Food Engineering Progress
Vol. 6, No. 1. pp. 1~9 (2002년 2월)

농수산 가공 부산물을 이용한 압출성형물에서 맥주박의 첨가효과

한규홍 · 김병용 · 함영태 *
경희대학교 생명과학부 식품공학과, *중앙대학교 생물공학과

Effects of Brewer's Spent Grain on the Extrudate Using Agricultural and Marine By-product

Gyu-Hong Han, Byung-Yong Kim and Young-Tae Hahm*
Department of Food Science and Technology, KyungHee University
Department of Biotechnology, ChoongAng University

Abstract

This study was conducted to enhance the protein quality by using the brewer's spent grain in the extrudate using agricultural and marine by-products. The experimental mixture 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 increased by the addition of the brewer's spent grain, and bending failure stress of extrudate became hardened due to interaction effects between brewer's spent grain and biji. Also, the addition of brewer's spent grain had negative effect into an lipid, ash and salt content. An optimum formulation was obtained as 11.49:24.01:22.16% with numerical and 15.74:23.93:22.16% with graphical method(fish sauce by-product : biji:brewer's spent grain). Based on the growth performance, feed conversion efficiency of was slightly lower than control group, but the protein content in feed extrudate enhanced to a large extent compared to that mixed with fish sauce by-product and biji only.

Key words: Brewer's spent grain, by-product, mixture design

서 론

맥주는 보리를 발아시켜 당화시키는 과정과 홉(hop)을 첨가하여 끓이는 과정, 그리고 효모(yeast)를 첨가하여 발효시키는 과정을 거쳐 제조된다. 맥주박은 이러한 맥주 제조과정 중 여과공정에서 생산되는 부산물로서 그 안에는 단백질, 지방 및 섬유질과 같은 영양소를 많이 함유하고 있다(Dreese와 Hoseney, 1982). 특히 prolactin 호르몬과 lactogenic 성장 호르몬을 다량으로 함유하고 있어(Sawadogo *et al.*, 1989), 예전부터 양과 소의 성장, 체중 증가 그리고 양질의 우유 생산을 위한 연구가 진행되어왔다(Chen *et al*, 1977; Palmer와 Bathgate, 1976). 식품으로 이용에는 맥주박이 가지고 있는 cellulose, hemicellulose 및 lignin과 같은 높은 식이섬유를 빵과 쿠키에 첨가하는 것으로서, Hassona (1993)는 맥주박을 첨가한 빵이 좋은 맛을 보였고, 체내의 지질 및 콜레스테롤을 감소시키는 영향을 가진다고 하였다. 쿠키에 첨가하였을 경우에는 10~15% 정도가 반죽에 미치는 영향이 적고 쿠키의 맛과 모형에 가장 적당하다고 제시하였다(Kissell과 Prentice, 1979).

이와 비슷하게 농수산 가공 시 배출되는 비지와 까나리 액젓 부산물은 동물의 사료자원으로서의 잠재적인 가능성이 있다. 비지의 경우 대두로부터 수용성 물질이 빠져나간 상태이긴 하나 인체의 생리적 기능에 관여하는 중요한 영양성분이 많이 남아 있고(Kim *et al.*, 1996), 까나리 액젓 부산물의 경우 역시 높은 염분을 함유하고 있지만 칼슘과 같은 유

Corresponding author: Byung-Yong Kim, Department of Food Science and Technol., Kyung Hee University, Yongin, 449-701, Korea
Phone: 820-31-201-2627, Fax: 82-31-202-0540
E-mail: bykim@khu.ac.kr

용 무기질 성분들이 남아있어 서로 혼합하여 사용한다면 사료나 중간식품소재로 이용이 가능할 것이다. 그러나 각 부산물들이 가지고 있는 영양성분에도 불구하고 높은 수분함량으로 인하여 단백질 저하를 일으키는 문제점이 나타나 이를 해결하기 위하여 수분함량을 낮추는 공정과 단백질 재원의 대체가 고려되었다. 또한 이들 부산물들의 가공 처리는 열과 기계적 에너지에 의해 비교적 짧은 시간내에 제품을 제조할 수 있고, 식품이나 사료의 조직과 형태에 변화를 주는데 효과적인 압출성형기법(Kim *et al.*, 1993)이 적당하다고 사료되었다.

따라서 본 연구에서는 이전에 수행했던 농수산 부산물의 이용에 관한 연구에서 부족했던 단백질 재원의 보충을 위해서 맥주박을 첨가하여 최적의 압출성형물을 만들고, 동물실험을 통한 활용 가능성에 대하여 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

재료

까나리 액젓 부산물은 충남 홍성에 위치한 대원수산에서 수집한 즉시 -20°C에 저장하면서 사용하였고, 비지는 Chun *et al.*, (1997)의 방법에 의하여 두부를 제조하고 남은 부산물을 이용하였다. 맥주박은 (주)두산의 이천공장으로부터 구하여 75°C의 온도에서 열풍건조시켜 사용하였다. 이들 부산물과 중력 밀가루(대한제분, 곰, 인천)를 혼합 반죽한 다음 압출성형을 하였다.

압출성형조건

본 연구에 이용한 압출성형 장치는 동방향 쌍축 압출성형기(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, 스크류 회전속도는 250 rpm에서 실험영역을 설계하였다. 제조된 압출성형물은 수분함량이 10% 이하가 되도록 건조하였다.

절단파손강도(Bending failure stress) 및 일반성분

압출성형물의 절단파손강도는 rheometer(Sun Co., CD-200D, Tokyo, Japan)로 하였다. 원통형의 압출성형물 20개를 6 cm로 절단한 후 각각의 시료의 직경을 측정하고, 150 mm/min의 cross-head speed를 이용하여 절단파손강도를 측정하였다.

압출성형물의 일반성분은 AOAC (1990)의 방법에 따라 조단백질은 micro-kjeldahl법, 조지방은 soxhlet법, 조회분은 건식회화법으로 측정하였다. Salt 함량은 Mohr법으로부터 계산하여 정량하였고, 모든 측정은 5회 반복하여 평균값을 나타내었다.

실험 디자인 및 통계적 모델링

모든 실험의 design, data 분석 및 최적화는 Design Expert 6(Stat-Easy Co., Mineapolis)를 이용하였고, constraint의 값으로는 까나리 액젓 부산물-비지-맥주박 혼합물의 절단파손강도, 일반성분, 염도 및 색도를 정하였다. 42.34%의 고정 밀가루를 제외한 100%의 혼합반죽 내에서 modified distance design(Snee, 1979)을 위한 까나리액젓 부산물, 비지, 맥주박의 최소 및 최대 비율은 10.00~13.33%, 22.17~26.59%, 17.74~22.16%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 form(Cornell, 1990)에 근거를 두고 계산되어졌고, linear와 canonical 형태의 quadratic model은 modified least square regression에 의해 만들어졌다. 이때 full quadratic model은 stepwise regression방법(α=0.1)으로 data 선택의 폭을 넓혔으며, 그 model과 coefficient 값들은 F-test로 그 유의성을 검증하였다. 각 모형에 따른 성분들의 반응을 보기 위하여 Trace plot(Raymond, 1995)을 이용하였다.

적합결여검증(Lack of fit test)을 통한 모델검증

Lack of fit test는 오차제곱합 SSE(sum of square error)를 순수오차(pure error)와 적합결여(lack of fit)로 나눔으로서 수행될 수 있다. x의 i번째 수준에서의 j번째 반복에 대한 반응변수의 관측값을 y_{ij}로 표시하는데 i=1, ···, m이고 j=1, ···, n_i이다.

오차제곱합(SSE)은

$$SSE = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \hat{y}_i)^2$$

이 되며 이것은 다음과 같이 분할될 수 있다.

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n_i}(y_{ij}-y_i)^2 = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n_i}(\bar{y}_{ij}-y_i)^2 + \sum_{i=1}^{m} n_i(\bar{y}_i-\hat{y}_i)^2$$

즉,

SSE = SSPE + SSLF 으로 나타났고

$$SSPE = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n_i}(y_{ij}-\bar{y}_i)^2$$

은 순수오차로 인한 제곱합(sum of squares due to pure error)이라 하며

$$SSLF = \sum_{i=1}^{m} n_i(\bar{y}_{ij}-\hat{y}_i)^2$$

은 적합결여로 인한 제곱합(sum of squares due to lack of fit)이라 나타내어진다.

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.

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

여기서 D는 overall desirability (Derringer와 Suich, 1980), 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 고형사료로 적응시킨 후, 대조군(삼양유지사료)과 실험군(압출성형물)의 2군으로 한 군당 8 또는 10마리씩 완전 임의 배치하여 4주간 사육하였다. 사육실은 온도 24±2°C, 습도 55~ 60%을 항상 유지하도록 하였으며, 12시간 주기의 명암(조명 6:00a.m.~6:00 p.m.)으로 조절하였고, 사료와 물은 자유로이 먹도록 하였다. 사료섭취당 체중증가는 주 1회씩 일정한 시간에 측정하였다.

결과 및 고찰

실험점과 압출성형물의 조성

본 연구의 배합 제약조건으로서 밀가루는 42.34%로 고정하였고, 그 외 10.00%≤까나리 액젓 부산물≤13.33%, 22.17%≤비지≤26.59%, 17.74%≤맥주박≤22.16%을 설정하여 실험 디자인을 하였다. 혼합 실험 계획법의 modified distance design을 이용하여 각 설정된 범위를 입력하였을 때 10개의 실험점이 형성되었고(Fig. 1), 이들 실험점 중 lack of fit 검정을 위한 4개(No. 5, 11, 13, 14)의 반복점이 선택되었다(Table 1). 모든 실험순서(Run order)는 구획에 따른 오차를 없애기 위해 무작위로 실행하였고, pseudo component는 실제 성분의 조합으로 실험 디자인의 구조와 모델의 적합성을 쉽게 보여주

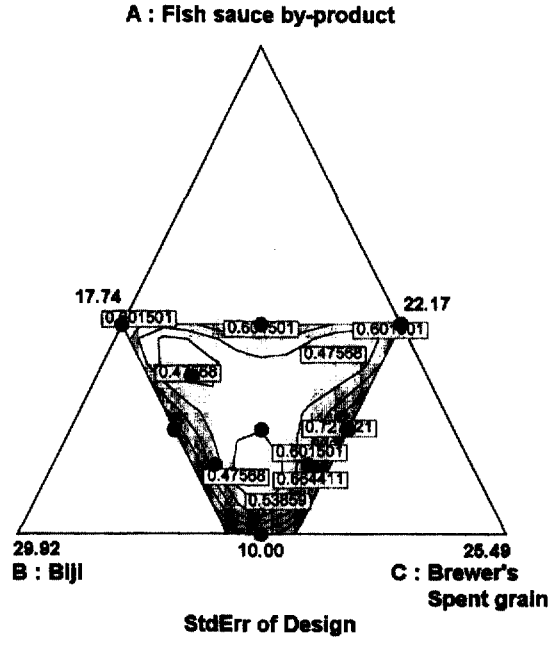

Fig. 1. Plot the a modified distance design in the mixture region.

Table 1. Pesudo and actual composition of modified distance design for the formulation

No.	Run Order	Pseudo component[1)]			Fish sauce by-product	Biji	Brewer's spent grain	Wheat (Fixed)
		A	B	C				
1	3	0.000	0.500	0.500	10.00	26.04	21.61	42.34
2	9	0.143	0.333	0.523	11.11	24.75	21.80	42.34
3	8	0.143	0.523	0.333	11.11	26.23	20.32	42.34
4	4	0.430	0.285	0.285	13.33	24.38	19.95	42.34
5	12	0.430	0.285	0.285	13.33	24.38	19.95	42.34
6	5	0.215	0.570	0.215	11.66	26.59	19.40	42.34
7	1	0.430	0.570	0.000	13.33	26.59	17.74	42.34
8	13	0.430	0.000	0.570	13.33	22.17	22.16	42.34
9	10	0.322	0.481	0.196	12.50	25.90	19.26	42.34
10	6	0.215	0.215	0.570	11.66	23.83	22.16	42.34
11	14	0.430	0.570	0.000	13.33	26.59	17.74	42.34
12	7	0.215	0.393	0.393	11.66	25.21	20.78	42.34
13	11	0.000	0.500	0.500	10.00	26.04	21.61	42.34
14	2	0.430	0.000	0.570	13.33	22.17	22.16	42.34

Low and high limitation of each component

	Fish sauce by-product	Biji	Brewer's spent grain
Low limit	10.00	22.17	17.74
High limit	13.33	26.59	22.16

[1)]Pseudo components $x_i = \frac{(x_i - l_i)}{\left(1 - \sum_{j=0}^{p} l_j\right)}$, $x_1 + x_2 + \ldots + x_p = 1$

A, fish sauce by-product; B, biji; C, brewer's spent grain

기 위해 나타내었다(Cornell, 1990).

설정된 배합비에 따라 압출성형 하였을 때 절단파손강도(bending failure force) 및 일반성분은 Table 2와 같다. 압출성형물 내에서 절단파손강도는 1502.43~1954.28 kPa의 범위를 보였고, 최대 강도는 No. 8의 1954.28 kPa로서 까나리 액젓 부산물 13.33%, 비지 22.17%, 맥주박 22.16%가 혼합되었을 때로 나타났다(Table 1). 압출성형물의 단백질과 지방, 회분의 경우는 각각 23.88~27.54%, 5.55~7.62%, 3.67~4.58%의 범위를 보였고, 액젓 부산물이 가지고 있는 고염 특성으로 인하여 반응(response)으로 설정한 염분에서는 까나리 액젓 부산물이 최소함유량(10%)이었을 때 0.03%로, 최대함유량(13.33%)이었을 때 0.14%로 나타났다.

통계적 모델링 및 분석

혼합물 내에서 각 성분이 반응에 미치는 영향을 살펴보기 위해서는 성분에 대한 수학적인 접근뿐만 아니라 통계적 모델링의 수립과 모델에 대한 분석 및 평가가 필요하다(Yoon *et al.*, 1997). 이에 설정된 반응별로 모델링을 하였고, 분석은 모델에 대한 F-test를 통하여 유의성 검사를 하여 나타내었다(Table 3). 또한 trace plot을 이용하여 일정한 비율에서 다른 요소들이 고정되는 동안 각 혼합물 성분변화에 따른 영향을 가식화 하였다(Figs. 2-4).

절단파손강도의 경우 여러 모델 중 낮은 probability ($p<0.05$)를 가지는 quadratic 모델이 선택되었고, canonical 식에서 나타난 바와 같이 비지뿐만 아니라 비지와 맥주박의 상호작용이 강도에 가장 크게 작용하였다. Trace plot에서는 상호작용에 대한 영향은 볼 수 없지만 각 성분들이 반응에 미치는 영향을 가식화 될 수 있는데, 비지(B-B선)의

Table 2. Bending failure stress and proximate composition of experimental extrudate

No.	Bending failure stress (kPa)	Protein (%)	Lipid (%)	Ash (%)	Salt (%)
1	1520.15	27.54	5.55	3.67	0.03
2	1517.76	25.46	5.62	3.91	0.05
3	1635.06	26.43	7.62	4.01	0.05
4	1502.43	24.59	7.24	4.45	0.14
5	1503.24	24.38	7.26	4.49	0.13
6	1602.68	26.14	5.59	4.27	0.07
7	1620.05	23.88	5.71	4.46	0.13
8	1954.28	25.95	6.94	4.58	0.12
9	1562.72	25.18	6.67	4.57	0.12
10	1541.83	24.57	6.04	3.96	0.07
11	1601.72	26.72	5.68	4.39	0.13
12	1738.47	26.51	5.72	4.05	0.05
13	1522.17	27.36	5.57	3.76	0.03
14	1954.25	26.14	6.91	4.48	0.12

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

Response	Model	Prob>F	Equation in terms of pseudo component
Bending failure stress	Quadratic	0.0119	1152.33A+2751.98B+1752.86C −1892.03AB+1814.96AC−2926.29BC
Protein	Linear	0.0633	22.62A+26.92B+27.05C
Lipid	Quadratic	0.1530	9.83A+5.82B+0.076C −7.62AB+11.04AC+10.90BC
Ash	Quadratic	0.0493	−19.81A + 31.88B−23.24C −67.26AB+186.41AC−32.21BC
Salt	Linear	< 0.0001	0.27A+0.037B+0.020C

A, fish sauce by-product; B, biji; C, brewer's spent grain

함유량이 증가될수록 절단파손강도가 커지고, 까나리 액젓 부산물(A-A선)은 감소 시키는 경향을 볼 수 있다(Fig. 2). 단백질의 경우는 절단파손강도와 상이하게 혼합물의 상호작용 없이 각 성분들이 독립적으로 작용하여 linear 모델으로 결정하였다(Table 3). 성분변화에 대한 영향은 맥주박(C-C선)과 비지(B-B선)가 혼합물에서 증가할수록 단백질을 증가시켰고, 상대적으로 까나리 액젓 부산물(A-A선)은 감소시키는 경향을 보였다(Fig. 2).

지방과 회분에서는 서로 유사한 경향을 보여주었다(Fig. 3). 두 반응 모두 성분들의 상호작용을 나타내는 quadratic 모델이 선택되었고, 까나리 액젓 부산물이 각 반응에 가장 많은 영향을 주는 것으로 나타났다(Fig. 3). 그러나 지방의 경우 모델내에서 quadratic 모델이 가장 낮은 probability 0.1530을 보임으로서 선택할 수 있었으나 유의차 5%를 만족하는 조건에서 이는 부적합하였다. 염분은 액젓 부산물이 지니고 있는 고염 특성으로 인하여 까나리 액젓 부산물이 증가할수록 반응에 대한 증가가 현저하게 나타났고, 반대로 건조 비지와 밀가루의 첨가는 압출성형물의 회분과 염분을 감소시켰다(Table 3). 각 성분들의 독립적인 작용은 Fig. 4에서 살펴볼 수 있는데, 역시 까나리 액젓 부산물이 급격한 기울기를 보임으로서 혼합물내에서 염분에 가장 크게 작용함을 알 수 있었다.

적합결여검증을 통한 모델 분석

선택되어진 모델의 타당성을 조사하기 위해 나머

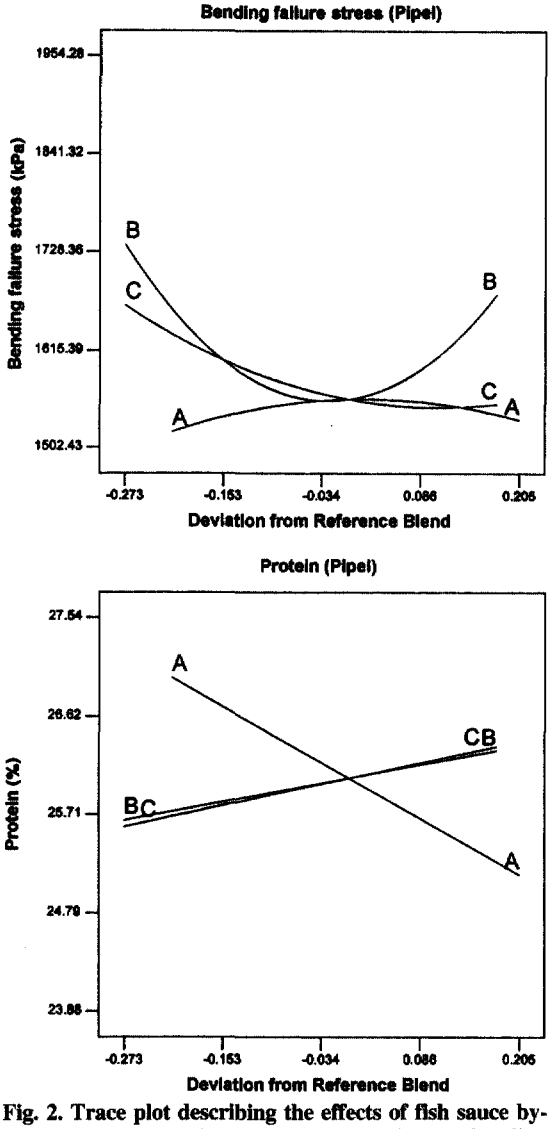

Fig. 2. Trace plot describing the effects of fish sauce by-product, biji and brewer's spent grain on bending failure stress and protein. A, fish sauce by-product; B, biji; C, brewer's spent grain

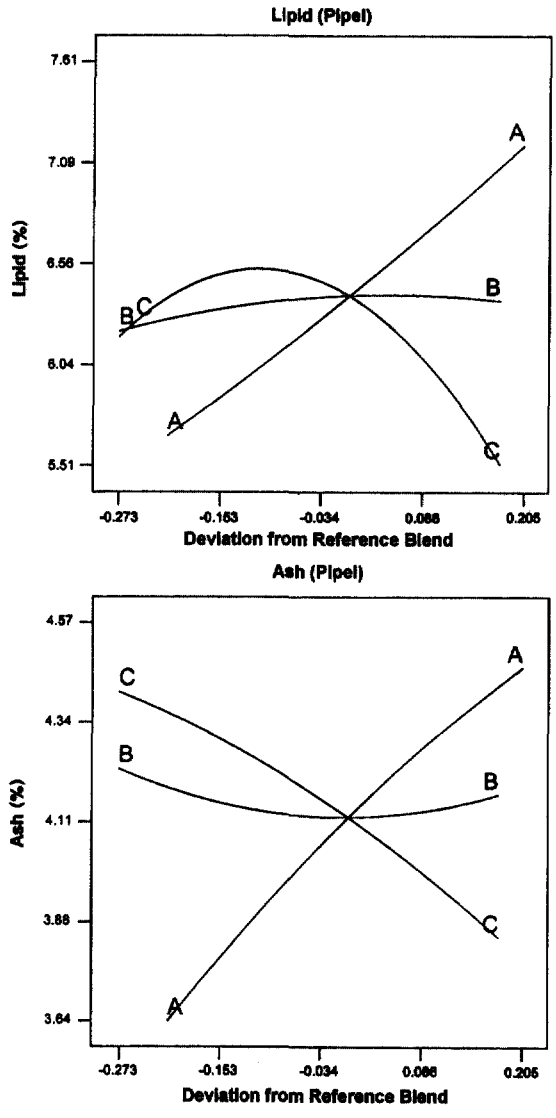

Fig. 3. Trace plot describing the effects of fish sauce by-product, biji and brewer's spent grain on lipid and ash. A, fish sauce by-product; B, biji; C, brewer's spent grain

지(residual)의 분해를 통한 적합결여검증(lack of fit test)을 하여 Table 4에 나타내었다. 대부분 연구에서는 R^2값과 F-test을 통하여 모델 설정과 통계적 처리에 대한 적합성 검사를 시행하고 있는데 이들은 모델의 타당성을 조사하기 위한 것은 아니다. 같은 수준에서 반복측정했을 때 다른 결과를 가져오는 오차를 추정하고 나머지 변동에서 모델에 대한 적합 추론을 해야 타당성 있는 조사인 것이다(Angle *et al.*, 2000). 적합결여검증에 의한 절단파손강도과 단백질의 경우 <0.0001이하의 유의차를 보여주어 quadratic 모델과 linear 모델에 대한 적합성을 보여주었고, 지방은 앞에서 통계적 유의수준을 보여주지 못한 것처럼 0.5820의 높은 유의차를 보여주어 선택한 모델이 적합하지 않음을 알 수 있었다. 회분과 염분의 경우에는 선택되어진 quadratic 모델과 linear 모델 모두 적합한 것으로 나타났다. Coleman과 Vanatta (1999)는 통계치 값들에 대한 적합결여검증을 통하여 이온 크로마토 보정에 대한 연구를

Table 4. Results of inspect the lack of fit test compares the residual error to the pure error from replication

Response	Lack of fit			
	Model	DF[1)]	F-value	Prob>F
Bending failure stress	Quadratic	4	281.49	<0.0001
Protein	Linear	7	2327.96	<0.0001
Lipid	Quadratic	4	0.89	0.5820
Ash	Quadratic	4	4.84	0.0480
Salt	Linear	7	62.08	0.0006

[1)]Degree of freedom.

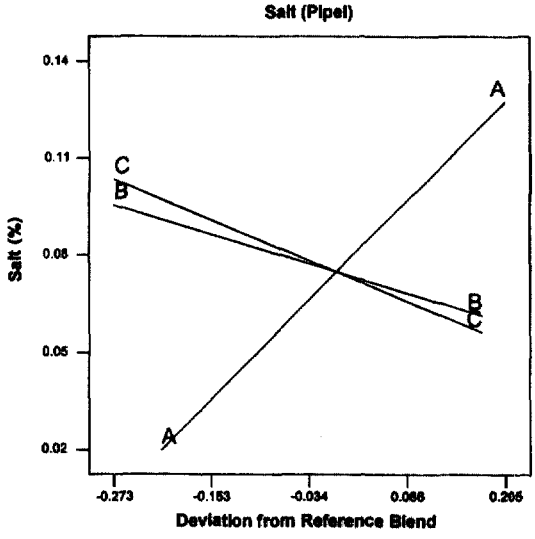

Fig. 4. Trace plot describing the effects of fish sauce by-product, biji and brewer's spent grain on salt. A, fish sauce by-product; B, biji; C, brewer's spent grain.

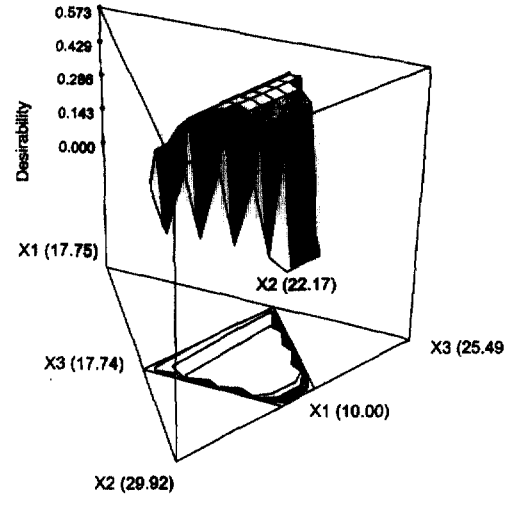

Fig. 5. 3D contour plot of common area for the optimization mixture.

진행하였는데, 이러한 방법이 모델의 검증에 유용하게 사용된다고 하였다.

원료의 최적화

본 실험의 최적화 접근은 Derringer와 Suich (1980)를 근원으로 하여 발전시킨 방법을 사용하였다. 수치 최적화(numerical optimization) 방법의 경우 반응에서 결정된 canonical 계수를 이용하여 설계목적함수(design objective function)와 설계제약조건(design constraints)를 최대의 까나리 액젓 부산물과 단백질, 최소의 염분으로 설정하고 이 때 만족하는 수치 점(numerical point)를 예측하였다. 예측된 값으로는 까나리 액젓 부산물 11.49%, 비지 24.01%, 맥주박이 22.16%이었고, 목적함수로 설정하였던 단백질과 염분은 26.17%와 0.071%로 예측되었다.

최적화 접근을 또 다른 방법으로 사용한 모형 최적화(graphical optimization)는 Fig. 5과 같다. 모형 최적화 역시 목적함수는 수치 최적화 동일하게 하여 그래프 상에서 중첩되는 부분을 최적 범위로 정하였다. 그래프의 여러 범위에서 최적화에 대한 desirability가 나타났으며, 최대의 desirability가 반복 연산중에 계산되어 Table 5에서 보여지는 바와 같이 0.659의 값을 주어지게 된다. 즉 여러 결과들 사이에 최적화되어진 한 값에 수렴하여 까나리 액젓 부산물 11.57%, 비지 23.93%, 맥주박 22.16%이 나타난 것이다. 이러한 수치 최적화와 모형 최적화 방법은 canonical 식에서 간단하게 여러 변수들에 대한 이해를 늘리고, 복잡한 계 내에서 유용하게 사용할 수 있어(Michelle *et al.*, 1997) 혼합물의 상호작용이 많이 나타난 본 실험에 적당하였다.

Table 5. Optimum constraints values using two analytical methods in the object goal

Constraints Name	Goal	Numerical Optimization Solution	Goal	Graphical Optimization Solution
Fish sauce by-product	maximize	11.49	maximize	11.57
Biji	is in range	24.01	is in range	23.93
Brewer's spent grain	is in range	22.16	is in range	22.16
Protein	maximize	26.17	maximize	26.12
Salt	minimize	0.071	minimize	0.073
Desirability		0.574		0.659

Table 6. Feed intake, weight gain and feed effi-ciency ratio of rat

	Control	Brewer's spent grain
Initial BW(g)	$129.23 \pm 4.67^{1)a}$	129.44 ± 4.20^{a}
Final BW(g)	296.92 ± 22.84^{a}	258.33 ± 11.85^{b}
Feed intake (g/day)[2)]	17.34 ± 1.76^{a}	16.54 ± 1.16^{a}
Weight gain (g/week)[3)]	41.92 ± 4.62^{a}	32.22 ± 3.61^{b}
Feed efficiency ratio	0.35 ± 0.05^{a}	0.28 ± 0.05^{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.

식이 섭취, 증체량 및 식이 효율

최적화를 통하여 설정된 압출성형물을 동물사료용으로서 접근하고자 식이섭취, 증체량 및 식이효율을 측정하여 Table 5에 나타내었다. 초기 대조군(삼양유지사료)과 실험군(압출성형물)의 체중은 129.23 ±4.67 g과 129.44±4.20 g으로 유의차가 없었으나 4주가 지난 체중은 대조군이 296.92±22.84 g으로서 실험군의 258.33±11.85 g보다 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 이는 식이 섭취에 있어서 실험군과 대조군은 차이가 없었으나 보다 낮은 증체량을 보인 실험군이 식이 효율을 떨어뜨려 나타난 현상으로 사료된다. 하지만 선행된 연구에서 원료 비지를 첨가한 최적의 압출성형물이 대조군의 절반정도 식이효율(0.11±0.0007)을 보였고, 비지를 건조하여 첨가한 연구의 경우 0.26±0.004의 식이효율을 가진 것에 비해 맥주박을 첨가함으로서 좀 더 대조군에 근접했음을 알 수 있었다. 이는 맥주박에서 밝혀진 양질의 단백질(Osamu와 Kazue, 1997)이 압출성형물 내에서 주요한 작용을 한 것으로 보이지만 아직까지 대조군과의 차이는 좀 더 자세한 성분분석과 생체분석을 통하여 밝혀내야 하며, 대조군과의 차이를 줄이는 연구가 계속 이루어져야 할 것이다.

요 약

맥주박을 농수산 가공 부산물과 혼합하여 압출성형물을 제조하였고, 통계적 모델링과 분석을 통하여 혼합물의 최적화를 이루었다. 수학적인 모델과 trace plot을 이용하였을 때 맥주박은 압출성형물의 단백질을 증가시키고, 비지와 상호작용을 일으켜 절단파손강도를 강하게 함을 알 수 있었다. 하지만 압출성형물내에 맥주박이 증가함에 따라 지방, 회분, 염도를 감소시키는 경향을 보였다. 선택되어진 모델에 대한 적합결여검증에서는 지방을 제외한 모든 반응에서 적합하게 나타났다. 각 반응의 모델에서 나타난 canonical 계수를 이용하여 수적 최적화와 혼합물 성분 모형을 중첩시킨 모형적 최적화를 하였을 때 까나리 액젓 부산물 11.49%와 11.57%, 비지 24.01%와 23.93%로 각각 나타났고, 맥주박은 두 방법 모두 22.16%로 예측되었다. 최적화된 압출성형물은 동물실험을 통하여 이용가능성을 보았는데 맥주박을 첨가한 압출성형물이 대조군과 비교하여 낮은 식이효율을 보였으나 비지와 건조 비지가 첨가된 압출성형물보다 대조군과의 차이를 줄이는 것으로 나타났다.

감사의 글

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

문 헌

Angle, M., R. Jordi and R. Xavier. 2000. Lack of fit in linear regression considering errors in both axes. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems.* **54**: 61-73

AOAC. 1990. Official Method of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA

Chen, M.S., W.M. Beeson, T.W. Perry and M.D. Mohler. 1977. Effects of varying levels of precessed distillers solubles and distillers grains with solubles on nitrogen and energy metabolism of beef steers. *J. Anim. Sci.* **44**: 859-864

Chun, K.H., B.Y. Kim, T.I. Son and Y.T. Hahm. 1997. The extension of tofu shelf-life with water-woluble degraded chitosan as immersion solution. *Korea J. Food Sci. Technol.* **29**: 476-481

Coleman, D.E. and L.E. Vanatta. 1999. Lack-of-fit testing of ion chromatographic calibration curves with inexact replicates. *J. Chromatography.* **850**: 43-51

Cornell. J.A. 1990. Experiments with Mixtures: Design, Models & the Analysis of Mixture Data(2nd ed.). John Wiley & Sons, New York. p.24-141

Derringer, G. and R. Suich. 1980. Simultaneous optimization of several response variables. *J. Quality Technol.* **12**: 214-219

Dreese, P.C. and R.C. Hoseney. 1982. Baking properties of the bran fraction from brewer's spent grains. *Cereal Chem.* **59**(2): 89-91

Hassona, H.Z. 1993. High fibre bread containing brewer's spent grains and its effect on lipid metabolism in rats. *Die Nahrung.* **37**(6): 576-582

Kim, D.S., M.H. Seol and H.D. Kim. 1996. Changes in quality of soybean curd residue as affected by different drying methods. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **25**(3): 453-459

Kim, I.H., J.D. Hancock and C.S. Kim. 1993. Extrusion cooking of dietary ingredients for animal feeding, Effects of extrusion on carbohydrates and fiber. *Korean J. Anim. Nutr. Feed.* **17**: 285-292

Kissell, L.T. and N. Prentice. 1979. Protein and fiber enrichment of cookie flour with brewer's spent grain. *Cereal Chem.* **56**(4): 261-266

Michelle, F.L. Law and P.B. Deasy. 1997. Use of canonical and other analyses for the optimization of an extrusion-spheronization process for indomethacin. *Interational J. Pharmaceutics.* **146**: 1-9

Osamu K. and A. Kazue. 1997. Protein, and dietary fiber-rich new foodstuff from brewer's spent grain increased excretion of feces and Jejunum Mucosal protein content in rats. *Biosci. Biotech. Biochem.* **61**: 29-33

Palmer, G.H. and G.N. Bathgate. 1976. Malting and brewing. *Adv. Cereal Sci. Technol.* **1**: 237-324

Raymond. H.M. 1995. Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments. John Wiley & Sons, New York. p.558-562

Sawadogo, L., H. Sepehri and L.M. Houdebine. 1989. Evidence for a stimulating factor of prolactin and growth hormone secretion present in brewery draff. *Reproduction Nutrition Development.* **29**(2): 139-146

Snee, R.D. 1979. Experimental designs for mixture systems with multicomponent constraints Comm. *Statist. Theory Methods.* **8**: 337-338

Yoon, W.B., B.Y. Kim and Y.T. Hahm. 1997. Study upon the rheological properties and optimiztion of tofu bean products. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* **40**: 225-231