

行政院國家科學委員會補助
大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

* ***** *
* 計 畫 : 飼料中添加玉米酒粕對吳郭魚稚魚成長及體組成之影 *
* 名 稱 : 響 *
* ***** *

執行計畫學生： 蘇如裕
學生計畫編號： NSC 97-2815-C-041-003-B
研究期間： 97年07月01日至98年02月28日止，計8個月
指導教授： 林美芳

處理方式： 本計畫可公開查詢

執行單位： 嘉南藥理科技大學生活應用與保健系

中華民國 98年03月31日

行政院國家科學委員會補助

大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

* 計畫名稱： *
* 飼料中添加玉米酒粕對吳郭魚稚魚成長及體組成之影響 *
* *

執行計畫學生：蘇如裕

學生計畫編號：NSC 97-2815-C-041-004 -B

研究期間：97年7月1日至98年2月底止，計8個月

指導教授：林美芳助理教授

執行單位：嘉南藥理科技大學生活應用與保健系

中華民國九十八年三月三十一日

一、中英文摘要

中文摘要

本研究之目的為探討玉米酒粕對吳郭魚稚魚(*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)成長及體組成之影響。基礎飼料中蛋白質的添加量為吳郭魚蛋白質需求量之30%，添加蛋白質的方式為魚粉及黃豆粉以1：2比例混合作為蛋白質來源的基礎，再以玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量0%，8%，16%，24%，32%及40%，總共六組，每組三重複，分別餵予初重 $10.22 \pm 0.01\text{g}$ 之吳郭魚稚魚，於密閉式循環過濾系統中飼育六週。研究結果顯示：吳郭魚稚魚餵食玉米酒粕取代不同黃豆粉蛋白質含量的飼料六週後，魚體增重率以餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量16%組顯著($P < 0.05$)高於餵食0%、8%及40%組，其餘各組之間並無顯著差異；飼料效率、蛋白質效率及蛋白質獲得量與魚體增重率有相同的趨勢。魚隻肝體比以餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量8%顯著高於0%及40%組。魚體血液組成中之平均紅血球大小以餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量8%組顯著高於16%及32%組，其餘各血液指標並無顯著差異。此外，飼料中添加玉米酒粕對魚體組成並無顯著影響。結論：以魚體增重率與飼料中玉米酒粕取代不同黃豆粉蛋白質藉由拐點法(broken-line model)迴歸分析，達到魚體最佳成長的玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量為21.6%。

關鍵詞：玉米酒粕、吳郭魚、成長、體組成

Abstract

A growth trial was conducted to investigate effects of corn distiller's dried grain with soluble (DDGS) concentration on growth and body composition of juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*). Tilapia were fed 30% crude protein diets in which dietary protein was supplied by fish meal and soybean meal (ratios of fish meal protein to soybean meal protein were 1 : 2), and to have DDGS replacing soybean meal at 0%, 8%, 16%, 24%, 32% and 40% of soybean meal protein, respectively. Each diet was fed to triplicate group of tilapia (mean initial weight: 10.22 ± 0.01 g) in a recirculating rearing system for 6 weeks. Fish fed diet with DDGS replacing 16% soybean meal protein had significantly ($P < 0.05$) greater weight gain (WG) than fish fed diets with 0%, 8% and 40%. Feed efficiency (FE), protein efficiency ratio (PER), and protein gain of the fish had similar trend as the WG. Hepatosomatic index (HSI) was higher in fish fed diet with 8% than fish fed diets with 0% and 40%. Mean corpuscular volume (MCV) was higher in fish fed diet with 8% than fish fed diets with 16% and 32%, the other blood parameters was not different among the dietary groups. In addition no significant differences in whole body proximate composition. Conclusion: Weight gain analyzed by broken-line regression indicated that the optimum DDGS replacing soybean protein level for tilapia was 21.6%.

Keywords: Corn distiller's dried grain with soluble, tilapia, growth, body composition

二、緣由及目的

蛋白質包含魚體成長所需之必需胺基酸，是維持魚體成長、健康及生殖所需之必要營養素，吳郭魚之蛋白質需求量約在24-50%之間，其需求量受到魚種、魚體大小、蛋白質來源或其它環境因子的影響(Wilson, 1989)。餵食吳郭魚商業飼料的蛋白質來源一般都以魚粉為主，魚粉具有高營養價值及蛋白質含量，除含有魚類必需胺基酸、必需脂肪酸及消化性能量外，也具有豐富的礦物質及維生素，但是魚粉的經濟成本逐年增高(Tacon, 1993)，因此水產養殖業界無不積極尋找可取代魚粉蛋白質來源的原料，直至目前為止已有數十種動植物蛋白質來源被使用於取代飼料魚粉應用在魚類養殖上。

植物性蛋白質來源如黃豆粉(soybean meal, SBM)是價格便宜且品質優良之蛋白質來源，胺基酸除甲硫胺酸及離胺酸較為不足外，其餘組成尚為良好，雜食性吳郭魚養殖飼料使用的比例超過40%以上。近年來黃豆粉的成本逐漸增高，仍需找到低價且可取代黃豆粉蛋白質的物質來降低吳郭魚養殖的經濟成本。含可溶物乾燥玉米酒粕(Corn distiller's dried grain with soluble, DDGS)是以玉米為原料，為乾式輾磨生產燃料用酒精的共同產物(co-product)。近十年來，燃料用酒精產業在美國蓬勃發展，DDGS的供應量也不斷增加，直至2006年美國DDGS年產量已超過1000萬公噸(Shurson, 2006)，產量的遽增造成DDGS的市場價格相對低於其它飼料原料。酒粕所含主成分與釀酒原料相似，富含能量、蛋白質、脂肪、胺基酸、纖維、維生素B群和酒精等，此外還有豐富的磷、鉀等礦物質元素及戊糖、總糖等成分。Spiels等人的研究(2002)指出玉米酒粕的蛋白質含量為28-32%，脂質含量為8.8-12.5%，礦物磷的含量為0.42-0.99%，離胺酸的含量為0.61-1.06%。目前酒粕應用於水產動物魚類種類包含虹鱒(Cheng and Hardy, 2004)、鯰魚(Tidwell et al., 1990; Webster et al., 1991, 1992a, 1992b, 1993)、鯉魚(Kaur and Saxena, 2004)以及吳郭魚(Wu et al., 1994, 1996)。玉米酒粕是否可做為雜食性吳郭魚的蛋白質來源，仍需進一步研究。因此，本研究之目的在探討飼料中添加玉米酒粕對於吳郭魚稚魚成長及體組成

之影響。

三、文獻回顧

3.1 含可溶物乾燥玉米酒粕(Corn distiller's dried grain with soluble, DDGS)簡介

DDGS是以玉米為原料，用乾式輾磨生產燃料用酒精(fuel ethanol)的共同產物(co-product)。近十年來，燃料用酒精產業在美國蓬勃發展，DDGS的供應量也不斷的增加，直至2006年美國DDGS的年產量已經超過1000萬公噸(Shurson, 2006)，產量的遽增造成DDGS的市場價格相對的低於其它飼料原料。DDGS含有豐富的熱量、蛋白質、胺基酸和許多醱酵過程的代謝產物，另外磷及葉黃素的含量也相當豐富。Spiehs等人的研究(2002)指出玉米酒粕的蛋白質含量為28-32%，脂質含量為8.8-12.5%，礦物磷的含量為0.42-0.99%，離胺酸的含量為0.61-1.06%。

3.2 含可溶物乾燥玉米酒粕在陸地動物養殖之應用

DDGS對動物來說是一個很好的蛋白質來源，但應用於動物飼料仍舊受限於離胺酸的含量的影響。Powers等人(1995)指出乳牛食用乾燥過程中產生褐變的DDGS，其牛乳的產量較食用非褐變DDGS乳牛所產生的牛奶產量低，因此乾燥過程會影響DDGS的成分組成，造成DDGS中離胺酸的含量下降。品質良好的DDGS除含有豐富的蛋白質以外，亦含有高量的脂肪及纖維，其熱量含量高於一般玉米的10-15% (NRC, 2001)，可當作肉牛的能量來源，可取代玉米提供量的40%，並可獲得較多的蛋白質及磷酸。DDGS餵食肉牛後，能量獲得率為餵食一般乾燥玉米的21%(Ham et al., 1994)。Whitney等人(2001)餵食含有0%，10%，20%及30%之DDGS予豬，餵食含量0%及10%的DDGS可促進豬的成長，良好的飼料轉換率出現在餵食0%，10%及20%組。含有高磷的DDGS亦可當作豬的磷脂質來源，豬從DDGS獲得的磷的利用率可到達90% (Whitney, 2001)。DDGS對家禽類來說亦是一個很好的能量、胺基酸及礦物磷的來源，家禽類對DDGS中離胺酸的消化

率可到達83%，對磷的獲得率可到達68% (NRC, 1994)，DDGS的葉黃素也可增加雞蛋蛋黃的顏色。一般建議肉雞餵食DDGS的含量約10%，餵食生蛋的母雞約15%。

3.3 含可溶物乾燥玉米酒粕在水產魚類養殖之應用

目前DDGS應用於水產動物魚類包含虹鱒(Cheng and Hardy, 2004)、鯰魚(Tidwell et al., 1990; Webster et al., 1991, 1992a, 1992b, 1993)以及吳郭魚(Wu et al., 1996)。Wu等人(1996)指出當蛋白質含量為40%時，添加35%DDGS可使吳郭魚達到最大成長，以及良好的飼料轉換率及蛋白質效率。Webster等人(1993)發現固定8%的魚粉時，DDGS可取代30%黃豆粉及玉米粉的含量。固定蛋白質含量且在無離胺酸的額外添加之下，餵食鯰魚DDGS可取代35-40%黃豆粉及玉米粉的含量(Tidwell et al., 1990; Webster et al., 1991)，但提供DDGS達70%時會造成鯰魚產生離胺酸缺乏的傾向(Webster et al., 1991)。Webster等人(1992a)提供35%DDGS及35%-49%的DDGS，部份或全部取代飼料中的魚粉予鯰魚，結果發現餵食0%的魚粉、35%DDGS及49%的黃豆粉，對鯰魚的成長結果相似於餵食12%的魚粉及48%的黃豆粉。Webster等人(1992b)餵食90%的DDGS且未額外添加離胺酸比餵食55%DDGS會顯著降低鯰魚魚體蛋白質含量。餵食0%，10%，20%及30%的DDGS給鯰魚，各組對其魚體組成無顯著影響(Webster et al., 1993)。

3.4 吳郭魚之簡介

吳郭魚原產於非洲，屬慈鯛科(Cichlidae)，為目前熱帶及亞熱帶地區的重要養殖魚種之一，目前全世界養殖的吳郭魚超過 22 種。吳郭魚在世界養殖硬骨魚種中排名第三，僅次於鯉魚和鮭魚(El-Sayed,1999)。吳郭魚的成長快速，且可在蓄養環境下人工繁殖，對環境及疾病抵抗力強，其肉質鮮美，廣受消費者喜愛。在第二次世界大戰後，聯合國糧農組織(FAO)即全面推廣吳郭魚養殖，爾後一直有增無減，日前全球的吳郭魚產量已由1984年的186,544公噸增加至2,025,560公噸(FAO, 2005)，二十年來成長了11倍。吳郭魚為台灣的主要的經濟魚種之一，且為最具發展潛力的養殖魚種，台灣於民國51年大力推廣養殖吳郭魚至今已有四十餘年，台灣

養殖吳郭魚的年產量至民國 95 年為止達到 72,581 公噸(台灣漁業年報，2006)。

3.5 吳郭魚對不同蛋白質來源之利用率

蛋白質包含魚體成長所必需之胺基酸，是維持魚體成長、健康及生殖所需要的營養素。吳郭魚之蛋白質需求量約在 24-50%之間，其需求量受到魚種、魚體大小、蛋白質來源或其它環境因子的影響，吳郭魚所需的必需胺基酸共有十種，需求量的比例為其蛋白質需求量的 4.2%的 arginine，1.72%的 histidine，3.11%的 isoleucine，3.39%的 leucine，5.12%的 lysine，3.68%的 methionine，3.75%的 phenylalanine，3.75%的 threonine，1%的 tryptophan 及 2.8%的 valine (Santiago, C. B., Lovell, R.T., 1988)。餵食吳郭魚的商業飼料一般都以魚粉為主要蛋白質來源，但是魚粉的經濟成本高 (Tacon, 1993)，因此發展出數十種動、植物成分，應用於飼料中取代魚粉的含量作為蛋白質來源，其中包括動物性蛋白質來源如魚蛋白濃縮物及水解產物(protein concentrate and hydrolysates)、磷蝦粉(krill meal)及烏賊粉(squid meal)及陸上動物的副產物包括家禽副產粉(poultry by-product meal, PBM)、血粉(blood meal, BM)、水解羽毛粉(hydrolyzed feather meal, HFM)及肉骨粉(meat and bone meal, MBM)，能夠部分或全部取代飼料中的魚粉當作吳郭魚的蛋白質來源(El-Sayed, 1999)。植物性來源包含黃豆粉(soybean meal)、棉子粉(cottonseed meal)、花生粉(groundnuts meal)、向日葵粉(sunflower meal)、油菜籽粉(rapeseed meal)、芝麻籽粉(sesame meal)、水生植物(aquatic plants)、椰子乾(copra meal)、亞麻子(linseed meal)、浮萍(duckweed)、玉米麩粉(corn gluten feed)、樹薯葉粉(cassava leaf)、田菁仔粉(sesbania seeds)、棕櫚果核(palm kernel) (El-Sayed,1999)及含可溶物乾燥酒粕(distiller's dried grains with solubles, DDGS)(Lim et al., 2007)，魚類對於植物性蛋白質來源的利用率依照其可利用性、魚的接受度、加工過程及營養成分而定，不同的蛋白質來源因包含不同的蛋白質含量及不同必需胺基酸比例，因此會影響吳郭魚對其之利用。

四、研究方法及步驟

1. 實驗動物

本實驗所採用的魚種為雄性雜交吳郭魚稚魚(*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)，購自台南縣養殖戶，淡水飼育組之吳郭魚於方形塑膠桶中 (74 × 95 × 45 cm : W × L × H) 馴養一個月後進行實驗。篩選體型大小相近的魚體。魚苗馴養期間餵以商業飼料 (粗蛋白為 45%、粗脂肪為 5%、粗纖維為 10%)。

2. 飼料配製

淡水飼育吳郭魚之實驗飼料組成如 Table1 所示，依據 Shiau 和 Hsieh (2001) 吳郭魚飼料基礎配方。蛋白質來源為混合 1:2 的魚粉及黃豆粉作為蛋白質來源的基礎，再以玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量分別為 0%，8%，16%，24%，32%，40%，另在 32% 及 40% 組分別添加 0.25% 及 0.3% 的離胺酸，玉米酒粕、魚粉及黃豆粉之一般成分列於 Table2；碳水化合物來源為玉米澱粉(Corn starch; 美國 Sigma 公司); 油脂來源為玉米油(Corn oil; 台糖公司產品) 及魚油 (Fish oil; 美國 Sigma 公司); 礦物質 4%; 維生素 2%; 黏著劑為羧甲基纖維素鈉 (Nippon Paper Industry, Japan)。各組飼料均先以飼料攪拌機充分混合後，加入適量的水使之成糰狀，以戳簽方式擠壓成條狀飼料後，在室溫下風乾，以均質機打成適當顆粒大小，經不鏽鋼篩網過篩，選擇適合魚口徑大小之顆粒狀飼料，最後裝入深色塑膠袋中密封於-20°C 下凍藏備用，飼料一般成分分析如 Table 3 所示。

3. 飼養方法：

實驗開始時，先篩選體重大小相近的吳郭魚稚魚作為實驗用魚，並採隨機分組，飼養於密閉式雙重過濾循環系統的玻璃水缸 (25.5 × 59.1 × 35.5 cm : W × L × H) 內，水位高約 30 公分，每缸循環水量為 1.0~1.5 L/min，並於每缸放置一顆打氣石，以通風管連接鼓風機進行打氣，水溫控制在 28~30°C，並以定時器控制日光燈照射時間，每天光照 12 小時 (8:00~20:00) 且先餵食無蛋白飼料 2 週後，再進行實驗。每缸飼養 15 尾吳郭魚稚魚，

共六個實驗組，每組三重覆，共 18 缸，實驗為期六週；實驗期間每日餵食量為魚體濕重之 3%，每日分兩次 (9:00 及 17:00) 餵食，每兩週秤重一次，而其餵食量也隨之調整。

Table1. Composition of the experimental diets (%)

DDGS replace level	0%	8%	16%	24%	32%	40%
魚粉 (Fish meal)	15	15	15	15	15	15
黃豆粉 (Soybean meal)	43.6	40.2	36.7	33.2	29.7	26.2
酒粕 (DDGS)	0	6.5	13.0	19.5	26.0	32.5
玉米粉 (Corn starch)	15	15	15	15	15	15
羧甲基纖維素 (Carboxymethylcellulose)	2	2	2	2	2	2
玉米油 (Corm oil)	7	6.2	5.3	4.5	3.7	2.8
魚油 (Fish oil)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
維生素混合物 (Vitamin mixture)	2	2	2	2	2	2
礦物質混合物 (Mineral mixture)	4	4	4	4	4	4
纖維素 (cellulose)	7.6	5.3	3.2	1.0	0	0
離胺酸 (Lysine)	0	0	0	0	0.25	0.3
三氧化二鉻 (Cr ₂ O ₃)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Total	100	100	100	100	105.95	108.1

¹Vitamin mixture supplied the following (per g mixture) : Thiamin hydrochloride, 5 mg ; Riboflavin, 5 mg ; Calcium pantothenate (Pantothenic acid), 10 mg ; Nicotinic acid, 6.05 mg ; Biotin, 0.003mg ; Pyridoxine hydrochloride, 0.825 mg ; Inositol, 200 mg ; Folic acid, 1.5 mg ; L-ascorbyl-2-monophosphate-Mg, 2.025 mg ; Choline chloride, 44 mg ; Menadione, 4 mg ; α -tocopherol acetate, 40 mg ; Para-aminobenzoic acid, 5 mg ; Retinol acetate(Retinyl palmitate), 0.4 mg ; Cholecaliferol, 0.0004685 mg. All ingredients were diluted with α -cellulose to 1g.

²Mineral mixture supplied the following (per g mixture) : FeC₆H₅O₇.nH₂O, 29.7 mg ; Calcium biphosphate, 135.8 mg ; Calcium lactate, 327 mg ; KH₂PO₄, 239.8 mg ; NaH₂PO₄, 87.2 mg ; NaCl, 43.5 mg ; AlCl₃.6H₂O, 0.15 mg ; KI, 0.15 mg ; CuCl₂.2H₂O, 0.1 mg ; MnSO₄.H₂O, 0.8 mg ; CoCl₂.6H₂O, 1 mg ; ZnSO₄.7H₂O, 3 mg. All ingredients were diluted with α -cellulose to 1g.

Table2. Proximate composition of ingredients used in feed formulations on dry matter basis

Parameter	DDGS	Soybean meal	Fish meal
Moisture	10.0%	10.2%	5.55%
Ash	4.8%	5.7%	15.8%
Crude protein	24.2%	43.1%	64.7%
Crude fat	14.5%	2.5%	9.6%

Table3. Proximate analysis of experimental diets (%)

Replace level (%)	Moisture (%)	Ash (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	NFE (%)
0	9	9	30	13	39
8	9	9	30	13	39
16	9	9	30	12	40
24	10	9	30	12	30
32	10	9	30	12	39
40	10	9	30	12	39

*NFE : nitrogen free extract = $100 - (\text{crude protein} + \text{fat} + \text{ash} + \text{crude fiber} + \text{moisture})$

4. 分析項目

4.1 一般成份分析

依據 A.O.A.C (2000)方法，包括飼料之水份、灰份、粗蛋白及粗脂肪之測定。

水分測定：

依 A.O.A.C (1995)方法，取待測物 1~1.5 g 放入已達恆重之坩堝中，放入 105°C 恆溫乾燥箱中，每小時取出放入乾燥器中冷卻三十分鐘後稱重，直至恆重為止。

計算公式 (Equation)：

$$\text{水份(\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100$$

W_0 ：坩堝恆重量 (g)

W_1 ：坩堝重 + 樣本重量 (g)

W_2 ： W_1 乾燥至恆重之重量 (g)

灰份測定：

取樣品 1~1.5 g 放入已達恆重之坩堝中，置入 550°C 之灰化爐中，灰化六小時以上，取出放入乾燥器中冷卻後稱重，直至達恆重為止。

計算公式 (Equation)：

$$\text{灰份(\%)} = \frac{W_1 - W_2}{S} \times 100$$

W_0 ：坩堝恆重量 (g)

W_1 ：坩堝重 + 樣本重量 (g)

S ：樣品重量 (g)

粗蛋白測定：

粗蛋白依 Micro-Kjeldahl (A.O.A.C., 1995)方法。取樣品約 0.5 g，加觸媒 3 g ($K_2SO_4 : CuSO_4 \cdot 5H_2O = 9 : 1$)，加 15 ml 濃硫酸於分解管中，置於蛋白分解爐(Digestion System6,1007 Digester)中加熱(380~400 °C)分解約 3 小時至淡色澄清狀，取出冷卻後，加 70 ml 純水及 15 ml 35% 氫氧化鈉，以 20 ml 之 4 % 硼酸及 2 滴甲基紅指示劑(Mischindicator 5, Merck) 收集 5 分鐘呈淺綠色後，以 0.1 N 硫酸滴定至淡粉紅色，紀錄滴定之毫升數，即利用公式換算得知蛋白質含量。

計算公式 (Equation)：

$$\text{粗蛋白}(\%) = \frac{(b-a) \times 0.1 \times 14.007 \times 6.25}{S \times 1000} \times 100$$

a：對照組滴定毫升數 (空白試劑)

b：樣品滴定毫升數

S：樣品重量 (g)

粗脂肪測定：

取 3 g 待測物，用濾紙包好置入圓筒濾紙中，以脂肪抽出器 (SPC Extraction Apparatus, Soxhlet) 用乙醚於 45°C 迴流 16 小時以上進行萃取，然後取出受瓶乾燥至恆重為止。

計算公式 (Equation)：

$$\text{粗脂肪}(\%) = \frac{W_1 - W_0}{S} \times 100$$

W_0 ：受瓶恆重量 (g)

W_1 ：脂肪萃取後之受瓶恆重量 (g)

S：待測物之重量 (g)

無氮萃取物 (Nitrogen-free extract, NFE) :

$$NFE(\%) = 100 - \text{水份}(\%) - \text{灰份}(\%) - \text{粗脂肪}(\%) - \text{粗蛋白}(\%)$$

4.2 增重率 (Weight gain)

實驗結束後，魚體體重增加量除以初重，再乘以 100。

計算公式 (Equation) :

$$\text{Weight gain}(\%) = \frac{\text{final body weight}(g) - \text{initial body weight}(g)}{\text{initial body weight}(g)} \times 100$$

4.3 存活率 (Survival) :

實驗結束時，吳郭魚所存活之尾數佔實驗開始之尾數的百分比。

計算公式 (Equation) :

$$\text{Survival}(\%) = \frac{\text{final number of fish}}{\text{initial number of fish}} \times 100$$

4.4 飼料效率 (Feed efficiency, FE) :

實驗期間，吳郭魚每攝食 1 g 飼料所增加之體重。

計算公式 (Equation) :

$$FE = \frac{\text{final body weight}(g) - \text{initial body weight}(g)}{\text{feed intake}(g)} \times 100$$

4.5 蛋白質利用率 (Protein efficiency ratio, PER)

實驗期間，吳郭魚每攝取 1g 蛋白質，所增加之魚體重量(g)。

計算公式 (Equation) :

$$PER = \frac{\text{final body weight}(g) - \text{initial body weight}(g)}{\text{protein intake}(g)} \times 100$$

4.6 肝體比(Hepatosomatic index , HSI)

實驗結束後，吳郭魚之肝臟重量佔體重之百分比。

計算公式 (Equation)：

$$HSI = \frac{\text{liver weight}(g)}{\text{body weight}(g)} \times 100$$

4.7 蛋白質蓄積率(Protein deposition , PD)

實驗期間，吳郭魚每攝取 1g 飼料，所增加之魚體蛋白質含量(%)。

計算公式 (Equation)：

$$PD = \frac{\text{final body protein}(g) - \text{initial body protein}(g)}{\text{feed intake}(g)} \times 100$$

4.8 脂肪蓄積率(Lipid deposition , LD)

實驗期間，吳郭魚每攝取 1g 飼料，所增加之魚體脂肪含量(%)。

計算公式 (Equation)：

$$LD = \frac{\text{final body lipid}(g) - \text{initial body lipid}(g)}{\text{feed intake}(g)} \times 100$$

4.9 蛋白質獲得量(Protein gain)

實驗期間，吳郭魚餵食八週後魚體之蛋白質獲得量(g)。

計算公式 (Equation)：

$$\text{Protein gain} = \text{final body protein}(g) - \text{initial body protein}(g)$$

4.10 脂質獲得量(Lipid gain)

實驗期間，吳郭魚餵食八週後魚體之脂質獲得量(g)

計算公式 (Equation)：

$$\text{Lipid gain} = \text{final body lipid}(g) - \text{initial body lipid}(g)$$

4.11 肝臟蛋白質測定

測定方法依據 micro-kjeldahl (A.O.A.C., 1995)

4.11 統計分析

實驗數據利用 SAS/PC 軟體(SAS/PC version , SAS Institute , Cary , CA , USA) , 經過單因子變異係數分析(one-way analysis of variance , ANOVA) , 測定各試驗組是否有義異($P < 0.05$) , 若有顯著差異時, 再以鄧肯氏多變域測驗(Duncan's new multiple range test)做進一步分析(SAS/PC program)。

五、實驗結果

吳郭魚稚魚餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質不同含量的飼料六週後魚體增重率、飼料效率、蛋白質效率及存活率如 Table 4 所示。魚體增重率以餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量 16% 顯著高於餵食 0% 及 40% 組，其餘各組並無顯著差異。飼料效率、蛋白質效率與魚體增重率有相同的趨勢。魚體存活率各組的魚體存活率之間並無顯著差異。

蛋白質獲得量、脂肪獲得量、蛋白質蓄積率及脂肪蓄積率列於 Table 5。蛋白質獲得量以餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量 16% 顯著高於餵食 0% 及 40% 組，其餘各組並無顯著差異。脂肪獲得量、蛋白質蓄積率及脂肪蓄積率各組之間並無顯著差異。

餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質不同含量的飼料六週後，肝臟蛋白質含量及肝體比如 Table 6 所示。肝臟蛋白質含量各組之間並無顯著差異。魚隻肝體比以餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量 8% 顯著高於 0% 及 40% 組。

吳郭魚稚魚餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質不同含量的飼料六週後，其血液分析如 Table 7、Table 8 所示，包括紅血球(Red blood cell, RBC)、白血球(White blood cell, WBC)計數、血紅素濃度(Hemoglobin, HGB)、血比容含量(Hematocrit, HCT)、平均紅血球體積(Mean corpuscular volume, MCV)、平均紅血球血紅素含量(Mean corpuscular hemoglobin, MCH)及平均紅血球血紅素濃度(Mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC)。吳郭魚稚魚血液組成中之平均紅血球體積以餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量 8% 組顯著高於 16% 及 32% 組，其餘各血液指標並無顯著差異。

Table 9 為吳郭魚之魚體組成分析。餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質不同含量的飼料六週後對魚體組成並無顯著影響。

以魚體增重率與飼料中玉米酒粕取代不同黃豆粉蛋白質藉由拐點法(broken-line model)迴歸分析，達到魚體最佳成長的玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量為 21.6% (Fig1)。

Table4. Weight gain (WG), feed efficiency (FE), protein efficiency ratio (PER) and survival of tilapia fed diet containing different amounts of DDGS for 8 weeks¹

Replace level (%)	Weight gain (g)	FE	PER	Survival (%)
0	87.16±4.23 ^a	0.46±0.02 ^a	1.52±0.10 ^a	100.00±0.00
8	88.28±5.15 ^{ab}	0.46±0.02 ^a	1.53±0.09 ^a	100.00±0.00
16	100.66±3.63 ^d	0.52±0.01 ^c	1.76±0.04 ^c	100.00±0.00
24	99.59±5.38 ^{cd}	0.52±0.03 ^{bc}	1.71±0.06 ^{bc}	100.00±0.00
32	98.22±9.95 ^{bcd}	0.51±0.05 ^{abc}	1.71±0.14 ^{bc}	100.00±0.00
40	89.35±5.28 ^{abc}	0.47±0.02 ^{ab}	1.56±0.05 ^{ab}	100.00±0.00

¹Data are expressed as mean ± SD (n=3). Values in the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05)

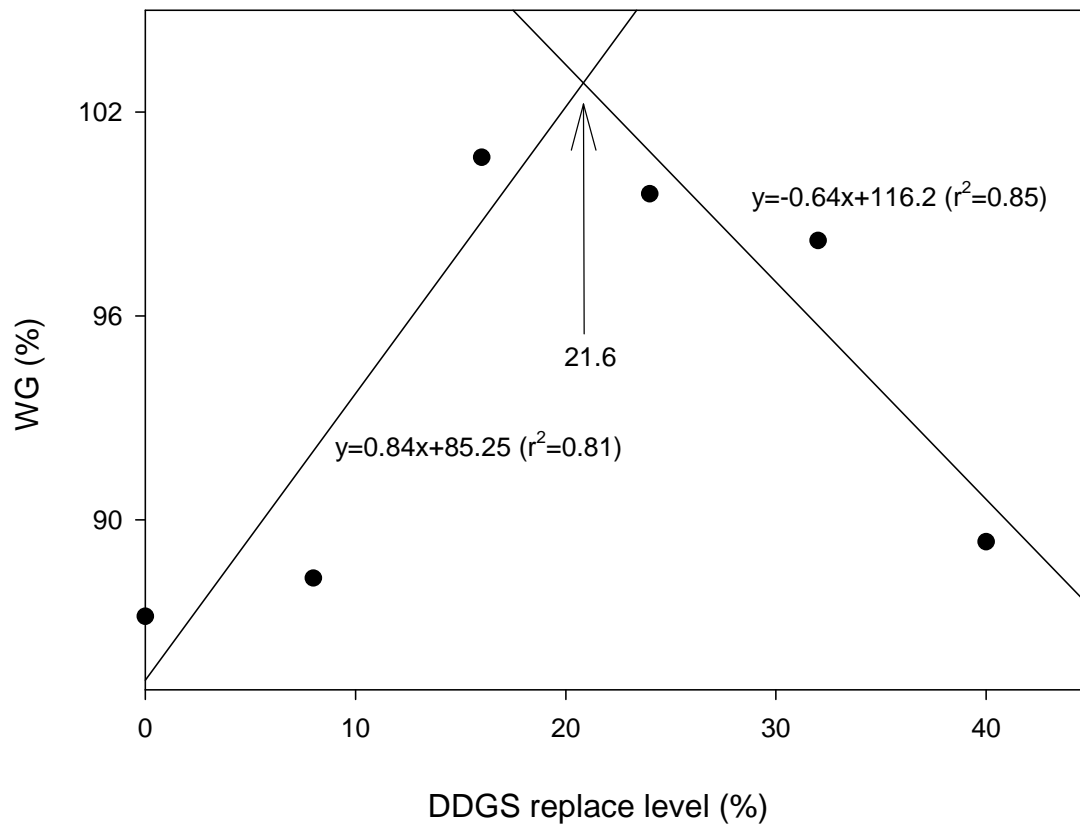


Fig1. Effect of the DDGS content of diet on weight gain in tilapia. The broke-line model that fit the percent weight gain has a breakpoint at 21.6% protein.

Table5. Protein gain, lipid gain, protein deposition and lipid deposition of tilapia fed diet containing different amounts of DDGS for 8 weeks¹

Replace level (%)	Protein gain (g)	Lipid gain (g)	Protein deposition (%)	Lipid deposition (%)
0	1.55±0.05 ^{ab}	1.45±0.11	0.22±0.06	1.68±0.20
8	1.49±0.13 ^a	1.56±0.22	0.22±0.08	1.71±0.29
16	1.80±0.00 ^c	1.61±0.30	0.25±0.06	1.68±0.48
24	1.70±0.11 ^{bc}	1.61±0.25	0.17±0.03	1.72±0.37
32	1.71±0.06 ^{bc}	1.43±0.18	0.20±0.10	1.43±0.14
40	1.57±0.15 ^{ab}	1.62±0.08	0.21±0.05	2.11±0.43

¹Data are expressed as mean ± SD (n=3). Values in the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05)

Table6. Liver protein and hepatosomatic index (HSI) of tilapia fed diet containing different amounts of DDGS for 8 weeks¹

Replace level (%)	Liver protein (%)	HSI
0	11.75±0.35	1.90±0.21 ^a
8	10.94±0.28	2.48±0.13 ^b
16	10.98±0.79	2.09±0.16 ^{ab}
24	10.70±0.29	2.09±0.40 ^{ab}
32	11.42±0.28	2.19±0.23 ^{ab}
40	11.11±0.75	1.92±0.32 ^a

¹Data are expressed as mean ± SD (n=3). Values in the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05)

Table7. White blood cell (WBC), red blood cell (RBC) and hemoglobin (HGB) of tilapia fed diet containing different amounts of DDGS for 8 weeks ¹

Replace level (%)	WBC ($10^3/\mu 1$)	RBC ($10^6/\mu 1$)	HGB (g/dl)
0	105.70±8.50	1.55±0.29	5.60±1.20
8	112.93±16.27	1.45±0.20	5.50±0.70
16	109.53±13.63	1.28±0.12	5.00±0.40
24	117.00±7.27	1.40±0.24	5.40±0.70
32	118.97±33.05	1.51±0.66	5.90±2.00
40	131.40±13.05	1.64±0.22	6.10±0.60

¹Data are expressed as mean ± SD (n=3). Values in the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05)

Table8. Hematocrit (HCT), mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin (MCH) and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) of tilapia fed diet containing different amounts of DDGS for 8 weeks¹

Replace level (%)	HCT (%)	MCV (fl)	MCH (pg)	MCHC (g/dl)
0	24.50±4.90	157.20±2.80 ^{ab}	36.10±2.10	23.00±1.00
8	24.30±3.30	167.70±2.40 ^b	38.20±1.20	22.80±0.50
16	19.10±0.70	149.70±10.30 ^a	38.70±0.80	25.90±1.40
24	24.90±1.50	159.60±4.90 ^{ab}	39.10±2.20	24.60±2.10
32	23.50±12.20	151.20±12.10 ^a	40.20±6.70	26.90±6.30
40	26.30±5.10	158.70±10.70 ^{ab}	37.40±1.50	23.70±2.50

¹Data are expressed as mean ± SD (n=3). Values in the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05)

Table9. Body composition of tilapia fed diet containing different amounts of DDGS for 8 weeks¹

Replace level (%)	Moisture (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Ash (%)	NFE (%)
0	66.5±1.0	15.9±0.4	11.5±0.4	4.1±0.6	2.0±1.5
8	65.6±1.5	15.5±0.7	12.0±0.8	4.1±0.3	2.8±1.4
16	66.6±1.3	16.0±0.3	11.5±1.4	3.8±0.7	2.0±1.8
24	66.7±0.5	15.6±0.2	11.6±1.0	3.9±0.6	2.2±1.5
32	66.3±0.8	15.8±0.5	11.0±0.4	4.0±0.3	3.2±0.8
40	65.6±0.8	15.8±0.3	12.3±0.7	3.8±0.3	2.5±0.8

¹Data are expressed as mean ± SD (n=3). Values in the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05)

*NFE : nitrogen free extract = 100 – (crude protein + fat + ash + crude fiber + moisture)

六、討論

吳郭魚稚魚餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質不同含量的飼料六週後魚體增重率、飼料效率、蛋白質效率及存活率如Table 4 所示。魚體增重率以餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量16%顯著高於餵食0%及40%組，其餘各組並無顯著差異。飼料效率、蛋白質效率與魚體增重率有相同的趨勢。本研究中以魚體增重率與飼料中玉米酒粕取代不同黃豆粉蛋白質藉由拐點法(broken-line model) 迴歸分析，達到魚體最佳成長的玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量為21.6% (Fig1)。

Wu等人(1996)指出當蛋白質含量為40%時，添加35%DDGS可使吳郭魚達到最大成長，以及良好的飼料轉換率及蛋白質效率。Webster等人(1993)發現固定8%的魚粉時，DDGS可取代30%黃豆粉及玉米粉的含量。固定蛋白質含量且在無離胺酸的額外添加之下，餵食鱈魚DDGS可取代35-40%黃豆粉及玉米粉的含量(Tidwell et al., 1990；Webster et al., 1991)。Webster等人(1992a)提供35%DDGS及35%-49%的DDGS，部份或全部取代飼料中的魚粉予鱈魚，結果發現餵食0%的魚粉、35%DDGS及49%的黃豆粉，對鱈魚的成長結果相似於餵食12%的魚粉及48%的黃豆粉。由以上研究顯示玉米酒粕可以取代黃豆粉的添加量，本研究也證實有此效果。

蛋白質獲得量、脂肪獲得量、蛋白質蓄積率及脂肪蓄積率列於 Table 5。蛋白質獲得量以餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量 16%顯著高於餵食 0%及 40%組，其餘各組並無顯著差異。脂肪獲得量、蛋白質蓄積率及脂肪蓄積率各組之間並無顯著差異，肝臟蛋白質含量亦顯示相同結果。魚隻肝體比則以餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量 8%顯著高於 0%及 40%組。

吳郭魚稚魚血液組成中之平均紅血球體積以餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質含量8%組顯著高於16%及32%組，其餘各血液指標包括紅血球(Red blood cell, RBC)、白血球(White blood cell, WBC)計數、血紅素濃度(Hemoglobin, HGB)、血比容含量(Hematocrit, HCT)、平均紅血球體積(Mean corpuscular volume, MCV)、平均紅血球血紅素含量(Mean corpuscular

hemoglobin, MCH)及平均紅血球血紅素濃度(Mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC)。

餵食玉米酒粕取代黃豆粉蛋白質不同含量的飼料六週後對魚體組成並無顯著影響。Webster等人(1992b)餵食90%的DDGS且未額外添加離胺酸比餵食55%DDGS會顯著降低鯰魚魚體蛋白質含量。餵食0%, 10%, 20%及30%的DDGS給鯰魚，各組對其魚體組成無顯著影響(Webster et al., 1993)。

七、計畫成果自評

達成本研究計畫之預期目標。

八、參考文獻

A.O.A.C. 2000. Official methods of analysis, 16th Ed. Assoc Official Anal Chem. Washington, DC, USA.

Cheng Z. J. and R.W. Hardy. 2004. Nutritional value of diets containing distiller's dried grain with solubles for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of Applied Aquaculture 15:101-113.

El-Sayed, A.-F.M., 1999. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis spp.* Aquaculture 179, 149-168.

Floch, J., Lees, M. and Solane, G.M., 1957. Simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissue. J.Biol. Chem., 26:497-509.

Ham, G. A., R. A. Stock, T.J. Klopfenstein, E.M. Larson, D. H. Shain, and R. P. Huffman. 1994. Wet corn distiller byproducts compared with dried corn distillers grains with solubles as a source of protein and energy for ruminants. J. Anim. Sci. 72:3246-3257.

Kaur, V.I and Saxena, P. K. 2004. Incorporation of brewery waste in supplementary feed and its impact on growth in some carps. Bioresource technology, 91: 101-104.

Lim Chhorn, Julio C. Garcia, Mediha Yildirim-Aksoy, Phillip H. Klesius, Caraig A. Shoemaker and Joyce J. Evans., 2007. Growth response and resistance to *Streptococcus iniae* of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* feed diets containing distiller's dried grains with solubles. Journal of the World Aquaculture Society. 38, 231-237.

National Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry, 9th

- Revised Edition, National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Revised Edition, National Academy Press, Washington, DC.
- Powers, W.J., H.H. Van Horn, B. Harris, Jr., and C.J. Wilcox. 1995. Effects of variable sources of distillers dried grains plus solubles on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 78:388-396.
- Santiago, C. B., Lovell, R.T., 1988. Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. *Journal of Nutrition* 118, 1540-1546.
- Shiau, S.Y., Hsieh, J.F., 2001. Quantifying the dietary potassium requirement of juvenile hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). *Br. J. Nutr.* 85, 213-218.
- Shiau, S. Y. and Huang, S. C., 1989. Optimal dietary protein level for hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) reared in seawater. *Aquaculture*, 81:119-127.
- Shurson, J. 2006. The value and use of distillers grains by-products in livestock and poultry feed. [http://www.ddgs.umn.edu/more .htm](http://www.ddgs.umn.edu/more.htm).
- Spiehs, M.J., M.H. Whitney, and G.C. Shurson. 2002. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80:2639
- Tacon, A.G.J., 1993. Feed ingredients for warmwater fish. Fish meal and other processed feedstuffs, *FAO Fish. Circ. No. 856*, FAO, Rome, Italy, 64 pp.
- Tidwell J. H. and C. D. Webster. 1990. Evaluation of distillers grains with solubles in prepared channel catfish diets. *Transactions of Kentucky Academy of Science* 52:135-138.
- Webster C.J., J.H., Tidwell, and D.H. Yancey. 1991. Evaluation of distiller's grains with solubles as a protein source in diets for channel catfish. *Aquaculture* 96:179-190.

Webster C.J., J.H., Tidwell, L.S. Goodgame, J.A. Clark, and D.H. Yancey. 1992a. Use of soybean meal and distiller's grains with solubles as partial or total replacement of fish meal in diets of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture* 106:301-309.

Webster C.J., J.H., Tidwell, L.S. Goodgame, J.A. Clark, and D.H. Yancey. 1992b. Winter feeding and growth of channel catfish fed diets containing varying percentages of distiller's grains with solubles as a total replacement of fish meal. *Journal of Applied Aquaculture* 1:1-4.

Webster C.J., J.H., Tidwell, L.S. Goodgame, and P.B. Johnsen. 1993. Growth, body composition, and organoleptic evaluation of channel catfish fed diets containing different percentages of distiller's grain with solubles. *The Progressive Fish-Culturist* 55:95-100.

Wilson, R. P. 1989. Amino acids and proteins. Pages 111-151 in J. E. Halver, editor. *Fish Nutrition*, 2nd edition. Academic Press, San Diego, California.

Whitney, M.H., M.J. Spiehs, and G.C. Shurson. 2001. Availability of phosphorus in distiller's dried grains with solubles for growing swine. *J. Anim. Sci.* 79:108 (Suppl. 1).

Wu, Y.V., Rosati, R.R. and Brown, P., 1996. B, P., 1996. B, Effect of diets containing various levels of protein and ethanol co-products from corn on growth of tilapia fry. *J. Agric. Food Chem*, 44(6), 1491-1493.

Food and Agriculture Organization, 2005. *Yearbooks of Fishery Statistics Summary tables, World aquaculture production by species groups.*

行政院農業委員會漁業署, 2006。中華民國台灣地區漁業年報九十五年版。