THÔNG BÁO KHOA HỌC

MÔ HÌNH SINH NĂNG LƯỢNG HỌC CHO CÁ MÚ CHẤM ĐEN (EPINEPHELUS MALABARICUS): DỰ BÁO SINH TRƯỞNG, LƯỢNG THỨC ĂN CÁ SỬ DỤNG, THÀNH PHẦN CỦA MỨC TĂNG KHỐI LƯỢNG VÀ THỂ TRỌNG CHUYỂN HÓA.

BIOENERGETIC MODEL FOR MALABAR GROUPER (EPINEPHELUS MALABARICUS): GROWTH PREDICTION, FEED INTAKE, COMPOSITION OF WEIGHT GAIN, AND METABOLIC BODY WEIGHT.

Lê Anh Tuấn[1], Trương Hà Phương[2]

Ngày nhận bài: 9/3/2018; Ngày phản biện thông qua: 27/3/2018; Ngày duyệt đăng: 27/4/2018

TÓM TẮT

Cá mú chấm đen, một đối tượng nuôi biển quan trọng, đã được nuôi ở Việt Nam từ năm 1988. Nhằm phát triển thức ăn hiệu quả và thân thiện với môi trường, các nhu cầu của cá mú đối với các dưỡng chất quan trọng đã được lượng hóa. Dựa vào 15 bộ số liệu thu được từ các trang trại nuôi cá mú và các thí nghiệm ở Việt Nam từ năm 2005 đến năm 2017, mức tăng khối lượng hàng ngày dưới dạng một hàm số của khối lượng cơ thể (g) và nhiệt độ nước (^oC) đã được dự báo qua phương trình: $WG\ (g/cá/ngày) = (0,000179*T^3 – 0,01714*T^2 + 0,522468*T – 5,00525)*BW^{0,56}$. Tương tự, lượng thức ăn cá sử dụng hàng ngày được dự báo bằng phương trình: $FI\ (g/cá/ngày) = (-0,00021*T^3 + 0,014847*T^2 – 0,33092*T + 2,411174)*BW^{0,7}$, trong đó T là nhiệt độ nước (24-31^oC). Thành phần của mức tăng khối lượng được xác định thông qua phân tích toàn bộ cơ thể cá có kích cỡ từ 5 đến 700g. Trong khi hàm lượng protein không thay đổi và ở mức 169,4 mg/g, thì hàm lượng năng lượng lại phụ thuộc và khối lượng cá và tăng lên từ 4,4 đến 7,0 kJ/g thể trọng và có thể được biểu thị bằng phương trình: $y\ (kJ/g) = 3,51*BW^{0,102}$. Tỷ lệ chuyển hóa phụ thuộc lớn vào kích cỡ cá và tỷ lệ với thể trọng chuyển hóa dưới dạng $a*BW(kg)^b$. Để xác định số mũ b của thể trọng chuyển hóa, các mối quan hệ giữa năng lượng và thất thoát protein lúc cá bị bỏ đói với cá có khối lượng khác nhau đã được xác định. Sự thất thoát năng lượng và protein hàng ngày được thể hiện bằng phương trình: Thất thoát năng lượng (kJ/cá/ngày) = $0,111 \times BW^{0,827}$; và Thất thoát protein (g/cá/ngày) = $0,003 \times BW^{0,701}$. Số mũ của $(kg)^{0,8}$ và $(kg)^{0,7}$ vì thế có thể được dùng để mô tả cho cá mú chấm đen dưới dạng các thể trọng chuyển hóa lần lượt cho năng lượng và protein. Dựa trên các kết quả này, một Mô hình sinh năng lượng học có thể bước đầu được xây dựng để phát triển các công thức thức ăn cho cá mú chấm đen.

Từ khóa: Mức tăng khối lượng; Lượng thức ăn sử dụng; Dự báo sinh trưởng; Thất thoát năng lượng; Thất thoát protein.

ABSTRACT

Malabar grouper, which is a commercially important candidate for mariculture, has been farmed in Vietnam since 1988. In order to develop effective and environmentally friendly feeds, the grouper's requirements for key nutrients have been quantified. Based on 15 data sets collected from grouper farms and experiments in Viet Nam between 2005 and 2017, the daily weight gain as a function of body weight (g) and water temperature (^oC) was predicted by the equation: $WG\ (g) = (0.000179*T^3 – 0.01714*T^2 + 0.522468*T – 5.00525)*BW^{0.56}$. Similarly, the daily feed intake was predicted by the equation: $FI\ (g) = (-0.00021*T^3+0.014847*T^2 -0.33092*T+2.411174)*BW^{0.7}$, in which T is water temperature (24-31^oC). The composition of the gain was measured by analyzing whole fish ranging from 5 to 700g. While the protein content remained constant at 169.4 mg g-1, the energy content was dependent upon fish weight and increased from 4.4 to 7.0 kJ g^{-1} body

[1] Viện Nuôi trồng Thủy sản, Trường Đại học Nha Trang

[2] Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản III

*mass and can be expressed by the equation: y (kJ g^{-1}) = 3.51*$BW^{0.102}$. Metabolic rate depends largely on the size of the fish and is proportional to the metabolic body weight in the form of a*BW(kg)^b. To define the exponent b of the metabolic body weight the relationships between energy and protein loss at starvation for fish at increasing weights were determined. The daily loss of energy and protein was presented by the equations: Energy loss (kJ $fish^{-1}$ day^{-1}) = 0.111× $BW^{0.827}$; and Protein loss (g $fish^{-1}$ day^{-1}) = 0.003×$BW^{0.701}$. The exponents of (kg)$^{0.8}$ and (kg)$^{0.7}$ can thus be described for malabar grouper as the metabolic body weights for energy and protein, respectively. Based on those results, a bioenergetic model can be built preliminarily to develop feed formulations for malabar grouper.*

Keywords: Weight gain; Feed intake; Growth prediction; Energy loss; Protein loss.

I. MỞ ĐẦU

Nhu cầu dinh dưỡng của cá đã từng được nghiên cứu thực nghiệm theo cách truyền thống thông qua việc áp dụng cách tiếp cận liều lượng – phản ứng. Cách tiếp cận này mặc dù đưa đến kết quả chính xác nhưng rất tốn kém hoặc rất khó áp dụng trong thực tế. Mô hình toán trong dinh dưỡng động vật cung cấp một công cụ rất hữu ích trong việc xây dựng các hệ thống đánh giá thức ăn thực tế nhằm mô tả và dự báo các nhu cầu dinh dưỡng, thành phần hóa học của cơ thể và sinh trưởng của động vật (Cho, 1992). Sinh năng lượng học (Bioenergetics) là nghiên cứu định lượng về những thu nhận, thất thoát và chuyển đổi năng lượng bên trong toàn bộ sinh vật dựa trên các nguyên tắc nhiệt động học (Jobbling, 1994) và đã từng được áp dụng rộng rãi vào dinh dưỡng động vật cũng như phát triển các hệ thống đánh giá thức ăn trong nhiều thập kỷ qua (Cho et al., 1982).Các hệ thống sinh năng lượng học truyền thống là đa nhân tố; cụ thể là, tổng nhu cầu năng lượng được xem là tổng năng lượng cần cho duy trì, hoạt động, sinh trưởng, sinh sản… (Baldwin and Sainz, 1995). Mặc dù có những hạn chế (như giả định về tính cộng thêm của các nhân tố mà không có tác động tương hỗ giữa chúng…), cách tiếp cận đa nhân tố vẫn là phương pháp hữu ích, mang tính ứng dụng cao. Nhiều mô hình đã được xây dựng thành công để dự báo sinh trưởng, các nhu cầu thức ăn và hiệu quả sử dụng thức ăn cho nhiều loài cá thông qua áp dụng các nguyên lý này (Cho and Bureau, 1998; Lupatsch et al., 1998; Lupatsch et al., 2001a & b; Lupatsch and Kissil, 2005; Glencross, 2008).

Mục tiêu của nghiên cứu này là sử dụng phương pháp đa nhân tố để đánh giá sinh trưởng, lượng thức ăn cá sử dụng, thành phần của mức tăng khối lượng và thể trọng chuyển hóa ở cá múa chấm đen và thể hiện mối quan hệ giữa các nhân tố này với khối lượng cá và nhiệt độ nước dưới dạng các phương trình hồi quy. Qua đó, góp phần xây dựng Mô hình sinh năng lượng học nhằm phát triển thức ăn cho cá mú chấm đen.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Phương pháp nghiên cứu cho từng nội dung

1.1. Đánh giá sinh trưởng và lượng thức ăn cá sử dụng

Để mô tả mức tăng khối lượng tiềm năng hàng ngày của cá mú,15 bộ số liệu được thu thập từ việc theo dõi số liệu ở các trang trại và thu được từ các thí nghiệm sinh trưởng được tiến hành tại phòng thí nghiệm của Trại thực nghiệm thủy sản Lê Đình Ba (Bãi Tiên) và phòng thí nghiệm của Trung tâm giống Hải sản Quốc gia miền Trung (Viện Nghiên cứu thủy sản III) và các lồng nuôi thuộc vịnh Nha Trang,trong khoảng thời gian 2005-2017 trên cá có kích cỡ khoảng 1-1800g (số liệu cụ thể có trong Báo cáo Tổng kết Đề tài cấp Trường: Xây dựng công thức thức ăn nuôi cá mú chấm đen, Epinephelus malabaricus, trên cơ sở tích hợp những kết quả nghiên cứu theo

phương pháp truyền thống và những nghiên cứu bổ sung theo phương pháp mô hình năng lượng sinh học). Tùy theo kích cỡ cá mà các bể hoặc lồng nuôi có kích cỡ 0.150 – 64m3 được bố trí với mật độ trong khoảng 0,25 – 10kg cá/m3. Cá mú được cho ăn đến thỏa mãn (biểu kiến) bằng thức ăn cá tươi hoặc thức ăn viên. Việc tính toán lượng thức ăn được quy về chất khô. Khối lượng cá được cân định kỳ, thường cách khoảng 14 ngày. Mức tăng khối lượng hàng ngày (WG) và lượng thức ăn cá tiêu thụ hàng ngày (FI) giữa hai lần cân liền nhau được tính toán. Khối lượng cơ thể cá tương ứng được sử dụng trong các tính toán này là khối lượng trung bình hình học của cá trong suốt giai đoạn đó. Hai bộ số liệu gồm mức tăng khối lượng hàng ngày và lượng thức ăn cá ăn vào hàng ngày. Mỗi bộ chứa 130 mục số liệu ở các kích cỡ cá và nhiệt độ nước khác nhau.

Tất cả các phương trình liên quan sinh trưởng được rút ra từ việc áp dụng phân tích hồi quy tuyến tính đối với số liệu chuyển dạng logarithm theo phương trình: ln y = ln a + b ln x

Đối logarithm của phương trình này tạo ra phương trình cuối cùng là: $y = ax^b$.

Với nhiệt độ nước (T) là biến phụ, phương trình có dạng: ln y = ln a + b*ln x + c*T

Và phương trình cuối sẽ là:

$$y = a\, x^b * e^{c*T}$$

Trong đó, y mô tả mức tăng khối lượng và x là khối lượng cơ thể hay thể trọng (BW) của cá(Lustpatch, 2003).

1.2. Thành phần của mức tăng khối lượng

Để xác định thành phần sinh hóa của cá mú ở các kích cỡ khác nhau, cá được thu mẫu có phạm vi kích cỡ 5-1000g (Bảng 1). Cá được thu từ các thí nghiệm liên quan đến dự báo sinh trưởng và lượng thức ăn tiêu thụ. Do thành phần sinh hóa và hàm lượng năng lượng của cá nuôi có thể bị ảnh hưởng bởi tình trạng dinh dưỡng cũng như thành phần thức ăn, nên việc xác định thành phần sinh hóa cơ thể cá phụ thuộc vào số liệu thu được với cá được cho ăn cùng loại thức ăn. Ngoài ra, các mẫu cá bắt từ tự nhiên tương ứng với từng nhóm kích cỡ cũng được phân tích thành phần sinh hóa để so sánh. Cá sắp thành thục bị loại ra. Số lượng cá cho mỗi nhóm kích cỡ như được trình bày ở Bảng 1. Cá cùng nhóm kích cỡ được gộp lại, cấp đông (-20^{o}C) để bảo quản chờ phân tích. thành phần hóa học (chất khô, tro, CP, TL) của cá mú chấm đen tự nhiên và nuôi theo 7 nhóm kích cỡ (5-10g, 20-30g, 50-60g, 100-120g, 200-250g, 400-500g, 700-1000g). Phương pháp: AOAC (2005). Mỗi nhóm kích cỡ 3 lần lặp.Hàm lượng năng lượng (EV) được tính dựa vào các hệ số chuyển hoá năng lượng 23,4; 39,2 và 17,2 kJ/g cho protein (P), lipid (L) và carbohydrate (CHO), theo thức tự tương ứng (Cho và cộng sự, 1982). Carbohydrate được tính bằng tổng chung trừ cho tổng của độ ẩm, protein, tro và lipid. Theo đó, ta có công thức: EV (kJ/g) = 23,4 x P + 39,2 x L + 17,2 x CHO, trong đó: CHO = Tổng chung – (Độ ẩm + P + L + Tro).

Bảng 1. Các nhóm cá theo kích cỡ cần phân tích

Nhóm cỡ cá (g/con)	5-10	20-30	50-60	100-150	200-250	400-500	700-1000
Số lượng cá (con/mẫu)	40	10	4	2	1	1	1
Tổng số con	120	30	12	6	3	3	3

1.3. Thể trọng chuyển hóa

Cá cần có năng lượng để duy trì các quá trình sống bình thường như tuần hoàn máu, điều hòa áp suất thẩm thấu, bài tiết và vận động bất kể nó có được ăn hay không. Tùy thuộc vào hoạt động, nhiều mức độ chuyển hóa có thể được phân biệt như: sự chuyển hóa cơ sở, sự chuyển hóa bình thường và sự chuyển hóa tích cực (Fry 1957; Brett 1962). Tốc độ chuyển hóa, ở tất cả các mức độ hoạt động lại phụ thuộc chủ yếu vào kích cỡ cá và nó tỷ lệ với thể trọng chuyển hóa (metabolic body weight) dưới dạng $a*BW(kg)^b$. Hai phương pháp chính từng được sử dụng để xác định các nhu cầu

năng lượng ở động vật: phương pháp xác định năng lượng trực tiếp và gián tiếp. Tuy nhiên, hầu hết các nhà nghiên cứu sử dụng phương pháp gián tiếp ở cá. Phương pháp này ước tính nhu cầu năng lượng của cá gián tiếp thông qua các số đo về tiêu thụ oxy, nhưng cũng có thể bao gồm phân tích so sánh cơ thể. Kỹ thuật giải phẫu so sánh được áp dụng trong nghiên cứu này nhằm xác định giá trị năng lượng của các mô được sử dụng trong suốt quá trình cá bị bỏ đói. Phương pháp này được chọn vì đó là phương pháp khả thi và mang tính ứng dụng nhất: cá có thể được lưu giữ thành từng nhóm trong một bể, di chuyển tự do và thời gian của mỗi kỳ kiểm tra là đủ dài. Sự thất thoát năng lượng và protein hàng ngày vì thế có thể được tính toán dễ dàng. Để xác định sự thất thoát năng lượng và protein sau khi bị bỏ đói, 3 con cá cho mỗi một nhóm trong 7 nhóm cá cần nghiên cứu (Bảng 1) được lưu giữ trong bể 150 L trong 11-40 ngày tùy theo kích cỡ cá và cá không được cấp thức ăn. Sau thời gian bỏ đói, cá được xử lý và bảo quản ở -20°C cho đến khi phân tích. Trong việc tính toán thất thoát năng lượng và protein do bỏ đói, mẫu cá của mỗi nhóm kích cỡ, được phân tích ban đầu được xem là đại diện về hàm lượng các chất trong cơ thể để từ đó tính toán sự thất thoát theo thời gian bỏ đói.

2. Các phương pháp phân tích

2.1. Phân tích hoá học

Việc phân tích được tiến hành tại Viện Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ Nha Trang và Trung tâm Thí nghiệm – Thực hành, Trường Đại học Nha Trang. Các mẫu nguyên liệu thức ăn, thức ăn, cá mú chủ yếu được phân tích theo Hệ thống phân tích thô (Proximate Analysis System) hay còn gọi là Phương pháp Weende (AOAC, 2005). Phân tích proteindùng phương pháp Kjeldahl. Phân tích lipid tổng số dùng phương pháp Folch (Folch et al., 1957).

2.2 Phân tích thống kê

Số liệu được xử lý thống kê trên các phần mềm SPSS (phiên bản 16.0) và Excel. Phép kiểm định Duncan's Multiple Range được sử dụng để kiểm tra sự khác nhau giữa các trung bình nghiệm thức. Các sai khác được đánh giá có ý nghĩa ở mức $P < 0,05$.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

1. Sinh trưởng của cá mú nuôi và lượng thức ăn cá ăn vào

Để thiết lập mô hình dự báo tiềm năng sinh trưởng của cá mú chấm đen trong suốt quá trình tăng trưởng, số liệu về sinh trưởng của cá và lượng thức ăn cá ăn thu từ nhiều thí nghiệm khác nhau đã được mô tả bởi các hàm toán học. Mối quan hệ giữa mức tăng khối lượng (g) dưới dạng biến phụ thuộc và thể trọng (g) dưới dạng biến độc lập là phi tuyến và số liệu có thể được mô tả thích hợp nhất với hàm logarithm tự nhiên. Đối logarithm của hàm này là hàm mũ thường được áp dụng để mô tả mối quan hệ tăng trưởng phổ biến trong sinh học:

Trong đó, BW = thể trọng (g) của cá có kích cỡ trong khoảng 5-1800g.

T = nhiệt độ, trong khoảng 20 – 32°C

n = kích cỡ mẫu, 130.

Mức tăng khối lượng: WG (g/cá/ngày) = $0,056 * BW(g)^{0.684}$ (1)

Với $r^2 = 0,976$ (Hình 1).

Hoặc bao gồm tác động nhiệt độ như một biến phụ, qua phân tích hồi quy, ta có mức tăng khối lượng (WG):

WG (g/cá/ngày) = $(0.000179*T^3 – 0,01714*T^2 + 0,522468*T – 5,00525)*BW^{0,56}$ (2)

Với $r^2 = 0,816$ (Hình 3A).

Từ đó, tá có thể dự báo khối lượng cá thu được sau t ngày nuôi (BW_t) từ khối lượng cá ban đầu (BW_o) như sau: $BW_t = BW_o + WG*t \leftrightarrow$

$BW_t = BW_o + [(0,000179*T^3 – 0,01714*T^2 + 0,522468*T – 5,00525)* BW_o^{0,56}]*t$ (3)

Lượng thức ăn cá ăn vào cũng có thể được mô tả theo cách tương tự.

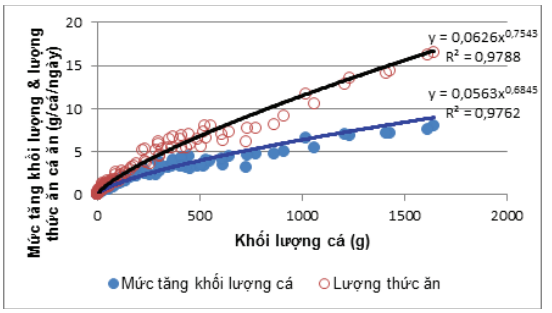
Lượng thức ăn cá ăn vào: FI (g/cá/ngày) = $0,062*BW^{0,75}$ (4)

Với $r^2 = 0,978$ (Hình 1).

Và khi bao gồm tác động của nhiệt độ nước, qua phân tích hồi quy, ta có:

Lượng thức ăn cá ăn vào: FI (g/cá/ngày) = (-0,00021*T^3 + 0,014847*T^2 – 0,33092*T + 2,411174)*$BW^{0,7}$ (5)

Với r^2 = 0,923 (Hình 3B).



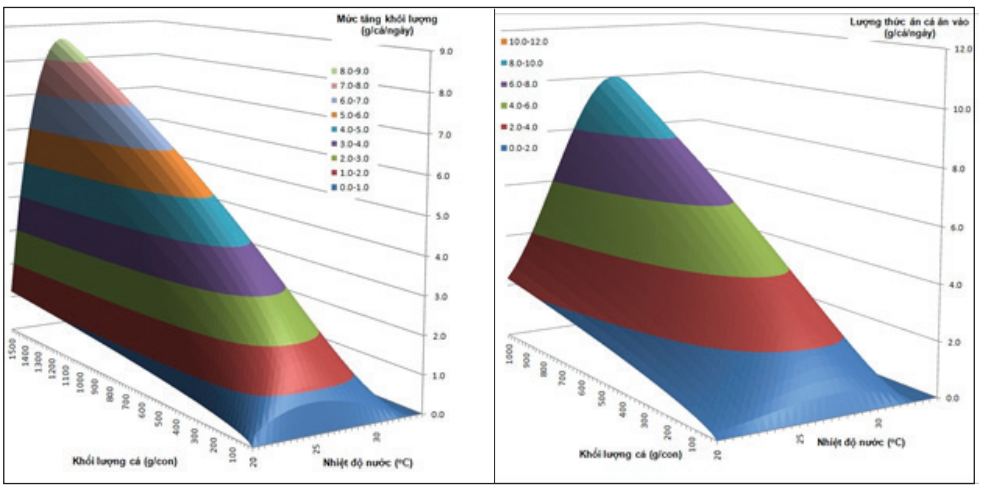
Hình 1. Mức tăng khối lượng cá (g) và lượng thức ăn cá ăn vào hàng ngày (g) trong mối liên hệ với thể trọng tăng lên ở cá mú chấm đen được cho ăn đến thỏa mãn.

Hình 1 thể hiện mối liên hệ giữa mức tăng khối lượng cá (g) và lượng thức ăn cá ăn vào (g) hàng ngày và thể trọng của cá mú chấm đen (g). Các đường cong mô tả mối quan hệ ở nhiệt độ nước trung bình 28°C cho cả lượng thức ăn cá ăn vào và mức tăng khối lượng cá. Từ Hình 1 có thể thấy: mức tăng khối lượng tuyệt đối cũng như lượng thức ăn được cá ăn tăng lên cũng với sự gia tăng của thể trọng cá. Lượng thức ăn cá ăn vào đã tăng ở mức độ cao hơn so với mức tăng khối lượng.

Hình 2 (A và B) thể hiện mối liên hệ giữa mức tăng khối lượng cá (g) và lượng thức ăn cá ăn vào (g) hàng ngày và thể trọng của cá mú chấm đen (g) với tác động bổ sung của nhiệt độ nước. Hình này cho thấy, khi nhiệt độ nước nằm trong khoảng 25-30°C, lượng thức ăn cá ăn vào và mức tăng khối lượng tuyệt đối của cá tăng lên khi kích cỡ cá tăng lên.

Điều kiện tiên quyết của việc ước tính các nhu cầu thức ăn của một đối tượng nuôi mới là phải xác định được tiềm năng sinh trưởng tối đa của nó. Mô hình này đòi hỏi phải có số liệu sinh trưởng của cá từ các thí nghiệm mà ở đó nguồn cung cấp thức ăn ở góc độ năng lượng và các dưỡng chất là không chịu giới hạn và các điều kiện cho sinh trưởng tối ưu phải được thỏa mãn.

Vì vậy, một trong những bước đầu tiên để xác định nhu cầu năng lượng và protein là phải



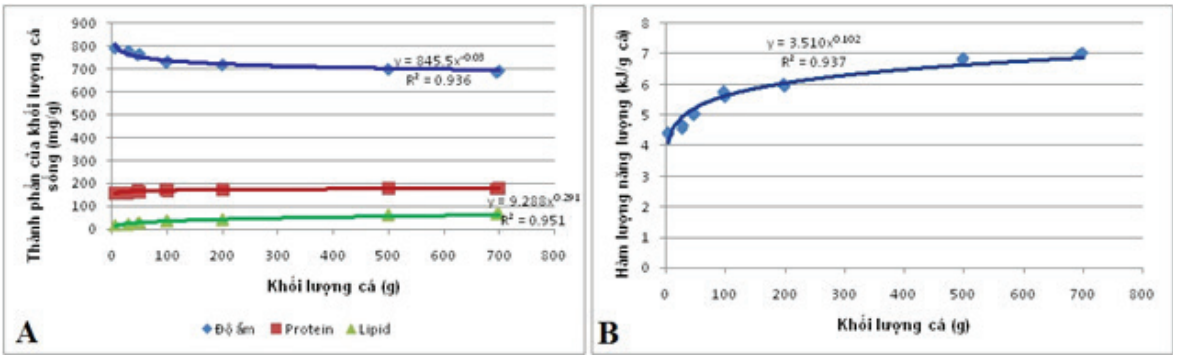
Hình 2. Biểu đồ thể hiện Mức tăng khối lượng (A) và lượng thức ăn cá sử dụng (B) ở cá mú chấm đen có kích cỡ khác nhau trong mối liên hệ với nhiệt độ nước

thiết lập một Mô hình sinh trưởng ở các mức nhiệt độ khác nhau cùng với một sự đánh giá về lượng thức ăn cá chủ động ăn vào (Hình 1). Do năng lượng và lượng protein thu vào là một hàm số của lượng thức ăn cá ăn vào cũng như chất lượng thức ăn, nên việc dự báo lượng thức ăn mà cá có thể tiêu thụ là cần thiết. Điều này cần có để điều chỉnh hàm lượng năng lượng và protein của thức ăn tiềm năng.

Cá mú chấm đen được nuôi bằng thức ăn tổng hợp tự sản xuất đã cho thấy kết quả khả quan. Theo dự báo tăng trưởng, cá mú chấm đen sẽ tăng trưởng từ 1 g đến khoảng 1 kg trong thời gian nuôi khoảng 1 năm ở nhiệt độ nước là 27°C (Phương trình (3)). Sinh trưởng này tương tự với sinh trưởng của cá mú chấm cam *E. coioides* và cá mú mỡ *E. tauvina* được nuôi trong ao và đăng lưới và cá mú trắng *E. aeneus* được nuôi trong bể ngoài trời và những đối tượng cá mú này đều là những loài cá biển có tốc độ sinh trưởng nhanh (Chou and Wong, 1985; Bombeo-Tuburan et al., 2001; Lupatsch and Kissil, 2005). Trong khi đó một loài cá mú có giá trị kinh tế khác ở Địa Trung Hải *E. guaza*, lại có tốc độ sinh trưởng thấp hơn trong điều kiện nuôi, thậm chí khi cho ăn bằng thức ăn sống (Castello-Orvay et al., 1992).

2. Thành phần của mức tăng khối lượng

Thành phần sinh hóa của toàn bộ cơ thể cá mú chấm đen từ 5-700 g được thể hiện trong Hình 3. Các hàm lượng protein và tro không thay đổi lắm khi kích cỡ cá tăng lên và lần lượt có giá trị trung bình là 169,4 ± 7,4 mg/g và 41,5 ± 6,9 mg/g (hàm lượng tro không được thể hiện trong Hình 3A). Trong khi đó, độ ẩm, hàm



Hình 3. Thành phần(A) và hàm lượng năng lượng (B) của cá mú chấm đen theo khối lượng cá

lượng lipid và năng lượng đã thay đổi đáng kể khi khối lượng cơ thể cá tăng lên và có thể được thể hiện tốt bằng các phương trình hồi quy sau (n = 21). Năng lượng (kJ/g) = 3,51 x $BW^{0,102}$ với r^2 = 0,937 (6);

Lipid (mg/g) = 9,288 x $BW^{0,291}$ với r^2 = 0,951 (7); Độ ẩm (mg/g) = 845,5 x $BW^{-0,03}$ với r^2 = 0,936 (8).

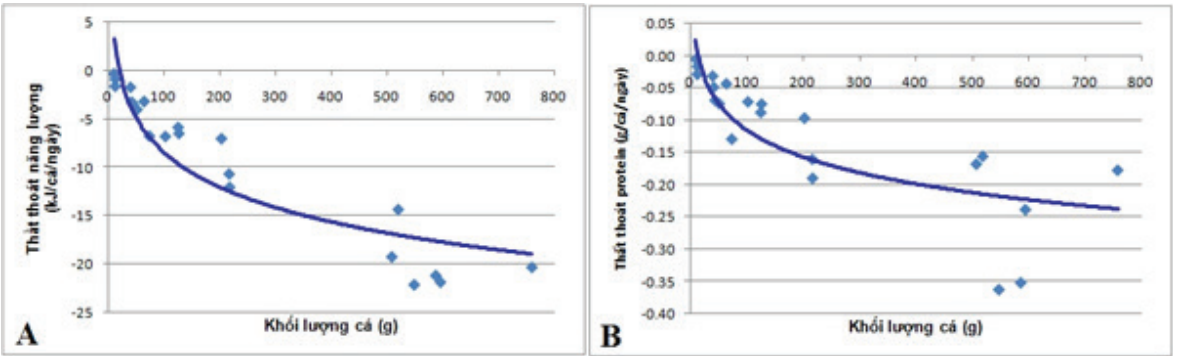
Do phần lớn năng lượng và protein cá tiêu thụ được tích lũy dưới dạng tăng trưởng, nên thành phần sinh hóa cơ thể cá được xem là một nhân tố quan trọng khác bên cạnh tăng trưởng, cùng xác định nhu cầu năng lượng và protein của cá. Ở cá mú chấm đen, hàm lượng năng lượng tăng lên khi khối lượng cá tăng lên và chỉ tăng nhẹ từ 4,4 đến 7,0 kJ (Hình 3B) cho cá có kích cỡ từ 4,6 đến 700,5 g. Điều này tương phản với cá chẽm châu Âu và cá hanh đầu vàng có kích cỡ 400 g, nhưng chúng có các hàm lượng năng lượng đạt 10 kJ hoặc thậm chí 11,5 kJ/g khối lượng cá sống, theo thứ tự tương ứng (Lupatsch et al., 2003a). Các giá trị từ kết quả nghiên cứu hơi thấp một ít so với với các giá trị của cá mú trắng *E. aeneus* (4,8 – 7,5 kJ/g), tuy nhiên các mú trắng lại có phạm vi kích cỡ lớn hơn (1 – 1600 g) (Lupatsch and Kissil, 2005).

Hàm lượng protein nhìn chung hầu như không thay đổi nhiều ở cá mú chấm đen với các kích cỡ cá nghiên cứu và giá trị trung bình là 169,4 mg/g. Diễn biến hàm lượng protein theo kích cỡ và giá trị trung bình này gần với

kết quả nghiên cứu trên cá mú trắng (Lupatsch and Kissil, 2005). Việc hàm lượng protein hầu như ổn định còn hàm lượng năng lượng tăng lên khi kích cỡ cá tăng lên mang tính đặc thù cho hầu hết các loài cá như đã được mô tả trước đây (Lupatsch et al., 2003a).

Vì vậy, trong việc ước tính các nhu cầu đối với tích lũy mô và tăng trưởng, những biến động lớn giữa các loài ở khía cạnh năng lượng đều được kỳ vọng dựa trên thành phần mô khác nhau. Chẳng hạn, cá chẽm châu Âu, cá hanh đầu vàng và cá hồi Đại Tây Dương có mật độ năng lượng tương đối dày nên chúng đòi hỏi năng lượng thức ăn trên đơn vị thể trọng sống nhiều hơn so với các loài cá ít béo hơn như cá mú. Dù sao cũng cần lưu ý rằng nhu cầu protein thức ăn trên đơn vị mức tăng khối lượng cá là như nhau ở các loài cá (Lupatsch et al., 2003a).

3. Thể trọng chuyển hóa (Metabolic Body Weight – MBW)



Hình 4. Thất thoát năng lượng (kJ) và protein (g) hàng ngày của cá mú chấm đen trong thí nghiệm bỏ đói theo mức tăng khối lượng cá (ở nhiệt độ nước 28,0 ± 1,79°C)

Những mối quan hệ giữa thất thoát năng lượng (kJ) và protein (g) hàng ngày với khối lượng cá (g) ở cá mú chấm đen được thể hiện trong Hình 4 (A & B). Do các thí nghiệm được tiến hành trong môi trường nước biển có nhiệt độ dao động trong phạm vi 24 – 31°C, nên tỷ lệ chuyển hóa chỉ có thể được mô tả cho phạm vi nhiệt độ này.

Ngoài ra, tác động của nhiệt độ là không lớn so với tác động của khối lượng cá vì khi đưa nhân tố nhiệt độ vào phương trình dưới dạng hàm mũ thì đã không có thêm sự cải thiện đáng kể về hệ số tương quan. Như vậy, sự thất thoát năng lượng và protein (n = 42) có thể được thể hiện bằng các phương trình sau:

Thất thoát năng lượng (kJ/cá/ngày) = 0,111 x $BW^{0,827}$ với r^2 = 0,909 (9);

Thất thoát protein (g/cá/ngày) = 0,003 x $BW^{0,701}$ với r^2 = 0,822 (10).

Qua đó, ta thấy: số mũ $(kg)^{0,8}$ và $(kg)^{0,7}$ đã lần lượt mô tả các thể trọng chuyển hóa cho năng lượng và protein ở cá mú chấm đen. Những giá trị này gần với các kết quả nghiên cứu trước đây trên cá hanh đầu vàng, cá chẽm châu Âu và cá mú trắng (Lupatsch et al, 2003a & b và 2005).

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

1). Sinh trưởng của cá mú chấm đen (dưới dạng WG) được thể hiện bằng phương trình: WG (g/cá/ngày) = $(0,000179*T^3 – 0,01714*T^2 + 0,522468*T – 5,00525)*BW^{0,56}$ trong đó T là nhiệt độ nước.

2). Lượng thức ăn cá sử dụng thể hiện qua phương trình: FI (g/cá/ngày) = $(-0,00021*T^3 + 0,014847*T^2 – 0,33092*T + 2,411174)*BW^{0,7}$ trong đó T là nhiệt độ nước.

3). Thành phần của mức tăng khối lượng ở cá mú chấm đen như sau:

- Các hàm lượng protein và tro không thay đổi lắm khi kích cỡ cá tăng lên và lần lượt có

giá trị trung bình là 169,4 ± 7,4 mg/g và 41,5 ± 6,9 mg/g.

- Độ ẩm, hàm lượng lipid và năng lượng thay đổi khi khối lượng cơ thể cá tăng lên và có thể được thể hiện bằng các phương trình: Độ ẩm (mg/g) = 845,5 x $BW^{-0,03}$; Lipid (mg/g) = 9,288 x $BW^{0,291}$; Năng lượng (kJ/g) = 3,51 x $BW^{0,102}$.

4). Sự thất thoát năng lượng và protein (n = 42) được thể hiện bằng các phương trình: Thất thoát năng lượng (kJ/cá/ngày) = 0,111 x $BW^{0,827}$; Thất thoát protein (g/cá/ngày) = 0,003 x $BW^{0,701}$. Qua đó, số mũ $(kg)^{0,8}$ và $(kg)^{0,7}$ lần lượt mô tả các thể trọng chuyển hóa cho năng lượng và protein ở cá mú chấm đen.

2. Kiến nghị

Nên triển khai thực nghiệm nuôi thịt trọn chu kỳ để kiểm chứng các thông số kỹ thuật và hiệu chỉnh các thông số (nếu có) để hoàn thiện Mô hình sinh năng lượng học cho cá mú chấm đen.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi cảm ơn sự hỗ trợ của dự án Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) Project FIS-2006-141 và Đề tài cấp Trường TR2017-13-04.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Baldwin and Sainz, 1995. Energy partitioning and modeling in animal nutrition. Annu. Rev. Nutr. 1995, 15: 191-211.

2. Bombeo-Tuburan, I., Coniza, E.B., Rodriguez, E.M., Agbayani, R.F., 2001. Culture and economics of wild grouper (Epinephelus coioides) using three feed types in ponds. Aquaculture, 201, 229–240.

3. Brett, J.R., 1962. Some considerations in the study of respiratory metabolism in fish, particularly salmon. *J. Fisheries Research Board Canada* **19**: 1025-1038.

4. Castello-Orvay, F., Fernandez-Vilar, A., Llaurado, F., Vinas, R., 1992. Effect of different types of food on growth in captive grouper (Epinephelus guaza, L.). Mar. Life, 1, 57– 62.

5. Cho, C.Y., 1992. Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. *Aquaculture* 100: 107-123.

6. Cho, C.Y. & Bureau, D.P., 1998. Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. Aquat. Living Resour., 11, 199–210.

7. Cho, C.Y., Slinger, S.J. and Bayley, M.S., 1982. "Bioenergertics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity", *Com. Biochem. Physiol*. 73B, pp 25-41.

8. Chou, R., Wong, F.J., 1985. Preliminary observations on the growth and dietary performance of grouper, Epinephelus tauvina, in floating netcages and fed dry pelleted diet from autofeeders. Singap. J. Prim. Ind., 13, 84– 91.

9. Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G.H., 1957. Simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 226, 497– 507.

10. Fry, F.E.J., 1957. The aquatic respiration of fish. In: *The Physiology of Fishes*. (Brown, M.E. ed) Vol I. Academic Press, New York, pp. 1-63.

11. Glencross, B.D., 2008. A factorial growth and feed utilisation model for barramundi, Lates calcarifer based on Australian production conditions. Aquac. Nutr., 14, 360–373.

12. Jobbling, M., 1994. Fish Bioenergetics. Chapman & Hall. 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK,

310 p.

13. Lupatsch, I., Kissil, G.W., Sklan, D., Pfeffer, E., 1998. Energy and protein requirements for maintenance and growth in gilthead seabream (Sparus aurata L.). Aquac. Nutr. 4, 165–173.

14. Lupatsch, I., Kissil, G.Wm., Sklan, D., 2001a. Optimization of feeding regimes for European seabass Dicentrarchus labrax: a factorial approach. Aquaculture, 202, 289– 302.

15. Lupatsch, I., Kissil, G.Wm., Sklan, D., Pfeffer, E., 2001b. Effects of varying dietary protein and energy supply on growth, body composition and protein utilization in gilthead seabream *(Sparus aurata L.)*. Aquac. Nutr., 7, 71– 80.

16. Lupatsch, 2003. Factorial Approach to Determining Energy and Protein Requirements of Gilthead seabream (Sparus aurata) for Optimal Efficiency of Production. PhD thesis, Institut für Tierernährung, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität.

17. Lupatsch, I., Kissil, G.Wm., Sklan, D., 2003a. Comparison of energy and protein efficiency among three fish species: gilthead seabream (Sparus aurata), European seabass (Dicentrarchus labrax) and white grouper (Epinephelus aeneus): energy expenditure for protein and lipid deposition. Aquaculture, 225, 175– 189.

18. Lupatsch, I., Kissil, G.Wm., Sklan, D., 2003b. Defining energy and protein requirements of gilthead seabream (Sparus aurata) to optimize feeds and feeding regimes. Isr. J. Aquac.-Bamidgeh, 55, 243– 257.

19. LupatschT. I., Kissil, G.W., 2005. Feed formulations based on energy and protein demands in white grouper *(Epinephelus aeneus)*. Aquaculture 248, 83– 95.