

압출 성형 사료의 물리적 성질

조용진 · 김종태 · 황재관* · 김철진 · 김병기**

한국식품개발연구원, *연세대학교 생물산업소재연구센터,
**한국해양연구소

Physical Properties of Extruded Fish Feeds

Yong-Jin Cho, Chong-Tai Kim, Jae-Kwan Hwang*,
Chul-Jin Kim and Pyong-Kih Kim**

Korea Food Research Institute

*Bio-products Research Center, Yonsei University

**Korea Ocean Research and Development Institute

Abstract

Two sinking fish feeds with oil-enforced recipe were manufactured by twin-screw extrusion: gummed and non-gummed feeds. The physical properties of extruded fish feeds were analyzed to evaluate the effect of gum on extrusion process and compared with those of two commercialized pellet feeds. Gummed feed had more pores than non-gummed one. Especially, the micrograph of extruded feed with gum showed circle-shaped pores, whereas those of two pelleted feeds showed cracked pores. The extruded feed with gum had very high mass transfer coefficient and was as soft as pelleted feeds.

Key words: fish feed, twin-screw extrusion, physical property, gum

서 론

최근 양식 어업의 발달은 양식 어류용 사료의 수요를 크게 신장시키게 되어 양질의 성형 사료의 조제가 관심의 대상이 되고 있다. 양식 어류용 사료는 물 속에 투입된 후 섭취되기 때문에 사료의 영양학적 측면뿐만 아니라 물성학적 측면이 매우 중요하게 고려되어야 한다. 양식 어류용 사료의 개발시 중요하게 고려되는 인자로는 완전한 소화 이용성, 최대 성장 유도, 환경 오염 방지 등이 있다.

현재 배합 성형 사료로서 펠렛 사료(pelleted feeds)가 주로 이용되고 있으나 펠렛 사료는 성형성이 양호하지 못하여 쉽게 부서지는 경향이 있어 어류의 사료 섭취율이 낮을 뿐만 아니라 바닥에 가라앉은 미섭취 사료는 심각한 수질 오염을 야기하고 있다.

이와 같은 배합 사료의 성형성 문제를 해결하기 위하여 양식 어류용 사료의 제조에 압출 성형 공정이 도입되었으며, 압출 성형 사료의 보급이 계속 신장세를

보이고 있다.

양식 어류용 사료가 지녀야 할 품질 특성으로서, 무엇보다도 어류 생장에 필요한 영양소를 모두 포함하여야 하고, 수송이나 취급시 형상이 변형되거나 파손되지 않도록 충분한 강도를 유지하여야 하며, 물 속에서 어류가 섭취하기에 용이한 물성을 가져야 하는 것 등이 있다. 이러한 품질 특성은 어류의 종류에 따라서 필요한 영양소의 조성뿐만 아니라 요구되는 물성도 달라져야 한다.

Bajaber *et al.* (1993)은 압출 온도, 칠면조 고기와 닭 고기의 혼합비, 분리 콩단백, 검(kappa-carrageenan gum) 등이 압출 성형시 압출물의 점착성(cohesion)과 경도에 미치는 영향을 분석한 결과, 온도가 높고 검의 함량이 많을수록 점착성이 증가하였고, 온도가 높고 칠면조 및 분리 콩단백의 함량이 많을수록 경도가 높게 나타났다고 하였다.

Maga *et al.* (1991)은 옥수수 분말(corn grits)의 압출 성형시 검(gellan gum)의 첨가는 압출물의 수율(extrudate yield), 밀도, 팽창률, 파쇄 강도 등에는 유의한 영향을 보이지 않았으나 검의 함량이 높을수록 보수력(water absorption index)이 증가하였다고 하였다.

Corresponding author: Yong-Jin Cho, Senior Research Scientist, Korea Food Research Institute, P.O. Box 2, Pundang-ku, Songnam-si, 463-050, Republic of Korea

본 연구에서는 사료의 성형성에 불리하게 작용하는 유지성 영양분이 강화된 연질 배합 사료를 이축 압출 공정(twin-screw extrusion process)에 의해 제조하고, 그에 따른 물리적 성질을 분석하고자 한 바, 연구의 구체적인 목적은 첫째, 사료에 유지성 영양분이 강화되었을 때 검(gum)의 첨가가 압출 성형 사료의 물리적 성질에 미치는 영향을 살펴보고, 둘째, 압출 성형 사료가 물 속에 투입된 후 물성의 변화를 분석하고자 하는 것이었다.

재료 및 방법

실험재료

Table 1은 본 연구에서 사용된 배합 사료의 원료 조성비를 나타낸 것이다. 유지성 영양분을 강화하기 위해서 4.0%의 생선 기름(fish oil)이 추가된 배합비를 채택하였다.

이와 같은 조성을 갖는 배합 사료의 성형성 향상을 위해 검(gum)으로서 알긴산나트륨(sodium alginate)을 0.1% 첨가하여 압출 성형하였을 때 그 효과를 검이 첨가되지 않은 경우와 비교하였다.

한편, 시중에서 판매되고 있는 대표적 펠렛 사료(A사 및 B사)를 구입하여 물성을 비교하였다.

압출 성형

본 연구에 사용된 압출성형기는 동방향 완전 맞물림형 이축압출성형기(corotating, intermeshing type twin-screw extruder, Biex-DNDL 44, Bühler brothers Co., Swiss)로서 L/D의 비가 40:1로 개조된 것이다. 본 연구의 압출 성형을 위해 사용된 운전 조건은 Table 2와 같다. 압출 성형후 냉풍 건조기에서 3시간 건조시켜 최종의 시제품으로 하였다.

압출물의 미세구조

압출 성형 사료의 미세구조는 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, Model 1820, AMRAY Inc., USA)을 사용하여 200배 확대하여 관찰하였다.

압출물의 보수력

압출 성형 사료를 스테인레스 망에 넣고 수조에 담근 후 일정 시간 간격으로 꺼내어 무게를 측정하여 최종적으로 함수율로 환산하여 나타내었다. 함수율은 105°C 공기 오븐법으로 측정되었다. 또한, 다음의 관계식을 이용하여 물질이동계수와 최대보수력을 구하였다.

$$J = -k(C - C_{max})$$

여기서, J: mass flux (kg-water/min kg-dry matter)

k: mass transfer coefficient (1/min)

C: mass concentration (kg-water/kg-dry matter)

C_{max}: maximum water absorption capacity (kg-water/kg-dry matter)

압출물의 경도

경도는 원추형 plunger (원추각 30°, 높이 18.7 mm)를 장착한 경도계(Sun Rheometer, Model COMPAC-100, Sun Scientific Co., LTD., Japan)로 측정하였다. 테이블 속도(table speed)는 60 mm/sec로 하였으며, 최대력(maximum force)을 경도로 하였다.

압출물의 밀도

압출 성형 사료의 밀도는 platform scale method (Mohsenin, 1986)에 의해 측정되었다.

Table 2. Operating conditions for the extrusion of fish feed

Feed rate (kg/hr)	30
Water Feeding (l/hr)	15
Screw speed (rpm)	255
Barrel temperature (°C)	
Section 1	108
Section 2	109
Section 3	130
Section 4	135
Section 5	140
Section 6	148
Section 7	25
Section 8	25
Extrusion temperature (°C)	115
Extrusion pressure (bar)	7

Table 1. Composition of the experimental fish feed

Ingredient	%
Fish meal	56.0
Defatted soybean meal	7.0
Corn gluten	5.0
Wheat middling	15.0
Yeast	6.0
Vitamin mixture	0.8
Mineral mixture	0.8
Beef oil	5.3
Fish oil	4.0
Sodium alginate	0.1
Total	100.0

결과 및 고찰

압출 성형 사료의 미세구조

Fig. 1은 여러 가지 양식 어류용 사료의 조직(texture)을 전자현미경으로 관찰한 것이다. Fig. 1의 (a)는 유지성 영양분이 강화되었으나 검이 첨가되지 않은 압출 성형 사료의 조직이고, Fig. 1의 (b)는 검이 첨가된 압출 성형 사료의 조직이다. 한편, Fig. 1의 (c) 및 (d)는 각각 A사 및 B사 제품의 펠렛 사료의 조직이다.

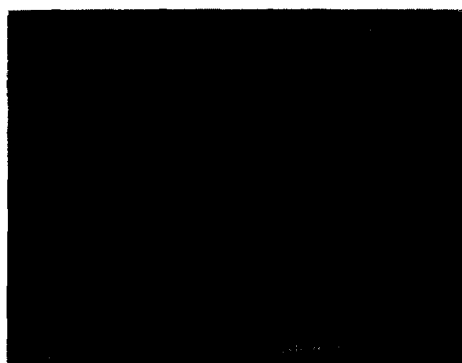
Fig. 1의 (b)에서 보는 바와 같이 검이 첨가된 압출 성형 사료의 경우 원형 공극이 충분히 형성되어 있음을 알 수 있다. 반면에 Fig. 1의 (a)로부터는 검이 첨가되지 않은 유지 강화 압출물의 경우 공극 형성이 미흡함을 알 수 있다. 한편, Fig. 1의 (c)와 (d)의 펠렛 사료의 경우 크랙(crack)형 공극이 주로 형성되어 있음을 알 수 있다. 이러한 결과를 볼 때, 어류용 사료는 물속에서 연질이면서 부스러지지 않는 견고성을 지녀야 하는 물성이 요구된다(Brisset, 1992)는 조건을 만족하

기 위해서는 유지성 영양분이 강화되었을 때 검을 첨가하여 압출 성형하는 것이 효과적이라 판단된다.

압출 성형 사료의 보수력

Fig. 2는 사료가 물 속에 투입된 후 시간에 따른 보수력(water holding capacity)을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 유지 성분이 강화된 압출 성형 사료에서 검의 첨가 여부가 보수력에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한 압출 성형 사료는 시판되고 있는 펠렛 사료에 비하여 보수력이 작은 것으로 나타났다.

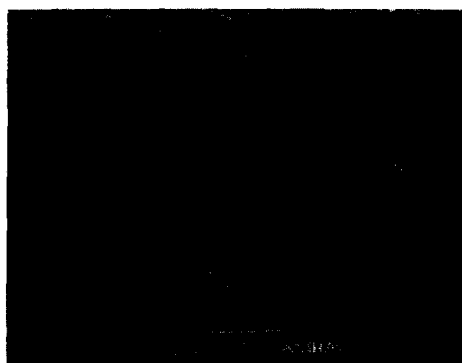
Table 3은 사료의 물질이동계수와 최대 보수력을 나타낸 것이다. 압출 성형된 사료는 검의 첨가 여부에 관계없이 물질이동계수와 최대 보수력의 크기가 유사한 것으로 분석되었다. 시판되고 있는 펠렛 사료와 비교해 보았을 때, 물질이동계수의 경우 압출 성형 사료는 펠렛 사료보다 약 2배 큰 것으로 나타났고, 반면에 압출 성형 사료의 최대 보수력은 펠렛 사료의 1/2 정



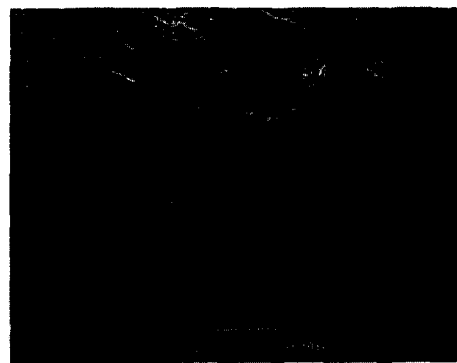
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 1. Scanning electron micrographs of fish feeds: (a) the extrudate without gum, (b) the extrudate with gum, (c) the pelleted feed from A company and (d) the pelleted feed from B company.

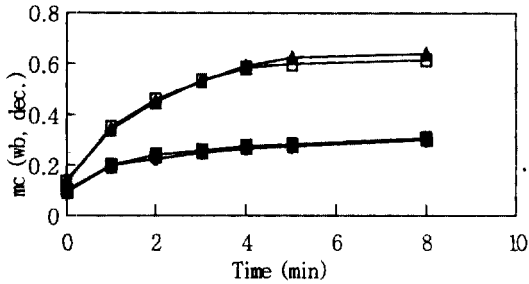


Fig. 2. Water absorption capacity of different fish feeds. ■—■: extrudate without gum, ◆—◆: extrudate with gum, ▲—▲: pellet A, □—□: pellet B.

Table 3. Mass transfer coefficient and maximum water absorption capacity of different fish feeds

Fish feed	Mass transfer coefficient (1/min)	Maximum water absorption capacity (wet basis moisture content, %)
Extrudate without gum	0.521	30.0
Extrudate with gum	0.506	29.4
Pelleted feed A	0.176	71.7
Pelleted feed B	0.257	66.4

도인 것으로 나타났다.

이러한 결과는 압출 성형시 조직화(texturization)가 충분히 일어난 반면에, 압출 성형 사료의 공극이 펠렛 사료의 공극의 양보다 훨씬 작기 때문인 것으로 추측된다.

압출 성형 사료의 경도

Fig. 3은 사료가 물 속에 투입된 후 경도의 변화를 나타낸 것이다. 물고기 사료는 연질(soft)일수록 바람직하나, 물 속에 투입된 후 사료의 형상을 유지하기 어려울 정도로 경도의 변화가 크게 나타날 경우 부서지기 쉽기 때문에 사료의 손실은 물론이고 수질 오염을 야기하게 된다.

그림에서 보는 바와 같이 검이 첨가된 압출 성형 사료는 펠렛 사료와 유사한 정도로 경도가 작을 뿐만 아니라 물 속에서 시간 경과에 따른 경도의 변화도 완만하여 매우 바람직한 물성을 가지는 것을 보여주고 있다. 펠렛 사료의 경우 물 속에 있는 동안 경도의 변화가 크게 나타나서 사료의 파손이 우려되는 것으로 나타났다.

압출 성형 사료의 밀도

Fig. 4는 여러 가지 사료의 밀도를 나타낸 것이다.

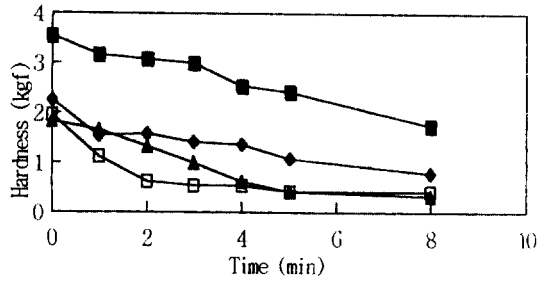


Fig. 3. Variation of hardness of different fish feeds when submerged. ■—■: extrudate without gum, ◆—◆: extrudate with gum, ▲—▲: pellet A, □—□: pellet B.

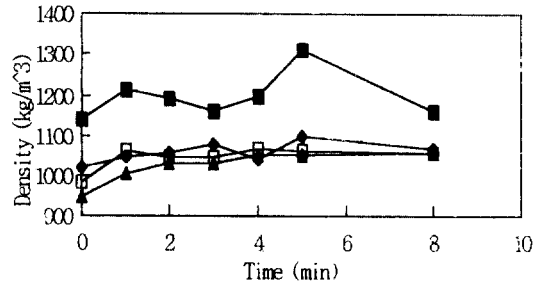


Fig. 4. Variation of density of different fish feeds when submerged. ■—■: extrudate without gum, ◆—◆: extrudate with gum, ▲—▲: pellet A, □—□: pellet B.

검이 첨가된 압출 성형 사료는 검이 첨가되지 않은 경우에 비하여 밀도가 작은 것으로 나타났으며, 펠렛 사료와는 밀도의 크기가 유사하게 나타났다. 이와 같은 결과로부터 압출 성형시 검의 첨가는 앞에서 고찰한 경도뿐만 아니라 밀도의 저하에도 영향을 주는 것을 알 수 있다.

요 약

유지성 영양분을 강화한 양식 어류용 배합 사료를 성형 가공할 때 연질성과 성형성을 동시에 얻을 수 있는 가공 방법이 요구되는 바, 검을 첨가하여 이축 압출 성형하였을 때 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 검을 첨가한 압출 사료는 원형 공극을 가지는 것으로 나타났으며, 이것은 사료의 연질성과 성형성에 유리한 texture로 판단된다.

둘째, 압출 성형시 검의 첨가 여부는 보수력에는 영향을 주지 않았으나, 검의 첨가시 경도 및 밀도를 저하시키는 효과를 보여 검의 첨가는 성형성이 양호한 연질 사료의 제조에 매우 효과적인 것으로 나타났다.

이와 같은 물성을 갖는 사료는 물고기의 최대 성장 유도에 적합할 뿐만 아니라 수질 오염 방지에도 매우

효과적이라 판단된다.

문 헌

- Aguilera, J. M. and D. W. Stanley. 1990. *Microstructural Principles of Food Processing and Engineering*. Elsevier Applied Science, London, UK.
- BaJaber, A. S., J. N. Sofos, G. R. Schmidt and J. A. Maga. 1993. Cohesion and hardness of extrusion-cooked mechanically- and hand-deboned poultry meat with soy protein isolate and kappa-carrageenan. *J. of Muscle Foods* 4(1): 27-39.
- Brisset, A. 1992. Steam and fish feed production. *Extrusion Communique* April-June: 11-12.
- Stanley, D. W. and M. A. Tung. 1976. Microstructure of food and its relation to texture. In: *Rheology and Texture in Food Quality*. DeMan, J. M., P. W. Voisey, V. F. Rasper and D. W. Stanley (ed.). The AVI Publishing Company, Inc., Westport, USA. pp28-78.
- Gekas, V. 1992. *Transport Phenomena of Foods and Biological Materials*. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Harper, J. M. 1981. *Extrusion of Foods (Vol. I and II)*. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Levine, L. 1992. Extrusion processes. In: *Handbook of Food Engineering*. Heldman, D. R. and D. B. Lund (ed.). Marcel Dekker, Inc., New York, USA. pp621-666.
- Maga, J. A., C. H. Kim and C. L. Wolf. 1991. The effect of gellan gum addition on corn grits extrusion. *Food Hydrocolloids* 5(5): 435-441.
- Mohsenin, N. N. 1986. *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Publishers. New York, USA.