

## 미역을 함유한 압출성형물의 이화학적 특성에 관한 연구

도정룡 · 오상룡 · 김영명 · 김동수 · 조진호 · 문광덕 · 조길석 · 구재근  
한국식품개발연구원

### A Study on the Physicochemical Properties of Extrudate Containing Sea Mustard by Single Extruder

Jeong-Ryong DO · Sang-Lyong OH · Young-Myoung KIM · Jin-Ho JO  
Kwang-Duk MOON · Kil-Suk JO · Jae-Guen KOO  
*Korea Food Research Institute, 46-1 Baekhyun Bundang, Kyunggi-Do 463-420, Korea*

The present study was focused on investigation of proper processing conditions to develop physicochemical properties of extrudates using sea mustard and corn by single extruder.

Response surface analysis was used to evaluate effects of extrusion variables on the quality of the extrudates. Physicochemical dependence variables of sea mustard extrudates with corn grits show a significance correlation of within 5%.

Among the various dependence variables, the expansion ratio showed a high correlation with bulk density, break strength, water solubility index and yellowness.

Bulk density correlated closely with water solubility index; break strength with water absorption index and lightness, and water absorption index with lightness. Water solubility index and lightness showed a significance correlation with yellowness of within 0.5%.

Three dimensional graphic analysis on response surface regression was conducted with each of the dependent variables which revealed statistically significant relationship to independent variables: 15~21% moisture content, 10~30% sea mustard content and 95~115 °C die temperature.

Expansion ratio decreased with increasing moisture and sea mustard content. It showed the highest value at 18% moisture content, 10% sea mustard content and 95 °C die temperature. and the lowest value was at 21% moisture content, 30% sea mustard content and 105 °C die temperature.

Bulk density was highest at 21% moisture content, 30% sea mustard content and 105 °C die temperature. On the other hand, it was lowest at 18% moisture content, 10% sea mustard content and 95 °C die temperature.

Break strength was highest at 18% moisture content, 10% sea mustard content and 115 °C die temperature, but lowest at 21% moisture content, 30% sea mustard content and 105 °C die temperature. Water solubility index increased in the range of 43.9~54.8% as the moisture content increased.

## 서 론

일반적으로 해조류는 다당류를 주체로하는 탄수화물을 많이 함유하고 있으나 사람의 소화기관에 존재하고 있는 소화효소에 의한 소화율이 매우 낮아 영양가는 그리 높지 않은 것으로 평가되어 왔다. 그러나 해조류 중의 탄수화물은 일반 야채류에 함유되어 있는 탄수화물인 섬유소와는 달리 식이섬유가 인체에 미치는 효과 즉 장의 활동을 원활하게 하고 식염 증급속 등의 배출, 콜레스테롤의 혈관내의 침착 방지 등의 효과가 매우 높다는 것이 밝혀졌고 최근에는 해조류의 당류성분에 항암작용이 있다는 사실이 연구자들에 의해 밝혀졌다(류 등, 1986; 조 등, 1990). 따라서 해조류의 건강식품으로서의 가치가 재평가되어야 할 시점에 온 것으로 생각될 뿐만 아니라 옛부터 산모의 산후 몸조리용으로 계속 식용해 왔던 것으로 보아 해조류의 생리 기능적인 우수성은 재론할 여지도 없다. 또한 야채류에서 비교적 함량이 낮은 무기질과 비타민을 용이하게 공급할 수 있으므로 식욕을 자극하는 효과도 있다.

따라서 본 연구에서는 우리나라에서 대량 생산되는 미역을 이용하여 식품의 중간소재를 개발하기 위하여 다양한 조건에서 압출성형물을 제조하고 물리화학적 성질을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

미역압출성형물을 제조하기 위하여 사용한 해조류는 우리나라에서 생산량이 가장 많은 해조류인 미역과 Corn grits(40mesh, 광일식품 주식회사)를 시중에서 구입하여 사용하였다. 미역은 염장미역과 건미역을, Corn grits는 볶아서 사용하였다.

### 2. 실험방법

#### 가. 반응표면분석의 실험 계획법

반응표면분석을 위하여 중심합성계획(central composite design)법을 이용하여 실험설계를 하였다. 즉, 반응표면 모형으로는 일반적으로 간편하고 실용적인 다음 식(1)과 같은 2차 회귀모형을 적용하였다.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i < j}^k \beta_{ij} X_i^2 X_j^2 \quad (k=3) \quad \dots \dots \dots (1)$$

여기서 k는 독립변수의 수, Y는 종속변수, X<sub>i</sub>는

독립변수, β<sub>0</sub>, β<sub>i</sub>, β<sub>ij</sub>는 각각 중심점에서 회귀계수, 선형계수 및 2차의 interaction 계수이다.

본 실험의 경우 3개의 독립변수를 사용하였으므로 k값은 3이며 X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> 및 X<sub>3</sub>는 각각 원료의 수분함량, 미역분말함량, 토출구 온도를 나타낸다. 예비 실험을 통하여 얻어진 독립변수(X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>)의 실험 구간은 Table 1과 같이 설정, 수준을 3으로 하는 3<sup>3</sup> 요인 실험으로 하였다. 따라서 k=3이므로 본 실험에 행하는 총 실험수는 다음 식(2)에 따라 15개로 하였다.

$$n = 4k + n_0 \quad (n_0 = 3) \quad \dots \dots \dots (2)$$

실험점 4k는 12개, 중심점 n<sub>0</sub>은 3개였다. 이에 따른 직교 배열표는 Table 2와 같다.

Table 1. Levels of independent variables for experimental design

Xi Independent variables	Levels		
	-1	0	1
X1 Moisture content(%)	15	18	21
X2 Sea mustard content(%)	10	20	30
X3 Die temperature(°C)	95	105	115

Table 2. Coordinate of points a three variable composite design(design matrix)

Design point	Independent variable		
	X1i	X2i	X3i
1	-1	-1	0
2	1	-1	0
3	-1	1	0
4	1	1	0
5	0	0	0
6	-1	0	-1
7	1	0	-1
8	-1	0	1
9	1	0	1
10	0	0	0
11	0	-1	-1
12	0	-1	1
13	0	1	-1
14	0	1	1
15	0	0	0

### 나. 압출 성형물의 제조

#### (1) 원료의 전처리

원료인 corn grits와 미역분말을 혼합하여 가수량을 계산한 후 Hobart mixer(HOBART Co., Model H-600, U.S.A.)로 혼합한 후 수분평형이 이루어 지도록 5 ℃ 냉장고에서 24시간 동안 숙성시킨 다음 압출성형기에 투입하였다.

(2) 압출 성형물의 제조 및 공정조건

본 실험에 사용된 단축 스크류 압출 성형기는 (백상기계 Co., Korea) 다목적 실험용으로서 예비 실험을 거친 압출성형기의 최적인전 조건은 Table 3과 같이 설정하였고, 또한 수분을 조절하고 원료를 혼합하여 5 ℃에서 24시간 숙성시켜 압출 성형물을 제조하였다.

Table 3. Extruding conditions for corn extrudate with sea mustard

Parameters	Extrusion conditions
Screw speed	250 rpm
Type of barrel grooves	Straight
Type of screw	Puffing screw
L/D ratio	5.0
Die size	6mm×1 hole
Preheating temp.	80 ℃
Die temp.	95~115 ℃
Colling water input	1/2 open
Barrel length	30 cm(2 section)

다. 압출성형물의 이화학적 특성 측정방법

(1) 일반성분

재료의 수분, 조지방, 조단백질 및 조회분의 함량은 A.O.A.C. 방법에 준하여 분석하였다.

(2) 팽화율(Expansion ratio)

압출 성형물을 10cm내외의 적당한 길이로 잘라내어 한 시료당 20개를 준비한 다음 버어니어 캘리퍼스로 직경을 측정하여 토출구 직경과의 비를 평균치로 산출하였다.

(3) 가밀도(Bulk density)

100ml 용량의 graduated cylinder에 압출성형물(길이 10cm)을 넣고 쌀을 첨가하여 graduated cylinder의 밑부분을 가볍게 치면서 모든 압출성형물에 쌀이 완전히 덮히도록 하여 100ml의 눈금까지 쌀을 채운 후, 쌀과 압출성형물을 분리하고 쌀과 압출성형물의 부피와 무게를 측정하였다. 압출성형물의 가밀도는 아래식을 이용하여 구하였다.

$$\text{가밀도} = \frac{\text{압출성형물의 무게}(g)}{\text{압출성형물의 부피}(cm^3)}$$

(4) 전단강도(Break strength)

압출성형물을 10cm의 크기로 잘라 텍스처어 측정기(Instron universal testing machine, Model 1140, U.S.A)를 사용하여 절단시험을 하였다. 이때 기기의 작동조건은 road cell 50kg, cross head speed 50mm/min., chart speed 10mm/min., cutting plunge width 2mm, clearance 0.8mm였다.

(5) 수분 흡수 지수(Water absorption index: WAI) 및 수분 용해도 지수(Water solubility index: WSI)

압출 성형물의 수분 흡수 지수 및 수분 용해도 지수는 Anderson 등(1969)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 미리 무게를 측정된 50ml 원심 분리관에 시료 1g과 증류수 20ml를 넣은 다음 마개를 하고 상온에서 1시간 동안 진탕하였다. 이를 5,000g에서 30분 동안 원심분리한 후 상층액에 용해되어 있는 양(A)과 원심분리후 수분을 함유한 침전물의 무게(B)를 측정하고 다음 식에 의하여 수분 흡수 지수와 수분 용해도 지수를 계산하였다.

$$\text{수분흡수지수} = \frac{B}{\text{시료무게}}$$

$$\text{수분용해도지수} = \frac{A}{\text{시료무게}} \times 100$$

(6) 색도(color)

압출 성형물의 색도는 색차계(Color difference meter, Model No. UC 600IV, Yasuda Co., Japan)로 측정하여 Hunter scale에 의한 흑색의 0에서 백색의 100까지의 수치를 나타내는 L(lightness)값, 적색이 진하여 질수록 0에서 100으로 증가하고 녹색이 강하여 질수록 0에서 -80으로 감소하는 수치를 나타내는 a(redness), 황색이 진하여 질수록 0에서 70으로 증가하고 청색이 진하여 질수록 0에서 -70으로 감소하는 수치를 나타내는 b(yellowness)값으로 표시하였다. 이때 표준판은 백색판을 사용하였고, 고체상태시료의 L, a 및 b값은 89.2, 0.923 및 0.783이었으며, 액체상태시료의 L, a 및 b값은 100, -0.070 및 0.03이었다.

라. 통계분석

원료의 수분함량(X<sub>1</sub>), 미역분말함량(X<sub>2</sub>) 및 토출구 온도(X<sub>3</sub>)를 독립변수로 하고 팽화율, 가밀도, 전단강도, 수분흡수지수, 수분용해도지수, 색도를 종속변수로하여 각 종속변수간의 상관관계를 분석하였다. 또한 주어진 범위에서 한 독립변수가 변할 때 나머지 두 개의 독립 변수에 따른 각 종속변수의 반응표면을 추정 회귀분석한 후 3차원의 그래픽으로 나타내었다.

## 결과 및 고찰

### 1. 재료의 일반성분

본 실험에 주로 사용된 건미역과 Corn grits의 일반성분은 Table 6에 나타내었다. 즉, Corn grits의 경우 80%가 탄수화물이며, 단백질은 7.1%, 지질과 회분은 미량이었다. 건미역은 탄수화물이 38.5%로 가장 많고, 회분과 단백질은 각각 27.0% 및 20.3%로 일반 육상 식물에 비하여 상당히 많이 함유되어 있음을 알 수 있다.

### 2. 압출 성형물의 이화학적 특징

원료의 수분함량, 미역함량 및 토출구의 온도에 따른 압출 성형물의 이화학적 특성치의 변화는 Table 5와 같다.

압출 성형물의 팽화율은 수분함량 18%, 미역함

량 10%, 토출구온도 95 ℃에서 조제한 압출 성형물이 3.22로 가장 높았으며, 수분함량 21%, 미역함량 30%, 토출구온도 105 ℃에서 제조한 압출성형물이 1.42로 가장 낮았다. 각 시료별로 팽화율은 수분함량, 미역함량이 증가함에 따라 대체로 감소하는 반면, 토출구 온도의 증가에 따라 저온에서는 감소하고, 고온에서는 증가하는 경향을 보여 주었다.

일반적으로 팽화기작은 전분질 원료를 고온, 고압하에서 처리할 때 일어나며, 미역 함량이 증가함에 따라 알긴산 및 기타 일반성분의 유입으로 상대적인 전분질 함량의 감소에 의하여 팽화율이 저하된 것으로 생각되었다. 한편, Spadaro 등(1971)은 팽화란 압출기 내부의 고압상태에서 물질이 토출구를 통과할 때 일어나는 급격한 압력저하로 형성되는 현상이라 하였고, Gomez와 Aguilera(1984)는

Table 4. Proximate composition of sea mustard and corn grits

(Unit : %)

Raw materials	Moisture	Protein	lipid	Ash	Carbohydrate
Fresh sea mustard	90.1	2.0	0.1	3.8	4.0
Dried sea mustard	12.9	20.3	1.3	27.0	38.5
Corn grits	10.7	7.1	0.3	0.5	80.0

Table 5. Physicochemical properties of corn grits extrudate containing sea mustard

Trt. No.	Independent variables*			Dependent variables**							
	Mc (%)	SC (%)	TEMP (℃)	ER	BD (g/cm <sup>2</sup> )	BS (kg)	WAI	WSI (%)	LIG (L)	RED (a)	YEL (b)
1	15	10	105	1.72	0.132	56.5	3.58	45.1	53.2	-0.21	15.5
2	15	20	95	2.02	0.080	55.5	3.97	53.6	57.9	-0.53	17.3
3	15	20	115	2.71	0.088	86.0	3.98	53.7	52.7	-1.03	16.8
4	15	30	105	1.98	0.139	43.5	4.97	45.4	43.3	-0.91	14.1
5	18	10	95	3.22	0.071	121.0	4.38	54.8	51.2	-1.02	17.5
6	18	10	115	3.06	0.115	150.5	5.09	49.2	52.9	-1.28	18.1
7	18	20	105	2.56	0.109	42.0	5.69	51.9	48.8	-1.38	16.4
8	18	20	105	2.80	0.114	90.2	6.46	46.8	47.1	-1.48	16.2
9	18	20	105	2.59	0.107	50.5	5.78	52.7	46.2	-0.82	15.6
10	18	30	95	1.97	0.179	31.0	7.81	43.9	44.0	-1.31	14.6
11	18	30	115	2.03	0.165	41.8	6.65	46.5	44.1	-1.70	15.0
12	21	10	105	3.18	0.108	77.5	5.82	54.0	54.6	-1.85	18.5
13	21	20	95	2.84	0.102	122.0	4.57	54.4	50.5	-1.19	17.4
14	21	20	115	2.72	0.120	61.5	4.73	52.0	48.1	-2.02	16.7
15	21	30	105	1.42	0.264	26.3	6.09	45.1	46.3	-1.20	15.5

\*MC: Moisture content, SC: Sea mustard content, TEMP: Die temperature

\*\*ER: Expansion ration, BD: Bulk density, BS: Break strength, LIG: Lightness

WAI: Water absorption index, WSI: Water solubility index, RED: Redness

YEL: Yellowness

곡물류에 있어서는 수분함량과 밀접한 관계가 있어 수분함량이 증가할수록 팽화율이 낮은 것으로 보고하고 있다. 압출 성형물의 밀도는 수분함량, shear stress, shear rate 등 원료의 조건과 barrel내의 screw의 geometry에 따른 변수로서 학자들간에 견해가 조금씩 다르게 발표되고 있다.

본 실험에 있어서의 결과는 수분함량 21%, 미역함량 30%, 토출구온도 105 ℃ 처리구에서 0.264로 가장 높았고, 수분함량 18%, 미역함량 10%, 토출구온도 95 ℃ 처리구에서 0.071로 가장 낮게 나타났다.

압출 성형물의 파단강도는 수분함량 18%, 미역함량 10%, 토출구온도 115 ℃에서 150.5kg으로 가장 높았고, 수분함량 21%, 미역함량 30%, 토출구온도 105 ℃에서 26.3kg으로 가장 낮게 나타났다. 파단강도에 대한 연구로는 Bhattacharya 등(1986)은 수분함량이 높을수록 밀도가 높아지므로 파단강도가 높아지며, Chinnawamy와 Hanna(1988)는 전분 압출 성형물의 연구에서 팽화율이 클수록 파단강도는 작은 것으로 발표하였다.

한편, 분쇄한 압출 성형물의 수분흡수지수 및 수분용해도 값은 처리구에 따라 각각 3.58~7.81 및 43.9~54.8의 결과를 보이고 있다. Mercier과 Feillet (1975)는 쌀가루의 압출실험에서 수용성 dextrin과 수용성 전분의 영향때문에 처리온도가 높고 수분함량이 낮을수록 수분흡착력이 증가하는 것으로 보고하였고, Bhattacharya 등(1986)도 역시 수분함량이 증가하면 압출성형물의 수분흡착력이 낮아지는 것으로 발표해 수분함량과의 관계에 중점을 두었으며, 일반적으로 전분 압출성형물의 용해현상은 전분 macromolecular의 붕괴가 일어나기 때문인 것으로 알려져 있다(Gomez et al, 1984).

처리구별 압출 성형물의 색깔은 명암도(L값), 적색도(a값) 및 황색도(b값)로 나타내었으며, 미역분말과 corn grits의 혼합에 의한 압출 성형물의 명암도는 압출성형전 재료보다 낮은 값을 보이고 있으나 상대적으로 황색도, 적색도 값은 높게 나타나 압출성형 공정 중 갈변현상이 나타남을 알 수 있었다. 압출 성형물의 명암도는 미역함량이 증가함에 따라 감소하고, 토출구 온도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었고, 처리구의 수분함량에 따라서는 변곡점을 형성하였다. Extrusion cooking 이 색도에 미치는 영향에 관한 연구 결과들을 보면 목 등(1984)은 보리의 압출성형 실험에서 압출온도가 높으면 명도가 증가한다고 보고하였고, 류와 이(1988)는 원료 쌀가루의 수분함량이 낮고 압출

처리 온도가 높으면 명도가 낮아지고 황색도가 강해지는 것으로 보고한 바와 같이 압출성형과정에서 고온고압에 의한 증밀립 현상으로 명암도가 낮아진 것으로 생각되었다. 한편 이들 종속변수들의 평균치는 표 6과 같다.

Table 6. Mean values of each dependent variables

Dependent variables	mean	unit
Expension ratio(ER)	2.45	
Bulk density(BD)	0.12	g/cm <sup>2</sup>
Break strength(BS)	70.39	kg
Water absorption index(WAI)	5.30	%
Water solubility index	49.94	%
Lightness(L)	49.39	
Redness(a)	-1.19	
Yellowness(b)	16.35	

### 3. 측정 종속변수들간의 상관관계 검토

Table 7은 각 종속변수들간의 단순상관관계를 조사한 것이다. 표 7에서 나타난 바와 같이 팽화율은 밀도, 전단강도 및 수분용해도지수와 높은 상관관계가 있고, 밀도는 수분용해도지수 전단강도는 b값, 수분흡수지수는 명암도, 수분용해도지수와 명암도는 b값과 각각 높은 상관관계를 나타내었다.

### 4. 반응표면 분석에 의한 독립변수들이 압출 성형물의 이화학적 특성에 미치는 영향

#### 가. 팽화율에 대한 영향

주어진 범위내에서 세 가지 독립변수인 수분함량(15~21%), 미역함량(10~30%) 및 토출구 온도(95~115 ℃)가 변할 때 팽화율에 대한 세가지 독립변수중 수분함량(15~21%)과 미역함량이 변할 때 팽화율에 대한 관계를 나타내면 그림 1과 같다 (R<sup>2</sup>=0.8778). 즉, 주어진 범위 내에서는 수분함량이 21%이고, 미역함량이 10%일때 팽화율이 가장 높았다. 또한 세가지 독립변수인 수분함량, 미역함량 및 토출구 온도 모두에 대하여 추정된 반응표면 회귀식은 아래와 같으며 안부점(saddle point)에서 최적 반응표면을 나타내었다(R<sup>2</sup>=0.9616). 즉, 주어진 범위 내에서는 수분함량 21%, 미역함량 10% 및 토출구 온도 118 ℃에서 팽화율이 가장 높았다.

$$Y = -9.5159 + 2.2625X_1 + 0.3135X_2 - 0.3220X_3 - 0.0318X_1^2 - 0.0028X_2^2 - 0.0020X_3^2 - 0.0168X_1X_2 + 0.0067X_1X_3 - 0.0005X_2X_3 \quad (R^2 = 0.9616)$$

Table 7. Correlation matrix among dependent variables

Dependent variables	ER(Y <sub>1</sub> )	BD(Y <sub>2</sub> )	BS(Y <sub>3</sub> )	WAI(Y <sub>4</sub> )	WSI(Y <sub>5</sub> )	L(Y <sub>6</sub> )	a(Y <sub>7</sub> )	b(Y <sub>8</sub> )
ER(Y <sub>1</sub> )		-0.7140***	0.7686***	-0.1455	0.7106***	0.3365	-0.4044	0.7489***
BD(Y <sub>2</sub> )			-0.5660*	0.5454*	-0.7458***	-0.5668*	-0.1449	-0.5684*
BS(Y <sub>3</sub> )				-0.3819	0.4771	0.4685	-0.0500	0.7282***
WAI(Y <sub>4</sub> )					-0.4811	-0.6711**	-0.5260	-0.3948
WSI(Y <sub>5</sub> )						0.5919	-0.0889	0.7622***
L(Y <sub>6</sub> )							0.3026	0.729***
a(Y <sub>7</sub> )								-0.2054
b(Y <sub>8</sub> )								

\* Significant at 5%, \*\* Significant at 1%, \*\*\* Significant at 0.5%

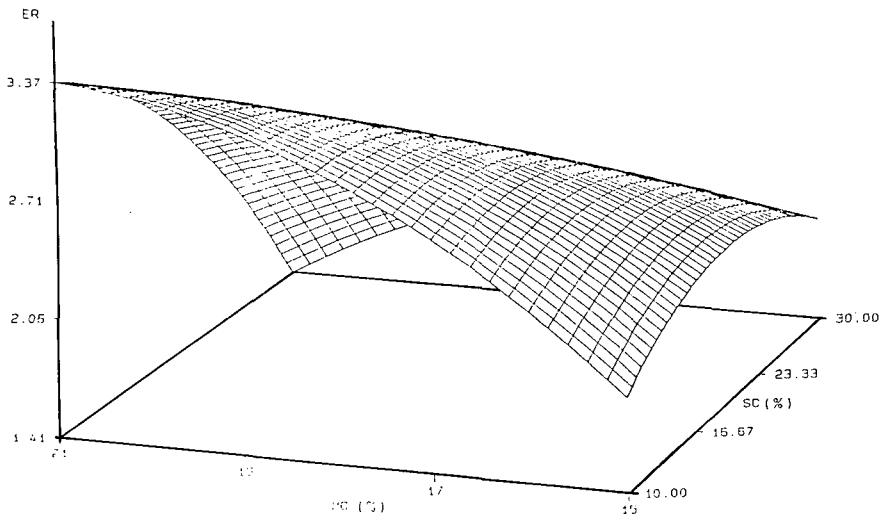


Fig. 1. Three dimensional plot of relationship between expansion ratio of corn grits extrudate, moisture content and sea mustard content of feed.

나. 밀도에 대한 영향

수분함량(15~21%)과 미역함량(10~30%)이 변할 때 밀도의 변화를 3차원으로 표시한 것은 그림 2와 같다(R<sup>2</sup>=0.9032). 즉, 수분함량 15.6%, 미역함량 18.7%일때 추정된 밀도는 0.087이었다. 미역함량과 토출구 온도와의 관계는 미역함량 15.7% 토출구 온도 108.1 °C일때 추정값은 0.107이었다(R<sup>2</sup>=0.7153). 주어진 범위에서 세가지 독립변수인 수분함량(15~21%), 미역함량(10~30%) 및 토출구 온도(95~115 °C)가 변할 때 밀도에 대하여 추정된 반응 표면 회귀식은 아래와 같으며 안부점(saddle point)에서 최적반응 표면을 나타내었다(R<sup>2</sup>=

0.9904).

$$Y_2 = -0.7307 \div 0.0586X_1 - 0.0202X_2 - 0.0448X_3 + 0.008X_1^2 - 0.0004X_2^2 - 0.0002X_3^2 + 0.0012X_1X_2 + 0.0001X_1X_3 - 0.0001X_2X_3 (R^2=0.9904)$$

미역함량과 토출구 온도 그리고 밀도와와의 관계는 그림 3과 같다(R<sup>2</sup>=0.7153). 즉, 주어진 범위 내에서 수분함량, 미역함량 29.8, 토출구 온도 101.1%일때 추정된 밀도는 최적 반응표면을 나타내었다.

다. 전단강도에 대한 영향

미역함량(15~21%)과 토출구 온도(95~115 °C)가 변할 때 전단강도의 변화를 3차원 그림으로 그

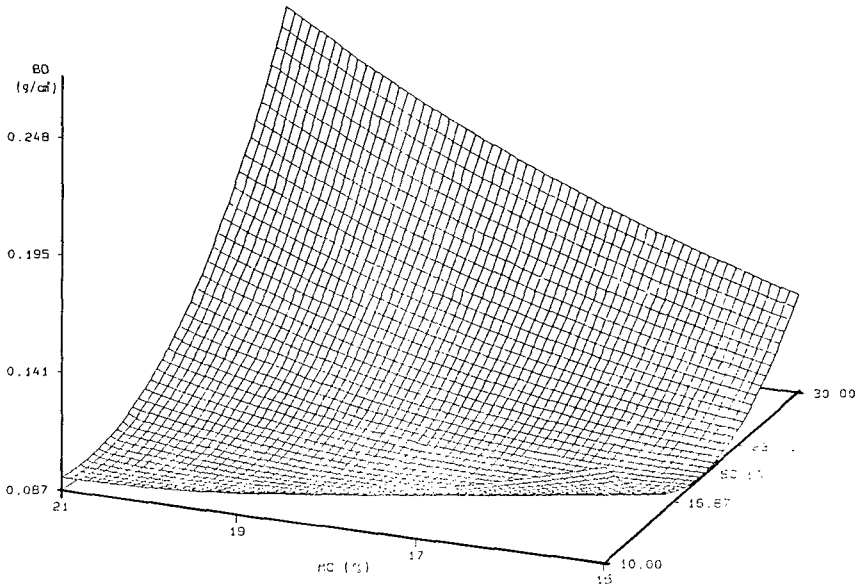


Fig. 2. Three dimensional plot of relationship between bulk density of corn grits extrudate, moisture content and sea mustard content of feed.

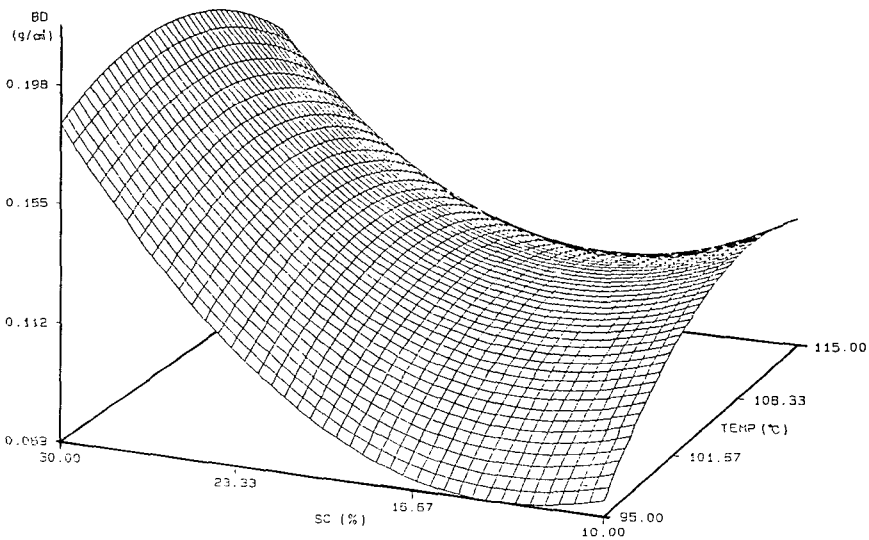


Fig. 3. Three dimensional plot of relationship between bulk density of corn grits extrudate, sea mustard content and die temperature of feed.

림 4에 나타내었다( $R^2=0.6178$ ). 세가지 독립변수인 수분함량(15~21%), 미역함량(10~30%) 및 토출구 온도(95~115 °C)가 변할 때 전단강도에 대하여 추정도니 반응 표면 회귀식은 아래와 같으며 안부점(saddle point)에서 최적 반응표면을 나타내

었다( $R^2=0.7699$ ).

$$Y_3 = 2405.67 + 117.45X_1 + 8.3775X_2 - 43.535X_3 - 0.8208X_1^2 - 0.0256X_2^2 + 0.2773X_3^2 - 0.3183X_1X_2 - 0.7583X_1X_3 - 0.467X_2X_3 (R^2=0.7699)$$

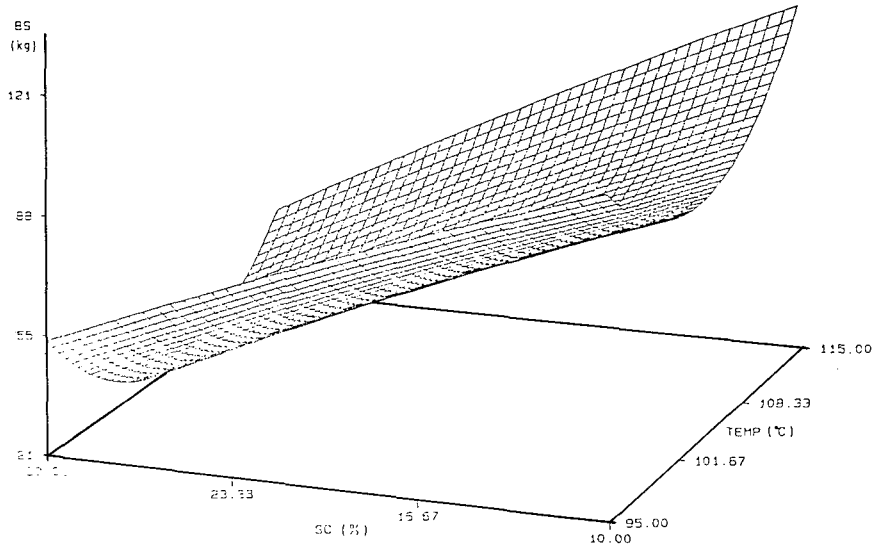


Fig. 4. Three dimensional plot of relationship between break strength of corn grits extrudate, sea mustard content and die temperature of feed.

라. 수분흡수지수(WAI)에 대한 영향

수분함량(15~21%)과 미역함량(10~30%)이 주어진 조건 내에서 변할 때 수분흡수지수의 변화는 그림 5에 나타내었다. 즉, 수분함량 19.0%이고, 미역함량 11.5%일때의 수분 흡수지수는 5.5로 최적치를 나타내었다( $R^2=0.8024$ ). 세가지 독립변수인 수분함량(15~21%), 미역함량(10~30%) 및 토출구 온도(95~115 °C)가 주어진 범위에서 변할 때 수분흡수지수에 대하여 추정된 반응표면회귀식은 아래와 같으며, 안부점(saddle point)에서 최적반응표면을 나타내었다( $R^2=0.8797$ ).

$$Y_4 = -75.902 + 5.315X_1 + 0.5803X_3 + 0.904X_3 - 0.1406X_1^2 - 0.0004X_2^2 - 0.0039X_3^2 - 0.0093X_1X_2 + 0.0012X_1X_3 - 0.0046X_2X_3 \quad (R^2=0.8797)$$

최적반응을 보였을 때의 각 요인들의 임계치는 수분함량 18.9%, 미역함량 13.0% 및 토출구 온도 108.8 °C로 이 때 수분흡수지수의 최적 추정치는 5.8%이다. 본시험에서는 위험을 0.5% 이내로 나타냈다.

마. 수분용해도지수(WSI)에 대한 영향

주어진 조건내에서 수분함량(15~21%)과 미역함량(10~30%)이 변할 때 수분용해도지수와의 관계를 3차원으로 표시하면 그림 6과 같다( $R^2=0.6827$ ). 즉 수분함량 15.4%, 미역함량 18.9%일때 추정된 수분용해도지수가 51.5로 최적반응을 나타내었다. 또한 주어진 조건내에서 미역함량(10~30%)과

토출구 온도(95~115 °C)와의 관계를 3차원으로 표시하면 그림 7과 같다( $R^2=0.7038$ ). 즉 미역함량 17.3%, 토출구 온도 108 °C일때 추정된 수분용해도지수는 51.3으로 최적반응을 나타내었다. 세가지 독립변수인 수분함량(15~21%), 미역함량(10~30%) 및 토출구 온도(95~115 °C)가 주어진 범위에서 변할 때 수분용해도지수에 대하여 추정된 회귀식은 다음과 같으며, 안부점(saddle point)에서 최적반응표면을 나타내었다( $R^2=0.8476$ ).

$$Y_5 = 82.4385 + 0.5250X_1 + 0.5283X_2 - 4.4675X_3 + 0.0976X_1^2 - 0.0394X_2^2 - 0.0207X_3^2 - 0.0766X_1X_2 - 0.0208X_1X_3 + 0.0205X_2X_3 \quad (R^2=0.8476)$$

최적반응을 보였을 때의 각 요인들의 임계치는 수분함량 15.9%, 미역함량 18.7% 및 토출구 온도 106.2 °C이었으며, 이때의 추정된 수분흡수지수는 50.3이었다.

바. 명암도에 대한 영향

독립변수중 수분함량(15~21%)과 미역함량(10~30%)이 주어진 범위내에서 변할때 명암도(L값)의 변화를 3차원으로 표시하면 그림 8과 같다. 즉 수분함량이 18.8이고 미역함량이 3.6일때 추정된 L값은 51.8로 최적반응 나타내었다. 또한 미역함량(10~30%)과 토출구 온도(95~115 °C)가 자유롭게 변할때 명암도(L값)와의 관계를 3차원으로 표시하면 그림 9와 같다. 즉 미역함량이 4.4%이고



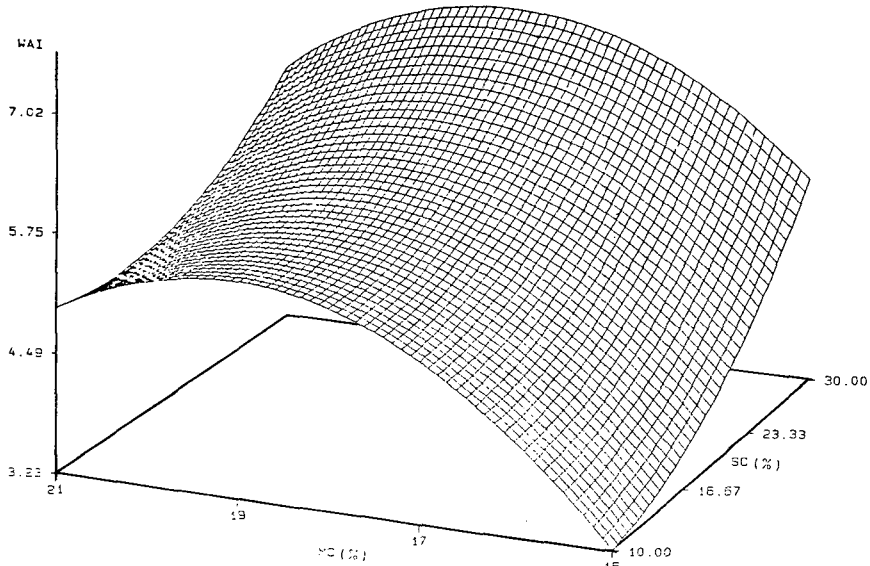


Fig. 5. Three dimensional plot of relationship between water absorption index of corn grits extrudate, moisture content and sea mustard content of feed.

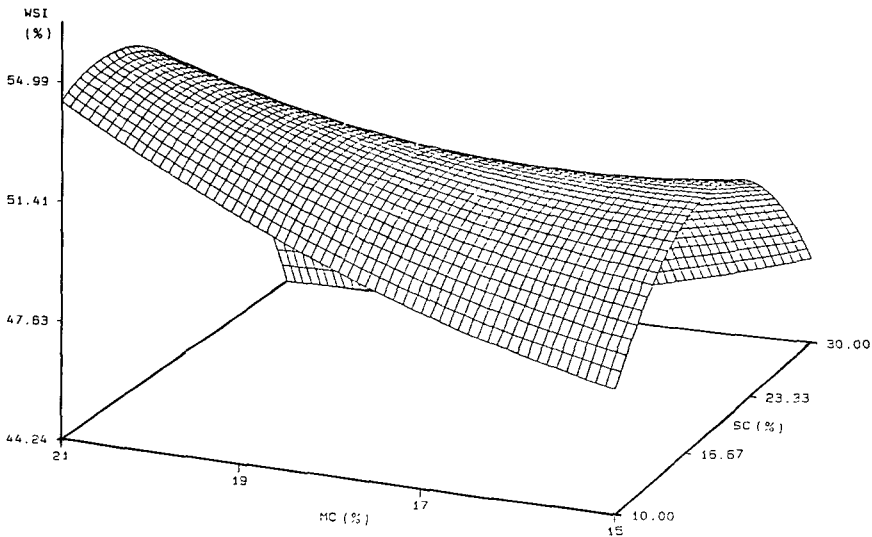


Fig. 6. Three dimensional plot of relationship between water solubility index of corn grits extrudate, moisture content and sea mustard content of feed.

토출구의 온도가 105.3 °C일때 L값은 52.6으로 최적 반응을 나타내었다. 세가지 독립변수 모두가 주어진 범위내에서 변할때 명암도(L값)의 변화를 추정 한 반응표면 회귀식은 아래와 같으며, 안부점(saddle point)에서 최적반응표면을 나타내었다( $R^2=0.8164$ )

$$Y_6 = 309.5166 - 15.50X_1 - 0.2058X_2 - 4.2275X_3 + 0.3462X_1^2 - 0.0113X_2^2 + 0.0181X_3^2 + 0.0133X_1X_2 + 0.0233X_1X_3 + 0.0040X_2X_3 (R^2=0.8146)$$

이때의 추정된 최적 조건은 수분함량 18.8%, 미역함량 1.7% 토출구 온도 104.4 °C이었다.

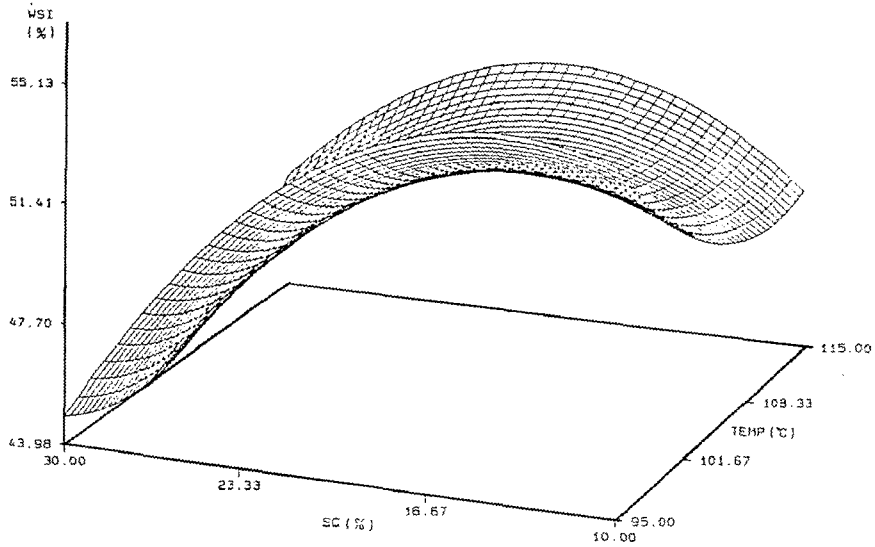


Fig. 7. Three dimensional plot of relationship between water solubility index of corn grits extrudate, sea mustard content and die temperature of feed.

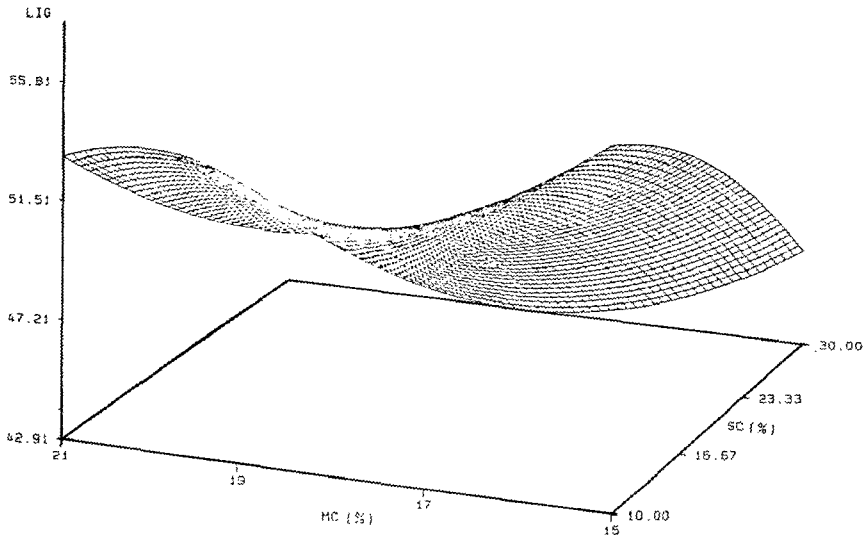


Fig. 8. Three dimensional plot of relationship between lightness of corn grits extrudate, moisture content and sea mustard content of feed.

사. 적색도에 대한 영향

독립변수중 수분함량(15~21%), 미역함량(10~30%)이 주어진 범위내에서 자유로이 변할때 적색도(a값)의 변화를 3차원 그림으로 표시하면 그림 10과 같다( $R^2=0.7010$ ) 즉, 수분함량 18.0%, 미역함량 33.1%일때 추정된 적색도는 -1.3으로 최적반응

을 나타내었다. 또한 수분함량(15~21%), 토출구 온도(95~115 °C)가 주어진 범위내에서 자유로이 변할때 적색도(a값)의 변화를 3차원 그림으로 표시하면 그림 11과 같다( $R^2=0.7152$ ). 즉, 수분함량 21.2%이고 토출구 온도가 91.8 °C일때 추정된 a값은 -1.2로 최적반응을 나타내었다. 세가지 독립변수

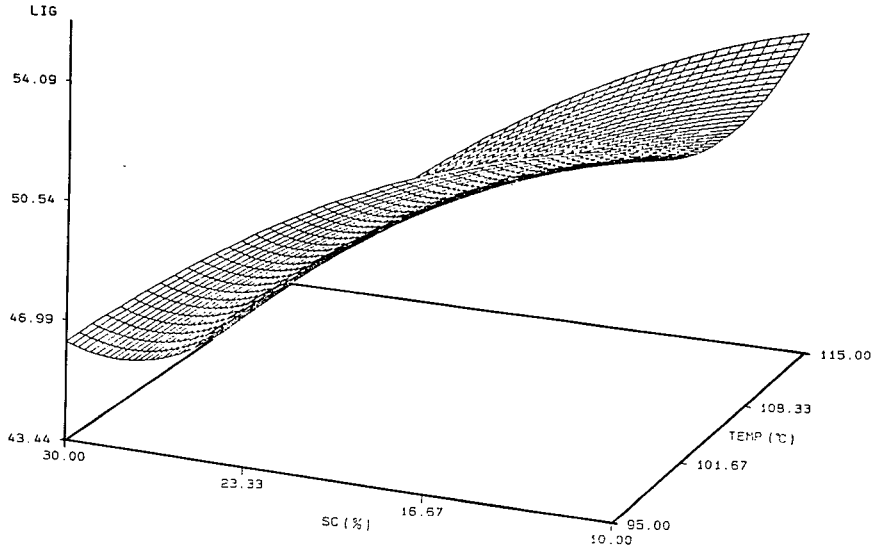


Fig. 9. Three dimensional plot of relationship between lightness of corn grits extrudate, sea mustard content and die temperature of feed.

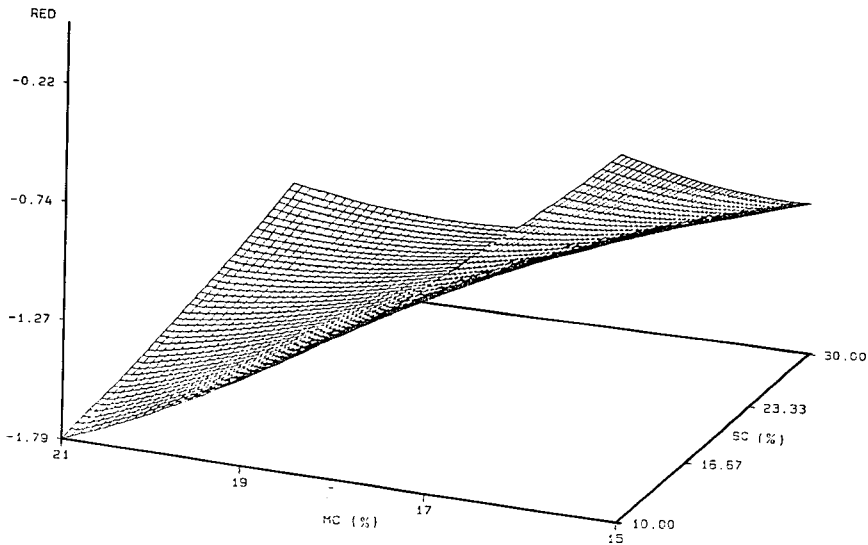


Fig. 10. Three dimensional plot of relationship between redness of corn grits extrudate, moisture content and sea mustard content of feed.

모두가 주어진 범위내에서 자유로이 변할때의 a값과의 관계를 추정한 반응표면 회귀식은 아래와 같으며, 안부점(saddl point)에서 최적반응표면을 나타내었다( $R^2=0.8825$ )

$$Y_7 = 0.7511 - 0.7237X_1 - 0.1877X_2 + 0.2946X_3 + 0.0177X_1^2 + 0.0002X_2^2 - 0.0012X_3^2 + 0.0112X_1X_2 - 0.0027X_1X_3 - 0.0003X_2X_3 \quad (R^2 = 0.8825)$$

아. 황색도에 대한 영향

독립변수중 수분함량(15~21%), 미역함량(10~30%)이 주어진 범위내에서 변할때 황색도(b값)의 변화를 3차원 그림으로 표시하면 그림 12와 같다( $R^2=0.7010$ ). 즉, 수분함량 12.9%, 미역함량 13.8%일때 추정된 b값은 16.4로 최적반응을 나타내었다. 또한 미역함량(10~30%), 토출구 온도(95~115

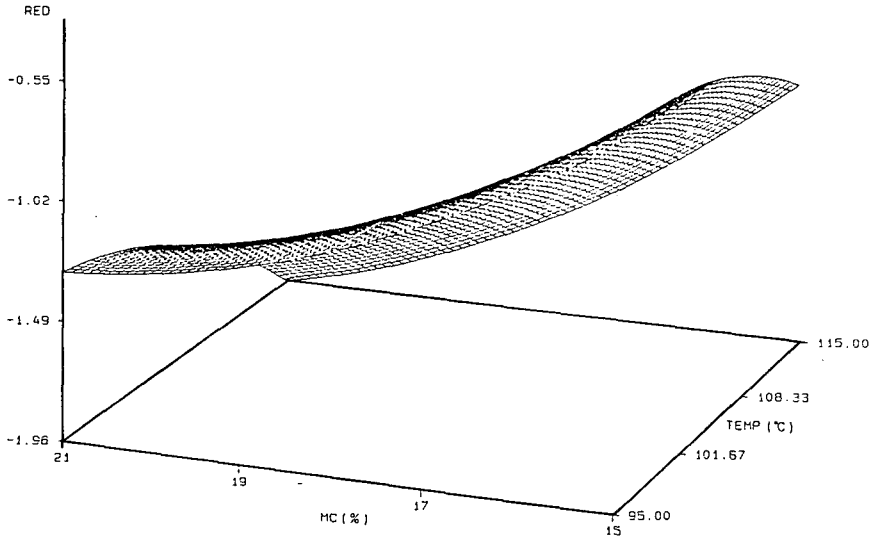


Fig. 11. Three dimensional plot of relationship between redness of corn grits extrudate, moisture content and die temperature of feed.

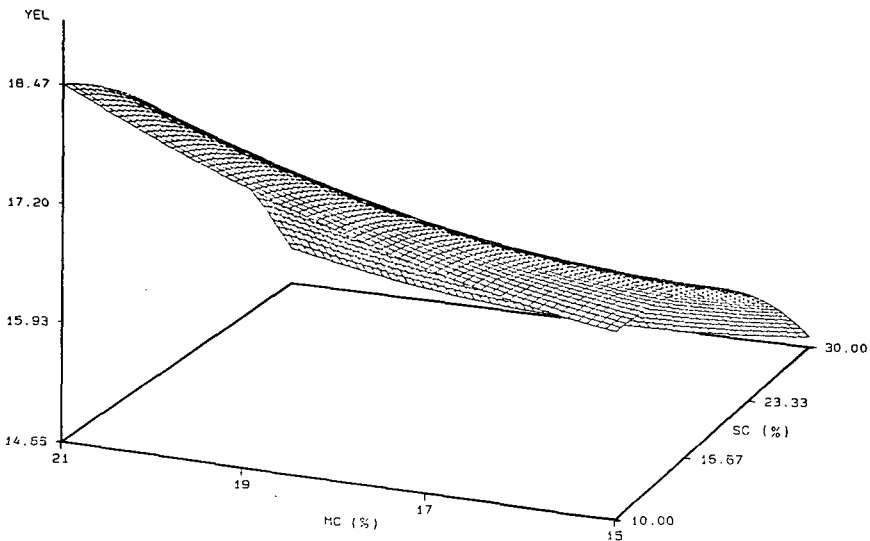


Fig. 12. Three dimensional plot of relationship between yellowness of corn grits extrudate, moisture content and sea mustard content of feed.

℃)가 주어진 범위내에서 자유로이 변할때 b값의 변화를 3차원 그림으로 표시하면 그림 14와 같다 ( $R^2=0.6965$ ). 즉, 미역함량이 6.49%이고, 토출구 온도가 104.6 ℃일때 추정된 b값은 17.1로 최적반응을 나타내었다. 세가지 독립변수 모두가 주어진 범위내에서 자유로이 변할때의 황색도(b값)의 변화를 추정한 반응표면 회귀식은 아래와 같으며, 안부점(saddle point)에서 최적반응표면을 나타내었다

( $R^2=0.8417$ )

$$Y_8 = 67.4604 - 0.5416X_1 + 0.3458X_2 - 1.4150X_3 + 0.0324X_1^2 - 0.0045X_2^2 + 0.0069X_3^2 - 0.0133X_1X_2 - 0.0016X_1X_3 - 0.0005X_2X_3 \quad (R^2=0.8417)$$

즉, 수분함량 13.5%, 미역함량 12.2%, 토출구 온도가 104.3 ℃일때의 추정된 b값은 16.1로 최적반응표면을 나타내었다.

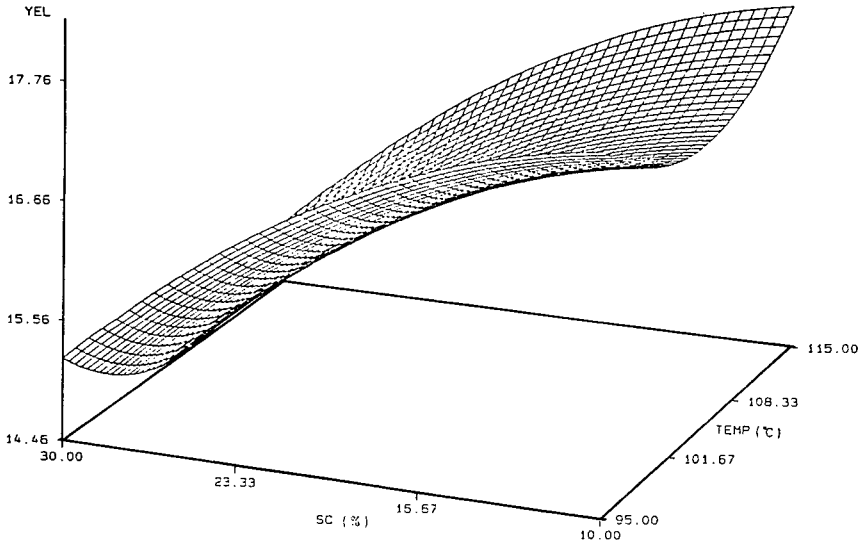


Fig. 13. Three dimensional plot of relationship between yellowness of corn grits extrudate, sea mustard content and die temperature of feed.

## 요 약

본 연구에서는 우리나라의 연근해에서 생산되는 해조류를 이용하여 압출 성형물을 제조하기 위하여 단축스쿠류 압출성형기를 이용, corn grits에 미역 분말을 첨가하여 압출성형시켰을 때 일어나는 이화학적 특성변화를 반응표면 실험계획법에 의하여 분석하였다.

미역분말을 첨가한 corn grits 압출성형물의 이화학적 측정치인 각 종속변수들간의 단순상관관계를 보면 밀도는 팽화율, 명암도, 파단강도는 수분용해도지수, 명암도, 수분흡수지수는 수분용해도지수에서 유의차를 나타내었다.

독립변수인 수분함량(15~21%), 미역분말함량(10~30%) 및 토출구온도(95~115℃)의 주어진 범위에서 각 종속변수인 이화학적 특성에 대한 영향을 3차원 반응표면 회귀분석을 하였을 때, 팽화율은 수분함량이 감소하고 토출구 온도가 증가할 때 증가하였으며, 밀도는 수분함량과 미역분말함량이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 파단강도는 수분함량과 미역분말함량이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 파단강도는 수분함량이 증가함에 따라 증가하는 반면, 미역분말함량에 따라서는 감소하는 경향이 있었다. 수분용해도지수는 수분함량이 증가할수록 증가하는 경향으로 나타났고, 명암도는 대체로 미역함량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보여주었다.

## 참 고 문 헌

- Anderson R.A., H.F. Conway, V.F. Pfeifer and L.E.J. Griffin, 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion-cooking. *Cereal Sci.*, 14(7), 11~12.
- Beung-Ho Ryu, Bong-Ho Chi, Dong-Seuk Kim and Mi-Suck Ha, 1986. Desmutagenic Effect of Extracts Obtained from Seaweeds. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 19(5), 502~508.
- Bhattacharya M., M.A. Hanna and R.E. Kaufman. 1986. Textural properties of extruded plant protein blends. *J. Food Sci.*, 51(4), p. 988.
- Chinnaswamy R. and M.A. Hanna. 1988. Optimum extrusion cooking conditions for maximum expansion of corn starch. *J. Food Sci.*, 53(3), 834~840.
- Gomez M.H. and J.M. Aguilera. 1984. A Physiochemical model for extrusion of corn starch. *J. Food Sci.*, 49, p. 40.
- Mercier C. and P. Feillet. 1975. Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. *Cereal Chemistry*, 52(3), p. 283.
- Spadaro J.J., H.H. Mottern and A.S. Gallo. 1971. Extrusion of rice with cottonseed peanut flour. *Cereal Sci. Today*, 16(8), p. 238.

류기형, 이철호. 1988. Effect of moisture content and particle size of rice flour on the physical properties of the extrudate. Korean J. Food Sci. Technol., 20(4), p. 429.

목철균, 남영중, 민병용, 알 이 파일러, 씨인 맥도날드. 1984. Extrusion process of barley flour for snack processing. Korean J. Food Sci. Technol.,

16(4), p. 429.

조경자, 이영숙, 류병호, 1990. 청각과 김에서 추출한 당단백질의 Sarcoma-180에 대한 항암 효과 및 면역활성. 한수지, 23(5), 345~352.

---

1993년 8월 2일 접수

1994년 1월 5일 수리