

# NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG TIÊU HÓA BỘT ĐẬU NÀNH CHIẾT XUẤT CỦA CÁC DÒNG CÁ CHÊM (*Lates calcarifer*) KHÁC NHAU VỀ KIỂU GEN

## DIGESTIBILITY OF EXTRACT SOYBEAN MEAL IN THE DIET OF DIFFERENT STRAINS OF BARRAMUNDI (*Lates calcarifer*)

Nguyễn Anh Tuấn<sup>(\*)</sup>, Igor Pirozzi, Guy Carton, Nguyễn Thị Thúy Hằng, Nguyễn Thị Huệ Linh  
Khoa Thủy sản – Đại học Nông lâm Huế.

Email: anhtuan2312@gmail.com

### ABSTRACT

Differences in growth rates are commonly observed amongst different strains of barramundi under controlled culture conditions. In order to explore a possible mechanism which might explain why one strain grows faster than another, this study compared the apparent digestibility of crude protein, energy and dry matter of a solvent extracted soybean meal diet (SBM) and a fishmeal based reference diet (REF) between two genetically distinct hatchery reared strains of barramundi originating from Darwin, NT and Bowen, QLD. No interaction between diet type and barramundi strain was found when considering diet protein ( $p > 0.05$ ), diet energy ( $p > 0.05$ ) and diet dry matter digestibility ( $p > 0.05$ ). Diet and ingredient digestibility between Bowen and Darwin barramundi were not significantly different when fed either REF or SBM diets ( $p > 0.05$ ). However, significant differences were found when comparing specific growth rate (SGR) between barramundistrains but not between diets (SBM SGR =  $1.4 \pm 0.07$  cf.  $1.2 \pm 0.07$ ;  $p < 0.05$ ; REF SGR =  $1.5 \pm 0.07$  cf.  $1.2 \pm 0.11$ ;  $p < 0.05$ , for Bowen and Darwin barramundi, respectively). Therefore, differences in growth performance between the two barramundi strain are not related to diet digestibility. Based on these results, there is good potential to apply diet digestibility data from one barramundi strain to another and SBM is an excellent alternative dietary protein source for barramundi. Further work is needed to determine the underlying mechanisms driving differential rates of growth amongst barramundi strains.

### ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiểu rõ nhu cầu dinh dưỡng đối với sự tăng trưởng, khả năng sử dụng thức ăn, nguyên liệu của động vật thủy sản đóng vai trò rất quan trọng trong việc tối ưu hóa năng suất trong các hoạt động nuôi trồng thủy sản. Hiện nay nhu cầu dinh dưỡng của cá chêm đã được nghiên cứu khá đầy đủ. Theo Glencross (2006), cá chêm (*Lates calcarifer*) đòi hỏi hàm lượng dinh dưỡng cao trong khẩu phần thức ăn với protein: 450 – 500g/kg; lipid: 140 – 160g/kg; tỷ lệ axit béo n-3/ n-6: 1.5/1.8:1; carbohydrat: <300g/kg. Tuy nhiên, tương tự như các đối tượng động vật thủy khác, sự khác biệt về tốc độ tăng trưởng giữa các dòng cá chêm trong cùng điều kiện nuôi đã được ghi nhận trong nhiều nghiên cứu (Rogers và Bloomfield, 1993). Rất nhiều giả thuyết được đưa ra nhằm giải thích cho sự khác biệt về tốc độ tăng trưởng giữa các dòng trong cùng một loài động vật thủy sản như khác biệt về hệ enzyme tiêu hóa đã ảnh hưởng đến khả năng tiêu hóa, sử dụng thức ăn (Hakim và ctv, 2007) hoặc do sự khác biệt về mặt di truyền học (Pierce và ctv, 2008). Tính đến thời điểm hiện tại, những thông tin liên quan đến so sánh khả năng tiêu hóa khẩu phần thức ăn, nguyên liệu giữa các dòng cá chêm vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ. Trên cơ sở này, nghiên cứu khả năng tiêu hóa chiết xuất bột đậu nành trong khẩu phần thức ăn của các dòng cá chêm khác nhau về di truyền học được thực hiện với mục đích tìm hiểu cơ chế giải thích cho sự khác biệt về tốc độ tăng trưởng giữa các dòng cá chêm trong cùng điều kiện nuôi.

### PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

#### Chuẩn bị nguyên liệu và khẩu phần thức ăn

Trong nghiên cứu này, hai khẩu phần thức ăn được chuẩn bị bao gồm khẩu phần đối chứng (REF) và khẩu phần thí nghiệm (SBM). Trong đó, nguyên liệu thí nghiệm (bột đậu nành chiết

xuất - SBM) được sử dụng để thay thế 30 % nguyên liệu đối chứng (bột cá) trong khẩu phần thí nghiệm (SBM). Yttrium ôxít được cho thêm vào thức ăn chuẩn và thức ăn kiểm tra để làm chất chỉ thị tro với lượng 1g/kg. Công thức và thành phần nguyên liệu trong các khẩu phần (REF và SBM), thành phần sinh hóa nguyên liệu tính theo vật chất khô (%) được thể hiện lần lượt ở bảng 1 và 2.

**Bảng 1.** Thành phần nguyên liệu khẩu phần đối chứng và thí nghiệm theo vật chất khô

	REF	SBM
Bột cá	699	480.4
Dầu cá	142.7	97.5
Bột mì	151.7	103.1
Chiết xuất bột đậu nành	0	312.7
Vitamin and khoáng chất	5.6	5.5
Yttrium oxide	0.9	0.9
Vật chất khô (g kg <sup>-1</sup> )	966	944
Protein thô	563.8	550.3
Chất béo thô	221.6	161.9
Tro	114.9	99.5
Năng lượng thô (MJ kg <sup>-1</sup> DM)	234.5	223.5

**Bảng 2.** Thành phần sinh hóa nguyên liệu theo trọng lượng thô

	Bột cá	Bột đậu nành	Bột mì
Vật chất khô (g kg <sup>-1</sup> )	924.4	878	873
Protein thô	750.4	541.7	151.7
Chất béo thô	112.5	42.8	21.6
Tro	155.7	70.1	8.7
Năng lượng thô (MJ kg <sup>-1</sup> DM)	209.8	200.4	184.4
NFE	-18.6	345.4	818

Dẫn xuất không đạm (NFE) = 1000 – (protein + chất béo + Tro). Giá trị âm bởi vì protein được tính dựa trên N x 6.25.

### Phương pháp thu phân

Hai dòng cá chẽm đã được xác định khác nhau về mặt di truyền học từ hai trại giống Darwin (NT) và Bowen thuộc bang Queensland được nuôi trong hệ thống nước ngọt tuần hoàn lọc sinh học (12 bể với dung tích 35 L/bể). Mật độ thả trong mỗi bể là 10 cá thể/bể với kích thước cá trung bình 73.5 ± 2.1 g and 18.3 ± 0.4 cm. Các nghiệm thức thí nghiệm được đưa vào ngẫu nhiên vào 12 bể với mỗi nghiệm thức có 3 lần lặp lại. Cá được cho ăn 1 lần/ngày đến khi thỏa mãn tại 6h sáng hằng ngày bằng hệ thống cho ăn tự động. Thu phân được thực hiện định kì 2 lần /tuần đến khi đủ lượng phân cần phân tích (2g phân khô tương đương 82 ngày thí nghiệm) bằng phương pháp thu trực tiếp từ ống tiêu hóa. Trước khi tiến hành thu phân cá sẽ được gây mê trong bể có dung tích 100 l chứa 10 ppm Aqui - S<sup>®</sup> và oxi nguyên chất. Mẫu phân trong cùng một bể tại các ngày thu phân khác nhau sẽ được cất giữ trong cùng một chai nhựa nhỏ tại nhiệt độ - 20<sup>0</sup> C. Mẫu phân được sấy khô tại 50<sup>0</sup>C trong vòng 24h trước khi tiến hành phân tích hệ số tiêu hóa.

### Phân tích hóa học

Mẫu phân và thức ăn được phân tích các chỉ số vật chất khô, yttrium, nitơ, năng lượng thô. Ngoài ra, mẫu thức ăn được phân tích thêm chỉ số tro và chất béo. Vật chất khô được tính toán dựa trên phân tích trọng lượng (sấy khô ở 105<sup>0</sup> C trong 24h). Tổng yttrium được xác định theo phương pháp của McQuaker và ctv (1979). Nitơ được xác định theo phương pháp của AOAC (1990). Tổng lipid được xác định theo phương pháp của Folch et al., (1957). Năng lượng thô được xác định bằng bom kế (Calorimeter Parr 6300, USA).

### Tính toán độ tiêu hóa và tốc độ tăng trưởng

## Độ tiêu hóa (ADC)

Độ tiêu hóa khẩu phần được tính dựa theo công thức

$$ADC(\%) = 100 \times [1 - (F/D \times D_{yttrium}/F_{yttrium})]$$

Trong đó: F = % chất dinh dưỡng hoặc năng lượng thô trong phân; D = % chất dinh dưỡng hoặc năng lượng thô trong thức ăn%;  $D_{yttrium}$  = % chất đánh dấu trong khẩu phần;  $F_{yttrium}$  = % chất đánh dấu trong phân (Cho và ctv, 1982).

Độ tiêu hóa nguyên liệu được tính dựa theo công thức:

$$ADC_{ING}(\%) = [(Nutr_{TD} \times AD_{TD}) - (P_{RD} \times Nutr_{RD})] / [P_{ING} \times Nutr_{ING}]$$

Trong đó  $ADC_{ING}$  = Độ tiêu hóa của chất dinh dưỡng hoặc năng lượng thô trong nguyên liệu thí nghiệm;  $Nutr_{TD}$  = chất dinh dưỡng hoặc năng lượng trong khẩu phần thí nghiệm;  $AD_{TD}$  = độ tiêu hóa khẩu phần thí nghiệm;  $P_{RD}$  = tỷ lệ của khẩu phần đối chứng;  $Nutr_{RD}$  = chất dinh dưỡng hoặc năng lượng thô trong khẩu phần đối chứng;  $P_{ING}$  = tỷ lệ nguyên liệu đối chứng;  $Nutr_{ING}$  = chất dinh dưỡng và năng lượng trong nguyên liệu thí nghiệm (Sugira và ctv, 1998).

## Tốc độ tăng trưởng

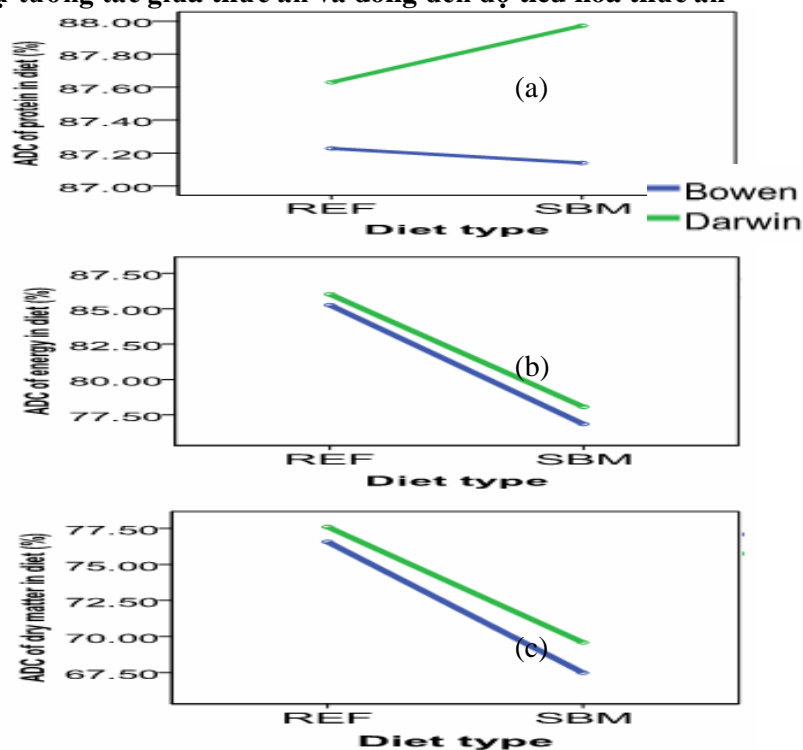
Tốc độ tăng trưởng đặc biệt được tính theo công thức  $SGR (\%/ngày) = (\ln(\text{trọng lượng thu hoạch}) - \ln(\text{trọng lượng ban đầu})) / \text{số ngày nuôi} \times 100$

## Phân tích xử lý số liệu

Two - way ANOVA được sử dụng để kiểm tra ảnh hưởng của sự tương tác giữa thức ăn (SBM và REF) và dòng (Bowen và Darwin) đến độ tiêu hóa thức ăn. Nếu không có sự tương tác xảy ra, One - way ANOVA được sử dụng để so sánh sự khác biệt về độ tiêu hóa (ADC) thức ăn, nguyên liệu, SGR giữa các dòng cá chêm và giữa cá công thức thức ăn trong cùng một dòng. Mức độ khác biệt được đánh giá thông qua Fishers Least Significant Difference (LSD) test in SPSS.

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

**Ảnh hưởng của sự tương tác giữa thức ăn và dòng đến độ tiêu hóa thức ăn**



**Hình 1.** Sự tương tác giữa công thức giữa công thức ăn và dòng đến độ tiêu hóa protein (a), năng lượng (b) và vật chất khô thức ăn (c).

Kết quả phân tích Two way ANOVA cho thấy không có sự tương tác giữa công thức ăn (SBM, REF) và dòng (Bowen và Darwin) đến độ tiêu hóa protein ( $F = 0.495$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0.502$ ), năng lượng ( $F = 0.118$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0.740$ ) và vật chất khô thức ăn ( $F = 0.453$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0.520$ ) (Hình 1).

### Độ tiêu hóa thức ăn

**Bảng 3. Độ tiêu hóa thức ăn (means  $\pm$  SD) của hai dòng cá chêm**

	REF	SBM
<b>Bowen</b>		
Protein	*87.2 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	*87.2 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>
Năng lượng	*85.3 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	*76.9 $\pm$ 1.4 <sup>b</sup>
Vật chất khô	*76.6 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	*67.5 $\pm$ 1.9 <sup>b</sup>
<b>Darwin</b>		
Protein	*87.6 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	*87.9 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>
Năng lượng	*86.0 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	*78.1 $\pm$ 1.6 <sup>b</sup>
Vật chất khô	*77.6 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	*69.6 $\pm$ 1.8 <sup>b</sup>

\* Trong cùng cột thể hiện sự không khác biệt thống kê về độ tiêu hóa của cùng một chỉ tiêu dinh dưỡng giữa hai dòng cá ( $p > 0.05$ ). a, b trong cùng hàng thể hiện sự khác biệt thống kê về độ tiêu hóa các chỉ tiêu dinh dưỡng thức ăn giữa hai loại thức ăn ( $p < 0.05$ ).

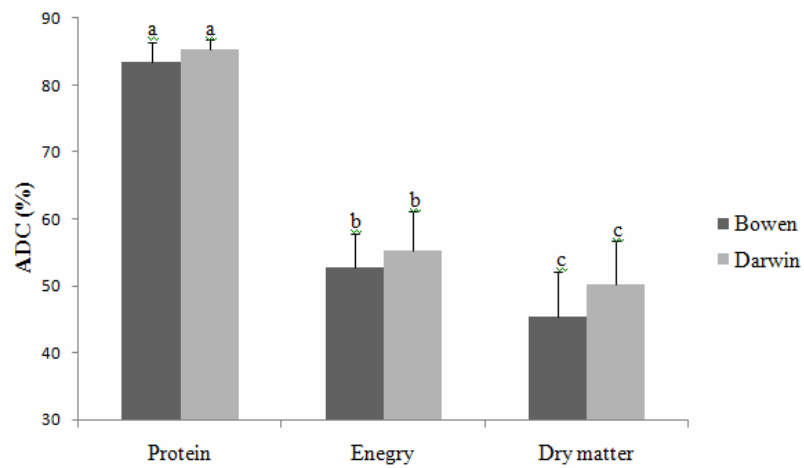
Kết quả nghiên cứu cho thấy không có sự khác biệt ý nghĩa về độ tiêu hóa thức ăn ở tất cả các chỉ tiêu dinh dưỡng kiểm tra giữa hai dòng cá chêm khi ăn SBM hoặc REF (bảng 3). Điều này cho thấy khả năng các dòng cá chêm khác nhau có thể sử dụng chung dữ liệu tiêu hóa trong việc xây dựng khẩu phần. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Glencross (2004 và 2011). Tác giả đã tìm thấy sự tương quan chặt chẽ về độ tiêu hóa thức ăn và nguyên liệu giữa các loài cá ăn động vật trên nhiều thành phần nguyên liệu khác nhau (cá hồi *Salmo salar* và cá hồi vân *Oncorhynchus mykiss*; cá hồi vân và cá chêm). Tuy nhiên, những kết quả nghiên cứu này lại trái ngược với những kết quả được tìm thấy bởi Refstie và ctv (2000). Refstie cho rằng những đáp ứng khác nhau với tỷ lệ bột đậu nành trong công thức ăn giữa cá hồi và cá hồi vân đã gây ra sự khác biệt về độ tiêu hóa bột đậu nành giữa hai loài này. Căn cứ trên những kết quả nghiên cứu của Glencross (2004 và 2011), Refstie và ctv (2000), sự khác biệt trong độ tiêu hóa giữa hai dòng cá chêm (Bowen và Darwin) có thể được tìm thấy trên những nguyên liệu khác hoặc các chỉ tiêu dinh dưỡng khác như độ tiêu hóa axit amin hoặc tại các tỷ lệ phối trộn khác của bột đậu nành trong các thức ăn đã được thử nghiệm. Glencross (2011) đã cho thấy mức độ tương quan độ tiêu hóa thức ăn giữa cá hồi vân và cá chêm thay đổi tùy thuộc vào nguyên liệu thí nghiệm và chỉ tiêu dinh dưỡng kiểm tra.

Độ tiêu hóa protein của REF và SBM trong cùng một dòng cá là như nhau với khoảng 87 % protein được tiêu hóa ( $p > 0.05$ ). Điều này cho thấy chiết xuất bột đậu nành được xem như nguồn protein thay thế lý tưởng đối với bột cá trong khẩu phần thức ăn của các chêm. Độ tiêu hóa protein của REF và SBM cũng đã cho thấy tỷ lệ protease inhibitor và phytic axit trong bột đậu nành thô đã được hạn chế đáng kể trong chiết xuất bột đậu nành thí nghiệm thông qua quá trình chiết xuất bởi nhiệt độ. Arndt và ctv (1999) đã chỉ ra rằng độ tiêu hóa protein của cá hồi vân đã tăng từ 74% đối với bột đậu nành thô to 91% sau khi bột đậu nành được hấp ở 1.7 atm/121<sup>0</sup> C trong 20 phút. Quá trình này đã làm giảm tỷ lệ trypsin inhibitor từ 181 đến 1.8. Ngoài ra, chỉ với 30% bột đậu nành được sử dụng thay thế bột cá trong công thức thí nghiệm có thể chưa đủ để dẫn đến sự sụt giảm độ tiêu hóa protein. Rất nhiều nghiên cứu trước đây đã cho thấy tăng tỷ lệ bột đậu nành thay thế bột cá trong khẩu phần đã tăng tỷ lệ proteinase inhibitor và điều này đã giảm độ tiêu hóa protein thức (Smith, 1977; Tacon và ctv, 1983, Smith và ctv, 1988; Pongmaneerat và Watanabe, 1992; Oli và Krogdahl, 1994; Kaushik và ctv, 1995; Olli và ctv, 1995; Refstie và ctv, 1997, 1998; Wu và ctv, 2003)

Mặc dù, không có sự khác biệt về độ tiêu hóa protein thức ăn nhưng độ tiêu hóa năng lượng, vật chất khô thức ăn của REF cao hơn có ý nghĩa so với SBM ở cả hai dòng cá chêm ( $p < 0.05$ ). Tỷ lệ NEF cao trong bột đậu nành đã dẫn đến tỷ lệ cao của NSP (non-starch polysaccharide) trong thức ăn và điều này đã cản trở quá trình tiêu hóa của động vật thủy sản, đặc biệt đối với những loài ăn động vật như cá chêm (Kraugerud và ctv, 2007; Hansen và Storebakken, 2007, Glencross và ctv, 2008). Hơn nữa, Glencross và ctv (2012) đã tiến hành đánh giá khả năng tiêu hóa của cá chêm đối với ngũ cốc và các nguồn tinh bột khác cho thấy khả năng tiêu hóa tinh bột của cá chêm rất hạn chế. Điều này có thể giải thích cho sự khác biệt trong độ tiêu hóa năng lượng, vật chất khô giữa SBM và REF ở cả hai dòng cá chêm.

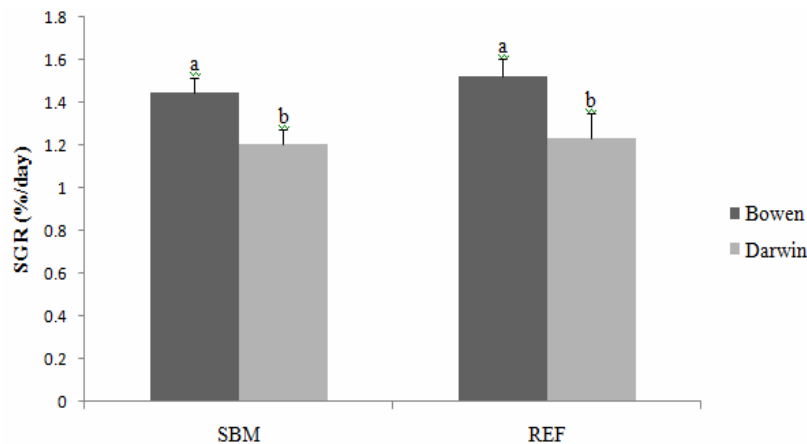
### Độ tiêu hóa nguyên liệu và tốc độ tăng trưởng

Độ tiêu hóa nguyên liệu (SBM) giữa hai dòng cá Bowen và Darwin được thể hiện ở hình 2. Kết quả phân tích cho thấy độ tiêu hóa nguyên liệu của dòng cá Darwin cao hơn so với Bowen trong tất cả các chỉ tiêu dinh dưỡng phân tích (protein, năng lượng, vật chất khô). Tuy nhiên sự khác biệt này không có ý nghĩa về thống kê ( $p > 0.05$ )



**Hình 2.** Độ tiêu hóa protein, năng lượng, vật chất khô nguyên liệu (SBM) của hai dòng cá

Mặc dù không có sự khác biệt thống kê về độ tiêu hóa thức ăn và nguyên liệu ở tất cả các chỉ tiêu dinh dưỡng phân tích nhưng tốc độ tăng trưởng đặc biệt (SGR%) của cá chêm Bowen cao hơn đáng kể khi so sánh với cá chêm Darwin trong cả hai loại thức ăn kiểm tra (SBM:  $SGR_{Bowen}: 1.4 \pm 0.1$ ,  $SGR_{Darwin}: 1.2 \pm 0.1$ ; REF:  $SGR_{Bowen}: 1.5 \pm 0.1$ ,  $SGR_{Darwin}: 1.2 \pm 0.1$  (hình 3).



**Hình 3.** Tốc độ tăng trưởng chi tiết của cá chêm Bowen và Darwin ở cả hai loại thức ăn

Kết quả này chỉ ra rằng khả năng tiêu hóa thức ăn và nguyên liệu không ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng của hai dòng cá thí nghiệm. Một số giả thiết có thể được sử dụng để giải thích cho sự khác biệt về tốc độ tăng trưởng trong thí nghiệm này bao gồm: sự khác biệt trong khả năng sử dụng dinh dưỡng (Glencross, 2008), lượng thức ăn tiêu thụ (Neely và ctv, 2008), khả năng thích ứng nhiệt độ (Newton và ctv, 2010). Theo Glencross (2008) và NCR (2011), thức ăn sau khi tiêu hóa sẽ được sử dụng cho rất nhiều các hoạt động khác nhau như vận động, trao đổi chất và tích lũy tại các mô. Do đó, con đường biến đổi năng lượng và dinh dưỡng ở hai dòng cá chêm có thể không giống nhau. Điều này đã dẫn đến sự khác biệt trong tốc độ tăng trưởng ở thí nghiệm này. Tuy nhiên, những giả thiết này cần phải được kiểm chứng trong những thí nghiệm tiếp theo.

## **KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

Không có sự tương tác giữa công thức phối trộn thức ăn và dòng cá ảnh hưởng đến độ tiêu hóa thức ăn và nguyên liệu của hai dòng cá chêm kiểm tra. Các dòng cá chêm khác nhau có thể sử dụng chung dữ liệu tiêu hóa trong việc xây dựng khẩu phần do sự không khác biệt về độ tiêu hóa giữa hai dòng trên hai loại thức ăn đã được thí nghiệm. Điều này có ý nghĩa rất quan trọng đối với những công ty sản xuất thức ăn công nghiệp các chêm trong việc xây dựng thức ăn dựa trên độ tiêu hóa. Chiết xuất bột đậu nành có thể được xem như nguồn protein lý tưởng thay thế bột cá trong thức ăn cá chêm. Không có sự liên quan giữa khả năng tiêu hóa và tốc độ tăng trưởng của cá chêm. Do đó, những nghiên cứu nhằm mục đích giải thích rõ tại sao sự khác biệt trong tốc độ tăng trưởng giữa các dòng cá chêm nên được tiến hành trong tương lai.

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- AOAC (1990). Association of Official Analytical Chemists (AOAC) Official methods of analysis of the association of Official Analytical Chemists (Kenneth Helrich Ed.) 15<sup>th</sup> Edition.
- Arndt, R. E., Hardy, R. W., Sugiura, S. H., & Dong, F. M. (1999). Effects of heat treatment and substitution level on palatability and nutritional value of soy defatted flour in feeds for Coho Salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Aquaculture*, 180(1-2), 129-145.
- Cho, C., Slinger, S., & Beyley, H. (1982). Bioenergetics of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comp Biochem Physiol*, 73B, 25-241.
- Drew, M., Borgeson, T., & Thiessen, D. (2007). A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. *Animal Feed Science and Technology*, 138(2), 118-136.
- Folch, J., Lees, M., & Sloane-Stanley, G. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem*, 226(1), 497-509.
- Frost, L. A., Evans, B. S., & Jerry, D. R. (2006). Loss of genetic diversity due to hatchery culture practices in barramundi (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*, 261(3), 1056-1064.
- Glencross, B. (2006). The nutritional management of barramundi, *Lates calcarifer*—a review. *Aquaculture Nutrition*, 12(4), 291-309.
- Glencross, B. (2011). A comparison of the digestibility of diets and ingredients fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) or barramundi (*Lates calcarifer*) – the potential for inference of digestibility values among species. *Aquaculture Nutrition*, 17, 207 – 215.
- Glencross, B., Blyth, D., Tabrett, S., Bourne, N., Irvin, S., Anderson, M., Smullen, R (2012). An assessment of cereal grains and other starch sources in diets for barramundi (*Lates calcarifer*)—implications for nutritional and functional qualities of extruded feeds. *Aquaculture Nutrition*, 18, 388 – 399.
- Glencross, B., Carter, C., Duijster, N., Evans, D., Dods, K., McCafferty, P., Sipsas, S. (2004). A comparison of the digestive capacity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) when fed a range of plant protein products. *Aquaculture*, 237, 333-346.

- Glencross, B., Rutherford, N., & Bourne, N. (2012). The influence of various starch and non-starch polysaccharides on the digestibility of diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*.
- Hakim, Y., Rowland, S. J., Guy, J. A., Mifsud, C., Uni, Z., & Harpaz, S. (2007). Effects of genetic strain and holding facility on the characteristics of alkaline phosphatase and brush border enzymes in silver perch (*Bidyanus bidyanus*). *Aquaculture Research*, 38(4), 361-372.
- Kraugerud, O. F., Penn, M., Storebakken, T., Refstie, S., Krogdahl, Å., & Svihus, B. (2007). Nutrient digestibilities and gut function in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with cellulose or non-starch polysaccharides from soy. *Aquaculture*, 273(1), 96-107.
- McQuaker, N. R., Brown, D. F., & Kluckner, P. D. (1979). Digestion of environmental materials for analysis by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. *Analytical Chemistry*, 51(7), 1082-1084.
- NCR (National Research Council). 2011. Nutrient Requirements of Fish. Washington, DC: National Academy Press.
- Neely, K. G., Myers, J. M., Hard, J. J., & Shearer, K. D. (2008). Comparison of growth, feed intake, and nutrient efficiency in a selected strain of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and its source stock. *Aquaculture*, 283(1), 134-140.
- Newton, J. R., Smith-Keune, C., & Jerry, D. R. (2010). Thermal tolerance varies in tropical and sub-tropical populations of barramundi (*Lates calcarifer*) consistent with local adaptation. *Aquaculture*, 308, S128-S132.
- Pierce, L. R., Palti, Y., Silverstein, J. T., Barrows, F. T., Hallerman, E. M., & Parsons, J. E. (2008). Family growth response to fishmeal and plant-based diets shows genotype × diet interaction in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 278(1), 37-42.
- Olli, J. J., & Krogdahl, Å. (1994). Nutritive value of four soybean products as protein sources in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) reared in fresh water. *Acta Agriculturae Scandinavica A-Animal Sciences*, 44(3), 185-192.
- Pongmaneerat, J., Watanabe, T., 1992. Utilization of soybean meal as protein source in diet for rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58, 1983 – 1990.
- Refstie, S., Korsøen, Ø. J., Storebakken, T., Baevefjord, G., Lein, I., & Roem, A. J. (2000). Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 190(1-2), 49-63.
- Rodgers, L., & Bloomfield, J. (1993). Comparison of growth, condition and mortality between stocks of barramundi *Lates calcarifer*: 1. Cairns and Burrum River strains. *Larval and Juvenile Culture of Barramundi Lates Calcarifer (Bloch)*, 9.
- Smith, R. R. (1977). Recent research involving full-fat soybean meal in salmonid diets. *Salmonid*, 1(4), 8-18.
- Smith, R. R., Kincaid, H. L., Regenstein, J. M., & Rumsey, G. L. (1988). Growth, carcass composition, and taste of rainbow trout of different strains fed diets containing primarily plant or animal protein. *Aquaculture*, 70(4), 309-321.
- Sugiura, S. H., Dong, F. M., Rathbone, C. K., & Hardy, R. W. (1998). Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. *Aquaculture*, 159(3-4), 177-202.
- Tacon, A., Haaster, J., Featherstone, P., Kerr, K., & Jackson, A. (1983). Studies on the utilization of full-fat soybean and solvent extracted soybean meal in a complete diet for rainbow trout, 49(9), 1437-1443.
- Wu, G.S., Chung, Y.M., Lin, W.Y., Chen, S.Y., Huang, C.H., 2003. Effect of substituting de-hulled or fermented soybean meal for fish meal in diets on growth of hybrid tilapia. *Oreochromis niloticus x O.aureus*. *J. Fish. Soc. Taiwan* 30, 291 – 297.