

까나리 액젓 부산물과 건조 비지를 첨가한 압출성형물의 제조

한규홍 · 김병용* · 이재권¹

경희대학교 생명과학부 식품공학과, ¹경기대학교 식품생물공학과

Production of Extrudates Formulated from Pacific Sand Lance Sauce By-Product and Dried Biji

Gyu-Hong Han, Byung-Yong Kim* and Jae-Kwon Lee¹

Department of Food Science and Technology, KyungHee University

¹Department of Foods and Biotechnology, Kyonggi University

This study was conducted to enhance the protein quality of wheat flour extrudates with the addition of fish sauce by-products and dried biji. The experimental design was used to determine the optimum ratio of each ingredient. The compositional and functional properties of test extrudate were measured, and these values were applied to the mathematical models. A canonical form and trace plot showed that the influence of each ingredient on the mixture final product. Protein content of extrudate was increased by the addition of the dried biji, and bending failure stress of extrudate became hardened due to interaction effects between dried biji and pacific sand lance sauce by-product. Also, the addition of dried biji decreased ash and salt contents. An optimum formulation was obtained as 15.83 : 44.17 : 40% with numerical and 15.74 : 44.26 : 26.40% with graphical method (pacific sand lance sauce by-product : dried biji : wheat flour). Based on the growth performance, feed conversion efficiency was slightly lower than control group, but the protein content in feed extrudate increased to a large extent compared to that mixed with wet biji.

Key words: fish sauce by-product, biji, mixture design, optimization, extrusion

서 론

액젓은 어패류를 주원료로 하여 이에 식염을 가하고 발효, 숙성, 압착을 거쳐 만들어진 우리나라 전통 수산발효식품으로 김치를 비롯한 여러 식품의 조미재료로 이용되고 있다. 특히 까나리 액젓은 까나리의 강한 풍미와 감칠맛으로 인하여 최근 들어 멸치액젓을 대용하여 김치의 부원료로 그 수요가 증가하고 있다. 하지만 까나리 액젓 제조과정에서 남겨지는 부산물은 높은 염도로 인하여 비료나 사료 등으로 활용되지 못하고 폐기되어 환경오염과 같은 문제를 낳고 있다. 이에 부산물에 대한 많은 연구가 필요하지만 액젓에 관한 연구로는 숙성에 따른 성분변화⁽¹⁾, 품질에 대한 연구⁽²⁾ 정도가 있고 부산물 이용성에 대해서는 부산물의 미생물 배지화 등⁽³⁾이 있으나 극히 연구가 적은 실정이다. 액젓 부산물을 이용하고자 할 때 가장 문제가 되는 것은 높은 염도와 자가소화

및 미생물에 의한 단백질 함량의 저하이다. 비록 많은 무기물이나 회분 등의 영양 성분이 남아 있지만, 사료나 중간식품소재로 사용하려면 단백질의 보강이 필수적인 조건으로 작용한다.

단백질 보강원으로 이용될 수 있는 비지는 두부 혹은 두유를 제조하는 과정에서 대량으로 얻어지는 부산물이긴 하나 건물기준으로 단백질의 양이 약 24~30% 정도 함유하고 있어 단백질 보강 재원으로서 활용할 수 있는 가치가 있다. 그러나 수분을 70% 이상 가지고 있는 비지는 일부 동물용 사료로 이용되고 있을 뿐 대부분 산패나 미생물의 번식으로 부패되어 폐기처분되고 있다. 이에 선행된 연구로 Chung 등⁽⁴⁾은 압착여과와 열풍건조를 통하여 비지의 저장성을 높여서 식품으로서의 이용가능성을 제시하였고, Kim 등⁽⁵⁾은 acetone과 ethanol과 같은 용매로 비지를 건조하여 물리적 성질을 관찰하였다. 특히 건조방법에 따른 품질변화를 보았을 때 열풍건조가 일반 천일이나 송풍 및 온풍건조에 비해 건조시간이 짧고 건조 과정 중의 품질변화를 최소화시킬 수 있다고 하였다⁽⁶⁾. 이러한 건조 비지는 결국 저장성 증대와 더불어 여러 가지 식품과 사료에 적용이 가능함을 보여주어 있다.

따라서 본 연구에서는 까나리 액젓 부산물을 이용하기 위해 단백질 효율이 뛰어난 열풍건조 비지와 혼합하여 최적의

*Corresponding author : Byung-Yong Kim, Department of Food Science and Technology, Kyung Hee University, Yongin, 449-701, Korea
Tel: 82-31-201-2627
Fax: 82-31-202-0540
E-mail: bykim@khu.ac.kr

압출성형물을 제조하고 동물실험을 통한 활용가능성에 대하여 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

재료

까나리 액젓 부산물(수분 40.17%, 조단백질 5.20%, 조지방 17.51%, 조회분 21.24%)은 충남 홍성에 위치한 대원수산에서 수집한 즉시 -20°C에 저장하면서 사용하였고, 비지는 Chung 등⁷⁾의 방법에 의하여 두부를 제조하고 남은 부산물을 75°C의 온도에서 열풍건조기(HK-D0135F, Hankook Engr. Co., Korea)를 이용하여 건조⁶⁾하였다. 이 때의 건조 비지는 수분 2.32%, 조단백질 34.5%, 조지방 16.17%, 조회분 0.62%를 함유하였고, 이들 부산물과 중력 밀가루(대한제분)를 혼합 반죽한 다음 압출성형을 하였다.

압출성형조건

본 연구에 이용한 압출성형 장치는 동방향 쌍축압출성형기(model THK 31T, 백상기계, 한국)로서 스크류는 완전 맞물림형이다(스크류 직경; 31.0 mm, 사출구 직경; 4.0 mm, 모터 용량; 7.5 HP). 원료 투입 속도는 0.075 kg/min로 유지하였고, 계량부위의 온도는 125°C(barrel temp.), 스크류 회전속도는 250 rpm에서 실험영역을 설계하였다. 제조된 압출성형물은 수분함량이 10% 이하가 되도록 건조하였다.

절단파손강도(bending failure stress) 및 색도 측정

압출성형물의 절단파손강도는 Rheometer(Sun Co., CD-200D, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 원통형의 압출성형물 20개를 6 cm로 절단한 후 각각의 시료의 직경을 측정하고, 150 mm/min의 cross-head speed를 이용하여 절단파손강도를 측정하였다. 압출성형물의 색도 측정은 Warring blender(Dynamic Corp., Hartford, USA)로 25 mesh 이하 30 mesh 이상의 가루로 분쇄한 후, 색차계(Color Techno System Corp., JC801, Tokyo, Japan)를 이용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness)값을 10회 측정된 뒤 평균값을 나타내었다.

일반성분

압출성형물의 일반성분은 AOAC⁸⁾의 방법에 따라 조단백질은 micro-kjeldahl 법, 조지방은 soxhlet 법, 조회분은 건식 회화법으로 측정하였다. Salt 함량은 Mohr 법으로부터 계산하여 정량하였다.

실험 디자인 및 통계적 모델링

모든 실험의 design, data 분석 및 최적화는 Design Expert 6(Stat-Easy Co., Minneapolis)를 이용하였고, constraint의 값으로는 까나리 액젓 부산물-건조 비지-밀가루 혼합물의 절단파손강도, 일반성분, 염도 및 색도를 정하였다. 총 100%의 혼합반죽 내에서 modified distance design⁹⁾을 위한 까나리액젓 부산물, 건조 비지, 밀가루의 최소 및 최대 비율은 10~30%, 30~50%, 40~60%로 정하였고, 실험점은 Fig. 1과 같다. 설정된 혼합디자인 속에서 성분들 간의 상호작용을 알아보기 위해서 quadratic design model을 적용하였다. Regression

model을 나타내는 coefficient 값들은 Scheffe의 polynomial form¹⁰⁾에 근거를 두고 계산되어졌고, linear와 canonical 형태의 quadratic model은 modified least square regression에 의해 만들어졌다. 이때 full quadratic model은 stepwise regression방법($\alpha = 0.1$)으로 data 선택의 폭을 넓혔으며, 그 model과 coefficient 값들은 F-test와 lack of fit test로 그 유의성을 검증하였다. 각 모형에 따른 성분들의 반응을 보기 위하여 trace plot¹¹⁾을 이용하였다.

최적 성분비

Canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 혼합물 성분의 모형적 최적화(graphical optimization)를 통하여 성분비를 선정하였고, 그 때의 점을 예측하였다. 수치 최적화는 canonical 모형을 근간으로 하는 모델의 계수에 각 반응에 대한 목표 범위(goal area)를 설정하고 다음 식에 의하여 구하였다.

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_n)^{\frac{1}{n}} = \left(\prod_{i=1}^n d_i \right)^{\frac{1}{n}}$$

여기서 D는 overall desirability¹²⁾, d는 각각의 desirability, n은 response의 수이다.

모형적 최적화는 각 반응에 대한 최소 혹은 최대 제한점을 결정하여 입력하였을 때 가능한 범위에서 그래프가 중첩되는 부분으로 구하였다.

사육실험

실험동물은 체중이 100~130 g 정도 되는 생후 21일된 Sprague-Dawley(SD)계 숫쥐를 한림 실험동물 연구소로부터 공급받아 1주일 동안 일정조건하에서 고품사료로 적응시킨 후, 대조군(삼양유지사료)과 실험군(최적화 시킨 압출성형물)의 2군으로 한 군당 8 또는 10마리씩 완전 임의 배치하여 4주간 사육하였다. 사육실은 온도 24±2°C, 습도 55~60%를 항상 유지하도록 하였으며, 12시간 주기의 명암(조명 6:00 a.m.~6:00 p.m.)으로 조절하였고, 사료와 물은 자유로이 먹도록 하였다. 사료섭취량 체중증가는 주 1회씩 일정한 시간에 측정하였다.

결과 및 고찰

실험점과 압출성형물(design point and extrudate)

각 성분의 제한범위를 0.1≤까나리 액젓 부산물≤0.3, 0.3≤건조 비지≤0.5, 0.4≤밀가루≤0.6으로 설정하여 modified distance design에 적용하였을 때 설정된 혼합물내의 실험 점들은 Fig. 1에 나타내었다. 처음 삼각형의 꼭지점을 시작하여 축과 중심으로 10개의 실험 점이 형성되었으며, lack of fit의 계산을 위한 4개의 반복점이 설정되었다(Table 1). 여기서 Pseudo-component는 실제 성분의 조합으로 정의되는데, 실험 디자인의 구조와 모델의 적합성을 쉽게 보여주기 위해 나타낸 것이다¹⁰⁾.

설정된 배합비에 따른 원료반죽의 각 수분의 함량은 10.23~

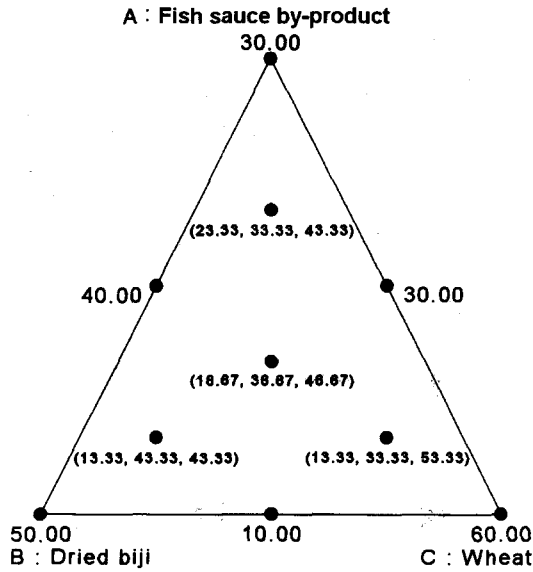


Fig. 1. Plot of a modified distance design in the mixture region.

17.43%의 범위를 보였고, 이러한 원료반죽을 압출 성형하여 4개의 반복을 제외한 10개의 압출 성형물은 Fig. 2에서 보여 주고 있다. 전체적으로 성형물의 색과 팽화정도가 불규칙하게 나타났는데, 까나리 액젓 부산물이 증가할수록 색은 어두워졌고, 팽화는 낮게 일어났다. 보통 압출 성형물의 팽하기

작은 전분질 원료를 고온, 고압하에서 처리할 때 일어나는데⁽¹³⁾, 온도와 screw 속도를 고정한 본 연구에서 팽화가 작게 일어난 것은 원료반죽의 수분함량 차이 때문이라고 사료된다⁽¹⁴⁾.

압출성형물의 절단파손강도 및 일반성분, 색도는 Table 2에 나타내었다. 혼합비에 따라 절단파손강도의 경우 412.74~2018.43 kPa의 범위를 나타내었고, 일반성분의 경우 단백질 18.49~27.56%, 지방 3.54~8.69%, 회분 3.28~8.73%의 범위를 보여주었다. 염분은 액젓 부산물이 가지는 고염 특성으로 인하여 반응(response)으로 설정하였는데 까나리 액젓 부산물이 10%이었을 때 0.07%이었고, 최대함유량인 30%에서 1.12%로 나타났다. 색도에 있어서는 L값(56.56~65.49)을 제외하고 혼합비에 따른 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

통계적 모델링 및 분석(statistical modeling and analysis)

혼합물 내에서 각 성분이 미치는 영향을 알아보기 위해서는 성분별에 대한 수학적 접근뿐만 아니라 통계적 모델링의 수립과 모델에 대한 분석 및 평가가 필요하다⁽¹⁵⁾. 이에 설정된 반응별로 모델링화를 하였고, 분석은 모델에 대한 F-test와 lack of fit test를 통하여 유의성 검사를 하여 나타내었다 (Table 3). 또한 trace plot을 이용하여 일정한 비율에서 다른 요소들이 고정되는 동안 각 혼합물 성분변화에 따른 영향을 가시화 하였다(Figs. 3-6).

절단파손강도와 단백질의 경우 모두 quadratic model (p<0.05)이 선택되었고, 순수오차와 잉여오차의 비교에 의한

Table 1. Level and composition of modified distance design for the formulation of extrudate

Run	Pseudo component ¹⁾			Fish sauce by-product (%)	Dried biji (%)	Wheat (%)	Mixture moisture (%)
	A	B	C				
1	0.000	1.000	0.000	10.00	50.00	40.00	10.23
2	0.500	0.500	0.000	20.00	40.00	40.00	13.83
3	0.167	0.167	0.667	13.33	33.33	53.33	12.25
4	0.333	0.333	0.333	16.67	36.67	46.67	13.04
5	0.000	0.500	0.500	10.00	40.00	50.00	10.84
6	0.000	0.000	1.000	10.00	30.00	60.00	11.46
7	0.667	0.167	0.167	23.33	33.33	43.33	15.23
8	1.000	0.000	0.000	30.00	30.00	40.00	17.43
9	0.500	0.000	0.500	20.00	30.00	50.00	14.44
10	0.167	0.667	0.167	13.33	43.33	43.33	11.63
11	0.500	0.000	0.500	20.00	30.00	50.00	14.44
12	0.000	0.000	1.000	10.00	30.00	60.00	11.46
13	0.000	1.000	0.000	10.00	50.00	40.00	10.23
14	1.000	0.000	0.000	30.00	30.00	40.00	17.43

Low and high limitation of each component

	Fish sauce by-product	Dried biji	Wheat
Low limit	0.1	0.3	0.4
High limit	0.3	0.5	0.6

¹⁾Pseudo components: $x_i = \frac{(x_i - l_i)}{1 - \sum_{j=0}^p l_j}$, $x_1 + x_2 + \dots + x_p = 1$

A, fish sauce by-product; B, dried biji; C, wheat.

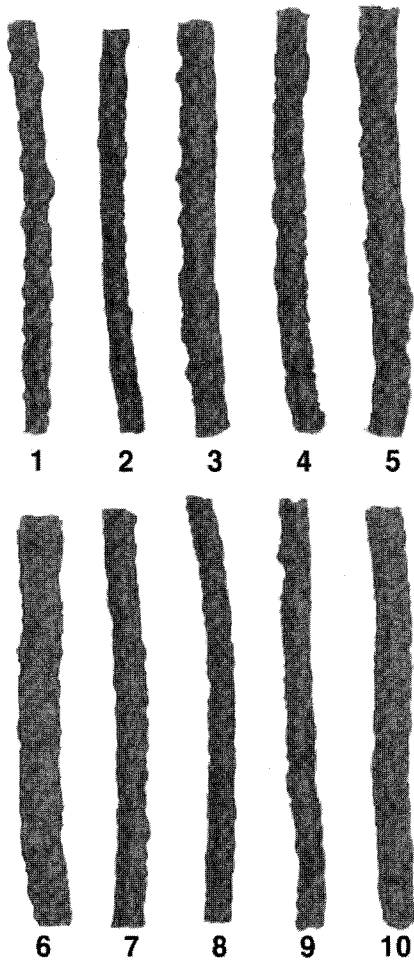


Fig. 2. Photograph of extruded fish sauce by-product, dried biji and wheat obtained by modified distance design.
These numbers refer to the same number on Table 1.

lack of fit test 역시 낮은 probability($p < 0.0001$)를 가져 모델에 대한 적합성을 확인하였다. Canonical식에서 나타난 계수들과 trace plot에서 보여지는 기울기는 성분들이 각 반응에 미치는 영향을 보여주고 있는데, 건조 비지(B-B선)의 함유량이 증가할수록 압출성형물의 단백질을 증가시키고, 까나리 액젓 부산물(A-A선)이 증가할수록 절단파손강도를 강하게 할 수 있었다(Fig. 3). 특히 절단파손강도에서는 까나리 액젓 부산물이 건조 비지와 상호 작용을 일으키는 현상을 보여주었다. Yoon 등⁽¹⁶⁾은 mixture design에서 surimi와 전분간의 상호작용을 비선형 모델(nonlinear model)을 적용하여 나타내었는데 본 연구 역시 이와 같은 비선형 모델에 접근함으로써 상호작용 효과를 볼 수 있었다.

이와는 반대로 지방의 경우 성분들의 상호 작용 없이 까나리 액젓 부산물, 건조 비지, 밀가루가 각각 독립적으로 작용하였다(Fig. 4). 까나리 액젓 부산물(A-A선)과 건조 비지(B-B선)가 증가할수록 압출성형물의 지방을 증가시켰고, 밀가루의 함유량이 많아질수록 감소시키는 경향을 보였다. 이러한 성분들의 독립적인 작용은 Kim 등⁽¹⁶⁾이 제시한 울무국수내의 선형성과 동일하여 선형 모델(linear model)로 선택할 수 있었다.

회분과 염분에서는 생선 부산물이 가지고 있는 유용성분과 액젓 부산물의 고염 특성으로 인하여 까나리 액젓 부산물이 증가할수록 반응에 대한 증가가 현저하게 나타났고, 반대로 건조 비지와 밀가루의 첨가는 압출성형물의 회분과 염분을 감소시켰다. 이들 반응은 모두 quadratic model로 설정되었고, 검정을 통한 probability가 0.0019와 0.0152를 보여주어 5% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 하지만 절단파손강도와 같은 성분간의 상호 작용은 크지 않았다(Fig. 3).

압출성형물에서 혼합물의 성분이 L값에 미치는 영향을 살펴보면(Fig. 5) 까나리 액젓 부산물(A-A선)이 증가할수록 어

Table 2. Proximate compositions, hardness, and color of extrudate

Run	Bending failure stress (kPa)	Protein (%)	Lipid (%)	Ash (%)	Salt (%)	Color		
						L	a	b
1	1851.75 ± 13.31 ¹⁾	27.56	7.02	3.82	0.07	65.25	5.05	27.50
2	1361.16 ± 26.62	23.71	8.55	5.98	0.51	60.76	4.80	25.56
3	760.04 ± 16.23	22.56	8.18	4.37	0.28	62.86	4.73	25.02
4	1710.89 ± 19.09	22.94	4.80	5.17	0.45	61.88	4.70	25.40
5	1125.89 ± 16.45	24.34	4.28	3.89	0.14	65.00	4.99	26.96
6	412.74 ± 14.16	21.15	3.54	3.28	0.03	65.49	4.56	25.37
7	682.55 ± 15.34	21.38	8.63	7.05	0.80	56.56	4.96	25.75
8	1798.89 ± 17.47	18.49	8.69	8.73	1.12	59.16	4.70	24.61
9	2018.43 ± 21.55	21.03	5.68	6.06	0.56	61.31	4.74	25.13
10	862.37 ± 11.89	25.15	5.63	4.58	0.22	64.66	4.51	25.83
11	2018.43 ± 21.55	21.03	5.68	6.06	0.56	61.31	4.74	25.13
12	412.74 ± 14.16	21.15	3.54	3.28	0.03	65.49	4.56	25.37
13	1851.75 ± 13.31	27.56	7.02	3.82	0.07	65.25	5.05	27.50
14	1798.89 ± 17.47	18.49	8.69	8.73	1.12	59.16	4.70	24.61

L, lightness; a, redness; b, yellowness

¹⁾Values are mean ± S.D of 20 samples per each run number.

Table 3. Analysis of selected models and regression at polynomial equations for the eight responses

Response	Model	Prob>F	Lack of fit Prob>F	Equation in terms of pseudo component
Bending failure stress	Quadratic	0.0397	<0.0001	1719.08A + 1845.47B + 421.21C - 3122.27AB + 3133.23AC - 761.37BC
Protein	Quadratic	<0.0001	<0.0001	18.52A + 27.53B + 21.19C + 2.36AB + 4.78AC - 0.37BC
Lipid	Linear	0.0026	<0.0001	8.82A + 6.73B + 3.76C
Ash	Quadratic	<0.0001	<0.0001	8.75A + 3.82B + 3.27C - 1.22AB + 0.17AC + 1.19BC
Salt	Quadratic	<0.0001	<0.0001	1.13A - 0.067B + 0.035C - 0.26AB + 6.425E - 0.003AC + 0.43BC
Color	L(lightness)	Linear	0.0032	58.17A + 65.25B + 62.97C
	a(redness)	Linear	0.2585	4.71A + 4.95B + 4.75C
	b(yellowness)	Linear	<0.0001	24.59A + 27.26B + 25.48C

A, fish sauce by-product; B, dried biji; C, wheat.

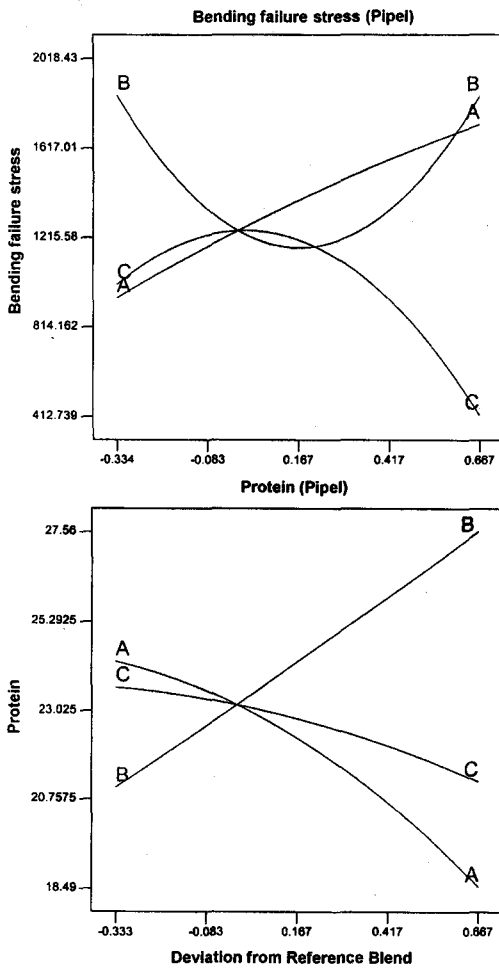


Fig. 3. Trace plot describing the effects of fish sauce by-product, dried biji and wheat on bending failure stress and protein.

A, fish sauce by-product; B, dried biji; C, wheat.

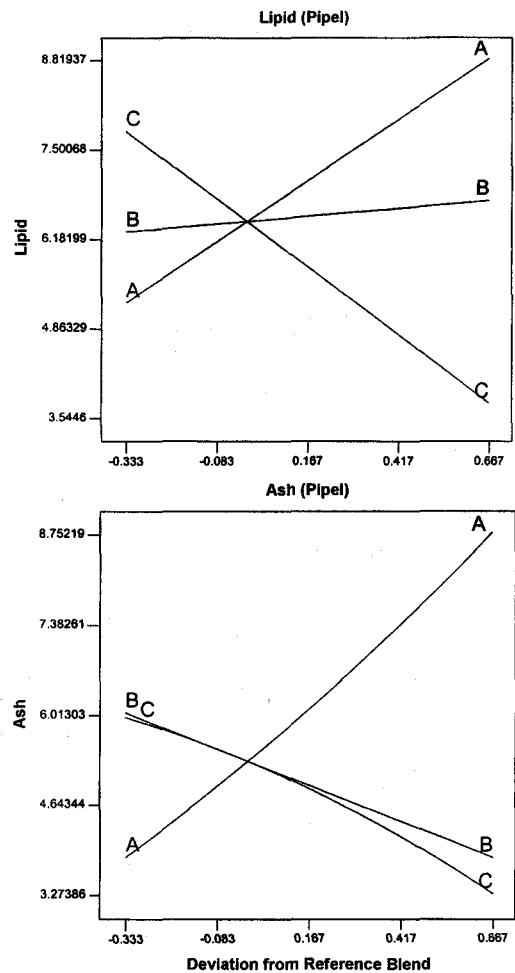


Fig. 4. Trace plot describing the effects of fish sauce by-product, dried biji and wheat on lipid and ash.

A, fish sauce by-product; B, dried biji; C, wheat.

두어졌고, 건조 비지(B-B선)와 밀가루(C-C선)는 L값을 높이는 데 기여하고 있다. a값과 b값은 유사하게 나타났는데, 건조 비지가 중요한 영향을 미치고, 밀가루와 까나리 액젓 부산물은 감소시키는 영향을 보여주고 있다(Fig. 6). 전체적으

로 linear model이 선택되어 각 성분들이 독립적으로 색도에 작용함을 알 수 있었으나 a*값은 probability 0.2585를 보여 모델에 대한 적합성이 결여되었다. 압출성형물에 있어 수분⁽¹⁷⁾과 온도⁽¹⁸⁾는 색도에 영향을 주는 일반적 요인으로 작용하지

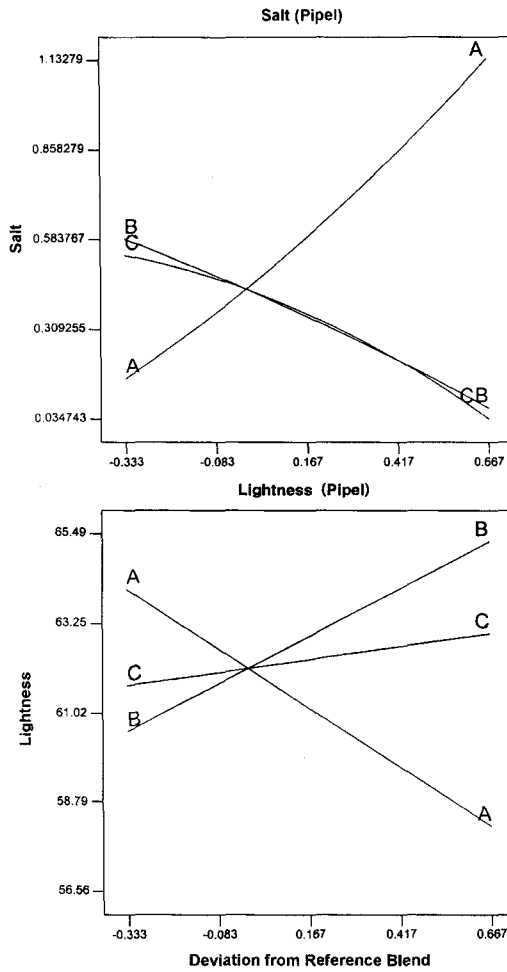


Fig. 5. Trace plot describing the effects of fish sauce by-product, dried biji and wheat on salt and L(lightness). A, fish sauce by-product; B, dried biji; C, wheat.

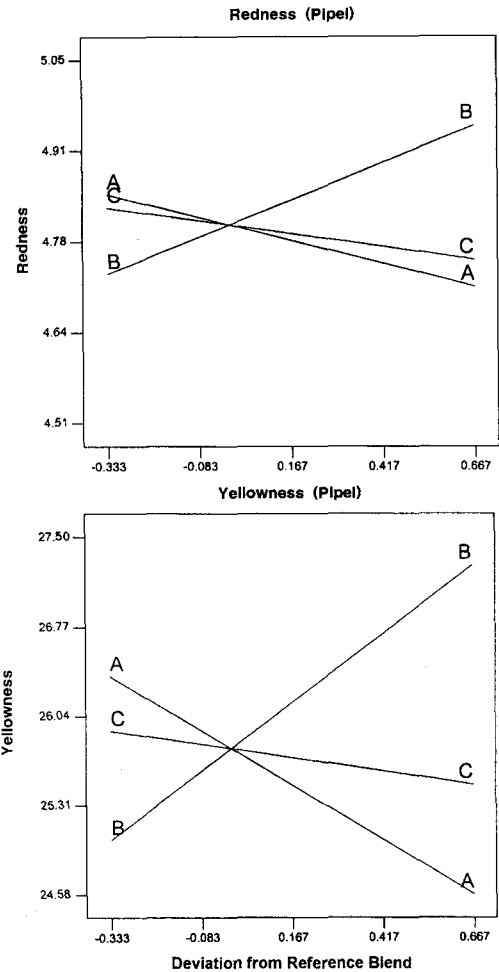


Fig. 6. Trace plot describing the effects of fish sauce by-product, dried biji and wheat on a(redness) and b(yellowness). A, pacific sand lance sauce by-product; B, dried biji; C, wheat.

만, 본 연구에서는 까나리 액젓 부산물의 강한 색으로 인하여 까나리 액젓 부산물의 성분 영향이 색도에 있어 가장 큰 원인으로 작용한 것으로 생각된다.

원료의 최적화(optimization of mixture)

본 실험의 최적화 접근은 Derringer와 Suich⁽¹²⁾를 근원으로 하여 발전시킨 방법을 사용하였다. 우선 canonical 계수를 이용하여 목적 성분을 까나리 액젓 부산물, 건조 비지, 밀가루로 정하고 원하고자 하는 반응을 단백질, 염분, 색도(L값)로 결정하였다. 그 다음 목적(goal) 범위로서 까나리 액젓 부산물의 함유량을 최대로 하고, 그 때의 염분은 최소(minimize), 단백질과 L값은 최대(maximize)로 하여 만족하는 수치 점(numerical point)을 예측하였다(Table 4). 예측된 값은 까나리 액젓 부산물이 15.83%, 건조 비지가 44.17%, 밀가루 40%이었고, 이 혼합비에 대한 예측 반응치는 단백질이 25.43%, 염분이 0.32%, L값이 62.88로 계산되어졌다. 이러한 canonical 최적화는 간단한 식으로 여러 변수들에 대한 이해를 늘리고, 복잡한 계 내에서 유용하게 사용할 수 있어⁽²⁰⁾ 성분들의 상호 작용에 영향을 보였던 본 실험에 적합하였다.

최적화 접근의 다른 방법으로 혼합물 성분의 모형을 이용

한 모형적 최적화(graphical optimization)는 Fig. 7에 나타내었다. 수치 최적화(numerical optimization)과 다른 점은 각 성분과 반응에 대한 모형을 이용하여 그래프의 중첩되는 범위를 나타내는데, 그 최적화 정도의 척도로 desirability를 사용한다. 최대의 desirability는 반복 연산도중에 계산되어, Fig. 7에서 보여지는 바와 같이 0.582의 값을 주어지게 된다. 즉 여러 결과들 사이에 최적화되어진 한 값에 수렴하였으며, 이때 결정된 성분비로서 까나리 액젓 부산물이 15.74%, 건조 비지가 44.26%, 밀가루 40%가 예측되었다(Table 4).

식이 섭취량, 증체량 및 식이효율(feed intake, weight gain and feed efficiency ratio)

최적화된 압출성형물을 이용하여 동물사료용으로서 접근하고자 식이섭취, 증체량 및 식이효율을 측정하여 Table 5에 나타내었다. 실험 개시 체중은 실험군 간에 유의차가 없었으나 4주간 섭취한 양을 비교하면 대조군(삼양유지사료)이 17.34 ± 1.76 g으로서 실험군(압출성형물)의 14.96 ± 1.67 g보다 유의적으로 높았으며(p<0.05), 증체량 역시 실험군이 높아 결국 식이효율에 있어 대조군에 비해 건조 비지를 첨가한 압출성형물이 낮게 나타났다. 하지만 선행된 연구에서 원료 비지를

Table 4. Optimum constraint values using two analytical methods

Constraints name	Goal	Numerical optimization solution	Graphical optimization solution
Fish sauce by-product	maximize	15.83	15.74
Dried biji	is in range	44.17	44.26
Wheat	is in range	40	40
Protein	maximize	25.43	25.42
Salt	minimize	0.32	0.32
L(lightness)	maximize	62.88	62.88

Table 5. Feed intake, weight gain and feed efficiency ratio of rat

	Control	Extrudate feed
Initial body weight (g)	129.23 ± 4.67 ^{1)a}	129.44 ± 4.08 ^a
Final body weight (g)	296.92 ± 22.84 ^a	237.33 ± 14.59 ^b
Feed intake(g/day) ²⁾	17.34 ± 1.76 ^a	14.96 ± 1.67 ^b
Weight gain(g/week) ³⁾	41.92 ± 4.62 ^a	26.97 ± 5.81 ^b
Feed efficiency ratio	0.35 ± 0.05 ^a	0.26 ± 0.04 ^b

¹⁾Values are mean ± S.D of 10 rats per each group.

²⁾Feed intakes based on measurement, restricted intakes based on feed dispensed.

³⁾Difference between weights at the start and at the end of experiment.

요 약

까나리 액젓 부산물을 이용하고자 단백질 효율이 뛰어난 건조 비지를 혼합하여 압출성형을 하였고, 통계적 모델링과 분석을 통하여 혼합비에 따른 압출성형물의 최적화를 이루었다. 수학적인 모델과 trace plot을 이용하였을 때 건조 비지는 압출성형물의 단백질을 증가시키고, 까나리 액젓 부산물과 상호작용을 일으켜 절단파손강도를 강하게 할 수 있었다. 하지만 압출성형물내에 건조 비지가 증가함에 따라 회분과 염도는 감소하였고, 각각의 성분이 독립적으로 작용한 지방과 색도는 증가시키는 경향을 보였다. 건조 비지를 첨가한 최적의 압출성형물을 결정하기 위해 각 반응의 canonical 계수를 이용하여 수적 최적화를 한 결과 까나리 액젓 부산물 15.83%, 건조 비지 44.17%, 밀가루 40%로 나타났고, 혼합물 성분 모형을 중첩시킨 모형적 최적화에서는 까나리 액젓 부산물 15.74%, 건조 비지 44.26%, 밀가루 40%로 나타났다. 최적화된 압출성형물을 제조하여 동물실험을 하였을 때 건조 비지를 첨가한 압출성형물이 대조군과 비교하여 낮은 식이효율을 보였으나 단백질 함량의 증가가 식이효율에 주요하게 작용하여 대조군과의 차이를 줄이는 것으로 나타났다.

감사의 글

이 논문은 2000년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2000-041-G00088).

문 헌

1. Cho, Y.J., Im, Y.S., Lee, K.W., Kim, G.B. and Choi, Y.J. Changes of components in salt-fermented northern sand lance, *Ammodytes personatus* sauce during fermentation. J. Korean Fish. Soc. 32: 693-698 (1999)
2. Cho, Y.J., Im, Y.S., Lee, K.W., Kim, G.B. and Choi, Y.J. Quality investigation of commercial northern sand lance, *Ammodytes personatus* sauces. J. Korean Fish. Soc. 32: 612-617 (1999)
3. Won, H.J., Hahm, Y.T., Kim, H.K. and Kim, B.Y. Studies on the production of microbial culture medium by using by-product of salt-fermented kanary. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 43: 202-206 (2000)
4. Chung, S.S., Chang, H.N. and Park M.Y. Dehydration of soybean residue by hot-air in conjunction with filter pressing. Korean J. Food Sci. Technol. 10: 1-7 (1978)
5. Kim, W.J., Kim, D.H. and Oh, H.I. Effect of solvents washing on chemical and physical properties of dried soymilk residue. Korean J. Food Sci. Technol. 16: 261-266 (1984)
6. Kim, D.S., Seol, M.H. and Kim, H.D. Changes in quality of soybean curd residue as affected by different drying methods. J. Korean Soc. Food Nutr. 25: 453-459 (1996)
7. Chun, K.H., Kim, B.Y., Son, T.I. and Hahm, Y.T. The extension of tofu shelf-life with water-woluble degraded chitosan as immersion solution. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 476-481 (1997)
8. AOAC. Official Method of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1990)
9. Snee, R.D. Experimental designs for mixture systems with multi-component constraints. Comm. Statist. Theory Methods 8: 337-338 (1979)
10. Cornell, J.A. Experiments with Mixtures: Design, Models & the Analysis of Mixture Data, 2nd ed. John Wiley & Sons, New

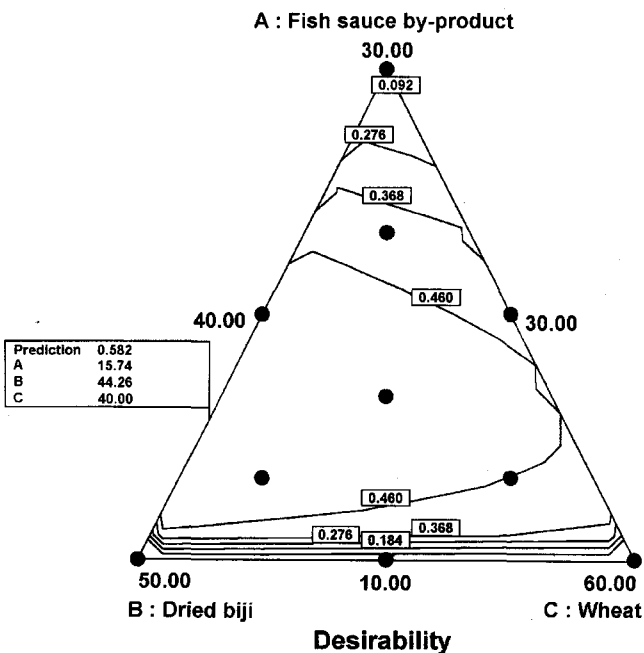


Fig. 7. Contour plot of desirability of the optimum result.

첨가한 최적의 압출성형물이 대조군의 절반정도 식이효율(0.11 ± 0.0007)을 보인데 비해 비지를 건조하여 첨가한 본 연구의 경우 0.26 ± 0.004의 식이효율을 가짐으로서 비지의 건조를 통한 단백질 함량의 증가가 중요했음을 알 수 있었다. 그러나 아직까지 대조군과의 차이를 보이고 있어 다른 원료를 대체하여 연구가 계속 이루어져야 할 것으로 사료된다.

York, USA (1990)

11. Raymond, H.M. Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments. John Wiley & Sons, New York, USA (1995)
12. Derringer, G. and Suich, R. Simultaneous optimization of several response variables. *J. Quality Technol.* 12: 214-219 (1980)
13. Chinnaswamy, R. and Hanna, M.A. Relationship between amylose content and extrusion-expansion properties of corn starches. *Cereal Chem.* 65(2): 138-143 (1989)
14. Gomez, M.H. and Aguilera, J.M. A physicochemical model for extrusion of corn starch. *J. Food Sci.* 49: 40-43 (1984)
15. Yoon, W.B., Kim, B.Y. and Hahm, Y.T. Study upon the rheological properties and optimization of tofu bean products. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 40: 225-231 (1997)
16. Yoon, W.B., Park J.W. and Kim, B.Y. Surimi-starch interactions based on mixture design and regression models. *J. Food Sci.* 62: 555-560 (1997)
17. Kim, S.S., Kim, B.Y., Hahm, Y.T. and Shin, D.H. Least cost and optimum mixing programming by yulmu mixture noddle. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 385-390 (1999)
18. Phillips, R.D., Chhinnan, M.S. and Kennedy, M.B. Effect of feed moisture and barrel temperature on physical properties of extruded cowpea meal. *J. Food. Sci.* 49: 916-921 (1984)
19. Ko, J.K. and Ha, J.K. Effect of extrusion on the physical properties and nutritional value of raw soybean. *Korean J. Anim. Nutr. Feed.* 15: 243-250 (1991)
20. Michelle, Law, F.L., and Deasy, P.B. Use of canonical and other analyses for the optimization of an extrusion-spheronization process for indomethacin. *Int. J. Pharmaceutics* 146: 1-9 (1997)

(2001년 9월 19일 접수)