

簡易精製によるブリ稚魚に対する大豆油粕栄養価の向上

誌名	水産増殖 = The aquiculture
ISSN	03714217
巻/号	414
掲載ページ	p. 559-564
発行年月	1993年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



簡易精製によるブリ稚魚に対する大豆油粕栄養価の向上*

示野貞夫¹⁾・美馬孝好¹⁾・山本 修¹⁾・東丸一仁²⁾

(¹⁾高知大学農学部, (²⁾昭和産業株式会社)

Improvement of Nutritive Value of Defatted Soybean Meal by Simple Purification Method for Fingerling Yellowtail*

Sadao SHIMENO, Takayoshi MIMA, Osamu YAMAMOTO, and Kazuhito TOMARU

Abstract

Defatted soybean meal (SBM) was purified by precipitation with phosphoric acid (soy protein concentrate 1, SPC1) followed by washing with hot water (SPC2). The nutritive value and availability of SBM, SPC1 and SPC2 were evaluated by chemical analysis and by feeding fingerling yellowtail, *Seriola quinqueradiata* with diets containing 30 and 40 % SBM and SPCs for 30 days. The purification treatments remarkably increased the protein content while decreased the digestible carbohydrate content and trypsin inhibitor activity. There were no marked differences in the growth, feed conversion and proximate composition of the fish fed with diets containing 30 % of SBM and SPCs. In case of 40 % inclusion diets, the dietary inclusion of SBM exhibited the lowest growth and feed performance, while that of both the SPCs considerably elevated several serum components such as protein and phosphorus, and it also improved fairly the growth rate, feed conversion and nutrient retention, showing a performance comparable to the 30 % inclusion diets. These results have indicated that such a simple purification can improve the nutritive value and availability of SBM for yellowtail, and it can allow to elevate the inclusion amount of SBM in diets for the fish.

大豆油粕の有効利用に関するこれまでの試験結果から、生油粕の栄養価は劣悪であるが、加熱によって著しく向上し¹⁾、ブリ飼料にも20-30%配合できることが明らかになった²⁻⁵⁾。また、アルコールで精製した濃縮大豆タンパク質 (soy protein concentrate, SPC) を添加した飼料を給与したブリ稚魚では、加熱油粕添加区に比べて成長、飼料効率、血液性状および消化率はいずれも優れており、SPCの有用性が明らかにな

った²⁻³⁾。

しかし、アルコールで洗浄精製したSPCは食品添加物や代用牛乳を目的に開発された製品であり、養魚飼料への利用はコスト面から困難である。養魚飼料に油粕を利用するうえで、アルコール洗浄の有効性やフィチンの弊害は報告されているが⁶⁻⁸⁾、飼料原料を目的とした油粕精製法の報告はみられない。

そこで、本研究では栄養価の向上を目的として大豆

受領日：1993(H 5)年7月20日

索引語：ブリ／大豆油粕／精製／栄養価

連絡先：〒783 南国市物部乙200 高知大学農学部水族栄養学講座 示野貞夫

Address : S. SHIMENO, Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku, Kochi 783, Japan

* 養魚飼料のタンパク質源-XIV (Protein Source for Fish Feed-XIV)

Table 1. Composition of experimental diets (%)

Diet No.:	1	2	3	4	5	6	7
	30 %			40 %			None
	SBM	SPC1	SPC2	SBM	SPC1	SPC2	
Brown fish meal	50	50	50	43	43	43	72
Soybean meal* ¹	30			40			
Soy protein concentrate 1* ²		23			30		
Soy protein concentrate 2* ³			22			29	
Powdered fish oil	2	2	2	3	3	3	0
α -Corn starch	2	4	6	0	1	3	13
Defatted rice bran	4.1	9.1	8.1	2.1	11.1	10.1	3.1
Vitamin mixture* ⁴	3.0	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9
Mineral mixture* ⁴	2.5						
Ca (H ₂ PO ₄) ₂	2.0						
CMC-Na	3.5						
Guar gum	0.5						
Feeding stimulant* ⁴	0.4						
Pollack liver oil* ⁴	100	100	100	100	100	100	100
	10	10	10	10	10	10	10

*¹ HIGH-PROMEAL produced by Showa Sangyo Co., Ltd.*² Acid-precipitation of defatted soybean meal.*³ Acid-precipitation and water-washing of defatted soybean meal.*⁴ Same as reported previously²⁾.**Table 2.** General and amino acid compositions of experimental diets

Diet No.:	1	2	3	4	5	6	7
General composition (%)							
Crude protein	48.8	48.8	49.5	48.9	48.9	49.2	48.6
Crude fat	16.0	16.0	15.7	16.6	15.9	15.6	15.9
Digestible CHO* ¹	13.2	14.8	14.6	13.0	14.5	15.5	15.5
Crude ash	13.8	12.1	12.0	12.9	11.6	11.4	14.3
Energy* ²	3840	3890	3890	3900	3880	3900	3890
C/P ratio* ³	78.8	79.7	78.6	79.6	79.3	79.2	80.0
Each amino acid/total essential amino acid (mg/1000mg)							
Threonine	90	91	90	89	90	89	92
Valine	108	112	110	107	112	110	110
Methionine	47	47	47	45	45	44	56
Isoleucine	92	94	94	93	95	95	90
Leucine	163	167	167	164	169	168	161
Phenylalanine	95	97	97	98	99	100	88
Lysine	174	163	165	173	158	160	179
Histidine	67	68	68	66	66	67	73
Arginine	137	137	137	140	140	140	128
Tryptophan	25	25	26	26	26	26	24
Specific properties							
TI activity	0.9	0.5	0.1	1.1	0.7	0.1	0.0
Soluble nitrogen (%)	15	14	14	14	13	13	18

*¹ Carbohydrate hydrolyzed by boiling with 1N H₂SO₄ for 4 h.*² Digestible energy: protein, 4.5; fat, 8.0; carbohydrate, 2.8 kcal/g.*³ Calorie to protein ratio (kcal/kg diet/% protein).

油粕を簡易に精製し、栄養成分の変化を調べた。また、未精製および精製油粕を配合した飼料でブリ稚魚を飼育し、その成長、飼料効率および体成分を比較した。

材料および方法

飼料 試験飼料には、沿岸魚粉、大豆油粕、 α -コーンスターチおよびスケトウダラ肝油を主原料とする7種類のモイストペレット飼料を用いた (Table 1)。すなわち、未精製の市販大豆油粕 (SBM) を30%添加した飼料1を対照とし、リン酸で沈でん精製したSPC1、および酸精製後に温水で洗浄したSPC2をそれぞれ30%相当量添加し魚粉を減らした飼料2および3、ならびにSBMを40%添加した飼料4を対照としてSPC1およびSPC2をそれぞれ40%相当量添加した飼料5および6、さらに参考に大豆タンパク質無添加の魚粉飼料7を用いた。各飼料に外割で10%のスケトウダラ肝油 (理研ビタミン製のフィードオイル Ω) と50%の淡水を加えて十分に攪はんしたのち、造粒機で直径4.5mmのペレットに成型した。

試験飼料の一般成分およびアミノ酸組成はTable 2に示すとおりである。いずれの飼料でも、粗タンパク質、粗脂肪および可消化炭水化物の含量はそれぞれ約49、16および13-16%とほぼ一定であり、エネルギーおよびカロリー・タンパク質比 (C/P比) もそれぞれ約3850 kcal/kg および約79 kcal/kg/% protein と類似しており、これらの値はブリの成長に適していると考えられる⁹⁾。

下記の原料タンパク質のアミノ酸組成を反映して、大豆タンパク質の無添加飼料に比べて添加飼料では、また高添加飼料ほど、MetとLysが少なくPheとArgが多い傾向にあったが、その差異はさほど大きくなかった。また、原料タンパク質の性状を反映して、トリプシンインヒビター (TI) 活性はSBM添加の飼料では1mg/g前後と比較的高かったが、SPC添加飼料ではかなり低く、とくにSPC2添加の飼料3・6では0.1mgと顕著に低かった。各飼料の可溶性窒素にも同様な傾向がみられたが、その差異は小さかった。

供試魚と飼育法 平均体重44.6gのブリ、*Seriola quinqueradiata* を30尾ずつ、高知大学海洋生物教育研究センターの0.8トンFRP水槽に収容し、各飼料を1日に2回、一定の給餌率で与え、8月12日から30日間、水温23.0-27.6℃で飼育した¹⁻³⁾。

分析法 試験期間中には、10日ごとに給餌量と増重量から各種飼料効率を算出した。また、開始時および終了時には、体重、尾又体長および組織重量を測定

するとともに、肝臓および全魚体の一般成分を測定した。また、終了時には血液性状および血清成分を前報の方法¹⁻³⁾によって分析し、それらの測定値はダンカンのマルチプルレンジテストにより統計処理した¹⁰⁾。

結果

精製による大豆油粕の一般成分とアミノ酸の変化 Table 3から明らかのように、SBMの可消化炭水化物は精製により30%から20%に低下し、逆にタンパク質はそれぞれ64および67%に増加した。また、SBMおよびSPC1のTI活性は2-3mg/gであったが、精製・水洗したSPC2のそれは0.3mgと著しく低く、精製・水洗の有効性が示唆された^{2,3)}。さらに、可溶性窒素はSBMでは13%であったのに対して、SPC1および2ではそれぞれ3および1%と低かった。いっぽう、アミノ酸組成は精製処理と無関係に一定であり、いずれの大豆タンパク質でも沿岸魚粉に比べて、Met、LysおよびHisが少なくPheとArgが多かった²⁻³⁾。

Table 3. General and essential amino acid compositions of protein sources used (%)

Protein source:	BFM	SBM	SPC1	SPC2
Crude protein	70.5	49.9	64.1	66.7
Crude fat	7.7	0.8	0.5	0.7
Digestible CHO* ¹	0.0	29.5	19.7	20.4
Crude fiber	0.0	3.9	3.5	3.4
Crude ash	15.5	6.5	5.0	3.4
Each amino acid/total essential amino acid (mg/1000mg)				
Threonine	92	88	87	84
Valine	110	104	115	107
Methionine	56	29	28	27
Isoleucine	90	99	104	105
Leucine	161	171	180	180
Phenylalanine	87	115	118	120
Lysine	179	147	127	134
Histidine	73	57	56	58
Arginine	127	161	157	157
Tryptophan	24	29	27	29
Specific properties				
TI activity	ND* ²	3.4	2.1	0.3
Soluble nitrogen (%)	17	13	3	1

*¹ Carbohydrate hydrolyzed by boiling 1N H₂SO₄ for 4 h.

*² Not determined.

成長と飼料効率 平均体重44.6gのブリを30日間飼育した結果は、Table 4に示すとおりである。いずれのブリも活発に摂餌し、順調に成長した。飼育期間中に6および7区では、それぞれ6および7尾の死魚がみられたが、ほかの区では4尾以下であった。

まず、30%添加群の成長を比較すると、SBM添加の1区の増重量が35.5gであったのに対して、SPC添加の2および3区の増重量はそれぞれ28.7および36.9gであり、SPC2添加の3区の成長がやや優れている程度であった。飼料効率、タンパク質効率およびエネルギー効率にもこれと同様な区間差がみられた。

ところが40%添加群については、SBM添加の4区の増重量が26.1gと試験区のうち最低であったのに対して、SPC添加の5および6区の増重量はそれぞれ30.1および34.3gと高かった。とくに、SPC2添加区のそれは無添加区の47.4gより低かったが、30%SBM添加区の35.5gに匹敵した。各区の平均日間給餌率が3.8-4.5%とほぼ等しかったので、各種飼料効率にも増重量と同様な区間差がみられ、40%添加群では大豆油粕の簡易精製の有効性が明らかになった。

血液性状と血清成分 40%添加群の血液性状は飼料SBMの精製と無関係にほぼ一定であったが (Table

5)、30%添加群では、ヘモグロビン (Hb)、ヘマトクリット (Ht) および赤血球数 (RBC) はいずれも精製によってやや改善された。

いっぽう、血清成分は油粕の添加や精製の影響を受け、顕著な区間差が認められた。すなわち、タンパク質含量は無添加の7区では4.61g/100mlであったのに対して、30および40%SBM添加の2・4区では約3.9gと有意に低かった。しかし、SPC添加の3・5・6区では、4.2g前後に改善され、無添加区に匹敵する高い含量がみられた。アルブミンにも類似の傾向がみられたが、精製に対するタンパク質とアルブミンの応答が類似していたので、全区のA/G比は類似していた。

リン脂質含量も無添加区で1,200mg/100mlであったのに対して、SBM添加の1・4区では900mg前後と有意に低かった。ところが、SPC添加の3・5・6区のそれは950-1,040mgと比較的高かったが、無添加区のレベルには回復しなかった。全区のリン含量

Table 4. Growth and feed conversion

Diet No.:	1	2	3	4	5	6	7
	30 %			40 %			None
	SBM	SPC1	SPC2	SBM	SPC1	SPC2	
Average body weight (g)							
Initial	44.6	44.6	44.6	44.6	44.6	44.6	44.6
Final	80.2	73.4	81.5	70.8	74.8	78.9	92.0
Average weight gain (g)	35.5	28.7	36.9	26.1	30.1	34.3	47.4
Feed efficiency (%)	45.0	36.0	45.0	33.9	37.0	40.3	48.3
Protein efficiency ratio	0.9	0.7	0.9	0.7	0.8	0.8	1.0
Energy efficiency (%)	11.7	9.3	11.6	8.7	9.5	10.3	12.4
Average feeding rate (%)	4.2	4.5	4.0	4.5	4.3	4.2	3.8
Survival rate (%)	86.7	100	86.7	90.0	90.0	80.0	76.7

Table 5. Blood characteristics and concentrations of the serum components at the end of the experiment

Items*1	1	2	3	4	5	6	7
Hb (g/100ml)	13.9±1.6 ^{a*2}	14.0±0.4 ^a	14.3±1.1 ^a	14.8±0.5 ^a	13.9±1.0 ^a	14.3±0.5 ^a	14.7±0.6 ^a
Ht (%)	48.4±9.3 ^b	51.6±4.8 ^{ab}	51.0±7.2 ^{ab}	57.9±4.5 ^a	51.6±5.5 ^{ab}	57.8±5.2 ^a	53.4±5.9 ^{ab}
RBC (10 ⁴ /mm ³)	437±83 ^a	438±19 ^a	468±48 ^a	489±34 ^a	439±43 ^a	470±30 ^a	463±35 ^a
Pro (g/100ml)	3.87±0.21 ^c	4.02±0.30 ^{bc}	4.21±0.31 ^{abc}	3.91±0.32 ^{bc}	4.31±0.41 ^{ab}	4.23±0.18 ^{abc}	4.61±0.26 ^a
A1b (g/100ml)	1.82±0.09 ^b	1.87±0.17 ^b	1.97±0.06 ^{ab}	1.85±0.12 ^b	1.96±0.09 ^{ab}	1.90±0.11 ^b	2.11±0.14 ^a
A/G ratio	0.88±0.03 ^a	0.87±0.09 ^a	0.89±0.12 ^a	0.90±0.05 ^a	0.84±0.08 ^a	0.82±0.08 ^a	0.85±0.12 ^a
PL (mg/100ml)	931±51 ^{bc}	923±154 ^{bc}	954±91 ^{bc}	860±90 ^c	1040±34 ^{bc}	938±60 ^{bc}	1220±68 ^a
P (mg/100ml)	22.9±2.3 ^b	23.6±2.2 ^{ab}	26.2±4.1 ^{ab}	21.7±2.8 ^b	25.4±2.1 ^{ab}	28.0±3.4 ^a	24.4±5.1 ^{ab}

*1 Abbreviations: Hb, hemoglobin; Ht, hematocrit; RBC, red blood cell; Pro, protein; A1b, albumin; A/G ratio, albumin to globulin ratio; PL, phospholipid; P, phosphorus.

*2 Mean ± SD (n=5). The values with the same letter are not significantly different (P<0.05).

Table 6. General composition of the body and apparent retention of dietary nutrients (%)

Diet No.:	1	2	3	4	5	6	7
General composition in the liver							
Moisture	70.5	66.4	68.3	68.5	66.7	66.9	63.3
Crude protein	18.5	17.3	14.7	17.8	16.0	14.6	13.9
Crude fat	8.0	11.3	9.3	9.2	13.6	12.5	15.7
Glycogen	0.02	0.04	2.5	0.1	0.6	0.3	3.3
Crude ash	1.6	1.4	1.2	1.5	1.4	1.4	1.1
General composition in the whole body							
Moisture	70.9	69.1	71.7	70.9	69.1	72.0	70.1
Crude protein	20.2	20.8	20.0	20.5	21.2	20.0	20.4
Crude fat	4.5	5.5	4.7	5.0	5.9	4.8	6.5
Total sugar	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6
Crude ash	3.5	3.5	3.2	4.0	3.7	3.3	3.3
Apparent retention							
Crude protein	20.4	17.9	21.4	16.3	20.2	19.4	27.4
Crude fat	23.5	26.7	27.0	22.5	31.1	25.9	42.9
Energy	23.8	23.0	25.6	20.6	26.4	23.6	35.8

には、有意差はなかったが、リン脂質に類似した区間差が認められた。精製によるリン脂質とリン含量の向上は30%添加群より40%添加群で著しかった。

魚体成分と蓄積率 肝臓のタンパク質および脂肪の含量はそれぞれ14-19%および8-16%であり、飼料区によりかなりの差異がみられたが (Table 6)、両含量と成長や飼料組成との間に明らかな関連性は認められなかった。いっぽう、全魚体のタンパク質、脂肪および全糖質の含量はそれぞれ約20%、5%前後および0.6-0.7%であり、その差異は小さかった。

30%添加群については、1・2区のタンパク質、脂肪およびエネルギーの蓄積率はさほど違わなかったが、SPC 2添加の3区の各蓄積率は1区に比べてかなり高かった。40%添加群については、エネルギー蓄積率はSBM添加の4区で21%と著しく低かったのに対して、SPC添加の5・6区ではそれぞれ26および24%であり、無添加区の32%について高かった。タンパク質および脂肪の蓄積率にも、これと類似した区間差がみられた。これらの結果から、成長や飼料効率ばかりでなく栄養成分の蓄積のレベルからも、油粕の精製効果が明らかになった。

考 察

大豆油粕の栄養価を改善し、その利用性を高めるため、SBMをリン酸で簡易に沈でん精製したSPC 1、およびそれを水洗したSPC 2の両簡易精製油粕について、それぞれ30および40%添加した飼料でブリを飼育し、その成長、飼料効率、体成分などを比較した。

30%群では、成長、飼料効率およびエネルギー効

率はいずれも、SBM区に比べてSPC 2区でわずかに優れている程度であった。ところが、血清タンパク質は飼料油粕の精製・水洗によって有意に向上したし、アルブミン、HbおよびHtにもかなりの改善が認められた。さらに、栄養素の蓄積率にも精製に伴う若干の向上がみられた。したがって、30%添加群でも、さらに長期飼育すると、成長や飼料効率にも精製の効果が発現する可能性がある。

40%添加群については、SBM区の増重量が26gと顕著に低かったが、SPC 1および2区では30-34gと高く、飼料油粕の精製による成長の向上が認められた。とくに、SPC 2区では30%の未精製油粕区に匹敵する高成長がみられ、注目された。また、飼料効率、タンパク質効率およびエネルギー効率にもこれと同様な区間差がみられた。さらに、血液性状と血清成分が精製によって向上し、なかでもタンパク質、アルブミン、リン脂質およびリン含量の向上が著しく、多くの区間に有意差が認められた。これらの結果は精製による油粕栄養価の向上を示唆している。SPC区の好成績は、精製および水洗に伴うTI活性および炭水化物含量の低減 (Table 2) に起因すると考えられるが^{2,3)}、飼育成績の向上はさほど顕著でなく、さらに有効な精製法の開発・改善が望まれる。

要 約

市販大豆油粕を簡易に精製し、栄養価の変化を調べるとともに、それらを30および40%添加した飼料でブリを飼育し、成長や飼料効率を比較した。油粕の精製や水洗によって、タンパク質含量は増大し、トリブ

シンインヒビター活性と可溶性窒素含量は減少した。30%添加群では、酸精製・水洗区の成長がわずかに高かったが、未精製区との差異は小さかった。40%添加群では、未精製区の成長、飼料効率、蓄積率などが30%添加群や魚粉飼料区に比べてかなり劣っていたのに対して、両精製区のそれらは未精製区に比べてかなり優れており、30%添加群に匹敵する好成績がみられ、その血液性状、血清成分、体成分なども優れていた。以上の結果から、大豆油粕の簡易精製は有効であり、ブリ飼料への添加許容量をある程度増やせることがわかった。

謝 辞

本研究を行うに当たり、農林水産省および文部省からそれぞれ受託研究費および科学研究費を賜り、高知大学海洋生物教育研究センターからはブリ飼育のご援助をいただいた。これらの機関に厚く御礼を申し上げます。

文 献

- 1) 示野貞夫・細川秀毅・山根玲子・益本俊郎・上野慎一 (1992): ハマチに対する大豆油粕栄養価の加熱時間に伴う変化. 日水誌, 58(7), 1351-1359.
- 2) 示野貞夫・細川秀毅・森江 整・竹田正彦・宇川正治 (1992): ハマチ飼料に対する大豆油粕の配合. 水産増殖, 40(1), 51-56.
- 3) 示野貞夫・細川秀毅・久門道彦・益本俊郎・宇川正治 (1992): ブリ稚魚飼料に対する大豆油粕の配合. 日水誌, 58(7), 1319-1325.
- 4) Watanabe, T., V. Viyakarn, H. Kimura, K. Ogawa, N. Okamoto, and N. Iso (1992): Utilization of soybean meal as a protein source in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58(9), 1761-1773.
- 5) Viyakarn, V., T. Watanabe, H. Aoki, H. Tsuda, H. Sakamoto, N. Okamoto, N. Iso, S. Satoh, and T. Takeuchi (1992): Use of soybean meal as a substitute for fish meal in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58(10), 1991-2000.
- 6) Murai, T., H. Ogata, P. Kosutarak, and S. Arai (1986): Effect of amino acid supplementation and methanol treatment on utilization of soy flour by fingerling carp. *Aquaculture*, 56(3/4), 197-206.
- 7) Spinelli, J., C. Mahnken, and M. Steinberg (1979): Alternate sources of proteins for fish meal in salmonid diet. in "Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Vol. II" (ed. by J. E. Halver and K. Tiews). Schriften der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Berlin, pp. 131-142.
- 8) Spinelli, J., C. R. Houle, and J. C. Wekell (1983): The effect of phytates on the growth of rainbow trout fed purified diets containing varying quantities of calcium and magnesium. *Aquaculture*, 30(1), 71-83.
- 9) Shimeno, S. (1991): Yellowtail, *Seriola quinqueradiata*, in "Handbook of Nutrient requirements of Fin-fish" (ed. by R. P. Wilson), CRC Press, Boston, pp. 181-191.
- 10) 新城秋久 (1989): 生物統計学入門 第3版, 朝倉書店, 東京, pp.55-56.