



鮑魚人工飼料

發展的回顧與前瞻 (3)

●吳萃慧·沈士新
國立臺灣海洋大學水產養殖系

2.1.5 能量與碳水化合物來源

鮑魚的天然食物含有 40~50% 的碳水化合物，並且鮑魚具有多種可水解複雜碳水化合物的酵素，因此其人工飼料中能量的來源便以碳水化合物為

主，佔 30~60% 飼料總量。Taylor 1994 年發現在 *H. kamtschatkana* 體內脂質及碳水化合物都可作為蛋白質的節約物質，因此在人工飼料中這兩者都可很有效率地作為能量來源，使

得飼料的供給與成本可以著重在其他養份來源的選擇上。麥粉、玉米粉、黃豆粉、玉米或稻米澱粉都是便宜的能量來源，對許多鮑魚飼料而言，澱粉是重要的能量來源及黏著劑。

除了鮑魚利用廣泛能量來源的能力外，目前尚無一套有效的系統可以測定出用於人工飼料中各成份的能量濃度。飼料成份的總能量並不能反應出鮑魚消化那些能量的能力，因此容易高估飼料可提供的能量。目前唯一討論過鮑魚人工飼料可被消化的能量含量的文獻僅有 Gorfine 1991 年的研究，他的飼料含有 15kJg^{-1} 的能量。假設一隻 25 克的動物每日攝取 2% 體重的食物，它每天則必須消耗 8 kJ 的能量。以軟體動物而言，鮑魚的代謝率很低，因此能量需求量也低。Fleming 1991 年的研究指出一隻 25 克重的 *H. rubra* 在 18°C 時每日必須消耗 0.2~0.3 kJ 的能量以維持正常活動。而它嗜食的藻類 (*Jeannercellia lobata*) 每日可以提供 1.2 kJ 可消化吸收的能量 (或每日 2 kJ 的總能)。Yamasaki 1991 年也計算過當 *H. discus* 及 *H. dis-*

cus hannai (35 ~ 40mm) 以褐藻飼料時，兩者每日分別可攝入 0.3 及 0.7kJ 的總能，其攝入量會隨溫度改變。假設 Gorfinc 飼料的可消化能量與其他飼料的相似，則表示飼料中的能量含量超出了合成動物體組織所需的量。這些過剩的能量可能轉換成肝糖貯存在鮑魚足部組織，增加足部肌肉的美味，此外飼料過多的能量也可能導致蛋白質的低利用率而減少攝食量。由此可知，人工飼料中很多能量都被浪費掉了。

2.1.6 維生素與礦物質

因為鮑魚對維生素與礦物質需求量的資料無跡可循，所以在 Uki 等人 1985 年的試驗飼料中維生素及礦物質的含量是以鯉魚及虹鱒的需求量為依據。Uki 及 Watanabe 1992 年以 0 ~ 16% 不同含量的礦物質混入飼料中餵飼鮑魚，結果發現鮑魚在 8% 礦物質含量時可達到最佳成長，但是他們在爾後的試驗飼料中僅加入 4% 礦物質以解決飼料粒溶解的問題。另外，他們的飼料也參考鯉魚配方，添加氯化膽鹼作為維生素來源。維生素 E 添加在脂質混合物中以維持飼料

脂質的完整性（1% 的脂質）。維生素添加總量約是 1.5% 總飼料重。

因為缺乏有關鮑魚飼料最佳維生素與礦物質需求量的研究，所以自 Uki 的試驗之後，其他研究都以表五的配方作參考去調配其含量。NNKKK 公司聲稱他們曾調查鮑魚對維生素與礦物質的需求量，但一般認為這些資料僅可作為參考值。Chung 等人 1994 年的研究也採用 Halver 的配方。NNKKK 公司飼料中的維生素與礦物質比例與 Uki 的十分相似，表示這些比例應與鮑魚的需求量十分吻合。紐西蘭 Promak Technology 公司的添加比例比上述各公司的都低，原因是他們添加的維生素與礦物質都是高度濃縮的。澳洲 Frdc/CRC 合作社研究室的飼料採用 1.5% 的維生素與礦物質混合配方（Uki 等人 1985 年的配方），即 1% 的維生素 C、0.005% 的維生素 E 及 0.2% 的硫酸鈣作為藻酸鈉（sodium alginate）的催化劑。他們也同時試驗人工飼料添加鈣及磷的影響。

維生素 C 被公認是飼料中

一項重要的成份，而鮑魚維生素 C 的需求量由許多研究團體研究中。Uki 等人 1985 年的試驗飼料配方中含有 0.3% 的抗壞血酸。最近許多飼料中維生素 C 的含量差異很大，美國 Terminal Island Aquaculture 公司的鮑魚飼料配方含 0.1% 的維生素 C，而 FRDC/CRC 的飼料則含 1%。

2.1.7 攝食刺激物質及誘引物質

許多鮑魚研究者曾設法在飼料中添加攝食刺激物質以增加攝食率及成長率。其中藻類是最普遍添加的物質，其有效性在不同的報告中有不同的結果。Uki 等人在 1985 年以 3% 的昆布（*Larminaria japonica*）加入 *H. discus hannai* 的試驗飼料中，結果攝食率改進了，但是成長率卻沒有明顯的改善。他們的試驗飼料中含有 20% 的藻酸鈉（也是一種攝食誘引物質），也許是藻酸鈉遮蔽了藻類的效果。NNKKK 公司以海草粉來增加攝食量；中國大陸的 Z.-Q. Nie 聲稱他曾用褐藻或紅藻加入他調配的飼料，而配方隨鮑魚種類及特殊用途而異。相反地，澳洲 Marine Science Laborato-

ries 發現在餵飼 *H. rubra* 時多加 5% 它們嗜食的紅藻之後，鮑魚並沒有特別增加攝食量，所以他們並沒有在最終的飼料配方中添加額外的藻類。值得一提的是他們發現飼料中添加 Tarcma A 40 (粉狀 *Larminaria hyrborca*) 作為黏著劑，可使鮑魚的攝食量增大。南非 Rhodes 大學在試驗初期也用乾昆布添加在 *H. midac* 的飼料中，但發現效用不大。美國 Terminal Island Aquaculture 公司指出飼料中若添加 20% 以下的巨昆布 (*Macrocystis* sp.)，對 *H. rufescens* 及 *H. fulgens* 的攝食量沒有多大的影響，添加至 40% 時，攝食量卻降低。

味美的成份添加在飼料中除了為增加攝食效果之外，僅有少數研究者認為是具有實用及經濟性的可行作法。Britz 的口述資料及 Uki 與 Watanabe 1986 年的研究中都顯示作為蛋白質來源的魚粉 (尤其是冷凍乾燥的) 似乎比酪蛋白來得味美。Viana 等人 1984 年以不同口味的飼料成份試驗鮑魚被吸引的程度，發現中和後的鮑魚內臟溶漿及魚溶漿誘引 *H. fulgens* 的效果很好，

這是因為這些溶漿可溶性蛋白質及游離胺基酸的釋出。然而這兩種溶漿的刺激攝食效果 (依據鮑魚刮食次數而定) 並不如黃豆、玉米、魚粉及昆布粉來得好。他們認為混合這些誘引及刺激攝餌成份可能改善飼料的接受度。鮑魚在養殖池中可能不太容易有效地藉由誘引物質辨認食物的位置，因為養殖池中水流快速而且方向不定。儘管如此，如果這些誘引物質能夠在水中定位，鮑魚仍可能藉由這些物質的刺激而找到食物。

Harata 及其同事曾廣泛地研究 *H. discus* 的攝食誘引物質，這些物質包括藻類、市面上可取得的全蛋白質、核酸類化合物、胺基酸及胺類物質及一些胺基酸的綜合作用。他們發現鮑魚通常最容易被某些蛋白質、胺基酸、脂質、胺基物質及胺物質所吸引，而一些非揮發性胺基物質、胺基酸 (胺類) 及蛋白質的綜合作用比它們單獨使用時的誘引效果更好。胺基物質混合劑的親和力在其他腹足類動物、蝦類及魚類的作用也被研究過，蛋白質類及其相關物質對鮑魚及其他許多海洋動物顯然是最有效的

誘引物質。近年來，Harata 曾試驗一些新的誘引成份，例如香料及香草，他發現這些物質在飼料中可能也有抗微生物及防腐的功能。這些較具誘引效果的物質包括具香氣的香料如大茴香、羅勒、香菜、marjoram、薄荷，具辛辣味的香料如黑胡椒及芥末，及修正或覆蓋味道的香料如洋蔥及萊沃那那 (orcorgano)。Marjoram 具有很強的誘引效果而且可在很低的濃度即有作用。可惜 Harata 尚未將這些物質加進飼料中試驗它們對增加鮑魚攝餌量的效果，但是他表示具辛辣味的香料 (黑胡椒及芥末) 除了具有防腐的效果之外，也有明顯的誘引及刺激攝餌的潛力。洋蔥似乎也有類似的特質。紐西蘭 Promak Technology 公司指出他們所試驗的香料具有明顯的促進攝食效果，並且已添加在他們的飼料產品。Sakata 等人則針對藻類中的刺激攝餌化學物質作廣泛的研究。他們已確定一些藻類中含可刺激 *H. discus hannai* 攝食的醯脂質。一些市面上可取得的脂質也可以試驗添右在飼料中對改善鮑魚攝食的效果。

2.1.8 黏著劑與飼料溶失問題

水產生物飼料與一般陸地牲畜飼料不同的地方在於這些飼料需要一個維繫飼料營養成份的包覆物質，即黏著劑，這種包覆物質對於緩食性水產生物如鮑魚尤其重要，它可將水溶性的養份保持在飼料中或食物顆料中，使這些顆粒至少可在水中完整地保持2天以上。因此鮑魚人工飼料的膠著物質配方是最保密的而且常有裁利保護，此外由膠質物特性決定的飼料顆粒大小及它的製造過程也是機密性的。

飼料中膠著物質含量要均衡調配以達到足夠水中穩定性，而適當的硬度也是重要的，以免鮑魚因為飼料太硬而無法攝食。Gorfinc 1991年以2~8%藻膠作膠著劑增加人工飼料的硬度，結果發現鮑魚攝食量增加了。他表示以商業用的 Taramel A40 作膠著劑的飼料比以 Protateck BF 120 IMP 或動物膠 (gelatin) 的攝餌效果更好。

Taramel A40 是由褐藻 *Laminaria hyrborca* 製成，粒度小於 $420\ \mu\text{m}$ ，蛋白質含量9~11%。Protateck BF 120 IMP 是一種半純化的藻酸鈉，由褐藻 *Ascophyllum nodosum*

製成，蛋白質含量5~8%。UKi 等人1985年也發現當飼料藻酸鈉含量由30%增加至50%時，*H. discus hannai* 的攝食量降低了。藻酸鈉的膠著性質在水產飼料中已被廣泛地探討過，但它在飼料中若作為主要的膠著物質（最高20%）則成本太高。很多飼料商品都不含藻酸（或藻膠）或僅含微量以作為攝食誘引物質，但是一種 Dalian Bilong Scafood Co. Ltd. 的飼料及一種韓國飼料卻都以藻酸鈉作為主要膠著物質。美國 Zeigler Bros. Ltd. 公司的水產飼料目前是以膠質 (gels) 去製作模擬昆布感的飼料，這種飼料在水中的穩定性高，可經久不散。

很多公司正在研究陸生植物的澱粉及麵筋的膠著特性，這些公司包括 NNKKK、Promak Technology Ltd.、Deakin 大學、Sea Plant Products Ltd.、Cosmo Ventures Inc. (表四)。Gels 雖然多用來膠著試驗性的飼料，但它們在商用飼料上卻不具經濟上的價格。NNKKK 公司表示他們的膠體配方是保密的，僅透露含高麵筋

比例的麵粉是主要的成份。他們的飼料極有可能也添加了純麵筋，他們的試驗飼料配方含有10~15%的玉米筋粉。紐西蘭 Promak Technology 所用的膠著劑也是保密的但是他們表示飼料是以澱粉膠體 (gelation)、蛋白質及兩者交互連結，以及利用纖維定位及膠球硬化作用製成的。

有些研究團體利用藻酸及麵粉的混合物膠結他們的試驗飼料 (表四)。Knauer et al, 1993 年試驗了各種不同膠著劑的溶解性，並比較他們在水中的穩定性，這些膠著劑包括藻酸類物質、藻膠及幾丁質 (gelatin)。澳洲 FRDC/CRC 合作社研究室已發展出一種利用澱粉及藻酸特性的膠結方法，他們目前是用33.5%的精粒小麥粉及0.8%的藻酸鈉作原料。藻酸鈉以水及粗粒小麥粉混合後與油一起加入乾的飼料成份中，之後加入0.2%硫酸鈣作為藻酸鈉迅速膠結混合物的催化劑。最後飼料團狀物迅速地被送入製粒機 (extruder) 以免膠結太快而形成一個大硬塊。

2.2 目前人工飼料穩定性

2.2.1 水中穩定性

飼料顆粒的穩定性是指黏著物質或包覆物在海水中的穩定性，且其穩定性依膠著物的成份、顆粒大小及製作處理程序而異，而這些因子也是飼料公司及研究團體保密的資料。

鮑魚飼料的平均穩定性大約是 2 ~ 3 天，而 Promak Technology Ltd. 的飼料據稱可以維持 4 ~ 7 天。目前尚未有研究報告指出飼料穩定性是如何測量及它被測量時的條件為何（例如溫度、溶氧量及水流狀況）。穩定性目前最好的表達方式是以剩餘的飼料乾重百分率除以入水的試驗時間。Knaucr 等人 1993 年比較 *H. midas* 幼生（5 ~ 10mm）不同膠結物質飼料的穩定性，他們測驗五種膠酸物質，藻膠、動物膠及這些物質的混合物的穩定性，而其測試的境況為 4 L/min 溶氧量、18℃ 及 0.41 L/min 的水流強度。以 2% 藻酸膠結的飼料水中穩定性最羊，僅 6 小時即流失 50% 的乾重；反之，以 20% 動物膠作膠

結的飼料在 6 小時內穩定性很好，但之後即迅速喪失穩定性；以 13.5% 的藻膠黏結的飼料在 6 小時內大約流失了 30% 的飼重量，之後大約可維持 24 小時重量不變，而以藻膠及動物膠混合黏結（1 : 3 比例）製成的飼料則可改善穩定性，6 小時內僅有 20% 的飼料乾重流失而在 24 小時之內流失 30%。在降低成本的同時也應進一步調整飼料中黏著劑成份的比例及濃度以改善水中穩定性。南非 Rhodes 大學 P. Britx 1994 年口頭表示，他們最初用螺旋藻及維生素與礦物質混和物一起添加至試驗飼料時，養份流失很嚴重，但現在在盛水的燒杯中試驗時，24 小時內流失量已減少至 1.5% 原重量。

試驗水中穩定度時，環境因子必須模擬商業化養殖環境的水溫、溶氧量及水流等資料。理論上，商業的飼料公司應提供他們飼料在各種環境條件下（溫度、溶氧量、水中流失成程度）的水中穩定性資料。

2.2.2 養份的溶失與微膠囊包粒法（microencapsulation）

溶解流失作用，是指飼料中

養份的溶解或流失，並與黏著劑或包覆物的瓦解或流失相呼應。在生物學上，顯著的溶解可能不會伴隨飼料重要明顯的改變，而少量必須養份的流失或許不會改變飼料的原重量，但會使飼料的養份失衡。理想上，要正確地測量養份的溶失量，唯有在實際的養殖環境下，比較飼料顆粒中浸水後與浸水前某些特定營養成份的差異。

養份的溶失可經由飼料的顯微包粒過程（一種膠結技術）及經由某些製作過程來控制，其中水溶性維生素的溶失情形最受到關鑒。NNKKK 公司表示他們已可檢驗他們飼料中維他命流失的情形，但並未指出如何控制它。而 N. Uki 1994 年口頭表示日本飼料一般以加熱處理來減少養份流失。NNKKK 在飼料製作過程中以 120 ~ 130℃ 加熱飼料。顯微包粒過程是近年來二枚貝類、淡水蝦類及魚類營養師所重視的一種技術，將飼料養份由可消化的膠囊包覆，或將它們粒狀包覆黏結起來，可大大減少成份的溶失及細菌的分解。在二枚貝類養殖上顯微膠囊可以製成很小的尺寸（2 μ m）並且

可以包覆特殊的養份或完整的飼料。Southagata等1992年指出很多研究顯示二枚貝類可以很容易地攝取飼料中所添加的微膠囊包裝維生素，放射追蹤金屬元素、蛋白質、脂質或必須胺基酸等物質，但他們也表示這些微膠囊要成為飼料商品的主流還有一段路要走，到目前為止還沒有任何研究曾利用顯微包粒法來減少商用飼料的溶失量。Uki et al, 1985年曾指出控制維生素溶失的重要性，並且利用纖維素及棕櫚酸（palmitic acid）作為顯微飼料的材料；在加拿大，B. Taylor 1994年口頭表示她曾利用Landon及Bolton 1984年所

敘述以 Atlantic Menhaden oil、ethyl cellulose 及 Carboxymethyl cellulose 製成脂質材質膠囊飼料的方法包被游離胺基酸運用在她的試驗中。鮑魚因種類不同而有不同的消化纖維素能力，故目標鮑魚消化纖維素的能力必須先被確認出來。維生素C則已有防止溶止及細菌分解的包埋產品，並且廣為飼料調配者所使用。

2.2.3 飼料的分解

在養殖系統中採用人工飼料的一大障礙就是飼料的分解及爾後在水中快速惡化的問題。以肉類或魚粉為主的飼料特別容易分

解，尤其是在溫水中。目前許多人工飼料中魚粉的添加量可高達55%，而上述問題應該是許多飼料調配者所應關注的。確定引起食物分解的機制是很重要的，食物分解的機制可能是由於食物中的蛋白質一般很容易招引細菌侵入，或是因為食物中的脂質容易被氧化。如果食物腐敗的原因是前者，則如Harata 1992年所敘述，添加天然防腐劑可以減緩分解的速率，或是可將飼料中肉粉的量保持在一定添加值之下。脂質氧化的問題可由增加維生素E的量來解決。◆

（下期待續）

實用石斑魚養殖

●黃貴民 / 編著

為了讓養殖業者能簡易了解實用石斑魚養殖相關訊息，高雄海洋技術學院水產養殖系黃貴民教師，針對石斑魚之種類、生態習性、繁殖技術、養殖方式、飼料營養以務實經驗，蒐集國內外相關資料撰文彙集成冊，並配合語音光碟互動方式，冀期對全省養殖漁業生產區在生產與管理方面有所助益。

（內附彩色照片68張、語音光碟片1）

每本500元

購書請利用郵撥01010320號 鄭煥生帳戶

養魚世界雜誌社

100 台北市汀州路1段318號7樓

電話：02-23036525 傳真：02-23098929

E-mail/pitaya@ms29.hinet.net

（購書總金額在499元以下請附加30元郵資，500-999元加50元，1000元以上免附加郵資）

鰲病防治技術圖解

葉重光·周忠英 編著

本書全面介紹鰲病防治技術。詳細描述鰲得病的原因、得病途徑以及得病特點。詳述預防鰲病的各種方法及治療方法，其創作特點為用圖畫表現文字難以敘述清楚的操作技術過程，用文字補充難以繪製明白的科技內含，實用性強。

每本380元

（單本郵購請附加30元郵資）

購書請用郵撥01010320號

鄭煥生帳戶