及填充物。

6. 山梨醇酯及聚山梨醇酯 (sorbitan esters and polysorbates)

山梨醇酯及聚山梨醇酯為非離子型乳化劑。HLB 值受脂肪酸鏈長所影響，較短鏈者有較低之 HLB 值，HLB 值介於 1.8-8.6。應

用於麵包，乾燥酵母，飲料及乳品中。

7. 磷脂酸銨鹽 (ammonium phosphatides)

物理表現受磷脂酸銨鹽之脂肪酸影響，當脂肪酸為棕櫚酸或硬脂酸時，熔點約為 50°C；為不飽和脂肪酸，熔點約低於 40°C。可應用於巧克力及乳製品。

(六) 乳化劑在飼料中之應用

常用於飼糧中之乳化劑分別為膽鹽 (bile salt)，卵磷脂 (lecithin) 及脫脂酸卵磷脂 (lysolecithin)，藉由乳化劑提高動物對脂肪之消化吸收，以改善生產效率。

1. 膽鹽

膽鹽 (bile salts) 為一種內源性界面活性劑，具有雙嗜性，可將小腸中脂肪乳化形成微膠粒，促進脂溶性營養分消化吸收。故飼糧中添加膽鹽可能會提高動物對脂肪之消化率，並改善動物之生長性能。

在雞隻方面，Gomez and Polin (1976) 研究顯示，飼糧中添加不同類型 (膽酸、鵝去氧膽酸及牛磺膽酸鈉) 及濃度 (0, 0.025 或 0.05%) 膽鹽，添加 0.025 或 0.05% 鵝去氧膽酸較其他種類膽鹽者，於 4-7

日齡有最高之脂肪消化率；添加膽酸提高肉雞 14-19 日齡之脂肪消化率，而添加 0.025% 鵝去氧膽酸及牛磺膽酸鈉時則無。於牛脂基礎飼糧中添加 0.04% 不同類型膽酸或其鹽類，添加鵝去氧膽酸提高來亨公雞前期 (0-7 日齡) 脂肪消化率；而添加去氫膽酸，則降低雞隻後期 (14-21 日齡) 脂肪消化率 (Polin *et al.*, 1980)。 Kussaibati *et al.*

(1982) 亦指出，飼糧中添加不同濃度及來源脂肪 (5 及 15% 動物脂肪及玉米油) 時，添加 0.5% 膽鹽，改善雛雞對動物油之表面消化率及飽和脂肪酸消化率；以及改善雛雞對 15% 玉米油之 C18:1 及 C18:2 消化率。在成雞方面，於添加 15% 動物脂肪飼糧中添加膽鹽，改善脂質表面消化率及脂肪酸消化率，於添加 5% 動物脂肪飼糧中添加膽鹽則無效。於添加 5% 玉米油飼糧中添加膽鹽，僅提高 C18:2 消化率。此結果顯示，飼糧中添加膽鹽之效果，受到脂肪酸種類及添加量以及動物年齡之影響。膽鹽之效果在動物脂肪大於玉米油者；脂肪添加量較高時大於較低時；雛雞大於成雞者。

於牛脂基礎飼糧中添加 0.04% 不同類型膽酸或其鹽類，添加鵝去氧膽酸提高來亨公雞前期 (0-7 日齡) 增重；添加膽酸亦有相似之趨勢；添加去氫膽酸、去氧膽酸及牛磺膽酸鈉對來亨公雞前後期增重並無影響 (Polin *et al.*, 1980)。

添加鵝去氧膽酸及去氫膽酸降低來亨公雞飼料採食量，進而改善

飼料利用效率 (Polin *et al.*, 1980)。Maisonnier *et al.* (2003) 指出，飼料中添加 0.3% 膽鹽增加 7 及 21 日齡肉雞增重，但對飼料利用效率無顯著影響。

另有研究則發現，飼糧中添加不同類型膽酸及其鹽類並無效果。飼糧中添加不同類型（膽酸、鵝去氧膽酸及牛磺膽酸鈉）及濃度（0、0.025 及 0.05%）膽鹽，無法改善肉雞 7 及 19 日齡增重及飼料利用效率 (Gomez and Polin, 1976)。Polin and Hussein (1982) 指出，飼糧中添加牛磺膽酸鈉並無法改善 7、14 及 21 日齡肉雞增重及飼料利用效率。

飼糧中添加不同類型膽酸及其鹽類於生長性能，結果並不一致。可能與實驗動物品種及膽鹽類型及濃度不同而造成結果上的差異。

2. 卵磷脂

卵磷脂 (lecithin) 為磷脂醯膽鹼 (phosphatidyl choline; PC) 之俗稱。商業產品含磷脂之產品皆泛指為卵磷脂，包括磷脂醯膽鹼、磷脂醯乙醇胺 (phosphatidyl ethanolamine; PE)、磷脂醯肌醇 (phosphatidyl inositol; PI) 及磷脂酸 (phosphatidic acid; PA) (Wood and Allison, 1982)。卵磷脂之甘油與脂肪酸酯化為親油端部分，磷酸根及膽鹼為親水端部分。磷脂存在於動物之肝臟、蛋黃及神經組織中及植物種子 (如燕麥、黃豆及玉米)，也為生物細胞膜之主要成分 (Canty and Zeisel,

1994)。飼糧用卵磷脂為大豆榨油時所生產之副產物。

在雞隻方面，Polin (1980) 提出，於添加 4% 牛脂飼糧中添加 2% 卵磷脂，改善公雞飽和脂肪酸消化率。陳及姜 (1998) 亦指出，於飼糧中添加 2% 卵磷脂可顯著提高肉雞 C16:0 及 C18:0 之消化率，而對 C18:1、C18:2 及 C18:3 消化率無影響。Blanch *et al.* (1996) 及陳及姜 (1998) 亦發現，飼糧中添加卵磷脂提高脂肪消化率之效果，在年幼雞隻大於年長者。

在豬隻方面，飼糧中添加不同來源脂肪（大豆油、椰子油、牛脂或豬脂）中添加 1.0% 卵磷脂，提高牛脂脂肪表面消化率 (Jones *et al.*, 1992)。Overland *et al.* (1993a) 指出，飼糧中有無添加大豆油及卵磷脂（6% 大豆油；2% 卵磷脂）對離乳豬之脂肪表面消化率無交互作用，表示無論飼糧中有無添加大豆油，添加卵磷脂對離乳豬之脂肪表面消化率無影響。Overland *et al.* (1994) 及 Jin *et al.* (2008) 也有相同結果。Soares and Lopezbote (2002) 於不同來源脂肪（豬脂、大豆油及 80% 豬脂與 20% 大豆油之混合油）添加卵磷脂，皆無法改善脂肪消化率，而於牛脂飼糧中添加卵磷脂，則提高脂肪消化率。

於飼糧中添加 0.875 及 1.75% 卵磷脂，隨著飼糧中卵磷脂濃度提高，改善公雞 (New Hampshire males × Columbian females) 增重及飼料利用效率 (Emmert *et al.*, 1996)。飼糧中添加 1.5% 大豆油及

0.5% 大豆卵磷脂，提高肉雞後期 (21-42 日齡) 及全期 (1-42 日齡) 增重及飼料利用效率。而飼糧中添加 2% 大豆卵磷脂，則肉雞各階段之生長性能較差；肝臟、心臟及胸腺相對重量較高，對腎臟及脾臟相對重量則無顯著影響 (Huang *et al.*, 2007)。Azman and Ciftci (2004) 研究亦指出，於大豆油及牛脂飼糧中添加 2% 卵磷脂，降低肉雞增重及飼料利用效率。

於豬隻方面，飼糧中添加大豆油及卵磷脂 (6% 大豆油；2% 卵磷脂)，無法改善離乳豬及生長豬之每日增重、每日飼料採食量及飼料利用效率；但可提高肥育豬之飼料利用效率。以卵磷脂代替大豆油，於飼糧中添加不同濃度卵磷脂 (0, 1, 2 或 3%) 無法改善離乳豬、生長豬及肥育豬生長性能 (Overland *et al.*, 1993a,b)。Jones *et al.* (1992) 指出，於離乳豬之生長試驗中，卵磷脂濃度 (0.5, 1.0 或 3.0%) 與飼料利用效率呈曲線效應。添加 1.0% 卵磷脂有最佳之飼料利用效率；添加 0.5% 卵磷脂則最差。

以上結果顯示，於雞隻飼糧中添加 2% 以下卵磷脂，可能提高增重及飼料利用效率；超過 2% 卵磷脂，則降低雞隻生長性能。豬隻飼糧中添加卵磷脂之效果並不一致，可能受到豬隻年齡，卵磷脂添加量之影響，但也發現卵磷脂濃度與飼料效率呈曲線效應，添加約 1% 卵磷脂可能最佳。

不同油脂（大豆油、椰子油、牛脂及豬脂）飼糧中添加 10% 卵磷脂，減少離乳豬血清中總膽固醇及三酸甘油酯濃度 (Jones *et al.*, 1992)。於大豆油飼糧中添加大豆卵磷脂 (0.5 或 1.5%)，降低肉雞血清中總三酸甘油酯，添加 2% 大豆卵磷脂降低總膽固醇 (Huang *et al.*, 2007)。Huang *et al.* (2008) 則顯示，飼糧中添加大豆卵磷脂 (1.5 或 2%)，降低肉雞總膽固醇濃度，但提高三酸甘油酯濃度。

3. 脫脂酸卵磷脂

脫脂酸卵磷脂 (Lysophosphatidylcholine; Lysolecithin) 由胰臟產生之磷脂解脂酶 A₂ (phospholipase A₂) 將卵磷脂第二個碳脂肪酸水解，釋出後而形成。脫脂酸卵磷脂可形成極小之微膠粒，因擁有 0.02-0.2 mM/L 之臨界微膠粒濃度 (critical micelle concentration; CMC)，約小於膽鹽 (CMC = 4 mM/L) 及卵磷脂 (CMC = 0.3-2 mM/L) 之 20-200 倍。顯示脫脂酸卵磷脂較膽鹽及卵磷脂具較佳的乳化能力 (Zhang *et al.*, 2011)。

Rampone and Long (1977) 在體外試驗指出，添加脫脂酸卵磷脂可提高油酸之吸收作用。在體內試驗方面，於添加不同脂肪（大豆油，牛脂及家禽脂肪）飼糧中添加 0.05% 脫脂酸卵磷脂，可提高肉雞前期 C16:0 及 C18:1 及肉雞後期 C18:2 及 C18:3 之表面消化率 (Zhang *et al.*, 2011)。

Jones *et al.* (1992) 發現，飼糧中添加不同脂肪及乳化劑，於牛脂飼糧中添加 1.0% 脫脂酸卵磷脂，增加離乳豬脂肪消化率；於添加豬脂飼糧中添加 0.02% 脫脂酸卵磷脂，改善 21 日齡仔豬脂肪消化率 (Xing *et al.*, 2004)。惟 Dierick *et al.* (2004) 於添加 4% 動物脂肪飼糧中添加 0.075% 脫脂酸卵磷脂 (0.3% Lysoforte)，對生長豬迴腸及糞便表面消化率並無顯著影響。

於添加 5% 豬脂飼糧中添加不同濃度脫脂酸卵磷脂 (0, 0.02 或 0.10%)，直線地增加離乳豬後期 (15-35 天) 及全期 (0-35 天) 增重 (Xing *et al.*, 2004)。Melegy *et al.*, (2010) 亦指出，於低營養濃度飼糧中添加 0.025% 脫脂酸卵磷脂，提高肉雞增重及飼料利用效率，但提高死亡率。於屠體性狀方面，低營養濃度飼糧中添加脫脂酸卵磷脂，提高肉雞屠宰率，但對胸肉百分比及腿肉百分比無影響。Zhang *et al.* (2011) 亦發現相似結果，可提高肉雞前期 (1-21 日齡) 增重，但對全期 (1-42 日齡) 增重並無影響，亦提高前期飼料利用效率。

不同油脂 (大豆油、椰子油、牛脂及豬脂) 飼糧中添加 10% 脫脂酸卵磷脂，減少離乳豬血清中總膽固醇及三酸甘油酯濃度 (Jones *et al.*, 1992)。飼糧中添加脫脂酸卵磷脂 (0.25 或 0.5%) 對肉雞血清中三酸甘油酯及膽固醇濃度無影響 (Melegy *et al.*, 2010)。

(七) 乳化劑對蛋白質消化之影響

飼糧中蛋白質大部分呈緊密球狀，胃酸 (pH 2-3) 使蛋白質變性，使得結構變得鬆散展開，以利於胃蛋白酶的作用。於小腸中，蛋白質再經由胰臟產生之各種胰蛋白酶進行水解，釋出小分子胜肽及胺基酸。小分子胜肽包括雙胜肽、三胜肽及四胜肽，進入小腸細胞後，被細胞中的雙胜肽酶、三胜肽酶及四胜肽酶水解成胺基酸後，經肝門靜脈至肝臟，再運送至全身被利用。

蛋白質中有一些胺基酸支鏈為親油性。正常狀況下，蛋白質親油區位於摺疊蛋白質分子的內部；但有時在天然蛋白質中，蛋白質親油區會均勻分布在蛋白質表面。乳化劑親油端與蛋白質親油區作用，使蛋白質變性展開，並與乳化劑進一步的結合，乳化劑與蛋白質亦結合改變油水介面張力及乳化安定性。

電荷也會影響蛋白質的狀態。當蛋白質達等電點或不帶電荷時，造成蛋白質聚集；蛋白質呈正電荷或負電荷時，造成分子間的排斥，使蛋白質溶解 (Hui, 1995)。因此，離子型乳化劑與蛋白質結合後，可能會使蛋白質帶正電荷或負電荷，造成蛋白質分子間排斥，提高蛋白質溶解度。另外乳化劑亦可能會促進脂蛋白質表面脂肪水解，暴露其中的蛋白質。

於白介素第二因子 (Interleukin-2; IL-2) 鑲嵌蛋白質中添加 0.1% 聚山梨酯醇 80 (polysorbate 80; Tween 80)，可減少試管內蛋白

質聚集，但提高儲存時蛋白質氧化速率 (Wang *et al.*, 2008)。乳化劑可能會佔據蛋白質表面，因而降低蛋白質聚集 (Randolph and Jones, 2002)。

瘤胃發酵試管試驗中添加 Tween 80 (2.5 或 15%)，可降低發酵初期瘤胃中醋酸與丙酸比例及提高還原糖濃度。Tween 80 可增加飼料顆粒之水合作用，增加細菌聚集而提高發酵速率 (Wang *et al.*, 2004)。於瘤胃微生物萃取出微生物酶中添加 Tween 80，增加微生物酶吸附於大麥桿之速率，提高瘤胃微生物蛋白酶活性 (Kamande *et al.*, 2000)。

乳化劑可能會使蛋白質變性，增加接觸面，增加蛋白質水溶性，並提高蛋白酶活性。因此，於飼糧中添加乳化劑可能會提高動物對蛋白質之消化率。目前尚無此方面之研究，值得探討。

材料及方法

試驗一：不同營養濃度飼糧中添加乳化劑對肉雞生長性能、屠體性狀、營養分消化率及血漿組成之影響

一、試驗設計

試驗為 2×3 複因子試驗。600 隻初生愛拔益加 (Arbor Acres) 雛雞，逢機分配至 6 處理組，每處理組 4 重複，每重複 25 隻，飼養於開放式平飼雞舍中，分為 0-18 及 19-36 日齡兩期。

二、試驗飼糧

飼料配方營養份需求參照 (1994) 肉雞之飼養標準。6 處理組分為：(1) 高營養濃度飼糧組 (HD)；(2) HD 添加 0.4 g 唯樂美 (Volamel)/kg；(3) HD 添加 0.4 g 油效能 (Emupack)/kg；(4) 低營養濃度飼糧組 (LD)；(5) LD 添加 0.1 g 唯樂美/kg；(6) LD 添加 0.1 g 油效能/kg，飼糧中唯樂美 (Volamel, 紐卡美公司, 比利時) 及油效能 (Emupack, 信逢公司, 台灣) 之添加量為脂肪添加量之 1% (表 1)。低營養濃度及高營養濃度飼糧之脂肪酸組成如表 2 所示。

三、雞隻飼養管理及採樣

表 1 試驗飼糧組成 (試驗一)

Table 1. Composition of the experimental diet (trial 1)

Age, day	0-18		19-36	
Diet ¹	HD	LD	HD	LD
Ingredient, %				
Yellow corn	55.95	61.56	64.03	69.63
Dehulled soybean meal (47% CP)	30.75	28.80	22.30	20.00
Corn gluten meal	2.50	2.50	3.50	4.00
Fish meal	3.50	2.60	3.20	2.00
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Tallow	4.00	1.00	4.00	1.00
Monocalcium phosphate	0.96	1.12	0.59	0.80
Calcium carbonate	1.30	1.36	1.26	1.40
Choline-Cl (75%)	0.15	0.15	0.15	0.15
DL-Methionine	0.14	0.16	0.02	0.07
Vitamin premix ²	0.30	0.30	0.30	0.30
Mineral premix ³	0.08	0.08	0.08	0.08
Butylated hydroxytoluene	0.02	0.02	0.02	0.02
Avatec (15% lasalocid sodium)	0.05	0.05	-	-
Chromium (III) oxide	-	-	0.25	0.25
Total	100.0	100.0	100.0	100.0
Calculated values				
ME, kcal/kg	3108.9	3004.5	3198.9	3097.5
Crude protein, %	22.01	20.93	18.88	17.78
Crude fat, %	6.66	3.81	6.89	4.04
Calcium, %	1.02	1.00	0.90	0.90
Available phosphate, %	0.45	0.45	0.35	0.35
Methionine + cystine, %	0.91	0.90	0.73	0.75
Analyzed values, %				
Crude protein,	20.00	20.73	18.00	18.68
Total fatty acid	4.75	3.43	5.25	3.35

¹HD: high density diet; LD: low density diet.

² 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.

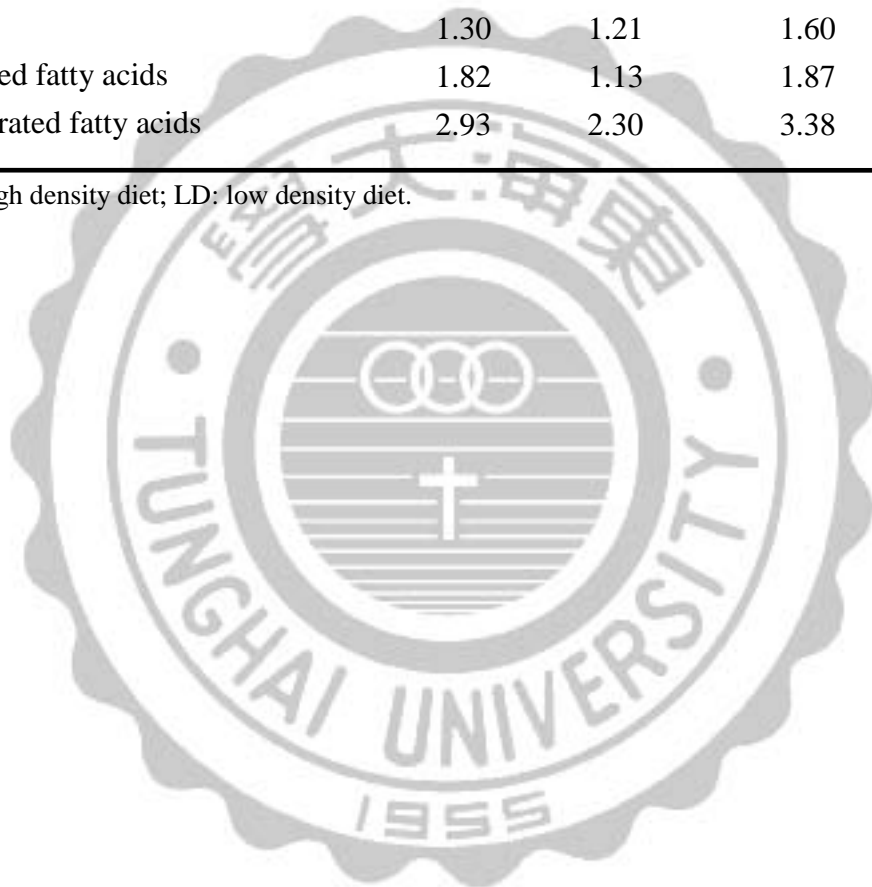
³ Provided per kilogram of diet: Fe, 150 mg; Mn, 40 mg; Zn, 100 mg; Cu, 20 mg; Se, 0.3 mg; I, 1 mg; Co, 0.3 mg.

表 2 試驗飼糧之脂肪酸組成 (試驗一)

Table2. Fatty acid composition of the experimental diet (trial 1)

Age, day	0-18		19-36	
	HD	LD	HD	LD
Diet ¹				
	% of diet			
Total fatty acids	4.75	3.43	5.25	3.52
C16: 0	1.42	0.88	1.48	0.85
C18: 0	0.40	0.25	0.39	0.23
C18: 1	1.62	1.10	1.78	1.09
C18: 2	1.30	1.21	1.60	1.18
Saturated fatty acids	1.82	1.13	1.87	1.08
Unsaturated fatty acids	2.93	2.30	3.38	2.27

¹HD: high density diet; LD: low density diet.



雞隻於 0 日齡秤重分組後，每組飼養於開放式平飼雞欄中 (298 cm × 147 cm)，試驗至雞隻達 36 日齡時結束。試驗期間飼料及飲水任食。於第 18 及 36 日齡時測定雞隻之增重、飼料採食量及飼料利用效率。試驗期第 27-36 日齡於飼糧中添加 0.25% 三氧化二銻作為指示劑，於 31-35 日齡收集糞便，收集的糞便立即儲存於 -20 °C，以待進行消化率測定。

於 36 日齡測定死亡隻數佔初始隻數之百分比及跛腳隻數佔最後存活隻數之百分比。試驗結束時，每重複選體重接近平均體重之雞隻 4 隻，其中 2 隻抽血後測定血漿三酸甘油酯、膽固醇及葡萄糖含量。CO₂ 犧牲後，去內臟及腸道內容物後，依照阮及胡 (1996) 結果，扣除羽毛重 (佔活體重 4.2%) 後，依屠體重佔活體重百分率計算屠宰率；取去皮胸肉、左腿及腹脂，秤重後測定胸肉、腿肉及腹脂佔體重之比例。

四、 樣品分析

(一) 飼料及糞便分析

1. 粗蛋白質測定

糞便經冷凍乾燥 (Stoppering Tray Dryer 12, Labconco Instrument Company) 後，磨細，於 -20 °C 保存。分別測定飼料及糞便中粗蛋

白質含量 (AOAC, 1984)。秤取適量樣品，以 Kjeldahl 法經硫酸水解後，再以凱氏氮蒸餾裝置 (Kjeltec system-2100, Foss Tector, Sweden) 蒸餾滴定後，測定樣品中總含氮量，進而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，取適量之飼料或糞便樣品，添加 pentadecanoic acid (C15:0) (Matreya, Inc., U.S.A.) 作為內標 (internal marker)，使用 benzene、methanolic HCl 及 K_2CO_3 將樣品中脂肪酸甲基化後，以氣相色層分析儀 (G-3000, Hitachi, Japan) 分析樣品中脂肪酸組成，並予以定量。樣品注入 Rtx-2330 fused Silica capillary 填充管 (長 30 m，直徑 0.25 mm，Restek Inc., Bellefonte, U.S.A.)，oven 溫度及注入口溫度分別為 $100^\circ C$ 及 $250^\circ C$ ，氫氣，氮氣及空氣流速分別為 25，30，2.5 mL/min。

3. 三氧化二鉻濃度測定

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。取約 1 g 樣品置於坩堝中，於 $600^\circ C$ 灰化 1.5 小時。冷卻後，加入 3 mL phosphoric acid-manganese sulphate solution 及 4 mL potassium bromate solution。蓋上錶玻璃後，置於加熱板上，加熱消化

至冒泡停止。冷卻後，加 25 mL calcium chloride solution，並將溶液以去離子水稀釋至適當倍數後，以原子吸收光譜儀 (170-30, Hitachi, Japan) 測定之。

4. 尿酸測定

糞便樣品中尿酸濃度之分析依 Marquardt *et al.* (1983) 所述之方法處理。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 振盪 1 小時後靜置。取上層溶液置入 15 mL 離心管中，以 5.35% 過氧酸溶液定量至 15 mL。以離心機 (Z200A, Hermle Labortechnik, Germany) 於離心力 $4185 \times g$ (6000 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。

(二) 血漿分析

血液於恆溫懸吊式離心機 (CS-6R Centrifuger, Beckman, U.S.A.) 進行血液分離，於 4 °C 恆溫下離心力 $5080 \times g$ (3000 rpm) 離心 15 分鐘。分離後，抽取 1 mL 上層液於微量離心管中於 -20 °C 保存。使用血液分析儀 (Vitros DT-60 II, Johnson & Johnson, U.K.) 進行血漿中三酸甘油酯、膽固醇及葡萄糖濃度測定。

五、數據計算

(一) 脂肪酸消化率

依飼糧及糞便中脂肪酸濃度與鉻濃度之比例，求出脂肪酸消化率：

$$100 - 100 \times \frac{\text{飼糧鉻濃度 (\%)} \times \text{糞便脂肪酸濃度 (\%)}}{\text{糞便鉻濃度 (\%)} \times \text{飼糧脂肪酸濃度 (\%)}}$$

(二) 蛋白質消化率及蓄積率

依飼糧，糞便及尿酸中氮濃度與鉻濃度比例，求出蛋白質消化率及蓄積率：

1. 蛋白質蓄積率 (%) =

$$100 - 100 \times \frac{\text{飼糧鉻濃度 (\%)} \times \text{糞便氮濃度 (\%)}}{\text{糞便鉻濃度 (\%)} \times \text{飼糧氮濃度 (\%)}}$$

2. 蛋白質消化率 (%) =

$$100 - 100 \times \frac{\text{飼糧鉻濃度 (\%)} \times [\text{糞便氮濃度 (\%)} - \text{尿酸氮濃度 (\%)}]}{\text{糞便鉻濃度 (\%)} \times \text{飼糧氮濃度 (\%)}}$$

3. 可消化蛋白質蓄積率 (%) =

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

六、統計分析

試驗所得數據以最小平方平均值 (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。處理效應包括營養濃度，乳化劑及兩者間之交互作用。如處理效應顯著 ($P < 0.05$)，則以最小平方值法，測定各處理間之差異。

試驗二：飼糧中添加不同濃度乳化劑對肉雞生長性能、屠體性狀及營養分消化率之影響

一、試驗設計

試驗為單因子試驗。600 隻初生愛拔益加 (Arbor Acres) 雛雞，逢機分配至 4 處理組，每處理組 6 重複，每重複 25 隻，飼養於開放式平飼雞舍中，分為 0-18 及 19-36 日齡兩期。

二、試驗飼糧

飼料配方營養份需求參照 NRC (1994) 肉雞之飼養標準。4 處理組分為：(1) 基礎飼糧；(2) 基礎飼糧中添加 0.2 g 油效能/kg；(3) 基礎飼糧中添加 0.4 g 油效能/kg；(4) 基礎飼糧中添加 0.8 g 油效能/kg (表 3)。基礎飼糧之脂肪酸組成如表 4 所示。

三、雞隻飼養管理及採樣

雞隻於 0 日齡秤重分組後，每組飼養於開放式平飼雞欄中 (298 cm × 147 cm)，試驗至雞隻達 36 日齡時結束。試驗期間飼料及飲水任食。於第 18 及 36 日齡時測定雞隻之增重、飼料採食量及飼料利用效率。試驗期第 27-36 日齡於飼糧中添加 0.5% 二氧化鈦作為指示劑，於 31-35 日齡進行收集糞便，收集的糞便立即儲存於 -20 °C，以待進行消化率測定。於 36 日齡測定死亡隻數佔初始隻數之百分比及跛腳隻數佔最後存活隻數之百分比。試驗結束時，每重複選體重接近平均體重之雞隻 4 隻，以 CO₂ 犧牲後，去內臟及腸道內容物後，依照阮及胡 (1996) 結果，扣除羽毛重 (佔活體重 4.2%) 後，依屠體重佔活體重百分率計算屠宰率；取去皮胸肉、左腿及腹脂，秤重後測定胸肉、腿肉及腹脂佔體重之比例；取出梅克耳氏憩室 (Meckel's diverticulum) 與迴盲相接處 (ileal-cecal junction) 間最後 4 cm 的內容物，以備測定雞隻之迴腸脂肪及蛋白質消化率。

表 3 試驗飼糧組成 (試驗二)

Table 3. Composition of the experimental diet (trial 2)

Age, day	0-18	19-36
Ingredient, %		
Yellow corn	57.32	64.86
Dehulled soybean meal (48.6% CP)	25.0	18.18
Corn gluten meal	6.0	5.0
Fish meal	4.0	4.5
Salt	0.3	0.3
Tallow	4.0	4.0
Monocalcium phosphate	1.22	0.7
Calcium carbonate	1.42	1.35
Choline-Cl (75%)	0.2	0.21
DL-Methionine	0.09	0.0
Vitamin premix ¹	0.3	0.3
Mineral premix ²	0.08	0.08
Butylated hydroxytoluene	0.02	0.02
Titanium dioxide	-	0.5
Cygro (1% maduramicin)	0.05	-
Total	100.0	100.0
Calculated values		
ME, kcal/kg	3089.3	3141.2
Crude protein, %	22.67	19.55
Crude fat, %	7.02	7.24
Calcium, %	1.00	0.9
Available phosphate, %	0.45	0.35
Methionine + cystine, %	0.91	0.73
Analyzed values, %		
Crude protein	22.19	19.38
Total fatty acid	5.78	5.89

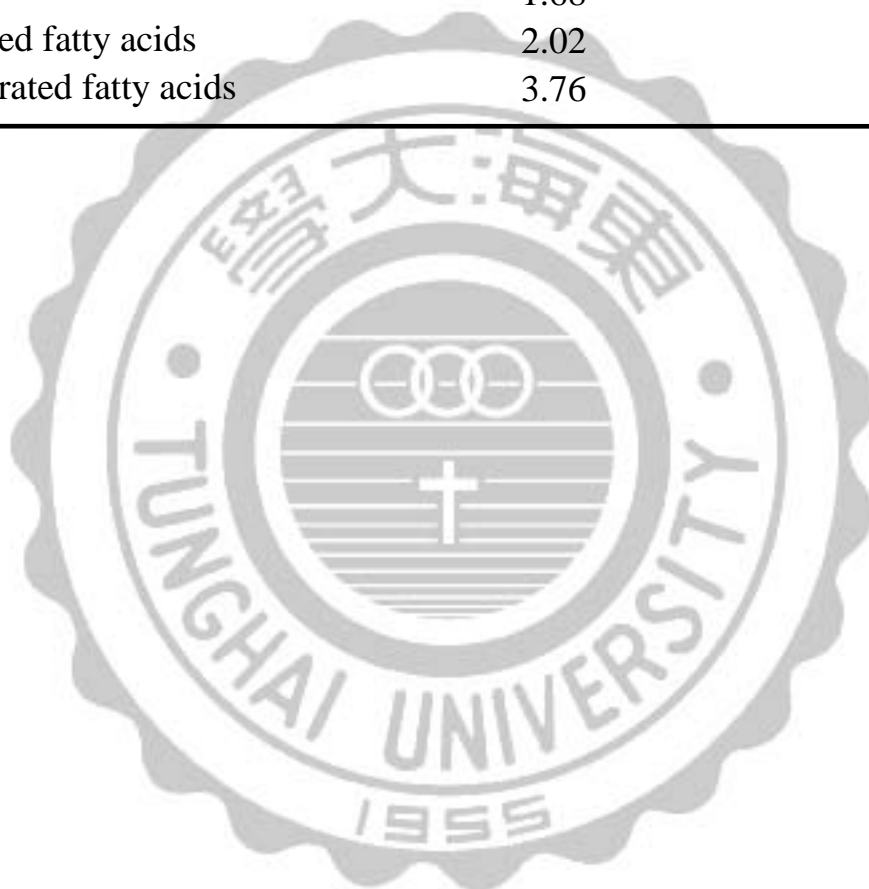
¹ Provided per kilogram of diet: vitamin A, 12,000 IU; vitamin D₃, 2,000 IU; vitamin E, 40 IU; vitamin K₃, 4 mg; vitamin B₁, 1.5 mg; vitamin B₂, 5 mg; vitamin B₆, 4 mg; vitamin B₁₂, 0.05 mg; niacin, 25 mg; pantothenic acid, 16 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 0.2 mg.

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.

表 4 試驗飼糧之脂肪酸組成 (試驗二)

Table4. Fatty acid composition of the experimental diet (trial 2)

Age, day	0-18	19-36
	% in diet	
Total fatty acids	5.78	5.89
C16: 0	1.60	1.47
C18: 0	0.42	0.59
C18: 1	2.08	2.18
C18: 2	1.68	1.66
Saturated fatty acids	2.02	2.05
Unsaturated fatty acids	3.76	3.84



四、 樣品分析

(一) 飼料及糞便分析

1. 粗蛋白質測定

與試驗一者同。

2. 脂肪酸組成測定

與試驗一者同。

3. 二氧化鈦濃度測定

飼料及糞便樣品中鈦濃度之分析依 Short *et al.* (1996) 所述之方法處理。取約 0.2 g 樣品置於坩堝中，於 580 °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需 60-100 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。

(二) 糞便尿酸測定

與試驗一者同。

五、數據計算

(一) 脂肪酸消化率

除了以鈦作為指示劑外，計算方式與試驗一者同。

(二) 蛋白質消化率及蓄積率

除了以鈦作為指示劑外，計算方式與試驗一者同。

六、統計分析

試驗所得數據以最小平方平均值 (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 ($P < 0.10$)，則以最小平方值法，測定各處理間之差異。並以 orthogonal contrasts 測定處理之直線及曲線效應。

結果

試驗一：不同營養濃度飼糧中添加乳化劑對肉雞生長性能、屠體性狀、營養分消化率及血漿組成之影響

一、生長性能

飼糧中添加乳化劑對肉雞生長性能、死亡率及跛腳率之影響如表 5 所示。

高營養濃度飼糧添加油效能組，肉雞 18 日齡之體重 ($P<0.05$) 顯著高於其他處理組，前期 (day 0-18) 及全期 (day 0-36) 之增重 ($P<0.05$) 亦較各處理組高。

高營養濃度飼糧添加油效能組，肉雞前期之飼料採食量 ($P<0.05$) 顯著高於其他處理組。

高營養濃度飼糧中添加油效能顯著改善肉雞前期飼料利用效率 ($P<0.05$)。

低營養濃度飼糧中添加乳化劑對肉雞各期體重、增重、飼料採食量及飼料利用效率並無顯著影響。

肉雞死亡率及跛腳率，則各處理組間無顯著差異。

能量效應顯示，高營養濃度飼糧組肉雞之 36 日齡體重，後期增

表 5 不同營養濃度飼糧中添加乳化劑對肉雞生長性能、死亡率及跛腳率之影響 (試驗一)

Table 5 Effect of supplementation of emulsifiers in diets with in different nutrient density on growth performance, mortality and leg abnormality in broilers (trial 1)

Item	High density diet (HD)			Low density diet (LD)				Energy effect (E)			Emulsifier effect (ES)				P-value		
	Control	Volamel	Emupack	Control	Volamel	Emupack	SEM	HD	LD	SEM	Control	Volamel	Emupack	SEM	E	ES	E×ES
Body weight, g																	
day 0	46.5	46.5	46.5	46.3	46.3	46.5	0.45	46.5	46.3	0.26	46.4	46.4	46.5	0.32	0.65	0.95	0.95
day 18	562.5 ^{ab}	557.0 ^a	616.5 ^c	566.0 ^{ab}	573.3 ^{ab}	578.0 ^b	6.38	578.7	572.4	3.68	564.3 ^a	565.1 ^a	597.3 ^b	4.51	0.25	<0.01	<0.01
day 36	1775.0 ^a	1742.8 ^a	1852.8 ^b	1750.8 ^a	1712.8 ^a	1751.0 ^a	22.84	1790.2 ^b	1738.2 ^a	13.19	1762.9 ^{ab}	1727.8 ^a	1801.9 ^b	16.15	0.01	0.02	0.20
Weight gain, g																	
day 0-18	516.0 ^{ab}	510.5 ^a	569.5 ^c	520.0 ^{ab}	527.3 ^{ab}	531.5 ^b	6.44	532.0	526.3	3.72	518.0 ^a	518.9 ^a	550.5 ^b	4.55	0.29	<0.01	<0.01
day 19-36	1212.5 ^{bc}	1185.8 ^{abc}	1236.3 ^c	1178.5 ^{abc}	1139.3 ^a	1172.8 ^{ab}	19.85	1211.5 ^b	1163.5 ^a	11.46	1195.5	1162.5	1204.5	14.04	0.01	0.12	0.76
day 0-36	1728.5 ^a	1696.0 ^a	1805.8 ^b	1704.5 ^a	1666.5 ^a	1704.5 ^a	22.91	1743.4 ^b	1691.8 ^a	13.23	1716.5 ^{ab}	1681.3 ^a	1755.1 ^b	16.20	0.01	0.02	0.20
Feed intake, g																	
day 0-18	855.8 ^{ab}	835.8 ^a	908.8 ^c	903.8 ^c	879.0 ^{bc}	898.3 ^c	10.29	866.8 ^a	893.7 ^b	5.94	879.8 ^b	857.4 ^a	903.5 ^c	7.28	0.01	<0.01	0.02
day 19-36	2328.5 ^{abc}	2243.5 ^a	2376.5 ^{bc}	2365.3 ^{bc}	2276.8 ^{ab}	2388.5 ^c	35.96	2316.2	2343.5	20.76	2346.9 ^b	2260.1 ^a	2382.5 ^b	25.43	0.37	0.01	0.93
day 0-36	3184.3 ^{abc}	3079.3 ^a	3285.3 ^c	3260.0 ^{bc}	3156.0 ^{ab}	3287.0 ^c	39.93	3182.9	3234.3	23.05	3222.1 ^b	3117.6 ^a	3286.1 ^b	28.23	0.14	<0.01	0.57
Gain/feed																	
day 0-18	0.603 ^b	0.611 ^{bc}	0.627 ^c	0.581 ^a	0.600 ^{ab}	0.592 ^{ab}	0.007	0.614 ^b	0.591 ^a	0.003	0.592 ^a	0.606 ^{ab}	0.610 ^b	0.005	<0.01	0.04	0.22
day 19-36	0.527 ^b	0.534 ^b	0.526 ^b	0.499 ^a	0.500 ^a	0.494 ^a	0.007	0.529 ^b	0.498 ^a	0.004	0.513	0.517	0.510	0.005	<0.01	0.58	0.91
day 0-36	0.543 ^c	0.550 ^c	0.550 ^c	0.523 ^{ab}	0.528 ^b	0.519 ^a	0.002	0.548 ^b	0.523 ^a	0.002	0.533 ^a	0.540 ^b	0.534 ^{ab}	0.002	<0.01	0.07	0.16
Mortality, %	3.00	2.00	2.00	1.00	2.00	1.00	1.28	2.33	1.33	0.74	2.00	2.00	1.50	0.90	0.35	0.90	0.74
Leg abnormality, %	2.05	2.00	2.05	1.05	1.00	2.05	1.39	2.03	1.37	0.80	1.55	1.50	2.05	0.98	0.57	0.90	0.92

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

重，全期增重顯著高於低營養濃度飼糧組者 ($P<0.05$)。高營養濃度飼糧組肉雞前期之飼料採食量顯著低於低營養濃度飼糧組者 ($P<0.05$)。高營養濃度飼糧組肉雞前期、後期及全期之飼料利用效率顯著高於低營養濃度飼糧組者 ($P<0.05$)。

乳化劑效應顯示，油效能飼糧組肉雞 18 日齡及 36 日齡之體重及前期及全期之增重顯著高於唯樂美組者 ($P<0.05$)。唯樂美飼糧組肉雞前期、後期及全期之飼料採食量顯著低於其他處理組者 ($P<0.05$)。油效能飼糧組肉雞之前期飼料採食量顯著高於對照組者 ($P<0.05$)。油效能飼糧組肉雞前期及唯樂美飼糧組肉雞全期之飼料利用效率顯著提高於對照組者 ($P<0.05$)。

營養濃度與乳化劑之交互作用，在肉雞 18 日齡體重，前期增重，前期飼料採食量方面達顯著水準 ($P<0.05$)。

二、屠體性狀

飼糧中添加乳化劑對肉雞屠體性狀之影響如表 6 所示。

高營養濃度飼糧中添加油效能顯著提高肉雞胸肉百分率 ($P<0.05$)。低營養濃度飼糧添加唯樂美顯著降低肉雞胸肉百分率 ($P<0.05$)。屠宰率、腹脂率及腿肉百分率，則各處理組間無顯著差異。

能量效應顯示，高營養濃度飼糧組及低營養濃度飼糧組間，屠宰

表 6 不同營養濃度飼糧中添加乳化劑對肉雞屠體性狀之影響 (試驗一)

Table 6 Effect of supplementation of emulsifiers in diets with different nutrient density on carcass characteristics of broilers (trial 1)

Item	High density diet (HD)			Low density diet (LD)			Energy effect (E)			Emulsifier effect (ES)				P-value			
	Control	Volamel	Emupack	Control	Volamel	Emupack	SEM	HD	LD	SEM	Control	Volamel	Emupack	SEM	E	ES	E×ES
Dressing percentage, %	80.7	80.0	80.4	79.9	80.7	80.2	0.29	80.4	80.3	0.17	80.3	80.4	80.3	0.21	0.73	0.96	0.09
Abdominal fat, %	1.47	1.66	1.64	1.48	1.36	1.52	0.11	1.59	1.45	0.062	1.47	1.51	1.58	0.075	0.14	0.59	0.37
Breast, %	16.1 ^a	16.7 ^{ab}	17.3 ^b	17.3 ^b	16.5 ^a	17.2 ^b	0.26	16.7	17.0	0.15	16.7 ^{ab}	16.6 ^a	17.2 ^b	0.19	0.19	0.06	0.03
Thigh, %	18.1	17.7	18.2	17.5	18.4	18.1	0.35	18.0	18.0	0.20	17.8	18.0	18.1	0.24	1.00	0.63	0.21

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

率、腹脂率、胸肉百分率及腿肉百分率無顯著差異。

乳化劑效應顯示，油效能飼糧組之胸肉百分率高於唯樂美飼糧組者 ($P<0.05$)。屠宰率、腹脂率及腿肉百分率則無顯著差異。

營養濃度與乳化劑之交互作用，在胸肉百分率方面達顯著水準 ($P<0.05$)。

三、脂肪及蛋白質消化率

飼糧中添加乳化劑對肉雞脂肪及蛋白質表面糞便消化率之影響如表 7 所示。

高營養濃度飼糧中添加乳化劑對總脂肪酸，C16:0，C18:0，C18:1，飽和脂肪酸及不飽和脂肪酸消化率無影響。低營養濃度飼糧中添加唯樂美則顯著降低總脂肪酸，C18:0，C18:1，飽和脂肪酸及不飽和脂肪酸消化率 ($P<0.05$)。高營養濃度飼糧添加油效能組提高蛋白質蓄積率及蛋白質消化率 ($P<0.05$)，對可消化蛋白質蓄積率則並無影響。

能量效應顯示，高營養濃度飼糧組之總脂肪酸，C16:0，C18:0，C18:1，飽和脂肪酸及不飽和脂肪酸消化率顯著高於低營養濃度飼糧組者 ($P<0.05$)。低營養濃度飼糧組之 C18:2 消化率顯著高於高營養濃度飼糧組者 ($P<0.05$)。與高營養濃度飼糧組相較，低營養濃度飼糧組之蛋白質蓄積率、蛋白質消化率及可消化蛋白質蓄積率顯著提

表 7 飼糧中添加乳化劑對肉雞脂肪及蛋白質表面糞便消化率之影響 (試驗一)

Table 7 Effect of supplementation of emulsifiers in diets with different nutrient density on the apparent fecal digestibility (%) of fat and protein in broilers (trial 1)

Item	High density diet (HD)			Low density diet (LD)				Energy effect (E)			Emulsifier effect (ES)				P-value		
	Control	Volamel	Emupack	Control	Volamel	Emupack	SEM	HD	LD	SEM	Control	Volamel	Emupack	SEM	E	ES	E×ES
TFA ¹	86.1 ^{bc}	86.4 ^{bc}	87.7 ^c	83.3 ^b	78.7 ^a	83.8 ^{bc}	1.42	86.7 ^b	81.9 ^a	0.82	84.7 ^{ab}	82.5 ^a	85.7 ^b	1.00	<0.01	0.10	0.23
C16: 0	82.2 ^c	82.6 ^c	83.5 ^c	72.7 ^{ab}	65.5 ^a	73.8 ^b	2.54	82.8 ^b	70.6 ^a	1.47	77.4	74.0	78.7	1.80	<0.01	0.20	0.26
C18: 0	78.4 ^c	75.8 ^{bc}	79.0 ^c	69.7 ^b	60.4 ^a	69.9 ^b	2.82	77.8 ^b	66.7 ^a	1.63	74.1 ^{ab}	68.1 ^a	74.5 ^b	1.99	<0.01	0.07	0.43
C18: 1	90.3 ^{bc}	90.7 ^{bc}	91.8 ^c	86.6 ^b	81.6 ^a	87.7 ^{bc}	1.55	90.9 ^b	85.3 ^a	0.89	88.5 ^{ab}	86.2 ^a	89.8 ^b	1.09	<0.01	0.09	0.17
C18: 2	86.8 ^a	87.5 ^{ab}	89.1 ^{bc}	90.4 ^c	89.0 ^{bc}	89.9 ^c	0.70	87.8 ^a	89.8 ^b	0.40	88.6	88.3	89.5	0.49	<0.01	0.20	0.14
SFA ²	81.4 ^c	81.2 ^c	82.6 ^c	72.1 ^b	64.4 ^a	72.9 ^b	2.54	81.7 ^b	69.8 ^a	1.47	76.7	72.8	77.8	1.80	<0.01	0.15	0.28
USFA ³	88.6 ^b	89.2 ^b	90.5 ^b	88.6 ^b	85.5 ^a	88.9 ^b	0.91	89.5 ^b	87.7 ^a	0.53	88.6 ^{ab}	87.3 ^a	89.7 ^b	0.64	0.03	0.06	0.16
PR ⁴	54.7 ^a	56.1 ^a	59.8 ^b	60.3 ^b	61.7 ^b	60.5 ^b	0.84	56.9 ^a	60.8 ^b	0.49	57.5 ^a	58.9 ^{ab}	60.2 ^b	0.60	<0.01	0.02	0.01
PD ⁵	81.0 ^a	81.7 ^{ab}	84.9 ^d	83.0 ^{bc}	83.8 ^{cd}	83.6 ^{cd}	0.52	82.5 ^a	83.5 ^b	0.30	82.0 ^a	82.7 ^a	84.2 ^b	0.37	0.04	<0.01	<0.01
DPR ⁶	67.6 ^a	68.6 ^a	70.5 ^{ab}	72.7 ^{bc}	73.6 ^c	72.4 ^{bc}	0.98	68.9 ^a	72.9 ^b	0.56	70.1	71.1	71.4	0.69	<0.01	0.4	0.21

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

²SFA: saturated fatty acids (C16: 0+C18: 0).

³USFA: unsaturated fatty acids (C18: 1+C18: 2).

⁴PR: protein retention (protein retained/protein intake, %).

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

⁶DPR: digestible protein retention (protein retained/protein digested, %).

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

高 ($P<0.05$)。

乳化劑效應顯示，油效能飼糧組之總脂肪酸，C18：0，C18：1 及不飽和脂肪酸消化率顯著高於唯樂美飼糧組者 ($P<0.05$)。C16：0，C18：2 及飽和脂肪酸消化率，則各處理組間無顯著差異。油效能飼糧組之蛋白質蓄積率較對照組為高 ($P<0.05$)。油效能飼糧組蛋白質消化率則較對照組及唯樂美飼糧組為高 ($P<0.05$)。可消化蛋白質蓄積率則各組間無顯著差異。

營養濃度與乳化劑之交互作用，在蛋白質蓄積率及蛋白質消化率方面達顯著水準 ($P<0.05$)。

四、血漿中三酸甘油酯、膽固醇及葡萄糖濃度

不同營養濃度飼糧中添加乳化劑對血漿中三酸甘油酯、膽固醇及葡萄糖之影響如表 8 所示。

三酸甘油酯、膽固醇及葡萄糖濃度，則各處理組間無顯著差異。

試驗二：飼糧中添加不同濃度乳化劑對肉雞生長性能、屠體性狀及

營養分消化率之影響

一、生長性能

表 8 不同營養濃度飼糧中添加乳化劑對肉雞血漿中三酸甘油酯、膽固醇及葡萄糖濃度之影響 (試驗一)

Table 8 Effect of supplementation of emulsifiers in diets with different nutrient density on the plasma triglyceride, cholesterol and glucose concentrations of broilers (trial 1)

Concentration, mg/dL	High density diet (HD)			Low density diet (LD)				Energy effect (E)			Emulsifier effect (ES)				P-value		
	Control	Volamel	Emupack	Control	Volamel	Emupack	SEM	HD	LD	SEM	Control	Volamel	Emupack	SEM	E	ES	ExES
Triglyceride	15.74	20.10	22.60	19.33	24.01	17.01	3.09	19.48	20.12	1.87	17.53	20.06	19.81	2.23	0.84	0.48	0.26
Cholesterol	107.00	100.75	100.13	101.19	97.88	99.38	11.93	102.63	98.48	6.90	104.10	97.81	99.75	8.45	0.68	0.87	0.97
Glucose	186.13	192.63	167.38	147.38	185.38	165.00	14.10	182.04	165.92	8.14	166.75	189.00	166.19	9.97	0.18	0.22	0.40

飼糧中添加不同濃度油效能對肉雞生長性能、死亡率及跛腳率之影響如 9 所示。

飼糧中添加不同濃度油效能直線地降低 18 日齡肉雞體重 ($P < 0.01$)。與對照組相較，飼糧中添加 0.8 g 油效能/kg 降低 18 日齡肉雞體重 ($P < 0.05$)；飼糧中添加不同濃度油效能對 36 日齡肉雞體重無顯著影響。

飼糧中添加不同濃度油效能呈直線地降低肉雞前期 (day 0-18) 增重 ($P < 0.01$) 及曲線地增加肉雞前期飼糧採食量及降低飼料利用效率 ($P < 0.05$)。與對照組相較，飼糧中添加 0.8 g 油效能/kg 降低肉雞前期增重 ($P < 0.05$)；添加 0.2 g 油效能/kg 提高飼料採食量；添加 0.2 至 0.8 g 油效能/kg 則降低飼料利用效率 ($P < 0.05$)；飼糧中添加不同濃度油效能對肉雞後期 (day 19-36) 及全期 (day 0-36) 增重、飼料採食量及飼料利用效率無顯著影響。

飼糧中有無添加不同濃度油效能對跛腳率及死亡率無顯著影響。

二、屠體性狀

飼糧中添加不同濃度油效能對肉雞屠體性狀之影響如表 10 所示。

表 9 飼糧中添加不同濃度油效能對肉雞生長性能、死亡率及跛腳率之影響 (試驗二)

Table 9 Effect of dietary supplementation of different concentration of emupack on growth performance, mortality and leg abnormality in broilers (trial 2)

Emupack added, g/kg	0	0.2	0.4	0.8	SEM	P-value	Linear	Quadratic
Body weight, g								
day 0	43.2	43.3	43.3	43.4	0.26	0.96	0.61	1.00
day 18	686.8 ^b	680.4 ^{ab}	674.1 ^{ab}	665.8 ^a	5.20	0.07	0.01	0.86
day 36	2166.2	2150.0	2151.5	2122.8	25.51	0.52	0.19	0.66
Weight gain, g								
day 0-18	643.6 ^b	637.1 ^{ab}	630.8 ^{ab}	622.4 ^a	5.23	0.06	0.01	0.86
day 19-36	1479.4	1469.7	1477.4	1447.0	21.90	0.72	0.38	0.64
day 0-36	2123.0	2106.7	2108.2	2069.4	25.52	0.51	0.18	0.66
Feed intake, g								
day 0-18	929.8 ^a	968.9 ^b	951.9 ^{ab}	939.4 ^{ab}	9.79	0.07	0.79	0.02
day 19-36	2685.8	2670.2	2686.0	2640.9	30.12	0.69	0.39	0.63
day 0-36	3615.6	3639.1	3637.9	3580.2	34.59	0.61	0.50	0.26
Gain/feed								
day 0-18	0.693 ^b	0.658 ^a	0.663 ^a	0.663 ^a	0.008	0.03	0.03	0.05
day 19-36	0.551	0.550	0.550	0.548	0.003	0.92	0.55	0.78
day 0-36	0.588	0.579	0.580	0.578	0.006	0.69	0.34	0.58
Mortality, %								
	1.33	2.67	4.00	2.00	1.250	0.50	0.56	0.20
Leg abnormality, %								
	0.00	0.67	2.00	1.33	0.750	0.31	0.13	0.39

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

表 10 飼糧中添加不同濃度油效能對肉雞屠體性狀之影響 (試驗二)

Table 10 Effect of dietary supplementation of different concentration of emupack on carcass characteristics in broilers (trial 2)

Emupack added, g/kg	0	0.2	0.4	0.8	SEM	P-value	Linear	Quadratic
Dressing percentage, %	79.8 ^c	79.2 ^{bc}	79.0 ^{ab}	78.6 ^a	0.24	0.02	<0.01	0.67
Abdominal fat, %	1.57	1.41	1.50	1.55	0.07	0.38	0.88	0.14
Breast, %	16.7	16.6	16.4	16.8	0.32	0.89	0.95	0.50
Thigh, %	18.2	18.3	18.1	17.7	0.27	0.40	0.18	0.30

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



飼糧中添加不同濃度油效能呈直線地降低屠宰率 ($P=0.01$)。與對照組相較，飼糧中添加 0.4 至 0.8 g 油效能/kg 降低屠宰率 ($P<0.05$)；飼糧中添加不同濃度油效能對腹脂率、胸肉百分比及腿肉百分比無顯著影響。

三、脂肪及蛋白質消化率

飼糧中添加不同濃度油效能對肉雞脂肪及蛋白質表面糞便消化率之影響如表 11 所示。

飼糧中添加不同濃度油效能呈曲線地影響總脂肪酸及除 C16:0 外之個別脂肪酸表面糞便消化率 ($P<0.05$)。與對照組相較，飼糧中添加 0.2 g 油效能/kg 分別降低 C18:2 及不飽和脂肪酸表面糞便消化率 ($P<0.05$)；添加 0.4 g 油效能/kg 分別降低總脂肪酸，C18:1，C18:2 及不飽和脂肪酸表面糞便消化率 ($P<0.05$)。飼糧中添加 0.8 g 油效能/kg 則分別提高 C16:0，C18:0 及飽和脂肪酸表面糞便消化率 ($P<0.05$)。

飼糧中添加不同濃度油效能直線地增加蛋白質表面糞便消化率 ($P<0.05$)。與對照組相較，飼糧中添加 0.8 g 油效能/kg 提高蛋白質表面糞便消化率 ($P<0.05$)；飼糧中添加不同濃度油效能對蛋白質蓄積率及可消化蛋白蓄積率無顯著影響。

表 11 飼糧中添加不同濃度油效能對肉雞脂肪及蛋白質表面糞便消化率之影響 (試驗二)

Table 11 Effect of dietary supplementation of different concentration of emupack on the apparent fecal digestibility (%) of fat and protein in broilers (trial 2)

Emupack added, g/kg	0	0.2	0.4	0.8	SEM	P-value	Linear	Quadratic
TFA ¹	75.2 ^b	74.4 ^{ab}	73.4 ^a	75.8 ^b	0.49	0.02	0.73	0.01
C16: 0	63.2 ^a	63.4 ^a	61.8 ^a	64.8 ^b	0.73	0.08	0.39	0.07
C18: 0	46.2 ^a	45.3 ^a	42.7 ^a	47.7 ^b	1.21	0.07	0.74	0.03
C18: 1	84.7 ^{bc}	83.9 ^{ab}	83.4 ^a	85.1 ^c	0.36	0.02	0.73	<0.01
C18: 2	83.5 ^b	82.1 ^a	81.4 ^a	83.3 ^b	0.38	<0.01	0.51	<0.01
SFA ²	58.4 ^a	58.2 ^a	56.3 ^a	59.9 ^b	0.84	0.06	0.50	0.04
USFA ³	84.2 ^b	83.1 ^a	82.6 ^a	84.3 ^b	0.35	0.01	0.91	<0.01
PR ⁴	56.0	55.5	55.1	58.1	1.02	0.20	0.21	0.11
PD ⁵	82.5 ^a	82.3 ^a	82.7 ^{ab}	84.1 ^b	0.47	0.06	0.02	0.12
DPR ⁶	67.9	67.3	66.6	69.1	1.15	0.50	0.58	0.21

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

²SFA: saturated fatty acids (C16: 0+C18: 0).

³USFA: unsaturated fatty acids (C18: 1+C18: 2).

⁴PR: protein retention (protein retained/protein intake, %).

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

⁶DPR: digestible protein retention (protein retained/protein digested, %).

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

飼糧中添加不同濃度油效能對肉雞脂肪及蛋白質表面迴腸消化率之影響如表 12 所示。

飼糧中添加不同濃度油效能對脂肪酸表面迴腸消化率無顯著影響。

飼糧中添加不同濃度油效能直線地增加蛋白質表面迴腸消化率 ($P < 0.05$)。與對照組相較，飼糧中添加 0.8 g 油效能/kg 提高蛋白質表面迴腸消化率 ($P < 0.05$)。



表 12 飼糧中添加不同濃度油效能對肉雞脂肪及蛋白質表面迴腸消化率之影響 (試驗二)

Table 12 Effect of dietary supplementation of different concentration of emupack on the apparent ileal digestibility (%) of fat and protein in broilers (trial 2)

Emupack added, g/kg	0	0.2	0.4	0.8	SEM	P-value	Linear	Quadratic
TFA ¹	79.03	78.54	78.45	79.90	1.71	0.93	0.75	0.58
C16: 0	67.43	68.44	65.95	68.25	2.37	0.87	1.00	0.79
C18: 0	56.15	60.31	54.02	58.24	2.61	0.39	1.00	0.99
C18: 1	84.95	82.16	84.35	85.00	2.25	0.79	0.82	0.46
C18: 2	89.59	89.13	90.38	91.11	1.48	0.79	0.39	0.69
SFA ²	64.21	66.12	62.55	65.40	2.36	0.73	1.00	0.84
USFA ³	86.95	85.16	86.95	87.64	1.73	0.77	0.63	0.49
PD ⁴	81.37 ^a	83.55 ^{ab}	83.54 ^a	84.02 ^b	0.73	0.08	0.03	0.26

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

²SFA: saturated fatty acids (C16: 0+C18: 0).

³USFA: unsaturated fatty acids (C18: 1+C18: 2).

⁴PD: protein digestibility (protein digested/protein intake, %).

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

討論

飼料中添加非離子型乳化劑 (油效能) 對肉雞生長性能之結果試驗一及二並不一致。試驗一中油效能改善高營養濃度組肉雞全期之增重及前期之增重，飼料採食量及飼料利用效率。試驗二中，則油效能不影響肉雞全期之增重，飼料採食量及飼料利用效率，但降低前期之增重，增加飼料採食量及降低飼料利用效率。

於飼糧中添加離子型乳化劑，如膽鹽，提高肉雞增重 (Maisonnier *et al.*, 2003) 及飼料利用效率 (Polin *et al.*, 1980)； Gomez and Polin (1976) 及 Polin and Hussein (1982) 則發現，無法改善增重及飼料利用效率。於飼糧中添加離子型乳化劑，如卵磷脂改善雞隻增重及飼料利用效率 (Emmert *et al.*, 1996)。 Azman and Ciftic (2004) 及 Huang *et al.* (2007) 則發現，降低雞隻生長性能。乳化劑之種類及劑量，飼糧中脂肪種類及添加量，雞隻生理狀態及環境因素，可能都會影響乳化劑之效果。

飼糧中添加油效能，除了在試驗二 0.4% 添加量組外，並不影響肉雞脂肪酸消化率，顯示非離子型乳化劑 (油效能) 並無法提高肉雞脂肪消化率。相較於 Kussaibati *et al.* (1982) 在膽鹽，陳及姜 (1998)

在卵磷脂發現，它們可提高雞隻脂肪消化率，在動物脂肪大於植物油者，在年幼雞隻大於年長者。本研究使用牛油及年幼雞隻，油效能並無法提高肉雞脂肪消化率。

試驗一及二中，肉雞 C18:0 表面消化率偏低。主要因腸道微生物的氫化作用將不飽和脂肪酸氫化成飽和脂肪酸，使得 C18:0 表面消化率偏低 (Carlson and Bayley, 1968; Jorgensen *et al.*, 1992)。

本研究試驗一及二一致地發現飼糧中添加油效能提高肉雞蛋白質消化率。可能油效能親油端與蛋白質親油區作用，使蛋白質表面脂肪水解，暴露其中的蛋白質，利於胃蛋白酶的作用，水解形成小分子蛋白質及胜肽 (Hui, 1995)。Randolph and Jones (2002) 及 Wang *et al.* (2008) 指出，乳化劑可能佔據蛋白質表面，因而降低蛋白質聚集，提高蛋白質水溶性。Kamande *et al.* (2000) 指出，添加 Tween 80 提高試管中瘤胃微生物蛋白酶活性，因而可能提高雞隻蛋白質消化率。飼糧中添加油效能不影響可消化蛋白質蓄積率。飼糧中添加油效能提高肉雞蛋白質消化率，而不影響可消化蛋白質蓄積率的結果顯示，油效能主要提高蛋白質在腸腔內之吸收，而並不影響蛋白質在吸收後在體內之代謝。

飼糧中添加油效能可在試驗一中提高肉雞蛋白質蓄積率，此可能解釋為何油效能提高肉雞胸肉百分比。試驗二則並未提高肉雞蛋白質蓄

積率，胸肉百分比並未提高。

試驗二中，脂肪酸尤其是飽和脂肪酸，表面糞便消化率測定值低於表面迴腸消化率測定值，主要原因為後腸微生物之氫化作用所致 (Carlson and Bayley, 1968; Jorgensen *et al.*, 1992)。本試驗採梅克耳氏憩室 (Meckel's diverticulum) 與迴盲瓣間最後 4 cm 內容物，使飽和脂肪酸並未受到盲腸及大腸中微生物之氫化作用，而測得的消化率較高。採最後 4 cm 內容物的原因在於，儘量使脂肪酸在小腸中能夠被吸收；惟所採得的內容物過少 (每重複犧牲 4 隻雞)，須犧牲較多隻雞隻才足夠。是否可採較長的腸道內容來測定脂肪消化率，值得探討。Sebastian *et al.* (1997) 亦採最後 4 cm 腸道內容物，測定蛋白質及胺基酸消化率。

蛋白質表面糞便消化率測定值與表面迴腸消化率測定值相近；顯示兩種方法皆可用來測定雞隻的蛋白質消化率，前者需測定尿酸氮含量後扣除較麻煩，後者則需犧牲雞隻，各有利弊，可視試驗情況決定用那種方法。

結論

試驗一中，高營養濃度飼糧中添加油效能提高肉雞增重及胸肉百分比，試驗二則否。

高營養濃度飼糧中添加油效能則一致地提高蛋白質消化率，但無法提高脂肪消化率。



參考文獻

阮喜文及胡見龍。1996。飼糧能量對白肉雞屠體性狀之影響。農林學報 45:49-62。

姜樹興編著。2009。動物營養學原理。華香園出版社，台北市。

陳敏修及姜樹興。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 27:459-472。

劉程，張萬福及陳長明主編。1996。表面活性劑應用手冊。化學工業出版社，北京。

賴耿陽譯著。1979。界面活性劑應用實務。復興出版社，台南。

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists. 12th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA, USA.

Azman, M. A., and M. Ciftci. 2004. Effect of replacing dietary fat with lecithin on broiler chicken zootechnical performance. Revue Med. Vet. 155:445-448.

Blanch, A., A. C. Barroeta, M. D. Baucells, X. Serrano, and F. Puchal. 1996. Utilization of different fats and oils by adult chickens as a source of energy, lipid and fatty acids. Anim. Feed Sci. Tech.

61:335-342.

Canty, D. J., and S. H. Zesisel. 1994. Lecithin and choline in human health and disease. *Nutr. Rev.* 52:327-339.

Carew, L. B., R. H. Macheemer, R. W. Sharp, and D. C. Foss. 1972. Fat absorption by the very young chicks. *Poult. Sci.* 51:738-742.

Carlson, W. E., and H. S. Bayley. 1968. Utilization of fat by young pigs: fatty acid composition of ingesta in different regions of the digestive tract and apparent and corrected digestibility of corn oil, lard and tallow. *Can. J. Anim. Sci.* 48:315-322.

Dierick, N. A., and J. A. Decuyper. 2004. Influence of lipase and/or emulsifier addition on the ileal and faecal nutrient digestibility in growing pigs fed diets containing 4% animal fat. *J. Sci. Food Agric.* 84:1443-1450.

Emmert, J. L., 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.

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.

George, C., and D. George. 1989. Food Emulsifiers: Chemistry, Technology, Functional Properties and Applications. Page 1-7 in A

Brief Introduction to Food Emulsions and Emulsifiers. Angelo, A. J. ST., ed. Elsevier Science Publishing Company Inc., New York, USA.

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.

Huang, J., D. Yang, S. Gao, and T. Wang. 2007. Effects of replacing soy-oil with soy-lecithin on growth performance, nutrient utilization and serum parameters of broilers fed corn-based diets. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 20:1880-1886.

Huang, J., D. Yang, S. Gao, and T. Wang. 2008. Effects of soy-lecithin on lipid metabolism and hepatic expression of lipogenic genes in broiler chickens. *Livest. Sci.* 118:53-60.

Hui, Y. H. 1995. Bailer's Industrial Oil and Fat Products: Products and Application Technology. Page 483-484 and 514-516 in *Emulsifiers for the Food Industry*. Stauffer, C. E., ed. 5th ed. John Wiley and Sons Inc., New York, USA.

Jin, H. C., J. C. Ying, S. Y. Jong, T. K. Wan, B. C. Il, and H. K. In. 2008. Evaluation of fat sources (lecithin, mono-glyceride and mono-diglyceride) in weaned pigs: apparent total tract and ileal nutrient digestibilities. *Nutr. Res. Practice* 2:130-133.

Jones, D. B., J. D. Hankcock, D. L. Harmon, and C. E. Walker. 1992. Effect of exogenous emulsifiers and fat sources on nutrient digestibility, serum lipids, and growth performance in weanling pigs.

- J. Anim. Sci. 70:3473-3482.
- Jorgensen, H., k. Jakobsen, and B. O. Eggum. 1992. The influence of different protein fat, and mineral levels on the digestibility of fat and fatty acids measured at the terminal ileum and feces of growing pigs. *Acta Agric. Scand. Sect. A Anim. Sci.* 42:177–184.
- Kamande, G. M., J. Baah, K. J. Cheng, T. A. McAllister, and J. A. Shelford. 2000. Effects of Tween 60 and Tween 80 on protease activity, thiol group reactivity, protein adsorption, and cellulose degradation by rumen microbial enzymes. *J. Dairy Sci.* 83:536-542.
- Krogdahl, A. 1985. Digestion and absorption of lipids in poultry. *J. Nutr.* 115:675-685.
- Kussaibati, R., J. Guillaume, and B. Leclercq. 1982. The effect of age, dietary fat and bile salt, and feeding rate on apparent and true metabolizable energy values in chickens. *Br. Poult. Sci.* 23:393-403.
- Leeson, S., and J. O. Atteh. 1995. Utilization of fats and fatty acids by turkey poult. *Poult. Sci.* 74:2003-2010.
- Maisonnier, S., J. Gomez, A. Bree, C. Berri, E. Baeza, and B. Carre. 2003. Effects of microflora status, dietary bile salts and guar gum on lipid digestibility, intestinal bile salts, and histomorphology in broiler chickens. *Poult. Sci.* 82:805-814.
- Marquardt, R. R. 1983. A simple spectrophotometric method for the direct determination of uric acid in avian excreta. *Poult. Sci.* 62:2106-2108.

- McClements, D. J. 1999. Food Emulsion: Principles, Practice, and Techniques. Page 109-110. CRC Press, New York, USA.
- Melegy, T., N. F. Khaled, R. E. Banb, and H. Abdellatif. 2010. Dietary fortification of a natural biosurfactant, lysolecithin in broiler. Afr. J. Agric. Res. 5:2886-2892.
- Myers, D. 1992. Surfactant Science and Technology. Page 41-43. 2nd ed. VCH Publishers Inc., New York, USA.
- Noy, Y., and D. Sklan. 1995. Digestion and absorption in the young chick. Poult. Sci. 74:366-373.
- Noy, Y. 1998. Metabolic responses to early nutrition. J. Appl. Poult. Res. 7:437-451.
- NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th ed. National Research Council, National Academy Press, Washington, DC, USA.
- Overland, M., M. D. Tokach, S. G. Cornelius, J. E. Pettigrew, and J. W. Rust. 1993a. Lecithin in swine diets: I. 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: II. 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.* 59:1652 (Suppl.).

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.

Pond, W. G., D. C. Church, K. R. Pond, and P. A. Schoknecht. 2005. Basic Animal Nutrition and Feeding. Page 91-99 in *Lipids*. 5th ed. John Wiley and Sons Inc, New Jersey, USA.

Rampon, A. J., and L. R. Long. 1977. The effect of phosphatidylcholine and lysophosphatidylcholine on the absorption and mucosal metabolism of oleic acid and cholesterol in vitro. *Biochim. Biophys. Acta.* 486:500-510.

Randolph, T. W., and L. S. Jones. 2002. Surfactant-protein interaction. *Pharm. Biotechnol.* 13:159-175.

Rosen, M. J. 1978. Surfactants and Interfacial Phenomena. Page 5-24 and 93-99 in *Characteristic Features of Surfactants*. John Wiley and Sons Inc., New York, USA.

SAS. 2000. SAS Users Guide: Statistics, SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA.

Sebastian, S., S. P. Touchburn, E. R. Chavez, and P. C. Lague. 1997. Apparent digestibility of protein and amino acids in broiler chickens fed a corn-soybean diet supplemented with microbial phytase. 76:1760-1769.

Shinoda, K., and H. Saito. 1968. The effect of temperature on the phase equilibria and the types of dispersions of the ternary system composed of water, cyclohexane, and nonionic surfactant. J. Colloid Interface Sci. 26:70-74.

Shinoda, K. 1969. The comparison between the PIT system and the HLB-value system to emulsifier selection. Proc. 5th Int. Congress Surf. Act. 2:75-283.

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.

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.

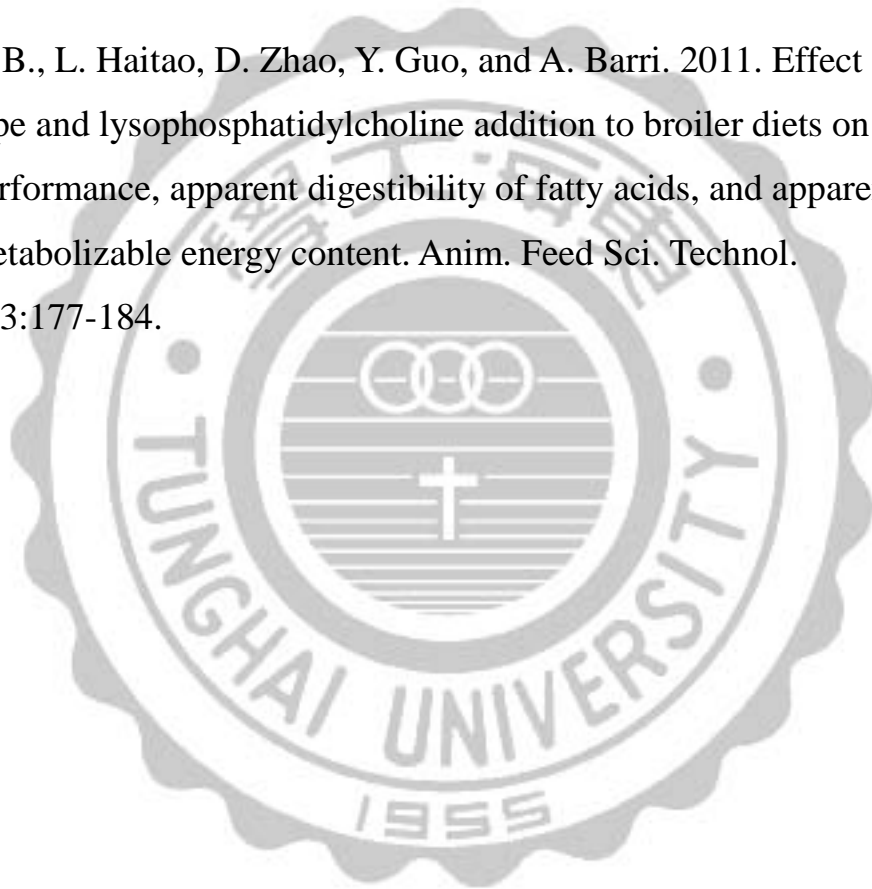
Soares, M., and C. J. Lopezbote. 2002. Effects of dietary lecithin and fat unsaturation on nutrient utilization in weaned piglets. Anim. Feed Sci. Tech. 95:169-177.

- 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.* 119:521-528.
- Wang, w., T. W. Alexander, and T. A. McAllister. 2004. In vitro effects of Monensin and Tween 80 on ruminal fermentation of barley grain: barley silage-based diets for beef cattle. *Anim. Feed Sci. Tech.* 116:197-209.
- Wang, W., Y. J. Wang, and D. Q. Wang. 2008. Dual effects of Tween 80 on protein stability. *Int. J. Pharm.* 347:31-38.
- Williams, C. H., D. J. David, and O. Iismaa. 1962. The determination of chromic oxide in feces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J. Agric. Sci.* 59:381-385.
- Whitehurst, R. J. 2004. *Emulsifiers in Food Technology*. Blackwell Publishing, Northampton, UK.
- Wiseman, J., and M. Lessire. 1987. Interaction 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.
- 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.

Xing, J. J., E. V. Heugten, D. F. Li, K. J. Touchette, J. A. Coalson, R. L. Odgaard, and J. Odle. 2004. Effects of emulsification, fat encapsulation, and pelleting on weanling pig performance and nutrient digestibility. *J. Anim. Sci.* 82:2061-2609.

Zhang, B., L. Haitao, D. Zhao, Y. Guo, and A. Barri. 2011. Effect of fat type and lysophosphatidylcholine addition to broiler diets on performance, apparent digestibility of fatty acids, and apparent metabolizable energy content. *Anim. Feed Sci. Technol.* 163:177-184.



Effect of Dietary Supplementation of Nonionic Emulsifier on Growth Performance, Carcass Characteristics and Nutrient Digestibility of Broilers

Ke-Jung Chen

Abstract

Two trials were conducted to investigate the effects of dietary supplementation of different emulsifiers (Volamel or Emupack) and different levels of Emupack on growth performance, carcass characteristics and nutrient digestibility of broilers. In trial 1, six hundred newly hatched Arbor Acres chicks were allotted to a 2×3 factorial design with 4 replicates and 25 chicks each. Chicks were fed (1) high density diet (HD); (2) HD + 0.4 g/kg Volamel; (3) HD + 0.4 g/kg Emupack; (4) low density diet (LD); (5) LD + 0.1 g/kg Volamel; (6) LD + 0.1 g/kg Emupack for 36 days. Growth performance, carcass characteristics and the apparent fecal digestibility of fat and protein were measured. Results showed that supplementing Emupack in HD significantly increased weight gain ($P < 0.05$), but did not affect feed intake and feed efficiency. Supplementing Emupack in LD did not affect growth performance. Supplementing Emupack in HD significantly increased but supplementing Volamel in LD significantly decreased breast percentage ($P < 0.05$). Supplementing different emulsifiers did not affect dressing, abdominal fat and thigh muscle percentage. Supplementing emulsifiers in HD did not affect total fatty acids (TFA) digestibility. Supplementing Volamel in HD significantly decreased TFA digestibility ($P < 0.05$).

Supplementing Emupack in HD significantly increased protein retention and protein digestibility ($P < 0.05$) but did not affect digestible protein retention. In trial 2, six hundred newly hatched Arbor Acres chicks were allotted to 4 treatments with 6 replicates and 25 chicks each. Chicks were fed diets without supplementing or supplementing 0.2, 0.4 or 0.8 g emulsifier/kg for 36 days. Growth performance, carcass characteristics and the apparent fecal and ileal digestibility of fat and protein were measured. Results showed that supplementing different levels of Emupack did not affect the growth performance, linearly decreased dressing percentage ($P < 0.01$). Supplementing different levels of Emuapck quadratically affected TFA digestibility ($P < 0.05$). Supplementing different levels of Emuapck linearly increased the apparent fecal and ileal digestibility of protein ($P < 0.05$) but did not affect the protein retention and digestible protein retention. In conclusion, supplementing Emupack in HD increased growth performance and breast percentage of broilers in trial 1 but in trial 2. Supplementing Emupack in HD consistently increased protein digestibility, but did not increase fat digestibility of broilers.

Key Words: Growth performance, Carcass characteristics, Digestibility, Emulsifier, Broilers