

CÁC SẢN PHẨM CHẾ BIẾN TỪ PHỤ PHẨM GIẾT MỔ TRONG THỨC ĂN CHO THỦY HẢI SẢN

Dominique P. Bureau, Ph.D.
Phòng thí nghiệm nghiên cứu dinh dưỡng cá
Bộ môn khoa học động vật
Đại học Guelph

Tóm tắt

Nuôi trồng thủy sản là một ngành cực kỳ đa dạng và phát triển nhanh chóng. Giai đoạn rất phát triển của ngành này hiện đang sử dụng một lượng lớn thức ăn hỗn hợp chất lượng cao nhưng giá rất đắt. Hầu hết các cơ sở nuôi trồng thủy sản đều phải đương đầu với những thách thức làm sao để tăng lợi nhuận và duy trì sự bền vững về kinh tế. Các nghiên cứu cũng chỉ rõ rằng có thể sử dụng các nguồn lipid và protein rẻ hơn kết hợp với lượng nhỏ bột cá và dầu cá để sản xuất thức ăn cho thủy hải sản.

Sản phẩm của ngành chế biến phụ phẩm giết mổ như bột protein và mỡ động vật đã và đang được sử dụng làm thức ăn nuôi trồng thủy sản từ vài thập kỷ nay. Các nghiên cứu ban đầu cho rằng lipid và protein phụ phẩm có chất lượng tương đối thấp và khó tiêu hóa đối với cá. Tuy nhiên, rất nhiều nghiên cứu công bố trong những năm gần đây lại cho thấy những phế phụ phẩm động vật sẵn có ngày nay có chất lượng cao hơn nhiều những sản phẩm được tạo ra 20-30 năm về trước. Phần lớn các sản phẩm chế biến là nguồn cung cấp năng lượng và protein tiêu hóa, axit amin thiết yếu, axit béo và khoáng cho hầu hết các loài thủy hải sản với giá cả cạnh tranh. Các sản phẩm bột protein và mỡ đặc biệt có giá trị đối với quá trình sản xuất thức ăn cho thủy hải sản vì các thức ăn này đòi hỏi phải có hàm lượng protein và lipid cao hơn nhiều so với thức ăn của các vật nuôi khác. Thức ăn có chứa hàm lượng bột protein phụ phẩm cao khi nuôi thủy sản đã cho năng suất cao và tiêu tốn thức ăn thấp. Các nghiên cứu cho thấy bột máu là thức ăn giàu lysine sinh học sẵn có với ưu điểm vượt trội so với lysine tổng hợp. Một lượng đáng kể các loại mỡ phụ phẩm (mỡ động vật nhai lại, mỡ lợn, mỡ gia cầm) cũng có thể được dùng làm thức ăn cho thủy hải sản miễn là thức ăn đó được phối hợp để cung cấp đủ hàm lượng các axit béo chưa no mạch ngắn hoặc mạch dài nhằm làm tăng tỷ lệ tiêu hóa của các axit béo no và có chứa lượng axit béo thiết yếu đáp ứng đủ nhu cầu của vật nuôi.

Ngành nuôi trồng thủy sản

Nuôi trồng thủy sản là một trong những ngành sản xuất thực phẩm phát triển nhanh nhất trên thế giới. Tổ chức Nông Lương (FAO) của Liên hợp quốc ước tính tổng sản lượng năm 2003 của các loại cá, động vật giáp xác (tôm, cua, ngao, sò vv...) và thực vật thủy sinh nuôi trồng là khoảng 51 triệu tấn (tương đương 112 tỷ pound), trị giá 60 tỷ đô. Sản phẩm nuôi trồng của Châu Á chiếm hơn 80% tổng sản lượng thế giới. Trung Quốc là nước nuôi trồng thủy sản nhiều nhất, đóng góp tới 50% tổng sản lượng thế giới. Ngày nay, có khoảng 1/3 lượng thức ăn con người tiêu thụ là sản phẩm của ngành nuôi trồng thủy sản và hàng năm tỷ lệ này vẫn tăng lên. Các sản phẩm của ngành thủy sản như tôm, cá hồi, cá hồi sông, cá da trơn, cá **tilapia (rô phi)**, trai và hào là những dòng sản phẩm chính tiêu thụ trên thị trường Bắc Mỹ hiện nay.

Nuôi trồng thủy sản là một ngành cực kỳ đa dạng cả về số loài được nuôi lẫn hệ thống sản xuất được sử dụng. Trên thế giới có khoảng hơn 200 loài cá, động vật giáp xác và động vật thân mềm được nuôi. Trong tổng lượng sản phẩm của thế giới, và đặc biệt là của châu Á, có cả phần đóng góp của những loài được nuôi bán thâm canh có giá trị thấp hơn (cá chép, cá măng sữa (**milkfish**), cá da trơn và cá đối). Trong các hệ thống sản xuất này, sinh trưởng phụ thuộc vào các loại thức

ăn tự nhiên có trong môi trường nuôi (ao). Khả năng cung cấp nguồn thức ăn tự nhiên sẽ tăng lên khi ao được bón phân (cỏ khô, phân hữu cơ, phân vô cơ) và các thức ăn bổ sung có giá trị thấp (như phụ phẩm từ các loại ngũ cốc, các loại khô dầu, các loại củ, nội tạng của gia cầm, thức ăn thừa của gia đình) cũng được sử dụng để làm tăng sản lượng cá nuôi. Dù sao ngành nuôi trồng thủy sản cũng đang trên đà phát triển nhanh và ngày càng nhiều hệ thống nuôi thâm canh (mật độ đàn cao hơn, thức ăn bổ sung giàu dinh dưỡng được bổ sung nhiều hơn) được sử dụng trong nuôi cá và các động vật dưới nước khác. Trong vòng ba thập kỷ qua, lượng thức ăn hỗn hợp được dùng để nuôi trồng thủy hải sản đã tăng lên đáng kể do sự phát triển không ngừng của các hệ thống nuôi trồng thâm canh cả trên đối tượng có giá trị kinh tế thấp và trên những loài có giá trị kinh tế cao hơn (như tôm, cá chình – lươn, cá vược biển, cá tráp biển, cá mú, cá hồi, ếch và ba ba).

Thức ăn hỗn hợp dùng trong nuôi trồng thủy hải sản

Theo ước tính có gần 20 triệu tấn thức ăn hỗn hợp được sử dụng cho thủy hải sản (Tacon, 2004). Giá thức ăn cho thủy sản nhìn chung cao hơn so với giá thức ăn dùng cho các loài gia súc khác. Giá phổ biến dao động từ 300-1500 đô la/tấn. Đặc tính của thức ăn cho thủy sản cũng thay đổi theo sự biến động rất lớn của thành phần dinh dưỡng trong từng loại thức ăn. Các thành phần protein, lipid và tinh bột biến động rất lớn, không chỉ bởi loài sinh vật và giai đoạn sinh trưởng của chúng (thức ăn cho cá hồi sông so với **tilapia** và so với tôm, thức ăn cho giai đoạn ấu trùng so với giai đoạn con giống và so với giai đoạn nuôi lớn), mà còn do vô số các yếu tố khác như sản lượng, những trở ngại về môi trường, thị trường ưu chuộng của nhà sản xuất, môi trường kinh tế (như là giá cá và cơ hội tài chính). Thành phần của các thức ăn sử dụng cho một số loài cũng thay đổi rất lớn trong vòng 2 - 3 thập kỷ qua. Thức ăn cho cá hồi Đại Tây Dương thường được phối trộn để có 8-10% lipid vào những năm 1970 và 35-40% lipid hiện nay.

Một phần nguyên nhân làm giá thành của thức ăn hỗn hợp cho thủy sản cao là do các thức ăn này có mật độ dinh dưỡng cao và các qui trình sản xuất thường có chi phí cao (đúc ép, tạo viên-hấp chín). Nguyên nhân quan trọng khác làm cho giá thành cao là do phải sử dụng những nguyên liệu rất đắt tiền (bột cá, dầu cá, các chất nhuộm màu, các nhuễn thể, bột cá mực, cholesterol và lecithin). Bột cá và dầu cá vẫn được coi là những nguyên liệu quan trọng trong công thức thức ăn hỗn hợp cho các loài động vật thủy sinh. Hiện nay bột cá và dầu cá chiếm khoảng 30-80% trong thức ăn hỗn hợp của cá hồi, cá hồi sông, cá biển và tôm tiêu thụ trên toàn thế giới. Hầu hết các cơ sở nuôi trồng hải sản đều phải đối mặt với những thách thức tăng cao lợi nhuận và tính bền vững kinh tế trong các cơ sở của mình. Các nghiên cứu cũng chỉ ra rằng thức ăn cho cá có thể được phối trộn với lượng bột cá và dầu cá rất ít nhờ có thể sử dụng các nguồn lipid và protein rẻ hơn.

Thức ăn cho cá giai đoạn tăng trưởng được phối trộn để có hàm lượng phế phụ phẩm từ cá thấp hơn và hàm lượng các nông sản rẻ tiền cao hơn. Tuy nhiên, hầu hết các nguồn lipid và protein rẻ tiền (khô đậu tương, gluten ngô, khô dầu **canola**, bột thịt xương, bột lông vũ và các loại mỡ động vật) đều có những hạn chế rất đáng kể và không thể dùng với hàm lượng quá cao trong khẩu phần của hầu hết các loài cá. Để sản xuất thành công những thức ăn hỗn hợp cạnh tranh về giá cả và ít phụ thuộc vào bột cá và dầu cá thì cần phải sử dụng rất nhiều loại nguyên liệu có giá rẻ hơn. Việc này cũng đòi hỏi nhà sản xuất phải có những hiểu biết rõ về nhu cầu dinh dưỡng của loài sinh vật mà sản phẩm nhắm tới và cả những yếu tố khác nữa (khả năng thích ứng với các yếu tố kháng dinh dưỡng, sự tương tác giữa các thành phần dinh dưỡng và tính ngon miệng của thức ăn thành phẩm).

Các sản phẩm chế biến từ phụ phẩm giết mổ

Các sản phẩm có nguồn gốc từ động vật trên cạn đã được sử dụng làm thức ăn cho thủy hải sản trong vài thập kỷ qua. Từ những năm 1930 cho tới giữa những năm 1970, các loài cá hồi nước mặn và nước ngọt được nuôi trong ao ương giống ở Hoa Kỳ và Canada bằng hỗn hợp bột thịt có ẩm độ cao sản xuất từ các phụ phẩm giết mổ (gan và lách của bò, lợn, ngựa), các sản phẩm tươi và đông lạnh của nghề cá, và từ các thức ăn bột khác (hỗn hợp của hạt bông, đậu tương, sữa tách bơ, lúa mì, muối, vitamin và khoáng tổng hợp). Thức ăn cho cá ở dạng khô có đầy đủ chất dinh dưỡng đầu tiên được sản xuất vào những năm 1960 và ngay từ khi đó các nhà sản xuất đã sử dụng mỡ và protein phụ phẩm giết mổ rất rộng rãi cho những loại thức ăn khô này.

Việc sử dụng các bột protein phụ phẩm giảm xuống trong những năm 1970 và 1980, kết quả của một vài nghiên cứu cho rằng một số thành phần làm thức ăn có tỷ lệ tiêu hóa trên cá rất thấp hoặc chất lượng của chúng rất biến động (ví dụ Cho và Slinger, 1979; Cho và cộng sự., 1982; NRC, 1993). Các nghiên cứu được tiến hành gần đây cho thấy những vấn đề về chất lượng đã thuộc về quá khứ (Bureau và cộng sự., 1999; Bureau và cộng sự., 2000, 2002). Các nguyên liệu được sản xuất ngày nay có chất lượng cao hơn nhiều so với những loại đã được sản xuất 20-30 năm trước. Hơn 200 nghiên cứu về giá trị dinh dưỡng của các bột protein động vật phụ phẩm dùng cho các loài thủy sản đã được công bố trên các tạp chí khoa học trong suốt ba thập kỷ qua. Kết quả từ phần lớn các nghiên cứu này cho thấy các sản phẩm của ngành chế biến phụ phẩm giết mổ là những nguồn cung cấp axit amin, axit béo và một vài chất dinh dưỡng khả dụng khác có giá cả cạnh tranh.

Protein và mỡ phụ phẩm là những sản phẩm kinh tế rất có giá trị trong việc xây dựng khẩu phần thức ăn có hiệu quả kinh tế cao của ngành nuôi trồng thủy sản. Hàm lượng protein và lipid cao của các loại bột protein và mỡ rất thích hợp đối với những loại thức ăn giàu protein và lipid cho thủy hải sản. Những thành phần này còn là những nguồn cung cấp một số chất dinh dưỡng then chốt rất kinh tế (lysine, axit amin có lưu huỳnh, arginine và P) và là sự bổ sung rất tốt cho một số thành phần protein thực vật (ví dụ: gluten từ ngô và khô đậu tương). Ngoài ra, hầu hết các phế phụ phẩm giết mổ đều có tính ngon miệng cao đối với hầu hết các loài cá. Protein và mỡ động vật chế biến là những thành phần chủ chốt trong những thức ăn thủy sản có giá cạnh tranh ở rất nhiều quốc gia, trong đó có Hoa Kỳ và Canada. Bảng 1 đưa ra một ví dụ về thành phần của thức ăn nuôi cá hồi vân (rainbow trout) ở Bắc Mỹ.

Bảng 1. Thành phần của một loại thức ăn cho cá hồi vân

Thành phần	Tỷ lệ %
Bột cá	25
Bột gluten ngô	12
Bột phụ phẩm giết mổ gia cầm	12
Bột đậu tương	8
Bột máu - sấy phun	5
Bột lông vũ	5
Lúa mì	12
Vitamin và các khoáng chất	2
Ca ₃ (PO ₄) ₂	1
DL-Methionine	0,5
Lysine HCL	0,5
Dầu cá	17
Tổng số	100

Những vấn đề về an toàn thực phẩm không điển hình (chủ yếu là về bệnh bò điên- BSE) hiện đang là trở ngại chính cho việc sử dụng các sản phẩm của ngành chế biến phụ phẩm giết mổ làm

thức ăn thủy hải sản. Lý do chủ yếu bởi châu Âu là thị trường xuất khẩu chính của một số sản phẩm thủy sản (tôm, cá hồi, cá vược biển và cá tráp biển). Những yêu cầu hay hướng dẫn của Liên minh châu Âu có ảnh hưởng sâu sắc tới những hoạt động sản xuất thức ăn, thậm chí đối với cả những nước mà Liên minh châu Âu chỉ là một thị trường xuất khẩu rất nhỏ. Mặc cho những ước đoán này, protein và mỡ động vật phụ phẩm như bột phụ phẩm giết mổ gia cầm, bột lông vũ, bột máu và mỡ gà vẫn đang được sử dụng rất rộng rãi trong những thức ăn có giá trị cao cho cá hồi ở Canada, Hoa Kỳ và Chi-lê. Ở rất nhiều quốc gia, các thành phần nguyên liệu có nguồn gốc từ các loài gia cầm thường ít bị cản trở trong việc xuất, nhập khẩu, do đó các nguyên liệu này được sử dụng rộng rãi hơn. Phế phụ phẩm từ động vật nhai lại hoặc hỗn hợp của nhiều loài có giá trị dinh dưỡng cao nhưng nhìn chung bị hạn chế sử dụng. Tuy nhiên, có thể thấy các sản phẩm này vẫn đang phát triển ở một số thị trường.

Giá trị dinh dưỡng của protein phụ phẩm giết mổ trong thức ăn cho cá

Tỷ lệ tiêu hóa của các protein động vật

Rất nhiều nghiên cứu đã kiểm tra tỷ lệ tiêu hóa của các thành phần bột protein phụ phẩm động vật. Tỷ lệ tiêu hóa biểu kiến của protein thô biến động rất lớn trong kết quả của các nghiên cứu với hầu hết các thành phần nguyên liệu. Sự biến động này có thể do chất lượng của các loại nguyên liệu được nghiên cứu hoặc cũng có thể do sự khác nhau giữa các phương pháp nghiên cứu. Tựu lại, những nghiên cứu gần đây chỉ ra rằng phần lớn các protein phụ phẩm động vật sản xuất bằng những phương pháp hiện đại đều có tỷ lệ tiêu hóa cao đối với cá.

Bột phụ phẩm giết mổ gia cầm

Nghiên cứu của Cho và Slinger (1979) là một trong những nghiên cứu đầu tiên tìm hiểu về tỷ lệ tiêu hóa các protein động vật. Các tác giả này đã quan sát thấy tỷ lệ tiêu hóa protein của bột phụ phẩm gia cầm (PBM) là tương đối thấp (xấp xỉ 70%). Trong một thử nghiệm mới đây, Bureau và cộng sự (1999) đã cho thấy tỷ lệ tiêu hóa protein của PBM khá cao (87-91%) trên hai lô PBM thường sử dụng cho cá hồi vân (Bảng 2). Thử nghiệm này đã sử dụng thiết bị, dụng cụ, các dòng cá, và phương pháp giống như Cho và Slinger (1979) đã sử dụng. Việc so sánh các kết quả của Cho và Slinger (1979), Dong và cộng sự (1993), Hajen và cộng sự (1993), Sugiura và cộng sự (1998) và Bureau và cộng sự (1999) cho thấy đã có sự cải thiện không ngừng tỷ lệ tiêu hóa của protein trong PBM thường dùng cho cá hồi vân trong ba thập kỷ qua. Tỷ lệ tiêu hóa protein cao của PBM có thể thấy ở những loài cá khác. Ví dụ, Lupatsch và cộng sự (1997) đã quan sát thấy tỷ lệ tiêu hóa protein thô của PBM trên cá tráp vàng (*Sparus aurata*), một loài cá biển được nuôi phổ biến ở vùng Địa Trung Hải, là khoảng 80%.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của qui trình sản xuất, thành phần protein thô (CP) và tỷ lệ tiêu hóa biểu kiến (ADC) của vật chất khô (DM), CP và năng lượng thô (GE) của các loại bột protein động vật phụ phẩm có nguồn gốc khác nhau.

		CP	ADC		
	Thông số kỹ thuật của qui trình sản xuất	Dạng sử dụng	DM	CP	GE
Bột lông vũ		%	%	%	%
1	Thủy phân bằng hơi nước, 30 phút ở 276 kPa, sấy bằng đĩa sấy	75	82	81	80
2	Thủy phân hơi nước, 5 phút ở 448 kPa, sấy bằng đĩa sấy	82	80	81	78
3	Thủy phân hơi nước, 40 phút ở 276 kPa, sấy khô liên hồi	76	79	81	76

4	Thủy phân hơi nước, 40 phút ở 276 kPa, sấy khô bằng hơi nước	75	84	87	80
Bột thịt xương					
1	125 ⁰ -135 ⁰ C, 20-30 phút, 17-34 kPa	57	61	83	68
2	Giống như trên, nhưng phân loại không khí ở sản phẩm cuối cùng để giảm hàm lượng khoáng tổng số	55	72	87	73
3	133 ⁰ C, 30-40 phút, 54 kPa	50	72	88	82
4	128 ⁰ C, 20-30 phút, 17-34 kPa	48	66	87	76
5	132 ⁰ -138 ⁰ C, 60 phút	50	70	88	82
6	127 ⁰ -132 ⁰ C, 25 phút	54	70	89	83
Bột phế phẩm gia cầm					
1	138 ⁰ C, 30 phút	65	76	87	77
2	127 ⁰ -132 ⁰ C, 30-40 phút, 54 kPa	63	77	91	87
Bột máu					
1	Làm đông bằng hơi nước, máy sấy dạng chảo xoay	83	82	82	82
2	Đông bằng hơi nước, sấy khô liên hồi	84	87	88	88
3	Toàn bộ máu lỏng, sấy phun	83	92	96	92
4	Các tế bào máu, sấy phun	86	92	96	93
5	Huyết tương, sấy phun	71	99	99	99
6	Đông bằng hơi nước, sấy bằng hơi nước	91	79	84	79
7	Toàn bộ máu lỏng, sấy phun	82	94	97	94
8	Đông bằng hơi nước, sấy khô liên hồi	86	87	85	86

Nguồn: Bureau và cộng sự, 1999. (Thông số kỹ thuật của qui trình sản xuất do nhà sản xuất cung cấp)

Bột máu

Tỷ lệ tiêu hóa protein thô của bột máu (BM) sản xuất từ những kỹ thuật khác nhau là rất khác nhau (Cho và cộng sự, 1982; Bureau và cộng sự, 1999). Các protein trong máu đặc biệt mẫn cảm với sự phân hủy của nhiệt độ và do đó kỹ thuật sấy khô được sử dụng có ảnh hưởng rất lớn tới tỷ lệ tiêu hóa của BM. Kết quả nghiên cứu của Cho và cộng sự (1982) cho thấy BM được sấy khô bằng lửa có tỷ lệ tiêu hóa protein thô chỉ khoảng 12%, trong khi đó protein trong BM được sấy khô bằng phương pháp sấy phun có thể được tiêu hóa hoàn toàn. Bureau và cộng sự (1999) cũng cho biết tỷ lệ tiêu hóa của protein thô trong các sản phẩm máu được sấy khô bằng phương pháp sấy phun cao hơn rõ rệt so với BM được sấy bằng các phương pháp khác (chảo xoay, ống dẫn hơi nước và sấy liên hồi-ring dried (Bảng 2)).

Một nghiên cứu gần đây trên cá hồi vân cho thấy tính khả dụng sinh học của lysine trong BM được sấy bằng phương pháp sấy phun và sấy nhanh cao hơn một chút so với tính khả dụng sinh học của L-lysine HCL (Bảng 3) (El-Haroun và Bureau, 2004). Kết quả này cho thấy BM có thể là một nguồn a xít amin sinh học sẵn có rất tốt. Tuy nhiên, giữa các loại BM cũng có sự khác biệt. Ví dụ: BM được sấy khô bằng đĩa sấy có lượng lysine sẵn có thấp hơn so với BM được sấy khô bằng phương pháp sấy phun hoặc sấy nhanh (Bảng 3).

Bột lông vũ

Vào cuối những năm 1970, tỷ lệ tiêu hóa protein thô của bột lông vũ (FeM) trên cá hồi vân đã được ước tính ở vào khoảng 58-62% (Cho và Slinger, 1979). Những thí nghiệm xác định tỷ lệ tiêu hóa được tiến hành gần đây cho thấy đã có sự cải thiện đáng kể về chất lượng của bột lông

vũ. Ví dụ: Bureau và cộng sự (1999) đã quan sát thấy tỷ lệ tiêu hóa protein thô của FeM là 77-86% (Bảng 2). Sugiura và cộng sự (1998) cũng thu được kết quả tương tự về tỷ lệ tiêu hóa biểu kiến của protein FeM trên cá hồi vân. Loại thức ăn này cũng được các loài cá khác tiêu hóa tương đối tốt. Ví dụ: Lee và cộng sự (2002) ước tính tỷ lệ tiêu hóa protein thô của FeM là khoảng 79% ở loài cá đá (rockfish - *Sebastes schlegeli*).

Bột thịt xương

Tỷ lệ tiêu hóa protein của bột thịt xương (MBM) dường như cũng biến động ít nhiều. Bureau và cộng sự (1999) cho rằng tỷ lệ tiêu hóa của sáu loại MBM cho cá hồi vân ăn dao động trong khoảng 83-89% (Bảng 2). Tỷ lệ tiêu hóa protein của MBM trên cá hình trống đỏ (red drum; *Sciaenops ocellatus*) là khoảng 74-79% (McGoogan & Reigh., 1996; Gaylord & Gatlin., 1996). Allan và cộng sự (2000) lại báo cáo tỷ lệ tiêu hóa thấp hơn khi sử dụng MBM của bò và cừu Australia cho cá pecca vảy bạc (Silver perch; *Bidyanus bidyanus*). Một loạt nghiên cứu được tiến hành ở Nhật Bản và Bồ Đào Nha đã chỉ ra rằng bột thịt (MBM có lượng protein cao, lượng khoáng tổng số thấp) có tỷ lệ tiêu hóa rất cao đối với một số loài cá biển và cá nước ngọt (Gomes và cộng sự, 1995; Wanatabe và cộng sự, 1996; da Silva và Oliva-Teles, 1998). Các kết quả từ nhiều thí nghiệm (như của Bureau và cộng sự, 2000) cho thấy tỷ lệ tiêu hóa biểu kiến của protein thô dường như ước tính quá cao hàm lượng a xít amin có thể tiêu hóa trong MBM và rằng các giá trị ước tính tương đối “bảo thủ” tỷ lệ tiêu hóa protein trong MBM nên được sử dụng khi xây dựng khẩu phần cho cá dựa trên hàm lượng protein tiêu hóa.

Bảng 3. Tính khả dụng sinh học tương đối của Lysine trong bột máu có nguồn gốc khác nhau, so với Lysine-HCL (giả định là 100% khả dụng sinh học) và dựa trên các chỉ tiêu khác: tăng trọng, hiệu quả sử dụng thức ăn và nitơ tích lũy ở cá hồi vân.

Chỉ tiêu	Lysine HCL	Bột máu sấy phun	Bột máu sấy nhanh	Bột máu sấy đĩa
Tăng trọng, g/cá	100	138	150	84
Hiệu quả sử dụng thức ăn, tăng trọng trên thức ăn ăn vào	100	139	132	85
N tích lũy, g/cá	100	129	143	86

Nguồn: El-Haroun và Bureau, 2004.

Các protein phụ phẩm động vật dùng làm nguồn cung cấp photpho tiêu hóa

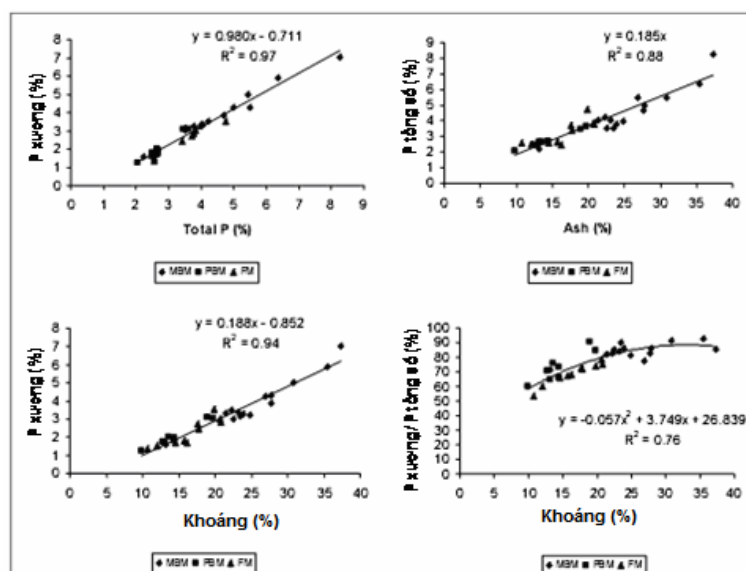
Các nguyên liệu protein động vật nhìn chung có hàm lượng P cao nhưng rất biến động (Bảng 4). Trong các nguyên liệu này, P thường kết hợp với Ca và được gọi là “Phốt-pho xương”. Phốt-pho xương này chiếm một tỷ lệ lớn trong P tổng số của các loại bột protein động vật (Hình 1). Phốt-pho còn được tìm thấy trong những hợp chất khác như a xít nucleic, a xít amin, lipid và carbohydrate – những P này được gọi là “Phốt-pho hữu cơ”.

Các giá trị ước tính tỷ lệ tiêu hóa P của các phụ phẩm giết mổ trong các báo cáo khoa học biến động rất lớn. Tỷ lệ tiêu hóa P ở các giống cá hồi dao động từ 17-81% khi dùng bột cá, 22-45% khi dùng bột thịt xương và 15-64% đối với bột phụ phẩm gia cầm. Sự biến động lớn của giá trị ước tính tỷ lệ tiêu hóa P có trong các loại bột protein động vật khác nhau có thể là do hàm lượng P xương trong các thành phần này khác nhau. Ngoài ra nó cũng có thể là do mức độ khác nhau trong dạng cấu trúc hóa học của P trong thức ăn thành phẩm. Hua và Bureau (2006) đã xây dựng một mô hình toán học để ước tính hàm lượng P có thể tiêu hóa trong thức ăn cho cá hồi dựa vào hàm lượng của các loại P khác nhau. Các loại P có trong thành phần nguyên liệu thức ăn được phân thành những loại chính dựa vào đặc tính hóa học: P xương, P **phytate**, P hữu cơ, những chất

bổ sung photphat (Pi) có **Ca monobasic**/Na/K và những chất bổ sung Photphat (Pi) có **Ca dibasic** (Hình 2). Mỗi quan hệ giữa hàm lượng P có thể tiêu hóa trong thức ăn và nhiều hợp chất hóa học có chứa P khác được kiểm tra thông qua phương pháp hồi quy đa biến. Phân tích hồi quy đa biến trên số liệu của 22 nghiên cứu cho ra mô hình dưới đây:

$P \text{ có thể tiêu hóa} = 0,68 P \text{ xương} + 0 P \text{ phytate} + 0,84 P \text{ hữu cơ} + 0,89 \text{ chất bổ sung Pi có Ca monobasic/Na/K} + 0,64 \text{ chất bổ sung Pi có Ca dibasic} + 0,51 \text{ phytase/phytate} - 0,02 (\text{phytase/phytate})^2 - 0,03 (P \text{ xương})^2 - 0,14 P \text{ xương} * \text{ chất bổ sung Pi có Ca monobasic}$ ($P < 0.0001$, $R^2 = 0.96$).

Hình 1. Tương quan giữa hàm lượng P xương và hàm lượng P và khoáng tổng số trong một số loại bột protein động vật



Nguồn: Hua và cộng sự, 2005.

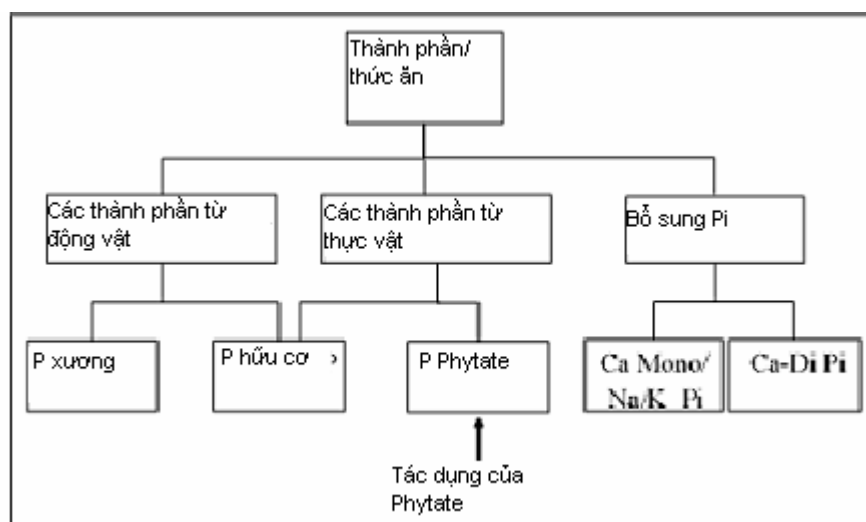
Bảng 4. Hàm lượng P trong một số thành phần thức ăn thường dùng cho cá (tính theo vật chất khô-DM)

Thành phần	Hàm lượng P (g/kg DM)
Bột cá	10,8-41,9
Bột thịt xương	24,9-70,8
Bột phụ phẩm gia cầm	16,5-34,5
Bột máu	0,8-17,1
Bột lông vũ	5,4-12,6

Kết quả từ mô hình này cho thấy tỷ lệ tiêu hóa của các loại P khác nhau là khác nhau đáng kể và tỷ lệ tiêu hóa biểu kiến của P xương không phải chỉ mang tính phụ họa như trước đây chúng ta thường nghĩ. Mô hình dự đoán các thành phần protein động vật như MBM và PBM là những

nguồn giàu P có thể tiêu hóa được trong các thức ăn phối trộn với tỷ lệ lớn các thành phần protein thực vật.

Hình 2. Sơ đồ miêu tả mô hình ước tính hàm lượng P có thể tiêu hóa trong thức ăn nuôi cá dựa vào hàm lượng P ở các dạng hóa học khác nhau trong thức ăn.



Nguồn: Hua và Bureau, 2006.

Sử dụng protein động vật trong thức ăn

Bột máu

BM sản xuất theo phương pháp sấy phun và sấy liên hồi được sử dụng rộng rãi trong thức ăn cho các loài cá hồi do tỷ lệ tiêu hóa cao và chất lượng ổn định. Khả năng sản xuất của cá nuôi bằng khẩu phần có 8-20% BM, kết hợp với bột cá ở mức cao (>20%) là rất tốt (Luzier và cộng sự, 1995; Abery và cộng sự, 2002). Nghiên cứu được thực hiện ở trường Đại học Guelph cũng cho thấy BM sản xuất theo phương pháp sấy phun có giá trị dinh dưỡng cao đối với cá hồi vân (Bảng 5, Thí nghiệm 1).

Bột phụ phẩm gia cầm

Đã có rất nhiều nghiên cứu sử dụng PBM trong các khẩu phần cho cá (ví dụ: Higgs và cộng sự., 1979; Alexis và cộng sự., 1985; Steffens., 1987; Fowler., 1991; Steffens., 1994). Kết luận chung từ những nghiên cứu trước đây là: có thể bổ sung khoảng 20-25% PBM vào khẩu phần nuôi cá hồi mà không có ảnh hưởng tới khả năng sinh trưởng và chuyển hóa thức ăn của chúng. Những nghiên cứu gần đây cho thấy cá hồi vân cho tăng trọng cao khi ăn các khẩu phần chứa tới 30% PBM (Bảng 5, Thí nghiệm 1). PBM rất giống với bột cá về giá trị dinh dưỡng đối với cá hồi vân và thành phần nguyên liệu này có thể thay thế hoàn toàn lượng bột cá trong khẩu phần mà không có bất cứ ảnh hưởng tiêu cực nào tới năng suất cá nuôi (Bureau và cộng sự, tài liệu không công bố).

Bảng 5. Khả năng sản xuất của cá hồi vân nuôi bằng khẩu phần truyền thống có bổ sung một hoặc nhiều loại protein động vật phụ phẩm.

	Thí nghiệm 1				Thí nghiệm 2			
	Khẩu phần				Khẩu phần			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Nguồn protein								

Bột cá, cá trích	28	24,5	24	20	40	20	20	20
Gluten ngô	28	24,5	24	20	11	11	11	11
Khô đậu tương	-	-	-	-	13	-	-	-
Bột máu, sấy phun	6	12	-	-	4,5	5	5	5,5
Bột lông vũ	-	-	-	-	-	17	17	-
Bột thịt xương	-	-	-	-	-	25	-	25
Bột phụ phẩm gia cầm	-	-	20	30	-	-	16	16
Thành phần								
Protein tiêu hóa, %	43,3	43,7	44,5	44,6	42	42	42	42
Năng lượng tiêu hóa, MJ/kg	21,3	21,3	21,5	21,6	19	19	19	19
Khả năng sản xuất								
Khối lượng đầu kỳ, g/con	17	17	16	18	35	35	35	35
Khối lượng cuối kỳ, g/con	209	215	202	209	278	247*	264	245*
Hiệu quả sử dụng thức ăn, tăng trọng/thức ăn	1,18	1,26	1,19	1,18	1,26	1,11*	1,20	1,09*
Hệ số tăng trưởng tính theo đơn vị nhiệt lượng	0,200	0,205	0,199	0,199	0,261	0,241*	0,252	0,239*

* Sai khác có ý nghĩa thống kê so với khẩu phần đối chứng (Khẩu phần 1).

Nguồn: El Haroun và cộng sự, số liệu không công bố.

Bột lông vũ

Fowler (1990) cho biết tốc độ sinh trưởng và hiệu quả sử dụng thức ăn của cá hồi Chinook không bị ảnh hưởng khi thay bột cá trích bằng FeM (90% CP, 4% lipid) ở mức 15% trong khẩu phần. Henrichfreise (1989, trích dẫn bởi Stefens., 1994) quan sát thấy việc bổ sung vào khẩu phần của cá hồi vân 20-25% FeM không gây ảnh hưởng tới khả năng sinh trưởng và hiệu quả chuyển hóa thức ăn của cá. Một nghiên cứu mới đây của Bureau và cộng sự. (2000) cho thấy sinh trưởng và hiệu quả sử dụng thức ăn của cá hồi vân không thay đổi khi kết hợp khoảng 15% FeM (cung cấp 20% tổng lượng protein tiêu hóa) vào khẩu phần. Thông thường FeM được bổ sung vào thức ăn cho cá ở mức độ thấp hơn nhiều (5-10%).

Bột thịt xương

Shimeno và cộng sự. (1993) cho biết 10% bột thịt (68% CP, 16% lipid, 11% khoáng tổng số) cùng với 20% khô đậu tương có thể thay thế 23% bột cá nâu trong khẩu phần nuôi cá tai vàng, một loài cá ăn nhiều thịt. Bureau và cộng sự (2000) cho rằng có thể kết hợp tới 24% MBM (cung cấp khoảng 25% tổng lượng protein tiêu hóa) trong thức ăn cho cá hồi vân. Kết quả nghiên cứu của Bureau và cộng sự (2000) cũng giống với kết quả của các tác giả khác như Tacon và Jackson (1985), Davies và cộng sự (1989), Robaina và cộng sự (1997) – những người đã nhận thấy có thể đưa một lượng đáng kể MBM vào khẩu phần ăn cho cá hồi vân, cá tilapia Mozambique và cá tráp đầu lợn mà không làm thay đổi năng suất của chúng (Bảng 5, Thí nghiệm 2).

Sự kết hợp các loại protein động vật

Rất nhiều nghiên cứu đã cho thấy khi phối hợp nhiều loại protein phụ phẩm động vật chất lượng cao với nhau thì có thể thay thế gần như hoàn toàn lượng bột cá trong khẩu phần truyền thống nuôi cá hồi vân mà vẫn duy trì tốc độ tăng trưởng rất cao. Dabrowski và cộng sự (1995) quan sát thấy cá hồi vân cho năng suất cao khi ăn khẩu phần chứa 20-30% loại thức ăn tương tự bột cá được phối trộn từ BM, MBM, PBM và FeM. Tiềm năng của các công thức trộn áp dụng cho các loại protein động vật phụ phẩm khác nhau đã được khảo sát mới đây trong một thí nghiệm nuôi dưỡng kéo dài 16 tuần (Bảng 5, Thí nghiệm 2). Những khẩu phần được xây dựng với sự kết hợp của các loại bột PBM, FeM và MBM cung cấp khoảng 2/3 lượng protein tiêu hóa. Tốc độ sinh trưởng của cá nuôi bằng các khẩu phần có chứa hỗn hợp của PBM và FeM không sai khác đáng kể về mặt thống kê so với tốc độ sinh trưởng của cá nuôi khẩu phần đối chứng. Tốc độ sinh trưởng của cá nuôi bằng khẩu phần có chứa hỗn hợp MBM + FeM và MBM + PBM hơi thấp hơn so với cá nuôi bằng khẩu phần đối chứng. Việc bổ sung a xít amin (L-Methionine hoặc L-Lysine) - hai a xít amin được dự đoán là thiếu nhất- đã không làm thay đổi khả năng sản xuất của cá nuôi. Một điều quan trọng cần phải lưu ý là tốc độ sinh trưởng của cá nuôi bằng các khẩu phần thí nghiệm đều cao hơn so với kết quả của các thí nghiệm đã tiến hành tại trường Đại học Guelph trước đó. Các kết quả cho thấy một cách rõ ràng là hầu hết các loại bột protein phụ phẩm động vật đều có giá trị dinh dưỡng cao và có thể là những nguồn protein rất có giá trị khi xây dựng khẩu phần ăn cho cá. Tuy nhiên, khẩu phần ăn cần phải được xây dựng dựa trên cơ sở tỷ lệ tiêu hóa và vì thế nên sử dụng những giá trị ước tính tỷ lệ tiêu hóa biểu kiến tương đối bảo thủ hoặc các giới hạn sử dụng an toàn. Điều này đặc biệt cần thiết khi sử dụng FeM và MBM.

Giá trị dinh dưỡng của mỡ phụ phẩm động vật và sử dụng mỡ trong khẩu phần nuôi thủy hải sản

Thức ăn cho thủy hải sản thường có tỷ lệ lipid cao, chủ yếu thường lấy từ dầu cá. Do giá thành, sự khan hiếm nguồn cung cấp lâu dài có thể thấy trước, và gần đây hơn là những lo ngại về mức độ nhiễm khuẩn, nên hầu hết các cơ sở nuôi trồng thủy sản đều nhận thấy cần phải sử dụng dầu cá rẻ hơn trong thức ăn nuôi cá. Nguồn cung cấp dầu cá ngày càng khan hiếm vì, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của ngành nuôi trồng thủy sản, nhu cầu tiêu thụ dầu cá đã tăng lên đáng kể. Rất nhiều dự đoán cho rằng trong vòng một thập kỷ tới nhu cầu tiêu thụ dầu cá sẽ vượt xa khả năng cung cấp. Cùng với sự tăng lên nhanh chóng về nhu cầu, giá dầu cá cũng tăng lên đáng kể. Giá dầu cá trên thị trường dao động trong khoảng 0,2-0,8 đô la/kg trong 10 năm qua. Trong những năm gần đây giá dầu cá cũng luôn giữ ở mức cao.

Do giá thành thấp và sẵn có ở nhiều nơi, mỡ động vật phụ phẩm có thể thay thế một phần dầu cá trong thức ăn nuôi cá. Trái ngược với dầu cá, giá của mỡ động vật không dùng cho người đã giảm tới 40-50% trong vòng 10 năm qua và hiện đứng ở mức 0,3 đô la/kg đối với mỡ mềm loại 1 và **mỡ động vật nhai lại** chất lượng tốt. Trong vài năm tới, dự báo sẽ không có sự biến động đáng kể về giá của mỡ phụ phẩm giết mổ. Việc thay thế một phần dầu cá trong khẩu phần thức ăn bằng những nguồn lipid giá rẻ này có thể tiết kiệm ngay lập tức một khoản tiền đáng kể. Giá của thức ăn thủy hải sản có thể giảm tới 3 đô la/tấn cho mỗi phần trăm dầu cá được thay thế bằng mỡ phụ phẩm. Có rất ít sự thay thế các thành phần thức ăn (ví dụ như thay thế bột cá) trong khẩu phần nuôi cá hồi có thể đem lại khoản tiết kiệm lớn như khi thay thế dầu cá bằng mỡ động vật.

Mỡ động vật: Tỷ lệ tiêu hóa và khả năng sử dụng trong thức ăn

Đối với cá, khả năng sử dụng mỡ động vật chế biến làm nguồn năng lượng phụ thuộc chủ yếu vào tỷ lệ tiêu hóa của thành phần nguyên liệu này. Các nghiên cứu đã đưa ra các giá trị rất khác nhau về tỷ lệ tiêu hóa và giá trị dinh dưỡng của các nguồn lipid có thành phần a xít béo khác nhau và ở những nhiệt độ nước khác nhau. Kết quả từ một thí nghiệm của Cho và Kaushik (1990) cho thấy tỷ lệ tiêu hóa của dầu cá và dầu thực vật (hạt cải, đậu tương và hạt lanh) luôn được duy