ブリ稚魚の成長、飼料効率および体成分に及ぼす 発酵大豆油粕添加の影響

示野 貞夫, 美馬 孝好, 山本 修, 安藤 嘉生

Effects of Fermented Defatted Soybean Meal in Diet on the Growth,
Feed Conversion, and Body Composition of Juvenile Yellowtail^{*1}

Sadao Shimeno,^{*2} Takayoshi Mima,^{*2} Osamu Yamamoto,^{*2}
and Yoshio Ando^{*3}

(1993 年 5 月 10 日受付)

The present study was conducted to determine the effects on the growth, feed conversion, and body composition of fermented defatted soybean meal (SBM) either with *Aspergillus oryzae* or *Eurotium repens* in single moist pellet diets for juvenile yellowtail *Seriola quinqueradiata*. The growth and feed efficiency of fish fed on the fermented SBM diets were superior to those fed on an unfermented SBM diet, but they were slightly inferior to those fed on a high fish meal diet without SBM. There were no marked differences in the body or blood components between any of the groups. Though neither of the fermentations of SBM with fungi affected POV, trypsin inhibitor activity, or amino acid composition, both treatments similarly increased low molecular weight-proteins and decreased oligosaccharides, resulting in higher digestibilities of dietary protein and carbohydrate. These improved digestibilities through fermentation of SBM might contribute to better growth performance in the fish.

これまでの大豆油粕の有効利用に関する飼育試験の結果から、その栄養価は加熱により著しく向上し、ブリ用シングルモイストペレット飼料にも 20-30% の油粕を添加できることを報告した。¹⁻³⁾ 一方、ブリに多量の油粕を給与すると、胃や小腸が肥大し、タンパク質消化率が低下すること、^{1,3)} 生餌や沿岸魚粉に比べて油粕の消化や吸収は遅いこと⁴⁾ などが明らかになり、油粕の多量給与は消化管に負担をかけている可能性が示唆された。

米ら⁴⁾ は魚類の加工残滓（荒粕）の利用性向上を検討し、荒粕を発酵およびスチーム処理すると、栄養価が向上すると報告している。筆者らも前報⁵⁾ で、発酵による大豆油粕栄養価の改善について検討し、発酵飼料の給与によりブリの成長や飼料効率は多少改善したが、発酵があまり進行せず顕著な増重効果は得られなかった。そこで本研究では、大豆油粕を *ショウウ麹菌* および *カツオブシ麹菌* でより強く発酵し、発酵前後の油粕の一般成分やアミノ酸組成を比較した。また、発酵油粕を配合した飼料でブリ稚魚を飼育し、成長、飼料効率、体成分などを

測定し、大豆油粕発酵の効果について検討した。

実験方法

発酵油粕の調製法 20-30% の水分に保った市販大豆油粕を *ショウウ麹菌* (*Aspergillus oryzae*, AO) または *カツオブシ麹菌* (*Eurotium repens*, ER) とともに 30-40°C で 2-3 日間発酵させたのち、乾燥粉碎した。

飼料 試験飼料には、沿岸魚粉、各種大豆油粕、 α -コーンスターチおよびスケトウダラ肝油を主原料にする 5 種類の実用飼料を用いた (Table 1)。すなわち、飼料 1 は 30% の未発酵大豆油粕を添加した対照飼料であり、2 および 3 は、AO および ER で発酵した油粕をそれぞれ 30% 添加した飼料である。また比較のため、アルコールで洗浄精製した濃縮大豆タンパク質 (soy protein concentrate, SPC) のダンプロ A を他飼料と等タンパク質含量になるように 23% 添加した飼料 4、および油粕無添加の高魚粉の飼料 5 も用いた。

各飼料に外割で 10% のスケトウダラ肝油（理研ビタ

^{*1} 養魚飼料のタンパク質源—X (Protein Source for Fish Feed—X).

^{*2} 高知大学農学部 (Laboratory of Fish Nutrition, Faculty of Agriculture, Kochi University, Monobe, Nankoku, Kochi 783, Japan).

^{*3} ニチモウ (株) (Nichimo Co., Ltd., Yosida, Haibara, Shizuoka 421-03, Japan).

^{*4} 示野貞夫, 細川秀敏, 益本俊郎: 養魚用飼料多様化調査. 平成 2 年度魚類養殖対策調査事業報告書 (魚類養殖多様化検討委員会編), 全国かん水養魚協会, 1991, pp. 327-350.

Table 1. Formulation of the experimental diets

(%)

Ingredient	Diet				
	1	2	3	4	5
	Soybean meal				None
	Unfermented	AO	ER	Purified	
Brown fish meal	53	53	53	53	75
Commercial soybean meal* ¹	30				
Soybean meal fermented with AO* ²		30			
Soybean meal fermented with ER* ²			30		
Soy protein concentrate* ³				23	
Powdered fish oil	2.0	2.0	2.0	2.0	0
α -Corn starch	5.0	5.0	5.0	8.0	12.0
Defatted rice bran	0.6	0.6	0.6	4.6	3.6
Vitamin mixture* ⁴	3.0				
Mineral mixture* ⁴	2.5				
Carboxymethyl cellulose	3.0	9.4	9.4	9.4	9.4
Guar gum	0.5				
Feeding stimulant* ⁵	0.4				
	100	100	100	100	100
Pollack liver oil* ⁶	10	10	10	10	10
Water	50	50	50	50	50

*¹ SOYA FLAKE produced by Nisshin Oil Mills Co., Ltd.*² Fermented with *Aspergillus oryzae* (AO) and *Eurotium repens* (ER).*³ DANPRO A produced by Aarhus Olie Co., Ltd.*⁴ Same as that described in previous paper.¹⁾*⁵ Pro + Ala + 5'-IMP = 354 + 232 + 414 g/1000 g.*⁶ FEED OIL Q produced by Riken Vitamin Co., Ltd.

ミン (株) 製のフィードオイル Q) 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 3-6 mm のシングルモイストペレットに成型した。

供試魚と飼育法 飼料 5 に馴致した平均体重約 41.6 g のブリ (*Seriola quinqueradiata*) 30 尾ずつを、通気通水した 0.8 トン FRP 水槽に収容し、各飼料を 1 日に朝夕の 2 回、一定の給餌率で与え、6 月 25 日から 30 日間、高知大学海洋生物教育研究センターで飼育した (水温 24.2-29.0°C)。

分析法 飼料や魚体の一般成分およびアミノ酸組成は常法により、飼料の粗糖質および全魚体の全糖質は、沸騰 1 N 硫酸で 4 時間加水分解したのち、単糖類を定量した。また、大豆タンパク質の分離定量は、Laemmli の変法⁶⁾ の SDS-ポリアクリルアミドゲルで電気泳動し、島津 CS-9000 型デンストメーターにより分析した。

飼料期間中には、10 日毎に給餌量と増重量から各種飼料効率を算出した。終了時には、各区から 10-13 尾を取りあげ、全魚体と肝臓の一般成分を測定し、また各区 5 尾について血液性状と血清成分を分析した。それらの測定値はダンカンの新多重範囲検定法により統計処理した。さらに、成長試験終了後に Cr₂O₃ 添加飼料で 5 日間馴致し、給餌 4 時間後に小腸後部の食塊を採取し、間

接法によりタンパク質と炭水化物の消化率を測定した。これらの測定や統計処理は既報¹⁻⁵⁾ の方法によった。

結 果

発酵による大豆油粕成分の変化 発酵前後における大豆油粕の一般成分、アミノ酸組成などの変化は Table 2 に示したとおりである。本表には、沿岸魚粉と SPC の各成分も併記した。いずれの発酵によっても、大豆油粕の粗糖質含量は 5% ほど低下して約 28% になり、特に少糖類の低下が顕著であった。糖質の減少に伴って、タンパク質含量が 5% ほど増大して約 56% になったが、そのうち 5 万以上の分子量のタンパク質が減り、3-5 万あるいは 3 万以下のそれが増し、可溶性窒素 (Nitrogen solubility index) もやや増大した。しかし、アミノ酸組成やトリプシンインヒビター (TI) 活性は発酵と無関係に一定であり、また発酵法による各成分の差異はきわめて小さかった。なお、SPC に比べて両発酵油粕では、粗糖質、TI および可溶性窒素の含量は高く、タンパク質含量は低かった。

飼料成分 Table 3 から明らかなように、全飼料の粗タンパク質、粗脂肪および粗糖質の含量はそれぞれ 49-52%、16-17% および 13-17% とほぼ一定であり、また

Table 2. General and amino acid compositions of protein sources used

Protein source:	Soybean meal				Brown fish meal
	Unfermented	AO	ER	Purified	
General composition (%)					
Moisture	7.5	3.8	5.3	5.6	7.7
Crude protein	50.3	56.2	55.8	64.8	67.2
Crude fat	2.9	4.0	3.5	0.6	11.7
Crude sugar* ¹	32.4	28.4	28.3	22.8	—
Crude ash	6.9	7.5	7.1	6.2	14.1
Amino acid/total essential amino acid (mg/1000 mg)					
Thr	90	87	90	90	93
Val	109	104	106	109	111
Met	28	26	28	26	56
Ile	89	95	97	95	88
Leu	162	165	171	167	162
Phe	110	106	110	107	85
Lys	169	176	160	168	185
His	65	62	55	55	61
Arg	143	147	153	159	129
Trp	34	33	31	31	30
E/T ratio (%)* ²	45.6	45.5	44.7	44.8	48.2
Content of proteins with different molecular weight (%)					
≥ 50,000	45.4	38.9	42.3	44.5	ND* ⁶
30,000—50,000	21.0	26.0	18.6	15.6	ND
≤ 30,000	33.6	35.1	39.1	39.9	ND
Oligosaccharide (%)* ³	12.1	1.1	1.0	2.7	ND
TI activity (mg/g)* ⁴	2.8	2.6	2.6	2.3	ND
NSI (%)* ⁵	15.2	16.9	17.8	6.4	18.6

*1 Hydrolyzable carbohydrate with boiling 1 N H₂SO₄ for 4 h.

*2 100×Essential amino acid/total amino acid.

*3 Contained glucose, fructose, stachyose, sucrose etc.

*4 Trypsin inhibitor.

*5 Nitrogen solubility index (100×water-soluble N/total N).

*6 Not determined.

エネルギー量とカロリー・タンパク質比もそれぞれ約 4000 kcal/kg および 77-80 kcal/kg/% protein と類似していた。

アミノ酸組成については、大豆タンパク質添加の飼料 1-4 では無添加の飼料 5 に比べて、Ile, Leu および Phe がやや多く、Met と Lys がやや少なかった。そのほかの性状では、少糖類は対照飼料 1 にかなり多かったが、5 飼料の可溶性窒素、ヒスタミン、POV などの数値は近似していた。

成長および飼料効率 いずれの飼料区のブリ稚魚も活発に摂餌して順調に成長し (Fig. 1), 1 区で 1 尾のへい死魚のみみられただけであった。

30 日間の飼育成績は Table 4 に示したとおりである。未発酵油粕添加の 1 区の増重量は 80 g であったのに対して、AO および ER で発酵した大豆油粕を添加した 2 および 3 区の増重量はそれぞれ約 85 および 84 g と高かったが、無添加の 5 区のそれ (92 g) よりも劣っていた。SPC 添加の 4 区の増重量は 93 g であり、対照区は

かりでなく無添加区のそれよりもやや高かった。

各飼料の一般成分ならびに各区の平均日間摂餌率は 4.2% 前後と一定であったので、飼料効率、タンパク質効率およびエネルギー効率にも、増重量と同様な区間差がみられた。

血液性状と血清成分 Table 5 から明らかなように、Hb, Ht および RBC の値はいずれも発酵や精製と無関係にはほぼ一定であり、有意な区間差はみられなかった。MCH 値は ER 発酵 (3 区) により有意に向上したが、全区の MCV および MCHC 値は近似していた。全飼料区における血清の総タンパク質、アルブミン、アルブミン・グロブリン比、遊離アミノ酸、リン脂質、亜鉛およびリンの含量には、有意な区間差は認められなかった (Table 5)。

魚体成分と蓄積率 全魚体の一般成分については (Table 6), 2 および 5 区の脂肪が比較的多くてタンパク質が少なかったが、タンパク質、脂肪および全糖質の含量はいずれの区でもそれぞれ約 20%, 5.5% および

Table 3. General and amino acid compositions of experimental diets

Diet:	1	2	3	4	5
General composition (%)					
Crude protein	49.4	51.0	52.1	50.8	50.5
Crude fat	16.3	17.0	16.3	16.2	16.3
Crude sugar* ¹	15.3	14.5	13.1	17.2	16.0
Crude ash	11.6	12.2	11.7	11.4	13.0
Digestible energy* ²	3960	4060	4020	4060	4030
C/P ratio* ³	80.1	79.6	77.1	80.0	79.8
Amino acid/total essential amino acid (mg/1000 mg)					
Thr	90	85	90	90	88
Val	110	107	110	108	104
Met	46	50	48	46	57
Ile	92	86	89	90	81
Leu	162	156	160	161	152
Phe	92	86	89	90	79
Lys	178	211	194	193	230
His	56	58	56	58	58
Arg	144	133	134	137	125
Trp	30	28	30	28	28
E/T ratio (%)* ¹	46.1	46.8	45.8	46.6	48.1
Specific characteristics					
TI activity (mg/g)* ¹	0.8	0.8	0.8	0.7	ND* ¹
Oligosaccharide (%)* ¹	4.3	0.8	0.5	1.1	ND
NSI (%)* ¹	12.2	12.9	14.0	9.4	11.5
Histamine (mg/100 g)	5.3	5.0	4.9	5.0	8.1
Peroxide value (meq/kg)	2.2	2.1	2.3	2.0	2.6

*¹ Same as that described in Table 2.*² Digestible energy (kcal/kg diet): protein, 4.5; fat, 8.0; sugar, 2.8 kcal/g.*³ Calorie to protein ratio (kcal/kg diet/% protein).

Fig. 1. Changes in average weight of yellowtail fed on test diets for 30 days.

0.6% であり、それらの差異は小さかった。肝臓成分については、タンパク質は 15-17%、脂肪は 4-7% の範囲にあり、その区間差は全魚体の場合より大きかったが、発酵や精製との関連性は明かでなかった。

摂取量と蓄積量から、各栄養素のみかけの蓄積率を算出し、Table 6 に示した。上述のように、全区の飼料と魚体成分、ならびに給餌率がいずれも類似していたので、多くの蓄積率に増重量と類似した区間差が認められた。すなわち、未発酵油粕添加の 1 区のエネルギー蓄積率が 34% であったのに対して、発酵油粕添加の 2・3 区では 35% 前後と多少高く、発酵の効果がみられた。しかし、その改善効果はさほど大きくなく、また無添加区や SPC 添加区の 39% には及ばなかった。みかけの脂肪蓄積率にもこれと類似の区間差がみられたが、発酵によるタンパク質蓄積率の向上は認められなかった。

消化率 みかけのタンパク質消化率は対照区で 76% であったのに対して、発酵油粕添加の 2・3 区ではそれぞれ 81 および 80% と若干高く、発酵によるタンパク質消化率の向上が認められた (Table 7)。炭水化物消化率も、対照区の 36% に対して、発酵区では 45・46% であり、無添加の 5 区に匹敵する高い消化率がみられ、高

Table 4. Growth and feed conversion^{*1}

Diet:	1	2	3	4	5
Average body weight (g)					
Initial	41.6	41.6	41.6	41.6	41.6
Final	121.6	126.4	125.6	134.9	133.9
Average weight gain (g)	80.0	84.8	84.0	93.3	92.3
Feed efficiency (%) ^{*2}	76.4	79.7	78.5	86.9	85.9
Protein efficiency ratio	1.5	1.6	1.5	1.7	1.7
Energy efficiency (%)	19.3	19.6	19.5	21.4	21.3
Daily feeding rate (%)	4.3	4.2	4.3	4.1	4.1
Survival rate (%)	97	100	100	100	100

^{*1} The fish of 30 individuals were fed on each diet for 30 days in 0.8 t tank (water temperature: 24.2–29.0°C).

^{*2} Dry basis: (g gain/g fed) × 100.

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

Diet:	1	2	3	4	5
Hemoglobin (g/100 ml)	13.3 ± 0.4 ^{a*}	13.1 ± 1.2 ^a	12.7 ± 0.7 ^a	13.2 ± 0.5 ^a	13.0 ± 0.4 ^a
Hematocrit (%)	56.1 ± 3.8 ^a	56.1 ± 5.4 ^a	55.7 ± 2.3 ^a	57.5 ± 5.9 ^a	56.9 ± 7.1 ^a
Red blood cell (×10 ⁴ /mm ³)	462 ± 15 ^a	453 ± 50 ^a	420 ± 32 ^a	440 ± 21 ^a	442 ± 26 ^a
MCV (μm ³)	122 ± 11 ^a	124 ± 5 ^a	133 ± 6 ^a	131 ± 13 ^a	129 ± 13 ^a
MCH (pg)	28.8 ± 0.5 ^a	29.1 ± 0.9 ^b	30.4 ± 1.0 ^a	29.9 ± 0.6 ^{a,b}	29.4 ± 0.8 ^{a,b}
MCHC (%)	23.8 ± 2.0 ^a	23.4 ± 1.1 ^a	22.9 ± 0.6 ^a	23.1 ± 2.0 ^a	23.0 ± 2.2 ^a
Total protein (g/100 ml)	3.84 ± 0.34 ^a	3.98 ± 0.60 ^a	3.83 ± 0.16 ^a	3.70 ± 0.18 ^a	3.74 ± 0.17 ^a
Albumin (g/100 ml)	1.59 ± 0.15 ^a	1.64 ± 0.15 ^a	1.60 ± 0.09 ^a	1.57 ± 0.08 ^a	1.63 ± 0.06 ^a
Albumin/globulin ratio	0.71 ± 0.92 ^a	0.71 ± 0.08 ^a	0.72 ± 0.03 ^a	0.74 ± 0.04 ^a	0.78 ± 0.10 ^a
Free amino acid (mg N/100 ml)	13.7 ± 1.1 ^a	13.2 ± 1.2 ^a	12.9 ± 0.9 ^a	12.9 ± 0.7 ^a	14.0 ± 0.9 ^a
Phospholipid (mg/100 ml)	914 ± 109 ^a	963 ± 117 ^a	1030 ± 188 ^a	958 ± 56 ^a	998 ± 83 ^a
Free fatty acid (meq/1000 ml)	0.62 ± 0.07 ^a	0.55 ± 0.03 ^a	0.67 ± 0.11 ^a	0.64 ± 0.06 ^a	0.59 ± 0.03 ^a
Zinc (μg/100 ml)	1440 ± 136 ^a	1580 ± 254 ^a	1770 ± 549 ^a	1580 ± 227 ^a	1520 ± 161 ^a
Phosphorus (mg/100 ml)	26.8 ± 4.9 ^a	28.9 ± 6.8 ^a	28.4 ± 6.6 ^a	28.8 ± 2.8 ^a	29.0 ± 2.6 ^a

* Mean ± SD (n = 5). Values with the same superscripts are not significantly different (P < 0.05).

Table 6. General composition of the liver and whole body, and apparent nutrient retention (%)

Diet:	1	2	3	4	5
General composition of liver ^{*1}					
Moisture	70.6	70.9	72.8	70.7	69.7
Crude protein	17.0	15.3	16.7	15.6	15.7
Crude fat	6.6	5.4	4.4	6.2	7.4
Glycogen	0.2	2.1	1.1	1.5	2.3
Crude ash	1.5	1.4	1.5	1.5	1.4
General composition of whole body ^{*1}					
Moisture	71.4	71.1	70.9	71.5	71.3
Crude protein	20.0	19.7	20.1	19.9	19.3
Crude fat	5.4	6.1	5.2	5.8	6.3
Total sugar	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6
Crude ash	3.3	3.0	2.8	2.7	3.7
Apparent retention ^{*2}					
Crude protein	31.5	31.2	31.0	34.7	33.0
Crude fat	31.4	36.2	30.7	38.3	41.4
Energy	34.4	36.4	34.5	38.9	39.1

^{*1} Pooled sample of 7 (liver) and 3 fish (whole body).

^{*2} 100 × Nutrient retained/nutrient fed.

Table 7. Apparent digestibilities of dietary protein and carbohydrate (%)

Diet:	1	2	3	4	5
Protein	76.3	80.9	79.9	82.8	78.9
Carbohydrate	35.5	45.4	45.5	57.2	46.6

Digesta in the second half of the intestine were used as feces.

成長への寄与が示唆された。SPC添加の4区では、タンパク質および炭水化物の消化率はそれぞれ 83 および 57% であり、いずれも試験区のうち最も高く、これらの高消化率が高成長の一因と考えられた。なお、今回の消化率測定には小腸後部の食塊を供試したので、本来の消化率はこれらの値よりかなり高いと思われる。

考 察

大豆油粕栄養価の向上を図るため、AO および ER で発酵した油粕を添加した飼料でブリを飼育した結果、未発酵油粕区の増重が 80 g であったのに対して、両発酵油粕区のそれは 84–85 g と若干向上した。また、その飼

料効率やエネルギー効率は多少改善し, 血液性状, 血清成分および魚体成分も無添加区や SPC 添加区のそれらと同様に優れていた。

Yone ら⁴⁾は魚類荒粕の品質向上に発酵とスチーム処理が有効なことを明らかにし, その主原因に酸化脂質とアミノ酸分解物の減少をあげている。本研究で脂質含量の低い大豆油粕を発酵しても, アミノ酸組成や TI 活性とともに POV はほとんど変化しなかったが, 少糖類が減少し, タンパク質がやや増大した。また, 大豆タンパク質の小分子化と可溶化が進み, 発酵油粕区のタンパク質と炭水化物の消化率が向上した。したがって, 発酵に伴う栄養価向上の主原因は油粕の消化性の改善にあると推察された。ただし, 発酵油粕区の飼育成績は無添加区や SPC 添加区のそれよりやや劣っていたので, 今後は発酵の菌種や時間について検討する必要がある。

アルコール精製の SPC (ダンプロ A) を添加した飼料区の成長や飼料効率は, 発酵油粕区ばかりでなく無添加区のそれらより高く, その血液性状, 血清成分, 体成分も無添加区と同等に優れていた。同様な結果がこれまでも得られているので,¹⁻³⁾ SPC の優秀性が明らかである。SPC と発酵油粕との間には, 粗タンパク質と粗糖質の含量はやや異なるが, 両油粕のアミノ酸組成, タンパク質の分子量組成, TI 活性などはさほど違わなかった。しかも, 本実験の飼料では三大栄養素の含量を一定にしたので, SPC 区の高成績をこれらの差異から説明することはできない。畜産動物の研究から, 油粕のアルコール精製により, TI や少糖類とともにエストロゲン (イソフラボン誘導体), サボニン誘導体, 各種抗原物質が

除去されるといわれているので,⁷⁾ これらの除去が SPC 区の高成績に寄与したかもしれない。このように, SPC は魚粉代替源として優れているが, 本品は食品添加物や家畜の代用牛乳用として開発されたものであり, コスト面から養魚飼料に配合することは難しい。養魚飼料原料を目的とした簡易な洗浄法や精製法の開発が望まれる。

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る。

文 献

- 1) 示野貞夫, 細川秀毅, 森江 整, 竹田正彦, 宇川正治: ハマチ飼料に対する大豆油粕の配合, 水産増殖, **40**, 51-56 (1992).
- 2) 示野貞夫, 細川秀毅, 久門道彦, 益本俊郎, 宇川正治: ブリ稚魚飼料に対する大豆油粕の配合, 日水誌, **58**, 1319-1325 (1992).
- 3) 示野貞夫, 細川秀毅, 山根玲子, 益本俊郎, 上野慎一: 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**, 1351-1359 (1992).
- 4) Y. Yone, M. A. Hossain, M. Furuichi, and F. Kato: Effect of fermented and fermented-resteamed scrap meals on growth and feed efficiency of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **52**, 549-552 (1986).
- 5) 示野貞夫, 益本俊郎, 美馬孝好, 安藤嘉生: 発酵処理による大豆油粕配合飼料の栄養価の向上, 水産増殖, **41**, 113-117 (1993).
- 6) 宮崎 香, 長尾嘉信, 斎藤 拓: 不連続緩衝液系を用いる SDS ゲル電気泳動法, 「蛋白質・酵素の基礎実験法」(堀尾武一, 山下仁平編), 第 2 版, 南江堂, 東京, 1982, pp. 319-326.
- 7) A. K. Smith and S. J. Circle: 大豆タンパク質 (渡辺寛二, 柴崎一雄訳), 建帛社, 東京, 1979, pp. 121-180.