

혼합물 실험 계획법에 의한 팽화미 첨가 쌀죽의 최적 배합비 분석

구경형[†] · 최은정 · 구민선

한국식품연구원

Optimal Mixture Ratio for Rice (*Oryza sativa* L.) Gruel Supplemented with Puffed Rice by Mixture Design

Kyung-Hyung Ku[†], Eun-Jeong Choi and Min-Sun Koo

Korea Food Research Institute, Seungnam 463-746, Korea

Abstract

This study examined the optimal mixture ratio of rice gruel supplemented with puffed rice by mixture design. The quality characteristics of rice gruel samples were examined according to mixture ratios at eleven experimental points. The high soluble solid content and viscosity of gruel samples were significantly dependent on rice (short grain) content instead of glutinous rice. The viscosity ranged from 2,891~9,153 cP · s and soluble solid content ranged from 8.23~10.13 °Brix at the eleven experimental points. The mixture with the highest solid content and viscosity, 12% rice gruel sample was 10.10~10.13 °Brix and 9,150~9,153 cP · s. The L color of sample decreased with decreasing rice content, while “a” (redness) and “b” (yellowness) values slightly increased. In the sensory evaluation, samples with higher amount of puffed rice and glutinous rice scored higher for brown color, flavor and sweetness than high-content rice samples. The response surface and trace plot results showed that increasing of puffed rice increased the brown color, sweet taste and sticky aftertaste. From the results of the F-test, viscosity, “a” (redness) and “b” (yellowness) values fit a quadratic model with significant probabilities within 0.05%. The optimum predicted formulations of rice gruel containing puffed rice were 1.69% of puffed rice, 0.47% of glutinous rice and 9.84% of rice, respectively.

Key words : Puffed rice, rice gruel, mixture design.

서 론

쌀은 밀, 옥수수 등과 함께 세계 3대 곡물에 속하며, 전체 90% 이상이 아시아에서 생산되고, 우리나라 국민의 주식으로 중요한 위치를 차지하고 있다. 2012년 우리나라 쌀 생산량은 4,006천 ton, 재배 면적은 849천 ha로 국내 농업소득의 40% 이상을 차지하고 있으며, 쌀 소비량의 경우 1980년에 132.4 kg에서 2012년에는 69.8 kg으로 약 50%로 감소하였다. 또 국내산 쌀의 가공 이용률은 2008년 6%에서 2012년 10% 내외로 증가하였다(Ministry for Food and Agriculture 2012, Statistics Korea 2012). 가공용 쌀은 국내산 쌀의 약 1/3의 가격인 수입 쌀이 사용되고, 주식으로서의 쌀 소비량이 감소되어 안정적인 쌀 소비 확대 방안으로 쌀카레, 쌀고추장, 쌀라면 등의 가공식품의 상품화가 추진되고 있다.

최근 직장인의 아침식사 대용, 여성들의 간편식으로 죽의 소비 증가와 죽에 대한 관심이 높아지면서 다양한 종류의 죽

이 완전 조리제품으로 가공되어 시판되고 있을 뿐만 아니라, 죽을 취급하는 전문점들이 증가하고 있는 추세이다(Kim & Sung 2010, Lee *et al* 2008). 일반적으로 죽이란 곡식을 많은 물과 함께 오래 끓여서 완전히 소화시킨 식품으로 섭취에 부담이 없고 소화가 매우 쉬운 식품으로 현재 일상식의 개념보다 이유식, 노인식, 환자식이나 별미식 등으로 널리 애용되고 있고(Lee *et al* 1997, Yoon *et al* 2008), 죽의 조리 방법도 다양하다(Lee & Jum 2000). 죽에 관한 연구로는 쌀 입자 크기 및 종류(Kim *et al* 1990a, Hong *et al* 1998, Won *et al* 2005), 부재료의 종류 및 첨가비(Han *et al* 2000, Lee *et al* 2009, Lee *et al* 2010), 곡류 코지를 이용한 당화 쌀죽의 품질 특성(Hwang *et al* 2011) 등이 있다.

한편, 팽화미는 쌀을 고온과 고압으로 유지하다가 급격히 상온과 상압으로 조절하여 팽창시킨 것으로 쌀의 대부분의 성분인 전분이 알파화되면 규칙적인 배열이 없어져 효소 작용이 쉽고 당화가 잘 되는 특성을 가지게 된다. 팽화미는 쌀 자체와는 소화 특성이 달라 양조, 고추장 등 가공 식품을 제조하는데 신속하게 소화할 수 있어 쌀가루 대신 팽화 미분을

[†] Corresponding author : Kyung-Hyung Ku, Tel : +82-31-780-9052, Fax : +82-31-780-9876, E-mail : khku@kfri.re.kr

사용하는 경우가 증가되고 있다(Kim *et al* 1990b, Kim *et al* 1994, National Tax Service Technical Service Institute 2005). 또, 호화 특성이 변화된 팽화미를 사용할 경우 조리 과정이 없이 물만 부어 바로 먹을 수 있는 즉석죽 제조 방법(Park & Ahan 2007)이 특허 등록되어 있으나, 쌀과 팽화미를 적절히 혼합하여 제조한 죽에 관한 연구는 거의 없다.

본 연구는 혼합물 실험 계획법을 이용하여 팽화미가 쌀죽의 품질 특성에 미치는 영향을 조사하여 죽의 원료로 팽화미 첨가를 위한 기초 자료로 사용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료 및 실험 설계

실험에 사용된 쌀(단립종)은 2010년도산 쌀(신동진, 전북 김제)과 2010년도산 찰쌀(동진, 충남 부여)을 주대상에서 제공받아 사용하였고, 팽화미는 제공받은 가공용 쌀(신동진, 전북 김제)을 팽화미 제조업체(강원도 영월 소재)에 의뢰하여 제조하였다. 각 시료는 분쇄기(DA-280G, Daesung, Korea)를 사용하여 분쇄한 후 60 mesh를 통과시켜 사용하였다. 본 실험의 디자인 혼합물 디자인에 따라 설계하였고(Table 1), 실험 설계를 위하여 Minitab Statistical Software(Version 16, Minitab Inc., USA)을 사용하였다. 시판되고 있는 5종의 죽

Table 1. Experimental design for rice gruel containing puffed rice

No. Run	Pseudo component ¹⁾			Actual component(%)			
	A ²⁾	B	C	A	B	C	
1	4	0.12	0.02	0.86	1.44	0.24	10.32
2	8	0.12	0.04	0.84	1.44	0.48	10.08
3	7	0.24	0.02	0.74	2.88	0.24	8.88
4	6	0.24	0.04	0.72	2.88	0.48	8.64
5	2	0.06	0.03	0.91	0.72	0.36	10.92
6	5	0.30	0.03	0.67	3.60	0.36	8.04
7	3	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	12.0
8	9	0.18	0.05	0.77	2.16	0.60	9.24
9	11	0.18	0.00	0.82	2.16	0.00	9.84
10	1	0.18	0.01	0.81	2.16	0.12	9.72
11	10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	12.0

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

²⁾ A: puffed rice, B: glutinous rice, C: rice.

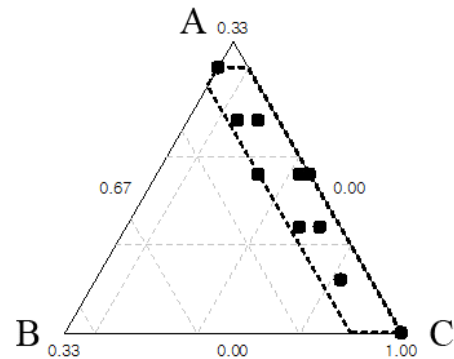


Fig. 1. Plot of a modified distance design in mixture region.

(O사의 야채죽, D사 야채죽, C사 햇반죽, E사 야채죽)을 조사한 결과, 고형분 함량이 약 12%로 이중 쌀 함량은 약 9~12%, 찰쌀 0~5%로 조사되었다. 죽의 고형분 함량을 12%로 두고 독립 변수로 죽에 가장 영향을 줄 수 있는 팽화미 함량(A), 찰쌀 함량(B)과 쌀 함량(C)을 설정하였고, 반응변수로는 수분 함량, 당도, 점도, 색도 및 관능적 품질 특성으로 하였다. 팽화미, 찰쌀, 쌀 함량의 최소 및 최대 범위는 시판되고 있는 죽의 고형분 함량과 배합비 함량을 고려하여 예비 실험을 거쳐 전체 고형분 함량에 대한 쌀 함량은 67~100%, 찰쌀 0~5%, 팽화미 0~30%로 정하였다. 11개의 실험점은 Fig. 1과 같고, 혼합 비율은 Table 1과 같다. 모든 실험 순서(run)는 구획에 따른 오차를 없애기 위하여 무작위로 실행하였다. 죽 제조는 실험 설계에 의한 혼합물 12 g에 소금 0.2 g, 물 100 mL를 뚜껑이 있는 용기에 넣어 혼합한 후, 95°C 항온 수조(HK-IV-3-SWV, 한국종합기기제작소, Korea)에서 교반하면서 제조하였다.

2. 쌀죽 원료의 이화학적 특성 분석

1) 일반성분

쌀, 찰쌀 및 팽화미의 수분, 조단백질, 조지방 및 식이섬유 함량은 TDF assay kit(Megazyme international Ltd., Ireland)를 사용하여 측정하였다(AOAC 1990a, AOAC 1990b). 탄수화물 함량은 100에서 수분, 회분, 단백질 및 식이 섬유를 제외한 값으로 하였고, 각 실험은 3회 반복하여 평균과 표준편차를 구하였다.

2) 팽윤력, 용해도, 물 결합 능력 및 색도

팽윤력은 시료 0.5 g에 증류수 30 mL를 가한 다음 60분간 반응시킨 후 3,000 rpm의 속도로 5분간 원심 분리한 후 침전물의 증가한 무게로부터 환산을 하였다(Fu *et al* 1998). 용해도는 시료 0.5 g에 증류수 30 mL를 가한 다음 팽윤력과 동일

한 과정을 거친 후, 상등액 중에 포함된 고형분 무게를 측정하여 계산하였다(Singh *et al* 2000). 또, 물 결합 능력은 시료 1 g에 증류수 5 mL를 잘 혼합하여 30분간 방치한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 침전물의 무게로부터 환산하였다(Valdez *et al* 1992). 쌀, 찹쌀 및 팽화미는 균질화 시킨 후 직경 5 cm, 높이 5 mm의 원형 플라스틱에 넣어 색도계(CE-310, Minolta Co., Japan)를 이용하여 Hunter value인 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 구하였다(Hutching JS 1994). 이때 사용한 표준 백색판은 각각 L=92.67, a=-0.83, b=0.86의 값을 가졌고, 측정값은 각각 3회 측정된 수치의 평균값으로 하였다.

3. 쌀죽의 품질 특성 및 관능검사

1) 수분, 가용성 고형분, 점도 및 색도

조리된 죽의 수분 함량은 105°C 방법(AOAC 1990c)으로 측정하였고, 가용성 고형분 함량은 디지털 당도계(PDX-1, Veegee, USA)로 측정하였으며, °Brix %로 표시하였다. 점도는 점도계(LVDV-II+, Brookfield Co., USA)로 50 g을 취해 spindle No.4를 사용하여 3 rpm에서 측정하였고, 시료의 온도는 50°C를 유지하고 30초간 작동시켰다. 실험계획에 의해 제조된 쌀죽은 직경 5 cm, 높이 5 mm의 원형 플라스틱 틀에 넣어 색도계(CE-310, Minolta Co., Japan)를 이용하여 Hunter value인 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 구하였다(Hutching JS 1994). 이때 사용한 표준 백색판은 각각 L=92.67, a=-0.83, b=0.86이었고, 측정값은 각각 3회 측정된 수치의 평균값으로 하였다.

2) 관능검사

혼합실험 계획법에 따른 배합비로 제조된 죽의 관능 특성을 평가하기 위하여 관능검사 요원 25명을 선발하였고, 훈련이 끝난 패널원 12명을 선정하여 실시하였다. 제조된 죽을 색과 향이 없는 흰색 유리 용기에 약 25~30 g씩 넣고 뚜껑을 덮은 후 증류수와 함께 제공하였다. 이때 시료 온도는 약 40~45°C로 제공하였고, 시료의 편견을 없애기 위하여 무작위 세자리 숫자로 표기하여 한 점씩 제시하였다. 시료의 제시 순서는 무작위로 하여 위치 오류와 대조 효과에 의한 오차를 최소화하였다. 평가 특성 항목은 색(brown color), 향미(flavor), 단맛(sweetness), 조식감(viscous) 및 후미(sticky)에 대하여 9점 척도법(1점=약하다, 5점=보통이다, 9점=강하다)으로 평가하였고, 전반적인 선호도(overall acceptability)는 9점 척도법(1점=대단히 나쁘다, 5점=보통이다, 9점=대단히 좋다)로 평가하였다(Meilgaard *et al* 1991). 이때 조식감은 죽을 먹었을 때 처음 느껴지는 농후함(viscous)을 평가하였고,

후미는 입안에서의 끈적거림(sticky)을 평가하였다.

4. 혼합물 모델 및 최적화

본 실험에서 얻어진 각 항목의 통계적 유의성은 SPSS 18.0을 이용하여 Duncan의 다중 검증법(Duncan's multiple range test)을 실시하였고, 설정된 혼합물 디자인 속 독립변수간의 상호 작용을 알아보기 위해서 Minitab Statistical Software(Version 16, Minitab Inc. USA)을 이용해서 quadratic design model을 적용하였다(Lee, *et al.* 2008). Model과 coefficient 값들은 *F*-test와 lack of fit test로 그 유의성을 검증하였고, 각 모형에 따른 성분들의 반응은 response surface plot와 trace plot을 이용하여 분석하였다. 최적화는 유의성 있는 모델로 검증된 반응에 목표 범위를 설정하여 구하였다.

결과 및 고찰

1. 쌀죽 원료의 이화학적 특성

1) 일반 성분

본 실험에 사용한 팽화미, 찹쌀 및 쌀의 일반성분을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 수분 함량의 경우, 팽화미는 쌀이나 찹쌀에 비하여 낮은 5.65%였다. 쌀의 수분 함량은 14.11±0.04%, 찹쌀은 13.69±0.01%로 벼의 적정 수분 함량인 15.0%, 도정을 위한 적정 수분 함량 15.80%라고 보고(Moon *et al* 2010)된 결과와 비교할 때 약간 낮은 값을 보였다. 단백질 함량의 경우 팽화미는 6.99±0.04%, 쌀은 6.54±0.02%였고, 찹쌀은 7.62±0.01%였다. 본 연구에 사용한 쌀의 경우 농진청의 탐라이스 기준(Son *et al* 2002)인 단백질 함량 6.5% 이하와 유사한 함량을 나타내었다. 쌀과 팽화미의 조지방 함량은 0.28~0.30%, 조회분은 0.31~0.34%, 식이섬유 함량은 0.98~1.05%로 Kim *et al*(2011)의 쌀 가공 제품을 위한 국내산 쌀 19품종과 수입쌀 1품종의 지방 함량 0.18~0.73%, 단백질 5.22~7.00%, 회분 0.26~0.40%, 아밀로즈 함량 10.30~19.30%와 비교할 때 그 범위에 해당하였다. 탄수화물은 팽화미 85.77±0.02%, 찹쌀 76.76±0.01%, 쌀 77.69±0.02%로 팽화미의 전분 함량이 높게 나타났는데, 이는 팽화미의 경우 팽화에 의한 수분 함량의 차이에 의한 것으로 여겨진다.

2) 팽윤력, 용해도, 물 결합 능력 및 색도

팽윤력의 경우, 팽화미는 28.24±0.22 g/g, 쌀은 8.96±0.31 g/g, 찹쌀 5.53±0.28 g/g으로 팽화미가 쌀보다 약 3배 이상 높았고, 찹쌀과 비교하면 약 5배 정도 높은 값을 보였다. 용해도는 찹쌀이 가장 높은 22.76±0.11%, 팽화미와 쌀은 각각 8.11±0.25%, 6.91±0.04%였다. 물 결합 능력은 팽화미가 456.23±7.7%로 쌀

Table 2. Proximate composition, color, swelling power, solubility and water holding capacity of the rice, glutinous rice and puffed rice

	Puffed rice	Glutinous rice	Rice	
Moisture (%)	5.65±0.11 ^{1) b2)}	13.69±0.01 ^a	14.11±0.04 ^a	
Crude protein (%)	6.99±0.04 ^{ab}	7.62±0.01 ^a	6.54±0.02 ^c	
Crude lipid (%)	0.30±0.03 ^b	0.36±0.02 ^a	0.28±0.05 ^b	
Crude ash (%)	0.31±0.03 ^a	0.20±0.01 ^b	0.34±0.01 ^a	
Total dietary fiber (%)	0.98±0.02 ^b	1.38±0.01 ^a	1.05±0.01 ^{ab}	
Carbohydrate (%)	85.77±0.02 ^a	76.76±0.01 ^b	77.69±0.02 ^b	
Swelling power (g/g)	28.24±0.22 ^a	5.53±0.28 ^c	8.96±0.31 ^b	
Solubility (%)	8.11±0.25 ^b	22.76±0.11 ^a	6.91±0.04 ^c	
Water holding capacity (%)	456.23±7.7 ^a	124.00±2.83 ^b	112.00±2.83 ^{bc}	
	L	82.38±0.39 ^b	93.78±0.00 ^a	93.08±0.01 ^a
Color value	a	1.76±0.01 ^a	-0.10±0.02 ^b	-0.30±0.02 ^b
	b	11.78±0.03 ^a	3.39±0.01 ^c	7.02±0.01 ^b

¹⁾ Values are mean±S.D. (n=3).

²⁾ a-c Means with different letters within the same row are significantly different ($p<0.05$) using Duncan's multiple range test.

의 112.0±2.83%, 찹쌀 124.0±2.83%에 비해 높은 값을 보였다. 전반적으로 팽화미가 쌀이나 찹쌀보다 팽윤력, 용해도 및 물 결합 능력이 높았는데, 이는 고온과 고압으로 유지하다가 급격히 상온과 상압으로 조절하여 팽창시킨 팽화미가 전분 붕괴로 인해 용해도가 높고, 보수력이 높은 기공이 많은 조직으로 변화된다는 보고(Jeong *et al* 2001, Tie *et al* 2008, Lee *et al* 2011)와 동일한 결과를 보였다. 한편, 색도의 경우 쌀은 밝기를 나타내는 L값은 93.08±0.01, 적색도인 a값은 -0.30±0.02, 황색도인 b값은 7.02±0.01였고, 찹쌀의 L값은 93.78±0.0, a값은 -0.10±0.02, b값은 3.39±0.01였다. 반면에 팽화미는 L값 82.38±0.39, a값 1.76±0.01, b값 11.78±0.03으로 황색도를 나타내는 b값이 쌀이나 찹쌀보다 높은 값을 보였는데, 이는 쌀에 함유된 당류나 아미노류가 팽화미 제조 시 열에 의해 갈변 물질을 형성한 것으로 여겨진다(Ha *et al* 2004).

2. 쌀죽의 품질 특성 및 관능검사

1) 수분, 가용성 고형분, 점도 및 색도

실험계획에 따라 제조한 죽의 수분 함량, 가용성 고형분 함량, 점도 및 색도 측정 결과는 Table 3과 같다. 수분 함량의 경우, 쌀죽 배합비에 따라 제조된 시료는 89.29±0.97~89.85±0.09% 범위로 시료 간 수분 함량의 유의적인 차이는 없었다. 가용성 고형분 함량과 점도의 경우 최대값을 나타

내는 시료구는 쌀 함량이 12%였을 때 가장 높아, 각각 10.10±0.07~10.13±0.07 °Brix와 9,150±25~9,153±36 cP·s를 나타내었다. 최소 가용성 고형분 함량은 팽화미 1.44%, 찹쌀 0.24%, 쌀 10.32%였고, 가장 낮은 점도인 2,892±15 cP·s를 나타낸 시료는 No. 4(A: 2.88%, B: 7~8%, C: 8.24%)와 No. 6(A: 3.20%, B: 0.36%, C: 8.04%)이었다. 이는 전분의 점도는 아밀로즈 함량보다는 아밀로펙틴이 많으면 점도가 높다고 보고된 결과(Julian BO 1971)와 비교할 때 본 연구에서는 아밀로펙틴이 많은 찹쌀 비율이 적어 아밀로펙틴에 의한 영향이 거의 없는 것으로 나타났다. 전반적으로 팽화미 비율이 높고 쌀 비율이 낮았던 No. 3, No. 4, No. 6가 낮은 점도를 보였다. 색도의 경우, 쌀 함량 100%인 No. 7과 No 11시료의 L값이 58.80~58.81, a값 -1.41~-1.42, b값 -2.92~-2.91이었고, 쌀 함량이 낮은 시료(No. 3, No. 4, No. 6)는 L값은 54.25~55.19, a값은 -0.89~-0.99, b값은 1.62~1.96이었다. 전반적으로 쌀 함량이 낮아질수록 L값은 낮아지고, a와 b값은 약간 증가하는 경향을 보였다.

2) 관능검사

실험계획에 따라 제조된 죽의 색도(brown), 향미(flavor), 맛(sweetness), 텍스처(viscous) 및 후미(sticky) 등의 관능적 특성을 평가한 결과는 Table 4와 같다. 갈색도의 경우, 쌀 함량 100%인 No. 11과 No. 7은 2.0±1.2의 낮은 점수로 평가한 반

Table 3. Quality characteristics of rice gruel by mixture design

No.	Run	Moisture (%)	Soluble solid (°Brix)	Viscosity (cP · s)	Color value		
					L	a	b
1	4	89.71±0.03	7.59±0.30 ^{1)c2)}	3,951±21 ^d	57.44±0.13 ^b	-1.27±0.01 ^c	-0.04±0.02 ^d
2	8	89.78±0.08	8.80±0.00 ^b	3,590±44 ^e	57.64±0.47 ^b	-1.32±0.04 ^{cd}	0.03±0.08 ^d
3	7	89.61±0.25	8.51±0.34 ^b	3,020±11 ^f	55.19±0.63 ^{cd}	-0.99±0.04 ^{ab}	1.62±0.21 ^b
4	6	89.54±0.08	8.39±0.19 ^c	2,892±15 ^g	54.80±0.57 ^d	-0.95±0.06 ^a	1.65±0.21 ^b
5	2	89.78±0.05	9.04±0.30 ^b	4,479±61 ^b	59.08±0.45 ^a	-1.41±0.01 ^d	-1.24±0.14 ^e
6	5	89.78±0.10	8.23±0.14 ^{bc}	2,892±15 ^g	54.25±0.29 ^d	-0.89±0.01 ^a	1.96±0.02 ^a
7	3	89.29±0.07	10.10±0.07 ^a	9,153±36 ^a	58.81±0.27 ^a	-1.41±0.01 ^d	-2.92±0.30 ^f
8	9	89.73±0.47	8.56±0.12 ^b	3,531±71 ^e	55.99±0.42 ^{bc}	-1.14±0.07 ^b	0.54±0.04 ^e
9	11	89.83±1.02	8.55±0.00 ^b	4,065±18 ^c	56.13±0.01 ^c	-1.17±0.02 ^b	0.46±0.03 ^e
10	1	89.85±0.09	8.73±0.00 ^b	3,725±41 ^d	55.74±0.04 ^c	-1.14±0.05 ^b	0.50±0.01 ^e
11	10	89.29±0.97	10.13±0.07 ^a	9,150±25 ^a	58.80±0.87 ^a	-1.42±0.01 ^d	-2.91±0.32 ^f

¹⁾ Values are mean±S.D. (n=3).

²⁾ a~g Means with different letters within the same column are significantly different ($p<0.05$) using Duncan's multiple range test.

Table 4. Sensory characteristics of rice gruel containing puffed rice by mixture design

No.	Run	Color (brown)	Flavor	Taste (sweetness)	Texture (viscous)	Aftertaste (sticky)	Overall accept.
1	4	3.9±0.9 ^{bc1)}	3.0±0.9 ^b	3.5±1.6 ^{ab}	5.7±1.6 ^a	3.9±1.4 ^{ab}	5.4±1.1
2	8	3.4±0.7 ^{bc}	2.6±1.3 ^b	3.8±1.9 ^{ab}	5.4±1.6 ^{ab}	4.2±2.0 ^{ab}	5.2±1.9
3	7	6.2±1.1 ^a	4.9±2.3 ^a	4.2±1.4 ^a	4.7±1.4 ^b	4.5±1.7 ^a	5.2±1.6
4	6	6.5±0.7 ^a	5.0±2.2 ^a	4.1±1.7 ^a	4.7±1.7 ^b	4.1±1.7 ^{ab}	5.6±1.3
5	2	1.8±0.4 ^d	2.4±1.6 ^b	3.7±2.5 ^{ab}	5.3±1.7 ^{ab}	3.4±1.6 ^b	5.3±2.2
6	5	6.4±0.7 ^a	4.9±2.3 ^a	4.4±1.8 ^a	4.4±1.6 ^b	4.8±1.7 ^a	4.8±1.6
7	3	2.0±1.2 ^d	3.2±1.8 ^b	3.4±2.2 ^{ab}	5.9±1.9 ^a	2.9±1.4 ^{bc}	4.7±1.6
8	9	4.8±0.9 ^b	4.2±1.8 ^{ab}	4.2±1.4 ^a	5.1±1.2 ^{ab}	4.3±1.7 ^{ab}	4.9±1.1
9	11	4.7±0.8 ^b	4.2±1.9 ^{ab}	4.5±1.4 ^a	5.6±1.2 ^{ab}	3.8±1.6 ^{ab}	5.3±1.3
10	1	4.7±1.1 ^b	4.0±1.8 ^{ab}	4.4±1.3 ^a	4.1±1.6 ^b	3.8±1.9 ^{ab}	5.3±1.2
11	10	2.0±1.2 ^d	3.2±1.8 ^b	3.4±2.2 ^{ab}	5.9±1.9 ^a	2.9±1.4 ^{bc}	5.0±2.2

¹⁾ Values are mean±S.D. (n=12).

^{a~d} Means with different letters within the same column are significantly different ($p<0.05$) using Duncan's multiple range test.

면, 쌀 함량이 적어질수록 색도가 증가하였다. 쌀죽의 향미와 단맛의 경우, 시료 간 차이는 있었지만, 전반적으로 쌀 함량이 적었던 No. 3, No. 4, No. 6 시료가 쌀 비율이 많은 시료보다 높은 값으로 평가하였다. 죽을 먹었을 때 처음 느껴지는 조직감(viscous)은 팽화미 함량이 많아질수록 낮은 점수

로 평가하였고, 반면에 입안에서의 후미(sticky)는 팽화미 함량이 많아질수록 높은 점수로 평가하였다. 전반적으로 쌀 함량 비율이 적어지고, 팽화미 비율이 많아질수록 갈색도, 단맛, 후미의 입안에서의 끈적임을 높게 평가한 반면, 죽의 조직감(농후함)은 낮다고 평가하여 점도계에 의한 점도 측정

결과와 유사하였다. 또, 전반적 기호도(overall acceptability)는 시료에 따라 4.7±1.6~5.6±2.2의 평가 점수의 차이는 있었으나, 통계적인 유의성은 없었다.

3. 혼합물 모델 및 최적화

실험 계획에 따라 제조된 쌀죽의 각 품질 특성에 미치는 영향을 모델링화하여 F-test를 통해 유의성 검사를 하였다(Table 5). 각각의 물리적 품질 특성 중 시료의 점도, 색도 중 a값과 b값이 quadratic 모델로 선택되었고, probability는 0.001, 0.037, 0.042로 5% 이내의 유의성을 보여 모델의 적합성을 보였다. 관능적 특성의 경우는 색도(갈색도), 맛(단맛), 죽의 농후함(viscous)의 probability가 0.031, 0.05, 0.001로 5% 이내의 유의성을 보여 quadratic 모델로 선택되었다. Fig. 2는 선택된 모델에 대한 반응 표면도와 trace plot를 한 결과로 팽화미 함량(A)이 많으면 점도가 감소하고, 쌀(C) 함량이 많을수록 점도가 증가한 반면, 찹쌀(B) 함량은 팽화미와 쌀 함량과 비교하여 상대적으로 큰 영향을 끼치지 않았다. 적색도를 나타내는 a값과 황색도를 나타내는 b값의 경우 팽화미 함량(A)이 많을수록 a값과 b값이 증가하였고, 쌀 함량(C)이 많을수록 a값과 b값이 감소하는 경향을 보였다. 이는 Kim et al(2007)의 팽화미로 쌀을 대체하여 탁주를 제조할 경우 팽화미 첨가 시료가 쌀가루 첨가 시료보다 L값과 b값이 증가하였다는 결과와 유사하였다. 한편, Fig. 3은 선택된 모델에 대한 관능특성의 반응 표면도와 trace plot에 의한 결과이다. 갈색도는 팽화미(A) 함량이 많을수록 그 값이 증가하였고, 찹쌀(B) 함량과 쌀(C) 함량이 많을수록 감소하는 경향을 보였다. 맛의 경우, 팽화

미(A) 함량이 많을수록 단맛이 증가하는 경향이었고, 찹쌀(B)과 쌀(C) 함량이 많을수록 단맛이 감소하였다. 또, 죽의 조직감인 입안에서의 농후함은 쌀(C)과 팽화미 함량이 많을

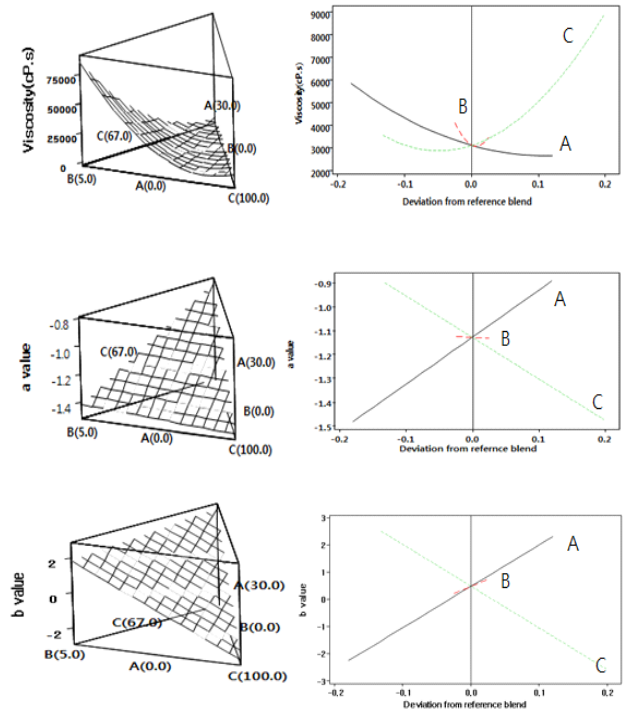


Fig. 2. Response surface and trace plot for the effect of puffed rice flour (A), glutinous rice flour (B) and rice flour (C) on viscosity and color value of rice gruel.

Table 5. Analysis of predicted model equation for the quality characteristics of rice gruel

Response	Model	P-value	R ²	Equation on terms of pseudo component	
Moisture (%)	Linear	0.950	0.031	99.59A-17.2B+89.7C+15.92AB-12.3AC+127.9BC	
Soluble solid (°Brix)	Linear	0.255	0.744	47A+1259.0B+10.1C-1473.0AB-54.0AC-1295.0BC	
Viscosity (cP · s)	Quadratic	0.001*	0.995	22046A+1003212B+9108C-800368AB-48996AC-1135701BC	
L	Quadratic	0.598	0.949	57.7A-438.2B+58.9C+374.4AB-19.3AC+155.5BC	
Color value	a	Quadratic	0.037*	-1.64A-43.6B-1.4C+88.59AB+1.8AC+37.03BC	
	b	Quadratic	0.042*	-14.3A-597.5B-2.9C+711.8AB+36.0AC+624.5BC	
Color	Quadratic	0.031*	0.988	-36.7A-702.0B+2.0C+1265AB+65.4AC+639.2BC	
Flavor	Quadratic	0.069	0.933	-1.2A+418.5B+3.2C-181.5AB+12.6AC-498.2BC	
Sensory characteristics	Taste	Quadratic	0.054*	21A+843B+3C-1054AB-13AC-857BC	
	Texture	Quadratic	0.001*	-24.6A-339.4B+6.0C+958.0AB+26.7AC+248.8BC	
	After taste	Quadratic	0.825	0.919	14.5A+19.3B+2.9C-83.8AB-7.59AC+6.337BC
	Overall accept.	Quadratic	0.501	0.716	23.3A+57.54B+4.3C-800.5AB-18.3AC-551.3BC

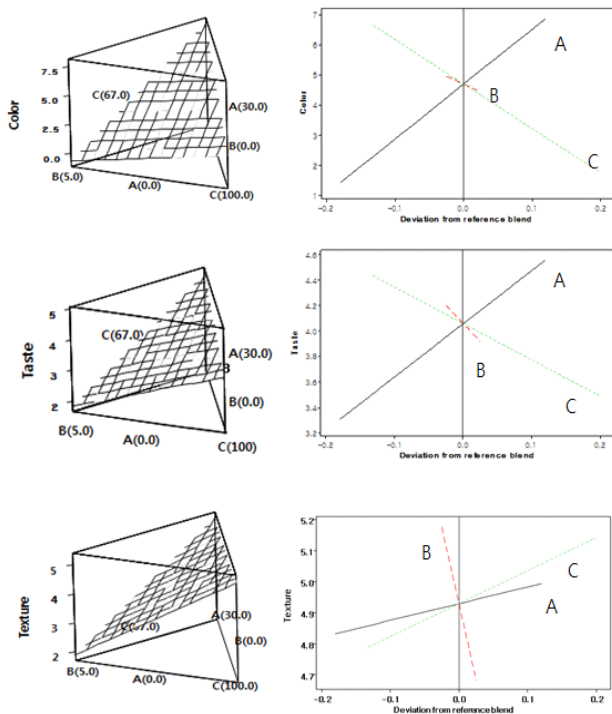


Fig. 3. Response surface and trace plot for the effect of puffed rice flour (A), glutinous rice flour (B) and rice flour (C) on color, texture and taste of rice gruel sensory evaluation.

수록 증가하는 경향이었고, 팽화미보다는 쌀의 영향이 더 크게 나타났다. 최적화는 혼합 비율에 따른 팽화미, 찹쌀 및 쌀 함량에 따른 관능적 품질 특성을 모델링한 결과, 유의성이 있었던 색도(brown color), 맛(sweetness) 및 텍스처(viscous)를 기준으로 하였다(Table 5). 이때 각각의 관능적 품질 특성의 하한값과 상한값은 각각 3.5와 4.5이었고, 목표값을 4점으로 하여 최적화를 수행한 결과 Fig. 4와 같다. 최적 예측된

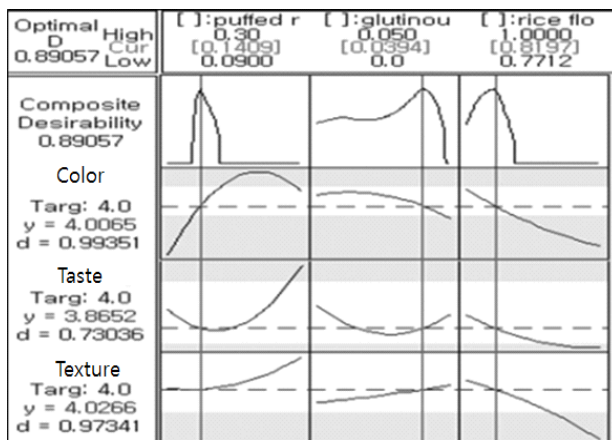


Fig. 4. Response optimization for mixture ratio of rice gruel.

최적값은 pseudo 성분을 실제 성분 비율로 환산한 결과, 팽화미는 1.69%, 찹쌀가루 0.47%, 쌀가루 9.84%이었다. 예측된 최적의 비율로 죽을 제조하여 관능적 품질 특성인 색도(brown color), 맛(sweetness) 및 텍스처(viscous)을 평가한 결과, 각각 4.2, 4.0, 4.3으로 평가되어 실험계획법의 목표와 일치하였다.

요약 및 결론

혼합물 실험 계획법을 이용하여 팽화미가 첨가된 쌀죽 배합비율에 따른 품질 특성을 조사한 후 최적화 분석을 하였다. 실험계획에 따라 제조된 쌀죽의 각 품질 특성에 미치는 영향을 조사한 결과, 최대 가용성 고형분 함량과 점도는 쌀 함량이 12%였을 때 가장 높은 10.13 °Brix와 9,153 cP·s를 나타내었다. 색도는 전반적으로 쌀가루 함량이 적을수록 L 값은 낮아지고, a와 b값은 약간 증가하는 경향을 보였다. 또, 관능검사 결과, 쌀 함량이 적어지고, 팽화미와 찹쌀 비율이 높아질수록 가용성 고형분 함량, 점도, b값과 관능적 특성인 갈색도, 향미, 단맛을 높게 평가하였다. 모델링화하여 F-test를 통해 유의성을 검사한 결과, 시료의 점도, 색도 중 a값과 b값의 probability가 5% 이내의 유의성을 보여 모델의 적합성을 보였다. 최적화는 모델링한 결과, 유의성이 있었던 색도(갈색도), 맛(단맛) 및 텍스처(농후함)를 기준으로 예측된 쌀죽의 최적비율은 팽화미 1.69%, 찹쌀 0.47%, 쌀 9.84%이었다. 이상의 결과에서 쌀과 팽화미를 적절히 혼합할 경우 죽의 점도, 색 등의 물리적 특성과 단맛, 농후함 등의 관능적 특성이 변화되는 것을 확인할 수 있어서 죽의 원료로 팽화미를 사용할 경우, 기초 자료로 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부의 쌀 소비촉진 가공기술 산업화 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 연구 지원에 감사드립니다.

문헌

- AOAC (1990a) Official method of analysis. 15th ed. Method 940.28 Chapter 41, p. 10 Association of Official Analytical Chemist, Washington DC. chapter 41, p 10.
- AOAC (1990b) Official method of analysis. 15th ed. Method 985.29 Chapter 45, p. 70. Association of Official Analytical Chemist, Washington DC. chapter 45, p 70.
- AOAC (1990c) Official method of analysis. 15th ed. Method 934.01 Association of Official Analytical Chemist, Washington

- DC. chapter 4, p 1.
- Fu BX, Kovacs MIP, Wang C (1998) A simple wheat flour swelling test. *Cereal Chem* 75: 566-567.
- Ha JO, Lee SC, Bac HD, Park OP (2004) *Food chemistry*. Dooyangsa, Seoul. pp 218-344.
- Han SH, Choi EJ, Oh MS (2000) A comparative study on cooking qualities of imported and domestic rices. *Korean J Soc Food Sci* 16: 91-97.
- Hong YH, Ahn HS, Lee SK, Jun SK (1998) Relationship of properties of rice texture of Japonica and Indica cooked rice. *Korean J Food Sci Technol* 20: 59-62.
- Hutchings JS (1994) Instrumental specification. In Food colour and appearance. Blackie Academic & Professional, Bedford. pp 217-223.
- Hwang IG, Yang JW, Kim JY, Yoo SM, Kim GC, Kim JS (2011) Quality characteristics of saccharified rice gruel prepared with different cereal koji. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1611-1622.
- Jeong HS, Min YK, Toledo RT (2001) Effects of low temperature extrusion method on the physical properties and cell structure of pre-gelatinized rice flour extrudate. *Food Engineering Progress* 6: 145-151.
- Juliano BO (1971) A simplified assay for milled rice amylase. *Cereal Science Today* 15: 334-338.
- Kim YB, Hah DM, Kim CS (1990a) Milling characteristics and qualities of Korean rice. *Korean J Food Sci Technol* 22: 199-205.
- Kim MS, Yoon IH, Oh YT, Jang CM, Yoon SM (1990b) Manufacturing machine and method of puffed grain powder. Korea Patent 008240.
- Kim MS, Shin JI, Lee PS (1994) Producing method of *takju* using puffed rice powder. Korean Patent 0010859.
- Kim JY, Sung KW, Bae HW, Yi YH (2007) pH, acidity, reducing sugar, total sugar, alcohol and organoleptic characteristics of puffed rice powder added *takju* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 39: 266-271.
- Kim JW, Sung KH (2010) A study on the quality characteristics of kiwi fruit-gruel with added kiwi concentrate. *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 313-320.
- Kim HR, Kwon YH, Kim JH, Ahn BH (2011) Quality analysis of diverse rice species for rice products. *Korean J Food Sci Technol* 43: 142-148.
- Lee GD, Kim HG, Kim JG, Kwon JH (1997) Optimization for the preparation conditions of instant rice gruel using oyster mushroom and brown rice. *Korean J Food Sci Technol* 29: 734-744.
- Lee HJ, Jurn JI (2000) Research of kinds of rice porridges and recipes of it. *Korean J Food & Nutr* 13: 281-290.
- Lee KA, Shin ES, Lee HK, Kim MJ, Byun MW, Lee JW, Kim JH, Ahn DH, Lyun ES (2008) Quality characteristics of abalone porridge with viscera. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 103-108.
- Lee YS, Ha JK, Lee ES (2008) Optimization of peel adhesion of acrylic pressure sensitive adhesive using design of experiments. *J Adhesion and Interface* 9: 22-27.
- Lee MJ, Kim YK, Seo JW, Kim JG, Kim HS (2009) Cooking and pasting characteristics of non waxy and waxy pearled barley products from Korea. *Korean J Food Preserv* 16: 661-668.
- Lee MK, Park JS, Na HS (2010) Physicochemical properties of Olbyossal. *Korean J Food Preserv* 17: 208-213.
- Lee KC, Kim YS, Ryu GH (2011) Saccharification characteristics of extruded corn starch at different process parameter. *Food Engineering Progress* 15: 155-161.
- Meilgaard M, Civille GV., Carr BT (1991) Sensory evaluation techniques. 2nd ed. CRC press, Boca Raton. p 53.
- Ministry for Food and Agriculture (2012) Forestry and Fisheries. *Food Policy Food Journal*. p 40.
- Moon GS, Kim MJ, Jin MH, Kim SY, Park SY, Ryu BM (2010) Physicochemical and sensory properties of rice stored in a unused tunnel. *Korean J Food Cookery Sci* 26: 220-228.
- National Tax Service Technical Service Institute (2005) Manufacturing guideline of *takju* and *yakju*. Seoul, Korea. pp. 31, 53-54, 195-196.
- Park HJ, Ahn TK (2007) A method for manufacturing rice flour having good rheological and sensory characteristics, rice flour produced by the same method and instant rice soup comprising the rice flour. Korea Patent 0757665.
- Singh V, Okadome H, Toyoshima H, Isobe S, Ohtsubo K (2000) Thermal and physicochemical properties of rice grain, flour and starch. *J Agric Food Chem* 48: 2639-2647.
- Son JR, Kim JH, Lee JI, Youn YH, Kim JK, Hwang HG, Moon HP (2002) Trend and further research. *Korean J Crop Sci* 47: 33-54.
- Statistics Korea (2012) 2012 rice production survey, Press release, 2012. 11. 19
- Tie J, Kim MH, Ryu HJ, Lee KH, Han MS, Cho SS, Lee HK, Ryu GH (2008) Quality characteristics of rice cake (*injulmi*) made with traditional process and instant *injulmi* machine

- and different steeping time. *Food Engineering Progress* 12: 97-106.
- Valdez-Nielba JA, Paredes-Lopez O, Varga-Lopez JM, Hernandez-Lopez D (1992) Moisture sorption isotherms and other physicochemical properties of nixtamalized amaranth flour. *Food Chem* 46: 19-23.
- Won JG, Ahn DJ, Kim SJ, Park SD, Choi KB, Lee SC, Son JK (2005) Comparison of grain quality between Chinese parboiled and domestic rice. *Korean J Crop Sci* 50: 19-23.
- Yoon SJ, Hawer WD (2008) A study on calorie and proximate components of traditional Korea gruel. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 879-885.
-

접 수: 2013년 2월 15일
최종수정: 2013년 4월 18일
채 택: 2013년 4월 26일