

# 大豆粕의 엑스트루더 處理가 무지개송어의 消化吸收率에 미치는 影響

鄭 寬 植\*

東京水産大學 資源育成學科

## Effects of Extruding Process of Soybean Meal on the Dietary Digestibility of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Kwan-Sik JEONG\*

Department of Aquatic Biosciences, Tokyo University  
of Fisheries, Konan, Minato, Tokyo 108, Japan

### ABSTRACT

Digestion rates of protein, carbohydrate, and lipid in the two kinds of extruding processed soybean meals, heated (H-SBM) and raw (R-SBM), were tested for evaluate the effectiveness of soybean meal in the rainbow trout diet. The relation between digestion rate of protein and trypsin inhibitor (TI) was also determined. The protein digestion rate of both H-SBM and R-SBM were increased up to 95 % by extruding process compared to the none treated soybean meal. The digestion rate of carbohydrate in R-SBM was increased by extruding process whereas the one in H-SBM was not. The activity of trypsin inhibitor was almost diminished by the extruding process and digestion rate of dietary protein was improved. However, the reason of this improvement was not clear whether caused by the deactivation of trypsin inhibitor.

### 서 론

魚粉의 代替原料로서 이전부터 大豆粕 (脫脂大豆)이 폭넓게 檢討되어 왔었다. 이것은 大豆粕이 아미노산 均衡이 비교적 뛰어나, 타의 油粕類에 비해 蛋白質含量이 높고 量的 그리고 가격 면에서 안정되어 있기 때문이다. 麻生 (1966)은 대두박의 高溫處理 (110℃)가 低溫處理 (60~70℃) 보다 무지개송어에 있어서 成長과 飼料效率이 뛰어난을 보고한 바 있고, Sandholm 등 (1976)은 處理溫度를 높이므로써 트립신 저해 인자 (TI) 活性이 減少하여 蛋白質 및 에너지 消化率이 상승하는 것을 보고했다. 또, 新井 등 (1983)은 大豆粕을 알콜 처리함으로써 무지개송어의 增重率 및 飼料效率이 개선됨을, 또, Murai 등 (1989)은 무지개송어의 成長段階와 더불어 알콜 처리 대두박의 營養素의 축적율이 增加함을 보고한 바 있다.

\* Present address : 17-20 Namchon-dong, Nam-gu, Pusan 608-011, Korea.

이와 같이 대두박 중의 抗營養因子를 加熱處理에 의한 불활성화와 알콜 등으로 추출함으로써 대두박의 영양가가 개선되어짐을 시사해 주고 있으나, 어느 쪽도 실용적인 수준에 이르지 못하고 있어 大豆粕의 養魚飼料原料로서의 利用價値의 향상이 한층 더 기대되고 있다.

한편, 종래의 養魚用 配合飼料는 펠렛터 (造粒機)로서 성형되어 왔으나, 최근 食品加工機械로써 식품 분야에 넓게 응용되어 온 엑스트루더 (Extruder : Ex로 약기)가 養魚飼料의 製造에 도입되어, 飼料의 영양 개선에 큰 역할을 하고 있다. 그러나, Ex 處理가 양어 사료 및 원료의 영양가에 미치는 영향에 관한 연구 보고는 충분치 못할 뿐 아니라 Ex 處理는 사용되는 原料의 種類, 處理條件 等の 차이에 의해 原料가 지닌 特性이 變化하므로써, 어류의 生理作用에도 영향을 미칠 것으로 생각된다.

따라서 本研究는, Ex 處理가 養魚飼料 및 飼料原料의 營養價에 미치는 영향을 밝히기 위한 일환으로 魚粉 代替原料로써 크게 기대되고 있는 大豆粕의 Ex 處理에 의한 利用率의 향상 가능성을 蛋白質, 炭水化合物 및 脂質의 消化吸收率을 指標로써 檢討하였다.

## 재료 및 방법

### 1) 試驗用 大豆粕

本 實驗에는 2種類의 大豆粕, 즉 飼料用 大豆粕 (H-SBM)과 食品用 未變性 大豆粕 (R-SBM)을 사용하였다. 2種類의 대두박의 일반 조성, 수용성 질소 지수 (NSI) 및 TI 活性을 Table 1에 나타내었다. H-SBM는 昭和産業(株)의 粗蛋白 (CP) 45%의 것을, 또 R-SBM는 不二製油(株)의 것으로 주로, 두부, 간장 等の 食品用的 原料로 사용하는 것을 사용하였으며, 각각의 대두박의 處理工程 및 條件은 이하와 같다.

Table 1. Proximate compositions, nitrogen solubility index (NSI) and trypsin inhibitor activity. (TIA) of the experimental soybean meals(%)

	Soybean meal	
	Heated	Raw
Crude protein	47.3	48.5
Crude starch	16.2	16.5
Crude ash	6.3	6.2
Moisture	9.3	10.9
NSI	15.6	69.4
TIA(TI u/mg)	5.5	49.2

H-SBM의 前處理는 加熱工程은 80℃에서 1 시간, 抽出工程은 105~115℃에서 40 분, 乾燥는 100℃에서 35 분 각각 實施하였다.

R-SBM의 前處理는 80~90℃에서 약 10 분이였다. 즉, H-SBM은 TI 등의 抗營養因子를 不活性化시키기 위해 장시간에 걸쳐 加熱處理를 한 것에 대해, R-SBM은 蛋白質變性を 가능한 抑制하기 위해 거의 加熱處理를 하지 않았다. 이와 같은 處理方法의 차이에 따라 R-SBM의 NSI 및 TI 活性은 H-SBM에 비해 높은 치를 나타내었다.

### 2) 大豆粕의 Ex 處理

前述한 2種類의 大豆粕을 각각 Ex 處理를 實施하였다. Ex 處理는 Bühler 社製의 2축 Ex (DNDG-62)를 使

大豆粕의 엑스트루더 處理가 무지개송어의 消化吸收率에 미치는 影響

用하였다. Table 2에 주된 조작 조건을, Table 3에는 TI 활성을 나타내었다.

Ex 처리시의 사료 자체의 온도 및 壓力은 通常의 飼料의 製造時 보다 높은 傾向이었으나, 이것은 飼料가 脫脂大豆로써 潤滑油製役割을 하는 脂質의 含量이 적어 摩擦熱의 上昇에 의한 것으로 보여진다.

Table 2. Extruder\* conditions for soybean meal

Process condition	
Screw speed (rpm)	84~264
Barrel temp. (°C)	73~130
Added water (%)	10~ 20
Added steam (%)	9~ 18
Material press (Kg/cm <sup>2</sup> )	40~ 70
Feed rate (Kg/h)	112
L/D ratio **	20

\* Twin screw extruder (Bühler Co. DNDG-62).

\*\* Screw length/die diameter ratio.

Table 3. Trypsin inhibitor activity and apparent digestibility of crude protein, carbohydrate and lipid of heated and raw soybean meal

Diet No.	Material temp.(°C)	TIA (TI u/mg)	Apparent digestibility Mean ± SD (n=3)		
			Protein	Carbohydrate	Lipid
H-SBM *	—	5.5	87.5±1.0	56.6±2.9	91.7±2.4
H-1	175	1.4	80.9±0.7	54.7±1.4	74.2±3.1
H-2	144	2.0	95.3±1.0	57.4±1.5	96.1±1.5
R-SBM *	—	49.2	25.4±7.4	51.5±3.1	75.6±2.5
R-1	182	2.4	95.8±0.8	58.4±2.1	96.6±2.5
R-2	185	2.0	92.6±0.3	58.3±2.8	96.0±1.3

\* Without extruder treatment.

### 3) 實驗飼料

Ex 處理된 大豆粕은 乾燥시킨 후, 粉碎하여 飼料原料로 하였다. 本 實驗에서는 飼料原料로써 添加되는 각각의 大豆粕의 各 營養素의 消化率을 測定하기 위해 基礎飼料 (Table 4)를 준비하였다. 基礎飼料 69%에 大豆粕의 Ex 處理의 것과 未處理의 것을 각각 實驗原料로써 30%, 산화크롬 (50%)를 1% 첨가한 것을 試驗飼料區로 하였다. 그리고, 試驗飼料區와는 별도로 實驗原料의 消化率을 측정하기 위하여 基礎飼料 99%에 산화크롬 (50%)를 1% 첨가한 基礎飼料區를 設定하였다(Table 5).

混合原料는 잘 혼합한 후, 蒸溜水를 가하여 펠렛狀으로 성형하여, 진공냉동 건조기 (共和真空技術 RLE-206型)를 사용하여 乾燥후 實驗飼料로 하였다.

Table 4. Composition of the reference diet

Ingredient	(%)
Brown fish meal	60
$\alpha$ -starch	15
Mineral mixture	5
Vitamin mixture	2
Choline chloride	0.9
Vitamine (50% pure)	0.1
Lipid *	10
Cellulose	7

\* Soybean oil : pollack liver oil = 2 : 1.

Table 5. Composition of test diets for rainbow trout (%)

	Diet No.		Reference diet
	H, R-SBM	H, R-1, 2	
Heated or raw soybean meal	30.0	—	—
Extruded soybean meal	—	30.0	—
Reference diet *	69.0	69.0	99.0
Chromic oxide **	1.0	1.0	1.0

\* See table 4.

\*\* Chromic oxide : Cellulose = 1 : 1.

#### 4) 供試魚

東京水産大學 水族營養學 研究室에서 産卵·孵化시킨 무지개송어의 稚魚를 사용하였다.

#### 5) 飼育方法

供試魚는 飼育實驗前 1 주간 시판의 무지개송어用 配合飼料로 豫備飼育을 실시한 후, 정상적으로 發育한 健康한 魚體를 選別, 使用하였다. 飼育條件을 Table 6에 나타내었다.

實驗開始時的 平均體重 62 g의 무지개송어를 3 주간 飼育하였다. 먹이 공급은 1 일 3 회로 하여 먹이가 남지 않도록 주의하면서 飽食量을 공급하였다.

Table 6. Rearing and feeding methods for rainbow trout

Initial body wt. (g)	62
Tank ( $\ell$ )	45
Feeding period (week)	3
Number of fish	10
Water temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )	15 $\pm$ 1
Water flow rate (ml/min)	400~600
Air flow rate (ml/min)	500~800
Feeding frequency	3 times/day (satiation)

### 6) 糞의 採集

實驗飼料供給 開始 1 주일 후 부터 終了시까지 採糞하였다. 糞은 採糞 開始 15 시간 후 回收하여 凍結 후 眞空凍結乾燥機로 乾燥시킨 다음 消化率을 측정하였다.

### 7) 飼料 및 糞의 分析

水分은 常溫加熱乾燥法, 粗灰分은 灰化法으로 측정하였다. 그리고 蛋白質, 脂肪의 分析은 각각 Kjeldahl 方法과 Folch 方法로 측정하였고, 전분은 5% 염산으로 2 시간 가수 분해후, Somogi-Nelson 法으로 측정하였다. 사료의 間接 消化率을 구하기 위한 指標物質인 산화크롬의 分析에는 濕式定量法(古川 등, 1966)에 의하였으며, 飼料中の 各 營養素의 消化率은 다음 式에 의해 算出하였다.

$$\text{各 營養素의 消化率(\%)} = 100 - \left\{ 100 \times \frac{\text{飼料中の } Cr_2O(\%)}{\text{糞中の } Cr_2O_3(\%)} \times \frac{\text{糞中の 營養素(\%)}}{\text{飼料中の 營養素(\%)}} \right\}$$

그리고, 飼料中에 添加한 사료 원료의 各 營養素의 消化率을 구하기 위하여, 基礎飼料에 사료 원료를 30% 첨가한 試驗飼料를 작성하여, 다음 式으로부터 원료 중의 各 營養素의 消化率을 算出하였다.

$$\text{飼料原料中の 各 營養素의 消化率(\%)} = \frac{\text{實驗飼料中 各 營養素의 消化率(\%)} - \{ \text{基礎飼料中 營養素의 消化率} \times \text{基礎飼料의 配合比率} \}}{\text{飼料 原料의 配合比率}}$$

또, 사용한 大豆粕의 수용성 질소 지수 (NSI)은 基準油脂分析試驗法(日本油化學協會編 1981), 트립신 저해 인자 (TI) 활성은 Kakode 등(1974)의 방법에 준하여 分析하였다.

## 결과 및 고찰

各 營養素의 消化率의 測定結果를 Table 3에 나타내었다. Ex 未處理의 H-SBM의 蛋白質 (P), 炭水化物 (C), 脂質 (L)의 消化率은 각각 88%, 57%, 92%이었다. 특히, 蛋白質의 소화율은 이전의 보고值(中村 등 1973; 渡辺 1990)들과 一致하는 결과이었다. 이 未處理의 大豆粕을 Ex 處理하여 얻어진 H-1의 消化率은 81%(P), 55%(C), 74%(L)로 어느 것도 未處理보다 低下하였으나, H-2는 역으로 95%(P), 57%(C), 96%(L)로 炭水化物을 제외하고는 未處理의 것과 比較하여 上昇하는 結果를 얻었다. 이것은 H-2의 處理溫度가 H-1에 비해 낮은 것에 의한 것으로 생각되어 진다. 즉, H-SBM는 비교적 낮은 溫度에서의 처리의 경우 蛋白質과 脂質의 消化率은 向上되나, 處理溫度가 어느 정도를 넘어서면 營養素의 變性이나 중합 등을 일으켜 營養價를 저하시킴을 시사해 주고 있다.

한편, Ex 未處理의 R-SBM의 消化率은 각각 25%(P), 52%(C), 76%(L)로 H-SBM에 비해 상당히 낮은 値를 나타내었다. 이것은 TI를 비롯한 여러 抗營養因子의 影響에 의한 것으로 여겨진다. 이 大豆粕을 Ex 처리를 한 결과 R-1 및 R-2의 소화율은 어느 쪽도 93~96%(P), 58%(C), 96~97%(L)로 향상되었다. 특히, R-1과 R-2의 品溫은 182, 185℃로 H-1의 175℃ 보다도 높은 온도였음에도 불구하고, 高溫에 의한 消化率의 低下는 볼 수 없었다.

이와 같이, Ex 處理에 의해 大豆粕의 消化率이 向上됨으로 그 營養價를 높일 수가 있으나, 그 處理條件은 사용되는 大豆粕의 種類에 따라 달라지며, 조건에 따라서는 逆으로 營養價가 떨어지는 경우도 있으므로, 適正條件을 설정할 필요가 있을 것으로 생각되어진다.

대두박 중의 TI 活性과 Ex 處理와의 관계는, H-SBM의 Ex 未處理의 경우 5.5 TIu/mg에서 Ex 處理에 의해 1.4~2.0 TIu/mg로 TI 活性은 減少하였으며, R-SBM의 경우도 Ex 處理함으로써 TI 活性이 49.2에서 2.0 TIu/mg으로 크게 減少되어 Ex 處理는 大豆粕中의 TI 活性의 消失에 극히 有效한 것을 알았다. 殘存 TI가 蛋白質 消化率에 미치는 影響은 R-SBM에는 明白히 殘存 TI의 減少와 더불어 消化率이 增加되었으나 H-SBM에는 R-SBM과 같은 明確한 殘存 TI의 減少에 의한 消化率의 增加傾向은 보여주지 않았다. 이것은 H-SBM의 Ex 處理前의 加熱處理의 影響으로 생각되어진다. 가열 처리에 의한 대두 및 대두박 중의 TI의 減少가 魚類의 成長이나 飼料效率 및 消化率을 向上시킨다는 것은 이미 무지개송어 (Sandholm 등 1976), 잉어 (Viola 등 1983), 틸라피아 (Wee & Shu 1989) 및 차벌메기 (Wilson & Poe 1985) 등에서 보고되어, 生大豆의 경우 약 90~95%의 TI 活性의 消失에 의해 最大의 成長과 消化率을 얻을 수 있었으며, 본 실험에서도 生大豆粕을 Ex 處理하므로 TI 活性이 95% 정도 消失하므로써 蛋白質의 消化率이 크게 向上됨을 보여 주었다.

일반적으로 대두의 加熱處理가 蛋白質의 消化率에 미치는 影響으로써 物理的, 化學的 要因을 들 수가 있다. 즉, 대두의 가열 처리에 의한 物理的인 影響으로서, 蛋白質의 高次構造가 變化함으로써, 蛋白質의 펩티드 체인이 稠密한 狀態에서 느슨한 상태로 되어, 그 結果 프로테아제에 의한 分解가 促進되어진다고 여겨지고 있다 (渡邊 등 1984). 그리고 加熱處理에 의한 化學的인 影響으로서, 福田 등 (1989)이 大豆를 여러 條件下에서 加熱處理하여 蛋白質의 變性에 關하여 檢討한 結果, 加熱에 의한 아미노산의 損失이 크게 影響을 미치고 있다는 보고가 있다. 즉, 가열 처리에 의한 아미노산의 絶對量 및 아미노산 中의 有效性 Lysine의 加熱에 의한 減少가 蛋白質의 消化率, 나아가서는 營養價値를 떨어지게 한다고 보고있다. 그러나, 이와 같은 가열 처리에 의한 化學的인 影響은 加熱方法 및 정도에 따라서 蛋白質의 變性에 미치는 영향도 크게 달라질 것이며, 加熱處理에 의한 TI 活性의 消失 등의 化學的 變性이 營養學的으로 미치는 좋은 側面도 생각할 수 있겠다.

本 實驗의 條件下에서는 R-SBM 뿐 아니라 前處理를 한 H-SBM에 있어서도 蛋白質의 消化率이 向上되어, 大豆粕을 Ex 處理하므로써 蛋白質의 利用價値가 改善됨을 알 수 있었다. 이러한 Ex 處理에 의한 利用 價値의 改善은 物理的인 高次構造의 變性에 의한 것인가, 또는 化學的인 TI 活性의 消失에 의한 것인가, 혹은 兩자의 複合的인 影響에 의한 것인가는 確實히 언급할 수 없으나, 今後 더욱 상세한 檢討가 必要한 것으로 여겨진다.

大豆粕中에는 總炭水化物이 35% 전후 내포되어 있으며, 주로 소당류와 다당류 및 纖維質로 構成되어 있다. 이들의 構成成分이 大豆粕의 炭水化物源으로서 利用가치를 좌우하고 있으며, 이들의 利用價値를 增大하기 위한 研究가 行해지고 있다. 본 실험에서는 탄수화물의 消化率을 測定한 結果, H-SBM에 비해 R-SBM에서 顯著히 消化率이 向上됨을 알 수 있었다. 이러한 結果는 大豆粕中의 炭水化物이 Ex 處理에 의해  $\alpha$ 化됨으로써 炭水化物의 消化率이 향상 된것으로 생각하며, 이미 竹内 등 (1990), 鄭 등 (1991)이 무지개송어, 참돔에서 各種 炭水化物의 Ex 處理의 有效性을  $\alpha$ 化率의 指標로 밝힌 結果와 일치하는 것이었다. 또한, 小田 등 (1988)은 연맥(Oat)을 Ex 처리함으로써 수용성 섬유질이 증가하여, 쥐의 血清 콜레스테롤 上昇을 억제시키는 能力을 增進시킨다는 보고도 있어, 탄수화물의 Ex 처리에 의한 영향은 消化率 뿐 아니라 그 외의 다른 效果도 期待할 수 있으므로 앞으로 더욱 상세한 研究가 要望되어지고 있다.

이상으로 종래에 그다지 사용되지 않았던 植物性 蛋白質源의 大豆粕을 Ex 處理함으로써 大豆粕의 營養價가 改善됨을 알았으나, Ex 處理의 影響은 사용되는 原料의 種類 뿐 아니라 處理條件 등으로 크게 달라지리라 생각되므로, Ex 처리는 그 目的에 맞추어 適切한 處理條件을 設定하여야 할 것이며, 그렇게 함으로써 養魚用 配合飼料의 質의 向上에 크게 寄與할 수 있게 되리라 여겨진다.

## 요 약

魚粉의 代替原料로써 大豆粕의 有效性을 改善하기 위하여, 飼料用 大豆粕 (H-SBM)과 食品用 未處理 大豆粕 (R-SBM)을 Ex 處理하여, 무지개송어에 있어서 飼料中 대두박의 蛋白質 및 炭水化物의 消化率을 測定하였으며,

트립신 저해 인자 (TI)의 活性과 蛋白質 消化率과의 關係에 대해서 檢討하였다. 그 結果 H-SBM 및 R-SBM 모두 Ex 處理함으로써 蛋白質의 消化率이 95%까지 改善되었다. 한편, R-SBM의 炭水化物的 消化率은 Ex 處理에 의해 向上되었으나, H-SBM는 改善되지 않았다. 또 Ex 처리에 의해 大豆粕中の TI 活性은 대부분 消失되었으며, R-SBM에는 TI의 消失化에 의해 蛋白質의 消化率이 向上되었으나, 이것이 Ex 處理에 의한 TI의 活性의 消失에 의한 것인지는 본 실험 조건 하에서는 명백히 할 수 없었으며,今後 具體적인 檢討를 必要로 한다.

## 참 고 문 헌

- 新井 茂, 尾形博, 川合秀樹, 能勢健嗣. 1983. 脫脂大豆粕の利用—I アルコール處理大豆粕の養魚飼料への利用. 1983年度 日本水産學會秋季大會 講演要旨集, p. 88.
- 麻生和衛. 1966. 養魚と飼料. 植物性蛋白源. 水産増殖臨時號, 6: 97~105.
- 古川 厚, 塚原宏子. 1966. 養魚飼料消化試驗の指標としての酸化クロムの混式定量法について. 日本水産學會誌, 32: 502~506.
- 福田 滿, 國定由利番, 豊沢 功. 1989. フライおよび素炒り大豆のタンパク質の諸特性と人工消化率. 日本營養・食糧學會誌, 42: 305~311.
- 鄭寬植, 竹内俊郎, 渡辺 武. 1991. 엑스트루더處理した炭水化物原料의 마다이에對する營養價. 日本水産學會誌, 57: 1543~1549.
- 中村 烈, 萩原正道, 樋口富男. 1973. 農産工研究年報 4, 35~42.
- 日本油化學協會編. 1981. 基準油脂分析試驗法. (株)日本油化學協會, 東京.
- 小田泰士, 青江誠一郎, 中岡正令, 井門和夫, 太田夫貴雄, 綾野雄幸. 1988. 오츠의 엑스트루더處理가食物纖維ならび에 랫트投與時のコレステロール代謝에及ぼす影響. 日本營養・食糧學會誌, 41: 449~456.
- 竹内俊郎, 鄭寬植, 渡辺 武. 1990. 엑스트루더處理した炭水化物原料의 니지마스 および 코이에對する 有效性. 日本水産學會誌, 56: 1839~1845.
- 渡辺 武, 竹内俊郎. 1990. 養魚飼料タンパク質의營養價標示指標에關する研究. 1988, 89年度 科學研究補助金 研究成果報告書.
- 渡辺篤二, 海老根英雄, 太田輝夫. 1984. 大豆食品. (株)光琳, 東京, p. 53~61.
- Kakode, M. L., J. J. Rackis, J. E. McGhee and G. Puski. 1974. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure. Cereal chemistry, 51: 376~382.
- Murai, T., H. Ogata., A. Villaneda and T. Watanabe. 1989. Utilization of Soy flour by fingerling rainbow trout having different body size. Nippon Suisan Gakkaishi, 55: 1067~1073.
- Sandholm, M., R. R. Smith, J. C. Shih and M. L. Scott. 1976. Determination of antitrypsin activity on agar plates: relationship between antitrypsin and biological value of soybean for trout. J. Nutr., 106: 761~766.
- Viola, S., S. Mokady and Y. Arieli. 1982. Effect of soybean processing methods on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture, 32: 27~38.
- Wee, K. L. and S. W. Shu. 1989. The nutritive value of boiled fullfat soybean in pelleted feed for Nile tilapia. Aquaculture, 81: 303~314.
- Wilson, R. P. and W. E. Poe. 1985. Effects of feeding soybean meal with varying trypsin inhibitor activities on growth of fingerling channel catfish. Aquaculture, 46: 19~25.