摘　要

本試驗之目的在於探討於不同環境溫度下調整飼糧中多不飽和/飽和脂肪酸比(Polyunsaturated/ Saturated fatty acid ratio; P/S)對肉雞生長表現及能量代謝之影響。

本研究分兩個試驗，依次進行。兩個試驗之處理除試驗溫度不同外，其他各處理完全相同。試驗採 2 (P/S 為 0.6 或 2.4 之試驗飼糧）×2 (高溫或適溫(試驗一)；高溫或低溫(試驗二)之溫度處理)複因子設計，120 隻一日齡公雛雞，逢機分配至 4 個處理組，每處理 6 重複，每重複 5 隻，進行為期三週之試驗。飼養期間，雞隻分別飼養於置於不同溫控室之代謝架，高溫處理起始溫度於試驗一及二分別為 37 及 38℃，每日降溫 0.2℃，三週後最終溫度分別為 33 及 34℃；適溫(試驗一)或低溫(試驗二)處理起始溫度分別為 33 及 28℃，每日降溫 0.3℃，三週後最終溫度分別為 27 及 22℃。試驗期間，飼糧及飲水任食。每週紀錄雞隻體重及飼料採食量，並計算飼料利用效率。試驗期間並收集排泄物，以作為測定能量及營養分消化率之用。試驗結束後犧牲雞隻，分析屠體組成及以比較屠宰技術測定能量蓄積及熱產生。

結果顯示，高環境溫度降低 0-3 週齡肉雞增重($P < 0.01$)，飼料採食量($P < 0.01$)，改善試驗二肉雞之飼料利用效率($P < 0.01$)(試驗一則否)，及降低肉雞之熱產生率($P < 0.01$)(試驗一則否)。提高飼糧 P/S 則並不影響 0-3 週齡肉雞之生長性能及熱產生；而環境溫度與飼糧 P/S 間亦皆無交互作用存在。

綜合以上結果，提高飼糧 P/S 並不增加雞隻產熱，因此，提高飼糧 P/S 在高環境溫度下並不加重雞隻之熱緊迫，而不

利於雞隻之生長；在低溫環境下亦無有利於雞隻體溫之維持，而有利於雞隻之生長。

關鍵詞：肉雞、多不飽和/飽和脂肪酸比、生長性能、熱產生、環境溫度

緒　　言

不同脂肪酸於體內代謝途徑不同，飽和脂肪酸於體內趨向於形成體脂蓄積，多不飽和脂肪酸則趨向於氧化代謝產生能量(Van Es, 1977; Beynen and Ketan, 1985)。Mercer and Trayhurn (1987)及 Jones and Scheeler (1988)分別在小鼠及人類發現，不飽和度較高之植物油具較低之能量蓄積及較高之熱產生。另外, Shimomura *et al*. (1990)及 Takeuchi *et al.* (1995)亦指出，不飽和度較高之紅花油，可提高大鼠脂肪之氧化代謝及熱產生。本實驗室亦發現，提高飼糧 P/S(polyunsaturated / saturated fatty acid; P/S)提高 5-17 日齡間雞隻熱產生(試驗二)，但對 0-42 日齡間雞隻之熱產生，則無影響(試驗一) (楊, 1992)。

熱產生在高溫下會對雞隻造成負擔(Macleod *et al*., 1979; Wiernusz and Teeter, 1993; Zhou and Yamamoto, 1997), 在低溫環境下，則有助於雞隻維持體溫(Zhao, *et al*., 1995; Zhao, *et al*., 1996)。因此，提高飼糧 P/S 在高環境溫度下應會增加雞隻熱緊迫，而不利於雞隻之生長性能；但在低環境溫度下，則應有利於雞隻體溫維持，而有利於雞隻之生長性能。

本研究之目的即在於探討，如提高飼糧中脂肪之不飽程度可以增加雞隻之熱產生，則於不同環境溫度下，提高飼糧 P/S 對於雞隻生長性能是否有不同之影響，並藉由雞隻之熱產生情況了解其原因。

文 獻 檢 討

壹、脂質

一、脂質及脂肪酸的分類

(一)脂質的分類

1.**簡單脂質**(simple lipids)

(1)**脂肪**(fat and oil)，**又稱三酸甘油酯**(Triglyceride)**或中性脂肪**(neutral fat)，**由脂肪酸及甘油酯化而成，在室溫下呈固態者稱為脂**(fat)；**在室溫下呈液體者稱為油**(oil)。

(2)**蠟**(wax)

由高分子量之單氫基醇類(monohydric alcohol)**和脂肪酸酯化而成，具極高沸點。**

2.**複合脂質**(complex lipids)

(1)**磷脂質**(phospholipids)

由甘油、脂肪酸及磷酸酯化而成，磷脂質在細胞膜上含量豐富，為構成細胞膜組成之一。

(2)**醣脂質**(glycolipids)

為一種含醣之脂質，由神經胺基醇(sphingosine)**、脂肪酸、及醣類所構成，為構成細胞膜或膜上接受體組成之一。**

(3)**其他複合脂質**

包括硫酸脂(sulfolipid)**及脂蛋白質**(lipoprotein)**等；硫酸脂為含有磺基之脂質；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。除此之外，脂質亦包括脂**

溶性維生素、類固醇(steroids)及前列腺素(prostaglandins)之先驅物質。這些物質不溶於水，只溶於非極性溶液中，如乙醚、氯仿及苯等。

（二）脂肪酸的分類

脂肪酸依碳鏈是否分支可分為直鏈(straight-chain)及支鏈(branched chain)脂肪酸。直鏈脂肪酸普遍存在於自然界中，而支鏈脂肪酸只存在於微生物(Mahler and Eugene, 1966)。

脂肪酸依碳數的多寡可分為短鏈脂肪酸(碳數為 2-6)、中鏈脂肪酸(碳數 8-12)及長鏈脂肪酸(碳數大於 12)，而依雙鍵之有無，可分為飽和脂肪酸(saturated fatty acid)及不飽和脂肪酸(unsaturated fatty acid)，而不飽和脂肪酸又可分為具一個雙鍵之單不飽和脂肪酸(monounsaturated fatty acid)及含一個以上雙鍵之多不飽和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid)。在動物性脂肪中，含有較高量之飽和脂肪酸，在植物性脂肪中則含有較高量之不飽和脂肪酸(表 1)。

二、脂肪之消化吸收

在消化吸收方面，脂肪和其他營養分有一不同處—脂肪不溶於水。而小腸的水溶液環境為營養分主要吸收部位。因此，脂肪在小腸必須經過乳化後，才能被動物消化吸收(陳, 1996)。食物由胃進入十二指腸後刺激膽囊收縮素(cholecystokinin, CCK)之分泌，使膽囊釋出肝臟所分泌之膽鹽，乳化脂肪，使脂肪球體積變小，以利於胰液中之胰解表

1. 不同脂肪之脂肪酸組成

Table 1. Fatty acid composition of different fats

脂肪種類 fat varieties	脂肪酸組成 fatty acid composition		
	飽和 saturated	單不飽和 monounsaturated	多不飽和 polyunsaturated
	%		
菜籽油 rapeseed oil	6	62	32
紅花籽油 safflower oil	6	13	77
葵花油 sunflower oil	10	16	71
玉米油 corn oil	13	25	62
橄欖油 olive oil	14	77	9
大豆油 soybean oil	15	27	61
花生油 peanut oil	17	49	34
豬油 lard oil	41	47	12
牛油 beef tallow	52	44	4

資料來源: Mattson (1989).

脂 (pancreatic lipase)及輔解脂 (colipase)共同作用，將脂

肪進一步水解成游離脂肪酸、甘油及單酸甘油酯，這些水解產物與膽鹽形成微膠粒(micelle)後，較易溶於小腸之水溶液環境中，利於小腸細胞以滲透方式將之吸收。在哺乳類動物，脂質以被動擴散方式(passive diffusion)通過腸細胞刷狀緣(brush border)，與脂肪酸結合蛋白質(fatty acid binding protein)結合後被攜帶進入細胞中之內質網進行再酯化作用(re-esterification)，與膽酸結合後以乳糜球(chylomicrons)的形式進入淋巴系統及循環系統。然而家禽缺乏淋巴系統，飼糧中的脂肪酸經小腸細胞吸收、酯化成三酸甘油酯後，以肝糜球(portomicron)或極低密度脂蛋白質(very low density lipoprotein; VLDL)之形式進入肝門靜脈系統(Bensadoun and Kompiang, 1979; Krogdahl, 1985; Sklan *et al*. 1989)，進入肝臟代謝利用。雞隻脂質消化吸收之主要部位為小腸，Hurwitz *et al.* (1973)報告指出，雞隻脂質主要吸收部位為空腸，而迴腸對亞麻油酸(linoleic acid)、油酸(oleic acid)及棕櫚酸(palmitic acid)等脂肪酸吸收最多(Hurwitz *et al*., 1973; Brindley, 1984)。

三、脂質之運送及代謝

1.運送

對哺乳動物而言，被帶入內質網之脂肪酸，經過再酯化作用，與膽酸形成乳糜球，乳糜球再經由細胞外釋作用(exocytosis)送至細胞間隙，匯集後進入淋巴系統，經由左鎖骨下靜脈，大靜脈而到心臟，最後送至各組織器官(Krogdahl, 1985)。鳥類缺乏淋巴系統，故形成肝糜球，經由肝門脈系統運送至肝臟進一步代謝。因此，肝臟為鳥類代謝脂質主要組

織(Krogdahl, 1985)，此與哺乳動物以脂肪組織為脂質代謝之主要組織不同。

脂質在動物體內主要是靠血液中脂蛋白質(lipoprotein)運送，脂蛋白質可依其密度分為幾類：1. 乳糜球(chylomicron)，密度≦0.95 g/mL；2. 極低密度脂蛋白質(very low density lipoprotein, VLDL)，密度 0.95-1.006 g/mL；3. 中間密度脂蛋白質(intermediate density lipoprotein, IDL)，密度 1.006-1.019 g/mL；4. 低密度脂蛋白質(low density lipoprotein, LDL)，密度 1.019-1.063 g/mL；5. 高密度脂蛋白質(high density lipoprotein, HDL2 及 HDL3)，密度分別為 1.063-1.125g/mL 及 1.125-1.21 g/mL (Converse and Skinner, 1992)。乳糜球主要由小腸細胞分泌，由約 90%的三酸甘油酯、少量的磷酯、膽固醇及蛋白質所組成，食物中的脂溶性維生素即是透過乳糜球被吸收；VLDL 主要由肝臟分泌，小腸細胞亦分泌少量，脂質組成與乳糜球類似，IDL、LDL 則是 VLDL 經一連串脂蛋白質解脂 (lipoprotein lipase, LPL)作用代謝而成的產物；HDL 主要由肝臟分泌，小腸亦分泌少量，其中 50%的重量為蛋白質，三酸甘油酯只佔少量(Brody, 1994)(表 2)。

2.脂蛋白質之代謝

脂蛋白質解脂 (lipoprotein lipase, LPL)位於脂肪組織、骨骼肌及心肌微血管內皮細胞表面上(Henry, 1984)。在小腸上皮細胞中形成之乳糜球所含脂質中 90%為三酸甘油酯，經脂蛋白質解脂 水解成脂肪酸及甘油。脂肪酸進入

表 2. 脂蛋白質之組成

Table 2. Components of various lipoproteins

	Weight %				
Lipoprotein	Protein	Phospholipid	Triglyceride	Free cholesterol	Cholesteryl ester
Chylomicron	1-2	3-8	80-95	1-3	2-4
VLDL	10	15-20	55-65	10	5
IDL	18	22	31	7	23
LDL	25	20	4	9	42
HDL	42-55	25-30	1-2	3-5	16-20

資料來源: Brody (1994)。

組織中進行β-氧化作用(β-oxidation)產生能量或經酯化作

用形成三酸甘油酯儲存，有些則與血液中白蛋白(albumin)結合運輸至其他組織(Mead *et al*., 1986)；而甘油經血液循環至肝臟受 甘油激 (glycerol kinase)作用，形成甘油-3-磷酸(glycerol-3-phosphate) 與脂肪酸酯化形成甘油酯(glyceride)(Mead *et al*., 1986)。

來自腸道之乳糜球及來自肝臟或腸道的 VLDL，均為富含三酸甘油酯的脂蛋白質，其在循環系統運輸時，經脂蛋白質解脂 作用水解所富含之三酸甘油酯，而分別形成乳糜球殘基(chylomicron remnants)及 IDL。乳糜球殘基，則經由肝臟表面之乳糜球殘基接受體(chylomicron remnants receptor)或 LDL-接受體(蛋白元 B/E 接受體)進入肝中分解代謝，至於 IDL 則透過低密度脂蛋白質接受體(LDL receptor)進入肝臟分解代謝；或者 IDL 再經脂蛋白質分解 作用，將其三酸甘油酯分解成甘油及脂肪酸，此時 IDL 轉變為低密度脂蛋白質(LDL)(Norum, 1992)。

VLDL 經一連串脂蛋白質解脂 之作用形成 LDL，此脂蛋白質只含少量之三酸甘油酯，LDL 之作用是傳送膽固醇至周圍組織，並調節這些組織細胞之膽固醇合成。LDL 經由 LDL 接受體進入肝臟或其他組織，經水解形成初生 HDL (nascent HDL)，再經由卵磷酯：膽固醇醯基轉移 (lecithin: cholesterol acyltransferase, LCAT)作用，最後形成 HDL，經由 LCAT，組織細胞中多餘的膽固醇被移除併入 HDL，血液中 HDL 則可藉由肝臟表面之 HDL 接受體進入肝臟代謝，形成膽酸釋放至腸道(Brody, 1994)；所以 HDL 可將膽固醇由非肝臟組織運送至肝臟進行代謝，最後排出體外(Stryer, 1988)。

臨床醫學報告中發現，脂肪的攝取量與血中膽固醇含量

及冠狀動脈疾病引起的死亡率有呈正比的關係(Epstein, 1989)。而除了食物中脂肪的攝取量外，也有研究指出，當細胞中膽固醇含量降低，細胞中一蛋白質 SREBP(sterol regulatory element binding protein)會行裂解，其裂解的片段進入細胞核與 LDL 接受體基因結合使其表現，使 LDL 接受體增加，提高 LDL 進入細胞代謝，因而降低血中帶有膽固醇的 LDL-cholesterol 含量。而食物中大量的飽和脂肪酸及膽固醇進入肝中，提高細胞中膽固醇含量，抑制 SREBP 裂解，進而提高血中膽固醇含量。而如油酸(oleic acid, C18:1)等不飽和脂肪酸則會透過 ACAT(acyl-CoA :cholesterol acyltransferase)酯化膽固醇，降低細胞中膽固醇量，最後降低血中膽固醇含量(John, 1998)。

四、飼糧中多不飽和/飽和脂肪酸比對動物生長性能之影響

Hulan *et al.*(1984)發現，與單獨使用雞脂，豬油及牛油等飽和程度高之油脂做比較，以菜籽油及豬油或牛油等脂肪混合添加於飼糧中，肉雞有較佳之飼料效率，體重則無差異。Zollitsch *et al*.(1997)以飽和程度高之脂肪，大豆油及菜籽油添加於飼糧中，餵予一日齡肉雞至 43 日齡，結果發現在不影響屠體胸肉、腿及腹脂的相對重量下，富含多不飽和脂肪酸的大豆油及菜籽油處理組有較佳的增重及飼料利用效率。Pinchasov and Nir(1992)以不同比例之牛油及蔬菜油(大豆油：葵花油；1：1)，使飼糧中多不飽和脂肪酸濃度為 32~70 g/100g 脂肪，發現雞隻之飼料採食量和增重不受飼糧中多不飽和脂肪酸量多寡所影響，但飼料利用效率隨飼糧中多不飽和脂肪酸量增加而提高。

但 Skylan and Ayal(1989)和 Olomu and Baracos (1991)卻指出，飼糧中脂肪之飽和程度對肉雞之生長、飼料採食量及飼料利用效率並無顯著影響。同樣的，Sanz *et al*.(1999)比較添加牛油，豬油及葵花油於飼糧中，對肉雞生長性能之影響，發現飼糧飽和程度並不影響肉雞增重，飼料採食量及飼料利用效率。

從排泄物及飼糧中脂肪酸組成比較得知，年幼雞隻對多不飽和脂肪酸的消化率比長鏈飽和脂肪酸消化率高，對多不飽和脂肪酸的利用性較佳。飼糧中添加不同多不飽和/飽和脂肪酸比(polyunsaturated/ saturated fatty acid ratio; P/S)之脂肪時，由於脂肪酸間，多不飽和脂肪酸與飽和脂肪酸的協同作用(synergistic effect)，即不飽和脂肪酸具有較佳的乳化能力，可以促進飽和脂肪酸形成微膠粒，而促進動物對飽和脂肪酸的消化吸收 (Ketels and Groote, 1989)，提高脂肪之能量利用效率，改善動物之飼料利用效率。相同的，Dvorin *et al*.(1998)於飼糧中添加以不同比例混合的大豆油及氫化大豆油，隨著飼糧中不飽和程度增加，雞隻增重及飼料利用效率顯著提高；而在添加最高比例大豆油之處理組，整體的脂肪消化率和個別脂肪酸的消化率最高。

五、飼糧中多不飽和/飽和脂肪酸比對動物體組成及營養分蓄積之影響

不飽和脂肪酸在體內趨向於氧化代謝，飽和脂肪酸在體內趨向於形成體脂蓄積(Van Es, 1977; Beynen and Ketan, 1985)。理論上，提高飼糧 P/S 應能降低肉雞之體脂蓄積，但許多研究結果並不一致。Sanz *et al*.(1999)研究飼糧中添加牛

油，豬油或葵花油對肉雞腹脂及肌肉間脂肪含量之影響，其中以飽和程度較高之牛油處理雞隻，其腹脂及肌肉間脂肪含量最高，葵花油處理組則為最低，飼糧飽和程度對胸肉量則無影響；Shimomura *et al*.(1990) 及 Takeuchi *et al*. (1995) 亦發現相較於牛油，不飽和程度高的紅花油或亞麻仁油分別降低小鼠及大鼠體脂之蓄積。但楊(1992)，蕭(1995)， Hulan *et al*.(1984)，Olomu and Baracos (1991)及 Pinchasov and Nir (1992)指出，調整飼糧 P/S 對肉雞體組成並無影響。Zollitsch *et al*.(1997)比較不同飽和程度的動物油脂及蔬菜油，發現不同飽和程度之飼糧亦不影響肉雞胸及腿肉等部位之重量。

肝為脂肪酸合成最主要的部位(Leveille *et al*, 1975)，而 T_3 為具活性的甲狀腺素，其影響動物的代謝速率及脂質合成作用，促進肝中脂質之合成。Chopra *et al*. (1985)指出多不飽和脂肪酸影響甲狀腺素，抑制 T_4 轉變成有活性的 T_3；而 Wiersinga *et al*. (1988)發現不飽和脂肪酸抑制 T_3 與 T_3 receptor 結合。Clake and Hembree (1990)研究發現飼予多不飽和脂肪酸會與 T_3 引起的肝脂質合成競爭，降低脂成。因此多不飽和脂肪酸亦可能藉由影響甲狀腺素，進而降低體脂之蓄積。

六、飼糧中多不飽和/飽和脂肪酸比對動物能量代謝之影響

在代謝能方面，因為脂肪本身的化學結構影響其於雞隻體內消化及吸收，因此不同脂肪之代謝能值並不相同(Freeman, 1984)。隨著脂肪不飽和程度的提高及游離脂肪酸含量的降低，脂肪之代謝能值增加(Wiseman and Salvador, 1991; Blanch et al., 1995)。Garrett and Young (1975)，

Sibbald and Kramer(1978)及 Ketels and Groote (1989)等人發現，將飽和程度較高的動物性脂肪與飽和程度較低的植物性脂肪，以不同比例混合添加於飼糧中，隨著植物性脂肪的添加，動物性脂肪在動物體內的代謝能值會呈曲線逐漸增加，因為飼糧中多不飽和脂肪酸與飽和脂肪酸之間有一協同作用，不飽和脂肪酸具有較佳的乳化能力，會促進飽和脂肪酸形成微膠粒，而促進動物對飽和脂肪酸的消化吸收 (Ketels and Groote, 1989)。

Beynen and Ketan(1985)提到，與飽和脂肪酸比較，多不飽和脂肪酸於肝中較趨向於氧化代謝及形成酮體供給組織利用，而不傾向於併入脂蛋白 VLDL 中的三酸甘油酯，因而降低血液中 VLDL 及 LDL 含量。Mercer and Trayhurn (1987) 及 Jones and Scheeler(1988)分別在小鼠及人類發現，不飽和度較高之植物油具較低之能量蓄積及較高之熱產生。另外，Shimomura *et al*.(1990)及 Takeuchi *et al*. (1995)亦指出，不飽和度較高之紅花油，可分別提高大鼠及小鼠體脂之氧化代謝及熱產生，經過 4 個月的飼養期，亦降低體脂之蓄積。本實驗室亦發現，高 P/S 飼糧提高 5-17 日齡雞隻熱產生(試驗二)，但對 42 日齡雞隻之熱產生量，則無影響(試驗一)(楊, 1992)。

貳、環境溫度

一、適溫帶

環境溫度為影響動物生長表現的重要因子之一。在適當環境溫度範圍內，動物之基底代謝所產生的熱，可將體溫維

持於一定範圍。當外界溫度超出適當範圍，高於或低於某一溫度時，體內熱之產生增加。在此一適當範圍內，動物之代謝速率最低，且無變化，此一適當溫度範圍即為適溫帶(thermal neutral zone；TNZ)。適溫帶之上限為高臨界溫度(upper critical temperature；UCT)，適溫帶之下限即為低臨界溫度(lower critical temperature；LCT)。當環境溫度低於LCT，動物代謝速率提高，增加熱產生量以維持體溫；反之，環境溫度高於 UCT 時，代謝速率降低，避免體溫過高。

各種動物之適溫帶各有差異，一般而言，小型動物之適溫帶較窄，高、低臨界溫度亦較高。雞隻適溫帶在不同報告中所得結果並不一致。雞隻品系、年齡、飼料採食量及活動程度等不同條件的組合均有不同的適溫帶(Van Es *et al*., 1973)。Van Der Hel *et al*. (1991)紀錄 24 小時內，初生雛雞於 30.3~38.8℃不同的溫度控制室時之熱產生量，體重，體水分，灰分及卵黃失重，以熱產生量與溫度之迴歸，得到初生雞隻的高臨界溫度為 36~37℃之間。Meltzer(1983)以每週耗氧量與環境溫度作迴歸分析，得出 0-3 週齡肉雞之 LCT 及 UCT 分別從 0 日齡的 35.0 及 37.0℃，逐漸下降至 21 日齡時的 27.5 及 31.5℃，顯示雞隻之適溫帶隨年齡增加而下降。表 3 為不同研究測得之雞隻低臨界溫度。

表 3. 肉雞及小母雞低臨界溫度

Table 3. Values of LCT in broiler (B) and pullet (P)

		Age in weeks						
References		1	2	3	4	5	6	7
Barott and Pringle(1949)	(B)	35	35					
Romijn(1950)	(B)	35	35					

Freeman(1963)	(P)	35	31-35	30-33	26-31			
Kampen Van *et al*. (1978)	(P)							
in light								32
in dark								27.5
Have Ten and Scheele(1980)	(B)		27-29					
Henken *et al*. (1982)	(P)							
Fed ad libitum:	At day					29.9		
	At night					23.1-23.2		
Fed restricted:	At day					27.0-30.5		
	At night					25.6-27.6		
Meltzer *et al*. (1982)	(P)	33	31	29	27.5	26	24.5	23
Meltzer (1983)	(B)	32	29.5	27.5	26.0	24.5	23.5	23
Misson (1982)	(P)	28						
Nichelman *et al*. (1983)	(P)		26.7	26.5			25.4	

資料來源: Scheele, *et al*. (1987)。

二、高溫環境下雞隻行為及生理上之改變

雞隻正常體溫約介於 40-43℃(Moreng, 1951)。**其本身具有調節體溫於一定範圍的能力，以維持體溫之恆定**(homeostasis)。**初生雞隻之適溫帶小，調節體溫能力差，一週內體溫調節系統會迅速發展** (Romijn, 1954; Wekstein and Zolman, 1970)，**二至三週齡時始達完全**(Osbaldiston, 1968;

Freeman, 1976)。一日齡小雞達最大生長的適宜環境溫度為 32-34℃，每日下降 0.5℃，直到 32 日齡時適宜溫度為 19℃ (Barrot and Pringle, 1949; 1950)。適宜的生長溫度隨著隨著日齡增加，逐漸下降。

1. 行為上之改變

當雞隻處於非適宜環境溫度下，則改變行為來維持體溫及生理的恆定。於高溫環境下，雞隻開始出現喘息現象，藉呼出水氣散出體熱，Zhou *et al*.(1997)發現 5 日齡雛雞於 38 ℃環境下開始喘息並伸展雙翼；走動及變換姿勢的時間及次數減少，以降低活動產生的熱，並會潑水於頂冠及使胸羽潮濕等增加體表蒸發性散熱。體熱散失的途徑可分為蒸發性(或無感(insensible))如呼吸散熱與非蒸發性(有感(sensible))散熱如輻射(radiation)，傳導(conduction)，對流(convection)及糞尿之排泄等。雞隻所產生的體熱約有 75%係經由輻射，傳導及對流排出體外，但散熱效率受氣溫影響。高溫環境下，雞隻之有感散熱能力降低，呼吸速率提　高，呼吸散熱為主要排散體熱的方式。

在熱緊迫狀況下，動物飲水量及需要量增加，而使得體內水分含量隨之增加。而飲水量的增加主要是因為水分從尿液及呼吸中散失而產生缺乏不足，而體液濃度增加，刺激下視丘渴覺中樞，使得飲水量增加。而飲水量增加，血液量增加，血管壓力提高，促使水分自血管流向周圍組織，而使動物體內水分含量提高。

於高溫環境下，雞隻之飼料採食量降低以減少代謝性產熱，藉由提高飲水量，補充因呼吸蒸發散熱大量流失的水分

(Daghir, 1995)。熱緊迫下的雞隻體溫與環境溫度差異縮小，有感散熱方式漸式微(Van Kampen, 1974; Belay and Teeter, 1993; Belay *et al*., 1993; Wiernusz and Teeter. 1993)，而開始喘息利用體內的水分，經由蒸發性冷卻降低體溫，達到改善熱緊迫的效果。

2. 生理上之改變

(1)代謝速率、體溫及肌肉的活動

高溫環境下，雞隻的基底代謝速率降低，以減少代謝產熱。從氧氣消耗量測定中發現，隨環境溫度的提高，雞隻代謝速率下降，而心跳速率與代謝率呈正相關，亦隨之降低(Van Kampen *et al*., 1978)。

在體溫變化方面，雞隻受高溫環境影響，體溫顯著隨之上升(Donkoh; 1989; Cooper and Washburn, 1998)。在 Zhou *et al*.(1997)指出，雞隻飼養於 22，32 及 36℃溫度控制室中，隨環境溫度及暴露時間的提高，雞隻腹腔及腳脛皮膚溫度皆隨之上升。而 Teeter *et al*.(1992)亦指出，六週齡雞隻暴露於 35℃下經 24 小時，使適應熱緊迫後，於 3 日後再一次使其暴露於 35℃下，前後並測量泄殖腔溫度，發現在泄殖腔溫度方面，環境溫度與雞隻是否適應熱緊迫呈現交互作用，適應熱緊迫雞隻於 35℃時之泄殖腔溫度低於未適應熱緊迫雞隻(44.2 對 44.6 ℃)，於 24℃適溫時則高於未適應者(42.3 對 41.2℃)，顯示高溫環境下，雞隻對熱緊迫的適應表現於體溫的變化。對熱的適應會增加雞隻對熱之耐受力。適應高溫環境之肉雞有熱產生量、心跳速率、體溫及站立-坐臥(standing-lying)頻率較低，而喘息速率較高，站立時間較長等

特徵(Skyes and Fataftah, 1986; May *et al*., 1987; Teeter *et al*., 1992)。Zhou *et al*. (1997)使 A 組肉雞於 5 日齡時暴露於 38℃下經 24 小時，B 組則以 30℃處理作為對照組，兩組於達上市體重時再暴露於 33℃下經 3 小時，結果發現 33℃處理後兩組的熱產生量沒有顯著差異，但 A 組肉雞的腹腔及體表溫度，站立-坐臥次數及坐臥時間都較 B 組低。而兩組呼吸速率皆隨環境溫度而提高，而 A 組的呼吸速率則比對照組高。

肌肉運動時，動物之能量消耗增加。此所增加之能量消耗，一部分變成所作之功，大部分變成熱而散發於體外。而高溫環境下，為降低因肌肉作工而產生的熱，雞隻採食及走動等活動量減少(Daghir, 1995)。但此時雞隻主要依賴呼吸散熱，呼吸道肌肉收縮活動增加，可能也會增加雞隻熱產生量(Yunianto *et al*., 1997)。

(2)相關之內泌素

甲狀腺在動物的生熱作用(thermogenesis)及代謝方面扮演重要角色，其刺激粒腺體對氧之利用及產生能量，且具有促進碳水化合物利用、增加蛋白質分解以及促進脂肪分解等作用。鳥類之甲狀腺大小及活動隨環境溫度之升高而降低(Hoffman and Shaffner, 1950; Joiner and Huston, 1957; Heninger *et al*., 1960; Huston and Carmon, 1962; Yunianto *et al*., 1997)。另外，Freeman(1970)亦發現，甲狀腺活動隨環境溫度之降低而提高。動物熱產生速率受到神經及內分泌系統所控制，低溫下熱產生速率最大(Yousef, 1985)，使雞隻暴露於高溫下則會降低熱產生量(Geraert *et al*., 1996b)。而熱產生量之降低則與血漿中甲狀腺素含量下降有關(Williamson *et al*.,

1985)。Yahav and Hurwitz (1996) 及 Yahav and Plavink(1999) 發現，經暴露於 36℃下 24 小時後，5 日齡雛雞血漿中的 T_3 濃度下降; 15 日齡雞隻血液中甲狀腺素量亦隨環境溫度 (16~34℃)增加而降低(Yunianto *et al*., 1997)。Fox(1980)切除成年雞隻之甲狀腺或持續給予 DL-thyroxine 經 3 天後，發現前者於熱緊迫下存活率提高，後者之存活率則降低。許多研究亦發現相似之結果(May, 1987; Bowen *et al*., 1984)。從上述可知，甲狀腺素的分泌促進動物能量的熱產生。於高溫環境下，透過甲狀腺素分泌之降低，而降低動物熱產生。

另外，腎上腺皮質素可使動物調適生理功能以因應熱緊迫，其作用為促進組織中脂肪及蛋白質之分解，使釋出脂肪酸及胺基酸以供動物遭受緊迫時所需消耗之能量。文獻指出, 熱緊迫促進動物腎上腺皮質分泌皮質脂酮(corticosterone) (Eden, 1978), 提高雞隻血漿中皮質脂酮濃度(Eden and Siegel, 1975)。

(3)血液性狀

在急需排除體熱的情況下, 動物之血漿量(plasma volume) 增加的現象，可於熱緊迫中老鼠(Meiri, 1991)，運動中人類 (Senay *et al*., 1976; Gillen *et al*., 1991)及暴露於高溫環境下雞隻中發現(Whittow *et al*., 1964; Yahav *et al*., 1997)。在雞隻，由於需補充喘息散熱之水分，而使飲水量增加所致(Marder and Arad, 1989)。而由於血量增加，血球容積比(hematocrit) 則相對降低(Deaton *et al*., 1981; Yahav *et al*., 1997)。Zhou *et al*.(1997)發現，5 日齡雛雞於 33℃下經 3 小時後，血液黏性降低。

在血液 pH 方面，因在熱緊迫下，雞隻喘息排散體熱，大量的二氧化碳從肺中呼出，造成二氧化碳分壓及血液中碳酸根離子濃度降低，氫離子濃度下降，因此血液 pH 值上升(Mongin, 1968)，造成呼吸性鹼中毒(Richards, 1970; Teeter *et al*., 1985) 。Darre *et al*.(1980)也發現來亨雞血液 pH 值亦有隨環境溫度上升的趨勢。然而 Parker and Boone (1971)研究中，公火雞於熱處理後，血液 pH 值下降；Kohne and Jones(1975)指出急速的體溫過高(acute hyperthermia)才會造成雞隻血液pH值上升現象, 而長期體溫過高則否;而 Siegel *et al*.(1974)認為飼養於 35℃下與適溫帶下的肉雞，血液 pH 值並無差異。這些不一樣的結果的可能原因並不清楚，但有可能是熱緊迫的程度及形式(急速或長期)，收集血液的部位及收集血液樣本的時間不同所致。

血漿中主要離子包括；鈉、氯、鉀、鈣、磷、硫及鎂，在正常生理情況下，每種離子在血漿中的濃度經常維持於一定的小範圍內，於血液中與血漿蛋白質共同扮演維持血液正常 pH 值及滲透壓，所以當離子濃度有重大變化時，會對細胞及組織產生嚴重的影響(Daghir, 1995)。Belay and Teeter(1993)指出，熱緊迫雞隻血液中鉀及鈉離子濃度不平衡，則會導致鹼中毒。當雞隻暴露於 41℃下，其體溫上升至 44.5~45.0℃時，血漿中鈉及氯離子濃度上升，鉀及磷離子濃度下降(Ait-Boulahsen *et al*., 1989)。Smith and Teeter (1987)發現，高溫處理下雞隻體內礦物質蓄積顯著減少。Belay *et al*. (1993)指出與 24℃處理組比較，35℃環境溫度下雞隻尿中氯離子含量降低，而鉀、磷、硫、鈉、錳鈣及鎂的排出量皆增加。

三、高溫環境對雞隻生長性能之影響

(一)飼料採食量

高溫環境對雞隻生長最直接的影響就是飼料採食量的降低(Teeter *et al*., 1985; Yahav and Hurwitz, 1996; Bonnet *et al*, 1997)，而飼料採食量降低的原因，應與高溫環境下熱產生量的降低有關(Li *et al*., 1992)。進食後之熱增值，提高熱產生，更加重高溫環境下雞隻散熱不易的緊迫(Wiernusz and Teeter, 1993; Zhou and Yamamoto, 1997)。而熱緊迫雞隻為降低熱產生量，維持體溫恆定，飼料採食量因而減少，而導致生長低落(Yahav and Hurwitz, 1996)。因此有研究認為，在熱緊迫前，短暫的限飼或降低飼料採食量，對於肉雞適應熱緊迫應有所幫助；能夠改善生長表現，並降低死亡率(Teeter *et al*., 1992)。但飼料採食量不是導致雞隻生長低落之唯一因素，Garaert *et al*. (1996)研究發現，與對飼(pair-fed)適溫處理組比較，長期高溫處理雞隻之生長表現仍顯著較低，即使在相同飼料採食量情況下，高溫仍降低雞隻生長表現。

(二)增重

持續暴露於高溫環境下，雞隻增重顯著降低 (Yahav and Hurwitz, 1996; Bonnet *et al*., 1997)，而造成增重降低的主要原因為飼料採食量下降(Howlider and Rose, 1987; Mckee and Harrison, 1995)，。Smith and Teeter (1987)發現，強迫餵飼多於雞隻高溫時任飼時飼料採食量的 16%，能增加肉雞的屠體重。Frankel *et al.* (1967)指出，熱緊迫會使雞隻分泌大量腎上腺皮質素之皮質脂酮，而此內泌素則會促進雞隻體內蛋白質之分解，而使原本用於生長之營養分被轉移程抵抗熱緊迫所

需之能量，因此降低雞隻之生長速率(Brake, 1987)。

(三)飼料利用效率

關於高溫對於雞隻飼料利用效率的影響在不同研究中有不同的結果。研究發現，雞隻因持續的暴露於高溫下，其飼料利用效率顯著的較飼養於適溫(21℃)下之雞隻來的差(Bottje and Harrison, 1985; Suk and Washburn, 1995; Geraert *et al*., 1996b; Cooper and Washburn, 1998)。高溫環境對雞隻主要的影響為飼料採食量的減少以降低代謝熱的產生(Geraert *et al*., 1996b)。以回歸分析，環境溫度 20℃以上，每增加 10℃，飼料採食量即減少 17% (Austic, 1985)，而飼料採食量的減少則導致生長低落。然而雞隻生長表現的不佳大於飼料採食量減少的幅度，因此高溫環境下雞隻飼料效率較適溫者低(Howlider and Rose, 1987)。Hurwitz *et al.* (1980)即指出環境溫度大於 29℃時, 飼料利用效率即會降低。Bonnet *et al.* (1997)認為飼料利用效率的低下與飼料消化率可能有關，他比較 33℃與 22℃之環境溫度對 4~6 週肉雞對營養分消化率之影響，發現高溫環境下蛋白質，脂質及醣類之消化率均降低，因此飼糧及氮之代謝能及氮的蓄積亦較 22℃顯著降低。Wallis and Balnave (1984)及 Zuprizal *et al.*(1993)同樣也指出，蛋白質和胺基酸消化率皆受高溫環境影響而降低。另外，飼養於高溫下的雞隻消化道亦較小(Savory, 1986; Mitchell and Carlisle, 1992)，也可能是造成飼料利用效率低下原因之一。

然而 Stilborn *et al*. (1988)認為熱緊迫對雞隻之飼料利用效率並無顯著影響。Deaton *et al*. (1968)則發現，在高環境溫度下(32℃)，雞隻之飼料利用效率提高。而隨年齡增加，熱

緊迫對雞隻之飼料利用效率可能有所不同(Deaton *et al*. 1972)。

四、高溫環境對肉雞體組成之影響

許多研究者發現，環境溫度影響雞隻體組成，他們指出雞隻腹脂量與環境溫度有關(Cahaner and Leestra, 1992; Leestra and Cahaner, 1992; Suk and Washburn, 1997;) 。由於低溫環境下有更多部分的能量以熱的形式被散發，造成體脂蓄積減少(Yunianto *et al*., 1997)。Ain Baziz *et al*.(1996)發現，與 22℃相較，於 32℃環境溫度下，雞隻腹部，皮下及肌肉間之脂肪蓄積提高。 Geraert *et al*. (1996b)亦指出，32℃處理較 22℃對飼之雞隻有較高之脂肪蓄積。此結果與在熱環境下雞隻通常較肥(Chwalibog and Eggum, 1989; Ain Baziz *et al*., 1993)的說法一致。

Kleiber and Dougherty (1934)發現肉雞體脂及水分含量有隨環境溫度升高而提高之現象。當環境溫度為 32℃時，脂肪合成作用最大，但對蛋白質之合成則沒有影響(Kleiber and Dougherty, 1934)。有研究報告指出，屠體中乾物質，能量及脂肪含量隨環境溫度或飼糧能量濃度的提高而增加(Olson, 1972; Chwalibog and Eggum, 1989)。而隨環境溫度降低，每仟卡屠體所需的代謝能則增加，顯示低溫下有較多能量用以維持體溫(Olson, 1972)。Olson *et al*. (1972)亦發現隨環境溫度增加，肉雞屠體之乾物質，脂質及能量也相對提高，而蛋白質含量則減少。Geraert *et al*. (1996b)比較，於 22 及 32℃下雞隻之體組成，發現在 32℃下，雞隻體蛋白質量較在 22℃下任飼及對飼雞隻者低，體脂含量則高於其他兩組。相較於

22°C恆溫環境，長期暴露於高溫下之肉雞血漿中 T_3 含量下降，這樣的內分泌變化提高脂質合成作用，減少脂質分解作用，刺激脂質的堆積，並促進胺基酸分解。他們並指出，暴露於高溫下，可能刺激胺基酸碳鏈轉移到脂質的量，而避免產生更多的熱。

Kubena, *et al.* (1972)指出，雞隻於低溫環境下，體脂含量減少，而水分及蛋白質含量則增加。Sonaiya (1989)也發現，於 21°C下比於 30°C下飼養之雞隻有較多的能量以脂肪形式蓄積。而 Adams *et al.* (1962)則指出，在 21.1 與 29.4°C下，雞隻體脂及水分含量，並無顯著差異。

五、高溫環境對雞隻能量代謝之影響

Koh and Macleod (1999)發現，隨著環境溫度及飼料採食量下降，雞隻屠體總能量及以脂肪形式儲存的能量含量也隨之降低，而以蛋白質形式蓄積的能量含量則只隨飼料採食量下降。Geraert *et al.* (1996b)比較，於 22 與 32°C環境溫度下，雞隻能量蓄積的情形，其中 32°C處理組雞隻蛋白質蓄積量低於 22°C對飼及任飼組，蛋白質蓄積率小於 22°C任飼組，以蛋白質形式蓄積的能量比例顯著減少。Husseiny and Creger(1980)同樣研究，於 22 及 32°C環境溫度對肉雞屠體能量蓄積的影響，發現低溫下屠體之每克乾物質能量含量較 32°C低，顯示低溫下用於維持的能量需求增加，這是因為低溫下能量優先用於維持體溫，則用於蓄積脂肪的能量減少，脂肪的蓄積量即降低。Yunianto *et al*.(1997)試驗中發現 19 至 28°C間，雞隻肌肉中蛋白質代謝速率隨環境溫度升高而降低，而在 28°C之後，則隨環境溫度升高而增加，16 至 19°C間則

無顯著差異。

Zhou *et al*.(1997)認為高溫環境顯著提高雞隻熱產生量，Kampen van (1974)亦指出雞隻於熱緊迫下，熱產生量隨之提高；而其他研究則相反(Kampen van, 1981; Chawlibog and Eggum, 1989; Chwalibog, 1990; Li *et al*., 1992; Wiernusz and Teeter, 1996; Zhou *et al*., 1997)，他們認為高溫下雞隻會盡量降低身體產熱以保持體溫，避免體溫的上升。而導致此不同結果之原因應與雞隻日齡及試驗溫度有關。

Have Ten and Scheele (1980)發現，在 25℃至 37℃間，1 至 7 日齡雞隻熱產生量與環境溫度有正的直線關係，而 7 至 14 日齡雞隻於 28℃至 34℃間，熱產生量並無顯著改變。Yunianto *et al*.(1997)試驗中則發現 16~31℃間，15 日齡雞隻的熱產生量隨環境溫度提高而下降，但在 31~34℃後則為增高的趨勢。

參、環境溫度與飼糧 P/S 間之關係

如果如同先前所述不飽和脂肪酸提高哺乳動物 (Mercer and Trayhurn, 1987; Jones and Scheeler, 1988; Shimomura *et al*., 1990; Takeuchi *et al*., 1995)及雞隻(試驗二, 楊, 1992) 之熱產生，則理論上，在高環境溫度下，提高飼糧 P/S 應增加雞隻熱緊迫，不利於雞隻之生長性能；而在低環境溫度下，提高飼糧 P/S 應有利於雞隻體溫維持，有利於雞隻之生長性能。但有關飼糧中脂肪不飽和程度在不同環境溫度下，對雞隻生長之影響，似乎未曾被探討。

在營養分組成方面，Zhao *et al*. (1996)於 18 及 28℃下，分別餵飼大鼠不同蛋白質含量之飼糧，結果發現，高蛋白質

飼糧組大鼠有較高之熱產生率，高蛋白質飼糧在低溫下則有利於能量蓄積率，但在高溫下則否。Jørgensen *et al.* (1996) 探討，不同環境溫度下飼料中纖維對豬之體組成，能量代謝及內臟重量等之影響，結果發現提高飼糧纖維含量，增加豬隻產熱，在高溫下，比在低溫下有更不利於豬隻能量蓄積之趨勢。不過，同一組研究人員於大鼠並未發現類似之現象 (Zhao *et al*., 1995)。

材 料 及 方 法

本研究分兩個試驗，依次進行。兩個試驗之處理除試驗溫度不同外,其他各處理完全相同。

一、 試驗設計

試驗採 2 (P/S 為 0.6、2.4 之試驗飼糧）×2 (高溫、適溫(試驗一)或低溫(試驗二)之溫度處理)複因子設計，120 隻一日齡愛拔益加 (Arbor acres)公肉雞，逢機分配至四個處理，每處理 6 重複，每重複 5 隻。另選 12 隻肉雞，以乙醚薰死後冷凍保存，以備進行屠體水分、粗蛋白質、粗脂肪分析與能量

之測定，作為比較屠宰技術試驗之底線。

二、試驗飼糧

試驗飼糧主要以黃玉米及大豆粕配製而成，分別調整 P/S 為 0.6 或 2.4 之兩種飼糧，飼養期為三週，飼糧中並添加 0.25%三氧化二鉻，作為進行消化率測定之指示劑。試驗飼糧中單不飽和脂肪酸含量(約佔飼糧中總脂肪酸含量之 38%)維持恆定，調整飼糧中大豆油、橄欖油及牛油之比例，使飼糧中 P/S 達到所需比例(表 4)。飼料原料及飼糧中脂肪酸組成之分析值如表 5 及 6 所示。

三、試驗溫度處理

飼養期間，雞隻分別飼養於不同溫度處理(圖一)組合式環境控制室(F-328S 控制組，名器公司，台灣)內，高溫處理起始溫度在兩個試驗分別為 37℃(試驗一)及 38℃(試驗二)，

表 4. 試驗飼糧組成(試驗一及二)

Table 4. Experimental diet composition

原料, % Ingredient, %		飼糧中多不飽和/飽和脂肪酸 Dietary polyunsaturated /saturated fatty acid ratio	
		0.6	*2.4*
黃玉米	Yellow corn	*45.62*	*44.41*
大豆粕	Soybean meal (44%)	*38.74*	*42.30*
玉米筋粉	Corn gluten meal	*3.12*	*0.76*
石灰石粉	Limestone, pulverized	*1.46*	*1.42*
磷酸氫鈣	Dicalcium phosphate	*1.52*	*1.54*
食鹽	Salt	*0.40*	*0.40*
Butylated hydroxytoluene (BHT)		*0.01*	*0.01*
DL-甲硫胺酸	DL-methionine	*0.16*	*0.19*
氯化膽鹼	Choline chloride (50%)	*0.10*	*0.10*
維生素及礦物質預拌劑 [a] Vitamin and mineral premix[a]		*0.12*	*0.12*
三氧化二鉻 Cr_2O_3		*0.25*	*0.25*

大豆油 [b] Soybean oil[b]	*1.58*	*4.74*
橄欖油 [b] Olive oil[b]	*0.43*	*3.60*
牛脂 [b] Tallow[b]	*6.49*	*0.16*
合計	*100.00*	*100.00*
計算值 Calculated values		
粗蛋白質, % Crude protein, %	*22.56*	*22.62*
粗脂肪, % Crude fat , %	*11.00*	*11.00*
代謝能, 仟卡/公斤 ME, kcal/kg[c]	*3200.00*	*3200.00*
分析值 Analyzed values		
粗蛋白質, % Crude protein, %		
試驗一 Exp.1	*20.19*	*19.69*
試驗二 Exp.2	*21.07*	*21.66*
粗脂肪, % Crude fat, %		
試驗一 Exp.1	*9.91*	*10.39*
試驗二 Exp.2	*10.22*	*10.29*
代謝能, 仟卡/公斤 ME, kcal/kg		
試驗一 Exp.1	*3185*	*3200*
試驗二 Exp.2	*3209*	*3285*

[a]每公斤飼糧添加(Provide per kilogram diet): vitamin A, 9,600 IU; vitamin D_3, 1,920 IU; vitamin E, 24 IU; vitamin K_3, 2.4 mg ; vitamin B_1, 1.2 mg; vitamin B_2, 3.6 mg; vitamin B_6, 1.2 mg; Vitamin B_{12}, 0.018 mg; niacin, 24 mg; pantothenic acid, 14.4 mg; folic acid, 0.24 mg; biotin, 0.012 mg; I, 1.2 mg; Fe, 120 mg; Cu, 18 mg; Zn, 126 mg; Mn, 48 mg; Co, 0.36 mg; Se, 0.180 mg.

[b]大豆油、橄欖油及牛脂之 ME 估計值皆為 8,800 kcal/kg (NRC, 1984)。

[b] ME values of soybean oil, olive oil and tallow are 8,800 kcal/ kg (NRC, 1984)。

表 5. 玉米、大豆粕、玉米筋粉、大豆油、橄欖油及牛脂中脂肪含量及其脂肪酸組成之測定值(試驗一及二)

Table 5. Fat content and fatty acid composition in yellow corn, soybean meal, corn gluten meal, soybean oil, olive oil and tallow

項目 Item	黃玉米 Yellow corn		大豆粕 Soybean meal		玉米筋粉 Corn gluten Meal	大豆油 Soybean oil	橄欖油 Olive oil	牛脂 Tallow
試驗 Exp.	*1*	*2*	*1*	*2*	*1,2*			
脂肪含量, % Fat content, %	*3.13*	*3.00*	*1.97*	*1.38*	*0.97*	*100.00*	*100.00*	*100.00*
脂肪酸, % Fatty acid, %								
C14:0	*0.71*	*0.07*	*1.62*	*2.23*	---	---	---	*3.89*
C16:0	*14.90*	*15.23*	*18.22*	*17.09*	*16.29*	*11.20*	*9.97*	*27.25*
C16:1	*0.75*	*0.38*	*1.09*	*1.05*	---	---	*0.53*	*3.07*
C18:0	*1.00*	*0.94*	*3.26*	*3.60*	*14.01*	*4.69*	*3.69*	*22.04*
C18:1	*25.37*	*24.48*	*16.54*	*18.13*	*10.93*	*21.55*	*79.21*	*40.82*

C18:2	*57.06*	*58.18*	*53.93*	*51.42*	*54.35*	*54.14*	*4.00*	*1.69*
C18:3	*0.20*	*0.73*	*5.34*	*2.52*	---	*2.29*	*0.46*	*0.40*
C20:0	---	---	---		---	*0.49*	*0.18*	*0.12*
C20:1	---	---	---		---	*2.41*	*0.81*	*0.36*
C22:0	---	---	---	*2.65*	---	*3.25*	---	---
C22:1	---	---	---	*1.31*	*2.01*	---	---	---
C24:0	---	---	---		*2.41*	---	*1.14*	---
合計 Total	*99.99*	*100.01*	*100.00*	*100.00*	*100.00*	*100.02*	*99.99*	*100.00*
總飽和脂肪酸 SFA[a]	*16.61*	*16.24*	*23.1*	*25.57*	*32.71*	*19.63*	*14.98*	*53.66*
總多不飽和脂肪酸 PUFA[a]	*57.26*	*58.91*	*59.27*	*53.94*	*54.35*	*56.43*	*4.46*	*2.09*
總單不飽和脂肪酸 MUFA[a]	*26.12*	*24.86*	*17.63*	*20.49*	*12.94*	*23.96*	*80.55*	*44.25*
多不飽和/飽和脂肪酸 P/ S[a]	*3.45*	*3.62*	*2.57*	*2.11*	*1.66*	*2.87*	*0.30*	*0.04*

[a]SFA=Saturated fatty acid; PUFA=Polyunsaturated fatty acid;
MUFA=Monounsaturated fatty acid; P/S=Polyunsaturated/Saturated fatty acid ratio.
---Undetectable.

表 6. **飼糧中脂肪酸組成之測定值(試驗一及二)**

Table 6. Fatty acid composition of diet (Exp. 1 and 2)

項目 Item	**飼糧中多不飽和脂肪酸/飽和脂肪酸比** Polyunsaturated/ Saturated fatty acid ratio			
	0.6		2.4	
試驗 Exp.	*1*	*2*	*1*	*2*
脂肪含量, % Fat content, %	*9.91*	*10.22*	*10.39*	*10.29*
脂肪酸, % Fatty acid, %				
C14:0	*2.45*	*2.99*	*0.58*	*0.52*
C16:0	*22.27*	*21.45*	*12.84*	*13.01*
C16:1	*2.56*	*1.87*	*0.41*	*0.42*
C18:0	*13.52*	*13.59*	*4.20*	*4.38*

C18:1	*32.86*	*34.11*	*39.23*	*40.83*
C18:2	*22.27*	*23.31*	*37.80*	*36.76*
C18:3	*2.45*	*2.18*	*4.24*	*3.49*
C20:0	*0.24*	*0.11*	*0.27*	*0.23*
C20:1	*0.24*	---	*0.11*	---
C22:0	*1.14*	*0.40*	*0.33*	*037*
合計 Total	*100.00*	*100.01*	*100.01*	*100.01*
總飽和脂肪酸 SFA[a]	*39.62*	*38.54*	*18.22*	*18.51*
總多不飽和脂肪酸 PUFA[a]	*24.72*	*25.49*	*42.04*	*40.25*
總單不飽和脂肪酸 MUFA[a]	*35.66*	*35.98*	*39.75*	*41.25*
多不飽和/飽和脂肪酸 P/ S[a]	*0.62*	*0.66*	*2.31*	*2.17*

[a]SFA=Saturated fatty acid; PUFA=Polyunsaturated fatty acid;
MUFA=Monounsaturated fatty acid; P/S=Polyunsaturated/Saturated fatty acid ratio.

每日降溫 0.2℃，三週後最終溫度分別為 33℃(試驗一)及 34℃(試驗二)；適溫(試驗一)或低溫(試驗二)處理起始溫度在兩個試驗分別為 33℃(試驗一)及 28℃(試驗二)，每日降溫 0.3℃，三週後最終溫度分別為 27 ℃(試驗一)及 22℃(試驗二)。

四、雞隻飼養管理及採樣

雞隻於一日齡秤重分組後，飼養於電熱式金屬網底代謝架內，為期三週。試驗期間，飼糧及飲水任食。每週結束當日 17:00 時開始絕食，僅提供飲水，至翌日 8:00 開始秤重，以重複為試驗單位，記錄雞隻體重及飼料採食量，並計算飼料利用效率。另外，分別於第二及第三週之第三至第五天，

每日下午 5:00 平均收集各欄雞隻之部分排泄物，約 100-200 g。採集過程中盡量避免收集摻雜掉落羽毛之排泄物。之後集中冷凍保存，每試驗同欄排泄物合併一起冷凍乾燥並粉碎磨成細粉，分析營養分、能量及鉻濃度，以作為測定能量等營養分消化率之用。試驗結束時，將雞隻以乙醚薰死後，屠體完整冷凍保存於 -30℃。

五、樣品分析

(一)屠體及飼料成份分析

1.一般成份分析及總能測定

冷凍之每重複雞隻屠體合併後，經解凍、切塊、冷凍乾燥(Stoppering tray Dryer 12, Labconco Instrument Company)及粉碎後備用，分別測定屠體及飼料中水分、粗蛋白質及粗脂肪含量(AOAC, 1984)。屠體及飼料總能測定以等熱式熱卡計(Parr-1261, Parr Instrument Company)測定之。以比較屠宰技術測定屠體內蛋白質、脂肪及能量蓄積量。

2.脂肪酸組成分析

取已磨碎之飼料或飼料原料樣品，依照 Sukhija and Palmquist(1988)之方法，使用 benzene、methanolic HCl 及 K_2CO_3，經水浴後，將屠體及飼料中脂肪酸甲基化，使用氣相色層分析儀(Hitachi G-3000, Tokyo, Japan)分析屠體及飼料中脂肪酸組成。樣品注入 SP-2330(Supelco fused silica capillary)充填管(長 30 公尺，直徑 0.2 公釐)中，溫度及注入口溫度分別為 170-210℃(2℃/min)及 240℃。氫氣、氮氣及空氣流速分別為 20, 20, 2.5 mL/min (附錄 1)。

3.鉻濃度分析

飼料樣品依 William *et al*. (1962)所述之方法處理如下，取 1 克樣品以 600℃灰化 1.5 小時，冷卻後加入 3 mL Phosphoric acid-manganese sulphate solution 及 4 mL potassium bromate solution 加熱至冒泡消失，再加入 25 mL calcium chloride solution，以純水稀釋至 200 mL，靜置隔夜後，使用 Atomic absorption Spectrophotometer (Hitachi 170-30)測定之(附錄 2)。

(二)排泄物成分分析

將每重複雞隻排泄物集中，冷凍乾燥(Stoppering tray Dryer 12, Labconco Instrument Company))磨細保存。測定磨細後排泄物之粗蛋白質及粗脂肪含量(AOAC, 1984)。以等熱式熱卡計(Parr-1261, Parr Instrument Company)測定排泄物之總能。鉻濃度則以 William *et al*. (1962)之方法測定之。

六、數據計算

(一)消化率

利用飼糧及排泄物中營養分、能量與鉻濃度之比例，求出飼糧營養分或能量之消化率，計算公式如下:

營養分或能量之消化率=

$$100-100\times\frac{\text{飼糧中指示劑\%}\times\text{排泄物中營養分(或能量)\%(或 kcal/kg)}}{\text{排泄物中指示劑\%}\times\text{飼糧中營養分(或能量)\%(或 kcal/kg)}}$$

(二)代謝能值、營養分蓄積及熱產生量

利用能量之消化率乘以飼糧總能即為飼糧之代謝能值。營養分的蓄積為屠體與一日齡小雞體內營養分含量之差值。而代謝能乘以採食量(代謝能採食量)扣除能量的蓄積則為熱產生量。

七、統計分析

試驗所得數據以最小平方平均值(Least squares means)表示之，以 SAS(1988)之 GLM 進行複因子統計分析。以重複作為各測定項目之試驗單位。

結　果

一、試驗一

(一)生長性能及死亡率

不同環境溫度下調整飼糧 P/S 對肉雞生長性能及死亡率之影響，如表 7 所示。

高溫處理降低了 1~2 ($P < 0.05$)，2~3 ($P < 0.01$)及 0~3 ($P < 0.01$)週齡肉雞之增重，2~3 及 0~3 週齡雞隻之飼料採食量($P < 0.01$)，但對 0~1，1~2 週齡雞隻之飼料採食量則無影響。　高溫處理僅降低 1~2 週齡雞隻之飼料利用效率($P < 0.05$)，對其他各週及整期(0~3 週)雞隻之飼料利用效率並無影響。

無論在高溫或在適溫環境下，提高飼糧 P/S 不影響雞隻增重及飼料採食量；但提高飼糧 P/S 分別提高 0~1 (P = 0.01) 及 1~2 ($P < 0.01$)週齡雞隻之飼料利用效率，但對 2~3 週齡及整期雞隻之飼料利用效率並無影響。

雞隻死亡率低，雞隻死亡僅發生在高溫，P/S 2.4 組(2 隻/30 隻)及適溫，P/S0.6 組(3 隻/30 隻)，並不受環境溫度及飼糧 P/S 影響。

在生長性能及死亡率方面，溫度與飼糧 P/S 間，並無交互作用。

(二)雞隻體組成及營養分蓄積

不同環境溫度下調整飼糧 P/S 對肉雞體組成及營養分蓄積之影響，如表 8 所示。

在體組成方面，高溫處理並不影響 3 週齡肉雞體水分、蛋白質、脂肪及能量含量；但無論在高溫或適溫下，提高

表 8. **不同環境溫度下飼糧中** P/S **對肉雞體組成及養分蓄積之影響(試驗一)**

Table 8. Body composition and nutrient deposition of broilers under different ambient temperature and dietary P/S ratio (Experiment 1)

溫度 Temp.	**高溫** high T		**適溫** moderate T		**機差**	**顯著性** significance		
飼糧 *P/S*	*0.6*	*2.4*	*0.6*	*2.4*	*SE*	*T*	*D*	*T´D*
體組成 *Body composition*								
水分, *%* *Moisture, %*	*68.5*	*68.9*	*69.3*	*70.2*	*1.0*	*0.335*	*0.523*	*0.808*
蛋白質, *%* *Protein, %*	*14.7*	*15.2*	*14.3*	*15.9*	*0.5*	*0.790*	*0.056*	*0.309*
脂肪, *%* *Fat, %*	*12.8*	*11.8*	*12.4*	*10.7*	*0.6*	*0.190*	*0.024*	*0.553*
體能量,仟卡/公斤 *Body Eenergy, kacl/kg*	*2097.4*	*2063.1*	*2043.6*	*1895.2*	*69.7*	*0.127*	*0.205*	*0.422*

營養分蓄積量 *Nutrient deposition*								
蛋白質，克/隻 *Protein, g/bird*	*85.7*	*89.6*	*94.1*	*100.4*	*3.8*	*0.028*	*0.217*	*0.776*
脂肪，克/隻 *Fat, g/bird*	*76.3*	*70.5*	*80.4*	*67.2*	*3.6*	*0.910*	*0.022*	*0.337*
能量蓄積,仟卡/隻 *Energy retention, kcal/ bird*	*1237.1*	*1229.1*	*1332.0*	*1198.5*	*46.9*	*0.521*	*0.168*	*0.218*

飼糧 P/S **皆降低雞隻體脂肪含量** ($P < 0.05$)**，對體水分、蛋白質及能量含量則無影響。**

在營養分蓄積方面，適溫下雞隻之蛋白質蓄積量較高溫處理者高 ($P < 0.05$)**，對脂肪及能量之蓄積量並無影響；而提高飼糧** P/S **降低雞隻脂肪蓄積量** ($P < 0.05$)**；對蛋白質及能量蓄積量則無影響。**

在體組成及營養分蓄積方面，溫度及飼糧間皆無交互作用。

(三)營養分消化率

不同環境溫度下調整飼糧 P/S **對肉雞營養分消化率之影**

響，如表 9 所示。

高溫處理降低雞隻對脂肪之消化率($P < 0.01$)，但對蛋白質及能量之消化率無影響；隨飼糧 P/S 增加，雞隻對脂肪之消化率($P < 0.01$)及對蛋白質之消化率($P < 0.05$)亦隨之提高，對能量之消化率則無改變。能量消化率方面，溫度與飼糧間具交互作用($P < 0.05$)；主要因在高環境溫度下提高飼糧 P/S，對能量消化率影響不大；但在適溫環境溫度下，提高飼糧 P/S，明顯提高雞隻對能量消化率所致。蛋白質及脂肪消化率方面，溫度及飼糧間皆無交互作用。

(四)能量代謝

不同環境溫度下調整飼糧 P/S 對肉雞能量代謝之影響，如表 10 所示。

各處理組之飼糧代謝能值無差異。高溫環境降低雞隻之代謝能採食量($P < 0.05$)及熱產生量($P < 0.01$)，但對能量蓄積量，

表 9. 不同環境溫度下飼糧中 P/S 對肉雞營養分消化率之影響(試驗一)

Table 9. Nutrient digestibility of broilers under different ambient temperature and dietary P/S ratio (Experiment 1)

溫度 Temp.	高溫 high T		適溫 moderate T		機差	顯著性 significance		
飼糧 *P/S*	*0.6*	*2.4*	*0.6*	*2.4*	*SE*	*T*	*D*	*T´D*
	%							
蛋白質 *Protein*	*52.2*	*54.6*	*51.4*	*56.0*	*1.5*	*0.818*	*0.028*	*0.470*
脂肪 *Fat*	*86.2*	*90.3*	*89.5*	*94.9*	*1.1*	*0.002*	*0.003*	*0.572*
能量 *Energy*	*74.6*	*74.2*	*73.3*	*75.4*	*0.5*	*0.946*	*0.145*	*0.038*

表 10. **不同環境溫度下飼糧中** P/S **對肉雞能量代謝之影響(試驗一)**

Table 10. Energy metabolism of broilers under different ambient temperature and dietary P/S ratio (Experiment 1)

溫度 Temp.	**高溫** high T		**適溫** moderate T		**機差**	**顯著性** significance		
飼糧 *P/S*	*0.6*	*2.4*	*0.6*	*2.4*	*SE*	*T*	*D*	*T´D*
飼糧代謝能,仟卡/公斤 *Metabolizable energy, kcal/kg*	*3204.3*	*3181.0*	*3165.0*	*3218.8*	*22.1*	*0.975*	*0.518*	*0.113*
	仟卡/隻 *kcal / bird*							
代謝能採食量 [1] *ME intake*[1]	*2590.6*	*2565.3*	*2815.6*	*2692.2*	*58.5*	*0.010*	*0.241*	*0.435*
能量蓄積量 *Energy retention*	*1237.1*	*1229.1*	*1332.0*	*1198.5*	*46.9*	*0.521*	*0.168*	*0.218*

熱產生量 [2] *Heat production*[2]	*1353.5*	*1336.2*	*1483.6*	*1493.6*	*46.8*	*0.009*	*0.941*	*0.783*
				%				
能量蓄積率 [3] *Energy retention efficiency*[3]	*47.7*	*47.9*	*47.4*	*44.5*	*1.4*	*0.206*	*0.365*	*0.295*
熱產生率 [4] *Heat production rate*[4]	*52.3*	*52.1*	*52.6*	*55.5*	*1.4*	*0.206*	*0.365*	*0.295*

[1] **代謝能採食量**=**飼糧代謝能值**×**飼料採食量。**
[1] ME intake = ME × Feed intake.
[2] **熱產生量**=**代謝能採食量**–**能量蓄積量。**
[2] Heat production = ME intake – Energy retention.
[3] **能量蓄積率**=**能量蓄積量**/**代謝能採食量。**
[3] Energy retention efficiency = Energy retention / ME intake.
[4] **熱產生率**=**熱產生量**/**代謝能採食量。**
[4] Heat production rate = Heat production / ME intake.

能量蓄積率及熱產生率則無影響。調整飼糧 P/S **對肉雞能量代謝無影響。**

在能量代謝方面，溫度與飼糧 P/S **比並無交互作用。**

二、試驗二

(一)生長性能及死亡率

不同環境溫度下調整飼糧 P/S **對肉雞生長性能及死亡率之影響，如表** 11 **所示。**

高溫處理降低 0~1 ($P < 0.01$)，1~2 ($P < 0.01$)，2~3 ($P < 0.05$)**及** 0~3 **週齡肉雞之增重，並降低** 0~1 ($P < 0.05$)，1~2 (P

< 0.01)，2~3 (P < 0.01)及 0~3 (P < 0.01)週齡肉雞隻之飼料採食量，但提高 0~1 (P < 0.05)，1~2 (P < 0.01)，2~3 (P < 0.01)及 0~3 (P < 0.01)週齡肉雞之飼料利用效率。除了在 0~1 週齡(P < 0.01)外，提高飼糧 P/S 對 1~2，2~3 週齡及整期肉雞之飼料利用效率並無影響。

在死亡率方面，0~1 週齡雛雞於低溫下之死亡率較高溫組高(P < 0.05)；但 1~2，2~3 週齡及整期雞隻之死亡率皆不受環境溫度所影響。

調整飼糧 P/S 則對肉雞死亡率並無任何影響。在生長性能及死亡率方面，溫度與飼糧間並無交互作用。

(二)雞隻體組成及營養分蓄積

不同環境溫度下調整飼糧 P/S 對肉雞體組成及營養分蓄積之影響，如表 12 所示。

在體組成方面，高溫處理降低肉雞體水分(P < 0.01)及體蛋白質(P < 0.05)含量，提高體脂肪及能量含量(P < 0.01)；

表 12. **不同環境溫度下飼糧中** P/S **比對肉雞體組成及養分蓄積之影響(試驗二)**

Table 12. Body composition and nutrient deposition of broilers under different ambient temperature and dietary P/S ratio (Experiment 2)

溫度 Temp.	**高溫** high T		**低溫** low T		**機差**	**顯著性** significance		
飼糧 *P/S*	*0.6*	*2.4*	*0.6*	*2.4*	*SE*	*T*	*D*	*T´D*
體組成 *Body composition*								
水分, % *Moisture*, %	*67.6*	*68.2*	*69.3*	*69.6*	*0.4*	*0.001*	*0.284*	*0.676*
蛋白質, % *Protein*, %	*16.3*	*15.9*	*16.5*	*16.7*	*0.2*	*0.038*	*0.606*	*0.233*
脂肪, % *Fat*, %	*13.3*	*12.9*	*10.7*	*10.2*	*0.3*	*0.001*	*0.156*	*0.853*
體能量,仟卡/公斤	*2111.8*	*2070.1*	*1959.1*	*1885.3*	*35.2*	*0.001*	*0.116*	*0.653*

Body energy, kacl/kg								
養分蓄積量 *Nutrient deposition*								
蛋白質，克/隻 *Protein, g/bird*	*83.1*	*86.2*	*105.1*	*95.5*	*3.8*	*0.005*	*0.526*	*0.219*
脂肪，克/隻 *Fat, g/bird*	*70.4*	*72.49*	*69.7*	*60.0*	*3.7*	*0.091*	*0.314*	*0.124*
能量蓄積,仟卡/隻 *Energy retention, kcal/ bird*	*1093.8*	*1137.2*	*1257.8*	*1090.4*	*62.0*	*0.356*	*0.329*	*0.104*

而提高飼糧 P/S **對雞隻體組成並無影響。**

在營養分蓄積方面，低溫下雞隻之蛋白質蓄積較高溫處理者高($P < 0.01$)**，對雞隻之脂肪及能量蓄積量則無影響；而提高飼糧** P/S **對雞隻蛋白質，脂肪及能量之蓄積皆無影響。**

在體組成及營養分蓄積方面，溫度與飼糧間皆無交互作用。

(三)營養分消化率

不同環境溫度下調整飼糧 P/S **對肉雞營養分消化率之影響，如表** 13 **所示。**

高溫處理降低雞隻對脂肪($P < 0.05$)及能量($P < 0.01$)之消化率，但對蛋白質之消化率並無影響。隨飼糧 P/S 增加，雞隻對脂肪，蛋白質及能量之消化率亦隨之提高($P < 0.01$)。

在營養分消化率方面，溫度與飼糧間皆無交互作用。

(四)能量代謝

不同環境溫度下調整飼糧 P/S 對肉雞能量代謝之影響，如表 14 所示。

高溫處理降低飼糧代謝能值 ($P < 0.01$)。而提高飼糧 P/S，提高飼糧代謝能值($P < 0.01$)。高溫處理降低雞隻之代謝能採食量，熱產生量及熱產生率($P < 0.01$)，提高能量蓄積率($P < 0.01$)；對能量蓄積量則無影響。調整飼糧 P/S 對肉雞代謝能採食量，能量蓄積及熱產生皆無影響。

在能量代謝方面，溫度與飼糧間皆無交互作用。

表 13. 不同環境溫度下飼糧中 P/S 比對肉雞營養分消化率之影響(試驗二)

Table 13. Nutrient digestibility of broilers under different ambient temperature and dietary P/S ratio (Experiment 2)

溫度 Temp.	高溫 high T		低溫 low T		機差	顯著性 significance		
飼糧 *P/S*	*0.6*	*2.4*	*0.6*	*2.4*	*SE*	*T*	*D*	*T´D*
	%							
蛋白質 *Protein*	*51.8*	*57.5*	*49.6*	*56.9*	*1.1*	*0.194*	*0.001*	*0.464*
脂肪 *Fat*	*85.8*	*90.5*	*88.6*	*93.2*	*1.0*	*0.015*	*0.001*	*0.971*
能量 *Energy*	*72.2*	*75.1*	*74.3*	*76.1*	*0.4*	*0.001*	*0.001*	*0.196*

表 14. **不同環境溫度下飼糧中** P/S **比對肉雞能量代謝之影響(試驗二)**

Table 14. The effect of dietary P/S ratio on energy metabolism of broilers under different ambient temperature and dietary P/S ratio (Experiment 2)

溫度 Temp.	**高溫** high T		**低溫** low T		**機差**	**顯著性** significance		
飼糧 *P/S*	*0.6*	*2.4*	*0.6*	*2.4*	*SE*	*T*	*D*	*T´D*
飼糧代謝能,仟卡/公斤								
Metabolizable energy, kcal/kg	*3163.5*	*3261.9*	*3255.3*	*3307.7*	*17.1*	*0.001*	*0.001*	*0.192*
	仟卡/隻 kcal / bird							

代謝能採食量 [1] *ME intake*[1]	*2342.6*	*2418.6*	*3291.2*	*3016.9*	*105.3*	*0.001*	*0.358*	*0.112*
能量蓄積量 *Energy retention*	*1093.8*	*1137.2*	*1257.8*	*1090.4*	*61.95*	*0.356*	*0.329*	*0.104*
熱產生量 [2] *Heat production*[2]	*1248.8*	*1281.4*	*2033.4*	*1926.4*	*64.1*	*0.001*	*0.568*	*0.289*
	%							
能量蓄積率 [3] *Energy retention efficiency*[3]	*46.6*	*47.1*	*38.2*	*36.0*	*1.2*	*0.001*	*0.477*	*0.289*
熱產生率 [4] *Heat production rate*[4]	*53.4*	*52.9*	*61.8*	*64.0*	*1.2*	*0.001*	*0.477*	*0.289*

[1] **代謝能採食量**=**飼糧代謝能值**×**飼料採食量。**

[1] ME intake = ME × Feed intake.

[2] **熱產生量**=**代謝能採食量**–**能量蓄積量。**

[2] Heat production = ME intake – Energy retention.

[3] **能量蓄積率**=**能量蓄積量**/**代謝能採食量。**

[3] Energy retention efficiency = Energy retention / ME intake.

[4] **熱產生率**=**熱產生量**/**代謝能採食量。**

[4] Heat production rate = Heat production / ME intake.

討 論

一、環境溫度

雞隻屬恆溫動物(homeotherm)；**亦即在正常情況下，雞隻體溫皆恆定不變。為了維持體溫不變，恆溫動物之熱產生量必需與熱損失量相同，以免體溫上升或下降。**

當環境溫度下降時，雞隻首先藉由物理性調節來降低熱損失(並不增加熱產生)；此物理性調節包括，收縮體表血管

減少血流，降低呼吸速率，降低蒸發，改變姿勢及簇擁在一起等方式，減少散熱。當環境溫度繼續下降，物理性調節無法有效維持體溫時，便須進行化學性調節，以增加雞隻熱產生，來維持體溫。化學性調節包括，代謝速率之增加，以增加飼料及體組織營養分之異化代謝(catabolism)來增加產熱。此由物理性轉為化學性調節時之環境溫度，即為低臨界溫度(lower critical temperature; LCT)。當環境溫度繼續下降至化學性調節仍無法維持體溫時，雞隻便會失溫，甚至凍死。

當環境溫度升高時，同樣地，雞隻首先亦藉由物理性調節來調節體溫。不過，調節方式是與低環境溫度時相反，以增加散熱。當物理性調節無法充分降低體溫時，雞隻體溫上升，此時之環境溫度即為高臨界溫度(upper critical temperature; UCT)。雞隻體溫持續過高，便會導致死亡。

介於 LCT 及 UCT 間之溫度帶為適溫帶(thermoneutral zone)，此時雞隻之熱產生量最低，使得能量多用於生產；雞隻生產效率最高。在許多文獻中，肉雞之適溫帶的範圍並無完全一致的結果，因為雞隻之適溫帶受年齡，體重，餵飼方式(如任飼或限飼)，雞舍溼度及風速，個飼或群飼及墊料等甚多因素影響。其中在年齡方面，雞隻之適溫帶隨年齡增加而降低變窄(Freeman, 1976; Meltzer *et al*., 1982; Meltzer, 1983, Scheele, *et al*, 1987)。Meltzer(1983)以每週耗氧量與環境溫度作迴歸分析分別得出 1-21 日齡肉雞之 LCT 及 UCT 。Kuenzel and Kuenzel (1977)，Misson (1982)及 Nichelman *et al*.(1983)對雞隻之低臨界溫度亦有所報告。綜合以上研究結果製表如下：

日齡	LCT (℃)			UCT(℃)
0	35.0	–	–	37.0
7	32.0	32.0-35.0	28.0	35.0
14	29.5	29.5	26.7	33.0
21	27.5	26.5	26.5	31.5
資料來源	Meltzer (1983)	Kuenzel and Kuenzel (1977)	Misson (1982); Nichelman *et al*. (1983)	Meltzer (1983)

而本研究之溫度處理於兩個試驗如下：

日齡	試驗一		試驗二	
	適溫℃	高溫℃	低溫℃	高溫℃
0	33.0	37.0	28.0	38.0
7	31.2	36.8	26.2	37.8
14	29.1	35.4	24.1	36.4
21	27.0	33.0	22.0	34.0

根據 Meltzer(1983)**之結果，本研究試驗一適溫組溫度於** 0-3 **週皆低於或接近低臨界溫度，似乎位於適溫帶之外，但與** Kuenzel and Kuenzel (1977)**,** Misson (1982)**及** Nichelman *et al*.(1983)**之研究相較，則又應位於適溫帶範圍內。兩個試驗之高溫處理及試驗二之低溫處理溫度於各週均分別高於及低於文獻中之高及低臨界溫度。概括以上之比較，本試驗溫度設計應已達到使雞隻處於適宜或非適宜(熱緊迫及冷緊迫狀態)生長環境之試驗設計目的。**

(一)生長性能

試驗一及二中，高溫環境降低肉雞之飼料採食量及增重，尤其對 2~3 週齡及整期肉雞。試驗一高溫組 0~1 週雞隻的飼料採食量及增重與適溫組並無差異。但自 1~2 週開始，高溫環境下雞隻增重較少，2~3 週齡及整期雞隻之飼料採食量及增重皆較適溫組者低；而試驗二任何時期中，高溫處理雞隻之增重及飼料採食量皆低於低溫組者。因此由比較試驗溫度及雞隻之適溫帶之溫度，試驗一起始高溫為 37℃與適溫帶 UCT 相同，所以雞隻應尚未面臨熱緊迫，而之後的環境溫度皆高於 UCT，因此為維持體溫，降低熱產生量，雞隻增重及飼料採食量顯者降低；試驗二之高溫處理均高於 UCT，因此雞隻應是隨時處於熱緊迫狀態，增重及飼料採食量始終低於低溫組。高溫環境下，雞隻散熱以維持體溫恆定不易，而進食後熱產生量增加，加重排散體熱的壓力，因此降低飼糧之採食(Bennett *et al.*, 1990; Wiernusz and Teeter, 1993)。飼料採食量降低，各種營養分及能量的採食量隨之減少，而導致雞隻增重亦較低(Scheele, 1987, Yahav and Hurwitz, 1996)。

在飼料利用效率方面，因為處於熱緊迫下，雞隻增重及飼料採食量均降低，試驗一適溫組雞隻之飼料利用效率較高溫處理有較佳之趨勢(其中於 1~2 週齡達顯著水準，$P < 0.05$)。而試驗二中則是高溫處理雞隻之飼料利用效率較低溫組高。其原因可能在於試驗二低溫組之起始溫度比試驗一者低 5℃(28 vs. 33℃) (而試驗二高溫之起始溫度僅比試驗一者高 1℃；38 vs. 37℃)。使得試驗二之環境溫度相對的低於試驗一者。在低溫下，雖然雞隻之飼料採食量增加，但飼糧中大部分能量用於產熱以維持體溫，而非生長，因此增重程度

小於飼料採食量的增加，以致於飼料效率較高溫環境者差。Hurwitz *et al*. (1980) 研究亦發現，環境溫度 28℃時，4-8 週齡雞隻之飼料利用效率最高，高於或低於 28℃時飼料效率均降低，但低溫下雞隻之飼料利用效率下降幅度則大於高環境溫度者。

(二)體組成及營養分蓄積

試驗一之結果顯示，相較於適溫環境，高溫環境並不影響雞隻體組成以及脂肪及能量蓄積。而在適溫環境下，雞隻之蛋白質蓄積則較高($P < 0.05$)。試驗二中低環境溫度下，雞隻之蛋白質蓄積量($P < 0.01$)及體蛋白質($P < 0.05$)含量較高溫處理組者高，且高溫環境下，體脂肪含量顯著較高($P < 0.01$)；脂肪蓄積量則有增加之趨勢(P=0.091)。研究指出，熱環境下雞隻通常較肥(Chwalibog and Eggum, 1989; Ain Baziz *et al*., 1993)，體脂肪蓄積較高(Kleiber and Dougherty, 1934; Olson *et al*., 1972, Yunianto *et al*., 1997)；在人類，冷緊迫(5℃)則會促進體脂分解，提高脂肪及脂肪酸之代謝速率(Vallerand *et al*., 1999)。

Geraert *et al*. (1996b)發現在 32℃環境下 4 週齡雞隻飼養至 7 週齡，其胸肉含量較 22℃處理組者低；屠體皮下、肌肉間脂肪及腹脂含量皆高於 22℃組者。而 22℃對飼處理(pair-fed)雞隻之各部位脂肪含量則低於 22℃任飼及 32℃任飼者，他們認為高溫環境下雞隻代謝及身體活動量降低，較多的能量趨向於以脂肪形式蓄積。Husseiny and Creger (1980)及 Perrault and Leeson (1992)分別比較 22℃低溫對 32℃高溫及 15.5℃低溫對 23.9℃適溫對肉雞體能量蓄積之影響，結果

發現低溫下維持能量需求增加，低溫下能量優先用於維持體溫，而用於蓄積脂肪之能量減少，脂肪之蓄積量隨之降低，或者使蓄積的體脂肪轉變為維持體溫所須之能量。另外，Kubena (1972) 及 Husseiny and Creger (1980)之研究均指出，相較於 32℃環境溫度，雞隻於低溫環境下 (22℃)，體脂肪含量減少，而水分及蛋白質含量增加，此與試驗二中低溫下，雞隻體蛋白質及水分含量增加之結果相同。

而試驗一中，高溫處理組雞隻之蛋白質蓄積量較適溫組者低，但並無體脂肪含量或蓄積較高之現象，此可能與試驗溫度不同所致。試驗二之低高溫處理間之差異遠大於試驗一者。

(三)營養分消化率

在營養分消化率方面, 高溫環境降低雞隻對脂質(試驗一及二)及能量之消化率(試驗二)，對蛋白質消化率則無影響。Bonnet *et al*. (1997)指出，高溫環境 (32℃)下雞隻對蛋白質，脂質及能量之消化率降低，其原因可能是高溫下雞隻飲水量驟增，提高飼糧通過消化道速率而降低營養分的吸收，且長期性熱緊迫下，肉雞之消化道變小之緣故。Zuprizal *et al*. (1993)讓 4 週齡雞隻暴露於 21℃及 32℃環境溫度下至 6 週齡，32℃高溫環境降低雞隻對飼糧蛋白質及胺基酸之消化率，其原因可能是熱緊迫下，呼吸道及散熱快速部位之血流量增加，而流至消化系統之血流量減少(Wolfenson, 1986) ，尤其是前胃部分，因此降低蛋白質分解 之 作。但本試驗中環境溫度並不影響雞隻對蛋白質(試驗一及二)及能量之消化率(試驗一)。

(四)能量代謝

1.代謝能值

試驗一飼糧代謝能值不受環境溫度影響，而試驗二則是飼糧代謝能值隨環境溫度降低而增加。此不同之結果可由能量之消化率看出。試驗一中，環境溫度並不影響能量消化率，並且飼糧設計為含相等的總能，因此總能與消化率之乘積，即飼糧代謝能值，亦無差異。試驗二中雞隻之能量消化率於低溫環境較高, 因此飼糧代謝能值亦隨之提昇。Bonnet *et al.* (1997)發現，於 32 或 22°C環境溫度下，4~6 週肉雞在高溫環境下對蛋白質，脂質及醣類之消化率均降低，因此飼糧代謝能亦隨之降低。

2.熱產生

試驗結果中，雞隻之熱產生量皆隨環境溫度的提高而下降，此與許多文獻結果一致(Van Kampen , 1981; Chawlibog and Eggum, 1989; Chwalibog, 1990; Li *et al.*, 1992; Wiernusz and Teeter, 1996; Zhou *et al.*, 1997)。因為高溫下雞隻遭受熱緊迫，會盡量降低身體產熱以保持體溫，避免體溫的上升，所以代謝能採食量($P < 0.05$, 試驗一; $P < 0.01$, 試驗二)降低。試驗二高溫下雞隻之熱產生率較低($P < 0.01$)，但試驗一則無此結果。這可能是因為試驗二低溫組的環境溫度低於 LCT 許多，雞隻為維持體溫，避免體溫過低，因此代謝能採食量增加以提高身體產熱，因此與高溫處理相較，雞隻之熱產生率相對的較高。

二、飼糧 P/S

飼糧中多不飽和脂肪酸在體內趨向於氧化代謝產生能量；飽和脂肪酸在體內則趨向於形成體脂肪蓄積(Van Es, 1977; Beynen and Ketan, 1985)。

飼糧脂肪蓄積於體脂肪，為一較簡單之代謝過程，步驟少，而脂肪氧化代謝過程則步驟多(涉及β-氧化，TCA cycle 及電子傳送鏈)。因每一步驟生化反應皆產熱(因能量轉移非百分之百) 。在理論上使得趨向於脂肪氧化代謝之不飽和脂肪酸，較趨向於脂肪蓄積之飽和脂肪酸，具較高之產熱。因此, 提高飼糧 P/S 應會增加動物之熱產生。事實上, Mercer and Trayhurn (1987)及 Jones and Scheeler (1988)分別在小鼠及人類發現，不飽和度較高之植物油具較低之能量蓄積及較高之熱產生。另外, Shimomura *et al.* (1990)及 Takeuchi *et al*.(1995) 亦指出，不飽和度較高之紅花油，可提高大鼠脂肪之氧化代謝及熱產生。本實驗室亦發現，提高飼糧 P/S 提高 5-17 日齡間雞隻熱產生(試驗二)，但對 0–42 日齡間雞隻之熱產生量，則無影響(試驗一) (楊, 1992)。

(一)生長性能

Hulan *et al*.(1984)發現，與單獨使用雞油，豬油及牛脂等飽和程度高之油脂做比較，以菜籽油與豬油，牛脂等脂肪混合添加於飼糧中，肉雞有較佳之飼料利用效率，體重則無差異。而 Skylan and Ayal (1989)及 Olomu and Baracos(1991)的研究結果指出，飼糧中脂肪之飽和程度對 3~7 週齡肉雞之生長、飼料採食量及飼料利用效率並無影響。同樣的, Sanz *et al*. (1999)比較添加牛油，豬油及葵花油於飼糧中，發現飼糧中

脂肪飽和程度並不影響肉雞增重，飼料採食量及飼料利用效率。而本試驗中，餵飼高 P/S 飼糧提高 0~1($P < 0.01$, 試驗一及二)及 1~2 週齡($P < 0.01$, 試驗二)肉雞之飼料利用效率，但對整期肉雞之增重，飼料採食量及飼料利用效率並無影響。因餵飼 P/S 2.4 之飼糧而使 0~2 週齡雞隻之飼料利用效率較高的原因，可能是雛雞出生後 1 至 2 週期間，消化系統尚未發展完全(Carew *et al*., 1972)，雞隻對於飼糧中之不飽和脂肪酸吸收能力較好，且飼糧不飽和程度增加，能夠提高飼糧中飽和脂肪酸之吸收(楊, 1992; 陳, 1996; Gerrett and Young, 1975; Sibbald, 1978)，而在增重無差異下，雞隻飼料採食量降低，因此飼料利用效率較高。但 2 週齡後之雞隻消化系統已發展完全，對飽和脂肪酸或高飽和程度飼糧的消化吸收率已獲改善(Carew *et al*., 1972)，所以提高飼糧 P/S 對整期(0~3 週)肉雞之增重、飼料採食量及飼料利用效率並無影響。

(二)營養分消化率

高 P/S 飼糧提高肉雞對蛋白質，脂質(試驗一及二)及能量(試驗二)消化率。在脂質及能量消化率方面，是因為飼糧中脂肪不飽和程度的提高，促進多不飽和脂肪酸與飽和脂肪酸之間的協同作用，提高飽和脂肪酸的消化吸收(楊, 1992; 陳, 1996; Sibbald and Kramer, 1978; Ketels and Groote, 1989)，進而提高肉雞對飼糧中脂肪及能量之消化率。在蛋白質消化率方面，有報告指出仔牛在能進行反芻前，以不同比例的椰子油取代人工乳中添加的牛脂餵飼，仔牛對蛋白質之消化率隨添加比例的增加而提高。陳(1996)研究發現，飼糧中添加不飽和程度較高之大豆油使雞隻對蛋白質之消化率

較添加牛脂者高。本試驗中亦發現隨飼糧不飽和程度的提高，雞隻對蛋白質之消化率也較高。但文獻中缺乏單就不飽和脂肪酸提高蛋白質消化率之原因之探討，因此有關兩者間之關係及其原因則有待再探討。

(三)體組成及營養分蓄積

多不飽和脂肪酸在體內趨向於氧化代謝，飽和脂肪酸在體內趨向於形成體脂蓄積(Van Es, 1977; Beynen and Ketan, 1985)。理論上，提高飼糧中 P/S 應能降低肉雞之體脂蓄積，但許多研究結果並不一致。Sanz *et al*.(1999)研究飼糧中添加牛油，豬油或葵花油對肉雞腹脂及肌肉間脂肪含量之影響，其中以飽和程度較高之牛油處理雞隻之腹脂及肌肉間脂肪含量最高，葵花油處理組則為最低，飼糧中脂肪飽和程度對胸肉量則無影響。Shimomura *et al*.(1990)亦發現相較於牛油，不飽和程度高的紅花油降低小鼠體脂之蓄積。Takeuchi *et al.* (1995)亦指出，相較於牛脂，不飽和度較高之紅花油及亞麻仁油降低大鼠之體脂含量。不過，楊(1992)， Hulan *et al*.(1984)，Olomu and Baracos (1991)及 Pinchasov and Nir(1992)卻發現調整飼糧 P/S 對肉雞體組成並無影響，Zollitsch *et al*.(1997)比較不同飽和程度的動物油脂及蔬菜油，發現不同飽和程度之飼糧亦不影響肉雞胸及腿肉等部位之重量。本試驗結果顯示，餵飼高 P/S 飼糧降低試驗一肉雞之體脂肪含量及脂質蓄積，試驗二則無此結果，其間差異，無法解釋。其他如體水分、蛋白質、能量之含量及蓄積量則在試驗一及二中均不受飼糧 P/S 影響。

(四)能量代謝

1.代謝能值

因為脂肪本身之化學結構影響其於雞隻體內消化及吸收，因此不同脂肪之代謝能值並不相同(Freeman, 1984)。隨著不飽和程度之提高及游離脂肪酸含量的降低，脂肪之代謝能值增加(Wiseman and Salvador, 1991; Blanch *et al.*, 1995)。Garrett and Young (1975)，Sibbald and Kramer (1978)及 Ketels and Groote (1989)等人發現，將飽和程度較高之動物性脂肪與飽和程度較低之植物性脂肪，以不同比例混合添加於飼糧中，隨著植物性脂肪之添加，動物性脂肪在動物體內的代謝能值會呈曲線逐漸增加。因為飼糧中多不飽和脂肪酸與飽和脂肪酸之間有一協同作用(synergistic effect)，不飽和脂肪酸具有較佳之乳化能力，會促進飽和脂肪酸形成微膠粒，而促進動物對飽和脂肪酸的消化吸收(Ketels and Groote, 1989)。本試驗結果中，試驗二飼糧之代謝能值隨飼糧 P/S 的提高而增加，而試驗一則否。試驗一中，飼糧 P/S 對能量的消化率並無影響，並且飼糧設計為含相等之總能，因此總能與消化率之乘積，即飼糧代謝能值，亦無差異。試驗二中雞隻之能量消化率於高飼糧 P/S 組較高($P < 0.01$)，因此有較高之飼糧代謝能值。至於試驗一及二間，雞隻對能量消化率不同之原因不明。照理來說，試驗一中高 P/S 組雞隻對蛋白質及脂肪之消化率皆高於低 P/S 組雞隻者，理應具較高之能量消化率，唯實測之能量消化率，與低 P/S 組間確無差異。

2.熱產生

無論在試驗一及二，各環境溫度處理下，提高飼糧 P/S 並沒有如預期地，提高雞隻之熱產生。本試驗室先前亦利用相同方法(比較屠宰技術；Comparative slaughter technique)發現，提高飼糧 P/S，提高 5-17 日齡間雞隻熱產生(試驗二)；但對 0-42 日齡間雞隻之熱產生量則無影響(試驗一)(楊, 1992)。

在哺乳動物, Mercer and Trayhurn (1987)利用比較屠宰技術及以棕色脂肪組織產熱活力(thermogenic activity)作指標測得，不飽和度較高之植物油較不飽和度較低之牛油對小鼠具較高之熱產生。Shimomura *et al*. (1990)及 Takeuchi *et al*. (1995)利用比較屠宰技術及呼吸室法，分別在小鼠及大鼠亦得到相似之結果。另外，Jones and Scheeler(1988)在人類，亦有相似之發現。

不飽和脂肪酸除了因趨向於氧化代謝，而較飽和脂肪酸產熱較高(Van Es, 1977; Baynan *et al.* 1985)外，另一產熱較高之原因為，不飽和脂肪酸刺激棕色脂肪之交感神經(Takeuchi *et al*., 1995)，改變脂肪酸組成及其功能(Wahle, 1983)，或其中之亞麻油酸趨向於進入棕色脂肪組織，促進電子傳送鏈之未連結(uncoupling)作用(Locke *et al*.,1982ab)，而增加棕色脂肪組織之產熱。

唯雞隻體內並無棕色脂肪組織(Saarela *et al*., 1991), 但此點並無法解釋本試驗中高 P/S 飼糧並無法提高雞隻熱產生之原因，因如前所述，棕色脂肪之部分僅是不飽和脂肪酸提高熱產生之原因之一。

至於本試驗室所發現，提高飼糧 P/S，提高短期間(5-17 日齡)雞隻熱產生(試驗二；楊, 1992)，但對長期間(0-42 日

齡，試驗一；楊, 1992 及 0-21 日齡，本試驗)雞隻熱產生並無影響之原因，則不明。其中是否涉及雞隻適應之問題，亦即在短時間內不飽和脂肪酸可能確實提高雞隻產熱，但經一段時日後，雞隻為了維持體內能量及脂肪蓄積及脂肪酸組成之平衡，使不飽和脂肪酸不再趨向於氧化代謝而增加產熱。另一可能為不飽和脂肪酸仍繼續氧化代謝，但分攤(spare)其他營養分如胺基酸及碳水化合物之氧化代謝，而使總產熱並未增加(Macleod, 1997)。

雖然這些可能性在哺乳動物，如大鼠及小鼠中，並不存在，因無論長時間(比較屠宰技術)或短時間(呼吸室法)，在大鼠及小鼠均測得不飽和脂肪酸增加牠們的產熱(Mercer and Trayhurn, 1987; Shimomura *et al*., 1990, Takeuchi *et al*., 1995)。但亦無法確定其在鳥類如雞隻亦不存在，因其中可能涉及種別間之差異，體內棕色脂肪之有無導致其間產熱系統之不同，便是一例。

進一步以呼吸室法及比較屠宰技術測定，提高飼糧 P/S 是否短時間及(或)長時間地提高雞隻熱產生，便可闡明雞隻對不飽和脂肪酸代謝之適應問題是否存在。

三、環境溫度與飼糧 P/S 間之關係

幾乎所有的測定項目(試驗一中能量消化率除外)，環境溫度與飼糧 P/S 間皆無交互作用，此顯示飼糧 P/S 對雞隻生長性能，體組成能量蓄積及熱產生之影響，均不受環境溫度所影響，反之亦然。

在理論上，不飽和脂肪酸如果像在 5-17 日齡肉雞(楊, 1992)及小鼠(Mercer and Trayhurn, 1987)，大鼠

(Shimomura *et al*., 1990; Takeuchi, 1995)及人類 (Jones and Scheeler, 1988)一般，提高動物之熱產生，則在高環境溫度下，提高飼糧 P/S 應增加雞隻熱緊迫，不利於雞隻之生長性能；而在低環境溫度下，提高飼糧 P/S 應有利於雞隻體溫維持，有利於雞隻之生長性能。不過，本研究中兩個試驗，皆未發現提高飼糧 P/S 對雞隻熱產生有任何影響，使得無論在高溫或低溫下，提高飼糧 P/S 對肉雞生長性能皆無影響。

調整飼糧組成，提高動物產熱，使動物適應於不同環境溫度之觀念，在蛋白質，胺基酸或纖維方面，亦有所報告。Zhao *et al*. (1996)便指出，提高飼糧蛋白質在低溫下有利於大鼠之能量蓄積率，但在高溫下則否。Jørgensen *et al.* (1996)在豬隻亦發現，提高飼糧纖維含量，增加豬隻產熱，在高溫下, 比在低溫下有更不利於能量蓄積之趨勢。不過, 先前 Zhao *et al.* (1995)在大鼠並未發現類似之現象。而在雞隻，亦發現，提高飼糧蛋白質或胺基酸含量皆未提高雞隻之產熱(Garaert *et al*., 1990; Macleod *et al*., 1997)。此種不一致之結果是否又涉及種別間之差異，值得探討。

結　論

高溫環境降低肉雞增重、飼料採食量、代謝能採食量及熱產生量。不同環境溫度下，提高飼糧多不飽和/飽和脂肪酸比對雞隻熱產生量並無影響，因此，在高溫下對雞隻生長性能並無不利，在低溫下對雞隻生長性能亦不有利。

參考文獻

陳敏修。1996。卵磷脂隻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。碩士論文。東海大學畜產學研究所。

蕭珍珍。1995。飼糧中不飽和/飽和脂肪酸比對肉雞生長性能、體脂含量、肝中脂質合成相關質活性、能量代謝及脂肪酸消化率之影響。碩士論文。東海大學畜產學研究所。

楊明珠。1992。飼糧中多不飽和/飽和脂肪酸比對肉雞體脂含量及能

量代謝之影響。碩士論文。東海大學畜產學研究所。

Adams, R. L., F. N. Andrews, E. E. Gardiner, W. E. Fontaine, and C. W. Carrick. 1962. The effect of environmental temperature on the growth and nutrient requirement of the chicks. Poult. Sci. 41: 588-594.

Ain Baziz, H., P. A. Geraert, J. C. F. Padilha, and S. Guillaumin. 1996. Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. Poult. Sci. 75: 505-513.

Ait-Boulahsen, A., J. D. Garlich, and F. W. Edens. 1989. Effect of fasting and acute heat-stress on body temperature, blood acid-base and electrolyte status in chickens. Comp. Biochm. Physiol. 94: 683-687.

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis(14th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Austic, R. E.1985. Feeding poultry in hot and cold climates. In Yousef, M. K. (ed.) Stress Physiology in Livestock, Vol. 3, Poultry. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 123-136.

Barrot, H. G., and E. M. Pringle. 1949. The effect of temperature and humidity of environment during the first 18 days after hatch. J. Nutr. 37: 153-151.

Barrot, H. G., and E. M. Pringle. 1950. The effect of temperature of environment during the period from 18 to 32 days. J. Nutr. 41: 25-30.

Belay, T., K. E. Bartels, C. J. Wiernusz, and R. G. Teeter. 1993. A detailed colostomy procedure and its application to quantify water and nitrogen balance and urine contribution to thermobalance in broilers exposed to thermoneutral and heat-distressed environment. Poult. Sci. 72: 106-115.

Belay, T., and R. G. Teeter. 1993. Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. Poult. Sci. 72: 116-124.

Bennett, C. D., S. Leeson, and H. S. Bayley. 1990. Heat production of skip-a-day and daily fed broiler breeder pullets. Can. J. Anim. Sci. 70: 667-672.

Bensadoun , A., and I. P. Kompiang. 1979. Role of lipoprotein lipase in plasma triglyceride removal. Federation Proc. 38: 2622-2626.

Beynen, A. C., and M. B. Ketan. 1985. Why do polyunsaturated fatty acids lower serum cholesterol? Am. J. Clin. Nutr. 42: 560-563.

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.

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.

Bottje, W. C., and P. C. Harrison. 1985. The effect of tap water, carbonated water, sodium bicarbonate, and calcium chloride on blood acid-base balance in cockerels subjected to heat stress. Poult. Sci. 64: 107-113.

Bowen, S. J., K. W. Washburn, and T. M. Huston. 1984. Involvement of the thyroid gland in the response of the young chickens to heat stress. Poult. Sci. 63: 66-69.

Brake, J. T. 1987. Stress and Modern Poultry Management. N. C. State University, Raleigh, N. C., USA.

Brindley, D. N. 1984. Digestion, absorption and transport of fats: General principles. pp. 85-103 in: Fats in Animal Nutrition. J. Wiseman (Ed.) Butterworths, London, England.

Brody, T. 1994. Nutritional biochemistry. Academic Press, San Diego.

Cahaner, A., and F. R. Leestra. 1992. Effects of high temperature on

growth and efficiency of male and female broilers from lines selected for high weight gain, favorable feed conversion and high or low fat content. Poult. Sci. 71: 1237-1250.

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

Chopra, I. J., G. N. Chua Teco, J. F. Mead, T. S. Huang, A. Beredo, and D. H. Solomon. 1985. Evidence for an inhibitor of extrathyroidal conversion of thyroxine to 3,5,3' -triiodothyronine in sera of patients with nonthyroidal illnesses. J. Clin. Endocrinol. Metab. 60: 666-672.

Chwalibog, A. 1990. Heat production performance and body composition in chickens exposed to short-tem high temperatures. Archiv Fuer Geflugelkunde. 54: 167-172.

Chwalibog, A., and B. O. Eggum. 1989. Effect of temperature on performance, heat production, evaporative heat dissipation and body composition in chickens. Archiv Fur Geflugelkunde. 53: 179-184.

Clake, S. D., and J. Hembree. 1990. Inhibition of triiodothyronine's induction of rat liver lipogenic enzymes by dietary fat. J. Nutr. 120: 625-630.

Converse, C. A., and E. R. Skinner. 1992. Lipoprotein analysis: A Practical Approach. pp. 1-42. Oxford University Press, N. Y., USA.

Cooper, M. A., and K. W. Washburn. 1998. The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. Poult. Sci. 77: 237-242.

Darre, M. J., T. W. Odom, P. C. Harrison, and F. E. Staten. 1980. Time course of change in respiratory rate, blood pH, and blood PCO_2 of SCWL hens during heat stress. Poult. Sci. 59:1598-1606.

Daghir, N. J. 1995. Poultry Production in Hot Climates. Cambridge University Press, U. K.

Deaton, J.W., F. N. Reece, B. D. Lott, L. F. Kubena, and J. D. May. 1972.

The efficiency of cooling broilers in summer as measured by growth and feed utilization. Poult. Sci. 51: 69-71.

Deaton, J. W., F. N. Reece, J. L. McNaughton, and B. D. Lott. 1981. Effect of differing temperature cycles on egg shell quality and layer performance. Poult. Sci. 60: 733-737.

Deaton, J.W., F. N. Reece, and T. H. Vardamin. 1968. The effect of temperature and density of broiler performance. Poult. Sci. 47: 293-300.

Deaton, J. W., S . L. Braton, J. D. Simmons, and B. D. Lott. 1996. The effect of brooding temperature on broiler performance. Poult. Sci. 75: 1217-1220.

Donkoh A. 1989. Ambient temperature a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. International J. Biometeorology 33: 259-265.

Dvorin, A., Z. Zoref, S. Mokady, and Z. Nitsan. 1998. Nutritional aspects of hydro-genated and regular soybean oil added to diets of broiler chickens. Poult. Sci. 77: 820-825.

Eden, F. W. 1978. Adrenal cortical insufficiency in young chickens exposed to a high ambient temperature. Poult. Sci. 57:1746-1750.

Eden , F. W., and H. S. Siegel. 1975. Adrenal responses in high and low ACTH response lines of chicken acute heat stress. Gen. Comp. Endocrinol. 25: 64-73.

Epstein, F. H. 1989. The relationship of lifestyle to international trends in china. Int. J. Epidemiol. 18: S203-S209.

Fox, T.W. 1980. The effects of thiouracil and thyroxine on resistance to heat shock. Poult. Sci. 59: 2391-2396.

Frankel, A. I., J. W. Graber, and A. V. Nalbandov. 1967. Adrenal function in cockerels. Endocrinol. 80: 1010-1019.

Freeman, B. M. 1976. Thermoregulation in the young fowl(Gallus domesticus). Comp. Biochem. Physiol. 54: 141-144.

Freeman, C. P. 1984. The digestion, absorption and transport of fat-nonruminants. pp. 105-122 in: Fats in Animal Nutrition. J. Wiseman (Ed.) Butterworths, London, England.

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.

Geraert, P. A., J. C. F. Padilha, and S. Guillaumin. 1996a. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: biological and endocrinological variables. Br. J. Nutr. 75: 205-216.

Geraert, P. A., J. C. F. Padilha, and S. Guillaumin. 1996b. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: growth performance, body composition and energy retention. Br. J. Nutr. 75: 195-204.

Geraert, P. A., M. G. .Macleod, M. Larbier, and B. Leclercq. 1990. Nitrogen metabolism in genetically fat and lean chickens. Poult. Sci. 69: 1911-1921.

Gillen, C. M., R. Lee, G. W. Mack, C. W. Tomaselli, T. Nishiyasu, and E. R. Nadel. 1991. Plasma volume expansion in humans after a single intensive exercise protocol. J. Appl. Physiol. 71:1914-1920.

Have, H. G. M. ten, and C. W. Scheele. 1980. Maintenance requirements of young chicks in relation to ambient temperature and feed composition. In:C. A. Kan and P. C. M. Simons (Ed.). Proceedings of the 2nd European Symposium on Poultry Nutrition pp. 143-145. Spelderholt Institute for Poultry Research, Beekbergen, The Netherlands.

Heninger, R. W., W. S. Newcomer, and R. H. Trayhurn. 1960. The effect of elevated ambient temperature on the thyroxine secretion rates of chickens. Poult. Sci. 39: 1332-1337.

Henry, J. B. 1984. Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods (17th Ed.). pp. 180-203. W. B. Saunders Company, USA.

Hoffman, E., and C. S. Shaffner. 1950. Thyroid weight and function as influenced by environment temperature. Poult. Sci. 29: 365-376.

Howlider, M. A. R., and S. P. Rose, 1987. Temperature and the growth of broilers. World' s Poult. Sci. J. 43: 228-237.

Hulan, H. W., F. G. Proudfoot, and D. M. Nash. 1984. The effects of different dietary fat sources on general performance and carcass fatty acid composition of broiler chickens. Poult. Sci. 63: 324-332.

Hurwitz, S., A. Bar, M. Katz, D. Sklan, 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.

Hurwitz, S., M. Weiselberg, U. Eisner, I. Bartov, G. Riesenfeld, M. Sharvit, A. Niv, and S. Bornstein. 1980. The energy requirements and performance of growing chickens and turkey as affected by environmental temperature. Poult. Sci. 59:2290-2299.

Husseiny, O. E., and C. R. Creger. 1980. The effects of ambient temperature on carcass energy gain of chickens. Poult. Sci. 59: 2307-2311.

Huston T. M., and J. L. Carmon. 1962. The influence of high environmental temperature on thyroid size of domestic fowl. Poult. Sci. 41:175.

Joiner W. P., and T. M. Huston. 1957. The influence of high environmental temperature in immature domestic fowl. Poult. Sci. 36: 973-978.

Jone, M. D. 1998. Dietary fatty acids and the regulation of plasma low density lipoprotein and cholesterol concentration. J. Nutr. 128: 444S-448S.

Jones, P. J. H., and D. A. Scheeler. 1988. Polyunsaturated:saturated ratio of diet fat influences energy substrate utilization in the human. Metabolism 37: 145-151.

Jørgensen, H., X. Q. Zhao, and B. O. Eggum. 1996. The influence of dietary fibre and environmental temperature on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and degree of fermentation in the hind-gut and energy metabolism in pigs. Br. J. Nutr. 75: 365-378.

Ketels, E., and G. De 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.

Kleiber, M., and J. E. Dougherty. 1934. The influence of environmental temperature on the utilization of food energy in baby chicks. J. Gen. Physiol. 17: 701-726.

Koh, K., and M. G. Macleod. 1999a. Circadian variation in heat production and respiratory quotient in growing broilers at different food intakes and ambient temperatures. Br. Poult. Sci. 40: 353-356.

Koh, K., and M. G. Macleod. 1999b. Effect of ambient temperature on heat increment of feeding and energy retention in growing broilers maintained at different food intakes. Br. Poult. Sci. 40: 511-516.

Kohne, H. J., and J. E. Jones. 1975. Changes in plasma electrolytes, acid-base balance and other physiological parameters of adult female turkeys under conditions of acute hyperthermia. Poult. Sci. 54: 2034-2038.

Krogdahl, A. 1985. Development of intestinal bile salt concentration in chicks and poults. Poult. Sci. 64 (Suppl. 1): 130 (Abstr.).

Kubena, L. F., B. D. Lott, J. W. Deaton, F. N. Reece, and J. D. May. 1972. Body composition of chicks as influenced by environmental temperature and selected dietary factors. Poult. Sci. 51:517-522.

Kuenzel, J. K., and N. T. Kuenzel. 1977. Basal metabolic rate in growing chicks (*Gallus domesticus*). Poult. Sci. 56: 619-627.

Leestra, F. R., and A. Cahaner. 1992. Effects of low and high temperature on slaughter yield of broilers from lines selected for high weight gain, favorable feed conversion and high or low fat content. Poult. Sci. 71: 1994-2006.

Leveille, G. A., D. R. Romsos, Y. Y. Yeh, and E. K. Ohea. 1975. Lipid biosynthesis in the chick. A consideration of site of synthesis, influence of diet and possible regulatory mechanisms. Poult. Sci. 54: 1075-1093.

Li, Y., T. Ito, M. Nishibori, and S. Yamamoto. 1992. Effects of environmental temperature on heat production associated with food intake and on abdominal temperature in laying hens. Br. Poult. Sci. 33: 113-122.

Locke, R. M., E. Rail, and D. G. Nicholls. 1982a. The acute regulation mitochondrial proton conductance in calls and mitochondria from brown fat of cold-adapted and warm-adapted guinea pigs. Eur. J. Biochem. 129:381-387.

Locke, R. M., E. Rail, I. D. Scott, and D. G. Nicholls. 1982b. Fatty acids as acute regulators of the proton conductance of hamster brown-fat mitochondria. Eur. J. Biochem. 129: 373-380.

Macleod, M. G., S. G. Tullett, T. R. Jewitt. 1979. Effects of food intake regulation on the energy metabolism of hens and cockerels of a layer strain. Br. Poult. Sci. 20: 521-531.

Macleod, M. G. 1997. Effect of amino acid balance and energy:protein ratio on energy and nitrogen metabolism in male broiler chickens. Br. Poult. Sci. 38: 405-411.

Mahler, H. R., and E. H. Cordes. 1966. Biological Chemistry. pp. 508-511.Harper & Row, New York.

Marder, J., and Z. Arad. 1989. Panting and acid base regulation in heat stressed birds. Comp. Biochem. Physiol. 94: 395-400.

Mattson, F. H., and S. M. Grundy. 1989. Comparison of effects of dietary saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acid on plasma lipids and lipoproteins in man. J. Lipid Res. 26:194-202.

May, J. D. 1982. Effect of dietary thyroid hormone on survival time during heat stress. Poult. Sci. 61: 706-709.

May, J. D., J. W. Deaton, and S. L. Branton. 1987. Body temperature of acclimated broilers during exposure to high temperature. Poult. Sci. 66: 378-380.

McKee, J. S., P. C. Harrison, and G. L. Riskowski. 1997. Effects of supplemental ascorbic acid on the energy conversion of broiler chicks during heat stress and feed withdrawal. Poult. Sci. 76: 1278-1286.

Mead, J. F., R. B. Alfin-Slater, D. R. Howton, and G. Popjak. 1986. Lipids Chemistry, Biochemistry and Nutrition. Plenum Press. New York.

Meiri, U., M. Shochina, and M. Horowitz. 1991. Heat-acclimated hypohydrated rats: age-dependent vasomotor and plasma volume responses to heat stress. J. Therm. Biol. 16:241-247.

Meltzer, A. 1983. Thermoneutral zone and resting metabolic rate of broilers. Br. Poult. Sci. 24: 471-476.

Meltzer, A., G. Goodman, and J. Fistool. 1982. Thermoneutral zone and resting metabolic rate of growing white leghorn-type chickens. Br. Poult. Sci. 23: 383-391.

Mercer, S. W., and P. Trayhurn. 1987. Effect of high fat diets on energy balance and thermogenesis in brown adipose tissue of lean and genetically obese ob/ob mice. J. Nutr. 117: 2147-2153.

Misson, B. H. 1982. The thermoregulatory responses of fed and starved 1-week old chickens(Gallus domesticus). J. Therm. Biol. 7: 189-192

Mitchell, M. A., and A. J. Carlisle. 1992. The effects of chronic exposure

to elevated environmental temperature on intestinal morphology and nutrient absorption in the domestic fowl (Gallus domesticus). Comp. Biochem. Physiol. 101:137-142.

Mongin, P. E. 1968. Role of acid-base balance in the physiology of egg-shell formation. World' s Poult. Sci. J. 24: 200-230.

Moreng, R. E., and C. S. Shaffner. 1951. Lethal internal temperatures for the chicken, from fertile egg to mature birds. Poult. Sci. 30: 255-266.

Nichelmann, M., B. Hewald, and B. Grune. 1983. Thermoregulato-rische Wärmeproduktion bei Legehybriden-Beziehungen zwischen Lebensälter und Wärmeproduktion. Arch. Exper. Vet. Med., Leipzig 37:341-352.

Norum, K. R. 1992. Dietary fat and blood lipids. Nutr. Rev. 50: 30-37.

NRC. 1994. Nutrient Requirement of Poultry. National Academy Press, Washington, DC.

Olomu, J. M., and V. E. Baracos. 1991. Influence of dietary flaxseed oil on the performance of muscle protein deposition and fatty acid composition of broiler chicks. Poult. Sci. 70: 1403-1411.

Olson , D. W., M. L. Sunde, and H. R. Bird. 1972. The effect of temperature on ME determination and utilization by the growing chick. Poult. Sci. 51: 1915-1922.

Osbaldiston, C. W. 1968. The effect of air temperature on food consumption of chickens. Br. Vet. J. 124: 110-115

Parker, J. T., and M. A. Boone. 1971. Thermal stress effects on certain blood characteristics of adult male turkeys. Poult. Sci. 50: 1287-1295

Perrault, N., and S. Leeson. 1992. Effect of environmental temperature, dietary energy, and feeding level on growth and carcass composition of male broiler chickens to 35 days of age. Can. J. Anim. Sci. 72: 695-702.

Pinchasov, Y., and I. Nir. 1992. Effect of dietary polyunsaturated fatty acid concentration on performance fat deposition and carcass fatty acid composition in broiler chickens. Poult. Sci. 71: 1504-1512.

Richards, S. A. 1970. Physiology of thermal panting in birds. Annals of biology, Animal Biophy. 10:151-168.

Romijn, C. 1954. Development of heat regulation in chicks. 10th World' s Poultry Congress. Section papers: 181-184.

Saarela, S, JS. Keith, E. Hohtola, and P. Trayhurn. 1991. Is the "mammalian" brwon fat-specific mitochondrial uncoupling protein present in adipose tissues of birds? Comp. Biol. Physiol.- B: Comp. Biochem. 100: 45-49.

Sanz, M., A. Flores, P. Perez De 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. 1988. SAS User's Guide. Statistical Analysis Institute. Inc., Cary, NC.

Savory, C. J. 1986. Influence of ambient temperature on feeding activity parameters and digestive function in domestic fowls. Physiol. Behav. 38: 353-357.

Scheele, C. W., E. Decuypere, P. F. G. Vereijken, and F. J. G. Schreurs. 1992. Ascites in Broilers 2. Disturbances in the hormonal regulation of metabolic rate and fat metabolism. Poult. Sci. 71: 1971-1984.

Scheele, C. W.,W. Van Der Hel, M. W. A. Verstegen, and A. M. Henken. 1987.Climatic environment and energy metabolism in broilers. M. W. A. Verstegen, and A. M. Henken.(Eds.). Energy metabolism in farm animals. Martinus Nijhoff Publishers. ISBN 0-89838-974-7.

Senay, L. C., Jr. D. Mitchell, and C. H. Wyndham. 1976. Acclimatization in a hot, humid environment: body fluid adjustments. J. Appl. Physiol. 40: 786-796.

Shimomura, Y., T. Tamura, and M. Suzuki. 1990. Less body fat accumulation in rats fed a safflower oil diet than in rats fed a beef tallow diet. J. Nutr. 120: 1291-1296.

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.

Siegel, H. S., L. N. Drury, and W. C. Patterson. 1974. Blood parameters of broilers grown in plastic coops and on litter at two temperature. Poult. Sci. 53: 1016-1024

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.

Sklan D., A. Geva, P. Budowski, and S. Hurwitz. 1984. Intestinal absorption and plasma transport of lipids in chicks and rats. Comp. Biol. Physiol. A-Comp. Physiol. 78: 507-510.

Skyes, A. H., and A. R. A. Fataftah. 1986. Acclimatization of the fowls to intermittent acute heat stress. Br. Poult. Sci. 27: 289-300.

Skylan, 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.

Smith, M. O., and R. G. Teeter. 1987. Potassium balance of the 5-8 week-old broiler exposed to constant heat or cycling high temperature stress and the effect of supplemental potassium chloride on body weight gain and feed efficiency. Poult. Sci. 66: 487-492.

Sonaiya, E. B. 1989. Effects of environmental temperature, dietary energy, sex, and age on nitrogen and energy retention on the edible carcass of broilers. Br. Poult. Sci. 30: 735-745.

Stilborn, H. L., G. C. Harris, Jr., W. G. Battje, and P. W. Waldroup. 1988.

Ascorbic acid and acetylsalicylic acid (aspirin) in the diet of broilers maintained under heat stress conditions. Poult. Sci. 67: 1183-1187.

Stryer, L. 1988. Biochemistry (3rd Ed.). pp. 559-564. W. H. Freeman and Company, New York.

Suk, Y. O., and K. W. Washburn. 1995. Effects of environment on growth, efficiency of feed utilization, carcass fatness, and their association. Poult. Sci. 74: 285-296.

Sukhija, P. S., and D. L. Palmquist. 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feed stuffs and feces. J. Agric. Food Chem. 199:521-528.

Takeuchi, H., M. Tatsuhoro, K. Tokutama, Y. Shimomura, and M. Suzuki. 1995. Diet-induced thermogenesis is lower in rats fed a lard diet than in those fed a high oleic acid safflower oil diet, a safflower oil diet or a linseed oil diet. J. Nutr. 920-925.

Teeter, R. G., M. O. Smith, and C. J. Wiernusz. 1992. Research Note: Broiler acclimation to heat distress and feed intake effects on body temperature in birds exposed to thermoneutral and high ambient temperatures. Poult. Sci. 71: 1101-1104.

Teeter, R. G., M. O. Smith, F. N. Owens, and S. C. Arp. 1985. Chronic heat stress and respiratory alkalosis: Occurrence and treatment in broiler chicks. Poult. Sci. 64:1060-1064.

Vallerand, A. L., J. Zamecnik, P. J. H. Jones, and I. Jacobs. 1999. Cold stress increase lipolysis, FFA R-a and TG/FFA cycling in humans. Aviation Space Environ. Med. 70:42-50.

Van Der Hel, W., M. W. A. Verstegen, A. M. Henken, and H. A. Brandsma. 1991. The upper critical ambient temperature in neonatal chicks. Poult. Sci. 70: 1882-1887.

Van Es, A. J. H. 1977. The energetics of fat deposition during growth. Nutr. Metab. 21: 88-95.

Van Kampen, M. 1974. Physical factors affecting energy expenditure, In: Morris, T. R. & B. M. Freeman (Eds.). Energy Requirement of Poultry, pp. 47-59. Edinburgh, British Poultry Science Ltd.

Van Kampen, M. 1981. Water balance of colostomised and non-colostomised hens at different ambient temperature. Br. Poult. Sci. 22: 17-23.

Van Kampen, M., B. W. Mitchell, and Siegel. 1978. Influence of sudden temperature changes on oxygen consumption and heart rate in chickens in light and dark environment. J. Agric. Sci. Camb. 90: 605-609.

Wallis, I. R., and D. Balnave. 1984. The influence of environmental temperature, age, and sex on the digestibility of amino acids in growing broiler chickens. Br. Poult. Sci. 25: 401-407.

Wahle, K. W. J. 1983. Fatty acid modification and membrane lipids. Proc. Nutr. Soc. 42: 273-287.

Wekstein, D. R., and J. F. Zolman, 1970. Homeothermic development of young scaleless chicks. Br. Poult. Sci. 11: 399-402.

Whittow, G. C., P. D.Sturkie, and Jr. G. Stein. 1964. Cardiovascular changes associated with thermal polypnea in the chicken. Am. J. Physiol. 207: 1349-1354.

Wiernusz, C. J., and R. G. Teeter. 1993. Feeding effects on broiler thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. Poult. Sci. 72: 1917-1924

Wiernusz, C. J., and R. G. Teeter. 1996. Acclimation effects on fed and faster broiler thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure. Br. Poult. Sci. 37: 677-687.

Wiersinga, W. M., I. J. Chopra, and G. N. Chua Teco. 1988. Inhibition of nuclear T_3 binding by fatty acids. Metabolism 37: 996-1002.

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.

Williamson, R. A., B. H. Misson, and T. F. Davison. 1985. The effect of exposure to 40℃ on the heat production of broilers. Poult. Sci. 64: 574-581.

Wiseman, J., and F. Salvador. 1991. The influence of free fatty acid content and degree of saturation on the apparent metabolizable energy value of fats fed to broilers. Poult. Sci. 70: 573-582.

Wolfenson, D. 1986. The effects of acclimatization on blood flow and its distribution in normothermic and hyperthermic domestic fowl. Comp. Biochem. Physiol. 85: 739-742.

Yahav, S., A. Straschnow, I. Plavnik, and S. Hurwitz. 1997. Blood system response of chickens to changes in environmental temperature. Poult. Sci. 76: 627-633.

Yahav, S., and I. Plavnik. 1999. Effect of early-age thermal conditioning and food restriction on performance and thermotolerance of male broiler chickens. Br. Poult. Sci. 40: 120-126.

Yahav, S., and S. Hurwitz. 1996. Induction of thermotolerance in male broiler chickens by temperature conditioning at an early age. Poult. Sci. 75: 402-406.

Yousef, M. K. 1985. Stress Physiology in Livestock. Poultry. Vol. 3. Boca Raton, FL, CRC Press Inc.

Yunianto, V. D., K. Hayashi, S. Kaneda, A. Ohtsuka, and Y. Tomita. 1997. Effect of environmental temperature on muscle protein turnover and heat production in tube-fed broiler chickens. Br. J. Nutr. 77: 897-909.

Zhao, X., H. Jørgensen, and B. O. Eggum. 1995. The influence of dietary fibre on body composition, visceral organ weight , digestibility and energy balance in rats housed in different thermal environments. Br.

J. Nutr. 73: 687-699.

Zhao, X., H. Jørgensen, M. G. Vince, and B. O. Eggum. 1996. Energy metabolism and protein balance in growing rats housed in 18℃ or 28℃ environments and fed different levels of dietary protein. J. Nutr. 126: 2036-2043.

Zhou, W. T., M. Fujita, T. Ito, and S. Yamamoto. 1997. Effects of early heat exposure on thermoregulatory responses and blood viscosity of broilers prior to marketing. Br. Poult. Sci. 38: 301-306.

Zhou, W. T., M. Fujita, T. Ito, and S. Yamamoto. 1997. The relationships between abdominal temperature and some thermoregulatory responses in male broiler chickens. Asian Australasian J. Anim. Sci. 10: 652-656.

Zhou, W. T., and S. Yamamoto. 1997. Effects of environmental temperature and heat production due to food intake on abdominal temperature, shank skin temperature and respiration rate of broilers. Br. Poult. Sci. 38: 107-114.

Zollitsch, W., W. Knaus, F. Aichinger, and F. Lettner. 1997. Effects of different dietary fat sources on performance and carcass characteristics of broilers. Anim. Feed Sci. Tech. 66: 63-73.

Zuprizal, M. Larbier, A. M. Chagneau, and P. A. Geraert. 1993. Influence of ambient temperature on true digestibility of protein and amino acids of rapeseed and soybean meals in broilers. Poult. Sci. 72: 289-295.

The Effect of Dietary Polyunsaturated/Saturated Fatty Acid Ratio on Growth Performance and Energy Metabolism of Broiler at Varying Ambient Temperature

Hsiao-Yun Chen

Abstract

Two trials were conducted to investigate the influence of dietary polyunsaturated/ saturated fatty acid ratio (P/S) on growth performance and energy metabolism of broilers at varying ambient temperature. The procedures for two trials were the same except the temperature setup. In

each trial, 120 Arbor Arces 1-day old male chicks were allotted to 2 (P/S 0.6 or 2.4) × 2 [high or moderate temperature (trial 1); high or low temperature (trial 2)] factorial design with 6 replicates of 5 chicks each treatment. Chicks were reared in wire-floored metabolism cages in two temperature-controlled chambers, and were exposed to high ambient temperature (37 and 38℃ at the first day for trial 1 and 2, repectively, and decreased 0.2℃/ day) or moderate and low temperature (33 and 28℃ at the first day for trial 1 and 2, respectively, and decreased 0.3℃/ day), for 3 weeks. Chicks were fed ad libitum during the trial and body weight and feed intake were recorded weekly to determine the feed efficiency. Excreta were collected for the determination of digestibilities of energy and nutrients. At the end of each trial, chicks were sacrificed and their body composition were analyzed. Energy retention was measured by the comparative slaughter technique, heat production was calculated as the difference between metabolizable energy intake and body energy deposition.

The results showed that high ambient temperature decreased weight gain ($P < 0.01$) and feed intake ($P < 0.01$), improved gain/feed in trial 2 ($P < 0.01$) and decreased heat production rate in trial 2 ($P < 0.01$) of chicks during 0-3 weeks of age. Increasing dietary P/S did not affect the performance and heat production of chicks during 0-3 weeks of age. No ambient temperature × dietary P/S interaction among growth performance and heat production in chicks was observed.

In summary, increasing dietary P/S could not affect the heat production of chicks, therefore, it neither is detrimental to the growth of chicks under high ambient temperature nor is beneficial to the growth of chicks under low ambient temperature.

Key words: Broiler, P/S ratio, Growth performance, Heat production, Ambient temperature

小　傳

作者於民國 62 年 9 月 7 日出生，台灣省台北縣人。先後畢業於台北縣立國泰國小，新莊國中及台北市立景美女中。81 年考入東海大學畜產系，85 年畢業獲農學士學位，翌年考取東海大學畜產學研究所，師從　姜樹興博士研習禽畜營養迄今。

附錄 1.　脂肪酸甲基化之處理

參考文獻：Sukhija, P. S. and D. L. Palmquist. 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feed stuffs and feces. J. Agric. Food Chem.199:521-528.

原理：先將脂肪酸甲基化，以氣相色層分析儀分析飼糧、組織及血漿中之脂肪酸組成。

步驟： 1.**取適量之樣品放入試管中。**

2.**加入** 2mL benzene **及** 3mL **新鮮之** methionolic HCl (5%)**至試管中。**

3.**蓋緊後慢慢搖晃,而後置於** 70**℃下水浴** 2 **小時。**

4.**冷卻至室溫。**

5.**加入** 5mL 6% K_2CO_3**，而後再加入** 2mL benzene **使** pH **至中性，以避免填充管之填充物被破壞。**

6.**以** 312*g **離心** 5 **分鐘。**

7.**取上澄清液以** anhydrous sodium sulphate **及** activated charcoal **過濾，即得甲基化之脂肪酸樣品。**

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 mL10% manganese sulphate 加入 1L 85% phosphoric acid 溶液。
4.4.5% mL potassium bromate (w/v)。
5. calcium chloride solution(含鈣 4000ppm)。

步驟： 1.取 1g 樣品至入坩鍋中，以 600℃灰化 1.5 小時。
2.冷卻後，加入 3mL phosphoric acid-manganese sulphate solution 及 4mL potassium bromate solution。
3.蓋上錶玻璃後，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。