

以種蝦配合飼料取代文蛤鮮餌對促進白蝦母蝦成熟及產卵之影響

曾寶順^{1*}·林明男¹·沈士新²

¹行政院農業委員會水產試驗所 海水繁養殖研究中心

²國立台灣海洋大學 水產養殖學系

摘 要

本試驗比較投餵人工種蝦配合飼料與文蛤肉對白蝦 (*Litopenaeus vannamei*) 母蝦產卵數及卵徑之影響，以了解人工配合飼料取代鮮餌的可行性。白蝦母蝦平均體重 31.2 g，經切除單眼柄，分二組試驗，分別投餵以魚粉 40 % 及烏賊粉 20 % 為主要蛋白源之人工配合飼料及文蛤肉鮮餌。人工種蝦配合飼料乾物中的粗脂質、灰份、總能量、n-3 PUFA、n-6 PUFA 及 n-3/n-6 ratio 均高於文蛤肉中含有的量。試驗 30 天結果，活存率二者皆為 80 %，投餵人工種蝦配合飼料，產卵率為 40 % 及累積脫殼率為 80 % 皆低於投餵文蛤肉的 60 % 及 180 %，但在平均產卵數及卵徑上二者均無差異。因此，在水溫 29 ~ 30 °C、鹽分 30 ~ 33 ppt 條件下，本試驗之種蝦人工配合飼料和文蛤鮮餌對於促進白蝦母蝦成熟有類似的效果。

關鍵詞：白蝦種蝦、種蝦配合飼料、產卵

前 言

目前白蝦 (*Litopenaeus vannamei*) 蝦苗繁殖生產業者，以切除單眼柄來誘導母蝦產卵，並餵食鮮餌催熟，但在成熟、交配、產卵及生產量上並不穩定 (曾等, 2003)，發生種蝦大量死亡，培育生產之蝦苗成長不良或發生病變 (Tu *et al.*, 1999; Yu and Song, 2000)。目前台灣的繁殖場，種蝦催熟餌料主要為小卷 (*Loligo chinensis gray*)、文蛤 (*Meretrix lusoria*)、牡蠣 (*Crassostrea gigas*) 及海蟲 (*Neanthes glandicincta*) 等，雖然生鮮餌料，可改善種蝦的品質及生殖力，但成本價格高，尤其是海蟲每公斤 500 ~ 1000 元。生餌易造成水質污染及病毒傳染的問題，此外還有季節性的變化差異，營養品質不一、貨源不穩定及保存不易的問題 (曾, 2002; 曾等, 2003)。

手島 (1978) 以日本囊對蝦 (*Marsupenaeus japonicus*, 俗稱斑節蝦)、尖額濱對蝦 (*L. setiferus*,

俗稱藍蝦)、北方美對蝦 (*Farfantepenaeus aztecus*) 及粉紅美對蝦 (*F. duorarum*) 為討論對象，強調甲殼類飼料中必需脂肪酸及膽固醇的必要性。Middleditch *et al.* (1979) 以環形動物餵食藍蝦，發現其卵巢中油脂以 C₂₀ 和 C₂₂ 高度不飽和脂肪酸為主。Kayama *et al.* (1980) 指出，甲殼類無法由醋酸鹽或棕櫚酸來合成 20:4n-6、20:5n-3 (EPA) 及 22:6n-3 (DHA) 等 n-6 或 n-3 系列之必需脂肪酸，而 n-3 系列對海洋動物而言，是相當重要的脂肪酸 (Castell and Boghen, 1979)，且高度不飽和脂肪酸必須由飼料中來補充 (Kanazawa *et al.*, 1979)。Middleditch *et al.* (1979) 分析成熟母蝦卵巢中脂質之主要脂肪酸為 EPA 及 DHA 等 polyunsaturated fatty acids (PUFA)。20:4n-6 是前列腺素 (Prostaglandins) 及白三烯素 (Leukotrienes) 的前趨物 (Simopoulos, 1991)，Millamena *et al.* (1984) 認為 PUFA 20:4n-6、EPA 及 DHA 合成與卵巢成熟有關。

Harrison (1990, 1997) 指出，以人工飼料取代鮮餌，具有來源穩定，品質可控制，以及減少污染及疾病的發生等優點，然而也會導致母蝦卵巢成熟率下降，產卵數及卵質較差等問題。Ogle and

*通訊作者 / 台南縣七股鄉三股村海埔四號, TEL: (06) 788-0461; FAX: (06) 788-1597; E-mail: tbs@mail.mrc.tfrin.gov.tw

Table 1 Proximate compositions (% dry weight) of the artificial diet and fresh hard clam meat ($n = 2$)

Composition	Artificial feed ¹	Fresh hard clam meat
Moisture	14.75	79.43 ²
Crude protein	52.74	54.65
Crude lipid	11.40	8.75
Ash	8.88	0.64
Gross energy (Kcal/100 g)	502.2	461.7
P/E ratio (mg protein/Kcal)	105	118

¹Ingredients, fishmeal 40%, squid meal 20%, wheat flour 25%, soybean meal 7.65%, fish oil/corn oil (2:1) 1%, soybean lecithin 1.0%, cholesterol 0.2%, astaxanthin 0.15%, yeast 1.0% Spirulina powder 1.0%, taurine 1.0%, choline 0.5%, Vitamin C 0.5%, vitamin mix 1.0% (thiamin HCl 0.5%; riboflavin 0.8%; niacinamide 2.6%; D-biotin 0.1%; Ca-pantothenate 1.5%; pyridoxine HCl 0.3 %; folic acid 0.5%; inositol 18.1%; ascorbic acid 12.1%; para-aminobenzoic acid 3%; cyanocobalamin 0.1%; BHT 0.1%; α -cellulose 60.3%), and mineral mix 1.0% [calcium carbonate 2.1%; calcium phosphate dibasic 73.5%; citric acid 0.227%; cupric acid 0.046%; ferric acid (16%~17% Fe) 0.558%; magnesium oxide 2.5%; magnesium citrate 0.835%; potassium iodide sulfate 6.8%; sodium chloride 3.06%; sodium phosphate 2.14%; zinc citrate 0.133%; potassium iodine 0.001%; potassium phosphate dibasic 8.1%].

²Fresh hard clam meat (% wet weight).

Beaugez (1991) 比較各種生餌及飼料對白蝦催熟之效果及其嗜口性，其結果依序為豐年蝦 (*Artemia* sp.)、磷蝦 (*Euphausia superba*)、美國海血蟲 (*Glyceria dibranchia*)、牡蠣 (*Crassostrea virginica*)、砂蠶 (*Nereis virens*)、鯷魚 (*Anchoa mitchilli*)、巴拿馬血蟲 (*Americonuphis errsei*)，而人工飼料、海螺 (*Strombus gigas*)、烏賊 (*Lolliguncula brevis*) 則殿後。綜合上述，種蝦人工配合飼料有必要加強研究開發。

本試驗以前置試驗所得結果中成熟率、產卵率、活存率及產卵數等最佳，而總脂質含量 11.4% 的配合飼料為母蝦餌料與新鮮文蛤為對照，分別投飼經單眼柄切除的母蝦，比較對產卵數及卵徑的影響，以了解以合成餌料取代新鮮文蛤為母蝦餌料的可行性。

材料與方法

一、試驗飼料

本試驗飼料是以魚粉 40 % 及烏賊粉 20 % 為主要蛋白源，其中含有螺旋藻 1 %、蝦紅素 0.15 %、膽固醇 0.2 %、卵磷質 1 % 及魚油：玉米油 (2:1)

等配製成種蝦配合飼料 (Table 1)。黏著劑為高筋麵粉，加 40 % 的水攪拌均勻後以擠粒機擠粒，製粒完成後移入 40 °C 烘乾機中，烘乾 24 小時，移至 -20 °C 冰箱中保存，使用時再取出。試驗用文蛤生餌來源，為七股鄉海埔地區所養殖生產，購入後直接存放在 5 °C 冷藏，使用時取出文蛤剖開，並將全部文蛤肉取下，秤重後直接投飼種蝦。

人工種蝦配合飼料與文蛤肉的一般成份組成，樣品經二重複分析，二者之粗蛋白質各為 52.74 及 54.65 %，粗脂質各為 11.4 及 8.75 %、水份各為 14.75 及 79.43 %、灰份各為 8.88 及 0.64 %，總能量各為 502.2 及 461.7 Kcal/100g，P/E ratio 則各為 105 及 118。人工種蝦配合飼料的各項成份含量，除了粗蛋白質、水份及 P/E ratio 外，均高於文蛤肉 (Table 1)。脂肪酸組成，種蝦配合飼料以 16:0 (18.36 %)、18:1n-9 (15.09 %)、18:2n-6 (13.92 %)、20:5n-3 (8.56 %) 及 22:6n-3 (13.22 %) 為主，且其百分率種蝦飼料皆高於文蛤肉，尤其是 18:1n-9、18:2n-6、22:6n-3 之含量較文蛤肉高出 4 ~ 5 倍 (Table 2)，而 18:3n-6 (2.29 %) 及 20:4n-6 (1.73 %) 含量較少，20:3n-6 則未檢出。文蛤肉脂肪酸組成含量高者以 12:0 (47.97 %)、16:0 (11.31 %)、18:3n-6 (7.13 %)、20:5n-3 (5.81 %) 為主。飼料總脂肪酸中

Table 2 Fatty acid composition (% total fatty acids) of the experimental diets ($n = 2$)

Fatty acid	Artificial feed	Fresh hard clam meat
12:0	6.14	47.97
14:0	4.01	1.45
16:0	18.36	11.31
16:1n-7	3.05	2.50
18:0	3.20	3.42
18:1n-9	15.09	3.81
18:2n-6	13.92	2.78
18:3n-6	2.29	7.13
20:1	2.85	2.53
20:2	5.53	1.47
20:3n-6	—	2.29
20:4n-6	1.73	1.29
20:3n-3	—	0.48
20:5n-3	8.56	5.81
22:1n-9	1.09	0.80
22:5n-3	1.00	0.49
22:6n-3	13.22	3.71
Total SFA ¹	31.71	64.94
MUFA ²	20.99	8.84
PUFA ³	46.25	25.45
n-3 PUFA ⁴	22.78	10.49
n-6 PUFA ⁵	17.94	13.49
n-3/n-6 PUFA	1.27	0.78

—: not detectable.

¹Saturated fatty acids.²Monounsaturated fatty acids.³18:2n-6 + 18:3n-6 + 20:3n-6 + 20:3n-3 + 20:2 + 20:4n-6 + 20:5n-3 + 22:5n-3 + 22:6n-3.⁴20:3n-3 + 20:5n-3 + 22:5n-3 + 22:6n-3.⁵18:2n-6 + 18:3n-6 + 20:3n-6 + 20:4n-6.

PUFA (46.25 %)、n-3 PUFA (22.78 %) 及 n-6 PUFA (17.94 %) 含量，n-3/n-6 PUFA 比值 (1.27)，均比文蛤肉高，其中 n-3 PUFA 及 n-6 PUFA 含量較文蛤肉所含高出 1 ~ 2 倍。也就是說種蝦每日攝食 n-3 及 n-6 PUFA 總量，在種蝦飼料組高於文蛤肉組 2.17 及 1.33 倍。

二、試驗方法與設備

試驗系統為圓形 FRP 水槽，底面積 3 m²，各

具有獨立的注、排水及打氣系統，以簡易式循環水系統過濾循環使用，水深保持 60 cm 每槽水量 1500 L，流量 20 L/hr。試驗分二組於室內進行，每組於 2.5 ton FRP 水槽中各放養種蝦 10 尾，平均體重 31.2 g，所有母蝦均切除單眼柄，並在另一眼柄上加以標識 (林與丁, 1986) 後進行試驗。每日投餵種蝦飼料及文蛤肉三次 (8:00、12:00、17:00)，投餵量人工飼料 (乾重) 為蝦體重的 6 ~ 9 %，文蛤肉為 25 ~ 30 % (換算乾重為 6 ~ 9 %)，種蝦已可達

Table 3 Effects of feeding an artificial diet and fresh clam meat on broodstock growth, the spawning rate, fecundity, egg diameter, and survival of unilateral eyestalk-ablated female shrimp ($n=10$)

	Artificial feed	Fresh hard clam meat
Average body weight (g)*	34.72 $\pm$ 0.8	33.40 $\pm$ 0.16
Spawning rate		
First spawning (%)	40	60
Second spawning (%)	10	10
Average fecundity ($\times 10^3$)*	39.89 $\pm$ 4.14	58.46 $\pm$ 9.08
Egg diameter*		
First spawning (μm)	2.65 $\pm$ 0.02	2.68 $\pm$ 0.03
Second spawning (μm)	2.68 $\pm$ 0.03	2.67 $\pm$ 0.02
Survival rate (%)	80.00	80.00

*Not significantly different ($p > 0.05$)

飽食，並隨種蝦攝食情形隨時增減投餵量。水溫控制在 28~29 °C、鹽份調整為 30~33 ppt、光照 200~300 Lux，實驗期間 30 天。

三、卵巢發育產卵觀察

每日觀察卵巢發育，色澤為金黃色或暗紅色，由頭部開始肥大而延至第 6 體節，為成熟達 D 期者 (林等, 1990)，移入 0.5 ton 產卵桶中待產 (以 1 尾 1 桶為原則)，產卵後以體積法計數產卵量。

四、水質測定

水溫 (°C) 以溫度計測量 (標準溫度計校正)。鹽度 (ppt) 以曲折計測量，溶氧 (DO) 以 OXI meter OX196 測量。pH 以 SUNTEX pH meter 測量。Ammonia-N 及 nitrite-N (ppm) 以分光光度計 HITACHI μ -2000 測定。

五、成分分析

(一) 一般成分分析

粗脂肪參照 Floch *et al.* (1957) 的方法，稱取樣品約 1~2 g，二重複分析，以 20 倍氯仿/甲醇 (V:V = 2:1) 溶劑以 1000 rpm 之轉速均質 5min (Vir Tishear Mechanical Homogenizer, Vir Tis, NY, U.S.A)，以東洋二號濾紙過濾至分液漏斗，靜置隔夜分層，取下層液至 100 ml 圓底濃縮瓶，以減壓

濃縮裝置抽去有機溶劑，再以氮氣將溶劑吹乾，秤重得總脂質。

粗蛋白參照 Micro-Kjeldahl method (A.O.A.C., 1984) 的方法，以 Kjelttec system 1007 (Tecator) 測定。能量以 IKA Calorimeter System Mode C2000 測定。水份及灰份參照 A.O.A.C. (1984) 的方法測定。

(二) 脂肪酸分析

取上述分析濃縮之總脂質，經皂化甲酯化後，以氣相色層分析儀 (Gas Chromatography; Trace GC 2000) 進行脂肪酸組成分析，將各樣品所得滯留時間 (retention time, R.T.) 與脂肪酸標準品 (GLC reference standard, Nu-Chek-Prep, 68A, C17:1, C20:5n-3) 之滯留時間比對而得，另以甲酯化的海豹油作為第二標準品。檢測結果由積分儀 (Hitachi d-2500) 計算。

六、統計分析

以單因子變方分析 (one-way ANOVA)，分析是否有差異，顯著水準設為 5%。

結 果

試驗 30 天之結果如 Table 3 所示。投飼種蝦配合飼料的母蝦，第一次產卵的產卵率為 40%，

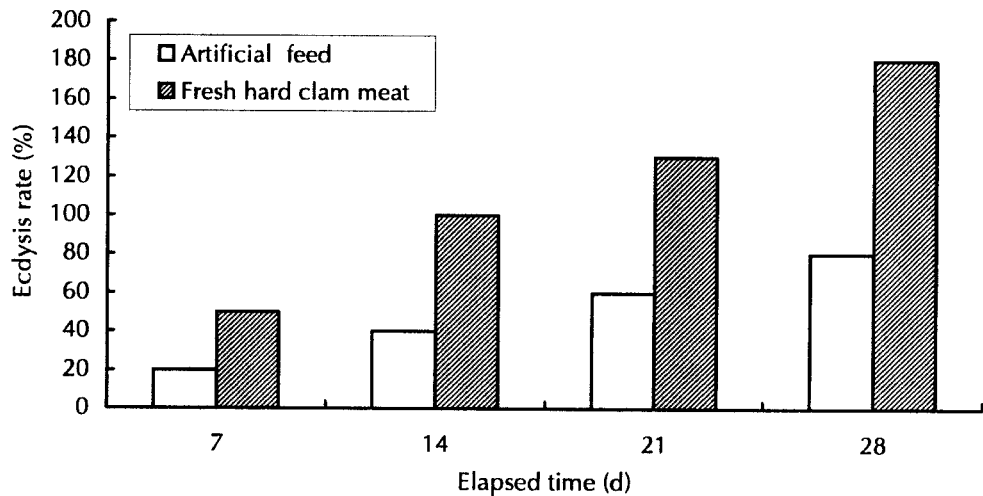


Fig. 1 Cumulative ecdysis rate of unilateral eyestalk-ablated female shrimp fed artificial feed or fresh hard clam meat.

Table 4 Water quality during the growth trial. Mean $\pm$ SE ($n=12$)

	Artificial feed	Fresh hard clam meat
Water temperature ($^{\circ}\text{C}$)	29.41 $\pm$ 0.49	29.50 $\pm$ 0.50
pH	8.19 $\pm$ 0.06	8.17 $\pm$ 0.06
DO (ppm)	7.61 $\pm$ 0.20	7.60 $\pm$ 0.20
Ammonia-N (ppm)	0.06 $\pm$ 0.01	0.07 $\pm$ 0.001
Nitrite-N (ppm)	0.06 $\pm$ 0.02	0.05 $\pm$ 0.01

較文蛤組之 60 % 為低。第二次產卵率，二組相同各均為 10 %，飼料組之平均產卵數 (40×10^3) 雖低於文蛤肉組 (59×10^3)，但並無顯著差異。第一次產卵時的平均卵徑，在投飼種蝦配合飼料組為 $2.65 \mu\text{m}$ ，稍小於文蛤肉組 ($2.68 \mu\text{m}$)，但並無顯著差異。第二次產卵的卵徑上，前者稍高於後者，但亦無顯著差異。試驗結束時，活存率二者相同，皆為 80 %。

單眼柄切除種蝦之累積脫殼率，在第 7 天時，投飼種蝦飼料組為 20 %，並以每 7 天 20 % 的脫殼率累積，至第 14 天僅為 40 %，第 21 天 60 %，至 28 天時為 80 %。投飼文蛤肉的累積脫殼率在第 7 天時為 50 %，第 14 天時已達 100 %，第 21 天 130 %，累積至 28 天時為 180 %，即後者有較高的脫殼頻率 (Fig. 1)。

試驗期間平均水溫 $29 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 、pH $8.17 \sim 8.19$ 、

DO 7.6 ppm、ammonia-N $0.06 \sim 0.07$ ppm 及 nitrite-N $0.05 \sim 0.06$ ppm，均在安全範圍內 (Table 4)。

討 論

本試驗在活存率上二組皆為 80 %，在第一次產卵率、產卵數及卵徑上，飼料組雖低於文蛤組，但無顯著差異 ($p > 0.05$)，第二次產卵率，二者皆 10 %。若由脂肪酸營養組成來比較，飼料在 PUFA 或 n-3 PUFA 組成上較文蛤鮮餌為佳，而使用人工飼料對白蝦種蝦的催熟產卵也無不良影響。此顯示人工飼料作為白蝦種蝦催熟飼料有近似文蛤鮮餌的效果。

Bray *et al.* (1990a) 調查市售的種蝦人工飼料的總油脂量平均為 10 %，最高為 14 %。Sheen *et al.* (1994) 認為對蝦脂質需求量为 8 ~ 11 %。白蝦飼料

中油脂含量增加至 20% 時，成長及活存皆有下降的現象 (Andrews and Sick, 1972)。以粉末烏賊油添加於飼料中餵食斑節蝦，當油脂添加量從 8% 增加至 16% 時，增重率反而降低 (Kanazawa *et al.*, 1977)；油脂添加到 12% 時，淡水蝦成長會下降 (Sheen and D'Abramo, 1991)。顯示高油脂飼料最後可能造成營養上的缺失 (D'Abramo, 1997)。本試驗以飼料及文蛤鮮餌，投餵種蝦 30 天，其活存率、產卵數及卵徑上無差異，其總油脂含量分別為 11.4% 及 8.75% 與 Sheen *et al.* (1994) 及 Bray *et al.* (1990a) 建議的範圍相近。

Kayama *et al.* (1980) 指出，甲殼類無法由醋酸鹽或棕櫚酸來合成 20:4n-6、20:5n-3 (EPA) 及 22:6n-3 (DHA) 等 n-6 或 n-3 系列之必需脂肪酸，而 n-3 系列對海洋動物而言，是相當重要的脂肪酸 (Castell and Boghen, 1979)，而高度不飽和脂肪酸必須由飼料中來補充 (Kanazawa *et al.*, 1979)。Lytle *et al.* (1990) 指出，飼料中 n-3 及 n-6 脂肪酸含量越接近 (比值為 1)，且 20:5n-3 及 22:6n-3 含量高，則 20:4n-6 會有適當的比率出現在飼料中。Simopoulos (1991) 指出，20:4n-6 是一些激素，如前列腺素、白三烯素的前趨物質，也是甲殼類生殖腺上一個重要的前趨物，能藉由生合成轉換成前列腺素 (Middleditch *et al.*, 1979)。從脂肪酸的組成來看，本試驗的人工飼料含有 EPA (8.56%)、DHA (13.22%) 及 20:4n-6 (1.73%) 成分，較文蛤肉之含量為高，其中 n-3 PUFA 及 n-6 PUFA 含量較文蛤肉高出 1~2 倍，種蝦每日攝食總量，高於文蛤肉 2.17 及 1.33 倍，若持續使用人工飼料，可能較單用文蛤投餵為優，但種蝦完成生殖活動，可能需要多種營養，非僅由脂肪酸所決定。

本試驗剪眼柄母蝦攝食文蛤肉組，其累積脫殼率明顯比種蝦飼料組為高，Lin (1989) 認為剪單眼柄的母蝦，有的需先脫殼才會成熟產卵，文蛤肉組脫殼頻率高，但其第二次產卵率比第一次下降 50% (由 60% 下降為 10%)，下降幅度高於配合飼料的 30% (由 40% 下降為 10%)，因此長期投飼文蛤肉，也不見得均有好的結果。Wouters *et al.* (2001) 指出，投飼鮮餌雖有較好的催熟、產卵效果，但僅投飼單一鮮餌的效果並不好；Bray *et al.* (1990b) 以烏賊 40% 及人工飼料 60% 投餵藍蝦種蝦，得到不錯的效果。由本試驗結果，產卵率、活存率及卵徑

上，均無顯著差異來觀察，本試驗的配合飼料，可得到近似文蛤肉，來作為白蝦種蝦催熟飼料的效果，若兩者混合使用，則營養上可能會有互補的效果。

謝 辭

農委會經費補助計畫編號：91 農科 3.1.1-水-A3。感謝陳忠雄、葉俊億、邱靜山先生在現場及採樣測定工作上的協助。

參考文獻

- 手島新一 (1978) 甲殼類の必須脂肪酸とステロールの必要性。養魚と飼料脂質，水產學シリーズ 22，日本水產學會編，恒星社厚生閣，60-77。
- 林明男，丁雲源 (1986) 蝦類標識改進。台灣省水產試驗所試驗報告，41: 208-212。
- 林明男，丁雲源，曾寶順，劉熾揚 (1990) 塭種蝦培育研究-白蝦第三子代之育成。台灣水產學會刊，17(2): 125-132。
- 曾寶順 (2002) 白腳蝦種蝦育成飼料之開發 - 添加不同油脂含量的影響。國立臺灣海洋大學水產養殖學系研究所 碩士論文，113 pp。
- 曾寶順，林明男，丁雲源 (2003) 室內立體養蝦系統培育白蝦種蝦研究。海水繁養殖研究，1(1): 1-9。
- Andrews, J. W. and L. V. Sick (1972) Studies on the nutritional requirements of penaeid shrimp. Proc. World Maricult. Soc., 3: 403-414。
- A.O.A.C. (Association of Official Analysis Chemists) (1984) Official Methods of Analysis, 14th edition, AOAC, Arlington, VA, 1141 pp。
- Bray, W. A., A. L. Lawrence and J. R. Leung-Trujillo (1990a) Reproductive performance of ablated *Penaeus stylirostris* fed a soy lecithin supplement. Aquaculture, 20: 19A (abstract)。
- Bray, W. A., A. L. Lawrence and L. J. Lester (1990b) Reproduction of eyestalk-ablated *Penaeus stylirostris* fed various levels of total dietary lipid. Aquaculture, 21: 41-52。
- Castell, J. D. and A. D. Boghen (1979) Fatty acid metabolism in juvenile lobsters (*Homarus americanus*) fed a diet low in methionine and histidine. Proc. World Maricult. Soc., 10: 720-727。

- D'Abramo, L. R. (1997) Triacylglycerol and fatty acid. In Crustacean Nutrition (E. Halver ed.), Vol. 6, World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, 71-84.
- Floch, J., M. Lees and C. H. S. Stanely (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 226: 477-509.
- Harrison, K. E. (1990) The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapod crustaceans: a review. J. Shellfish Res., 9: 1-28.
- Harrison, K. E. (1997) Broodstock nutrition and maturation diets. In Crustacean Nutrition (L. R. D'Abramo, D. E. Conklin, D. M. Akiyama, eds.), Advances in World Aquaculture, World Aquacult. Soc., 390-408.
- Kanazawa, A. and S. I. Teshima (1977) Biosynthesis of fatty acid from acetate in the prawn, *Penaeus japonicus*. Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ., 26: 49-53.
- Kanazawa, A., S. I. Teshima and K. One (1979) Relationship between essential fatty acid requirements of aquatic animals and the capacity for bioconversion of linoenic acid to highly unsaturated fatty acids. Comp. Biochem. Physiol., 63(B): 295-298.
- Kayama, M., M. Hirata, A. Kanazawa, S. Tokiwa and M. Saito (1980) Essential fatty acids in the diet of prawn – III. Lipid metabolism and fatty acid composition. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 46: 483-488.
- Lin, M. N. (1989) Studies on artificial insemination by transplanting spermatophore and vas deferens in penaeid shrimps. Dr. Agric. Disser., Univ. Tokyo, Japan, 94 pp.
- Lytle, J. S., T. F. Lytl and J. Ogle (1990) Polyunsaturated fatty acid profiles as a comparative tool in assessing maturation diets of *Penaeus vannamei*. Aquaculture, 89: 287-299.
- Middleditch, B. S., S. R. Missler, D. R. Ward, J. P. McVey, A. Brown and A. L. Lawrence (1979) Maturation of penaeid shrimp : Dietary fatty acids. Proc. World Maricult. Soc., 10: 472-476.
- Millamena, O. M., M. R. Pudadera and M. R. Catacutan (1984) Variation in tissue lipid content and fatty acid composition during ovarian maturation of unablated & ablated *Penaeus monodon* broodstock. SEAFDEC, Iloilo City (Philippines), Oct. 1985, 166 (abstract).
- Ogle, J. T. and K. Beaugez (1991) Food preference of *Penaeus vannamei*. Gulf Res. Reports, 8: 291-294.
- Sheen, S. S. and L. R. D'Abramo (1991) Response of juvenile freshwater prawn *Macorbrachium rosenbergii* to different levels of a cold liver oil/corn oil mixture in a semipurified diet. Aquaculture, 93: 121-134.
- Sheen, S. S., S. J. Chen and Y. S. Huang (1994) Effect of dietary lipid on tiger prawn. J. Fish. Soc. Taiwan, 21: 205-213.
- Simopoulos, A. P. (1991) Omega-3 fatty acid in health and disease of the channel catfish, *Ictalurus punctatus* Rafinesque. Res. Immunol., 145: 689-692.
- Tu, C., H. T. Huang, S. H. Chuang, J. P. Hsu, S. T. Kuo, N. J. Li, T. L. Hsu, M. C. Li and S. Y. Lin (1999) Taura syndrome in Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* cultured in Taiwan, Dis. of Aquat. Org., 38: 159-161.
- Wouters, R., P. Lavens, J. Nieto and P. Sorgeloos (2001) Penaeid shrimp broodstock nutrition: an updated review on research and development. Aquaculture, 202: 1-21.
- Yu, C. I. and Y. L. Song (2000) Outbreaks of Taura syndrome in Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* cultured in Taiwan, Fish Pathol., 35: 21-24.

Feasibility of Replacing Fresh Hard Clam Meat with an Artificial Feed to Improve the Maturation and Spawning of Broodstock White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

Bao-Shuenn Tzeng^{1*}, Min-Nan Lin¹ and Shyn-Shin Sheen²

¹Mariculture Research Center, Fisheries Research Institute

²Department of Aquaculture, National Taiwan Ocean University

ABSTRACT

This study was conducted to determine whether it is feasible to replace fresh hard clam meat with artificial feed for broodstock of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). The initial female broodstock with one eyestalk removed were 31.2 g on average. These were divided into two groups. One group was fed artificial feed that contained 40% fishmeal and 20% squid meal as the major protein sources. The other group was fed fresh hard clam meat. Compared with the hard clam meat group, the artificial feed group contained higher levels of crude lipids, ash, gross energy, n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA), n-6 PUFA, and the n-3/n-6 ratio. There was no significant differences ($p > 0.05$) in egg numbers or egg diameters between the two groups. However, the spawning rate and the accumulated ecdysis rate of the broodstock fed the artificial feed were 40% and 80%, respectively, which were lower than those of the broodstock fed the hard clam meat (60% and 180%, respectively). The survival of both groups was 80% during the 30-d study. The results indicate that it is possible to replace fresh hard clam meat with artificial feed to achieve maturation and spawning for unilateral eyestalk-ablated female broodstock of white shrimp reared initially at 29~30 °C and 30~33 ppt salinity.

Key words: *Litopenaeus vannamei*, artificial feed, spawning

*Correspondence: Mariculture Research Center, Fisheries Research Institute, Chigu, Tainan, Taiwan. TEL: (06) 788-0461; FAX: (06) 788-1597; E-mail: tbs@mail.mrc.tfrin.gov.tw