

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH NĂNG LƯỢNG SINH HỌC ĐỂ XÁC ĐỊNH NHU CẦU PROTEIN VÀ NĂNG LƯỢNG CỦA CÁ KÈO (*Pseudapocryptes elongatus*)

Trần Thị Bé¹ và Trần Thị Thanh Hiền²

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện để xác định nhu cầu protein và năng lượng của cá kèo (*Pseudapocryptes elongatus*) bằng mô hình năng lượng sinh học. Nghiên cứu được thực hiện với 3 thí nghiệm: (i) Năng lượng và protein tiêu hao (ii) Hiệu quả sử dụng năng lượng và protein và (iii) Nghiên cứu thu mẫu cá qua các giai đoạn phát triển tại các ao nuôi công nghiệp để làm căn cứ xây dựng mô hình xác định nhu cầu protein và năng lượng của cá kèo. Kết quả tỉ lệ protein tiêu hóa/ năng lượng tiêu hóa (DP/DE) của cá kèo được xác định từ 21,9 đến 24,2. Với mức năng lượng thức ăn là 13MJ/kg, nhu cầu protein của cá kèo lần lượt là 31% và 28% tương ứng với kích cỡ cá có khối lượng 5,0 và 20,0 g.

Từ khóa: Cá kèo, mô hình năng lượng sinh học, nhu cầu protein, nhu cầu năng lượng

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhu cầu dinh dưỡng của cá được nghiên cứu bằng phương pháp truyền thống được thực hiện từ những năm của thập niên 40 (Lê Thanh Hùng, 2008). Tuy nhiên đối với phương pháp truyền thống sẽ tốn nhiều thời gian và khả năng ứng dụng rộng rãi không cao (Lupatsch, 2003). Trong thời gian gần đây, các nghiên cứu trên thế giới và trong nước đã áp dụng những kỹ thuật, phương pháp nghiên cứu mới nhằm tối ưu hóa thức ăn cho động vật thủy sản nói chung và cá nói riêng. Việc ứng dụng mô hình hóa (mô hình đa nhân tố, mô hình năng lượng sinh học) để xác định nhu cầu dinh dưỡng của loài cá đã được sử dụng phổ biến (NRC, 2011). Một số loài cá đã được các tác giả áp dụng mô hình này trong việc xác định nhu cầu dinh dưỡng như cá tráp (*Sparus aurata*), cá vền (*Dicentrarchus labrax*) và cá mú chấm đen (*Epinephelus aeneus*) (Lupatsch *et al.*, 2003); Cá cam (*Seriola lalandi*) (Booth *et al.*, 2010); cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) (Glencross *et al.*, 2011) và cá rô phi vằn (*Oreochromis niloticus*) (Trung *et al.*, 2011).

Thông qua phương pháp mới này có thể xác định nhu cầu dinh dưỡng của cá trong suốt chu kỳ nuôi thương phẩm, giúp tiết kiệm được thời gian và chi phí nghiên cứu. Ưu điểm của phương pháp này đã được ứng dụng để xác định nhu cầu dinh dưỡng cho một số loài cá có giá trị kinh tế trên thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng. Vì vậy, việc áp dụng nó để xác định nhu cầu dinh dưỡng cho cá kèo (*Pseudapocryptes elongatus*, Cuvier 1816) để xây dựng công thức thức ăn cho cá là một trong những vấn đề cần thiết góp phần hoàn thiện quy trình nuôi đối tượng này trong tương lai. Cá kèo là một trong những đối tượng thủy sản có giá trị kinh tế được

nuôi trong những năm gần đây ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Cá kèo được nuôi chủ yếu ở các tỉnh ven biển như Bạc Liêu, Cà Mau, Sóc Trăng và Trà Vinh, góp phần đa dạng đối tượng nuôi và hạn chế rủi ro trong nuôi trồng thủy sản. Hiện nay nghiên cứu về nhu cầu dinh dưỡng cho cá kèo còn hạn chế, chưa có nghiên cứu về nhu cầu protein và năng lượng cho các giai đoạn nuôi thương phẩm. Nghiên cứu này đã ứng dụng mô hình năng lượng sinh học để xác định nhu cầu protein và năng lượng của cá kèo (*Pseudapocryptes elongatus*).

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là cá kèo nuôi thương phẩm tại Tỉnh Bạc Liêu. Cá kèo

được nghiên cứu có kích thước khác nhau và được thu từ 30 ao khác nhau.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu áp dụng phương pháp mô hình năng lượng sinh học để xác định nhu cầu protein và năng lượng của cá kèo được thực hiện với 3 thí nghiệm:

2.2.1. Sinh trưởng và thành phần hóa học của cá kèo nuôi thương phẩm

Nghiên cứu được tiến hành bằng cách thu mẫu cá kèo ở các ao nuôi thâm canh trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu. Cá được thu 4 tháng ở 30 ao nuôi. Mẫu cá được thu định kỳ hằng tháng với số lượng 30 con/ao trong một lần thu. Mẫu cá được cân, đo và giữ lạnh chuyển về phòng thí nghiệm của Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ để phân tích thành phần sinh hóa. Từ đó xác định phương trình tương quan $y = ax^b$ giữa tăng trưởng tuyệt đối và khối lượng của cá (Lupatsch, 2003).

¹ Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Bạc Liêu; ² Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ

2.2.2. Xác định năng lượng và protein tiêu hao cho duy trì của cá kè

Thí nghiệm gồm 4 nghiệm thức tương ứng với 4 nhóm kích cỡ cá khác nhau (3,63 ± 0,15 g; 5,86 ± 0,06 g; 14,2 ± 0,06 g và 20,0 ± 0,15 g) được bố trí với mật độ 30 con/ bể và mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần. Các nghiệm thức được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với thời gian thí nghiệm là 28 ngày. Cá kè ở tất cả các nghiệm thức không được cho ăn trong suốt quá trình thí nghiệm. Nhiệt độ trong các bể sáng chiều dao động từ 27,8 - 29,7; pH nước dao động từ 7,3 - 7,5. Cá được cân, phân tích thành phần sinh hóa trước và sau khi kết thúc thí nghiệm. Chỉ tiêu cần xác định gồm năng lượng tiêu hao và protein tiêu hao. Tương quan giữa năng lượng protein tiêu hao và khối lượng của cá theo (Lupatsch *et al.*, 2001) được thể hiện bằng phương trình sau: $y = ax^b$; Trong đó: y là protein hoặc năng lượng tiêu hao; x: khối lượng trung bình nhân của cá (Geometric Mean Body Weight) $GMW = (W_t \times W_o)^{0,5}$; a: năng lượng, protein tiêu hao hàng ngày của cá; b: hệ số trao đổi năng lượng/protein.

2.2.3. Xác định hiệu quả sử dụng năng lượng và protein của cá kè

Thí nghiệm bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên gồm 5 nghiệm thức tương ứng với các mức cho ăn là 0%; 1,5%; 3,0%; 4,5% và 6,0% khối lượng thân/ngày. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần với mật độ cá bố trí là 30 con/bể. Thời gian tiến hành là 28 ngày. Thức ăn thí nghiệm có hàm lượng 33,6% protein, năng lượng 16,3 MJ/kg. Cá thí nghiệm có khối lượng trung bình là 3,31 ± 0,01 g/con và được cho ăn 3 lần/ ngày (7h30, 11h30, 16h) với các mức cho ăn tương ứng với từng nghiệm thức. Trong quá trình thí nghiệm cá được thay nước định kỳ 3 ngày/ lần, mỗi lần thay 30% thể tích nước trong bể. Nhiệt độ nước trong các bể thí nghiệm dao động từ 27,5 đến 29,6°C; pH nước dao động từ 7,4 - 7,6. Các chỉ tiêu cần xác định như: thành phần hóa học thức ăn và cá kè, tỷ lệ sống, tăng trưởng, tốc độ tăng trưởng tuyệt đối, tốc độ tăng trưởng tương đối, hệ số thức ăn. Nhu cầu năng lượng (E) và nhu cầu protein (P) duy trì, hiệu quả sử dụng E và hiệu quả sử dụng P được xác định như sau: Nhu cầu E và P duy trì, hiệu quả sử dụng E và P được xác định theo phương pháp của NRC (2011) dựa trên phương trình: $y = ax + b$.

2.2.4. Phương pháp phân tích mẫu xử lý và phân tích số liệu

Phương pháp phân tích mẫu: Các chỉ tiêu về ẩm

độ, protein, lipid, tro, xơ và NFE (chất bột đường) của thức ăn và cá được xác định theo phương pháp AOAC (2000) và năng lượng được đo bằng máy Calorimeter.

Phương pháp xử lý và phân tích số liệu: Số liệu được xử lý theo chương trình excell version 5.0 và SPSS version 16,0. So sánh trung bình giữa các nghiệm thức dựa vào ANOVA một nhân tố và phép thử DUNCAN ở mức ý nghĩa (P < 0,05). Mô hình năng lượng sinh học sử dụng theo mô hình toán học chung của Lupatsch và cộng tác viên (2003), Glencross và cộng tác viên (2011) và Trung và cộng tác viên (2011).

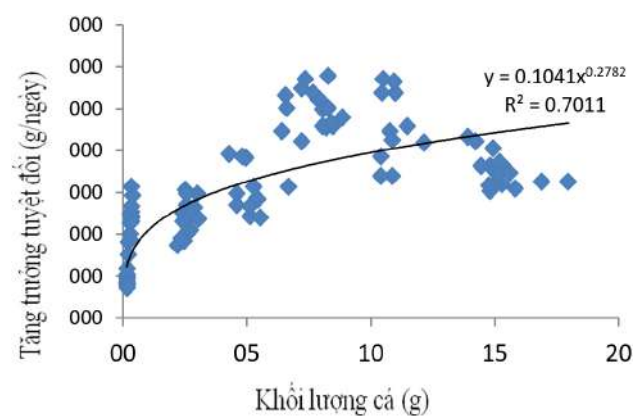
2.3. Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Thí nghiệm được thực hiện từ tháng 01/2011 đến 12/2014 tại Khu thí nghiệm thuộc Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ và Tỉnh Bạc Liêu.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sinh trưởng và thành phần sinh hóa của cá kè nuôi thương phẩm

Kết quả phân tích tương quan giữa tăng trưởng tuyệt đối (DWG) và khối lượng của cá kè thể hiện qua phương trình $y = 0,1041x^{0,2782}$, cho thấy cá kè có khối lượng càng lớn thì DWG của cá càng cao. Ở một số kết quả nghiên cứu trên các loài cá khác cho thấy khuynh hướng tăng trưởng của cá cũng xảy ra tương tự. Cụ thể, ở cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) tương quan giữa khối lượng và tăng trưởng tuyệt đối của cá thông qua phương trình y (g/ngày) = 0,235x (g)^{0,53} (R² = 0,77) (Glencross *et al.*, 2010). Đối với cá rô phi (*O. niloticus*) được xác định với phương trình y (g/ngày) = 0,276 x (g)^{0,46} (R² = 0,73) (Trung *et al.*, 2011).



Hình 1. Mối tương quan giữa khối lượng và tăng trưởng tuyệt đối của cá

Mối tương quan giữa các thành phần hóa học và cơ thể cá được thể hiện ở các phương trình như sau:

$$\text{Ẩm độ (\%)} = 79,8 \times (\text{g})^{-0,02} \quad (R^2 = 0,72)$$

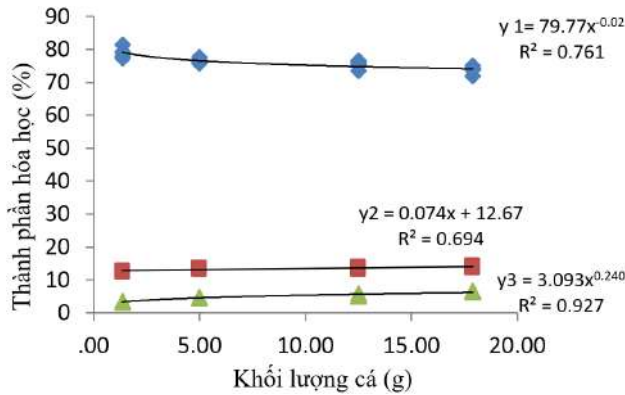
$$\text{Protein (\%)} = 0,07 \times (\text{g}) + 12,7 \quad (R^2 = 0,69)$$

$$\text{Lipid (\%)} = 3,09 \times (\text{g})^{0,24} \quad (R^2 = 0,93)$$

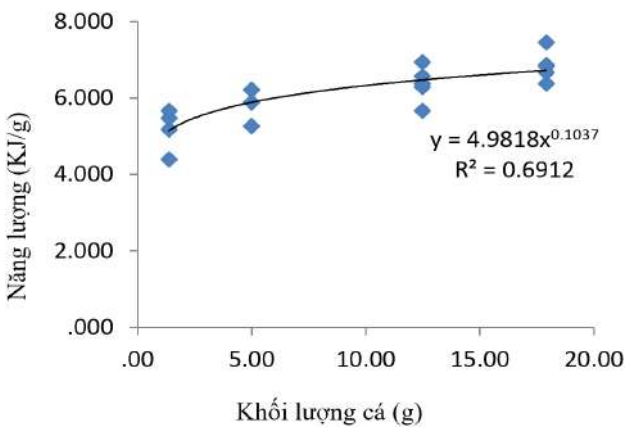
$$\text{Năng lượng (KJ/g)} = 4,981 \times (\text{g})^{0,103} \quad (R^2 = 0,69)$$

Ngoài ra, mối tương quan nghịch giữa ẩm độ và lipid của cá còn được thể hiện ở phương trình: Ẩm độ (%) = 39,8 - 0,46 (lipid) (R² = 0,70)

Theo nhận định của Lupatsch (2003) phần lớn năng lượng và protein được cá sử dụng cho tăng trưởng, vì vậy việc phân tích thành phần hóa học trong cơ thể cá sẽ là yếu tố chính để xác định nhu cầu năng lượng cho cá. Qua kết quả phân tích cho thấy thành phần hóa học của cá kèo có khuynh hướng tương tự như sự biến đổi thành phần hóa học ở một số loài cá như cá chêm Châu Âu (*Dicentrarchus labrax*) (Lupatsch et al., 2001), cá tráp (*Sparus aurata*) (Lupatsch (2003) cá mú trắng (*Epinephelus aeneus*) (Lupatsch and Kissil, 2005), cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) (Glencross et al., 2011) và cá rô phi (*Oreochromis niloticus*) (Trung et al., 2011).



Hình 2. Tương quan giữa ẩm độ (y1), protein (y2) và lipid (y3) với khối lượng cá (g)



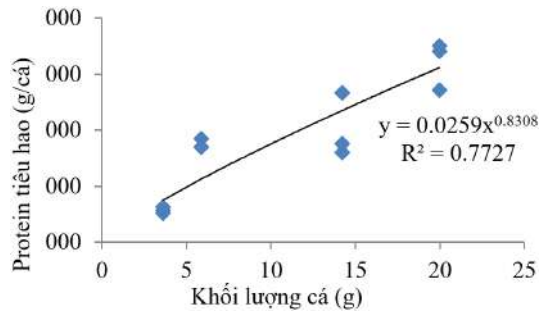
Hình 3. Tương quan giữa năng lượng (KJ/g) và khối lượng cá (g)

3.2. Protein và năng lượng tiêu hao

3.2.1. Protein của tiêu hao

Mối quan hệ giữa protein tiêu hao và khối lượng cơ thể được thể hiện dưới dạng phương trình: $y = a \times BW \text{ (kg)}^b$ (Lupatsch and Kissil, 2005). Đối với cá kèo thì mối quan hệ này được thể hiện thông qua phương trình sau: $Y = 0,03 X^{0,83}$ (R² = 0,77). Trong đó: $Y = \text{Protein tiêu hao (g/cá)}$; $X = \text{khối lượng cá (g)}$.

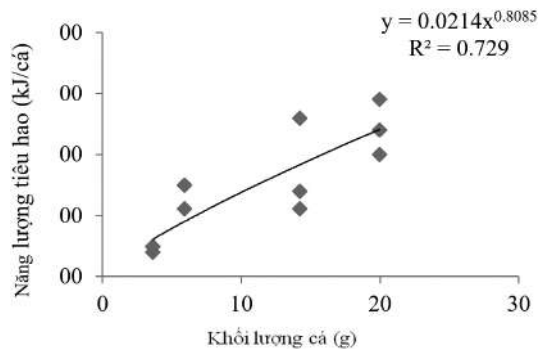
Theo kết quả thí nghiệm thì mối quan hệ giữa protein tiêu hao và khối lượng cá cho thấy cá kèo có số mũ trao đổi chất là 0,83. Số mũ này tương tự như ở một số loài cá khác như cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) là 0,83; cá rô phi (*O. niloticus*) là 0,85 (Trung et al., 2011). Tuy nhiên, số mũ trao đổi protein của 3 loài cá này cao hơn so với các loài ăn động vật như cá vền *Dicentrarchus labrax* là 0,70; cá chêm Châu Âu là 0,70; cá mú *Epinephelus aeneus* là 0,70 (Lupatsch, 2003; Lupatsch et al., 2001; Lupatsch et al., 2003) và cá chêm Châu Á là 0,70 (Glencross, 2008). Sự khác biệt này có thể do đặc tính ăn của loài; cá vền, cá chêm, cá mú là các loài cá ăn thiên về động vật còn cá tra, cá kèo, cá rô phi là những loài cá ăn tạp (Glencross et al., 2011; Trung et al., 2011).



Hình 4. Mối quan hệ giữa protein tiêu hao (g/cá) và khối lượng cá (g).

3.2.2. Năng lượng tiêu hao

Tương tự như protein tiêu hao thì việc xác định năng lượng tiêu hao của cá kèo ở 4 nhóm kích cỡ sau 28 ngày bị bỏ đói được trình bày ở hình 5.



Hình 5. Mối quan hệ giữa năng lượng tiêu hao (KJ/cá) và khối lượng cá (g).

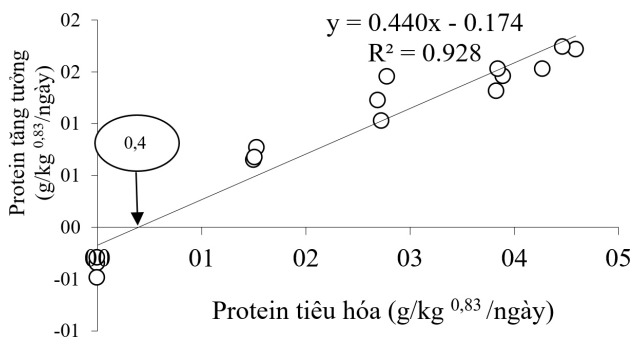
Qua hình 5 cho thấy giữa năng lượng tiêu hao và khối lượng cá kèo được thể hiện bằng phương trình số mũ như sau: $Y = 0,02 X^{0,81}$ ($R^2 = 0,73$) với $Y =$ Năng lượng tiêu hao (kJ/cá); $X:$ khối lượng cá (g). Theo phương trình trên thì cá kèo có năng lượng tiêu hao là 0,021 kJ/khối lượng cá (g)^{0,81} và số mũ năng lượng trao đổi chất của cơ thể được xác định là 0,81.

Kết quả số mũ này có giá trị tương đương với một số loài cá ở một số kết quả khác như nghiên cứu của Glencross và cộng tác viên (2010) trên cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) là 0,84; Trung và cộng tác viên (2011) trên cá rô phi (*O. niloticus*) là 0,85; Booth và cộng tác viên (2010) trên cá cam (*Seriola lalandi*) là 0,86; Lupatsch và cộng tác viên (2003) trên cá tráp (*Sparus aurata*), cá vền (*Dicentrarchus labrax*) và cá mú (*Epinephelus aeneus*) lần lượt là 0,82, 0,80, 0,79; Cho và Kaushik (1990) trên cá hồi là 0,83. Số mũ trao đổi chất của hầu hết các loài cá trung bình là 0,8 (NRC, 2011).

3.3. Hiệu quả sử dụng protein và năng lượng

3.3.1. Hiệu quả sử dụng protein

Mối quan hệ giữa protein tăng trưởng và protein tiêu hóa ăn vào được thể hiện ở Hình 6 và phương trình Protein tăng trưởng = 0,44 x (Protein ăn vào) - 0,17 ($R^2 = 0,93$)



Hình 6. Mối quan hệ giữa protein tiêu hoá và protein tăng trưởng

Kết quả của nghiên cứu cho thấy protein tăng trưởng ($g/kg^{0,83}/ngày$) = 0,44 x (Protein ăn vào) - 0,174. Giá trị 0,44 (44,0%) là hiệu quả sử dụng protein của cá kèo, so với một số loài cá thì hiệu quả sử dụng protein của cá kèo thấp, hiệu quả sử dụng protein của cá chẽm là 0,48; cá vền là 0,53; cá chẽm Châu Âu là 0,52 (Glencross, 2008; Lupatsch, 2003; Lupatsch *et al.*, 2001). Tuy nhiên, hiệu quả sử dụng protein của cá kèo cao hơn so với cá tra là 0,32 (Glencross *et al.*, 2011). Nhu cầu protein tiêu hóa cho duy trì của cá kèo là 0,40 $g/kg^{0,83}/ngày$, giá trị này thấp hơn so với nhu cầu protein tiêu hóa cho

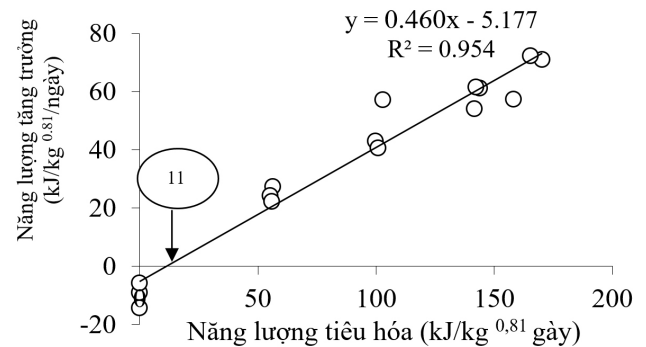
duy trì của cá tra là 0,47 $g/kg^{0,834}/ngày$ (Glencross *et al.*, 2011), cá rô phi là 0,52 $g/kg^{0,80}/ngày$ (Trung *et al.*, 2011), cá mú là 0,66 $g/kg^{0,70}/ngày$ (Lupatsch *et al.*, 2001), cá chẽm là 0,45 $g/kg^{0,70}/ngày$ (Glencross, 2008). Điều này có thể giải thích protein cần thiết cho quá trình tăng trưởng cũng như tích lũy thấp đối với cá kèo trong chu kỳ nuôi thương phẩm, cá đạt kích cỡ thương phẩm nhỏ hơn so với các loài cá kể trên trong cùng thời gian nuôi.

3.3.2. Hiệu quả sử dụng năng lượng

Mối quan hệ giữa năng lượng tiêu hóa ăn vào và năng lượng trong cơ thể tích lũy được trình bày theo Hình 7 và được biểu diễn bằng phương trình sau:

Năng lượng tăng trưởng = 0,46 x (Năng lượng ăn vào) - 5,18 ($R^2 = 0,96$)

Trong đó: $Y:$ Năng lượng tích lũy ($kJ/kg^{0,84}/ngày$) và $X:$ năng lượng tiêu hóa ăn vào ($kJ/kg^{0,84}$ (kg)/ngày).



Hình 7. Mối quan hệ giữa năng lượng tiêu hóa và năng lượng tăng trưởng.

Tương tự như hiệu quả sử dụng protein, hiệu quả sử dụng năng lượng của cá kèo được xác định là 46% và nhu cầu năng lượng tiêu hóa cho duy trì là 11,3 $kJ/kg^{0,81}/ngày$. Hiệu quả sử dụng năng lượng của cá kèo thấp hơn so với một số loài cá ăn động vật. Cụ thể, hiệu quả sử dụng năng lượng của cá vền là 65%, cá mú trắng là 66% và cá chẽm là 68% (Lupatsch *et al.*, 2003; Lupatsch and Kissil, 2005; Glencross, 2008). Tuy nhiên hiệu quả sử dụng năng lượng của cá kèo tương đương với cá rô phi là 44% (Trung *et al.*, 2011) và cá tra là 51% (Glencross *et al.*, 2011).

3.3.3. Xác định nhu cầu protein và năng lượng cho cá kèo

Nhu cầu protein, năng lượng và tỷ lệ protein/năng lượng cũng như các chỉ tiêu chi tiết khác trong khẩu phần ăn của cá kèo được xây dựng trong Bảng 1. Thức ăn được xây dựng với ba mức năng lượng tiêu hóa: 12, 13 và 14 MJ/kg để đáp ứng nhu cầu của cá trong thời gian nuôi thương phẩm. Cụ thể,

cá khối lượng 5 g/con có thể sử dụng thức ăn với mức năng lượng tiêu hóa thấp, cá có thể lấy thức ăn nhiều hơn để đáp ứng nhu cầu protein của cá và ngược lại cho cá có khối lượng lớn hơn. Việc xây dựng nhu cầu protein và năng lượng của cá kèo kể

thừa từ các kết quả nghiên cứu của một số tác giả Lupatsch (2003) xây dựng nhu cầu cho cá *Sparus aurata*, Glencross và cộng tác viên (2011) thực hiện trên cá *Pangasianodon hypophthalmus* và Trung và cộng tác viên (2011) nghiên cứu trên cá *O. niloticus*.

Bảng 1. Nhu cầu protein và năng lượng của cá kèo dựa trên sự tiêu hóa protein và năng lượng trong thức ăn

Khối lượng cá (g)	(a)	5,00	10,0	15,0	20,0	5,00	10,0	15,0	20,0	5,00	10,0	15,0	20,0
Tăng trưởng (g/ngày) ¹	(b)	0,15	0,20	0,23	0,25	0,15	0,20	0,23	0,25	0,15	0,20	0,23	0,25
Nhu cầu năng lượng													
Trao đổi chất cơ sở ²	(c)	0,014	0,024	0,033	0,042	0,014	0,024	0,033	0,042	0,014	0,024	0,033	0,042
Năng lượng tiêu hóa duy trì (kJ/cá/ngày) ³	(d)	0,15	0,27	0,38	0,48	0,15	0,27	0,38	0,48	0,15	0,27	0,38	0,48
Năng lượng tăng trưởng (kJ/cá/ngày) ⁴	(e)	0,96	1,25	1,45	1,62	0,96	1,25	1,45	1,62	0,96	1,25	1,45	1,62
Năng lượng tiêu hóa tăng trưởng (kJ/cá/ngày) ⁵	(f)	2,08	2,71	3,16	3,53	2,08	2,71	3,16	3,53	2,08	2,71	3,16	3,53
Tổng năng lượng tiêu hóa (kJ/cá/ngày) ⁶	(g)	2,24	2,98	3,54	4,00	2,24	2,98	3,54	4,00	2,24	2,98	3,54	4,00
Nhu cầu Protein													
Protein trao đổi chất cơ sở ⁷	(h)	0,012	0,022	0,031	0,039	0,012	0,022	0,031	0,039	0,012	0,022	0,031	0,039
Protein tiêu hóa duy trì (g/cá/ngày) ⁸	(i)	0,005	0,009	0,012	0,016	0,005	0,009	0,012	0,016	0,005	0,009	0,012	0,016
Protein tăng trưởng (g/cá/ngày) ⁹	(j)	0,021	0,026	0,029	0,032	0,021	0,026	0,029	0,032	0,021	0,026	0,029	0,032
Protein tiêu hóa tăng trưởng (g/cá/ngày) ¹⁰	(k)	0,049	0,060	0,067	0,072	0,049	0,060	0,067	0,072	0,049	0,060	0,067	0,072
Tổng protein tiêu hóa (g/cá/ngày) ¹¹	(l)	0,054	0,068	0,079	0,088	0,054	0,068	0,079	0,088	0,054	0,068	0,079	0,088
Thức ăn		5,00	10,0	15,0	20,0	5,00	10,0	15,0	20,0	5,00	10,0	15,0	20,0
Năng lượng tiêu hóa trong thức ăn (MJ/kg) ¹²	(m)	12	12	12	12	13	13	13	13	14	14	14	14
% thức ăn khối lượng cơ thể ăn vào ¹³	(n)	3,7%	2,5%	2,0%	1,7%	3,4%	2,3%	1,8%	1,5%	3,2%	2,1%	1,7%	1,5%
Lượng thức ăn ăn vào (g/ngày) ¹⁴	(o)	0,19	0,25	0,29	0,33	0,17	0,23	0,28	0,31	0,16	0,21	0,25	0,29
Protein tiêu hóa (%) ¹⁵	(p)	29%	28%	27%	26%	31%	30%	29%	29%	34%	32%	31%	31%
FCR ¹⁶	(q)	1,14	1,26	1,34	1,39	1,06	1,16	1,23	1,29	0,98	1,04	1,14	1,20
Tỷ lệ DP - DE (g/MJ) ¹⁷	(r)	24,2	22,9	22,3	21,9	22,9	22,9	22,3	21,9	22,9	22,9	22,3	21,9

Ghi chú: (1) = $0,1041 \cdot (a)^{0,2782}$; (2) = $(a) \cdot \text{số mũ năng lượng trao đổi chất}/1000$; (3) = Nhu cầu năng lượng duy trì * (2); (4) = $(b) \cdot 4,981 \cdot (a)^{0,103}$; (5) = (4)/ hiệu quả sử dụng năng lượng; (6) = (5) + (3); (7) = $(a) \cdot \text{số mũ protein trao đổi chất}/1000$; (8) = Nhu cầu protein duy trì * (7); (9) = $(b) \cdot \text{hàm lượng protein trung bình của cơ thể (13,3\%)}$; (10) = (9)/ hiệu quả sử dụng protein; (11) = (i) + (k); (12) = $(l) \cdot 1000/ (g)$; (13) = $(o)/ (a)$; (14) = $(g)/ (m)$; (15) = $(l)/ (o)$; (16) = $(o)/ (b)$; (17) = $(l) \cdot 1000/ (g)$.

Kết quả số liệu trong bảng 1 cho thấy có thể cung cấp năng lượng và protein phù hợp với nhu cầu của cá kèo trong khẩu phần ăn dựa trên mức năng lượng có trong thức ăn hay kích cỡ cá khác nhau. Ngoài ra, sự lựa chọn khẩu phần ăn của cá tương ứng với mức năng lượng có trong thức ăn nó sẽ tác động đến FCR và hàm lượng protein có trong thức ăn. Khi cung cấp thức ăn cho cá kèo chọn mức năng lượng cao, FCR thấp nhưng hàm lượng protein trong thức ăn sẽ cao. Nhu cầu protein của cá kích cỡ 5 g cao hơn so với ba kích cỡ cá còn lại (10, 15 và 20 g) do sự thay đổi về năng lượng trong cơ thể và cá nhỏ cần nhiều năng lượng cho quá trình sinh trưởng cũng như tổng hợp protein. Điều này cũng tương tự như ở một số loài khác như cá chêm *Lates calcarifer* (Glencross, 2006), cá tra *P. hypophthalmus* (Glencross *et al.*, 2011), cá rô phi *O. niloticus* (Trung *et al.*, 2011).

Khi cho cá ăn thức ăn với mức năng lượng tiêu hóa 12 MJ/kg thức ăn thì hàm lượng protein tiêu hóa cần cung cấp trong thức ăn từ khoảng 26 - 29%, FCR từ 1,15 đến 1,39 (Bảng 1). Tuy nhiên, nếu thức ăn chứa năng lượng tiêu hóa ở mức cao hơn (14 MJ/kg thức ăn) thì kết quả FCR thấp hơn so với cá sử dụng thức ăn chứa năng lượng tiêu hóa thấp (12 MJ/kg), nhưng protein tiêu hóa cần thiết cung cấp trong khẩu phần ăn tương ứng từ 31 đến 34%. Tỷ lệ protein tiêu hóa/ năng lượng tiêu hóa (P/E) không thay đổi ở cùng kích cỡ cá khi cho ăn thức ăn với các mức năng lượng tiêu hóa khác nhau, dao động từ 21,4 đến 22,9.

Trong sản xuất thức ăn cho cá, protein giữ vai trò quan trọng trong việc cung cấp chất dinh dưỡng và là nguồn dinh dưỡng đặc biệt nhất trong các nguyên liệu xây dựng công thức thức ăn. Do đó để tối ưu hóa thức ăn và giá thành sản xuất thức ăn hợp lý cần xác định tỷ lệ P/E phù hợp. Tối ưu hóa tỷ lệ P/E nhằm góp phần chia sẻ năng lượng cho protein và góp phần tăng protein tích lũy cho cơ thể (Thoman *et al.*, 1999). Tỷ lệ P/E của cá kèo trong nghiên cứu này thấp hơn so với một số loài cá khác như cá chêm *Lates calcarifer* (Glencross, 2006), cá tra *P. hypophthalmus* (Glencross *et al.*, 2011), cá rô phi *O. niloticus* (Trung *et al.*, 2011). Đối với một số loài cá ăn tạp như cá tra và cá rô phi, ở kích cỡ cá có khối lượng là 10 g/cá được thiết kế cho ăn với mức năng lượng tiêu hóa cao (14 MJ/kg) thì tỷ lệ DP/DE và lượng thức ăn ăn vào hàng ngày lần lượt là 29,9 - 1,46 g và 32,7 - 0,55 g. Tuy nhiên, FCR mong đợi của 2 loài cá này trong mô hình được ước lượng đều thấp hơn so với cá kèo, FCR của cá tra là 0,98 và

cá rô phi là 0,70 (Glencross *et al.*, 2011; Trung *et al.*, 2011). Ở một số loài cá ăn động vật như cá mú trắng (*Epinephelus aeneus*) có khối lượng 5 g/con, thức ăn được ước lượng từ mô hình hóa có năng lượng tiêu hóa là (14 MJ/kg) thì tỷ lệ DP/DE, lượng thức ăn ăn vào hàng ngày và FCR của cá lần lượt là 33,0; 0,31 g và 1 (Lupatsch and Kissill, 2005). Kết quả nghiên cứu của Lupatsch (2003) khi sử dụng mô hình hóa để ước lượng nhu cầu dinh dưỡng của cá tráp (*Sparus aurata*) cho thấy cá có khối lượng 10 g/con được cho ăn với mức năng lượng là 15 MJ/kg thì lượng thức ăn ăn vào hàng ngày của cá là 0,28 g và FCR của cá được xác định là 1,09 (tỷ lệ DP/DE trong thức ăn là 29,9). Cá trống đỏ Đại Tây Dương (*Sciaenops ocellatus*) giai đoạn giống sử dụng tốt thức ăn chứa tỷ lệ P/DE là 27,5 (Thoman *et al.*, 1999). Tỷ lệ DE/DP của cá vền (*D. labrax*) trong mô hình hóa được xác định với các giá trị dao động từ 20,8 - 25,2 (Lupatsch *et al.*, 2001). Nghiên cứu của Ai và cộng tác viên (2004) ở cá chêm Nhật Bản (*Lateolabrax japonicus*) giai đoạn giống đã xác định tỷ lệ P/E thích hợp cho tăng trưởng của cá là 25,9 mg protein/KJ. Cá mú (*Epinephelus malabaricus*) giai đoạn giống tăng trưởng tối ưu khi sử dụng thức ăn chứa 55% protein, 12% lipid và tỷ lệ P/E là 28 mg protein/KJ (Tuan and Williams, 2007).

IV. KẾT LUẬN

Nhu cầu protein tiêu hóa/ năng lượng tiêu hóa (DP/DE) của cá kèo được xác định với các kích cỡ cá 5 g, 10 g, 15 g và 20 g trong suốt chu kỳ nuôi thương phẩm lần lượt là: 24,2; 22,9; 22,3 và 21,9. Với từng mức năng lượng sẽ tương ứng với nhu cầu protein tương ứng. Với mức năng lượng thức ăn là 13 MJ/kg, nhu cầu protein của cá kèo lần lượt là 31 và 28% tương ứng với kích cỡ cá có khối lượng 5,00 và 20,0 g.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Lê Thanh Hùng, 2008. *Thức ăn và dinh dưỡng thủy sản*. Nhà xuất bản Nông nghiệp TP. Hồ Chí Minh, 300 trang.
- Ai, Q., K. Mai, H. Li, C. Zhang, L. Zhang, Q. Duan, B. Tan, W. Xu, H. Ma, W. Zhang & Z. Liufu, 2004. Effects of dietary protein to energy ratios on growth and body composition of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicas*. *Aquaculture*, 230: 507-516.
- AOAC, 2000. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists Arlington.
- Booth, M.A., G.L. Allan & I. Pirozzi, 2010. Estimation of digestible protein and energy requirements of

- yellowtail kingfish *Seriola lalandi* using a factorial approach. *Aquaculture*, 307 (3-4): 247-259.
- Cho, C.Y. and S.J. Kaushik**, 1990. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). In *Aspects of food production, consumption and energy values*, 61: 132-172. Karger Publishers.
- Glencross, B., T.T.T. Hien, N.T. Phuong & T.L.C. Tu**, 2011. A factorial approach to defining the energy and protein requirements of Tra Catfish, *Pangasianodon hypothalamus*. *Aquaculture Nutrition*, 17 (2): 396-405.
- Glencross, B.D.**, 2006. Nutritional management of barramundi, *Lates calcarifer* - a review. *Aquacult. Nutr.*, 12: 291-309.
- Glencross, B.D.**, 2008. A factorial growth and feed utilisation model for barramundi, *Lates calcarifer* based on Australian production conditions. *Aquacult. Nutr.*, 14: 360-373.
- Glencross, B.D., N.T. Phuong, T.T.T. Hien, T.T.C. Tu & T.M. Phu**, 2010. A factorial growth and feed utilisation model for Tra catfish, *Pangasianodon hypophthalmus*. *Aquaculture Nutrition*, 17: 396-405.
- Lupatsch, I.**, 2003. *Factorial Approach to Determining Energy and Protein Requirements of Gilthead seabream (Sparus aurata) for Optimal Efficiency of Production*. Degree of Doctor of Philosophy in Agriculture, 123pp.
- Lupatsch, I. & G.W. Kissil**, 2005. Feed formulations based on energy and protein demands in white grouper (*Epinephelus aeneus*). *Aquaculture*, 248 (1-4): 83-95.
- Lupatsch, I., G.W. Kissil & D. Sklan**, 2003. Comparison of energy and protein efficiency among three fish species gilthead sea bream (*Sparus aurata*), European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and white grouper (*Epinephelus aeneus*): energy expenditure for protein and lipid deposition. *Aquaculture*, 225 (1-4): 175-189.
- Lupatsch, I., G.W. Kissil, D. Sklan & E. Pfeffer**, 2001. Effects of varying dietary protein and energy supply on growth, body composition and protein utilization in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Nutrition*, 7 (2): 71-80.
- Lupatsch, I., G.W. Kissil & D. Sklan**, 2001. Optimization of feeding regimes for European sea bass *Dicentrarchus labrax*: a factorial approach. *Aquaculture*, 202: 289-302.
- NRC (National Research Council)**, 2011. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. The National Academy Press, Washington, D.C., USA. 375 pp.
- Thoman, E.S., D.A. Davis & C.R. Arnold**, 1999. Evaluation of growout diets with varying protein and energy levels for red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture*, 176 (3-4): 343-353.
- Trung, V.D., N.T. Diu, N.T. Hao & B. Glencross**, 2011. Development of a nutritional model to define the energy and protein requirements of tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 320 (1-2): 69-75.
- Tuan, L.A. & K.C. William**, 2007. Optimum dietary protein and lipid specifications for juvenile malabar grouper (*Epinephelus malabaricus*). *Aquaculture*, 267: 129-138.

Application of bioenergetic modelling to define the energy and protein requirements of mudskipper (*Pseudapocryptes elongatus*)

Tran Thi Be and Tran Thi Thanh Hien

Abstract

The study was conducted to determine the protein and energy requirements of mudskipper (*Pseudapocryptes elongatus*) following application of bioenergy model. The study was conducted with 3 experiments: (i) Determination of maintaining protein and energy of mudskipper, (ii) Evaluation of energy and protein efficiency utilization of mudskipper and (iii) survey on the feed use, growth and body composition in grow-out mudskipper aquaculture. The results showed that digestible protein/ digestible energy (DP/ DE) requirement for mudskipper were determined from 24.3 to 21.5 during the grow-out cycle. Digestible protein content (%) at 13Mj/kg DE in feed were from 31% to 28% DP for fish sizes 5g and 20g, respectively.

Keywords: Bioenergetic modelling, energy requirement, mudskipper, protein require

Ngày nhận bài: 07/8/2020
Ngày phản biện: 18/8/2020

Người phản biện: TS. Ngô Minh Dung
Ngày duyệt đăng: 28/8/2020