

감마선조사가 메밀전분의 물리적 특성에 미치는 영향

이종혁 · 장영일 · 장규섭

충남대학교 식품공학과

Effect of Gamma Irradiations on Physical Properties of Buckwheat Starch

Jong Hyeouk Lee, Yeong-il Chang and Kyu-Seob Chang

Department of Food Science & Technology, Chungnam National University

Abstract

The prepared buckwheat starch was treated with gamma irradiation at different levels (0, 5, 10, 20, 30 kGy). Viscosity, Hunter L, a and b value, To, Tp, Tc and ΔH of the irradiated sample were selected by the means of central composite design with several factors (NaCl, water, temperature) and analyzed by response surface analysis and multiple regression analysis to determine linear, quadratic and interaction effects among the independent variables. Using response surface methodology and multiple regression analysis, a model equation on the viscosity of buckwheat starch solution containing independent variables was derived and it was found to be highly significant at $\alpha=0.05$. Gelatinization temperature To and ΔH of the buckwheat starch found to be 59.70~66.57°C and 0.22 J/g~1.315 J/g, respectively were examined to use the development of multi-functional food material.

Key words: buckwheat starch, gamma irradiation, DSC, response surface analysis

서 론

메밀(*Fagopyrum esculentum*)은 마디풀과(*Polygonaceae family*)에 속하는 식물로서 분류학상 곡류와 유사한 특성을 지니고 있으며 추운 지방이나 메마른 땅에서 잘 자라는 작물로서 예로부터 救荒食品으로 많이 사용되어왔다(심태흠 등, 1998). 메밀은 세계적으로 15종의 메밀이 있는 것으로 알려지고 있으며 우리나라 메밀재배 면적은 4,640 ha, 생산량은 4,730 ton(농림부)에 이르고 있고 근래 중국에서 많은 양이 수입해 들어오고 있는 실정이다. 영양면에서 우수한 곡물로 알려지고 있어 메밀떡 메밀국수 냉면등으로 애용되고 있다. 메밀은 단백질의 함량이 높고 아미노산 조성이 균형 있게 함유되어 있어서 영양적으로 우수할 뿐만 아니라 isoflavonoid의 일종인 rutin과 같은 성분의 함량이 높은 건강 식품, 기능성 식품, 기호식품 그리고 관광식품의 원료로 널리 이용되고 있다. 특히 rutin은 항

산화효과, 항당뇨활성, 혈압 강하작용, 고혈압 예방, 고콜레스테롤을 저지 효과 등의 기능을 가진 성인병 예방 물질로 알려져 있다(김성근 등, 1997; 함승시 등, 1994; 이정선 등, 1996; 김영순 등, 1994). 또한 메밀의 생분가는 탈지우유 고형물의 95.2%, 전란 고형물의 81.4%로서 생체 이용율이 높은 식품 원료이다(Kayashita et al., 1995). 메밀을 이용한 식품의 다양화를 위해서는 메밀 성분 중에 함량이 높은 전분에 대한 특성이 검토되어야 할 것으로 생각되어진다(중촌도덕 등, 1980). 식품산업에 있어서 감마선 기술은 방사성 동위원소 또는 기계적으로 발생하는 이온화 에너지를 이용하여 식품가공원료 및 가공제품의 위생화와 안전저장 및 유통, 제조공정 개선 등 여러 분야에 효과적으로 활용할 수 있는 기술 집약적 분야의 하나이다. 방사선조사는 종자 개량도하고 생산량도 높여주고, 저장 중에 물리적, 화학적, 미생물적인 변성을 일으켜 많은 량이 손실이 되고 있으며 세계적으로 약 100년전 방사성 물질이 발견되면서 방사선 조사는 식품중의 미생물을 사멸시킬 수 있다는 가능성이 제시되었다. 1950년대 방사성 물질의 대량 생산과 이용이 가능해지면서 본격적인 연구가 미국으로부터 방사선이용연구(변명우,

Corresponding author: Jong Hyeouk Lee, Department of Food Engineering Chungnam National University, Gung Dong, Yusong-Gu, Taejon 305-764, Korea

1997)가 진행되어 왔으며 1980년대에 접어들면서 현재 까지 안전성에 대한 과학적 뒷받침과 WHO, FAO, IAEA 등 국제기구와 FDA 등의 주도에 의해 실용화 기반을 마련하기 시작하였다. 선진국에서는 식품가공과 저장 방법으로 알려진 감마선 조사기술은 이용대상 식품에 대한 저장수명 연장, 살충, 살균 및 건조식품의 물성 개선 등에 효과가 탁월하다는 것이 인정되어 현재 39개국에서 40여 식품군, 230여 품목이 각국 보건 당국에 의해 허가되어 실용화되고 있다(강일준 등, 1996; 육홍선, 1999; Muramatsu *et al.*, 1990; Sokhey *et al.*, 1993; 권중호 등, 1985).

이런 효율적인 이용을 극대화하려면 전분의 이화학적 특성 및 감마선 조사 특성을 이해하여야 하며, 이에 따른 메밀전분의 물성적인 면을 관찰하여야 한다. 이와 같은 결과를 식품제조공정에 이용되어 많은 식품을 개발하는데 기초자료로 도움이 된다면 메밀의 수요가 증가할 것이고 또한 많이 경작하여 국민들의 영양공급에 이바지할 것이다(양재승, 1997; Mondelli *et al.*, 1994).

이철호와 박상희(1982)는 조직감의 특성을 역학적, 기하학적 특성과 기타특성으로 분류하여 각 특성별 용어를 정리하였으며 General Food Texturometer로 측정된 물성과 기호성과의 상관관계를 구하여 texture profile analysis(TPA) 방법의 타당성을 입증하였다(Lorenz *et al.*, 1976). 이 방법을 이용하여 물성에 대한 많은 연구가 활발하게 진행되어 왔으며 최근에 이르러서는 반응표면 실험 계획법(response surface methodology)에 의한 제품의 품질관리, 제조공정의 개선 및 새로운 제품의 연구개발을 위한 수단으로 연구가 이루어지고 있다(박성현, 1994).

본 연구는 현재 건강식품으로 널리 이용되고있는 메밀전분의 기능성과 부가가치를 높이기 위해서 감마선을 조사하였을 때의 물리적 특성 변화를 조사하였다. 일정량의 감마선을 조사하였을 때 전분의 점도, 색도와 열적특성도 기기(DSC)를 이용한 T_o , T_p , T_c , ΔH 를 측정하였다. 이 측정된 이들 결과를 반응표면 실험 계획법의 기법으로 관찰하여 삼차원적으로 나타내었는바, 감마선을 조사한 메밀전분의 물성은 개선되었다.

재료 및 방법

재료

메밀가루는 1998년 10월 강원도 평창에서 생산된 메밀을 가루로 만들어 실온에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

메밀 전분의 조제

Saito 등의 방법(Saito, 1980; Yamamoto *et al.*, 1980)을 일부 변형한 알칼리 처리법에 의하였다. 즉, 원료 가루를 2배량의 0.2% NaOH 용액에 실온에서 24시간 침지후 액을 버리고 다시 알칼리 액을 가해 실온에서 12시간 침지한 후 2 배량의 알칼리 액을 가하여 150 mesh로 사별한 다음 정치법으로 침지 시켜 Buret 반응이 나타나지 않을 때까지 수세 한 뒤 2,000 rpm에서, 10분간 원심 분리하여 침전 전분의 중간층을 취하여 30°C, 10시간 열풍 건조하여 메밀 전분의 공시 재료로 사용하였다.

메밀 전분시료의 감마선 조사 및 저장

시료를 선별, 정선한 후 선원 100,000 Ci ^{60}Co 감마선 조사시설을 이용하여 실온에서 시간당 1 kay의 선량률로서 2.5~30 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 시료의 감마선 조사시, 흡수선량의 오차를 줄이기 위하여 비닐용기에 넣어 사용하였으며, 흡수선량의 확인은 공인된 방법에 따라 하였다. 감마선을 조사한 후 시료는 냉장보관 4°C에서 하면서 실험에 사용하였다.

메밀 전분의 이화학적 성질

일반 성분

시료의 수분, 조단백질, 탄수화물, 조지방, 조섬유, 회분의 함량은 A.O.A.C법(A.O.A.C, 1990)에 따라 분석하였다.

색도

시료 전분의 색도는 micro match color difference meter(model D25A-2 ICS Co., England)를 이용하여 Hunter L, a, b 값을 구하였다.

점도 측정

VISCOMETERS & RHEOMETERS (Model DV-III, Brookfield Engineering Laboratories, INC. USA) 기기를 이용하여 시험온도 40°C, 50°C, 60°C, 70°C 및 80°C하에서 RPM을 고정하여 시료를 비처리구 시료에 고형량 4%가 되게 죽과 같이 만들고, 처리구도 같은 방법대로 만들어 sucrose와 NaCl을 시험 배합비 대로 넣어 배합을 하여 5번씩 5분 이내의 점도를 평균하였다.

전분 겔의 열적특성

전분 겔의 열역학적 특성은 급속 냉각기와 온도 조절기가 부착된 DSC(Mettler TA-4000 Sytem, DSC-30, U.K.)를 사용해서 측정하였으며 구하고자 하는 요소별

Table 1. Composition ratio of buckwheat gel formula

Ingredient	Weight (%)
Buckwheat Starch	45
Water	55

로 방법을 달리하였다. 모든 측정의 reference pan으로 는 빈 pan을 사용하였으며, indium, 납(lead), 아연(zinc)을 사용하여 2주일 간격으로 보정하여, 샘플 크기 5~10 mg, 질소가스 주입을 50 ml/min로 하여 시료를 알루미늄 팬에 넣어 측정하였다.

실험계획 및 반응표면 분석

메밀전분을 기본 배합성분 및 비율은 Table 1과 같으며 이때 메밀 전분의 감마선 조사선량과 기계적 물성 측정치를 첨가물에 대한 반응변수로 하여 물성을 측정하였다.

Huang *et al.*(1994)방법에 따라 메밀전분 배합성분 중 물성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려진 sucrose, NaCl 및 방사선조사 등으로 알려진 5수준 3요인으로 하는 중심합성 실험 계획법(central composite design)(박성현, 1994)에 의하여 16개 실험 처리구와 그것에 따른 반응변수를 나타내었다.

이때 독립변수를 X, 종속변수를 Y로 설정한 다음 무작위 순서로 실험하여 얻은 종속변수 Y값을 통계 program을 이용하여 2차 다항회귀식을 구하고 각 영향인자에 대해 Model을 설명할 수 있는 1차선형 효과, 2차곡선 효과 및 인자간 교호작용을 살펴보고 회귀식을 이용하여 독립변수에 대한 종속값의 반응표면 상태를 등고선 분석(contour map)과 3차원 그래프를 통해 관찰하였다. 각 반응변수(Y)에 대한 모델 식은 다음과 같다.

$$Y = \beta_0 + \sum_{n=1}^4 \beta_n X_n + \sum_{n=1}^4 \beta_{nn} X_n^2 + \sum_{n \neq m=1}^4 \beta_{nm} X_n X_m$$

이때 $\beta(0)$ 는 중심점이고, $\beta(1)$ 는 1차선형 효과를 $\beta(2)$ 은 2차곡선 효과를, $\beta(3)$ 은 교호작용의 계수를 의미한다. 한편, 이 Model에 대해 다중 회귀분석, 분산분석, F검정 및 t검정을 통해 종속변수의 유의성을 결정하였다.

일반 메밀 전분의 물성을 감마선 선량의 변화, 온도, NaCl의 배합량에 의한 영향을 SAS의 표면처리방식에 따라서 서로 교호작용이 어떻게 일어나는 가를

Table 2. Variables and their levels for central composite design of buckwheat gel to determine the effect of gamma irradiations

Variables	Symbols	Coded variables				
		-2	-1	0	1	2
γ irradiation treatment (kGy)	X1	0	5	10	20	30
Temperature ($^{\circ}$ C)	X2	40	50	60	70	80
NaCl (%)	X3	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6

Table 3. Coded levels of ingredient ratios for experimental treatments and their responses

Treatment	Variable ^{a)}			Responses			
	X1 ^{b)}	X2 ^{c)}	X3 ^{d)}	Y1 ^{e)}	Y2 ^{f)}	Y3 ^{g)}	Y4 ^{h)}
1	-1	-1	-1	4.78	32.43	-0.26	-3.21
2	-1	-1	1	3.24	29.48	-0.35	-3.06
3	-1	1	-1	3.11	29.44	-0.35	-3.52
4	-1	1	1	3.27	31.10	-0.39	-3.57
5	1	-1	-1	2.12	29.19	-0.52	-4.53
6	1	-1	1	3.09	30.14	-0.52	-4.61
7	1	1	-1	2.39	29.32	-0.48	-4.61
8	1	1	1	2.34	31.11	-0.49	-4.36
9	0	0	0	4.09	30.78	-0.44	-4.22
10	2	0	0	2.53	29.29	-0.37	-4.68
11	-2	0	0	4.49	32.21	-0.40	-3.01
12	0	2	0	3.45	30.53	-0.42	-4.15
13	0	-2	0	5.95	31.83	-0.32	-3.67
14	0	0	2	3.93	30.46	-0.39	-4.01
15	0	0	-2	5.47	30.71	-0.48	-4.31
16	0	0	0	4.19	30.70	-0.38	-4.18

^{a)}Coded variable, ^{b)}Gamma irradiations, ^{c)}Temperature, ^{d)}NaCl (%), ^{e)}Viscosity, ^{f)}Lightness, ^{g)}a value, ^{h)}b value.

알 수 있으며 이에 점도 측정치 Y1, 칼라변화를 L값 Y2, a 값을 Y3, b값을 Y4로 측정된 결과는 Table 2 이다.

메밀전분에 감마선을 조사하여 감마선의 선량의 영향이 점도에 어떻게 반응하는가 이와 관련된 온도, NaCl의 조건변화에 따르는 흥미영역이 반응표면에 최대, 최소치로 나타나는 관찰을 통하여 다음 Table 3과 같다.

Table 3과 같은 감마선량(X1), 온도(X2), NaCl(X3)의 인자를 이런 조건으로 측정치를 점도 Y1, 칼라의 측정치중 명도 L값을 Y2, a값을 Y3, b값은 Y4로 나타내었다.

DSC의 특성은 수분함량에 따라서 크게 좌우함으로 수분함량(X1)와 감마선량(X2), NaCl 함량(X3)의인자를

Table 4. Variables and their levels for central composite design of buckwheat starch used for DSC analysis

Variables	Symbols	Coded variables				
		-2	-1	0	1	2
Water cont(%)	X1	40	45	50	55	60
Gamma-irradiation (kGy)	X2	0	5	10	20	30
NaCl cont. (%)	X3	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6

Table 5. Coded levels of variable ratios for experimental treatments and their responses determined by DSC

Treatments	Variables ^{a)}			Responses			
	X1 ^{b)}	X2 ^{c)}	X3 ^{d)}	Y1 ^{e)}	Y2 ^{f)}	Y3 ^{g)}	Y4 ^{h)}
1	-1	-1	-1	66.01	73.91	82.01	0.689
2	-1	-1	1	62.31	72.05	81.52	0.9662
3	-1	1	-1	61.98	72.39	80.41	0.86
4	-1	1	1	62.89	71.64	80.18	0.6547
5	1	-1	-1	61.61	71.49	81.01	0.8064
6	1	-1	1	60.78	72.07	80.91	0.7866
7	1	1	-1	60.01	69.55	78.85	0.7092
8	1	1	1	66.31	71.34	76.34	0.2283
9	0	0	0	59.51	70.83	83.16	1.315
10	2	0	0	63.57	71.30	79.99	0.6842
11	-2	0	0	62.16	70.79	78.86	0.9180
12	0	2	0	61.93	70.65	82.24	1.075
13	0	-2	0	62.31	73.69	82.97	1.274
14	0	0	2	64.40	72.47	81.14	0.714
15	0	0	-2	59.78	70.16	79.63	0.8976
16	0	0	0	59.70	71.43	83.23	1.2421

^{a)}Coded variable, ^{b)}Water cont(%), ^{c)}Gamma irradiation, ^{d)}NaCl cont(%), ^{e)}T0, ^{f)}TP, ^{g)}TC, ^{h)}ΔH value.

가지고, 이들의 교호작용을 분석하기 위해서 Table 4 과 같은 조건으로 분석 관찰하였다.

호화 개시온도는 수분함량에 따라 좌우되는 역할을 하며 감마선 조사의 처리정도에 따라서도 변화하는 것을 알 수 있었다.

조직의 강도와 물성을 좌우하는 NaCl의 함량은 전분가공식품에서 중요한 역할을 하기에 관련 교호성을 비교 관찰한 값은 Table 5와 같았다. Y1은 T0 값으로 호화가 개시하는 시작온도 점을 나타내고, Y2는 Tp값으로 최고로 높은 피크를 나타낸 온도 값을 나타내고 Y3은 Tc값으로 최종적으로 끝나는 점을 나타낸 온도점이며 Y4는 ΔH의 값을 나타낸 값이다.

Table 6. Proximate chemical compositions of buckwheat flour and starch % (W/W)

Compositions	buckwheat flour	buckwheat starch
Moisture	8.44	11.01
Crude protein	11.15	0.23
Crude fat	2.33	0.00
Carbonhydrate	76.42	88.25
Ash	1.66	0.51

Table 7. Changes in color of buckwheat flour and starch by gamma irradiations

Hunter's color value	Gamma irradiation (kGy)					
	Flour 0	5	10	20	30	
Lightness (L)	70.63	95.40	96.80	90.89	94.02	93.28
Greenness (-a)	2.42	-0.52	-1.03	0.57	-1.03	-1.16
Yellowness (+b)	9.93	2.51	2.83	4.17	5.9	7.05

결과 및 고찰

감마선조사의 물성

일반 성분

공시 재료로 사용된 메밀 전분의 일반 성분은 Table 6과 같다. 메밀가루의 조단백질은 쌀이나 옥수수 등 다른 곡류와 비교해보면 쌀인 경우에는 거의 6.4~7.7%, 옥수수에서는 9.0~9.9%인 점을 고려해 볼 때 조금 많은 것으로 확인되었으며, 메밀 전분은 일반 전분보다 회분이 많은 것을 알 수 있으며 도정이나 품종간에 차이는 있을 수 있지만 대체적으로 많은 것으로 나타났다.

Yamamoto *et al.*(1973)은 곡류를 0.2% NaOH 용액으로 3~5시간 진탕 교반하므로써 99%의 단백질, 90%의 지질 및 85% 회분이 제거된다고 보고하였다. 본 실험에서는 4회의 알칼리 처리로서 단백질, 지질, 조섬유는 거의 제거되었으므로 순수한 메밀 전분을 얻었음을 알 수 있었다.

색도

메밀가루 및 전분의 색도를 측정된 결과는 Table 7과 같다.

L값은 전체적으로 밝은 색의 범위에 속하며 메밀가루로 전분을 만든 후에는 밝은 색을 얻었으나, 고선량의 감마선을 조사하게 되면 차츰 낮아지는 색으로 되는 것을 알 수 있었다. 또한 a값도 약간감소 하여 녹

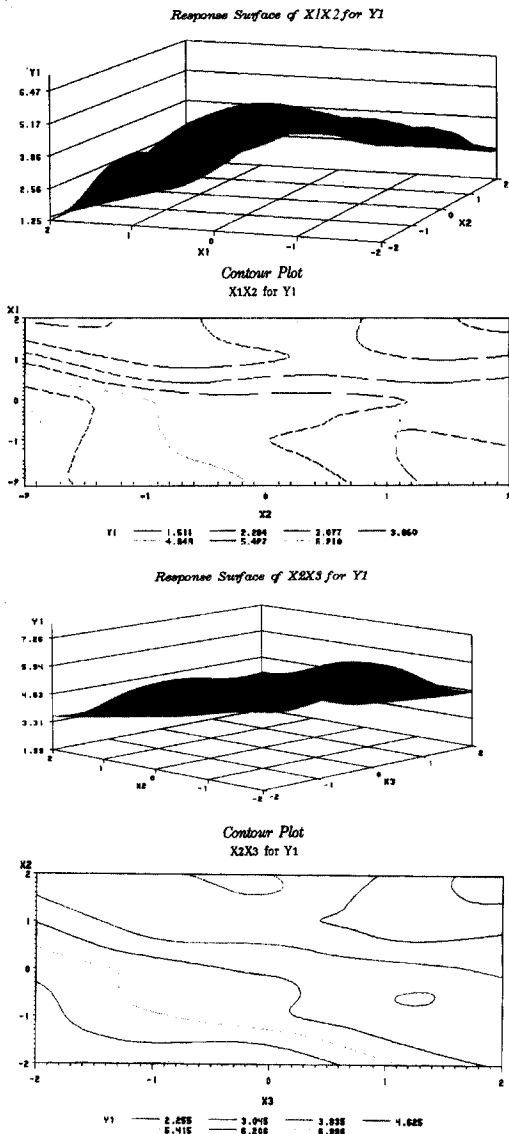


Fig. 1. Response surface and contour of X1X2 (gamma irradiation x temperature) and X2X3 (temperature x NaCl) for viscosity of 4% buckwheat starch.

색을 띄는 것으로 나타났고, b값은 푸른색보다는 노랑 색 값쪽으로 약간 감소하여 변화가 오는 것을 알 수 있었다. 이는 변(변명우 등, 1995)이 연구한 결과와 같은 경향을 보였다.

반응표면 분석

점도

메밀 전분의 점도에 대한 회귀계수로서 독립변수

Table 8. Analysis of variance in viscosity of buckwheat starch

Source	Sum of squares	DF ^{a)}	Mean Square	F ^{b)}
Regression	17.511	9	1.9456	23.440***
Residual	0.4980	6	0.083	
Total	18.009	15		

^{a)}DF, degree of freedom, ^{b)}F value, Variance ratio.

Table 9. Analysis of variance in viscosity of buckwheat starch by gamma irradiations

Source	Sum of squares	DF ^{a)}	Mean Square	F ^{b)}
Regression	41.7192	9	4.635	4.489
Residual	6.1947	6	1.0324	
Total	47.9137	15		

^{a)}DF degree of freedom, ^{b)}F value, variance ratio.

Table 10. Standard error, t-value estimated regression coefficients for viscosity of buckwheat gel

Coefficients	Estimated value ($\times 10^{-2}$)	Standard error ($\times 10^{-2}$)	t-Values ^{a)}	Effects
$\beta(0)$	354.7500	75.9106	4.673	Center point
$\beta(1)$	-52.375	28.6915	-1.825	Linear effect
$\beta(2)$	-44.500	28.6915	-1.551	
$\beta(3)$	-22.125	28.6915	-0.771	
$\beta(11)$	-16.250	28.6915	-0.566	Quadratic effects
$\beta(22)$	13.500	28.6915	0.471	
$\beta(33)$	13.500	28.6915	0.471	
$\beta(12)$	14.500	40.5759	0.357	Interactions
$\beta(13)$	28.750	40.5759	0.709	
$\beta(23)$	8.500	40.579	0.209	

^{a)}t value, studentized range.

를 X, 종속변수를 Y로 설정한 다음 무작위 순서로 실험하여 얻은 종속변수 Y값을 통계 program을 이용하여 2차 다항회귀식을 구하고 각 영향인자에 대해 Model을 설명할 수 있는 1차선형 효과, 2차곡선 효과 및 인자간 교호작용을 살펴보고 회귀식을 이용하여 독립변수에 대한 종속 값의 반응표면상태를 등고선 분석(contour map)과 3차원 그래프를 통해 관찰하였다.

감마선 조사량을 0 kGy, 5 kGy, 10 kGy, 20 kGy 및 30 kGy 의 변수인자(X1)와 온도 40°C, 50°C, 60°C, 70°C 및 80°C의 인자 X2와 NaCl의 함량 %인자

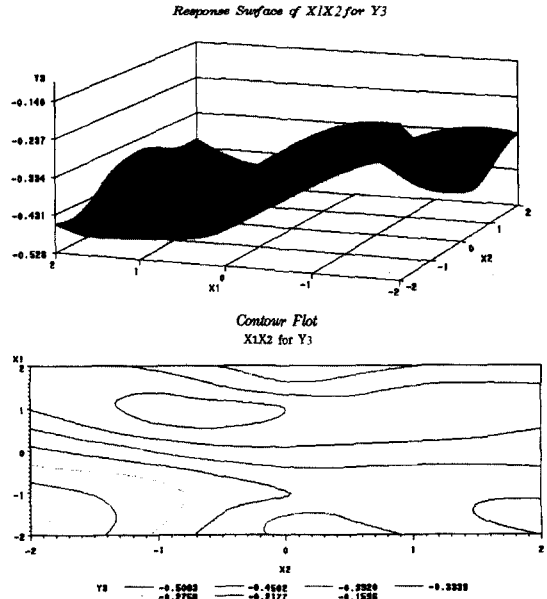
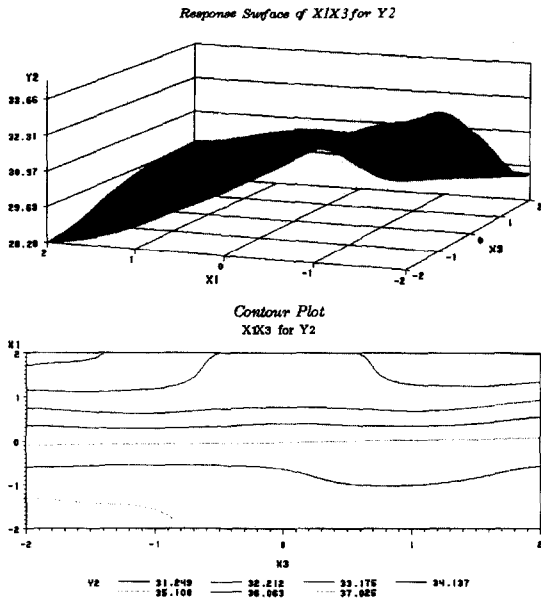


Fig. 2. Response surface and contour of X1X3 (gamma irradiationsxNaCl) for lightness L value of 4% buckwheat starch.

X3을 0.08%, 0.1%, 0.2%, 0.4% 및 0.6%의 인자로 하여 겔제품의 점도와 변화관계의 교호성을 비교한 결과로 Fig 1은 감마선 조사인자 (0~30kGy)의 변수인자와 온도 40~80°C 인자사이의 점도의 교호작용을 나타낸 것이다. 또한 감마선의 조사와 관련된 점도와의 관계를 회귀계수의 추정치와 t-value는 Table 10과 같았다.

감마선 조사 선량이 낮고, 온도가 낮은 인자가 점도가 높고, 감마선 조사 선량이 증가할 수록 차츰 점도가 낮아지는 것을 알 수 있었다. 감마선 조사 선량이 증가할수록 시료는 점도가 약한 1.25 cp수치를 보였고 감마선 조사 선량 낮고 온도가 낮은 범위는 4.5배~5.1배 이상의 점도가 증가하는 것을 보였다.

Fig. 1은 온도와 NaCl의 점도와의 관계를 나타낸 것이다. 온도가 낮고 NaCl이 조금 들어 있을 때가 높은 점도를 5.57~6.47 cp의 수치를 보였고, 온도가 높고, NaCl이 낮으면 낮은 수치 2.86 cp의 점도를 보여서 1.94배~2.26배 높은 점도를 보여 알 수 있었다. 점도에 대해서는 유의성이 상당히 큰 값을 나타내었지만 감마선을 조사하면 유의성이 떨어지고, 0.05수준에는 유의한 것이 나타났다. 감마선 비조사구 시료는 조금은 떨어져 F값의 표에서 찾은 Fo 값 4.10보다 큰 4.48을 나타냄에 따라 유의성이 있는 것을 Table 9과 같은 결과를 얻어서 알 수 있었다.

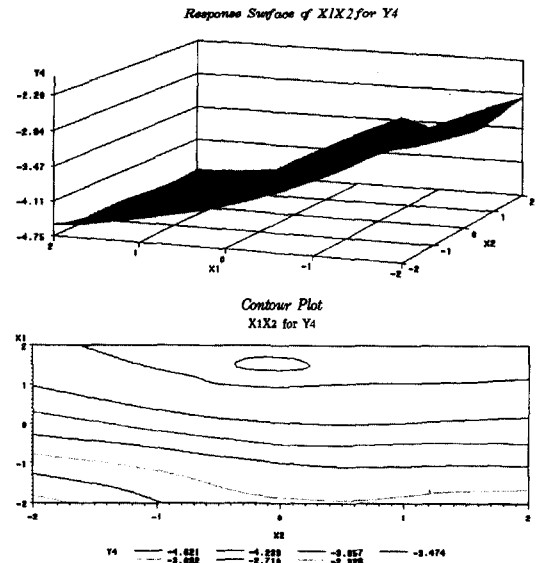


Fig. 3. Response surface and contour of X1X2 (gamma irradiationsxtemperature) for a value and b value of 4% buckwheat starch.

색도 특성

메밀 전분을 제조하여 4% 전분으로 죽상태와 같은 상태에서 감마선 조사량의 변화와 온도를 달리 하였을 때 인자간의 상호 관계 색도를 측정 한 결과는 Fig. 2는 감마선 조사량인자와 NaCl 함량인자의

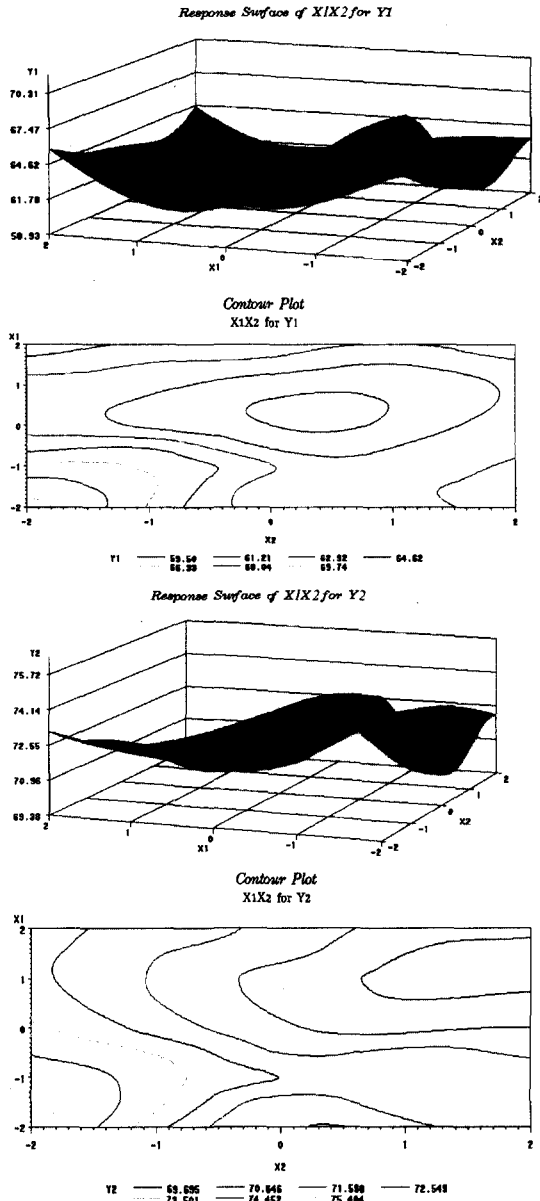


Fig. 4. Response surface and contour of X1X2 (water (%) \times gamma irradiations) for T_o and T_p value of 4% buckwheat starch.

교호작용으로 이루어진 L value이다. 감마선 조사량이 증가하면 lightness값은 감소하는 경향을 보이고 온도가 낮을수록 33.66까지 증가하는 경향을 알 수 있었다

Fig. 3에서는 감마선 조사선량이 증가하면 증가할 수록 -a값 쪽으로 녹색경향이 약하게 있는 것을 알 수 있다. 또한 온도는 낮을수록 적색 경향 쪽으로 되는

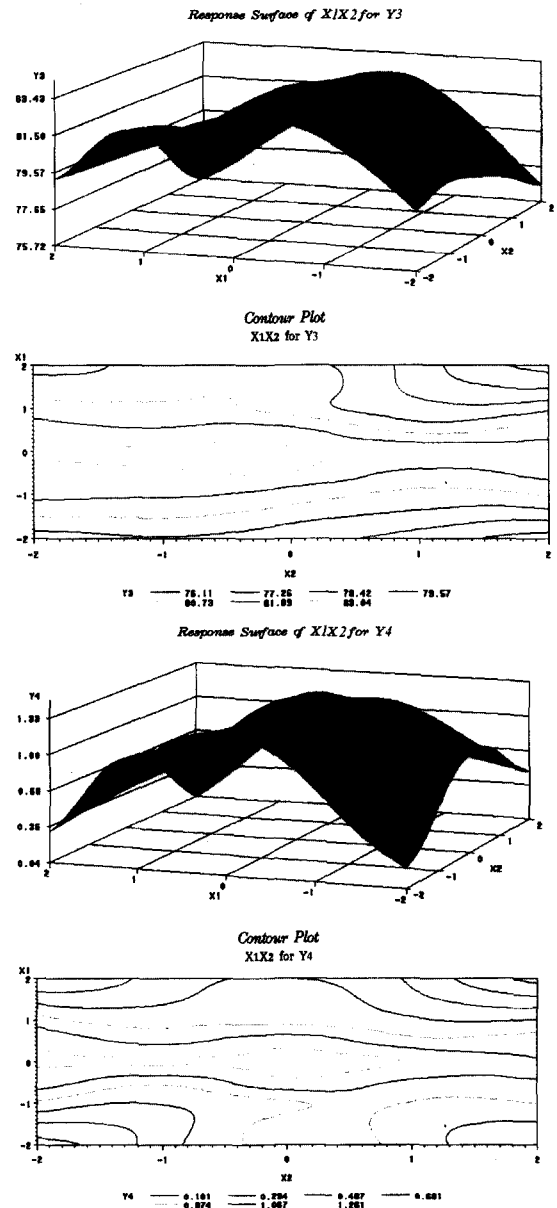


Fig. 5. Response surface and contour of X1X2 (water \times gamma irradiations) for T_c and ΔH value of buck wheat starch.

수치를 얻었으며 다시 온도가 증가되면 다시 적색 수치 쪽으로 되는 것을 알 수 있었다.

Fig. 3 오른쪽에서는 b값의 경향을 본 것인데 감마선의 조사량이 많이 받을수록 -b 값으로 청색계통의 수치가 있으며 노란색 계통수치는 조사량이 낮게 받을수록 가깝게 가는 경향을 볼 수 있었다.

Table 11. Analysis of variance in the lightness of 4% buckwheat starch

Source	Sum of squares	DF ^{a)}	Mean Square	F ^{b)}
Regression	41.719	9	0.87	0.843
Residual	6.1947	6	1.032	
Total	47.9137	15		

^{a)}DF degree of freedom, ^{b)}F value, variance ratio.

Table 12. Standard error and t-value of estimated regression coefficient for ΔH

Coefficients	Estimated value ($\times 10^{-2}$)	Standard error ($\times 10^{-2}$)	t-Values	Effect
$\beta(0)$	6013.87	91.517	65.713	Center point
$\beta(1)$	-10.3750	34.59	-0.300	Linear effect
$\beta(2)$	-1.7500	34.59	-0.0506	
$\beta(3)$	74.500	34.59	2.1540	
$\beta(11)$	81.500	34.5905	2.356	Quadratic effects
$\beta(22)$	62.875	34.59	1.818	
$\beta(33)$	62.125	34.5905	1.796	
$\beta(12)$	92.250	48.9183	1.886	Interactions
$\beta(13)$	103.25	48.9183	2.111	
$\beta(23)$	146.750	48.9183	3.000	

^{a)}t value, studentized range.

열적특성

열주사 측정기(DSC)를 통하여 메밀 전분을 측정하여 감마선 조사량의 인자 와 수분함량 및 염분의 인자 중에서 수분함량과 감마선 조사량에 따른 인자 간의 교호작용을 반응표면처리방법으로 분석한 결과는 Table 5와 Fig. 6과 같았다.

Fig. 4에서 그림은 To에 대한 것으로 수분함량이 적은 40%는 호화 개시온도가 높은 것을 알 수 있으며, 방사선 조사 선량이 증가함에 따라 낮아지다가 다시 증가하는 경향을 보이며 이들 상호 교호작용을 입체적으로 관찰 할 수 있었다. 물리적인 가압을 했을 시 점차적으로 호화개시 온도는 낮아진다는 Munzing (1991)가 연구한 것과 거의 일치하는 것을 알 수 있다 즉 호화개시온도는 일반적으로 메밀전분 비조사구가 높지만 감마선 조사를 함으로써 호화개시 온도는 낮아지는 것을 알 수 있었으며, Fig. 4의 Tp점을 알 수 있는 점으로 호화가 진행되며 최고의 피크를 갖는 온도를 뜻하며 water % 인자와 감마선 조사인자의 변화율과 교호성으로 Tp의 온도를 나타낸 것이다.

Fig. 5에서도 같은 경향을 보였음을 알 수 있다. 내

부의 열이 높아지면 gelatinization enthalpy ΔH 도 높음을 알 수 있었으며 또한 물분자의 영향도 있음을 알 수 있었다.

전분에서 아밀로스 리피드혼합물에서와 같은 아밀로스에서도 세 번째 녹는 M3을 나타내었다. 이밖에 물에 함량에 따라서 관련된 열전달 연구와 천연전분과

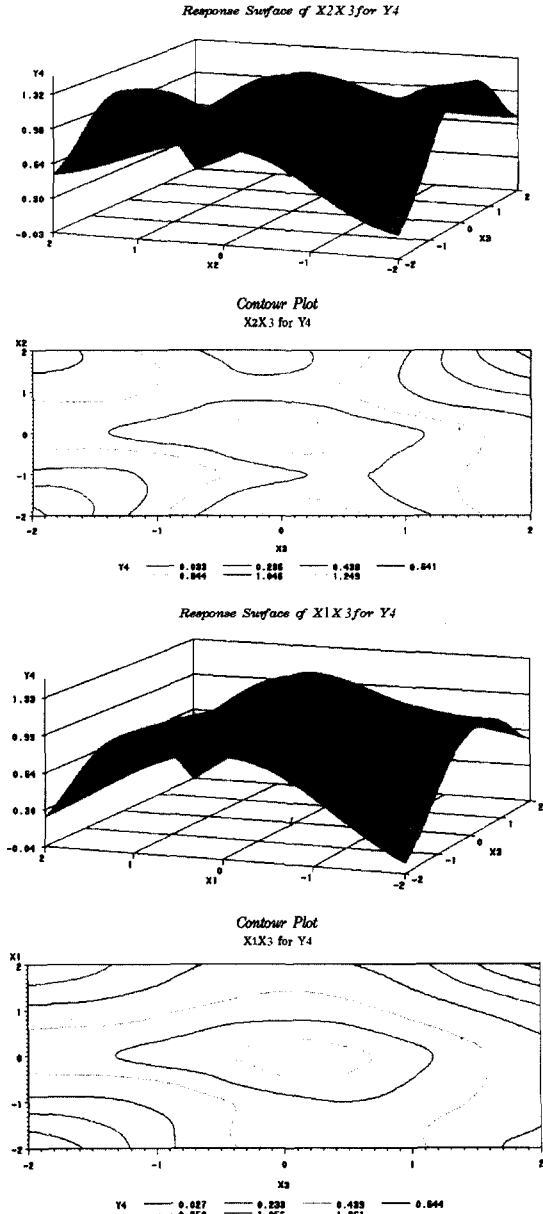


Fig. 6. Response surface and contour of X2X3 (gamma irradiationsxNaCl) and X1X3 (waterxNaCl) for ΔH value of buckwheat starch.

다른 식품 계의 전분(Biliaderis, 1990; Knutson, 1990)을 분자량과 결정구조를 물리적 혹은 화학적으로 변성된 전분과의 Oxidation, cross-link, substitution 등의 보고가 수분함량에 초점을 맞추었다. 예로 감자전분을 가지고 치환전분에서 겔 온도와 enthalpy는 치환정도(DS)의 감소와 물치환(MS)은 증가를 단순기능 면에서 보았다. DSC를 통해서 특성치 TO, TP, TC, ΔH를 비교 검토하였는데 이 결과가 일치함을 보았다(Kim과 Eliasson, 1993).

이는 수분, 압력, 온도, 기계적인 힘들의 영향을 받는 것이 결정용해 온도로 이용되는 것을 알 수 있었다. ΔH의 엔탈피로써 메밀전분이 수분과 감마선 조사량이 1.33수치로 큰 것을 알 수 있다. 이런 수치는 내부의 수분이 어느 정도 있고, 감마선의 영향으로 gelatinization enthalphy도 높았음을 알 수 있으며, 물분자의 영향도 있음을 알 수 있었다.

다음은 수분함량 인자와 NaCl 함량 인자 사이의 교호작용으로 나타나는 ΔH의 값을 Fig. 6에 나타내었다.

요 약

메밀전분에 방사선을 조사하면 메밀전분의 물성이 어떻게 변화하는가를 측정하기 위해서 감마선을 0, 5, 10, 20, 30 kGy로 조사하였다. 이때 물성의 변화에 미치는 여러 가지인자 sucrose, NaCl, 온도 및 수분함량을 가지고 중심합성 실험계획법에 의해 점도, L 값, a 값, b 값, To, Tp, Tc 값 및 ΔH 값을 선정하고 중심합성법에 의해 분석하였다. 선정된 독립인자로 하여 반응표면에 대한 영향을 분석하고 2차 다항 회귀모형식을 통해서 linear, quadrotic 및 interaction effects를 관찰한 결과 색도는 메밀전분의 L 값은 95.4 정도를 나타내었고, 감마선 조사량에 따라 (5~30 kGy) 낮아지는 값을 나타내었다. 단 5 kGy 선량은 오히려 L 값이 높았으며, 통계적 실험계획 및 반응분석은 점도, L value, a value, b value, To, Tp, Tc, ΔH 값을 보았으며 점도의 분산비 F가 23.440으로 0.05(0.95) 유의수준이 높은 모델에 의한 Data로 설명할 수 있으며 그 정확도에 대한 결정계수는 0.973으로 높았다. b value 또한 유의성도 5.375로 5%내에서는 유의한 것을 얻었다. 또한 DSC를 통해서 본 To 호화개시 온도 및 ΔH 엔탈피의 측정치는 최소 59.70°C, 최대 66.57°C이었으며, ΔH 엔탈피는 최소 0.22 J/g와 최대 1.315 J/g를 보여 6배나 차이가 나는 것을 알 수 있었다.

문 헌

- 강일준, 변명우. 1996. 감마선을 이용한 변성 전분의 개발. 한국식품과학회지 **28**(3): 514-520
- 권중호. 1985. 식품조사 실용화에 대한 배경과 전망. 한국영양식품학회지 **14**(1): 88-94
- 김성곤, 한태룡, 권태완. 1977. 메밀 전분의 이화학적 성질에 관한 연구. 한국식품과학회지 **9**(2): 467-472
- 김영순, 정수현, 서정주, 정승태, 조성순. 1994. 한국산 개량 메밀의 성장 시기에 따른 Rutin과 무기질의 함량. 한국식품과학회지 **26**(6): 759-763
- 농림부. 1998. 농림업 주요통계
- 박성현. 1994. 회귀분석. 민영사. pp411-444
- 변명우. 1997. 식품산업에서 방사선 조사기술의 이용과 전망. 식품과학과 산업 **30**(1): 89-100
- 변명우, 강일준, 권중호, 이수정, 김성곤. 1995. 옥수수 전분 추출 공정개선을 위한 감마선 이용. 한국식품과학회지 **27**(1): 30-35
- 심태흠, 이혁화, 이상영, 최용순. 1998. 한국산 메밀의 특성. 한국식품과학회지 **30**(6): 1259-1266
- 양재승. 1997. 방사선 조사식품의 검출기법. *Journal of Food Hygiene and safety* **12**(2): 160-174
- 육홍선. 1999. 감마선 조사가 쇠고기의 미생물학, 생화학, 형태학, 이화학 영양학, 독성학 및 식품가공학적 특성에 미치는 영향. 충남대학교 대학원, 박사 학위논문
- 이정선, 미명현, 손홍수, 맹연선. 1996. 메밀 급여가 Streptozotocine 유발 당뇨 쥐의 체장 소화효소 활성에 미치는 영향. 한국식품영양과학회지 **25**(5): 831-838
- 이철호, 박상희. 1982. 한국인의 조직감 표현 용어에 관한 연구. 한국식품과학회지 **14**(1): 21-29
- 함승시, 최근표, 최용순, 이상영. 1994. 메밀 flavoroids의 항돌연변이원성 및 지질대사 조절기능에 관한 연구 메밀잎 에탄올 추출물의 항돌연변이원성연구. 한국식품과학회지 **26**(6): 698-703
- A.O.A.C. 1990. *Official Method of Analysis* (15th Edition). Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C.
- Jun, Kayashita, Iwao Shimaoka, and Misao Nakajyoh. 1995. Hypochesterolemic effect of Buckwheat protein extract in rats fed cholesterol enriched diets. *Nutrition Research* **15**(5): 691-698
- Kim, Hak Ryang and Ann-charlotte Eliasson. 1993. The influence of molar substitution on the thermal transition properties of hydroxy potato starches. *Carbohydrate polymers* **22**: 31-35 (1993)
- Lorenz, K. and G. Hinze. 1976. Functional characteristics of starches from Proso and Foxtail Millets. *J. Agr. Food chem* **24**: 911-914
- Mondelli Studio, G. and G. Bonafaccia. 1994. Secondary metabolites buckwheat and their importance in human nutrition. *Tehnoloskai Biotehnoloska Revija* **32**(4): 195-198
- Munzing, K. 1991. DSC studies of starch in cereal and

- cereal products. *Therochimica Acta* **193**: 441-448
- Muramatsu, Nobuyuki and Hideyuki Karasawa. 1990. Use of gamma irradiation for Microbial Inactivation of buckwheat Flour and Buckwheat flour and buckwheat food products (Effect of water activity and on the shelf-life of buckwheat noodles). *Japan Atomic Energy Research* **25**(1,2): 52-63
- Huang, Rei-may, Wei-hsien Chang, Yung-ho Chang and Cheng-Yi Lll. 1994. Phase transitions of rice starch and flour gels. *Cereal Chemistry* **71**(2): 202-206
- Saito, S. 1980. Rice starch & rice powder as materials for food industry. *J. Jap. Soc. Starch Sci.* **27**: 295-313
- Sokhey, A.S. and M.A. Hanna. 1993. Properties of irradiated starches. *Food Structure* **12**: 397-410
- Yamamoto, K.S. and T. Onokaki. 1973. Prorerties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *J. Jap. Soc Starch Sci.* **20**: 99-104
- 中村道徳, 錦木繁男. 1980. 澱粉 科學 ハントフーク 朝倉書店.