

國立臺灣大學生命科學院漁業科學研究所



碩士論文

Graduate Institute of Fisheries Science

College of Life Science

National Taiwan University

Master Thesis

飼料中添加狹葉羽扇豆粉取代玉米筋質粉

對菊池氏細鯽成長之影響

Effect of feed supplement with Lupin meal (*Lupinus angustifolius*) replacing Corn gluten meal on growth performance of Kikuchi minnow (*Aphyocypris kikuchii*)

吳佳穎

Chia-Ying Wu

指導教授：廖文亮 博士

Advisor: Wen-Liang Liao, Ph.D.

中華民國 104 年 1 月

January, 2015

誌謝



能夠順利完成這篇論文，我要特別感謝我的指導教授廖文亮老師，以豐富的學養及無比的耐心引領我邁向最終目標；也感謝實驗室每一位成員旻哲、庭彰、惟寧、信輔及學弟們給我的支持與鼓勵，因為你們貼心的協助，讓我度過許多關卡；還要感謝學校的好夥伴佳穎、映慈、琬琳、資涵、靜瑜以及眾多同事、前輩們對我的體貼和關懷，無論是工作上的幫助或私底下戰友式的打氣，都是讓我能頂著黑眼圈撐過每一天的原因；也感謝好友安沛適時的陪伴及問候，總是在突如其來的陰雨天為我撐來一把傘，讓我能堅持到底；最後要感謝我的家人，你們的存在永遠是我心裡最堅強的支柱，感謝你們的體諒及包容，讓我能無後顧之憂的追尋夢想。

要感謝的人太多了，一路走來每個有緣人都是我的貴人，感謝你們，讓我在人生路上達成了重要的里程碑。



摘要

本實驗探討零魚粉飼料中以狹葉羽扇豆粉(Lupin meal ; LM)依不同比例取代玉米筋質粉(Corn gluten meal ; CGM)對菊池氏細鯽(*Aphyocypris kikuchii*)之成長、全魚體蛋白質含量(Crude protein content of whole body)、蛋白質效率(Protein efficiency rate, PER)及每百克魚體每日氮增加量(Daily N increase mg /100g body weight)之影響。成長因子檢測的項目包含增重率(Percent weight gain, WG)及飼料效率(Feed efficiency, FE)等項目。

實驗於飼料中添加 0%、5%、10%、15%、20%之羽扇豆粉取代等比例之玉米筋質粉，組成分別為 G1(控制組): CGM 20% + LM 0%、G2: CGM 15% + LM 5%、G3: CGM 10% + LM 10%、G4: CGM 5% + LM 15%、G5: CGM 0% + LM 20%。使用初始平均體重約 0.42g 之菊池氏細鯽，每組 15 隻三重複，餵養六周。

結果顯示，飼料中以 LM 取代 10%組之增重率為 38%、飼料效率為 23%，與 LM 取代 0%組之增重率 44%及飼料效率 26%無顯著差異。全魚體蛋白質含量則隨 LM 取代量增加而下降。蛋白質效率及每百克魚體每日氮增量在 LM 取代 0%組為 64.2%及 10.77 mg /100g body weight 與 LM 取代 10%組之 62.0%及 7.84 mg /100g body weight 無顯著差異，但當 LM 取代至 15%時則顯著下降。

結論，飼料中以狹葉羽扇豆粉取代玉米筋質粉對菊池氏細鯽成長的最適取代量為 10%。

關鍵字:菊池氏細鯽、狹葉羽扇豆粉、玉米筋質粉、蛋白質效率、每百克魚體每日氮增量

Abstract



This research evaluated the dietary effects of *Lupinus angustifolius* meal (LM) replacing corn gluten meal (CGM) on growth performance of Kikuchi minnow (*Aphyocypris kikuchii*). Kikuchi minnow (0.42 g) were fed for 6 weeks (42 days) on diets contained LM to substitute 0, 5, 10, 15 or 20% with CGM. Fishes were assigned randomly to 5 experimental tanks with different diets, and each diet was fed to triplicate groups of 15 fishes. The results showed there had no significant difference between the diets replaced with 0% LM and 10% LM on percent weight gain (WG): 44%, 38% and feed efficiency (FE): 26%, 23%. Protein content of whole fish body decreased with the higher replacement in diet by LM. Protein efficiency rate (PER) and daily N increase per hundred gram body weight (mg/100g b.w.) had no significant difference between diet replaced with 0% LM and 10% LM. However, WG, PER and daily N increase (mg/100g b.w.) were significant lower in diet replaced with 15% LM than 10% LM.

In conclusion, the proper level of replacing CGM with LM for Kikuchi minnow is 10%.

Keyword: Kikuchi minnow, *Lupinus angustifolius*, Corn gluten meal, PER, Daily N

increase per hundred gram body weight

目錄



誌謝	i
摘要	ii
Abstract	iii
表目錄	3
圖目錄	4
前言	5
壹、實驗魚種-菊池氏細鯽	5
一、分類地位	5
二、形態特徵	5
三、生殖特徵	6
四、棲所生態	6
五、漁業價值	6
六、生態威脅	6
七、養殖研究	7
貳、魚類對蛋白質的需求利用	7
一、淡水魚的蛋白質需求量	7
二、魚粉面臨短缺	8
三、取代性材料之特性及對魚隻生長之影響	8
四、玉米筋質粉	9
五、狹葉羽扇豆	10
六、研究目的	13
材料與方法	14
壹、飼料配製	14
一、各種單元飼料	14
二、配製方式	14
貳、實驗魚種及飼養方式	14
一、實驗魚種及設備	14
二、飼養方式	15
參、分析方法	15
一、粗蛋白分析	15
二、粗脂肪分析	16
三、水分分析	16
四、灰分分析	16



肆、數值分析	17
伍、統計方法	18
結果	19
壹、飼料分析	19
貳、成長結果	19
一、成長表現及活存狀況	19
二、全魚體組成分析	20
三、個體攝餌量、蛋白質效率、每百克魚體每日氮增加量	21
討論	22
壹、飼料配方	22
貳、成長效果	24
參、全魚體組成	25
一、全魚體粗蛋白	25
二、全魚體粗脂肪	26
三、全魚體水分及灰分	26
肆、個體攝餌量、蛋白質效率、每百克魚體每日氮增加量	27
一、平均個體攝餌量	27
二、蛋白質效率	27
三、每百克魚體每日氮增加量	28
結論	29
參考文獻	30
壹、中文部分	30
貳、英文部分	31
附錄:玉米筋質粉製造過程	47

表目錄



Table 1. Composition and proximate analysis of the experimental diets for Kikuchi minnow (%).	36
Table 2. Growth performance and survival rate of Kikuchi minnow fed with the experimental diets for 6 weeks.	37
Table 3. Chemical content of whole fish body (%).	38
Table 4. PER and per hundred body weight daily N increase per hundred gram body weight of Kikuchi minnow fed with the experimental diets for 6 weeks.	39

圖目錄



Figure 1. Body weight (g) of Kikuchi minnow fed with the experime	40
Figure 2. Percent weight gain (WG) of Kikuchi minnow fed with the experimental diets for 3 or 6 weeks.	41
Figure 3. Feed efficiency of Kikuchi minnow fed with the experimental.....	42
Figure 4. Crude protein content of whole fish body fed with experimental diet for 6 weeks.	43
Figure 5. Individual total feed consumed of Kikuchi minnow fed with the experimental diets for 6 weeks.	44
Figure 6. Protein efficiency rate (PER) of Kikuchi minnow fed with the experimental diets for 6 weeks.	45
Figure 7. Daily N increase per hundred gram body weight of Kikuchi minnow fed with the experimental diets for 6 weeks.	46

前言



壹、實驗魚種-菊池氏細鯽

一、分類地位

菊池氏細鯽(*Aphyocypris kikuchii*)，分類屬硬骨魚綱(Osteichthyes)、福鰭亞綱(Actinopterygii)、鯉形目(Cypriniformes)、鯉科(Cyprinidae)、魚丹亞科(Danioninae)、細鯽屬(*Aphyocypris*)。台灣原生特有種，於1919年由日籍學者大島正滿(Oshima)命名，另有馬達卡(Medaka)、散魚仔、吉氏細鯽、瘦魚、台細鯽、車栓仔等中文俗名及 Kikuchi minnow、Taiwan green chub、Taiwan venus fish 等英文俗名(陳及方, 2001)。

二、形態特徵

體呈淺黃褐色，背部微黃綠色，腹部灰白，成魚體側自眼後至尾鰭基部有一藍黑色的縱線，游動時隱約可見；體表被圓鱗，體形長而側扁，腹部圓，腹稜不完全；頭中大，頂部略平坦；吻圓鈍，口端上位，下頷略突出，且較上頷長，口裂向下斜走；唇薄，無觸鬚。咽頭齒2列，齒式5.3—4.4。側線不完整，鱗數10-11，僅延伸至腹鰭基部上方，且在胸鰭處下彎，整體縱列鱗則約30枚。各鰭微黃而白色，均無硬棘，背鰭軟條2(不分枝軟條)+7(分枝軟條)；臀鰭2(不分枝軟條)+7(分枝軟條)(曾, 1986; 沈, 1993)。



三、生殖特徵

雌雄體型差異明顯：成熟雄魚瘦長約 7-9 公分，發情時鰓蓋及吻部會出現少數細小追星(nuptial tubercle)；成熟雌魚體長可達 8-10 公分，腹部明顯膨大，並較雄魚晚熟。溫度較高的春夏為繁殖期，一年一產，一生可數次產卵。親魚會食卵粒或幼魚，因此產卵後須將親魚分離(陳及方, 1999)。

四、棲所生態

菊池氏細鯽屬初級底棲性淡水魚，分布於臺灣東部的花蓮、台東及宜蘭等地，主要棲息於緩水流之河渠或池沼中，尤其是水生植物繁生之水域。性活潑、善跳躍且活動力強，可躍出水面約 15-20 公分，受驚擾時好藏於暗處。食性為雜食性，以藻類、掉落水面之昆蟲和有機碎屑為食(陳等, 2005)。

五、漁業價值

小型魚類，自然環境中較不為人注意，可油炸食之，亦可當觀賞用魚；近年常被釣客作為活餌來源。生活史短，環境適應力佳，適合作為生態保育、初級淡水魚類及雜食性魚種之研究對象。

六、生態威脅

近年因生態地位相近的外來種粗首馬口鱮(*Opsariichthys pachycephalus*)及苦槽仔(*Hemiculter leucisculus*)引入臺灣東部的溪流及河川湖泊工程大量水泥施作之水道對棲地造成破壞，使其產卵所需之水生植物與棲息遮蔽物大幅減少，加上人為獵捕菊池氏細鯽族群面臨極大威脅，數量持續銳減(陳等, 2005)。



七、養殖研究

近年針對菊池氏細鯽進行人工養殖的研究顯示:

1. 菊氏細鯽人工繁殖養殖及幼苗發育之研究(賴等, 2010)。
2. 目前以花蓮縣水產試驗所發展之培育魚苗方式為主要繁殖法。花蓮縣水產試驗所針對菊池氏細鯽的養殖過程:魚苗孵出後約三天開始餵食蛋黃水及混合幼生豐年蝦，約五天後改餵幼生豐年蝦混合鰻魚粉，待魚苗成長至一公分後開始將鰻魚粉加水製成團狀，並配合香魚一號飼料投餵。
3. 環境需求可適應室內淡水養殖，需定期換水，但不需刻意控溫。
4. 飼料可適應蛋白質含量 38 - 40%之零魚粉飼料，而脂質建議添加量為 8 - 12%；其中 n-6 脂肪酸之需求約 10.49 - 12.05%，n-3 不飽和脂肪酸的需求則約 3.27 - 5.52% (陳, 2012)。

貳、魚類對蛋白質的需求利用

一、淡水魚的蛋白質需求量

蛋白質是生物重要養分，不僅提供能量，更是構成體內組織、修補或取代老化損壞細胞及製造各式功能物質的主要原料。魚類需攝取均衡且完整的蛋白質，因此飼料內蛋白質需控制在最佳比例。不同魚種對於蛋白質比例的需求不同，所需的必需胺基酸也有所不同。大體而言，淡水魚類如鯰魚的飼料蛋白質需求約在 32-36%之間(Garling and Wilson, 1976)；雜食性之鯉魚達到最適成長需求的蛋白質量則建議為 31% 或 38% (Takeuchi et al., 1979； Ogino and Saito, 1970)。鯉魚(Common carp； *Cyprinus carpio*)小於 20 公克之飼料蛋白質建議量為 45%，而隨魚隻體型繼續增大，對飼料內蛋白質之需求量則降



至 28-38% (NRC, 2011)。

另有研究指出，魚類對蛋白質的需求會隨年齡及體型的增長逐漸下降。以鯰魚為例，魚苗之飼料約需 40% 蛋白質，成長至仔稚魚大小時減至 30-35%，當體長約超過 110g 後僅需 25-35% 蛋白質含量 (Page and Andrews, 1973)。吳郭魚也有類似變化趨勢，魚苗期飼料約需 50% 蛋白質，當體重增加到 30g 後，蛋白質需求降至 35%，體型再增大則僅需 25-35% (Lim, 1989)。從幼體至成體，其飼料內蛋白質需求量差異可達 5-10%。

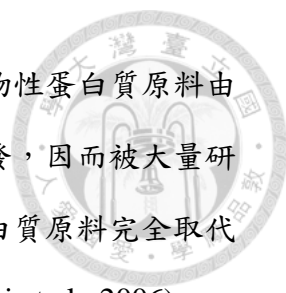
二、魚粉面臨短缺

魚粉 (Fish meal) 為養殖魚飼料之主要蛋白質來源，魚粉來自下雜魚獲，根據聯合國農糧組織 (FAO) 統計，全球每年魚粉產量約 500-700 萬公噸，占全球漁獲量 35%。近年來海洋資源過度開發，作為魚粉原料的魚種資源量下降，造成魚粉產量減少，加上魚粉加工成本高，使得國際魚粉價格逐年攀升，未來難逃短缺之虞 (Harvey, 1991; New, 1991; Watanabe, 2002)。另一方面，隨著水產飼料工業的快速發展，為能兼顧飼料生產成本及漁業資源永續，從其他動物或植物性蛋白質原料中尋求可替代魚粉的蛋白質來源值得研究 (Bairagi et al., 2002; Watanabe, 2002)。

三、取代性材料之特性及對魚隻生長之影響

蛋白質品質好壞，除了受其來源與加工方式影響外，蛋白質之胺基酸組成組成是決定飼料營養價值的關鍵。飼料內胺基酸種類及組成比例應符合各魚種對必需胺基酸 (Essential amino acid) 之需求，才能有良好成長。

現今許多研究報告指出，植物性蛋白質原料已可成功取代飼料內魚粉之添加，取代率約達 30%~50% (Francis et al., 2001)。部分植物性原料經實驗證實，可有效降低草食性或雜食性養殖物種飼料中的魚粉添加量，而不會對




養殖生物造成不良影響(Hardy and Tacon, 2002)。此外，植物性蛋白質原料由於產量穩定，價格較魚粉低廉，又可避免海洋資源過度開發，因而被大量研究於魚粉取代之效果。近期研究報告指出，利用植物性蛋白質原料完全取代飼料中之魚粉添加，對青甘鰲血液生化值無顯著影響(Takagi et al., 2006)。

一般常見的植物性蛋白質原料簡介如下：大豆(Soy bean)含有 45-55%的蛋白質，由於價格較魚粉低廉，過去最常被用作水產飼料內植物性蛋白質來源，但隨著民生需求日增，價格逐漸上漲，來源有短缺之虞；其他如豌豆(Pea)含有 26%蛋白質；蠶豆(Faba bean)含有 11-27%蛋白質；小麥(Triticale)含有 10%蛋白質；鷹嘴豆(Chick pea)含有 21%蛋白質；油菜籽(Canola seed)含有 25%蛋白質(Jackson, et al., 1982; Fontíhas, et al., 1999; Moyano, et al., 1992; Burel, et al., 2000; Allan, et al., 2000)等，亦是蛋白質之可能來源；而羽扇豆蛋白質含量為 30-45% (Harris and Jago, 1984 and 1986; Hill, 1977)，是一種具有開發潛力之植物性蛋白質原料來源。

四、玉米筋質粉

玉米穀粒可分為胚乳及胚芽，胚乳在分離玉米澱粉後所剩下之蛋白質部分即為玉米筋質粉。可分為蛋白質含量 70%以上之「玉米蛋白」(Maize protein)及蛋白質含量 60-65%之「玉米筋質粉」(Corn gluten meal)玉米筋質粉製造過程參考附錄(鄭, 1991)。相較而言，玉米筋質粉除蛋白質含量較高外，脂肪含量少於 5%，且纖維含量低，具有微量營養素 Vit.B、Vit.E 以及抗氧化物天然色素如 β -胡蘿蔔素(β -carotene)及葉黃素(Xanthophyll)；與其他種植物取代原料相比，抗營養因子含量較低，如植酸(Phytic acid)、胰蛋白酶抑制物(Trypsin inhibitor)、生物鹼(Alkaloids)、植物凝血素(Lectins)、單寧(Tannins)等，因此被視為理想的飼料原料來源。不過，雖被稱為玉米筋質粉，但其實成分中只有蛋白而無任何筋質(或稱麩質, Gluten)成分，實為長久以來的通稱




故保留之。胺基酸組成與多數植物性原料相比較為完整，但比起傳統主原料魚粉，某些必需胺基酸如離胺酸(Lysine)、甲硫胺酸(Methionine)、精胺酸(Arginine)及色胺酸(Tryptophan)的含量仍偏低，故使用上需注意特殊胺基酸之補充(Mente et al., 2003)。過去研究顯示，飼料中使用玉米筋質粉取代 10-15% 魚粉，不論是淡水或海水魚種如虹鱒(*Oncorhynchus mykiss*) (Gomesa et al., 1995)、吳郭魚(*Oreochromis mossambicus*) (Wu et al., 1995)、陽光鱸魚 sunshine bass, (*Morone chrysops* ♂ x *Morone saxatilis* ♀) (Lewis and Kohler, 2008)、歐洲海鱸(*Dicentrarchus labrax*) (Kaushik et al., 2004)、金頭鯛 (*Chrysiptera chrysocephala*) (Pereira and Oliva-Teles, 2003; Robaina et al., 1997)、牙鯪(*Paralichthys olivaceus*) (Kikuchi, 1999)、大菱鯪(*Scophthalmus maxima*) (Regost et al., 1999)、大西洋鮭(*Salmo salar*) (Mente et al., 2003)、大西洋鱈(*Gadus morhua*) (Hansen et al., 2007)及暗紋東方鮪(*Takifugu obscurus*) (Zhong et al., 2011)等，成長上與魚粉添加組無顯著性差異。

五、狹葉羽扇豆

狹葉羽扇豆(*Lupinus angustifolius*) 分類屬植物界、被子植物門、薔薇亞綱、豆目、豆科、羽扇豆屬，極易種植、價格低廉且常被作為綠肥之物種，多產於澳洲、南美及歐洲。狹葉羽扇豆顆粒磨製成粉後每公斤約含 2,200 大卡之高熱能，其內含之營養素以下初分巨量及微量營養素，依序說明：

(一) 巨量營養素

蛋白質含量約 37%，去種皮之豆仁則含有 40% (Rahman, 1994)；脂肪含量約 5%，進一步分析脂肪組成比例，單元不飽和脂肪酸 C18:1 佔全部油脂的 31.5%，多元不飽和脂肪酸之亞麻油酸 C18:2 則佔 5.4%；碳水化合物含量豐富，使羽扇豆粉製成的飼料黏著度較高，因此即便減少額外的黏著劑用量，投入水中餵食水產生物時也不易鬆散，水質安定性較高(陳, 2001)。羽扇豆內



胺基酸組成如同一般豆科植物，必需胺基酸皆較缺乏含硫胺基酸(Methionine and Cysteine)，一般 CGM 每 100 g 蛋白質的含硫胺基酸約占 1.97g 及 1.12g，而 LM 每 100 g 蛋白質只含約 0.61g 及 0.26 g；另外，CGM 每 100 g 蛋白質約含 Lysine 1.14 g，而 LM 則較高含 4.38 g(陳, 2001)。故大量添加羽扇豆於飼料時，需考慮必需胺基酸是否仍需額外補充。飼料的營養成分對養殖生物之成長會造成影響，因此加強飼料的營養品質，或有效的添加適量之成長促進物質能增加養殖效益。

(二) 微量營養素


羽扇豆內維他命 E(α -tocopherol)含量約為每公斤 2.2 毫克，維他命 E 為天然抗氧化劑，可有效防止羽扇豆磨製成粉後因氧化酸敗而變質。另外，羽扇豆內礦物質磷的含量較低，只含 0.29%，在符合魚體成長需求的前提下添加於水產飼料時，可減少養殖池內磷含量，有效防止水污染(Burel et al., 1998)。此外，羽扇豆組織成分密度大，含水量較低約 10%，即便在初夏收割也不易發霉、腐壞，運輸時僅需以散裝形式處理，不需特別保護包裝，便利性高(陳,2001)。

(三) 其他優勢特色

羽扇豆外殼厚且堅實，保護性強，栽種過程不需擔心昆蟲侵蝕，故羽扇豆產品不含農藥；而與玉米粒約同等堅硬的外殼，在研磨過程中，不需接受脫油程序，較大豆和其他原料粉末更合乎衛生，且不隨著季節氣候及土壤營養成分影響的穩定化學構造，適用於強調品質穩定之飼料配製使用，綜上所述，羽扇豆極具水產飼料原料之開發潛力。

(四) 抗營養因子及毒性物質


豆科植物含有抗營養因子(Anti-nutritional factors; ANFs)及毒性物質(Toxicant) (Hove, 1974; Múzquiz, et al., 1989; Rahman, 2000; Ruiz-López, et al., 2000)，如胰蛋白酶抑制劑(Trypsin inhibitor)、植物性血凝素(Lectin)、氫氰酸



配醣體(Cyanogenic glycosides)及生物鹼(Alkaloid)。胰蛋白酶抑制劑，會抑制胰蛋白酶的作用，造成飼料的消化率降低，使蛋白質吸收減少，延遲動物生長；植物性血凝素則會在動物攝入後，引起紅血球凝集，雖然此物不會被活體動物吸收，但卻會損傷消化道的黏膜，影響其對營養物質吸收的能力；氫氰酸配醣體會在酸性環境下形成氫氰酸，對動物體造成強烈毒害作用，因此許多動物在直接攝食後會出現中毒症狀。前三種抗營養因子及毒性物質皆對攝入個體產生不良影響，因此在拌入飼料之前，需以加工方式處理去除有害動物成長之成分。研究證實，羽扇豆經過溫度 120°C，時間 40 分鐘的高溫加熱(陳, 2001)或利用發酵方式可以去除此三種物質。生物鹼則是羽扇豆較主要的抗營養因子，1982 - 1985 年西澳所產之羽扇豆生物鹼平均含量為 0.015%，其味苦澀，大量添加於飼料中會使禽畜產生拒食現象，而禽畜的飼料攝取量降低，將連帶使成長效果降低，有時甚至造成活力差、呼吸急促、局部麻痺等中毒症狀(鄭, 2000)。因此，為避免動物體對生物鹼的生理負荷過重，羽扇豆在飼料中之含量應適當。生物鹼無法以高溫去除，但可將羽扇豆浸泡於清水中 24 小時，以降低過多生物鹼含量(Robaina, 1995)。

(五)使用於飼料成分之相關研究

羽扇豆具豐富的蛋白質及養分，而草食性芻胃動物消化道內所含之內源性酵素，可分解羽扇豆中大量碳水化合物，而不會造成腸胃道消化障礙，因此自古以來常被用作畜產芻胃動物之飼料；隨著成分改良，近二十年來開始將羽扇豆作為單胃動物如豬、雞等的飼料(Gdala, 1996; Batterham, et al., 1986)，但為提高消化吸收率，常配合使用消化酵素添加劑(Digestive enzyme additive)(Annison, et al., 1996; Marguardt, et al., 1996)。直到近十年，開始有學者嘗試將之做為水產飼料蛋白質來源，例如虹鱒(*Oncorhynchus mykiss*) (Burel, et al., 1998; Bangoula, et al., 1993; Hughes, 1991; Moyano, et al., 1992)、金頭鯛(*Chrysiptera chrysocephala*) (Robaina, et al., 1995)、草蝦(*Penaeus monodon*) (Sudaryono, et al.,



1999)、鰈魚(*Pleuronectes platessa*) (Burel, et al., 2000)、大西洋鮭魚(*Salmo salar*) (Carter and Hauler, 2000)、吳郭魚(*Oreochromis mossambicus*) (陳, 2001)、海鱺(*Rachycentron canadum*) (王, 2003; 黃, 2006) 及赤鰭笛鯛(*Lutjanus erythropterus*) (吳, 2006) 等飼料添加羽扇豆粉之研究顯示, LM 添加量約 10~20% 為最適量。

海鱺飼料中的魚粉取代研究顯示, 於飼料中添加 20% 羽扇豆粉取代魚粉時, 其對魚粉之需求量可由 65% 降至 51% (王, 2003; 黃, 2006)。另外在赤鰭笛鯛的魚粉取代研究顯示, 初始平均體重約 3.5g 的赤鰭笛鯛, 經 42 天投餵添加 5% 烏賊粉及植物性原料 20% 羽扇豆粉之飼料, 可使魚粉含量由 60% 降至 45%, 而成長無顯著性差異 (吳, 2006)。這些報告均指出羽扇豆可取代部分魚粉而不影響水產生物的成長, 可降低養殖成本。

六、研究目的

菊池氏細鯽是我國特有種魚類, 因棲地環境遭受大量破壞而族群量銳減, 有人工復育之需求; 體型小, 活動力及環境適應力皆優, 生長至性成熟所需時間短, 有潛力開發為雜食性淡水魚類之先驅實驗物種, 對其飼料之研究成果有助於更具經濟價值的中大型淡水雜食性魚種如鱸魚之研究, 因此, 菊池氏細鯽的生態習性、生理特性皆有深入研究之價值。先前研究結果已証實菊池氏細鯽可以零魚粉含量之飼料餵養而不減損成長效果, 且魚粉的蛋白質供應角色可由植物性蛋白取代(劉, 2011)。常見之植物性蛋白來源為大豆粉及玉米筋質粉, 目前皆因需求量變大導致價格提升, 反觀羽扇豆粉, 不僅種植容易且價格低廉, 已有許多和其成分相關之研究並已實際作為其他物種之飼料來源, 為目前市面上一新興的水產飼料原料來源。綜上所述, 本實驗主軸為開發具研究先驅物種潛力之雜食性菊池氏細鯽之零魚粉飼料中, 以新興低廉原料「羽扇豆粉」取代舊有原料「玉米筋質粉」之最佳取代含量。

材料與方法



壹、飼料配製

一、各種單元飼料:(飼料配方細項詳列於 Table 1.)

(一)固定成分(80%):

大豆粉(soybean meal)、烏賊粉、 α -澱粉、礦物質預混物、混合維生素、大豆油、魚油、氯化膽鹼。

(二)變動成分(20%):

羽扇豆粉(Lupin meal, LM)、玉米筋質粉(Corn gluten meal, CGM)。依組別順序將玉米筋質粉含量由 20% 調降至 0%，並以等量的羽扇豆粉取代之。

二、配製方式

依 Table 1. 配方將原料混勻，加入重約 30-35% 水，手動攪拌均勻，用擠料器擠為條狀再以小刀裁切為小粒狀(直徑約 0.5mm)，置於鼓風式乾燥機以 40°C、15 小時進行乾燥，最後置於-20°C 冰箱保存。

貳、實驗魚種及飼養方式

一、實驗魚種及設備

菊池氏細鯽幼苗由花蓮水產試驗所提供，長約 1.5~2 公分，重約 0.35~0.40 公克，運送至台灣大學漁業科學研究所飼養六周。飼養設備：30cmx45cmx30cm 的玻璃魚缸五個，每缸內置入 15cm x15cmx15cm 隔離網三個；缸內設置小型沉水馬達及上部式海棉生化球陶瓷環，另外加壓克力板覆



蓋缸頂。


二、飼養方式

以零魚粉飼料進行一個月馴養，使魚苗適應環境並適應人工飼料，每日餵食兩次，中午 12 點及下午 6 點，投餵至飽食為止。實驗開始前一日停止投餵，將平均體重約 0.42g 的菊池氏細鯽隨機分配至 30cm x 45cm x 30cm 的魚缸內，每缸內置入三個 3 個邊長 15cm 的正方形隔離網。實驗共五組，每組 15 尾，三重複。缸內設置小型沉水馬達及上部式海棉生化球陶瓷環，另外加壓克力板覆蓋缸頂，防止魚隻跳出。水溫約 25-30°C，自然光照週期，實驗期間每日餵食兩次，中午 12 點及下午 6 點，投餵至飽食，秤重紀錄每日每組投餵量。每三日換水一次，投餵六周，每三周秤重一次。實驗結束後，每組隨機取樣 15 尾，冰存於-20°C，供後續全魚體粗蛋白、粗蛋白及成分分析使用。

參、分析方法

一、粗蛋白分析

依照 Micro-Kjeldahl 分析法(AOAC, 1995)進行各組飼料、狹葉羽扇豆粉原料及全魚體蛋白質含量之分析。取樣品 0.3g 以 70mm 濾紙(Toyo, Japan)包覆後，置入凱氏氮分解瓶，先加入催化劑 3g(K_2SO_4 : $CuSO_4$ =9:1)，再加入 18N 濃硫酸 10ml。材料皆置入瓶後，將凱氏氮分解瓶置於粗蛋白分解裝置(Büchi-435, Switzerland)，先以 220°C 預熱 30 分鐘，接著將溫度提升至 560°C 並加熱三小時，待管內溶液呈澄清淡藍色始完成分解。將分解瓶置於室溫下待其冷卻後，以凱氏氮自動測試儀(Büchi-339, Switzerland)測定樣本內粗蛋白質含量。測試過程中分解瓶加入 30ml 蒸餾水及 75ml 氫氧化鈉水溶液(NaOH,



32%)經蒸餾 5 分鐘，以 50ml 硼酸水溶液($H_3BO_3, 4\%$)加上 2 滴混合指示劑 (methyl red : methyl blue=1:1)作為氨氣(NH_3)接收液。使用硫酸($H_2SO_4, 0.1N$)標準液滴定接收液，待溶液由黃綠色轉為淺粉紅色即達滴定終點。紀錄硫酸滴定量，並以公式計算樣品內粗蛋白含量。

二、粗脂肪分析

依照 Folch et al.(1957)所訂定之分析方法，將各組飼料(約 1g)或投餵實驗結束後之全魚體組織(約 0.4g)放入均質杯當中，加入氯仿：甲醇為 2：1 之溶液(chloroform / Methanol=2：1,v/v) 50ml，以均質機(Nissei AM-3, Japan)以轉速 5000rpm 攪拌五分鐘，接著以 Büchner funnel 及濾紙過濾，並另外以 50ml 氯仿：甲醇為 2:1 之溶液洗滌均質杯並倒入漏斗過濾，之後將濾液完全移入分液漏斗當中，再加入 0.03M 氯化鎂($MgCl_2$)於分液漏斗中，強力混合一分鐘，靜置於室溫中一夜後，將下層脂質層以 70mm 濾紙(Toyo, Japan)過濾至已秤重過之濃縮瓶中，經減壓迴轉濃縮機(Yamamoto RE-47, Japan)濃縮後秤重，將萃取物重除樣本重即為粗脂質含量。

三、水分分析

飼料中水分測定，係依據 AOAC(1995)方法分析。將樣品(0.5 g)磨碎後秤於坩鍋後置於烘箱內，以 $110^\circ C$ 烘乾水分，每隔兩個小時秤重，直到秤重數值穩定，其減少的量即為水分重量，再除以樣品重量即為水分之百分比。

四、灰分分析

飼料中灰分測定，係依據 AOAC(1995)方法分析。將 0.5 g 樣品秤於坩鍋後置於灰化爐(NEY 2-525)中，以 $600^\circ C$ 、15 小時，將樣品灰化至成灰色粉末為止，待冷卻後以隔熱夾小心取出後秤重，即為灰分重量。



肆、數值分析

一、增重率 Percent weight gain (WG, %)

$$WG(\%) = \frac{\text{Final body weight(g)} - \text{Initial body weight(g)}}{\text{Initial body weight(g)}} \times 100$$

二、飼料效率 Feed efficiency (FE, %)

$$FE(\%) = \frac{\text{Final body weight(g)} - \text{Initial body weight(g)}}{\text{Feed intake(g)}} \times 100$$

三、活存率 Survival rate (%)

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

四、蛋白質效率 Protein efficiency rate(PER, %)

$$PER(\%) = \frac{\text{Weight gain(g)}}{\text{protein intake(g)}} \times 100$$

五、粗蛋白(%) Crude protein(CP, %)

$$CP(\%) = \frac{(a-b) \times 0.1 \times 6.25 \times 14.007}{\text{樣本重(g)} \times 1000} \times 100$$

a：以 0.1 N H₂SO₄ 滴定樣品所用之毫升數

b：以 0.1 N H₂SO₄ 滴定空白組所用之毫升數

六、每百克魚體每日氮增加量 Daily N increase (mg/100g body weight)

Daily N increase=

$$\frac{(\text{Initial crude protein} \times \text{Initial body weight} - \text{Final crude protein} \times \text{Final body weight}) \times 1000}{6.25 \times 42 \times 100}$$

伍、統計方法

使用 SAS 統計軟體(SAS version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)做單因子變異數分析(One-way analysis of variance)測試各組間是否存在顯著差異，若出現差異則進一步採用鄧肯氏多變域測驗(Duncan's new multiple range test)進行檢測，所有顯著水準皆為 0.05。



結果



壹、飼料分析

各組實驗飼料及成份分析如 Table.1 所示。粗蛋白質含量在 35.9%-40.9%之間，以 LM 取代 0%組為最高，LM 取代 20%組最低，各組間蛋白質含量依 LM 取代量增加而呈下降趨勢。粗脂質含量在 7.8%-8.3%之間，以 LM 取代 20%組為最高，LM 取代 0%組最低。水分含量在 5.5%-6.7%之間，以 LM 取代 20%組最高，LM 取代 0%組最低。飼料灰分含量在 7.4%-7.8%之間，各組飼料粗脂質、水分及灰分含量無顯著差異。

貳、成長結果

一、成長表現及活存狀況

經六周餵養後，各組魚隻的平均體重(Body weight)、增重率(Percent weight gain)、飼料效率(Feed efficiency)、活存率(Survival rate)數值如 Table. 2 及 Fig. 1、 Fig. 2、Fig. 3.所示。

(一)平均體重(Body weight)

各組初始體重介於 0.39-0.43g，經過三周餵食後，上升至 0.48-0.51g，經過六周餵食後，上升至 0.52-0.59g。

(二)增重率(Weight gain)

增重率介於 25 -44%，以 LM 0%組之增重率最高為 44%，LM 取代 20%組最低為 25%。各組間增重率依 LM 取代量增加而呈下降趨勢。

(三)飼料效率(Feed efficiency)

飼料效率介於 16-26%，以 LM 0%組之飼料效率最高為 26%，LM 取代



20%組最低為 16%。各組間飼料效率依 LM 取代量增加而呈下降趨勢。

(四)存活率(Survival rate)

各組存活率介於 98-100%，LM 0%組、LM 取代 10%組及 LM 取代 15%組在六周飼養期間出現少數死亡。

二、全魚體組成分析

為期六周的投餵結束後，對各組魚隻進行全魚體分析，並測定全魚體之粗蛋白(Crude protein)、粗脂質(Crude lipid)、水分(Moisture)及灰分(Ash)含量，數值如 Table.3 及 Fig. 4.所示。

(一)全魚體粗蛋白(Crude protein)

經過六周餵養後，各組菊池氏細鯽之全魚體粗蛋白含量介於 14.88%-16.68%；以 LM 取代 0%組之全魚體粗蛋白 16.68%最高，且經統計分析後顯著高於其他四組；LM 取代 5%、10%及 20%三組居次，而 LM 取代 15%之魚隻則以 14.88%為最低且顯著低於 LM 取代 0%及 5%兩組。

(二)粗脂質(Crude lipid)

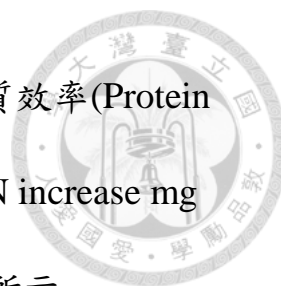
各組全魚體粗脂質介於 6.51-8.27%之間，各組間粗脂質含量依 LM 取代量增加而呈下降趨勢。

(三)全魚體水分(Moisture)

各組全魚體水分含量介於 73.27-77.32%之間，以 LM 取代 15%組之水分含量最高，而 LM 取代 0%組則顯著低於 LM 取代 10-20%三組。

(四)全魚體灰分(Ash)

各組全魚體灰分介於 15.44-15.94%之間，各組間灰分含量依 LM 取代量增加而呈下降趨勢。



三、個體攝餌量(Individual total feed consumed)、蛋白質效率(Protein efficiency rate, PER)及每百克魚體每日氮增加量(Daily N increase mg /100g body weight)如 Table. 4、Fig. 5、Fig. 6、Fig. 7.所示

(一)個體攝餌量(Individual total feed consumed)

菊池氏細鯽個體在六周內每周飼料攝取量約為 0.66-0.74g，各組個體攝食量無顯著差異。

(二)蛋白質效率(Protein efficiency rate, PER)

蛋白質效率代表魚隻攝入的每公克蛋白質轉換為魚體重量的比例，各組蛋白質效率介於 43.7-64.2%之間。以 LM 取代 0%組最佳達 64.2%最佳，最低值出現在 LM 取代 20%組為 43.7%。LM 取代量由 0%增至 10%時，PER 無顯著差異；但取代量增至 15%時，PER 則顯著下降。

(三)每百克魚體每日氮增加量(Daily N increase mg / 100g body weight)

計算實驗後每百克魚體內每日氮元素增加量，各組每百克魚體每日氮增加量介於 4.49-10.77mg/100g b.w 之間。以 LM 取代 0%組的 10.77mg/100g b.w 最高，LM 取代 20%組以 4.49mg/100g b.w 最低，各組每百克魚每日氮增加量依 LM 取代量增加而呈下降趨勢，其中 LM 取代 0、5、10%依序為為 10.77、8.31 及 7.84，此三組在統計上無顯著差異，但顯著高於 LM 取代 15、20%兩組之 4.60 及 4.49。

討論




壹、飼料配方

過去對菊池氏細鯽飼料之研究指出，配方以 30% 魚粉、40% 大豆粉及添加 5% 脂質(大豆油:魚油=3:2)所製成之飼料蛋白質含量約 38% 及脂質含量約 8% 時有最佳成長效果 (劉, 2011)。而後，進一步研究發現，配製成 47.5% 大豆粉、20% 玉米蛋白並以 5% 南極蝦粉作為誘引性物質來源之配方飼料，可使魚隻的成長結果與 30% 魚粉及 40% 大豆粉之飼料效果無顯著差異，因此開啟對菊池氏細鯽零魚粉飼料之開發 (劉, 2011)。

許多關於零魚粉飼料的研究發現，不同魚種所能接受的零魚粉配方隨營養需求的差異各不相同；長鰭真鯛飼料中的魚粉添加量以大豆粉及玉米粉部分或完全取代，在不同植物性蛋白取代的組別之間，增重率及蛋白質效率上並無顯著差異 (Webster et al. 1992)。歐洲海鱸飼料中以玉米蛋白、小麥筋質粉、大豆粉及菜籽粕取代魚粉，各組之間增重率、飼料效率及蛋白質效率上並無顯著差異 (Kaushik et al. 2004)；雖然需求比例不同，但這些研究皆不約而同的指出，魚類對於植物蛋白的接受度比想像中高，在去除魚粉的前提下，只要材料成分比例正確，魚隻可接受飼料蛋白質由植物性材料作為主要來源，維持正常的成長。因此，目前水產飼料研究主軸已轉往尋找優良植物性蛋白質且價格實惠的來源為目標。

以零魚粉為前提開發菊池氏細鯽飼料的研究中，先前曾嘗試以天然且存在於其原生環境的淡水藻類螺旋藻粉(*Spirulina platensis*)取代玉米筋質粉，發現以主要配方 47.5% 大豆粉、15% 螺旋藻粉、5% 玉米筋質粉並輔以 5% 烏賊粉作為誘引性材料投餵時，其成長效果與 47.5% 大豆粉、20% 玉米蛋白及 5% 烏賊粉無顯著差異 (陳, 2014)。但螺旋藻粉成本較高，雖其蛋白質含量與玉米筋質粉相似，且內含養分較豐，但在市場機制下較難以實用。過去羽扇豆粉已普遍使用在畜牧業飼料中，近十幾年來開始有學者嘗試將之做為水產飼料蛋白質來源，例如於虹鱒 (*Oncorhynchus mykiss*) (Burel, et al., 1998; Bangoula, et al., 1993; Hughes, 1991;



Moyano, et al., 1992)、金頭鯛(*Chrysiptera chrysocephala*) (Robaina, et al., 1995)、草蝦(*Penaeus monodon*) (Sudaryono, et al., 1999)、鰈魚(*Pleuronectes platessa*) (Burel, et al., 2000)、大西洋鮭魚(*Salmo salar*) (Carter and Hauler, 2000)、吳郭魚(*Oreochromis mossambicus*) (陳, 2001)、海鱺(*Rachycentron canadum*) (王, 2003; 黃, 2006) 及赤鰭笛鯛(*Lutjanus erythropterus*) (吳, 2006) 等飼料中添加量約 10~20% 為最適量。羽扇豆極易種植且本身即為綠肥等特質，確實值得試驗作為零魚粉飼料之植物性蛋白質來源的可行性。

本研究參照過去成功試驗之零魚粉飼料配方及建議量，針對主要蛋白質來源之植物性材料進行不同含量之替換；以不同含量(0%、5%、10%、15%、20%)之狹葉羽扇豆粉取代原飼料配方含量 20% 之玉米筋質粉。分析結果本實驗使用之狹葉羽扇豆粉其蛋白質含量約為 37.1%，為全顆狹葉羽扇豆帶皮磨製而成，與過去對羽扇豆蛋白質含量之研究 30—45% 結果相似(Harris and Jago, 1984 and 1986; Hill, 1977)。而其蛋白質含量雖較大豆粉(45-55%)、玉米筋質粉(60-65%)為低，但卻比豌豆(26%)、蠶豆(11-27%)、小麥(10%)、鷹嘴豆(21%)油菜籽(25%)等植物性原料為高，確實有開發利用之潛力。過去針對不同魚種之飼料蛋白質含量需求建議量顯示，魚隻體型越小，飼料的蛋白質需求比例越高，如鯰魚魚苗約需 40% 蛋白質，成長至仔稚魚大小時僅需 30-35%，而成長超過 110g 後僅需蛋白質含量 25-35% 之飼料(Page and Andrews, 1973)。吳郭魚也有類似傾向，魚苗期需蛋白質含量約 50% 之飼料，當體重增至 30g 後，需求量降至 35%，當體型再大後，則僅需約 25-35%(Lim, 1989)。而體重小於 20g 之鯉魚(Common carp; *Cyprinus carpio*) 飼料蛋白質建議量為 45%，20-200g 則降為 38%，體重在 600g-1500g 為 28% (NRC, 2011)。根據菊池氏細鯽飼料之研究，本實驗以零魚粉為基底設計之配方結果顯示蛋白質含量在 35-40% 間，此結果與前述菊池氏細鯽之飼料蛋白最適需求量約為 38% 相似(劉, 2011)。



貳、成長效果

經過六周餵養，控制組(LM 取代 0%)平均體重變化由初始 0.39g 至飼養後 0.56g 與過去研究使用 47.5% 大豆粉及 20% 玉米蛋白之零魚粉飼料餵養之平均體重由 0.39g 至飼養後 0.60g 相似(劉, 2011)，但較 47.5% 大豆粉及 20% 玉米筋質粉之零魚粉飼料餵養之九周實驗結果由 0.61 至飼養後 0.81g 為低(陳, 2014)。而本實驗控制組的增重率(WG)為 44%，與先前兩篇研究之結果相較，2011 年劉研究的增重率 54% 為低，與 2014 年陳研究的增重率 33% 為高。比對餵養條件及飼料內容，本實驗與 2011 年劉之研究使用之初始魚隻大小相似，約在 0.4g 範圍內，但飼料內有 20% 之成分不同，先前研究使用玉米蛋白而本研究使用玉米筋質粉，另用以誘引魚隻索餌之成分也不同，先前研究使用南極蝦粉而本研究使用烏賊粉，因此推測是飼料內成分差異導致兩實驗魚隻增重率不同。與 2014 年陳進行的研究相較，本研究使用的初始魚隻約 0.40 g 與該實驗 0.61g 為小，而一般魚的成長速率會隨體重增加而趨緩，因此推測兩實驗增重率差異係因為初始魚體之起點不同引起成長速率之差異所致。

本實驗各組增重率按 LM 取代量 0-20% 依序為 44%、39%、38%、26%、25%，飼料效率則為 26%、23%、23%、19%、16%，兩者皆以控制組 LM 取代 0% 為最高，LM 取代 0-10% 之三組飼料在統計上並無顯著差異(Table 2.)(Fig. 2.)。在 LM 取代量由 10% 上升至 15% 時出現顯著下降，推測是因 LM 之蛋白質含量僅 37%，低於 CGM 之 60%，因此當取代量達 15% 時，飼料內粗蛋白比例降至 36.7%，造成魚隻增重率下降，蛋白質含量在 37.7% 以上的菊池氏細鯽成長之增重率及飼料效率皆無顯著差異，顯見菊池氏細鯽不僅對飼料蛋白質需求 37.7% 較體重小於 20g 之鯉魚之 45% 要低，但對植物性蛋白質的利用亦佳，由此推測 LM 取代 CGM 之含量仍有上限為 10%，而零魚粉飼料中蛋白含量至少需達 37.7%。



叁、全魚體組成

一、全魚體粗蛋白

實驗結果顯示，經過連續六周以 LM 取代 0% 之飼料餵養後，全魚體粗蛋白以 LM 取代 0% 之 16.68% 為最高，較高於初始魚隻 16.28% 及其他 LM 添加組 14.88-15.49%，且各實驗組隨著飼料 LM 取代量增加，全魚粗蛋白含量呈下降趨勢。推測原因有二；第一，可能是 CGM 內蛋白質含量 60% 高於 LM 的 37%，使製成之飼料蛋白質總量隨 LM 取代提高而減少，造成魚隻攝入體內的蛋白質較低，在基本能量利用後剩餘能蓄積在體內之比例跟著減少所致。第二，生物在利用蛋白質的過程及效率時，必須胺基酸的含量占有關鍵影響力，而 CGM 與 LM 蛋白質的胺基酸組成不同。羽扇豆內胺基酸組成如同一般豆科植物，必需胺基酸皆較缺乏含硫胺基酸(Methionine and Cystine)，一般 CGM 每 100 g 蛋白質的含硫胺基酸約占 1.97 及 1.12g，而羽扇豆每 100 g 蛋白質只含約 0.61 及 0.26 g；另外，CGM 每 100 g 蛋白質約含 Lysine 1.14 g，而羽扇豆則較高含 4.38 g (陳, 2001)。也可能導致魚隻攝取後代謝利用上的差異，影響最終魚體蛋白質蓄積量。類似的結果也在先前研究零魚粉飼料中發現，如以 47.5% 大豆蛋白及 20% 玉米蛋白為主蛋白源飼養之全魚體蛋白約 16.05% (劉, 2011)，而以 47.5% 大豆蛋白及 20% 玉米筋質粉為主蛋白源飼養則約 18.26% (陳, 2014)；前者與本實驗數值較近，推測因實驗用魚的初始體重 0.4g 較近導致。而後之研究初始魚隻 0.61g 體重較大，其研究使用綠藻粉取代玉米筋質粉進行試驗，因綠藻粉之蛋白質含量與玉米筋質粉相似，皆約 60% 上下，故即便取代量不同，飼料中粗蛋白含量無顯著差別，以此飼養之全魚粗蛋白也無顯著差異，由此顯示攝入之蛋白質總量對魚隻蛋白質蓄積效果確實有影響。本實驗綜觀數值走勢可發現，全魚粗蛋白質含量在 LM 取代量 10% 與 15% 組間出現顯著性差異，由對照飼料中粗蛋白可推測，當攝入之飼

料內蛋白質比例低於 37.7%，菊池氏細鯽全魚體蛋白質之蓄積會顯著下降。



二、全魚體粗脂肪

經六周餵養後，各組全魚粗脂肪比例以 LM 取代 0% 組之 8.27% 最高，隨 LM 5-20% 取代量提高而下降，依序為 7.67%、6.57%、6.53% 及 6.51%。其中，LM 取代 0% 組與先前研究之零魚粉飼料以大豆粉 47.5% 及玉米蛋白 20% 為主所測得之 8.57% 相似(劉,2011)。而與另一研究之零魚粉飼料以大豆粉 47.5% 及玉米筋質粉 20% 為主測得之 7.97% 差異較大(陳,2014)。推測主因是本研究初始魚隻體型大小與 2011 年劉之研究相似而與 2014 年陳之研究差異較大所致。

本實驗內 LM 取代量增加而使全魚粗脂肪下降之趨勢在取代率為 0-10% 時有顯著差異，LM 取代超過 10% 後雖差異不顯著，但仍維持下降。本實驗各組飼料僅更動 CGM 及 LM 之含量，但兩種原料內並非百分之百為蛋白質，因此整體飼料的粗脂肪也隨 LM 取代量 0-20% 而出現變化，粗脂肪由 7.8% 上升至 8.3%，與最終魚體粗脂肪變化趨勢相反 8.27% 下降至 6.51%。由此結果推測，雖魚體直接攝入的脂肪量隨 LM 增加而上升，但其脂肪蓄積量仍受到攝入蛋白質總量影響，且魚體粗脂肪含量約在 LM 取代量超過 10% 後即維持不顯著之下降，雖尚未明瞭蛋白質與脂肪代謝的確切影響途徑，但蛋白質攝取量不足可能降低脂肪代謝及蓄積的影響，且影響的關鍵蛋白質比例約為 37.7%。

三、全魚體水分及灰分

魚類體內含水量隨生長環境及體性大小各不同，一般淡水魚體水分含量約占 70-75% 以上，較海水魚的 60-65% 為高。本實驗測得菊池氏細鯽之全魚體水分含量約在 73.27-77.32%，與一般淡水魚之水分 75% 含量相似。

全魚體灰分測定結果約在 15.44-15.94% 之間，各組間無顯著差異。魚體灰分主要

與體內礦物質含量相關，本實驗調配之飼料內礦物質添加量相同，而變動成分內含的礦物質雖有差異但量極微小，由灰分測定結果可推測飼料內礦物質差異量未達顯著。



肆、個體攝餌量、蛋白質效率及每百克魚體每日氮增加量

一、個體攝餌量(Individual total feed consumed)

本實驗各組單一魚體於六周內平均飼料攝取總量約在 0.66-0.74g 間無顯著差異。而先前研究進行九周單一魚體餵養之總攝取量約 0.9-1.1g(陳, 2014)，若皆以單周總攝餌量相比，則兩實驗之單周魚體攝餌量皆為 0.11-0.12g，幾乎相同，因此推測菊池氏細鯽在幼魚期之攝餌量沒有顯著差異，且飼料內含之 LM 及 CGM 之含量對適口性並無顯著影響。

二、蛋白質效率(PER)

表示魚隻將攝入之蛋白質轉換為魚體組織的能力。在計算過程中單獨挑出飼料內蛋白質含量，並與魚體增重量進行比較，可看出魚隻對配方內蛋白質的代謝利用效果。過去研究指出，飼料中不同蛋白質含量及來源對魚體蛋白質蓄積率有相當的影響，且隨著飼料內蛋白質含量提高，魚體成長會維持正相關(Jauncey, 1982；Cho et al., 1985；Shiau and Huang, 1989；Mohanty and Samantaray, 1996；Gunasekera, 2000)。而本實驗結果顯示，蛋白質含量最高的控制組 PER 最高，而隨著 LM 取代量提高，蛋白質量減少，PER 也隨之下降，其它與魚體成長相關的數值如增重率及飼料效率也呈現相同趨勢。不過，雖然 LM 取代 0% 組 PER 最高，但與取代 5%、10% 組並未出現顯著差異，由此推測，飼料內蛋白質含量雖會影響蓄積量，但當蛋白質比例高過某一定量時，蓄積量便會持平，不會持續上

揚；以本實驗結果為例，菊池氏細鯽對攝入蛋白質的有效利用含量約在 37.7%，若繼續提升飼料內蛋白質含量，魚體內的蓄積量也不會累積更多。



三、每百克魚體每日氮增加量(Daily N increase mg / 100g body weight)

計算單位魚體重平均每日氮元素增加量，可看出魚體每日含氮物之實際增加量，更明確顯示飼料成分對魚體含氮物蓄積之影響；結果顯示，LM 取代 0% 組每日氮增量為 10.77 mg/100gb.w. 最高，而後依 LM 取代量由 5-20% 增加而逐漸下降，依序為 8.31、7.84、4.60 及 4.49 mg/100gb.w.。當 LM 取代量在 0-10% 時，各組每百克魚體之每日氮增加量無顯著差異，但在 LM 取代量增加到 15% 及 20% 時，每日氮增加量降至 4.60 mg/100gb.w. 及 4.49 mg/100gb.w. 與 LM 取代量在 0-10% 具顯著性差異。由結果推測，魚隻在飼料攝入的蛋白質總量下降，但在蛋白質含量需求量內，魚隻仍可以更有效的利用方式維持同等氮增量。但若攝入蛋白質總量過低，體內代謝仍會忠實呈現含氮養分攝取的短缺，氮增加量便顯著降低。以本實驗結果菊池氏細鯽飼料中粗蛋白含量需在 37.7% 以上，才能維持與控制組相同的每百克魚體每日氮增加量。比較每百克魚體之每日氮增加量之結果與先前研究(劉, 2011)以大豆粉 47.5% 及玉米蛋白 20% 為主之零魚粉飼養菊池氏細鯽，測得之結果為 31.8 mg/100gb.w.，高於本研究 LM 取代 0% 組之 10.77 mg/100gb.w.，推測因玉米蛋白之蛋白質含量約 70-72%，玉米筋質粉則為 60-65%，兩者蛋白質含量差異可能導致魚體對蛋白質的代謝利用不同。另一研究(陳, 2014)以大豆粉 47.5% 及玉米筋質粉 20% 為主之零魚粉飼養菊池氏細鯽的實驗，測得之結果則為 12.3 mg/100gb.w.，與本研究 LM 取代 0% 組之 10.77 mg/100gb.w. 更高，推測是因其使用之初始魚體 0.61g 較大型，因此在代謝上能將較多的含氮物質積累於體內所致。

結論



以狹葉羽扇豆粉(LM)取代 0%-20% 玉米筋質粉(CGM)的零魚粉配方飼料中，以 LM 取代 10% 組之增重率、飼料效率、蛋白質效率及每百克魚體每日氮增加量與 LM 取代量 0% 組無顯著差異，因此菊池氏細鯽零魚粉飼料中可以狹葉羽扇豆粉取代 10% 玉米筋質粉。

參考文獻



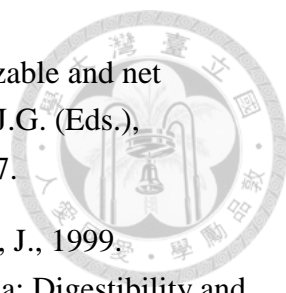
壹、中文部分

- 沈世傑 (1993) 臺灣魚類誌 pp.139-140。
- 曾晴賢 (1996) 台灣淡水魚類。
- 陳義雄，方力行 (1999) 台灣淡水及河口魚類誌。
- 陳義雄、方力行 (2001) 台東縣河川魚類誌。
- 陳佳珍 (2001)。飼料中添加羽扇豆粉及類胰島素成長因子對吳郭魚成長效果之研究。國立台灣大學漁業科學研究所碩士論文。68 頁。
- 王育彬 (2003) 飼料中添加羽扇豆粉取代魚粉對海鱸成長之影響。國立台灣大學漁業科學研究所碩士論文。73 頁。
- 陳義雄、張詠青、邵廣昭 (2005) 台灣淡水魚類原色圖鑑第(一)卷鯉形目。
- 吳仁傑 (2006) 低魚粉飼料對赤鰭笛鯛成長之影響。國立台灣大學漁業科學研究所碩士論文。61 頁。
- 黃海龍 (2006) 飼料中添加不同植物性原料取代魚粉對海鱸成長之研究。國立台灣大學漁業科學研究所碩士論文。111 頁。
- 劉舜豪 (2011) 菊池氏細鯽之飼料開發。國立台灣大學漁業科學研究所碩士論文。48 頁。
- 鄭長義 (1991) 飼料配方技術大全(上)。
- 鄭長義 (2000) 羽扇豆之飼料價值。飼料營養雜誌, 11:75-76。
- 賴弘智、林翰揚、熊文俊、施志昀 (2010) 菊池氏細鯽 *Aphyocypris kikuchii* (Oshima)人工繁養殖及幼苗發育。特有生物研究, 12:251-259。
- 陳威廷 (2012) 飼料中添加不同來源之脂質在不同溫度對菊池氏細鯽成長之影響。國立台灣大學漁業科學研究所碩士論文。43 頁。
- 陳信輔 (2014) 飼料中添加螺旋藻粉及重組胰島素成長因子 I 對菊池氏細鯽成長之影響。國立台灣大學漁業科學研究所碩士論文。73 頁。

貳、英文部分



- Allan, G.L., Parkinson, S., Booth, M.A., Stone, D.A.J., Rowland, S.J., Frances, J., Warner-Smith, R., 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, 186:293-310.
- Annisson, G., Hughes, R.J. and Choct, M., 1996. Effect of enzyme supplementation on the nutritive value of dehulled lupins. *Brit. Poul. Sci.*, 37:157-172.
- AOAC(Association of Official Analytical Chemists), 1995. *Official Methods of Analysis*. 14th edition, AOAC, Washington, DC., 1141 pp.
- Bairagi, A., Sarkar, G.K., Sen, S.K., Ray, A.K., 2002. Duckweed (*Lemna polyrhiza*) leaf meal as a source of feedstuff in formulated diets for rohu (*Labeo rohita* Ham.) fingerlings after fermentation with a fish intestinal bacterium. *Bioresource Technology*, 85:17-24.
- Bangoula, D., Parent, J.P., Vellas, F., 1993. Valeur alimentaire du lupin blanc (*Lupinus albus* var Lutop) chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*). Effet de la cuisson-extrusion. *Reprod. Nutr. Dev.*, 33:325-334.
- Batterham, E.S., Andersen, L.M., Lowe, R.F., Darnell, R.E., 1986. Nutritional value of lupin (*Lupinus albus*): seed meal for growing pigs: availability of lysine, effect on the autoclaving and net energy content. *Brit. J. Nutr.*, 56:645-659.
- Burel, C., Boujard, T., Kaushik, S.J., Boeuf, G., Mol, K.A., Van Der Geyten, S., Kühn, E.R., 1998. Incorporation of high level of extruded lupin in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): nutritional value and effect on thyroid status. *Aquaculture*, 163:325-345.
- Burel, C., Boujard, T., Kaushik, S.J., Boeuf, G., Van Der Geyten, S., Mol, K.A., Kühn, E.R., Quinsac, A., Krouti, M., Ribailier, D., 2000. Potential of extruded lupin in the diets for turbot (*Psetta maxima*): growth, nutrient utilization and thyroid status. *Aquaculture*, 188:363-382.
- Carter, C.G., Hauler, R.C., 2000. Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture*, 185:299-311.

- 
- Cho, C.Y., Kaushik, S.J., 1985. Effects of protein intake on metabolizable and net energy values of fish diets. In : Cowey, C.B., Mackie, A.M., Bell, J.G. (Eds.), Nutrition and Feeding in Fish. Academic Press, London, pp. 95-117.
- Fontaínhas-fernades, A., Gomes, E., Reis-Henriques, M.A., Coimbra, J., 1999. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of Nile tilapia: Digestibility and growth performance. *Aquat. Int.*, 7:57-67.
- Francis, G., Makkar, H.P.S., Becker, K., 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199:197-227.
- Garling Jr., D. L., Wilson, R. P., 1976. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.*, 106:1368-1375.
- Gdala, J., Jansman, A.J.M., Van Leeuwen, P., Huisman, J., Verstegen, M.W.A., 1996. Lupins (*L. luteus*, *L. albus*, *L. angustifolius*) as a protein source for young pigs. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 62:239-249.
- Gomesa, E. F., Remab, P., Kaushik, S.J., 1995. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. *Aquaculture*, 130:177-186.
- Gunasekera, R.M., De Silva, S.S., Collins, R.A., Gooley, G., Ingram, B.A., 2000. Effect of dietary protein level on growth and food utilization in juvenile Murray cod *Macculloch hella peelii* (Mitchell). *Aqua. Res.*, 31:181-187.
- Hansen, A. C., Rosenlund, G., Kalsen, O., Koppe, W., Hemre, G.I., 2007. Total replacement of fish meal with plant proteins in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). I: effects on growth and protein retention. *Aquaculture*, 272:599-611.
- Hardy, R.W., Tacon, A.G.J., 2002. Fish meal : historical uses, production trends and future outlook for supplies. In : Stickney, R.R., MacVey, J.P. (Eds.), Responsible Marine Aquaculture. CABI Publishing, New York, pp. 331-325.
- Harris, D., Jago, J., 1986. Report on chemical composition of sweet lupin seed in Western Australia. Part I , II , and III . Government chemical laboratories, Perth (cited in Petterson et al., 1987).
- Harvey, D.J., 1991. Outlook for U.S. Aquaculture. *Aquaculture and outlook, economic research service, U.S. department of Agriculture, Washington, DC*, pp. 44-51.

Hill, G.D., 1977. The composition and nutritive value of lupin seed. *Nutr. Abstr. Rev.*, **B** 47:511.

Hove, E.L., 1974. Composition and protein quality of sweet lupin seed. *J. Sci. Food. Agric.*, 25:851-859.

Hughes, S.G., 1991. Use of lupin as a replacement for full-fat soy in diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 93:57-62.

Jackson, A.J., Capper, B.S., Matty, A.J., 1982. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus*. *Aquaculture*, 27:97-109.

Jauncey, K., 1982. The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapia (*Sarotherodon mossambicus*). *Aquaculture* 27: 43-54.

Kaushik, S., Coves, D., Dutto, G., Blanc, D., 2004. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 230:391-404.

Kikuchi, K., 1999. Partial replacement of fish meal with corn gluten meal in diets for Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *J. World Aquacult. Soc.*, 30 357-363.

Lewis, H. A., Kohler, C. C., 2008. Corn gluten meal partially replaces dietary fish meal without compromising growth or fatty acid composition of sunshine bass. *N. Am. J. Aquac.*, 70:50-60.

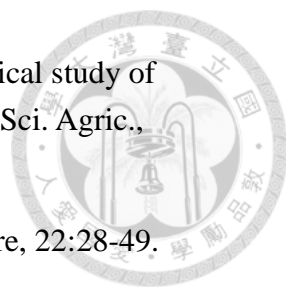
Lim, C., 1989. Practical feeding – Tilapia. In: Lovell, T.(ed.). *Nutrition and feeding of fish*. Van Nostrand, Reinhold, New York, USA, 163

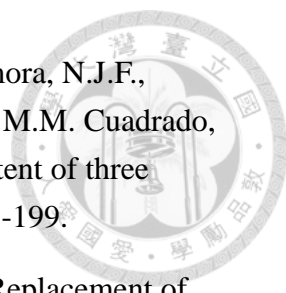
Marguardt, R.R., Brenes, A., Zhang, Z., Boros, D., 1996. Use of enzymes to improve nutrient availability in poultry feed stuffs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 60:321-330.

Mente, E., Deguara, S., Santos, M.B., Houlihan, D., 2003. White muscle free amino acid concentrations following feeding a maize gluten dietary protein in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*). *Aquaculture*, 225:133-147.

Mohanty, S.S., Samantaray, K., 1996. Effect of varying levels of dietary protein on the growth performance and feed conversion efficiency of snakehead, *Channa striata* fry. *Aquacult. Nutr.*, 2:89-94.

Moyano, F.-J., Cardenete, G., De la Higuera, M., 1992. Nutrition value of vegetable of diets containing a high percentage of vegetable proteins for trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquat. Living Resour.*, 5:23-29.

- 
- Múzquiz, M., Burbano, C., Gorospe, M.J, Ródenas, I., 1989. A chemical study of lupinus hispanicus seed— Toxic and antinutritional components. *J. Sci. Agric.*, 47:205-214.
- New, M.B., 1991. Turn of millennium aquaculture. *World Aquaculture*, 22:28-49.
- NRC(National Research Coucil), 2011. Nutrition requirements of fish & shrimp National Academy Press, Washington, DC, P.70
- Ogino, C., Saito, K., 1970. Proyein nutrition in fish - I. The utilization of dietary protein by young carp. *Bull. Jpn. Soc. Fish.*, 36:259-264.
- Ogino, C., Yang, G.-Y., 1978. Requirment of rainbow trout for dietary Zinc. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 44:1015-1018.
- Ogino, C., Takeuchi, L., Takeda, H., Watanabe, T.,1979. Availability of dietary phosphorus in carp and rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 45:1527-1532.
- Page, J. W., Andrews, J. W., 1973. Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.*, 103:1339-1346.
- Pereira, T., Oliva, P., Teles, A., 2003. Evaluation of corn gluten meal as a protein source in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juveniles. *Aquac. Res.*, 34:1111-1117.
- Rahman, M.H., 1994. Chemical and nutritional evaluation of lupinus angustifolius sweet lupin seed proteins. *Breakthrough*, 10:8-9.
- Rahman, M.H., 2000. The nutritional toxicity of sweet lupin (*Lupinus angustifolius*) seed proteins. *J. Sci. Food. Agric.*, 80:72-78.
- Regost, C., Arzel, J., Kaushik, S., 1999. Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diet for turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 180:99-117.
- Robaina, L., Izquierdo. M.S., Moyano, F.J., Vergara, J.M., Montero, D., Fernández-Palacios, H., 1995. Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): nutritional and histological implications. *Aquaculture*, 130:219-233.
- Robaina, L., Moyano, F. J., Izquierdo, M. S., Socorro, J., Vergara, J. M., Montero, D., 1997. Corn gluten and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): Nutritional and histological implications. *Aquaculture*, 157: 347-359.

- 
- Ruiz-López, M.A., García-López, P.M., Castañeda-Vazquez, H., Zamora, N.J.F., Garzón-De la Mora, P., Bañuelos Pineda, J., Burbano, C., Pedrosa, M.M. Cuadrado, C. Muzquiz, M., 2000. Chemical composition and antinutrient content of three lupinus species from Jalisco, Mexico. *J. Food. Comp. Ana.*, 13:193-199.
- Shiau, S.Y., Kwok, C.C., Huang, J.Y., Lee, C.M., Chen, S.L., 1989. Replacement of fishmeal with soybean meal in male tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) fingerling diets at a suboptimal protein level. *J. World Aquacult. Soc.*, 20:230-235.
- source in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juveniles. *Aquac. Res.*, 34: 1111-1117.
- Sudaryono, A., Tsvetnenko, E., Hutabarat, J., Supriharyono, A., Evans, L.H., 1999. Lupin ingredients in shrimp (*Penaeus monodon*) diets: influence of lupin species and types of meals. *Aquaculture*, 171:121-133.
- Takeuchi, T., Watanabe, T., Ogino, C., 1979. Optimum ratio of dietary energy to protein for carp. *Bull. Jpn. Soc. Fish.*, 45:983-987.
- Takagi, S., Murata, H., Goto, T., Hayashi, M., Hatate, H., Emdo, K., Yamashita, H., Ukawa, M., 2006. Hemolytic suppression roles of taurine in yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed non-fishmeal diet based on soybean protein. *Fish. Sci.*, 72:546-555.
- Watanabe, T., 2002. Strategies for further development of aquatic feeds. *Fish. Sci.*, 68:242-252.
- Wu, Y. V., Rosati, R.R., Sessa, D.J., Brown, P.B., 1995. Evaluation of corn gluten meal as a protein source in tilapia diets. *J. Agric. Food Chem.*, 43:1585–1588.
- Zhong, G. F., Hua, X. M., Yuan, K., Zhou, H. Q., 2011. Effect of CGM on growth performance and digestibility in puffer (*Takifugu fasciatus*). *Aquacult. Int.*, 19:395-403.

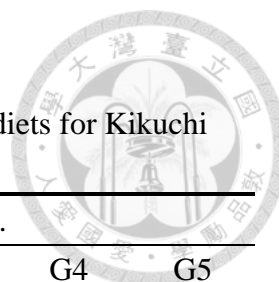


Table 1. Composition and proximate analysis of the experimental diets for Kikuchi minnow (%).

Ingredients (%)	Diets No.				
	G1	G2	G3	G4	G5
Soybean meal	47.5	47.5	47.5	47.5	47.5
Corn gluten meal(CGM)	20	15	10	5	0
Lupin meal(LM)	0	5	10	15	20
Squid meal	5	5	5	5	5
CaH ₂ (PO) ₄ · 2H ₂ O	1	1	1	1	1
Vit.E	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Vitamin Mix. ^{*a}	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Cholin chloride	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Mineral Mix. ^{*b}	5	5	5	5	5
Oil (3:2) ^{*c}	5	5	5	5	5
α-starch	13	13	13	13	13
Cellulose	2	2	2	2	2
Proximate analysis (%)					
Crude protein	40.9	38.7	37.7	36.7	35.9
Crude lipid	7.8	7.8	8.1	8.2	8.3
Moisture	5.5	5.7	5.7	6.4	6.7
Ash	7.8	7.6	7.5	7.4	7.4

*a Ogino et al.(1979)

*b Ogino and Yang (1978)

*c Soybean oil:Fish oil = 3:2

Table 2. Growth performance and survival rate of Kikuchi minnow fed with the experimental diets for 6 weeks.

No.	Diets		Body weight (g)		WG (%)	FE (%)	Survival rate (%)
	CGM (%)	LM (%)	Initial	Final			
G1	20	0	0.39±0.01	0.56±0.08	44 ^a	26 ^a	98
G2	15	5	0.42±0.02	0.56±0.04	39 ^a	23 ^{ab}	100
G3	10	10	0.43±0.01	0.59±0.03	38 ^a	23 ^{ab}	98
G4	5	15	0.42±0.03	0.53±0.02	26 ^b	19 ^{ab}	98
G5	0	20	0.41±0.02	0.52±0.01	25 ^b	16 ^b	100

*Data represent mean ± SD (n=45). Values in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

*CGM = Corn gluten meal ; LM = Lupin meal ; WG = Percent weight gain ; FE = Feed efficiency





Table 3. Chemical content of whole fish body (%).

No.	Initial	G1	G2	G3	G4	G5
CGM (%)		20	15	10	5	0
Diets		0	5	10	15	20
LM (%)						
Crude protein	16.28±0.30	16.68±0.15 ^a	15.49±0.03 ^b	15.23±0.02 ^{bc}	14.88±0.03 ^c	15.35±0.07 ^{bc}
Crude lipid	10.81±0.31	8.27±0.26 ^a	7.67±0.15 ^b	6.57±0.21 ^c	6.53±0.23 ^c	6.51±0.22 ^c
Moisture	74.81±0.67	73.27±0.43 ^a	75.08±0.82 ^b	76.44±0.57 ^b	77.32±0.79 ^b	76.36±0.62 ^b
Ash	14.86±1.17	15.94±1.36 ^a	15.70±0.98 ^a	15.62±0.46 ^a	15.55±0.89 ^a	15.44±0.68 ^a

*Data represent mean ± SD (n=45). Values in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

Table 4. PER and per hundred body weight daily N increase of Kikuchi minnow fed with the experimental diets for 6 weeks.

Diets		Individual total feed consumed (g)	PER (%)	Daily N increase per hundred gram body weight (mg/100g body weight)
CGM (%)	LM (%)			
G1	20	0	64.2±8.5 ^a	10.77±1.9 ^a
G2	15	5	62.1±6.2 ^a	8.31±1.4 ^{ab}
G3	10	10	62.0±4.3 ^a	7.84±1.5 ^{ab}
G4	5	15	44.0±9.3 ^b	4.60±1.5 ^b
G5	0	20	43.7±8.5 ^b	4.49±1.6 ^b

*Data represent mean±SD(n=45). Values in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

*CGM = Corn gluten meal ; LM = Lupin meal ; PER = Protein efficiency rate ; N = Nitrogen



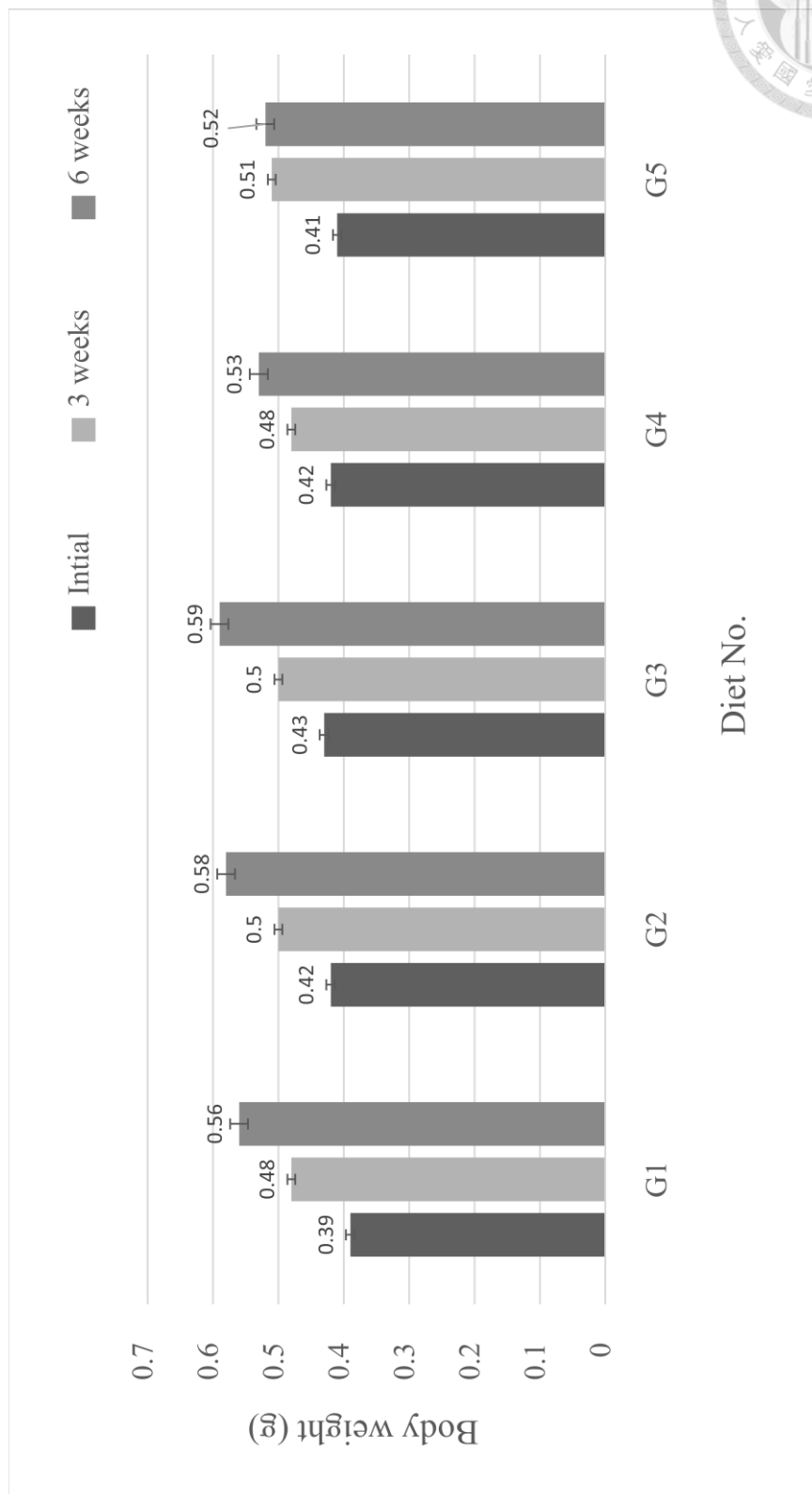
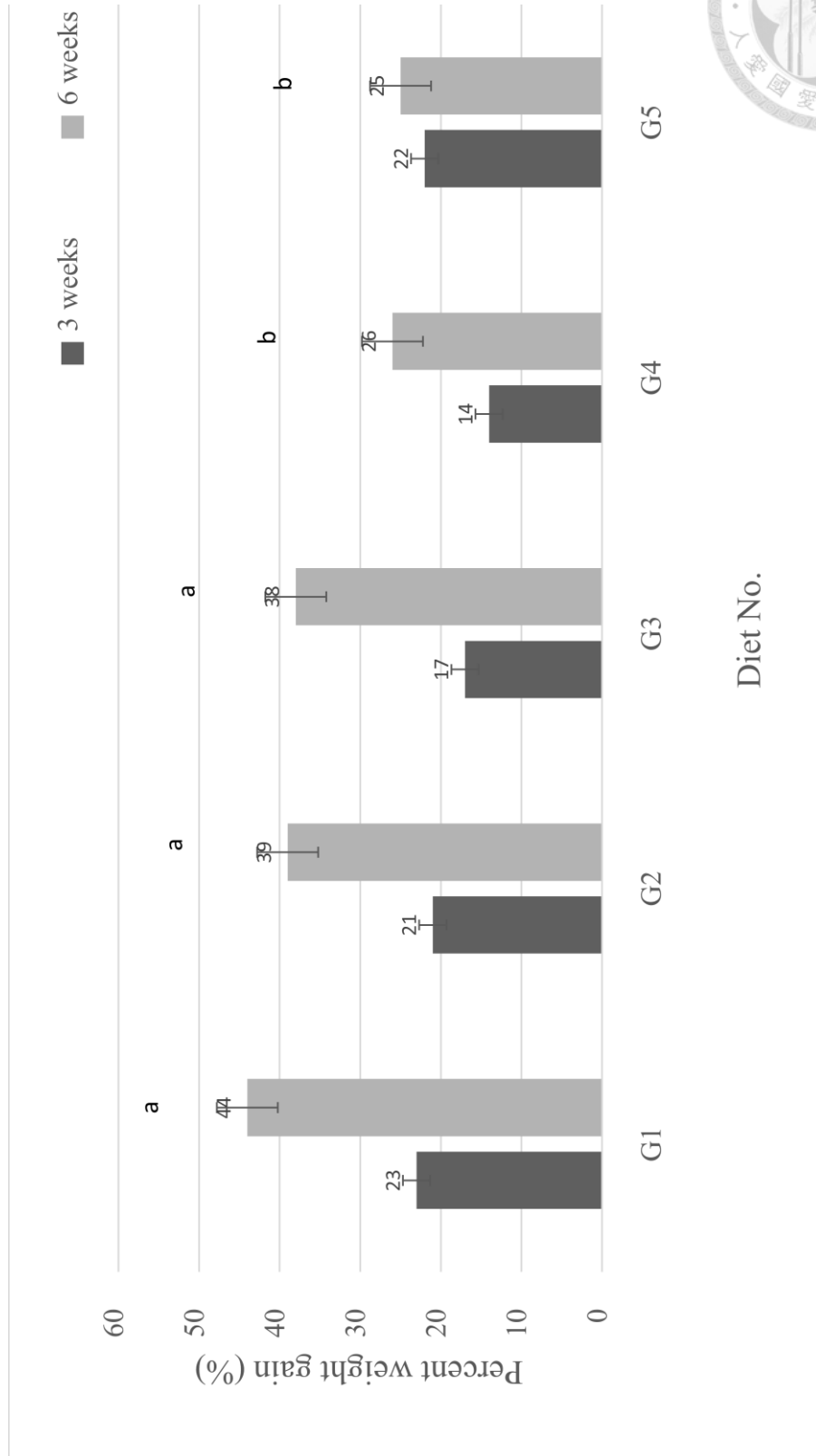


Fig. 1. Body weight (g) of Kikuchi minnow fed with the experimental diets for 3 or 6 weeks.



Diet No.



Fig. 2. Percent weight gain (WG) of Kikuchi minnow fed with the experimental diets for 3 or 6 weeks.

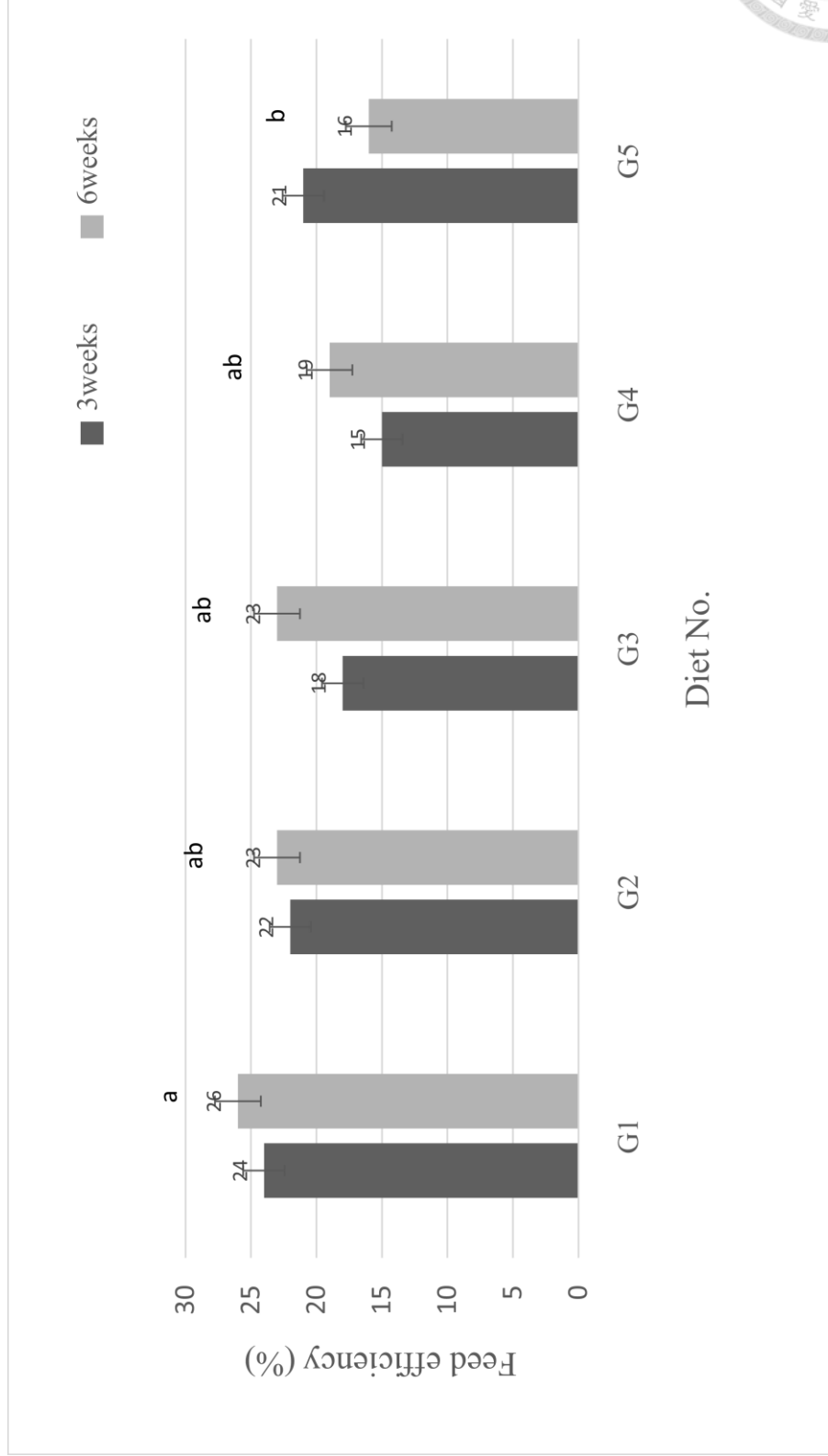


Fig. 3. Feed efficiency of Kikuchi minnow fed with the experimental diets for 3 or 6 weeks.

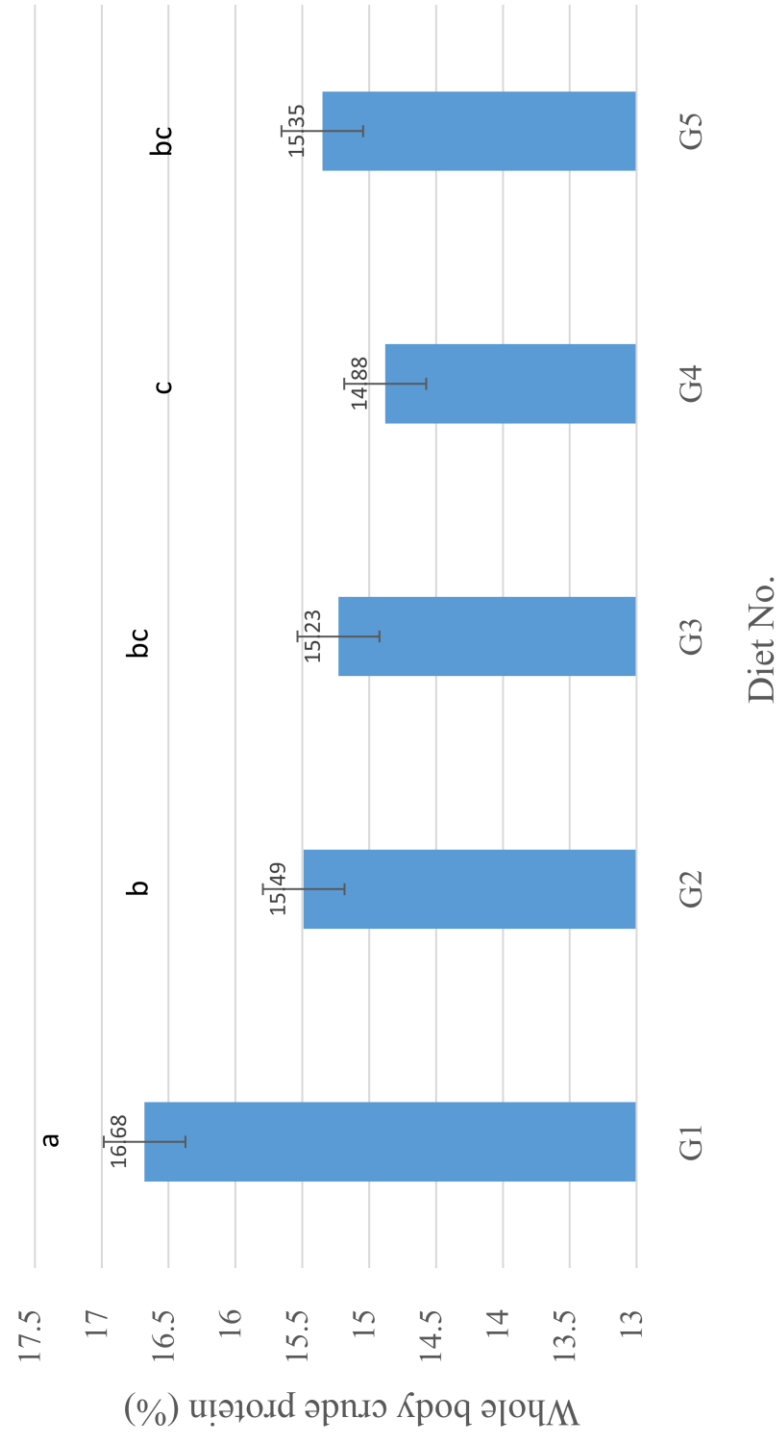


Fig. 4. Crude protein content of whole fish body fed with experimental diet for 6 weeks.



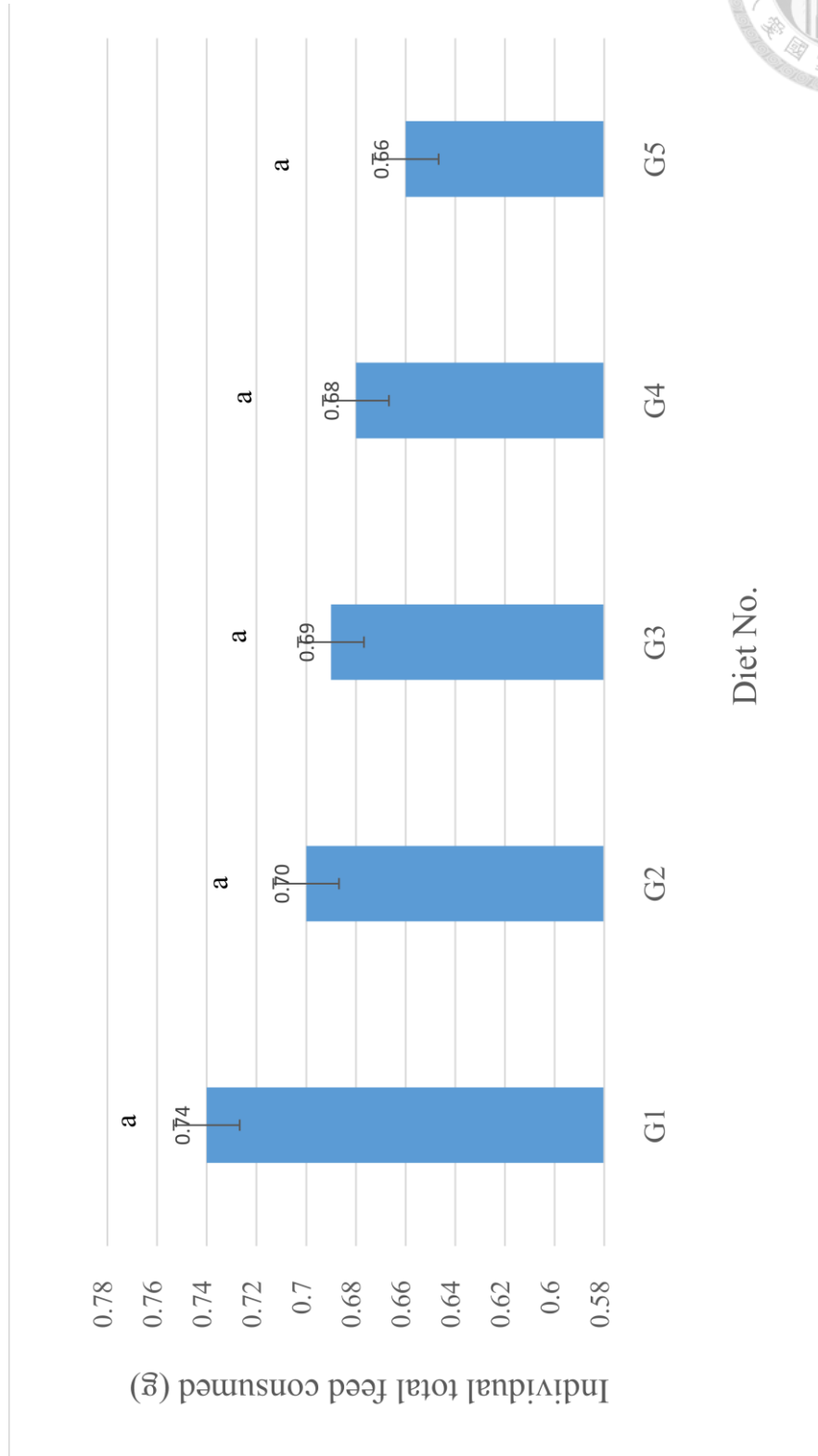


Fig. 5. Individual total feed consumed of Kikuchi minnow fed with the experimental diets for 6 weeks.



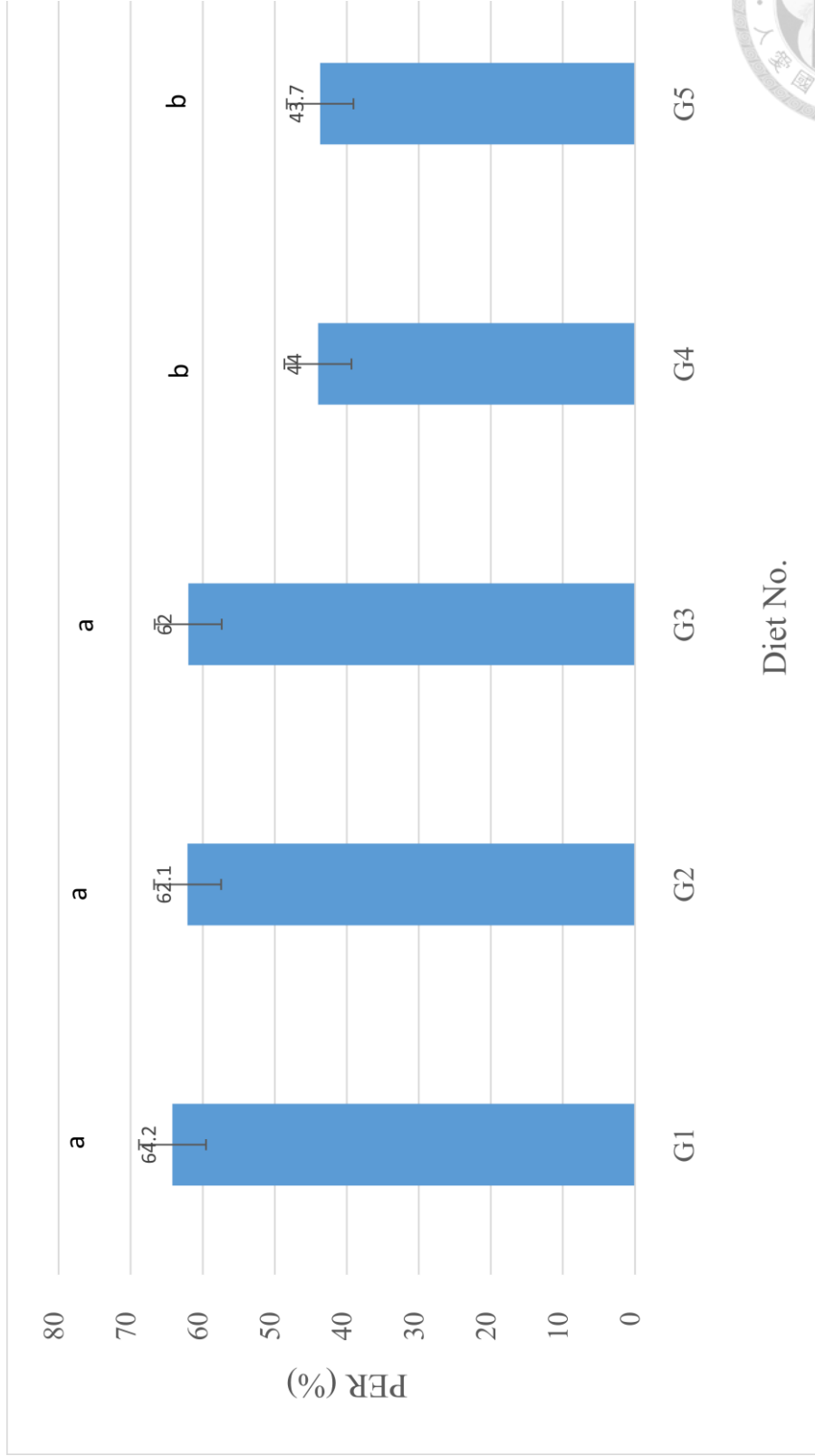


Fig. 6. Protein efficiency rate (PER) of Kikuchi minnow fed with the experimental diets for 6 weeks.

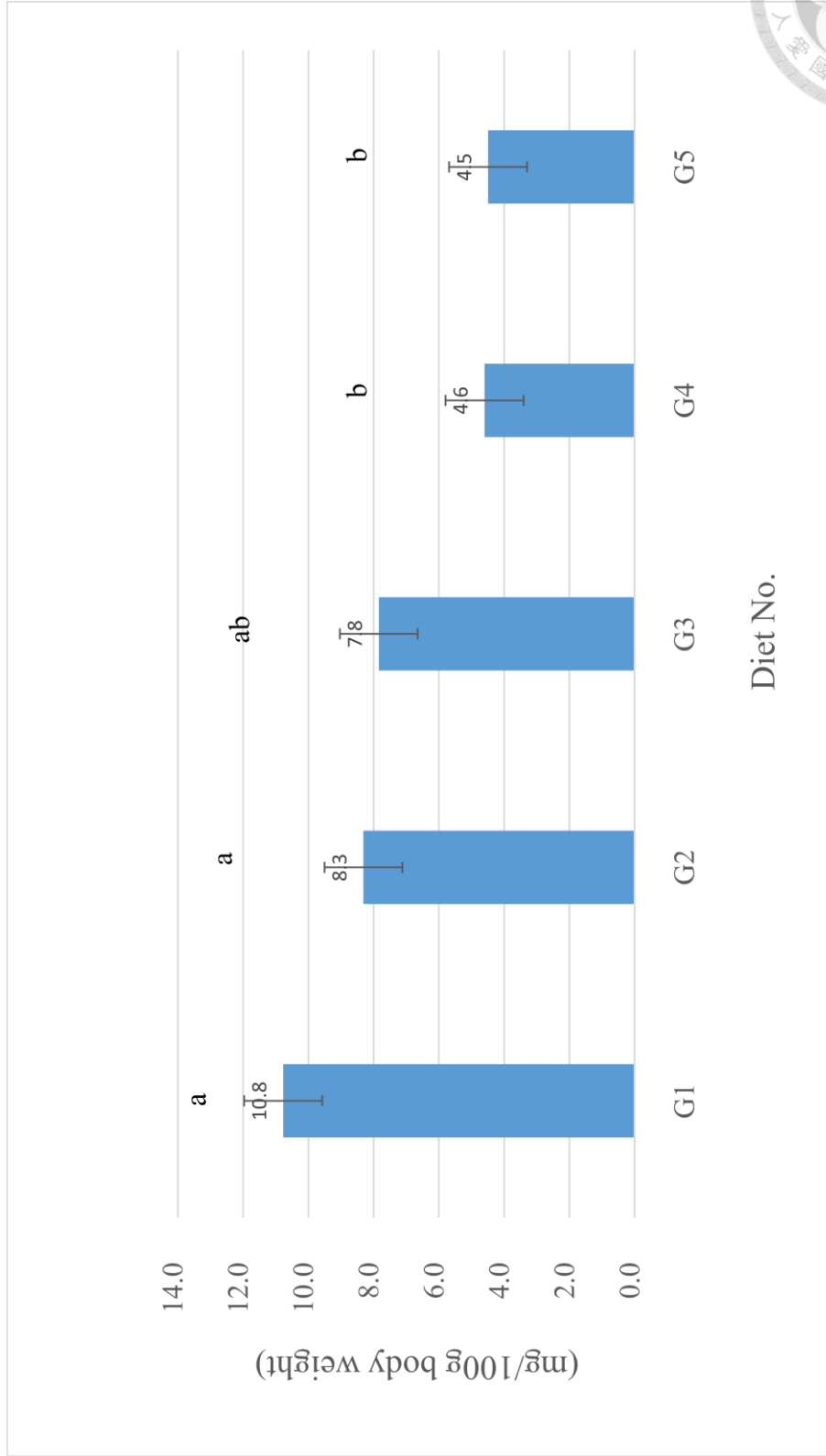
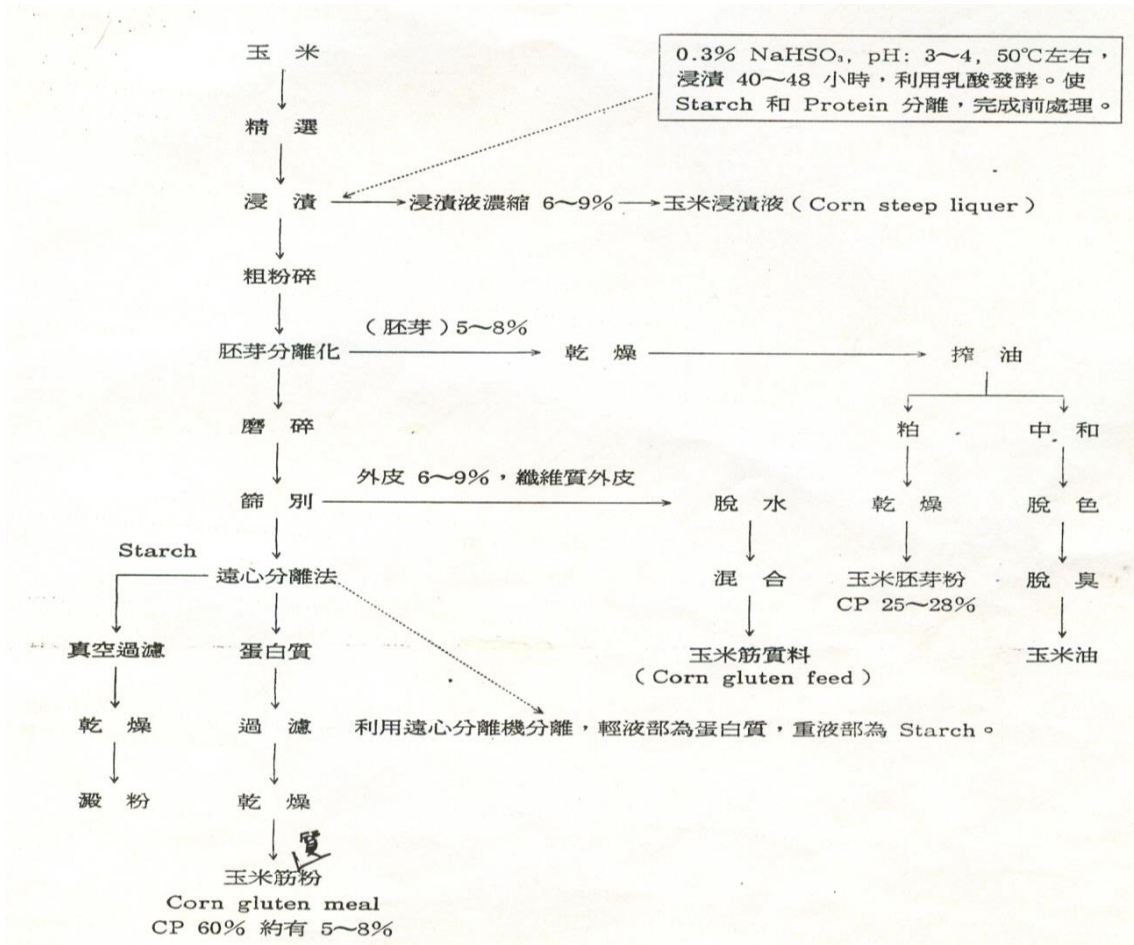
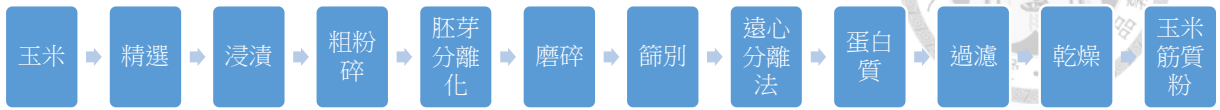


Fig. 7. Daily N increase per hundred gram body weight of Kikuchi minnow fed with the experimental diets for 6 weeks.

附錄:玉米筋質粉製造過程



鄭長義 (1991)