

## 소맥글루텐과 스팀 처리가 새우 사료의 수중 안정성에 미치는 효과

김재식

경북대학교 농업생명과학대학 발효생물공학과

## Effects of Wheat gluten and Steaming Treatment on Water Stability of Extruded Shrimp Feed

Jae-Sik Kim

Department of Fermentation Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

This study was carried out to improve water thestability of extruded shrimp feed. Three types of extruded shrimp feeds which were control diet (no steaming, no wheat gluten), steaming treated diet and steaming treated diet containing wheat gluten were prepared to using the pilot scale extruder. Comparing with the water stability values of two types of extruded shrimp feed, Steamed shrimp feed containing 4% (w/w) wheat gluten showed on 1 after 48 h was better than the control diet (no steaming, no wheat gluten) of which water stability value was 4. Also *Penaeus chinensis* fed on the steamed feed showed good body weight gain (237%) and feed efficiency (16.7%) compared with body weight gain (151%) and feed efficiency (12.8%) of control diet in the feeding trial for 50 days. Briefly, the extruded shrimp feed has more efficient water stability on below 1, and recommendable wheat gluten content and steaming time were 4~8% (w/w) and 5~10 minutes.

**Keywords:** Wheat gluten, Steaming treatment, *Penaeus chinensis*, Feeding test, Water stability

### 서 론

새우 사료는 어분 이외에도 오징어분, 새우분말 등이 다량 첨가되어야만 기호도가 좋고 새우의 성장도 빨라진다. 천연에 서식하는 새우는 주로 갯지렁이, 작은 새우, 조개, 오징어 등을 섭취하는 것으로 알려져 있으며(Liu, R. 1983) 이들은  $\beta$ -carotene, asthaxanthin 등의 색소 성분이 많아 자연산 새우는 선명한 색을 나타내는 반면 양식산 새우는 그렇지 못하다. 이런 사실은 배합 사료에도 충분히 고려되어 기호도가 좋고 성장이 빠른 오징어분, 작은 새우 분말, 조개 분말 등이 첨가되어야만 좋은 배합 사료를 만들 수 있다고 사료된다. 한편, 새우의 최적 단백질 요구량은 새우의 종류마다 다르고 식생활 습관, 단백질 원의 차이에 따라서도 크게 달라지는데 보리새우, *Penaeus japonicus*가 잘 성장하기 위해선 적어도 52~57%의 단백질이 사료 내에 존재해야 하며(Deshimaru, O. et. al., 1978), 대하, *Penaeus chinensis*는 약 52% 정도 요구하는 것으로 나타나 있다. 또한 각 아미노산의 함유량에 따라서도 단백질의 영양적 가치는 크게 차이가 나는데, Kanazawa et al. (1981)은 보리새우가 필수 아미노산으

로 arginine, methionine, valine, threonine, isoleucine, lysine, histidine, phenylalanine, tryptophan 등 10가지 아미노산을 요구한다고 보고하였다. 또한 보리새우는 생장 필수 요소로서 콜레스테롤을 요구하며 사료에 약 0.5% 첨가되었을 때 최적인 것으로 나타났으며, 인지질도 생장 필수 요소로서 사료에 1% 가량 첨가하면 보리새우의 성장과 생존이 향상됨을 보고하였다(Kanazawa et al. 1971; Kanazawa et al. 1982; Teshima et al. 1982; Teshima et al. 1983; Teshima et al. 1986a; Teshima et al. 1986b). Kim (1998)은 대하 양식용 배합 사료 개발을 위하여 레시틴과 단백질의 종류에 따른 성장 효과를 보고하였다.

새우류의 식성은 잡식성이나 보통의 어류와는 달리 먹이를 한번에 먹지 않고 복절지(배에 난 다리)로 사료를 움켜쥐고 입으로 뜯어 먹는 습성이어서 사료가 수중에서 쉽게 붕괴되어 버리면 먹을 수가 없게 되고 양식장 바닥에 축적되고 부패되어 수질과 저질을 오염시켜 새우의 성장을 둔화시키고 질병을 유발시키게 된다. 따라서 새우 사료가 가져야 할 요건 중에서 가장 중요한 것은 수중에서 영양소 소실이 없으며 사료가 붕괴되지 않는 특성이라 하겠다. 배합 사료가 물에 풀어지는 양상도 여러 가지 인데 사료가 물을 흡수하여 3~4배 크기로 부풀 다음 건드리면 해체되는 팽윤 해체, 사료 겉 표면에서부터 하얀 점성 물질이 분산되어 나오면서 표면부터 풀어지는 분산 해체, 결착이

\*Corresponding author: dstsik@wmail.knu.ac.kr

부족하여 사료 내부에 균열이 생기면서 조각조각 부서지는 균열 해체 등이 있으며, 이들 해체 현상은 다양하고 복잡하게 나타나며 그 결과는 사료가 물에 풀어지고 새우가 먹을 수 없는 상태로 되어 버리는 것이다. 이러한 요인으로는 원료 성분의 결합 부족, 배합 사료 성형 시의 압축 부족 또는 과다 팽창, 원료 성분 중에 흡습성 물질 존재 또는 건조 불충분 등 다양하다(Kim 1996).

이러한 현상을 방지하기 위하여 전분( $\alpha$ -starch), CMC (carboxymethyl cellulose), sodium alginate, sodium ligninsulfonate 또는 벤토 나이트(bentonite) 등의 결합제를 사용하기도 하고 사료의 압착력을 증대시키기 위하여 압출기의 다이(die), 스크류(screw), 배럴(barrel) 등을 자주 교환하기도 한다. 또한 전분질 원료를 다량 사용하기도 하여 사료의 영양적 가치가 떨어지는 경우도 있다. 이상의 단점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 집탄성을 나타내는 소맥글루텐(wheat gluten)을 새우 사료에 첨가하고 압출 성형기(extruder)를 이용하여 성형한 다음 다시 습열(상압 스팀)을 가하여 사료가 함유하고 있는 단백질 성분을 열변성시키고 동시에 불용화하여 새우 사료가 물에 풀어져 소실되는 현상을 방지하고자 하였으며, 실제 대하에 급여하였을 때 성장률과 사료 효율이 얼마나 개선되는 가를 실험하고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험 재료

새우 사료 제조에 사용된 사료 원료는 서해 사료(충남 태안)에서 공급받았으며 분쇄기로 분쇄한 다음 60 mesh 체(체 눈 크기 0.246 mm)로 체질하여 사료 제조의 원료로 사용하였다. 실험 사료의 단백질 원료로 복양어분, 오징어분, 새우 분말, 맥주 효모 분말, 탈지대두박, 분말 어류 단백질(fish soluble), 소맥글루텐(wheat gluten)을 사용하였으며, 탄수화물 원료로 밀가루를 사용하였으며, 지질 원료로는 대구 간유를 사용하였다. 대하는 원풍 물산(충남 태안)에서 공급받았으며, 평균 무게  $1.8 \pm 0.7$  g (mean  $\pm$  SD)인 대하를 선별하여 사육 시험에 사용하였다.

#### 사료 설계 및 제조

새우 사료의 조성은 Table 1에 나타내었다. Table 1의 사료 배합 비율을 근거로 하여 소맥글루텐 대신 어분을 첨가한 다음 압출 성형하여 스팀처리 없이 그대로 건조하여 시험 사료 1을 제조하였고, 소맥글루텐 대신 어분을 첨가하고 압출 성형한 후 상압에서 5분간 스팀 처리하고 나서 건조하여 시험 사료 2를 제조하였으며, 소맥글루텐도 첨가하고 5분간 상압 스팀 처리하고 건조하여 시험 사료 3을 제조하였다. 또한 Table 1의 새우 사료 조성에 소맥글루텐을 각각 8, 12, 16% (w/w) 첨가하고 대신 어분의 함량을 줄여 총계가 100이 되도록 배합 사료 원료 무게를 재고 혼합하여 압출 성형한 후 5분간 스팀 처리하고 건조하여 각각 시험 사료 4, 5, 6을 제조하였다. 그리고 Table 1의

**Table 1.** Artificial shrimp feed composition for testing of water stability and rearing of *Panaeus chinensis*, *P. chinensis*

Ingredients	g/100g dry diet
White fish meal <sup>1</sup>	40
Squid meal <sup>2</sup>	10
Shrimp powder <sup>3</sup>	5
Brewer's yeast powder <sup>4</sup>	6
Defatted soybean meal <sup>5</sup>	15
Wheat gluten <sup>6</sup>	4
Wheat flour <sup>7</sup>	6
Fish soluble <sup>8</sup>	4
Vitamin mixture <sup>9</sup>	3
Mineral mixture <sup>10</sup>	3
Cod liver oil <sup>11</sup>	4
<b>Proximate analysis</b>	
Crude protein	51.7
Crude fat	9.3
Crude ash	14.5
Carbohydrate (containing crude fiber)	24.5

<sup>1</sup>Koryo Co., Seoul, Korea

<sup>2</sup>Saehan Co., Donghae, Korea

<sup>3</sup>Sopropeche, France

<sup>4</sup>Oriental Brewery Co., Seoul, Korea

<sup>5</sup>Samyang feed Co., Incheon, Korea

<sup>6</sup>Sungpoong Co., Seoul, Korea

<sup>7</sup>Daehan wheat flours Co. Incheon, Korea

<sup>8</sup>Sopropeche, France

<sup>9</sup>Contains (as mg/100g in dry diets): p-Aminobenzoic acid, 15.50; Biotin, 0.63; Inositol, 630.80; Niacin, 63.08; Ca-Pantothenate, 94.62; Pyridoxine-HCl, 18.92; Riboflavin, 12.62; Thiamine-HCl, 6.31; Cyanocobalamin, 0.13; Folic acid, 1.26; Choline-HCl, 946.20; Menadione, 6.31;  $\alpha$ -Tocopherol, 31.54;  $\beta$ -Carotene, 15.14; Calciferol, 1.89; Na-Ascorbate, 3154.00

<sup>10</sup>Contains (as g/100g in dry diets):  $K_2HPO_4$ , 1.16;  $Ca_3(PO_4)_2$ , 1.58;  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , 1.76;  $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$

<sup>11</sup>Ewha fat industry Co., Busan, Korea

새우 사료 조성으로 시험 사료 1을 제조한 다음 상압에서 스팀 처리 시간을 각각 1, 2, 10, 15분으로 달리하여 스팀 처리한 다음 건조하여 시험 사료 7, 8, 9, 10을 제조하였다. 새우 사료를 만드는 표준 방법은 다음과 같이 실시하였다. 양이 적은 원료부터 무게를 재어 mixer (Hobart, USA)에 넣고 혼합하면서 수분 함량 40% (w/w)가 되도록 물을 첨가하였다. 이 때 어유(cod liver oil)는 별도로 무게를 재고 물 첨가 바로 직전에 혼합기로 넣어주었다. 혼합이 끝난 사료 원료를 축 회전 속도 30 rpm, 압출 다이 온도 80 °C로 맞춘 extruder (Brabender, USA)에 넣고 직경 1 mm, 길이 5~7 mm로 압출 성형하였다. 성형된 사료는 썸 스텔에 넣고 일정 시간 상압에서 스팀으로 열처리한 다음 60 °C로 맞춘 열풍 건조기(Eyela, Japan)에 넣고 4시간 건조하여 펠렛으로 만들고 -20 °C 냉동실에 보관하면서 물 속에서 사료가 풀어지는 정도를 관찰하는 수중 안정성 검사(water stability test)를 실시하고 사육 시험에도 사용하였다. 일반 성분은 AOAC (1995) 방법에 따라 수분은 상압 가열 건조법, 조단백질은 micro-

Kjeldahl 법, 조회분은 직접 회화법으로 분석하였다. 조지방은 수분 측정이 끝난 시료를 사용하여 soxhlet 추출법으로 정량하였으며, 100에서 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량을 뺀 수치를 탄수화물 함량으로 나타내었다.

### 수중 안정성 검사

펠렛 사료가 물에서 붕괴되지 않고 건디는 정도를 시험하는 방법에는 여러 가지가 있다(Forster, 1972; Hastings, 1964; Hopher, 1969). 한 예로 스테인리스 철사 망으로 된 용기 속에 사료를 넣고 물에 담근 다음 바닥에서 공기를 불어주면서 일정 시간 방치한 후 무게의 감량으로 펠렛의 수중 안정성을 평가하는 방법을 들 수 있다(Hopher, 1969). 그러나 이 방법은 실제로 양어용 펠렛 사료의 수중 안정성 측정을 위하여 고안된 방법이고, 새우가 사료를 먹는 습성을 완전히 구현했다고 볼 수가 없고 따라서 새우 사료에 적용하기에는 부적합하다고 볼 수 있다. 새우는 사료를 복절지로 움켜잡고 유명하면서 뜯어 먹는 식이 습성을 가지고 있으므로 본 시험에서는 Kim (1986)이 고안한 방법과 같이 사료를 물이 있는 petri dish에 넣고 사료를 깔 등으로 눌러 보기도 하고 잘라 보기도 하고 사료가 물에 풀어지는 정도를 관찰하면서 해수 안정성을 측정하였는데, 일정 시간이 지난 다음 사료의 붕괴 정도를 다음과 같은 수중 안정성 기준치(water stability index)로 평가하였다.

- 0≡전혀 안 풀어짐. 칼로 잘 잘라지지 않음
  - 1≡풀어지지는 않았으나 칼로 쉬 잘라짐. 잘라질 때 단면에서 고형물이 분산되지는 않음
  - 2≡얼마간 풀어진 듯하며 칼로 쉽게 잘라지며 단면에서 고형물이 분산됨
  - 3≡완전히 풀어지지는 않았으나 호물호물하고 많이 부풀었음. 가끔 형체를 알아볼 수 없는 사료가 보임.
  - 4≡완전히 풀어져 사료의 형체를 알아보기 힘들
- 이상의 기준치에서 1까지는 새우 사료로 적합한 수중 안정성을 가졌다고 평가하였으며, 2, 3, 4는 새우 사료로서는 부적합하다고 평가하였다. 시험 사료 1번부터 시험 사료 10번까지 전부 10종류의 사료를 물이 있는 petri dish에 넣고 사료를 깔 등으로 눌러 보기도 하고 잘라 보기도 하고 사료가 물에 풀어지는 정도를 48시간 동안 경시적으로 관찰하였으며, 수중 안정성 기준치의 숫자로 수중안정성을 표현하였다.

### 대하 사육 시험

Table 1과 같은 사료 조성에 스팀 처리 유무 혹은 소맥글루텐 첨가 유무에 따라 수중 안정성이 각기 다른 비교 시험 사료(diet 1), 스팀 처리구(diet 2), 소맥글루텐 첨가 및 스팀 처리구(diet 3) 등 세 가지의 시험구에 대해 대하 사육 시험을 반복구 없이 1회에 한하여 실시하였다. 100 L 들이 플라스틱 수조를 직사광선이 쬐지 않는 실내에 두고 수조 밖으로 새우가 튀어나가지 못하도록 그물망을 씌워 두었다. 연안해에서 펌프로 울

러 자갈, 모래, 필터로 3차 여과한 해수로 수조를 각각 채우고 1일 3회 가량 환수되도록 배수와 급수량을 조절하고 에어 스톤(air stone)을 통하여 공기를 공급하였다. 이 때 수온은  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 조절하였다. 여기에 미리 체중을 잰 대하(평균  $1.8 \pm 0.7$  g) 20마리씩 넣고 1일 3회에 걸쳐 체중의 5% (w/w) 범위 내에서 사료를 균등 투여하고 매일 아침 9시경 수조의 바닥 청소를 실시하여 사료 찌꺼기와 분을 제거하였으며 죽은 새우도 건져 내었다. 사료 찌꺼기는  $105^\circ\text{C}$ 에서 2시간 건조하여 무게를 측정하고 투여한 사료 양에서 빼주어 실질 사료 섭취량을 계산해 두었다. 새우를 수조에 넣은 날부터 15일 정도 지난 시점에서 새우를 전부 잡아 무게를 측정하여 기록해두고 다시 깨끗이 청소한 수조로 넣었으며 당일엔 사료를 주지 않았다. 사육 시험은 50일간 실시하였다. 대하의 총 무게 증가량과 실질 사료 섭취량을 계산하여 체중 증가율과 사료 전환 효율 등을 계산하였으며, 계산식은 아래와 같았다. 생존율, 체중 증가율, 사료 전환 효율 등 모든 수치의 통계 분석에는 SAS (SAS Institute, NC, USA) package를 이용하였으며, 유의적인 차이를 검증하기 위하여 Duncan's multiple range test를 실시하였다( $p < 0.05$ )

체중증가율, Body weight gain,  $\% = \{(\text{시험 종료 시 체중} - \text{시험 시작 시 체중}) / \text{시험 시작 시 체중}\} \times 100$

사료 섭취량, Feed intake, g=건물량 환산 총 사료 섭취량/대하 수  
사료전환효율, Feed conversion efficiency=(체중 증가량/건물량 환산 사료 섭취량) $\times 100$

## 결과 및 고찰

새우 사료의 수중 안정성 검사에 있어서 Table 1의 사료 조성을 기본으로 하여 실험실용 소형 extruder로 소맥글루텐 대신 어분을 첨가한 시험 사료 1, 소맥글루텐 대신 어분을 첨가하였으나 압출 성형한 후 상압에서 5분간 스팀 처리를 시험 사료 2, 그리고 소맥글루텐도 첨가하고 5분간 상압 스팀 처리도 한 시험 사료 3 등 3가지 종류의 새우 사료를 제조하고 petri dish 상에서 수중 안정성을 측정한 결과는 Fig. 1과 같았다. 시험 사료 1은 보통의 펠렛 사료 제조 공정에 준하여 제조한 사료이다. 물에 넣은 지 2시간이 지나면 수중 안정성 기준치가 2를 초과하여 벌써 쉽게 잘라지며 잘라질 때 고형물이 분산되어 새우 사료로는 부적합한 것으로 나타났다. 이와는 달리 시험 사료 2와 3은 압출 성형 후 5분간 스팀 처리를 한 사료로서 수중 안정성이 상당히 개선되어 48시간이 지나도 수중 안정성이 2 미만의 수치를 유지하였으며, 특히 소맥글루텐을 4% 첨가하고 스팀 처리를 한 시험 사료 3은 48시간이 지나도 물에 풀리지 않았으며 칼로 자를 때도 단면에서 고형물이 분산되지 않았고 단지 물을 흡수하고 있을 뿐 외형은 그대로 인 것을 관찰할 수 있었다. 이로 보아 새우 사료를 압출 성형한 후 5분간 스팀 처리만 해도 수중 안정성이 상당히 개선됨을 알 수 있었으며, 소맥글루텐을

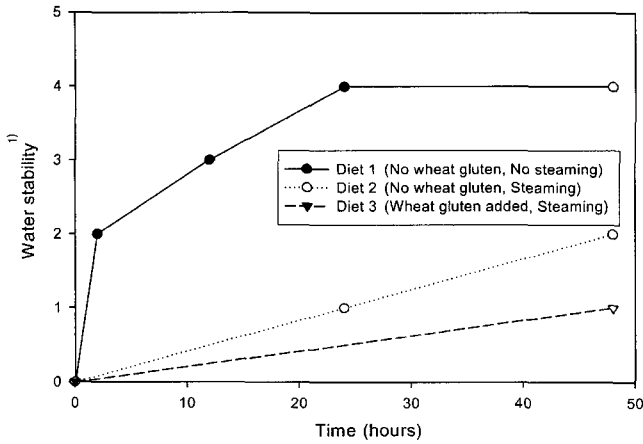


Fig. 1. Water stability of artificial shrimp feed showing steaming and wheat gluten effect

<sup>1)</sup>Water stability index was as follows;

0≡Strictly not broken, not swollen.

1≡Not broken, slightly swollen, particles were not dispersed when the feed cut with knife.

2≡Slightly swollen, particles were dispersed when the feed cut with knife.

3≡Considerably swollen, having very soft structure and remaining an appearance of pellet.

4≡Strictly broken, could not find out an appearance of pellet.

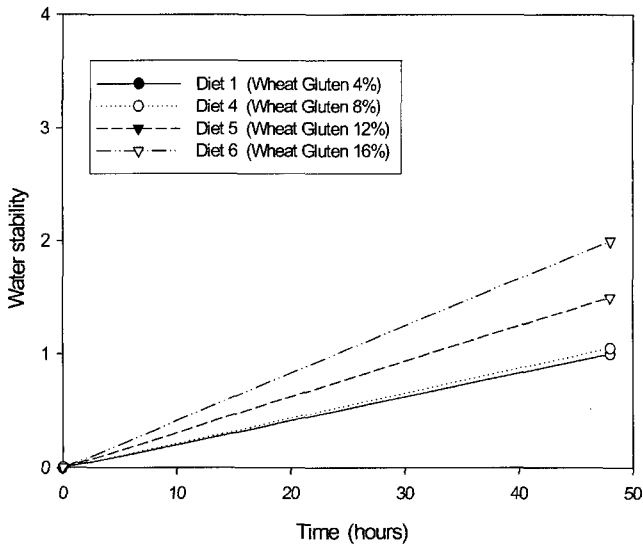


Fig. 2. Effects of wheat gluten content on water stability of extruded shrimp feed.

첨가하고 5분간 스팀 처리하면 거의 물에 풀리지 않는 사료를 제조할 수 있었다.

소맥글루텐의 첨가량을 달리한 새우 사료의 수중 안정성 변화에 있어서 5분간 스팀 처리한 후 시험 사료 1과 똑같은 방법으로 수중 안정성 검사를 실시한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 소맥글루텐의 함량이 많아져도 새우 사료의 수중 안정성이 증대되지는 않았으며, 소맥글루텐 함량 8%까지는 새우 사료의 수중 안정성이 48시간이 지나도 1을 유지하여 새우 사료로 적합한 수중 안정성을 나타내었으나 소맥글루텐 함량이 12%, 16%

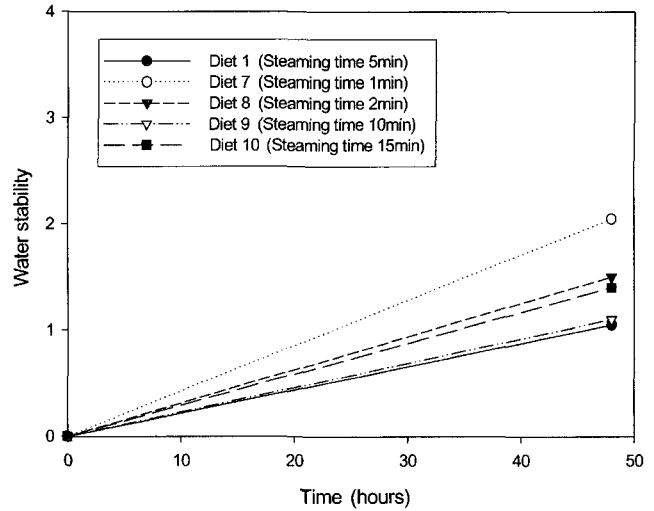


Fig. 3. Effects of steaming time on water stability of artificial shrimp feed.

로 많아지면 오히려 수중 안정성이 감소하여 48시간이 지나 그 수치가 2까지 증가하였다(소맥글루텐의 함량을 4% 미만으로 줄여서는 실험을 하지 않았음). 따라서 수중 안정성 1 미만의 물에 풀리지 않는 새우 사료를 얻기 위해선 4~8% 정도의 소맥글루텐을 사용하는 것이 바람직한 것으로 나타났으며, 그 이상의 소맥글루텐을 사용하는 것은 사료의 원료비만 상승시킬 뿐 수중 안정성 증진 효과는 없는 것으로 나타났다.

스팀 처리 시간을 달리한 경우의 수중 안정성 변화에 있어서 시험 사료 1과 비교하여 수중 안정성 검사를 실시한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 스팀 처리 시간을 달리한 경우 새우 사료의 수중 안정성에 약간의 변화가 관찰되었는데, 1분간의 스팀 처리는 시간이 너무 짧아 48시간이 지난 후 수중 안정성이 2를 나타내어 5분 처리한 시험 사료 1보다 수중 안정성이 뒤떨어졌다. 2분 처리한 경우도 유사한 경향이였다. 스팀 처리 시간을 길게 하여 10분간 처리하여도 수중 안정성은 증가하지 않고 시험 사료 1과 유사한 수중 안정성을 나타내었다. 그러나 15분간 스팀 처리를 한 경우는 열처리 시간이 과다하여 약간 사료 조직이 허물어진 듯하였으며 결과적으로 48시간의 수중 안정성이 2를 나타내어 시험 사료 1보다 못한 수중 안정성을 나타내었다. 이로 볼 때 과도한 열처리는 새우 사료의 수중 안정성을 오히려 나쁘게 하며 스팀 처리 시간은 5~10분이 적당한 것으로 나타났다.

대하 사육 시험에 있어서 시험 사료 1, 2, 3을 50일간 사육 시험한 결과를 Table 2와 Fig. 4에 나타내었다. 시험 사료 1과 2는 수중 안정성이 낮아 물에 풀어지는 속도가 빠른 관계로 각각 151, 161%의 체중 증가율을 나타내었으며, 사료 전환 효율은 각각 12.8과 12.7%를 나타낸 반면, 스팀 처리로 인해 수중 안정성이 크게 향상된 시험 사료 3은 체중 증가율 237%, 사료 전환 효율 16.7%로 시험 사료 1,2와 비교하여 사료의 품질이 유의적으로( $p < 0.05$ ) 향상된 것을 알 수 있었다.

본 논문은 어떻게 하면 새우 사료의 수중 안정성을 크게 증

**Table 2.** Feeding test<sup>1)</sup> of steamed shrimp feed with wheat gluten

Diet No.	Body weight (g) <sup>2)</sup>		Survival rate (%)	Weight Gain <sup>3)</sup> (%)	Feed intake <sup>4)</sup> (g)	FE <sup>5)</sup> (%)
	Initial	Final				
Diet 1 (No wheat gluten, No steaming)	1.81±0.56	4.55±1.20	75	151	21.4	12.8
Diet 2 (No wheat gluten, Steaming)	1.92±0.72	5.01±1.33	85	161	24.4	12.7
Diet 3 (Wheat gluten added, Steaming)	1.72±0.39	5.79±1.35	85	237*	24.3	16.7*

<sup>1)</sup>Juvenile *P. chinensis* was used to investigate effect of steamed artificial shrimp feed on growth of shrimp. Feeding test was done for 50 days.

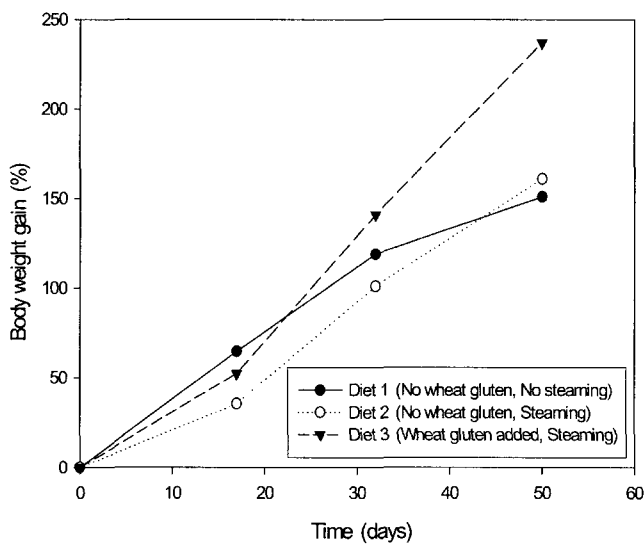
<sup>2)</sup>Data were presented as means±SD

<sup>3)</sup>% Weight gain (WG)=(Final body weight-Initial body weight/Initial body weight)×100

<sup>4)</sup>Feed intake: g dry diet/on prawn (for 50 days)

<sup>5)</sup>Feed efficiency, %=Weight gain (g)/Feed intake (g) as dry matter×100

\* $p<0.05$



**Fig. 4.** Weight gain of Shrimp, *P. chinensis* fed with steaming-treated shrimp feed containing wheat gluten for 50 days.

대시킬 수 있으나, 즉 새우 사료의 수중 안정성을 증대시키기 위한 방법을 고안하고자 실험하였다. 새우를 양식하는데 사용되는 사료의 종류는 곤쟁이, 잡새우, 바지락 등의 생사료, 잡어를 냉동시킨 냉동사료, 그리고 어분 등을 주체로 하여 부원료를 혼합하고 비타민과 미네랄을 보강한 인공 사료(배합 사료)로 크게 3가지로 분류할 수 있다. 생사료와 냉동사료는 천연사료라고도 하며 기호도가 좋고 화학적 산소 요구량,  $H_2S$ , 암모니아 태 질소 등이 적어 양식장을 덜 오염시키는 반면 비타민 등의 영양소가 결핍되어 있고 수송 및 저장에 문제가 많다. 게다가 근래에는 인근 해역의 수산 자원이 고갈되어 감에 따라 포획이 점차 힘들어지며 가격 또한 계속 상승되고 있다. 이런 단점을 보완하여 개발된 것이 배합 사료인데, 새우 양식용 배합 사료(새우 사료)가 갖추어야 할 요건으로 첫째로, 영양이 풍부해야 하고 균형이 맞아야 하며 둘째로, 수중에서 수용성 영양 성분이 유출되거나 사료가 부풀거나 붕괴되지 말아야 하며 셋째로, 새우가 먹기 좋도록 적당한 크기를 갖추어야 하며 새우의 주 서식지인 양식장 바닥에 사료가 가라앉도록 하여야 한다 등을 들 수가 있다(Kim, 1993). 이 들 3가지 요건을 전부 갖추는 것

이 중요하지만 새우 양식은 어류 양식과는 달리 수조를 사용하기 보다는 바닷가에 연하여 제방으로 구획한 다음 조방 내지는 준조방 양식의 형태를 취하여 행해지고, 사료 역시 넓은 면적에 살포되고, 살포되는 즉시 새우가 즉시 섭취하지 못하므로 얼마간 양식장 바닥에 머무르게 되고 또한 새우는 어류와는 달리 바로 사료를 받아먹는 습성이 아니고 바닥으로 떨어진 사료를 찾아서 발로 잡고 갇아 먹는 습성이므로 새우 사료가 가져야 할 가장 중요한 성질은 영양 성분도 중요하지만 양어 사료와는 달리 물에서 오랜 기간 풀어지지 않고 사료의 형태를 유지하는 것이다. 본 논문은 새우 사료의 수중 안정성을 어떻게 하면 증대시킬 수 있는가를 실험한 것으로서, 보통의 양어 사료용 결합제(binder)를 가지고 새우 사료를 제조해도 전혀 만족할 만한 수중 안정성을 나타내지 못하였다. 실험자가 실험해 본 결합제의 종류를 들어 간단하게 나열해 보면 다음과 같았다(unpublished data). 감자 전분을 결합제로 사용하여 10% 첨가하였을 때 수중에서 2시간이 지나도록 수중 안정성 수치가 2를 나타내어 상당한 수중 안정성을 가질 수 있었으나, 글루텐 첨가 및 스팀 처리 사료와는 달리 사료가 부풀고, 전분 물질로 추측되는 물질이 사료 표면에서부터 분산되어 나오면서 물을 금방 오염시켰으며, 4시간이 지나면 수중 안정성 수치가 3을 넘어 이미 먹을 수 없을 정도로 사료가 붕괴되었다. 옥수수 전분을 결합제로 사용하였을 경우는 감자 전분보다 해체 정도가 심하여 1시간이 지나 수중 안정성 수치가 3을 넘어 새우가 먹을 수 없을 정도로 풀어졌으며, 점성 물질이 분산되는 등 풀어지는 양상은 감자 전분과 유사하였다. 뱀장어 사료의 결합제로 가장 많이 사용되는  $\alpha$ -전분을 사용하여 새우 사료를 제조하였을 경우는 이미 결합력이 있는  $\alpha$ -전분이 extruder 내에서 사슬이 끊어지고 풀어진 탓인지 감자 전분이나 옥수수 전분보다 더 못하여 10분도 경과하지 않아 사료가 완전히 풀어져 사료의 형태를 전혀 찾아볼 수가 없었다(수중 안정성 수치 4). 전분 계열의 결합제 외에도 다양하게 사용되고 있는 결합제(Davidson, et al., 1968) 중에서 Na-alginate나 Na-polyacrylate, carboxymethyl cellulose (CMC), chitosan, casein, Na-hexametaphosphate, bentonite, sodium ligninsulfonate 등에 대하여 결합 효과 및 해수 안정성 실험을 해 보았으나 한결 같이 물에 넣은 지 1시간도 채 안되

어 수중 안정성 수치가 2를 넘어 3과 4정도에 도달하였으며 2 시간이 지나면 사료가 완전히 풀어져 형태를 알아볼 수 없는 정도까지 도달하였다. 흔히 양어 사료의 결착제로 사용되는 원료는 새우 사료에서는 전혀 그 효과를 발휘하지 못하였다. 그러나 삶기 전 칼국수의 면은 물에서 풀어나 삶고 난 후에는 긴 시간이 지나도 칼국수가 물에 풀어지지 않는다는 현상에 착안하여 본 실험을 구상하게 되었다. 삶는 대신 사료가 수분을 갖고 있는 상태에서 스팀으로 쪄서 열처리하기로 하고, 국수와 똑같은 효과를 내기 위해서 소맥글루텐을 일정량 첨가하여 새우 사료를 제조하였다. 즉 수중 안정성이 뒤떨어지는 기존의 사료 조성에 소맥글루텐을 첨가하여 사료를 제조한 후 5분간 스팀 처리를 한 결과, Fig. 1에서 보는 바와 같이 48시간이 지나도록 물에 풀어지지 않는 사료를 제조할 수 있었다(gluten and steaming effect). 또한 소맥글루텐을 첨가하지 않고 비교 시험 사료를 제조한 후 단순히 스팀 처리만 해도 48시간이 지난 이후의 수중 안정성이 2인 매우 우수한 사료를 제조할 수 있었다(steaming effect). 본 실험에 결과로서 나타내지는 않았지만 소맥글루텐을 첨가하였으나 스팀 처리를 하지 않은 사료는 비교 시험 사료인 diet 1과 매우 똑같은 수중 안정성 수치를 나타내어 전혀 수중 안정성이 개선되지 않았음을 알 수 있었다. 이로 볼 때 소맥글루텐은 단독으로는 수중 안정성 개선 효과가 없으며 반드시 후 공정으로 스팀 처리 공정이 동반될 때 매우 우수한 결착 효과를 나타낼 수가 있었다. 이로 볼 때 스팀 효과(steaming effect)에 비해 글루텐 효과(gluten effect)는 거의 없는 것으로 판단되었으며 반드시 글루텐 첨가 및 스팀 처리가 동시에 일어날 때 우수한 수중 안정성 개선 효과를 나타내었다(gluten and steaming effect). 그러나 사료의 스팀 처리로 인해 일어날 영양 성분의 소실이 대하 사육에 나쁜 영향을 끼치지 않는지 실험한 결과 나쁜 영향보다는 사료의 수중 안정성이 개선되어 사료 전환 효율이 30% 가량 향상되었음을 알 수 있었고, 증중율도 비교 시험 사료보다 56% 가량 향상되는 것을 알 수 있었다. 이는 수중에서 사료가 허실이 없고, 설사 새우가 사료를 다 먹지 않고 남았더라도 다음번 급이 시각까지는 사료를 다 먹어버린 때문으로 해석되며 실제로도 급이 시험에서 그런 현상을 관찰할 수 있었다. 이로 인해 증중율과 사료 전환 효율이 증가되었다고 생각하며 결과상으로도 유의적으로 차이가 남을 알 수 있었으나, 사육 시험이 단 1회로 그친 점은 아쉬운 부분이다. 그러나 적어도 스팀 처리로 인해 사료의 영양 성분이 심하게 파괴되어 새우의 성장에 나쁜 영향을 끼치지 않는다는 것이 간접적으로 확인된 듯하다.

따라서 본 실험의 결과를 통하여 일반 양어 사료와는 달리 새우 사료의 수중 안정성을 개선하기 위해선 글루텐 첨가 및 스팀 처리가 매우 효과적인 것으로 나타났으며, 비록 영양 성분의 파괴나 소실 유무까지 실험되지는 않았지만 적어도 성장 저해를 일으킬 만한 요소는 없었으며, 오히려 증중율과 사료 전환 효율이 유의적으로 개선됨을 알 수 있었다. 결과로 나타나

지는 않았지만 여러 종류의 결착제를 가지고 실험 한 결과 글루텐 첨가와 스팀 처리가 가장 효과적이었으며, 현재까지 실험한 결과로는 새우 사료의 수중 안정성을 증대시킬 수 있는 유일한 방법이라 생각한다.

## 요 약

본 연구는 새우 사료의 수중 안정성을 증대시키기 위하여 실시되었다. 스팀처리도 하지 않고 글루텐도 함유하지 않은 비교 시험 사료와 스팀 처리만 한 사료 그리고 소맥글루텐을 첨가하고 압출 성형한 후 스팀 처리한 사료, 세 가지 종류의 새우 사료를 제조하였다. 소맥글루텐을 새우사료에 4% (w/w) 가량 첨가하고 압출 성형한 다음 5분간 스팀 처리를 한 사료는 48시간이 지난 수중 안정성이 1로서, 소맥글루텐을 첨가하지 않고 스팀 처리도 하지 않은 비교 시험 사료의 4에 비해 수중 안정성이 크게 증가하였다. 또한 대하 사육 시험에서도 체중 증가율과 사료 효율이 각각 237%, 16.7%로서 비교 시험 사료의 151%, 12.8%보다 그 수치가 크게 증가하였다. 소맥글루텐의 첨가량과 스팀 처리 시간을 변화시켜 본 결과 소맥글루텐 첨가량을 4~8% (w/w), 스팀 처리시간은 5~10분으로 하는 것이 새우사료의 수중 안정성 개선에 적당한 것으로 나타났다.

## 참고문헌

- AOAC, 1995. Official methods of analysis, 16th Ed., Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA.
- Davidson, R. L. and M. Sittig, 1968. Water soluble resins. London Reinhold Co., 2nd ed., 232 pp.
- Deshimaru, O. and Y. Yone, 1978. Optimum level of dietary protein for prawn. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., **44**(12): 1395-1397.
- Forster, J. R. M., 1972. Some methods of binding prawn diets and their effects on growth and assimilation. J. Cons. int. Explor. Mer., **34**(2): 200-216.
- Hastings, W. H., 1964. Fish feed processing research. Feedstuffs, **36**(21): 13-14.
- Hepher, B., 1969. A modification of Hastings' method for the determination of water stability of fish-feed pellets. EIPAC Tech. Pap., **9**: 48-54.
- Kanazawa, A., S. Tanaka, S. Teshima, and K. Kashiwada, 1971. Nutritional requirements of prawn-II. Requirements for sterols. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., **37**(3): 211-215.
- Kanazawa, A. and S. Teshima, 1981. Essential amino acids of the prawn. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., **47**(10): 1335-1337.
- Kanazawa, A., S. Teshima, S. Sasada and S. Abdel-Rahman, 1982. Culture of the prawn larvae with micro-particulate diets. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., **48**(2): 195-199.
- Kim, J. S., 1993. Aquaculture of shrimp - trends in feed supply and demand. Aquaculture, **5**: 83-88 (in Korean).
- Kim, J. S., 1996. Artificial shrimp feed and its preparation method. Korean Patent 0010340 (in Korean).

- Kim, J. S., 1998. Studies on the development of artificial feed for cultivation of *Penaeus chinensis*. Mem. Fac. Youngdong Univ., **4**: 33-48 (in Korean).
- Liu, R., 1983. Shrimp mariculture studies in China. (in) Proc. 1st Intl. Conf. Warm Water Aquacul.-Crustacea, pp. 82-90.
- SAS Institute, 1992. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Inc., Cary, NC, USA.
- Teshima, S., A. Kanazawa and Y. Kakuta, 1986a. Effects of dietary phospholipids on growth and body composition of the juvenile prawn. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., **52**(1): 155-158.
- Teshima S., A. Kanazawa and H. Sasada, 1983. Nutritional value of dietary cholesterol and other sterols to larval prawn, *Penaeus japonicus* bate. Aquaculture., **31**: 159-167.
- Teshima, S., A. Kanazawa, H. Sasada and M. Kawasaki, 1982. Requirements of the larval prawn, *Penaeus japonicus*, for cholesterol and soybean phospholipids. Mem. Fac. Kagoshima Univ., **31**: 193-199.
- Teshima, S., A. Kanazawa and Y. Kakuda, 1986b. Effects of dietary phospholipids on lipid transport in the juvenile prawn. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., **52**(1): 159-163.

---

원고접수 : 2004년 5월 25일

수정본 수리 : 2004년 10월 21일

책임편집위원: 이경준