

미강과 배아로부터 β -glucan의 추출조건 최적화 및 기능성 생리활성

진주영 · 박지혜 · 김세환 · 최용희*

경북대학교 식품공학과

Optimization of β -Glucan Extraction Process from Rice Bran and Rice Germ Using Response Surface Methodology

Ju-Yeong Jeon, Ji-Hae Park, Se-Hwan Kim, and Yong-Hee Choi*

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

Abstract

This study was investigated on optimal conditions of the functional activities of β -glucan which was extracted from rice bran (RB) and rice germ (RG) using response surface methodology. The extraction temperature was varied in the 80-100°C, the extraction time between 2-10 min, and the ethanol concentration was in the interval of 30-70%. A central composite design was applied to investigate the effects of independent variables of extraction temperature (X_1), extraction time (X_2) and ethanol concentration (X_3) on dependent variables such as electron donating ability of RB (Y_1), electron donating ability of RG (Y_2), total phenolics of RB (Y_3), total phenolics of RG (Y_4), β -glucan contents of RB (Y_5) and β -glucan contents of RG (Y_6). As a result, the highest Y_1 level was 84.02% at 92.60°C, 2.75 min and 60.41% in saddle point. This value was affected by extraction temperature ($P<0.05$). The value of Y_2 was found to be the highest at 87.52°C, 2.23 min and 54.40% in saddle point. The highest Y_3 level was 98.56°C, 6.69 min and 40.26% in saddle point, and this extraction was greatly influenced by extraction temperature ($P<0.01$) and ethanol concentration ($P<0.05$). The value of Y_4 was found to be highest at 95.73°C, 9.19 min and 53.67% in minimum point. The value of Y_5 was found to be the highest at 96.23°C, 7.70 min and 63.69% in saddle point. The value of Y_6 was found to be highest at 87.82°C, 2.10 min and 50.03% in minimum point, and this extraction was greatly influenced by extraction time ($P<0.01$).

Key words: β -glucan, rice bran, rice germ, response surface methodology, optimization

서 론

쌀은 보리·밀과 함께 세계적으로 중요한 농산물로서 생산량의 약 92%는 아시아 여러 나라에서 생산된다. 또한 쌀은 주요한 식량으로 왕겨층과 과피, 종피, 및 호분층으로 되어있는 쌀겨층과 배유와 배아로 되어있다. 현미는 최외각층인 왕겨만이 벗겨진 것으로서 현미 그 상태로 혹은 도정 과정을 거쳐 백미로 가공하여 이용한다(Choi et al., 2008).

미강의 사전적 의미는 현미를 도정하여 백미로 할 때 얻어지는 과피, 종피 및 호분층의 분쇄물을 말한다. 미강의 구성성분 중 단백질은 쌀의 단백질과 유사하며 탄수화물은

녹말 40%, pectosan 30%, 기타로 구성되어 있으며 K, P, Mg 등의 회분이 많이 함유되어 있고 H_3PO_4 중 80%는 phytin의 형태이다. 또한 미강은 비타민 B_1 을 2 mg%, 비타민 E도 함유하고 있으며, 15-21%의 지질을 함유하고 있다. 미강에서 지질을 얻은 것을 미강유라 하고, 나머지를 탈지미강이라고 한다(Park et al., 2000). 쌀의 영양성분을 분석해보면 쌀겨부분에 29%, 쌀눈에 66%, 그리고 백미라고 일컫는 쌀에는 5%의 영양이 분포되어 있고, 쌀이 가지고 있는 영양분의 95%는 쌀겨와 쌀눈 즉 미강(米糠)에 함유되어 있다. 일반적으로 일컫는 미강은 바로 쌀의 영양미강(米糠)인 것이다. 그래서 현대인들은 미강의 영양분을 섭취하기 위해서 현미를 많이 찾는다. 배아란 종실의 일부로서 다음 대의 식물체를 구성하는 부분이다. 발아에 있어서는 종실의 대부분을 차지하는 배유로부터 필요한 영양을 공급받는다. 쌀의 경우는 3%, 밀에는 2% 정도이며, 옥수수 같은 경우는 12%를 차지한다. 배아에는 일반적으로 단백질, 무기질이 풍부하고, 또한 비타민 B_1 , E를 많이 포함하여 영양가가 높다(Park et al., 2000). 특히 배아에는 비타민 B_1

Corresponding author: Yong-Hee Choi, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk-dong, Buk-gu, Daegu 702-701, Korea
Tel: +82-53-950-5777; Fax: +82-53-950-6772
E-mail: yhechoi@knu.ac.kr
Received October 30, 2008; revised November 20, 2008; accepted November 28, 2008

이 많아서 영양학적으로 장려되었으나 비타민 B₁을 비교적싼 값으로 합성할 수 있게 됨에 따라 수요가 감소되었다. 다당류의 일종인 β-glucan은 효모의 세포벽, 버섯류, 곡류 등에 존재하는 물질이다. 미국의 Louis Pillemer 박사가 효모의 세포벽에서 1941년 발견하여 자이모산(Zymosan)이라 명명하였고, 1960년대 초 미국의 Nicholas Diluzio 박사가 효모 세포벽에서 추출한 고분자 다당을 β-glucan이라 명명하였다. 면역증강작용을 가지고 있는 β-glucan은 포도당 중합체로서 포도당 단위체가 1, 3위치에 β-글리코시드 결합을 기본 구조로 가지고 있으며, 포도당이 결합되는 위치에 따라 구조 및 물리 화학적 성질이 다르다. 특히 β-glucan은 α-glucan과 다르게 비특이적 면역반응을 나타내어 소화기관 내에 흡수 시 체내 면역기능을 획기적으로 증진시키는 것으로 알려져 있으며, 또한 유해 미생물, 바이러스, toxin, 곰팡이 등이 다양한 자극을 통해 생성한 매우 강한 독소를 효율적으로 억제, 제거하는 역할을 한다고 한다 (Park et al., 2003). 이외에도 암세포를 직접 공격하지 않고 비특이적 면역반응으로 인간의 정상 세포의 면역기능을 활성화시켜 암세포의 증식과 재발을 억제하고 대식세포를 활성화시켜 암세포가 있는 체내로 들어가 여러 가지 사이토카인의 분비를 촉진시킴으로써 면역세포인 T세포와 B세포의 면역기능을 활성화시켜 준다. 또한 β-glucan은 혈당강하 및 혈중 콜레스테롤 감소 효과가 우수하며, 지질대사를 개선하여 체지방 형성과 축적을 억제함으로써 항비만효과를 가지고 있다.

이처럼 β-glucan은 인체에 대한 다양한 생리활성 효과들이 보고되어 있다. 지금까지도 β-glucan을 추출을 최적화시키기 위한 다양한 실험적 연구들을 통해서 검증된 자료와 논문들이 나왔다. 본 연구에서는 이러한 자료와 논문들을 기초로 하여 세 가지 독립변수에 따른 β-glucan 추출을 최적화하고자 하였다. 그리고 미강과 배아로부터 추출한 β-glucan의 생리활성 정도를 알아보았다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서 사용된 미강과 배아는 2007년 9월 김천시 건양 RPC에서 제공받아서 -20°C의 암소에 보관하면서 실험에 사용하였다.

미강과 배아로부터의 β-glucan 추출공정

본 실험을 위한 미강과 배아로부터의 β-glucan 추출은 곡류에서의 분석절차의 방법을 이용하여 추출하였다(Lee, 2004). 각 공정의 방법에 따른 미강과 배아로부터의 β-glucan 추출공정은 Fig. 1에 나타난 바와 같다. 즉, Fig. 1에서 보는 바와 같이 미통과분 미강 및 배아를 40 mesh의 체를 통과시켰다. 수분함량이 측정된 시료를 0.5 g 달아

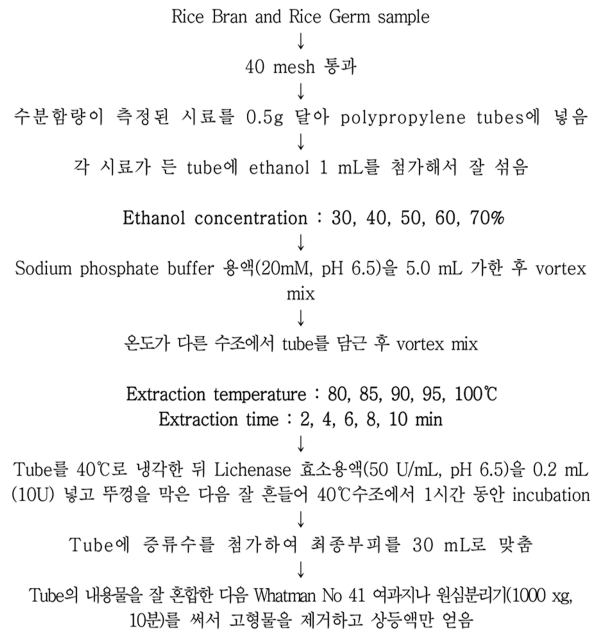


Fig. 1. Scheme for β-glucan extraction process from rice bran, rice germ.

polypropylene tubes에 넣고, 각 시료가 든 tube에 시료 분산효과와 효소 불활성화를 위해 ethanol 1 mL를 첨가해서 잘 섞었다. 섞은 후 sodium phosphate buffer 용액(20 mM, pH 6.5)을 5 mL 가한 후 vortex mixer를 사용해서 잘 섞었다. 이 때 tube의 기벽에 내용물이 너무 튀지 않도록 주의한다. 다음은 시료를 온도가 다른 수조에 tube를 담근 후 vortex mixer를 사용해서 격렬하게 교반하였다. 잘 섞은 시료가 담긴 tube를 40°C로 냉각한 뒤 lichenase 효소용액(50 U/mL, pH 6.5)을 0.2 mL (10 U) 넣고 뚜껑을 막은 다음 잘 흔들어 40°C 수조에서 1시간 동안 incubation 시킨다. 각 tube에 증류수를 첨가하여 최종부피를 30 mL로 맞추고 혼합한 다음 Whatman No. 41 여과지나 원심분리기(1000 xg, 10분)를 써서 고형물을 제거하고 상등액을 채취하여 실험 시료로 사용하였다.

전자공여능 측정

DPPH(α, α'-diphenyl-β-picrylhydrazyl)는 항산화능을 가진 물질의 전자공여능에 의해 환원되어 탈색이 되는데 이 탈색의 정도로 항산화능을 측정할 수 있다(Blois, 1958). 전자공여능(electron donating ability, EDA)시험은 DPPH 12 mg을 absolute ethanol 100 mL에 용해하여 4×10⁻⁴ M의 DPPH 용액을 조제한 다음 ethanol 용액을 blank로 하여 525 nm에서 흡광도가 0.95-0.99라 되도록 50% ethanol을 첨가하여 조정하였다. 그 다음 추출물 1 mL에 조제한 DPPH 시액 4 mL를 혼합하여 10초간 강하게 진탕한 후 상온에서 10분간 방치하였다. 이를 525 nm에서 UV-visible spectrophotometer로 흡광도를 측정 후 sample 첨가구와

무 첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 표시하여 전자공여능을 측정하였으며 아래와 같이 계산하였다(Chalas et al., 2001).

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{ABS}}{\text{ABC}}\right) \times 100$$

ABS : Absorbance of DPPH solution with sample at 525 nm

ABC : Absorbance of DPPH solution without sample at 525 nm

Total Phenol의 함량 측정

각 추출물의 total phenol 함량은 Folin-Denis법 (Amerinem & Ough, 1958)에 따라 비색정량 하였다. 즉, 일정하게 희석한 검액 1 mL에 Folin-Ciocalteu 시약 1 mL를 가하여 혼합하고 3분 후 10% Na₂CO₃ 1 mL를 넣어 진탕하고 1시간 실온에 방치하여 UV-visible spectrophotometer를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질로 gallic acid를 농도별로 조제하여 표준 검량선을 작성한 후 정량분석 하였다. Total phenol 함량은 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었다(Sato et al., 1996).

β-glucan 함량 측정

미강과 배아의 β-glucan 추출물을 미리 준비한 3개의 tube에 각각 0.1 mL씩 정확히 취하였다. 미리 준비한 3개의 tube 중 2개의 tube에는 각각 β-glucosidase 효소용액 (2 U/mL, pH 4.0)을 0.1 mL씩(0.2 U)넣고, 나머지 한 개 blank tube에는 β-glucosidase 효소용액 대신에 acetate buffer용액(50 mM, pH 4.0)을 0.1 mL 넣었다. 시료를 첨가한 tube 3개를 모두 40°C 항온수조에서 15분간 incubation 한다. incubation 후 각 tube에 Glucose Oxidase/Peroxidase/4-Amino-antipyrine 시약 (GOPOD)을 3 mL씩 첨가한 후 40 °C 항온수조에서 20분 동안 다시 incubation 후 분광광도계의 510 nm 파장에서 각 시료의 흡광도를 측정하여서 아래의 식으로 함량을 계산하였다(Lee, 2004).

$$\beta\text{-glucan, \%} = \frac{\Delta E \times F \times 300 \times 1}{1000 \times 100 / W \times 162 / 180} = \frac{27 \times \Delta E \times F}{W}$$

ΔE : 시료의 흡광도 - 공시료(blank)의 흡광도

F : 100 μg glucose / 100 μg glucose의 흡광도(흡광도를 μg으로 환산하기 위한 계수)

1/1000 : μg을 mg으로 환산하기 위한 계수

162/180 : 유리상태 glucose 분자량으로부터 β-glucan 분자와 같이 무수상태의 glucose 분자량으로 전환하기 위한 계수

300 : 부피 보정 계수(30 mL로부터 0.1 mL가 취해져서

측정되었기 때문임)

W : 시료중량(mg 단위)

100/W : 시료중량에 대한 퍼센트로 전환하기 위한 지수

미강과 배아로부터의 β-glucan 추출 공정 최적화를 위한 실험계획

미강과 배아로부터의 β-glucan 최적 추출 조건을 확립하기 위해 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 사용하였으며 예비실험의 결과를 바탕으로 중심합성계획(central composite design)을 실시하였다. 즉 추출공정의 독립변수(Xn)는 extraction temperature(X₁), extraction time(X₂), ethanol concentration(X₃)에 대한 실험범위를 선정하여 5단계로 부호화하였으며 Table 1에 나타내었다. 또한 이들의 독립변수에 영향을 받는 종속변수는 미강 추출물로부터의 total phenolics(Y₁), electron donating ability(Y₃), β-glucan contents(Y₅) 배아 추출물로부터의 total phenolics(Y₂), electron donating ability(Y₄), β-glucan contents(Y₆)으로 3회 반복으로 측정하여 각각 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석에 의한 최적조건의 예측은 SAS (statistical analysis system, Version 9.1) program을 이용하였으며 회귀분석 결과 임계점이 최대점이거나 최소점이 아니고 안장점일 경우에는 능선분석을 하여 최적점을 구하였다. 회귀식은 다음과 같다.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{21}X_2X_1 + b_{22}X_2^2 + b_2X_3X_1 + b_2X_3X_2 + b_2X_3X_3$$

추출특성의 모니터링과 최적조건범위 예측은 각 종속변

Table 1. The central composite design for the optimization of leaching condition of rice bran and rice germ

Exp. No. ¹⁾	Independent variables		
	Extraction temperature(°C)	Extraction time(min)	Ethanol concentration(%)
1	85(-1)	4(-1)	40(-1)
2	85(-1)	4(-1)	60(1)
3	85(-1)	8(1)	40(-1)
4	85(-1)	8(1)	60(1)
5	95(1)	4(-1)	40(-1)
6	95(1)	4(-1)	60(1)
7	95(1)	8(1)	40(-1)
8	95(1)	8(1)	60(1)
9	90(0)	6(0)	50(0)
10	90(0)	6(0)	50(0)
11	80(-2)	6(0)	50(0)
12	100(2)	6(0)	50(0)
13	90(0)	2(-2)	50(0)
14	90(0)	10(2)	50(0)
15	90(0)	6(0)	30(-2)
16	90(0)	6(0)	70(2)

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design.

수의 contour map을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

추출조건이 rice bran 추출물의 전자공여능도에 미치는 영향
추출 조건에 따른 추출 수율의 결과에 대한 반응표면 회귀식의 R²값은 0.8441로 측정되었다(Table 2). 예측된 정상점은 saddle point로 추출 온도 92.60°C, 추출 시간은 2.75 min, 에탄올 농도는 60.41%에서 84.02%로 비교적 높은 전자공여능도를 나타내었다(Table 3). Rice bran의 전자공여능도는 rice germ의 전자공여능도보다 확연하게 높음을 알 수 있었다. Woo et al.(2005)의 미강 함유 tocotrienol의 항산화 연구결과에서 미강 내에 함유된 tocotrienol의 전자공여능도가 낮은 농도의 DPPH 용액에서도 높은 항산화력을 가지고 있다고 보고한 바 있다. Table 4에서 보는 바와 같이 rice bran 추출물의 전자공여능도에는 에탄올 농도가 유의하게 영향을 미치는 것으로 나타났다(P<0.05).

추출조건이 rice germ 추출물의 전자공여능도에 미치는 영향
추출 조건에 따른 추출 수율의 결과에 대한 반응표면 회귀식의 R²값은 0.7400로 측정되었다(Table 2). 예측된 정상점은 saddle point로 추출 온도 87.52°C, 추출 시간은 2.23 min, 에탄올 농도는 54.40%에서 67.03%의 최대값을 나타낸다(Table 3).

추출조건이 rice bran 추출물의 total phenolics에 미치는 영향

추출 조건에 따른 추출 수율의 결과에 대한 반응표면 회귀식의 R²값은 0.9269으로 1°C 이내의 유의수준이 인정되었다(Table 2). Table 4에서 보는 바와 같이 rice bran 추출물의 total phenolics는 추출 온도가 매우 유의적인 영향을 미치는 것을 알 수 있었다(P<0.01). 예측된 정상점은 saddle point로 추출 온도 98.56°C, 추출 시간은 6.69 min, 에탄올 농도는 40.26%에서 2.45 mg%의 최대값을 나타내었다(Table 3).

Table 2. Estimated coefficients of second order response models from rice bran and rice germ

	Eletron donating ability		Total phenolics		β-glucan contents	
	RB(Y ₁) ¹⁾	RG(Y ₂) ²⁾	RB(Y ₃)	RG(Y ₄)	RB(Y ₅)	RG(Y ₆)
Intercept	-2471.04750	-1835.750000	8.763063	15.613937	4.207875	1.740875
X ₁	49.916250	40.312500	-0.145700	-0.248062	-0.062113	-0.017000
X ₂	47.909375	-5.218750	-0.074062	-0.309719	-0.084219	-0.182625
X ₃	5.526875	5.585000	-0.000675	-0.070269	-0.037269	0.004700
X ₁ X ₁	-0.254000	-0.228000	0.000860	0.001245	0.000245	0.000075000
X ₂ X ₁	-0.451250	0.070000	0.001300	0.001662	0.000862	0.000875
X ₂ X ₂	-0.137500	0.090625	-0.003000	0.011906	-0.000313	0.008250
X ₃ X ₁	-0.024250	-0.013500	-0.000190	0.000418	0.000282	-0.000120
X ₃ X ₂	-0.110625	-0.055000	-0.000037500	0.000544	0.000244	-0.000363
X ₃ X ₃	-0.023250	-0.038625	0.000156	0.000277	0.000107	0.000066250
R ²	0.8441	0.7400	0.9269	0.6014	0.3855	0.9114
Pr>F	0.0660	0.2244	0.0086	0.5170	0.8843	0.0147

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{21}X_2X_1 + b_{22}X_2^2 + b_{31}X_3X_1 + b_{32}X_3X_2 + b_{33}X_3^2$$

¹⁾ Rice bran

²⁾ Rice germ

Table 3. Predicted levels of extraction condition for the maximum responses of variables by the ridge analysis

Response		Extraction conditions ¹⁾				Maximum	Morphology
		X ₁	X ₂	X ₃			
EDA ²⁾ (%)	RB ⁴⁾	92.60	2.75	60.41	84.02	saddle	
	RG ⁵⁾	87.52	2.23	54.40	67.03	saddle	
TP ³⁾ (mg%)	RB	98.56	6.69	40.26	2.45	saddle	
	RG	95.73	9.19	53.67	2.34	minimum	
β-glucan contents(%)	RB	96.23	7.07	64.69	0.384	saddle	
	RG	87.82	2.10	50.03	0.477	minimum	

¹⁾ X₁ : Extraction temperature, X₂ : Extraction time, X₃ : Ethanol concentration

²⁾ Electron donating ability

³⁾ Total phenolics

⁴⁾ Rice bran

⁵⁾ Rice germ

Table 4. Regression analysis on the predicted extraction model

Response		F-Ratio		
		X ₁	X ₂	X ₃
EDA ¹⁾	RB ³⁾	5.57**	1.36	2.23
	RG ⁴⁾	2.96	0.12	0.98
TP ²⁾	RB	10.51***	1.78	4.58**
	RG	1.23	1.40	0.65
β-glucan contents	RB	0.50	0.15	0.56
	RG	1.82	11.63***	1.28

*Significant at 10% level: **Significant at 5% level: ***Significant at 1% level

¹⁾ Electron donating ability

²⁾ Total phenolics

³⁾ Rice bran

⁴⁾ Rice germ

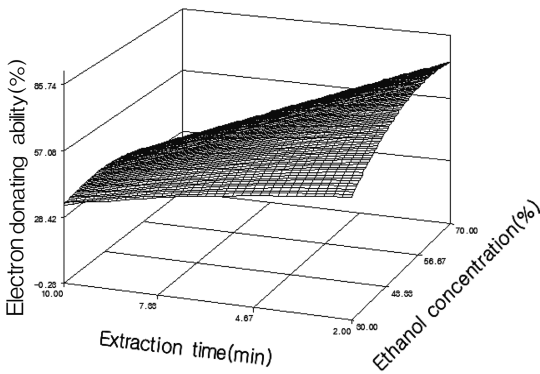
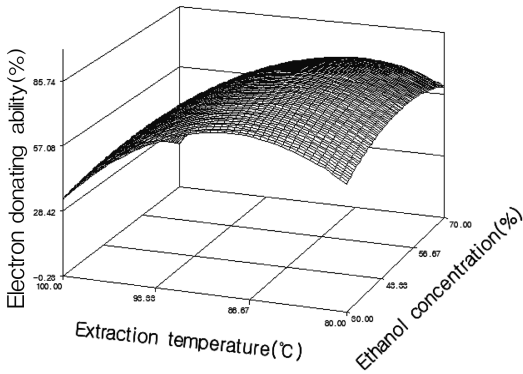
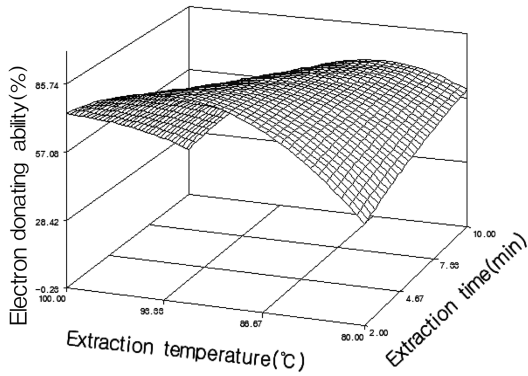


Fig. 2. Contour maps for the effects of extraction conditions on Y₁ (%).

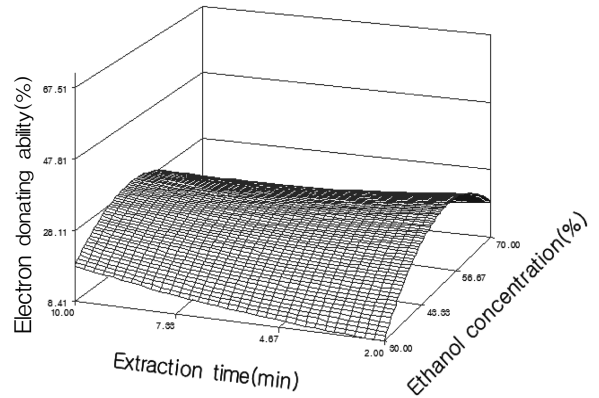
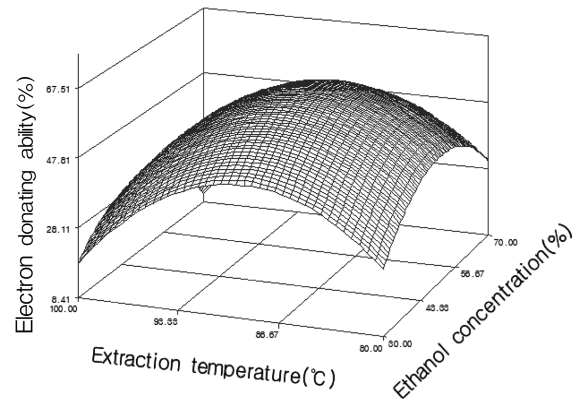
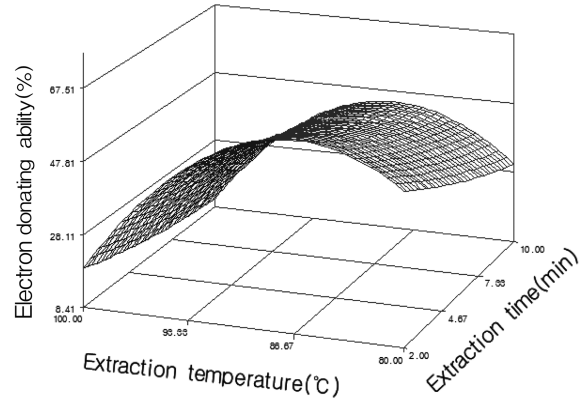


Fig. 3. Contour maps for the effects of extraction conditions on Y₂ (%).

추출조건이 rice germ 추출물의 total phenolics에 미치는 영향

추출 조건에 따른 추출 수율의 결과에 대한 반응표면 회귀식의 R²값은 0.6014로 측정되었다(Table 2). 예측된 정상점은 minimum point로 추출 온도 95.73°C, 추출 시간은 9.19 min, 에탄올 농도는 53.67%에서 2.34 mg%의 최대값을 나타내었다(Table 3). Chun et al.(1999)의 도정분획별 항돌연변이 및 항산화 활성에 관한 연구에서 미강 및 배아가 백미에 비해 total phenolics가 높다고 보고한 바 있다.

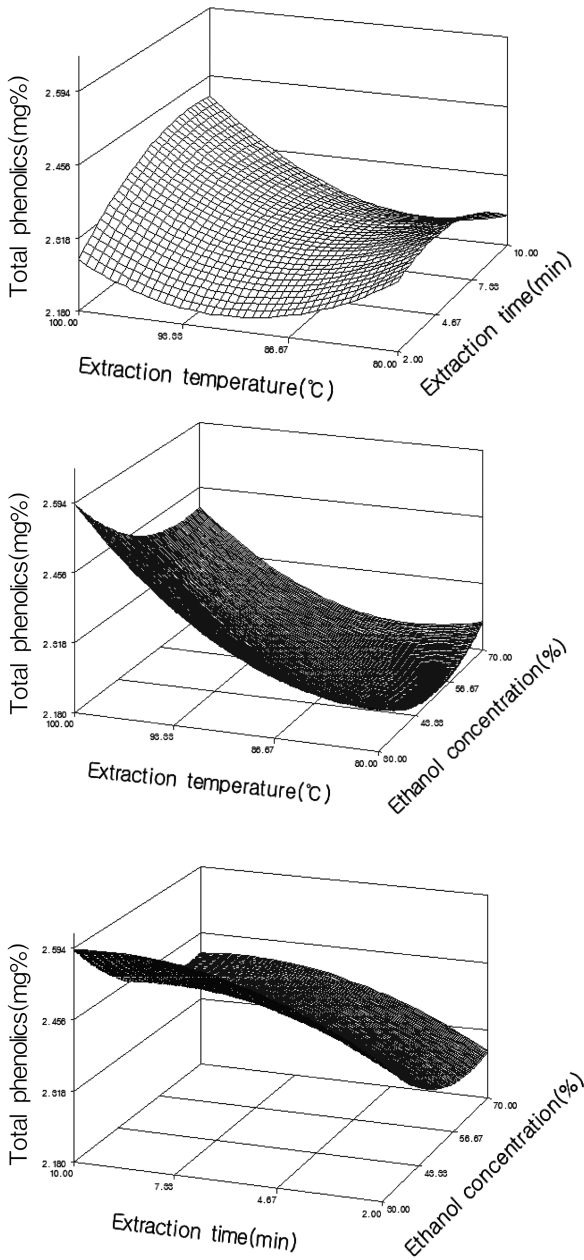


Fig. 4. Contour maps for the effects of extraction conditions on Y_3 (mg%).

추출조건이 rice bran 추출물의 β -glucan 함량에 미치는 영향
추출 조건에 따른 추출 수율의 결과에 대한 반응표면 회귀식의 R^2 값은 0.3855로 측정되었다(Table 2). Seo(1999)의 β -glucanase를 이용한 보리전분 분리공정개발의 연구 결과에서 pH 6.5였을 때 β -glucan 함량이 0.2%로 높았다는 결과에서와 같이 pH 6.5인 sodium phosphate buffer 용액을 섞는 방법을 사용하였더니 예측된 정상점은 saddle point로 추출 온도 96.23°C, 추출 시간은 7.07 min, 에탄올 농도는 64.69%에서 0.384 mg%의 최대값을 나타내었다(Table 3).

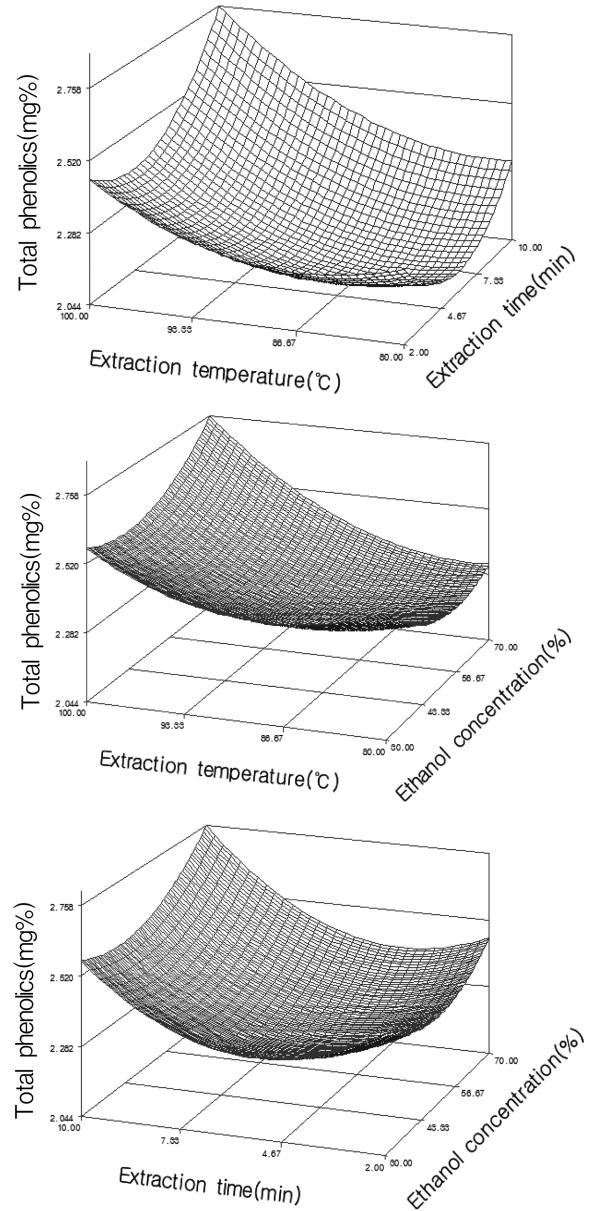


Fig. 5. Contour maps for the effects of extraction conditions on Y_4 (mg%).

추출조건이 rice germ 추출물의 β -glucan 함량에 미치는 영향
추출 조건에 따른 추출 수율의 결과에 대한 반응표면 회귀식의 R^2 값은 0.9114로 5% 이내에서 유의성이 인정되었다(Table 2). Table 4에서 보는 바와 같이 rice germ 추출물의 β -glucan 함량은 추출시간이 매우 유의적인 영향을 미치는 것으로 나타났다($P < 0.01$). 예측된 정상점은 minimum point로 추출 온도 87.82°C, 추출 시간은 2.10 min, 에탄올 농도는 50.03%에서 0.477 mg%로 rice bran 추출물의 β -glucan 함량보다 높은 최대값을 나타내었다(Table 3).

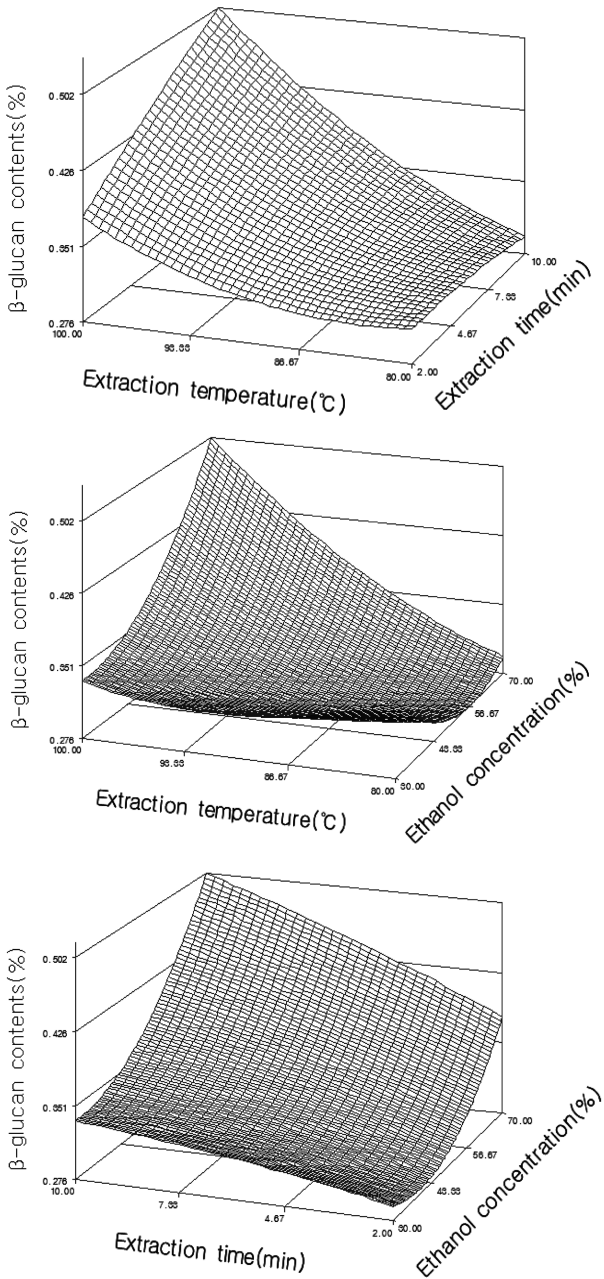


Fig. 6. Contour maps for the effects of extraction conditions on Y_5 (%).

요 약

본 연구에서는 미강과 배아로부터의 β -glucan 추출 공정 최적화를 위해 반응표면 분석법으로 모니터링 하였다. 중심합성계획법에 따라 추출 온도(X_1), 추출 시간(X_2), 추출 온도(X_3)를 요인변수(X_n)로 하고 미강 추출물의 전자공여능(Y_1), 배아 추출물의 전자공여능(Y_2), 미강 추출물의 total phenolics(Y_3), 배아 추출물의 total phenolics(Y_4), 미강 추출물의 β -glucan 함량(Y_5), 배아 추출물의 β -glucan 함량(Y_6)을 종속변수로 하여 시행하였다.

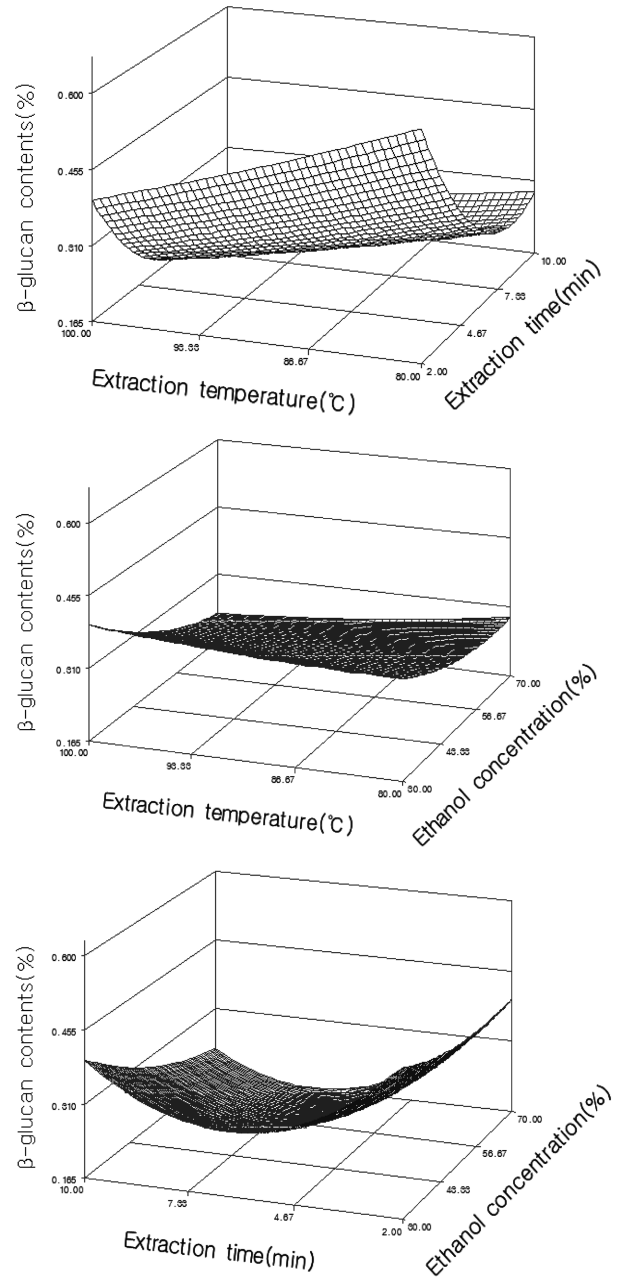


Fig. 7. Contour maps for the effects of extraction conditions on Y_6 (%).

실험 결과 미강 추출물의 전자공여능도는 추출 온도에 영향을 받음을 알 수 있었다. 안장점에서 추출 조건은 추출 온도는 60.41°C, 추출 시간은 2.75 min, 에탄올 농도 92.60%로 예측되었으며 이 때 84.02%로 비교적 높은 항산화 활성을 보여주었다. 배아 추출물의 전자공여능도의 안장점에서 추출 조건은 추출 온도 54.40°C, 추출 시간 2.23 min, 에탄올 농도 87.52%였다. 미강 추출물의 total phenolics는 추출 온도와 에탄올 농도에 영향을 크게 받은 것으로 나타났고 안장점에서 추출 조건은 추출 온도 40.26°C, 추출 시간 6.69 min, 에탄올 농도 98.56%로 예측

되었고 배아 추출물의 total phenolics는 최소점에서 추출 온도 53.67°C, 추출 시간 9.19 min, 에탄올 농도 95.73%에서 최대값을 나타내었다. 미강 추출물의 β -glucan 함량은 안장점일 때 추출 조건이 추출 온도 64.69°C, 추출 시간 7.70 min, 에탄올 농도 96.23%로 나타났다. 배아 추출물의 β -glucan 함량은 추출 시간에 영향을 크게 받았으며 최소점에서 추출 온도 50.03°C, 추출 시간 2.10 min, 에탄올 농도 87.82%에서 미강 추출물에서보다 더 높은 최대값을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의하여 수행된 내용의 일부로서 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Chalas J, Claise C, Edeas M, Messaoudi C, Vergnes L, Abella A, Lindenbaum A. 2001. Effect of ethyl esterification of phenolic acids on low-density lipoprotein oxidation. *Biomed. Pharmacother.* 55:54-60.
- Choi YH, Kim SL, Jeong JE, Song J, Kim JT, Kim JY, Lee CG. 2008. Effects of low-temperature storage of brown rice on rice and cooked rice quality. *Korean J. Crop Sci.* 53(2): 179-186.
- Chun HS, You JE, Kim IH, Cho JS. 1999. Comparative antimutagenic and antioxidative activities of rice with different milling fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31:1371-1377.
- Hong MY, Suh SJ, Baek SB, Kang MS, Park GY, Ha YW. 1999. Quantification of β -glucan in barley using flow-injection analysis. *Korean J. Breed.* 31:29-34.
- Jeong HS, Kang TS, Jeong IS, Park HJ, Min YG. 2003. β -glucan contents with different particle size and varieties of barley and oats. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35(4):610-616.
- Kim KT, Kim SS, Lee YC, Son JY. 1994. Antioxidant activity of solvent extract isolated from barley leaves. *Korean J. Food Science and Nutrition* 7:332-337.
- Kim SY, Yu EH. 2003. Extraction and physicochemical characterization of barley bran β -glucan. *Korean J. Food Cookery* 19:616-623.
- Kim YK, Lee HY, Oh DH. 2004. Changes in antioxidative activity and total polyphenols of crude and defatted grape seed extract by extraction condition and storage. *Korean J. Food Preservation* 11:455-460.
- Lee CK. 2004. Determination of mixed β -glucan in cereals by enzymatic method. *Korean J. Soc. of Crop Science* 49:31-38.
- Liisa J, Pivi T, Heli A, Hannu R, Liisa V. 2007. Effect of processing on the extractability of oat β -glucan. *Food Chem.* 105:1439-1445.
- Liisa J, Mikko K, Pivi E, Liisa V, Heikki T. 2008. Comparison of the solution properties of (1 \rightarrow 3),(1 \rightarrow 4)- β -d-glucans extracted from oats and barley. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41:180-184.
- Oh HJ, Lee SR. 1996. Physiological function in vitro of β -glucan isolated from barley. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28:689-695.
- Park HJ, Kang TS, Lee HB, Kim KY, Jang KI, Noh YH, Jeong HS. 2005. Purification of oat β -glucan by β -amylase treatment and characterization of its physicochemical properties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37:776-782.
- Park JH, Kang MS, Kim HI, Chung BH, Lee KH, Moon WK. 2003. Study on immuno-stimulating activity of β -glucan isolated from the cell wall of yeast mutant *saccharomyces cerevisiae*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35:488-492.
- Park WG, Park BG, Park YH. 2000. Korea food dictionary. 368-369, 334-335.
- Peter JW. 2007. Cereal β -glucans in diet and health. *Cereal Sci.* 46:230-238.
- Sato M, Ramarathnam N, Suzuki Y, Ohkubo T, Takeuchi M, Ochi H. 1996. Varietal differences in the phenolic content and superoxide radical scavenging potential of wines from different sources. *J. Agric. Food Chem.* 44:37-44.
- Seo HC. 1999. Development of Isolation Process of Barley Starch Using β -glucanase. *Korean J. Soc. Food Sci.* 15:238-243.
- Rhe SJ, Cho SY, Kim KM, Cha DS, Park HJ. 2008. A comparative study of analytical methods for alkali-soluble β -glucan in medicinal mushroom. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41:545-549.
- Wei L, Steve WC, Yukio K. 2006. Extraction, fractionation, structural and physical characterization of wheat β -d-glucans. *Carbohydr. polym.* 63:408-416.
- Woo KM, Lee YS, Kim YH. 2005. Antioxidant effects of tocotrienol in rice bran. *Korean J. Crop Sci.* 50:4-7.