

## 흑미가루 복합분의 이화학적 특성과 스펀지 케이크 품질특성

박영서 · 장학길\*

경원대학교 식품생물공학과

### Quality Characteristics of Sponge Cakes Containing Various Levels of Black Rice Flour

Young-Seo Park and Hak-Gil Chang\*

Department of Food Science and Biotechnology, Kyungwon University

**Abstract** In this study the replacement of wheat flour with 5 to 30% black rice flour was tested to examine its effect on sponge cake making properties. We evaluated the effects of the substitutions on various quality parameters of the cake, such as physicochemical and rheological properties, cake making quality, and texture characteristics. The water holding capacity value increased with increasing amounts of black rice flour, whereas the alkaline water retention capacity, Pelshenke value and sedimentation value decreased. The mixograph peak time and peak height, and the Rapid Visco Analyser peak, minimum, and final viscosity decreased with the addition of black rice flour. Increasing proportions of black rice flour resulted in reduced loaf volume. However, replacing 15% of the wheat flour with black rice flour did not significantly affect the characteristics of the sponge cake. The textural characteristics of the sponge cake crumb were influenced by the addition of black rice flour, and sponge cakes containing the additives showed increases in hardness, gumminess, and chewiness.

**Key words:** sponge cake, black rice, cake quality

## 서론

식품에 있어서 다양성 및 기능성에 대한 관심과 요구가 증가함에 따라 쌀에 있어서도 흑미, 발아현미 등 다양한 특수미가 육성 또는 개발되고 있다. 흑미는 단백질, 식물성지방, 섬유소, 무기질, 비타민 등 영양성분이 풍부하고, 특히 식품의 안토시아닌 색소에 대한 기능성이 밝혀짐에 따라 흑미에 대한 각종 연구가 다양하게 진행되고 있다(1).

흑미의 색소는 흑자색의 안토시아닌으로 cyanidin 3-glucoside (C3G), cyanidin 3-rhamnoside, malvidin 3-galactoside, peonidin 3-glucoside(P3G) 등이 알려져 있으며(2), 현재까지 국내에서 재배되고 있는 흑미에는 C3G와 P3G가 주요 성분으로, 특히 C3G의 함량이 높은 것으로 보고되었다(3). 기능성 성분 중 C3G는 강력한 항산화 기능 중 oxygen radical absorbance capacity에서 14종의 안토시아닌 가운데 가장 높은 활성을 보였다(4). 그 밖에도 유색미의 항돌연변이, 항암기능, 콜레스테롤 저하능력에 대한 기능이 밝혀진 바 있다(5,6).

현재 우리나라에서 유통되고 있는 유색미의 종류로는 색깔로 구분하여 흑미, 적미, 그리고 적미와 색이 유사하나 향이 강한 흑향미의 3종류로 대별된다(7). 이런 유색미는 이용실태에 있어서

밥에 혼용하는 잡곡의 형태로 대부분 이용되고 있으며, 그 밖에 떡과 빵류에 소량이 소비되고 있다. 흑미를 이용한 연구는 흑미가루를 첨가한 식빵의 품질특성(1), 검물질, 지방질 및 활성 글루텐의 첨가에 따른 쌀빵의 특성(8), 유색미의 품종별 호화특성(9) 등이 있으나 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 흑미가루를 첨가한 복합분의 특성 및 스펀지 케이크의 제반 특성을 조사한 바 그 결과를 보고한다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 연구에 사용된 흑미는 2004년도에 전남 진도군 군내면에서 생산된 것을 구입하여 분쇄기(IKA MF10, IKA-WERKE GMBH & Co. KG, Staufen, Germany)로 분쇄하여 사용하였다. 흑미가루(100 g)의 입도측정은 sieve shaker(Rotap RX-29, W.S. Tyler, USA)에서 1시간 동안 진탕한 후 통과한 흑미가루의 중량을 측정하였다. 밀가루는 중력분(대한제분)을 구입하여 사용하였다.

### 재료의 이화학적 특성

일반성분의 분석은 AACC 법(10)에 따라서 측정하였다. 즉, 수분함량은 air oven method(AACC Method 44-16), 조지방 함량은 추출법(AACC Method 30-10), 조회분 함량은 basic method(AACC Method 08-01), 조단백질 함량은 micro-Kjeldahl method(AACC Method 46-13)로 측정하였다. Alkaline water retention capacity(AWRC)는 AACC Method 56-10에 따라서 원심 분리관에 시료 1.0 g을 측정하여 넣은 후, 0.1 N sodium bicarbonate 용액

\*Corresponding author: Hak-Gil Chang, Department of Food Science and Biotechnology, Kyungwon University, San 65 Bokjeong-dong, Sujeong-gu, Seongnam 461-701, Korea  
Tel: 82-31-750-5382  
Fax: 82-31-750-5273  
E-mail: jhk@kyungwon.ac.kr  
Received March 15, 2007; accepted May 23, 2007

5 mL을 첨가하여 voltex shaker로 교반한 다음, 1,000 × g에서 15 분간 원심분리한 후, 상등액을 제거하고 남은 시료의 중량과 원심분리 전 시료중량 대비 백분율로 표시하였다. Water hydration capacity(WHC)는 Collins와 Post(11)의 방법을 다소 변형하여 측정하였다. 즉, 원심분리관에 시료 3 g을 취한 후 15 mL의 증류수를 첨가하고 3분간 교반한 다음 1시간 실온에 방치하였다. 2,000 × g에서 30분간 원심분리한 후 상등액을 분리하고 침전된 시료의 무게를 측정하여 백분율로 표시하였다. 시료의 호화특성은 Rapid Visco Analyser(RVA, Model 3d, Newport Scientific, Narrabeen, N.S.W., Australia)를 이용하여 시료 3.50 g을 평량하여 test canister에 넣고 증류수 25.0 mL를 첨가하여 현탁액을 만든 후, 25°C에서 95°C까지 그리고 다시 50°C까지 5°C/min의 속도로 가열 및 냉각시켜 호화온도(initial pasting temperature), 최고점도(peak viscosity), 최소점도(minimum viscosity) 및 최종점도(final viscosity)를 측정하였다(12,13).

**Mixograph 특성**

Mixograph 특성은 AACC Method 54-40A 방법에 따라서 10-g Mixograph(MIXSMART Version 4.0, National Mfg. Co., Lincoln, NE, USA)를 사용하여 박력분의 최적 흡수율을 구한 다음, 각 시료에 박력분을 기준으로 증류수를 첨가하여 다음과 같이 peak time, peak height, width at peak, width at 8 min 등을 측정하였다.

**스펀지 케이크의 제조 및 특성**

스펀지 케이크의 배합비는 밀가루 100%, 설탕(fine-granulated) 100%, 달걀 100%, 증류수 40%로서 스펀지 케이크의 제조는 달걀의 기포성을 향상시키고 설탕의 용해성을 증가시키며 제품의 부피를 크게 하기 위하여 53°C의 물로 중탕하여 mixing bowl을 40°C로 유지시키는 hot mixing method를 사용하였다(14,15). 즉, 스펀지 케이크 반죽은 저속에서 30초, 고속에서 8분 동안 혼합한 다음, 증류수 140 mL을 첨가하여 2분 동안 혼합하고, 저속에서 30초간 혼합하여 cream mass(egg-sugar batter)를 만들었다.

Cream mass 240 g을 bowl에 옮기고 시료(밀가루, 흑미 가루가 첨가된 밀가루) 100 g을 첨가한 다음, 나무 스펀으로 40회 빠르게 혼합한 케이크 반죽을 pan(내부지름 14.8 cm; 깊이 6.9 cm; 내부부피 1260 mL)에 330 g 넣고, 180°C에서 30분간 baking 하였다.

흑미가루의 첨가량은 5, 10, 15, 20, 25, 30%로서 케이크 반죽의 pH와 비중을 측정하였다. 한편 굽기가 끝난 스펀지 케이크를 30분간 pan에서 냉각시킨 후, 부피, 무게, 비용적을 측정하였고, volume index, symmetry index, uniformity index는 AACC Method 10-91의 기준에 따라 측정하였다. 스펀지 케이크의 crust와 crumb의 색깔은 색도계(Model CR-200, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 L, a, b value를 측정하였다.

스펀지 케이크의 텍스처는 Texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro Systems Co., Haslemere, England)로 경도 등을 측정하였다. 이때 사용된 probe는 직경 2.5 cm, 측정속도는 1.0 mm/sec이었다. 관능검사는 13명을 선정하여 충분히 교육시킨 뒤 검사에 응하도록 하였으며, 향미, 조직 및 종합적 기호도는 9-point scale scoring test 방법에 따라 조사하였다.

통계분석은 Statistical Analysis System(SAS) 통계 package를 사용하여 Duncan's multiple range 값과 상관관계를 구하여 각 측정치들 간의 관계를 검토하였다.

**결과 및 고찰**

**재료의 이화학적 특성**

공시된 재료의 일반성분은 Table 1과 같다. 단백질 함량은 중력분이 10.95%로서 흑미의 6.70%보다 4.25% 높았고, 회분 함량은 흑미가 1.15%로서 중력분보다 높은 값을 보였다.

중력분과 흑미가루의 입도 분포를 보면 Table 2와 같이 중력분은 140-230 mesh에 97%, 흑미가루는 91%로 분포되어 있어 흑미가루의 입도가 다소 큰 것을 알 수 있었다. Choi 등(16)은 제분조건에 따른 흑미가루 품질특성에 관한 연구내용에서, 흑미가루의 평균입도는 건조조건, 침지조건에 상관없이 39.1-41.5 μm로 유사한 입도분포를 나타냈다고 보고한 바 있다. 일반적으로 가루의 입도분포는 페이스트 특성과 젤 점도 등의 이화학적 특성을 변화시킴으로써 최종제품의 품질에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(17).

Water holding capacity(WHC)와 alkaline water retention capacity(AWRC)는 밀가루의 품질을 예측하는 지표로서 쿠키나 케이크 제품을 생산하는데 있어서 중요한 지표로 쓰이고 있다. 본 연구에서 밀가루에 흑미가루를 5-30% 첨가하였을 때 WHC와 AWRC의 변화를 보면 Table 3과 같다. 흑미가루의 첨가량이 30%까지 증가함에 따라서 WHC는 21.4% 증가하였고, AWRC는 약 10%가 감소하였다. Quinn과 Patton(18)에 의하면 WHC는 식품 중 단백질의 최대흡수율을 표시하는 것으로 WHC 측정과정 중 대부분의 수용성 단백질은 제거되나 WHC로서 수용성과 불용성을 정확하게 비교 측정되는 아니더라고 밝힌 바 있다. 한편, Lin 등(19)은 변성 때문에 용해성이 감소됨으로써 흡수율이 증가한다고 보

**Table 1. Composition of wheat and black rice flour samples**

Flours	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)	Carbohydrate(%)		Ash (%)
				Fiber	Non-fibrous	
Wheat flour	13.30	10.95	1.10	0.30	74.30	0.35
Black rice flour	11.75	6.70	1.75	1.50	78.65	1.15

**Table 2. Particle size distributions of wheat and black rice flour (Unit: %)**

Flour	Particle size (mesh)			
	< 10	120-140	200-230	> 230
Wheat	2.45	30.01	67.47	0.09
Black rice	8.78	75.40	15.67	0.15

**Table 3. Water holding capacity (WHC), alkaline water retention capacity (AWRC), Pelschenke (PK) value, and sedimentation value of wheat and black rice flour blends**

Blend ratio (%)	WHC (%)	AWRC (%)	PK value (min)	Sedimentation value (mL)
0	64.1 ± 0.7 <sup>a1)</sup>	69.7 ± 0.1 <sup>c</sup>	41.5 ± 2.1 <sup>a</sup>	25.0 ± 1.4 <sup>c</sup>
5	66.1 ± 1.8 <sup>a</sup>	66.8 ± 0.2 <sup>bc</sup>	41.0 ± 1.4 <sup>a</sup>	22.7 ± 1.1 <sup>d</sup>
10	74.9 ± 1.9 <sup>b</sup>	65.7 ± 0.1 <sup>b</sup>	41.5 ± 0.7 <sup>a</sup>	21.0 ± 1.1 <sup>cd</sup>
15	76.5 ± 1.3 <sup>b</sup>	66.6 ± 0.2 <sup>bc</sup>	40.5 ± 0.7 <sup>a</sup>	20.0 ± 0.0 <sup>bc</sup>
20	77.3 ± 0.2 <sup>b</sup>	65.2 ± 0.2 <sup>b</sup>	40.5 ± 2.1 <sup>a</sup>	19.2 ± 0.4 <sup>bc</sup>
25	76.9 ± 1.0 <sup>b</sup>	65.1 ± 0.3 <sup>b</sup>	40.0 ± 2.8 <sup>a</sup>	17.7 ± 0.4 <sup>b</sup>
30	77.8 ± 1.1 <sup>b</sup>	62.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	38.5 ± 0.7 <sup>a</sup>	15.5 ± 0.7 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>The same superscripts in a column are not significantly different each other at p < 0.05.

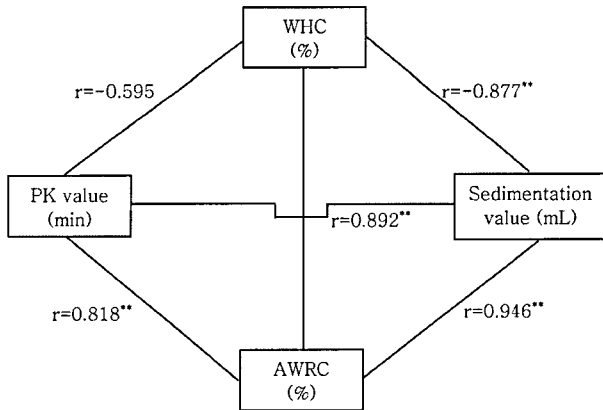


Fig. 1. Relationship among water holding capacity (WHC), alkaline water retention capacity (AWRC), Pelshenke (PK) value, and sedimentation value of wheat and black rice flour blends.

고하였는데, 이러한 사실로 미루어 보아 흑미가루의 단백질이 밀가루 단백질에 비하여 쉽게 변성됨을 알 수 있다. AWRC는 cookie spread되는 부의 상관을 갖는데, sugar-snap cookie의 제조를 위한 밀가루의 품질을 예측하는데 주로 적용하고 있다(20,21).

한편, 흑미가루를 첨가한 복합분의 Pelshenke 값과 침전가의 변화를 보면, PK 값은 흑미가루 첨가량이 증가되어도 변화가 없었으나 침전가는 흑미가루의 첨가량이 증가함에 따라서 25 mL에서 15.5 mL로 약 38% 감소하는 현상을 보였다. 일반적으로 박력분의 침전가가 20 mL 이하인 것과 비교해보면 중력분에 흑미가루를 첨가함으로써 밀가루의 단백질 특성이 박력분과 같아지는 것을 알 수 있다.

흑미가루를 첨가한 복합분의 WHC, AWRC, PK 값 및 침전가와 관계를 보면 Fig. 1과 같다. WHC와 AWRC 및 침전가는 각각  $r = -0.852^{**}$ ,  $r = -0.877^{**}$ 의 상관이 있어 WHC가 증가함에 따라 AWRC와 침전가는 각각 고도의 정의 상관( $r = 0.818^{*}$ ,  $r = 0.946^{**}$ )이 있었다. PK값과 침전가 사이에도 고도의 정의 상관( $r = 0.892$ )을 나타내었다.

### Mixograph 특성

Mixograph는 밀 품종육성에서 밀의 유전적 특성인 반죽특성을 예측하는데 주로 이용되어 왔으나, mixograph는 밀초기세대에 있어서 반죽의 리올로지 특성을 평가하는 것은 물론 밀가루의 흡수율, 반죽의 정도, 최종제품의 품질 등을 예측하는데 매우 유용하게 이용되고 있다(22). 밀가루에 흑미가루를 0-30% 첨가한 혼합분에 대하여 58% 흡수율에서 mixograph 특성을 조사한 결과는 Table 4와 같이 흑미가루 첨가량이 증가함에 따라서 peak time, peak height 및 width at peak는 감소하는 경향을 보였고 width at 8 min은 증가하는 경향을 보였다.

Mixograph의 리올로지 특성은 유전적으로 조절되는 gluten-forming protein에 의하면 결정되며, 따라서 각 밀 품종은 품종고유의 mixograph pattern을 갖게 된다. 본 연구에서 peak time, peak height 및 width at peak가 감소하는 것은 흑미가루의 첨가에 의하여 복합분의 gluten-forming protein이 감소함으로써 밀가루의 반죽에 대한 저항성이 감소되는 것으로 판단된다(1).

한편 mixograph 특성과 이화학적 특성과의 상관관계를 보면 Table 5와 같이 조사항목 전체가 대부분 고도의 정 또는 부의 상관이 있었다. 즉, 흑미가루의 첨가량이 증가함에 따라서 PK 값과 침전가 및 AWRC가 감소하였고 아울러 mixograph peak time

Table 4. Mixograph characteristics of wheat and black rice flour blends

Blend ratio (%)	Peak time (min)	Peak height (mm)	Width at peak (mm)	Width at 8 min (mm)
0	5.8 ± 4.3 <sup>bl)</sup>	58.8 ± 1.4 <sup>f</sup>	26.2 ± 2.5 <sup>cd</sup>	9.4 ± 0.5 <sup>a</sup>
5	5.8 ± 0.5 <sup>b</sup>	56.0 ± 0.7 <sup>e</sup>	20.0 ± 2.1 <sup>abc</sup>	11.8 ± 2.5 <sup>ab</sup>
10	5.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	52.9 ± 0.7 <sup>d</sup>	18.7 ± 2.1 <sup>a</sup>	11.9 ± 0.1 <sup>ab</sup>
15	4.7 ± 0.1 <sup>ab</sup>	50.9 ± 0.8 <sup>c</sup>	17.5 ± 0.5 <sup>a</sup>	12.2 ± 0.8 <sup>ab</sup>
20	4.5 ± 0.1 <sup>ab</sup>	48.0 ± 0.8 <sup>b</sup>	16.9 ± 2.9 <sup>a</sup>	13.1 ± 0.6 <sup>b</sup>
25	2.4 ± 1.0 <sup>a</sup>	45.7 ± 0.2 <sup>a</sup>	16.7 ± 0.8 <sup>a</sup>	14.0 ± 0.4 <sup>a</sup>
30	2.0 ± 0.3 <sup>a</sup>	47.8 ± 0.2 <sup>b</sup>	16.4 ± 0.1 <sup>a</sup>	14.5 ± 0.9 <sup>a</sup>

<sup>l)</sup>The same superscripts in a column are not significantly different each other at  $p < 0.05$ .

Table 5. Correlation coefficients between mixograph and physicochemical characteristics of wheat and black rice flour blends

Physicochemical character	Mixograph characteristics			
	Peak time (min)	Peak height (mm)	Width peak (mm)	Width at 8 min (min)
Pelshenke value (min)	0.719 <sup>*1)</sup>	0.913 <sup>**</sup>	0.866 <sup>**</sup>	-0.850 <sup>**</sup>
Sedimentation value (cc)	0.724 <sup>*</sup>	0.922 <sup>**</sup>	0.843 <sup>**</sup>	-0.856 <sup>**</sup>
Water holding capacity (%)	-0.736 <sup>*</sup>	-0.909 <sup>**</sup>	-0.749 <sup>**</sup>	0.868 <sup>**</sup>
Alkaline water retention cap. (%)	0.778 <sup>*</sup>	0.884 <sup>**</sup>	0.881 <sup>**</sup>	-0.853 <sup>**</sup>

<sup>1)</sup>\*, \*\*: Significant at the 5 and 1% levels probability, respectively.

Table 6. Rapid Visco Analyser pasting characteristics of wheat and black rice flour blends

Blend ratio (%)	Initial pasting temp. (°C)	Peak viscosity (RVU)	Minimum viscosity (RVU)	Final viscosity (RVU)
0	71.3 ± 0.4 <sup>al)</sup>	261.4 ± 10.1 <sup>g</sup>	176.0 ± 7.7 <sup>f</sup>	266.1 ± 8.4 <sup>g</sup>
5	71.3 ± 1.1 <sup>a</sup>	237.6 ± 4.8 <sup>f</sup>	151.9 ± 3.0 <sup>e</sup>	235.1 ± 5.2 <sup>f</sup>
10	72.3 ± 1.1 <sup>a</sup>	206.5 ± 4.9 <sup>e</sup>	125.6 ± 6.1 <sup>d</sup>	201.8 ± 5.4 <sup>e</sup>
15	71.5 ± 0.7 <sup>a</sup>	187.5 ± 0.2 <sup>d</sup>	114.1 ± 0.4 <sup>c</sup>	184.5 ± 0.6 <sup>d</sup>
20	72.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	160.5 ± 8.2 <sup>c</sup>	95.8 ± 6.4 <sup>b</sup>	158.7 ± 6.7 <sup>c</sup>
25	73.3 ± 1.8 <sup>a</sup>	143.8 ± 2.6 <sup>b</sup>	84.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	143.2 ± 1.7 <sup>b</sup>
30	73.0 ± 1.0 <sup>a</sup>	125.1 ± 1.2 <sup>a</sup>	74.5 ± 1.4 <sup>a</sup>	126.7 ± 1.3 <sup>a</sup>

<sup>l)</sup>The same superscripts in a column are not significantly different each other at  $p < 0.05$ .

이 감소하는 현상을 보였다. 이와 같은 현상은 peak height와 width at peak에서도 동일한 경향을 볼 수 있었다. WHC와 peak time, peak height 및 width at peak와는 부의 상관을 보였다.

### Rapid Visco Analyse(RVA)에 의한 호화특성

공시재료의 RVA에 의한 호화특성은 Table 6과 같다. 흑미가루의 첨가량이 증가함에 따라서 호화온도는 71.3°C에서 73.0°C로 다소 증가하는 경향을 보였으나 통계적인 유의성은 없었다. 그러나 peak viscosity와 minimum viscosity는 흑미가루의 첨가량이 증가함에 따라서 각각 261.4에서 125.1 RVU 및 176.0에서 74.5 RVU로 점도가 급격하게 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 현

상은 흑미가루의 첨가량이 증가함으로써 gluten-forming protein이 함량이 감소함으로써 나타나는 결과로 생각되고, 특히 전분의 노화정도를 반영하는 final viscosity가 흑미가루 첨가량이 증가함에 따라 낮아진 것은 페이스트의 전분 분자 사이의 회합이 일어날 때 망상구조의 형성이 약하기 때문인 것으로 생각된다(23).

재료의 이화학적 특성과 RVA와의 상관관계를 보면 Table 7과 같다. RVA 호화온도와 침전가 및 AWRC는 각각  $r = -0.846^{**}$  및  $r = -0.783^{*}$ 의 부의 상관, peak, minimum, 및 final viscosity와 침전가, PK치 및 AWRC와는 고도의 정의 상관이었으나 WHC와는 고도의 부의 상관이었다. RVA 특성간에도 고도의 정 또

**Table 7. Correlation coefficients between Rapid Visco Analyser (RVA) pasting properties and physicochemical characteristics of wheat and black rice flour blends**

Characteristics	RVA properties			
	Initial gel. temp. (%)	Peak viscosity (RVA)	Minimum viscosity (RVA)	Final viscosity (RVA)
Sedimentation value (mL)	-0.846** <sup>1)</sup>	0.985**	0.981**	0.985**
Pelshenke value (min)	0.689	0.852**	0.812**	0.830**
Water holding capacity (%)	0.681	-0.887**	-0.924**	-0.912**
Alkaline water retention capacity (%)	-0.783*	0.905**	0.914**	0.915**
Final viscosity (RVA)	-0.841**	0.998**	0.999**	
Minimum viscosity (RVA)	-0.840**	0.995**		
Peak viscosity (RVA)	-0.849**			

<sup>1)</sup>\*, \*\*: Significant at the 5 and 1% levels probability, respectively.

는 부의 상관이 있었는데, 호화온도와 Peak, minimum 및 final viscosity와는 부의 상관이 있어 호화온도가 증가함에 따라 점도가 감소함을 알 수 있었다. Peak viscosity와 final 및 minimum viscosity와는 각각 고도의 정의 상관이 있었다. 이와 같은 경향은 Chang과 Kim(24) 및 Zeng 등(25)의 연구 결과와 일치하였다.

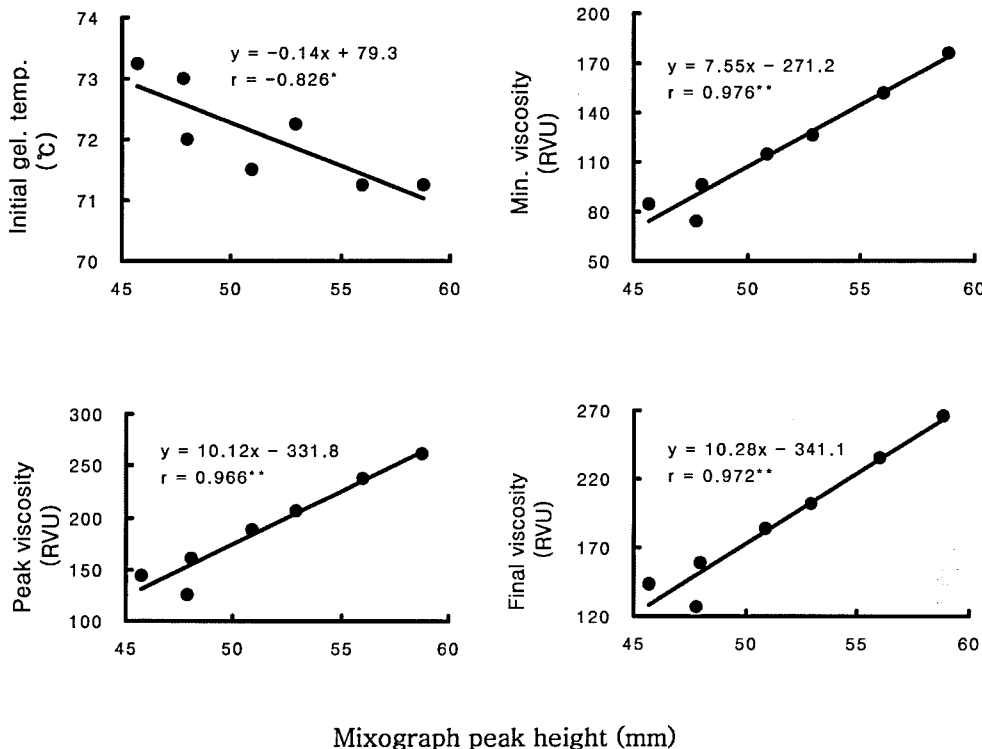
한편, mixograph peak height와 RVA 특성간의 관계를 보면 Fig. 2와 같다. Mixograph peak height와 RVA 호화온도만이 부의 상관( $r = -0.826^{*}$ )이 있었을 뿐 RVA peak, minimum 및 final viscosity와는 고도의 정의 상관이 있었다.

**스펀지 케이크의 제조 및 특성**

흑미가루의 첨가가 스펀지 케이크 batter의 pH 및 비중에 미치는 영향을 보면 Table 8과 같다. 케이크 batter의 pH는 흑미가루의 첨가량이 증가함에 따라서 감소폭은 3.3%로서 크지 않았으며, 비중은 다소 증가하는 경향을 보였다. Chang(15)의 연구에서도 스펀지 케이크 제조 시 조분말을 첨가함으로써 pH는 감소하고 비중은 증가하는 경향을 보였으며, Sung 등(26)의 연구에서도 유사한 결과를 보였다.

흑미가루를 첨가한 스펀지 케이크의 부피, 무게 및 비용적의 변화를 보면 흑미가루의 첨가량이 0-30% 증가함에 따라서 케이크의 부피와 비용적은 대조구에 비해서 각각 15.7% 및 15.1% 감소하였으며, 무게는 변화가 없었다.

한편, 스펀지 케이크의 volume index는 Table 8에서 보는 바와 같이 18.90-17.05로서 통계적으로 유의적인 차이가 적을 뿐만 아니라 symmetry index와 uniformity index는 유의성이 없어 스펀지 케이크 제조시 흑미가루의 첨가가 케이크에 큰 영향을 미치지 않는다고 판단된다. Chang(15)의 연구에 의하면 스펀지 케이크 제조시 조분말을 첨가함으로써 케이크의 symmetry index와 uniformity index가 유의적인 차이가 있다고 보고하였는데, 이는



**Fig. 2. Relationship between mixograph peak height and Rapid Visco Analyser characteristics of wheat and black rice flour blends.**

**Table 8. Properties of sponge cake prepared from wheat and black rice flour blends**

Blend ratio (%)	Batter		Cake properties			Loaf index		
	pH	Sp. gravity	Volume (cc)	Weight (g)	Sp. volume (cc/g)	Volume index	Symmetry index	Uniformity index
0	7.68 <sup>c1)</sup>	0.70 <sup>a</sup>	943 <sup>d</sup>	238 <sup>b</sup>	3.32 <sup>d</sup>	18.90 <sup>c</sup>	0.75 <sup>a</sup>	0.06 <sup>a</sup>
5	7.65 <sup>bc</sup>	0.71 <sup>ab</sup>	910 <sup>cd</sup>	282 <sup>ab</sup>	3.22 <sup>cd</sup>	17.95 <sup>b</sup>	0.65 <sup>a</sup>	-0.05 <sup>a</sup>
10	7.56 <sup>abc</sup>	0.72 <sup>abc</sup>	885 <sup>bc</sup>	283 <sup>b</sup>	3.12 <sup>bc</sup>	17.50 <sup>ab</sup>	0.95 <sup>a</sup>	0.16 <sup>a</sup>
15	7.53 <sup>ab</sup>	0.74 <sup>bc</sup>	860 <sup>c</sup>	280 <sup>a</sup>	3.06 <sup>bc</sup>	17.50 <sup>ab</sup>	0.80 <sup>a</sup>	0.10 <sup>a</sup>
20	7.49 <sup>a</sup>	0.73 <sup>abc</sup>	850 <sup>b</sup>	283 <sup>b</sup>	3.00 <sup>b</sup>	17.30 <sup>ab</sup>	0.50 <sup>a</sup>	-0.10 <sup>a</sup>
25	7.44 <sup>a</sup>	0.75 <sup>cd</sup>	840 <sup>ab</sup>	281 <sup>a</sup>	2.98 <sup>b</sup>	17.30 <sup>ab</sup>	0.70 <sup>a</sup>	0.11 <sup>a</sup>
30	7.43 <sup>a</sup>	0.77 <sup>d</sup>	795 <sup>a</sup>	281 <sup>a</sup>	2.82 <sup>a</sup>	17.05 <sup>a</sup>	0.80 <sup>a</sup>	0.11 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Means in a column sharing a common superscript letter (s) are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 9. Correlation coefficients between specific loaf volume of sponge cake and physicochemical characteristics of wheat and black rice flour blends**

Physicochemical characteristics	Specific loaf volume (cc/g)
Sedimentation value (mL)	0.994**
Pelshenke value (min)	0.894**
Water holding capacity (%)	-0.878**
Alkaline water retention capacity (%)	0.995**
RVA <sup>1)</sup> characteristics	
Initial pasting temp. (°C)	-0.805*
Peak viscosity (RVU)	0.983**
Minimum viscosity (RVU)	0.977**
Final viscosity (RVU)	0.981**
Mixograph characteristics	
Peak time (min)	0.630
Peak height (mm)	0.908**
Width at peak (mm)	0.824*
Width at 8 min (mm)	-0.492
Batter pH	0.963**
Specific gravity	-0.802*

\*, \*\*: Significant at 5 and 1% levels of probability, respectively.

첨가재료에 따른 특성이라고 볼 수 있다.

스펀지 케이크의 비용적과 흑미가루 혼합분의 이화학적 특성 및 반죽의 성질과의 관계를 보면 Table 9와 같다. 케이크의 비용적과 water holding capacity, 호화온도 및 반죽의 비중과는 부의 상관( $r = -0.802^* \sim -0.878^{**}$ )이 있었으나, 대부분의 특성과는 정의 상관( $r = 0.824^* \sim 0.995^{**}$ )이 있었다. 이와 같은 결과는 Sung 등

**Table 11. Texture properties of sponge cake prepared from wheat and black rice flour blends**

Blend ratio (%)	Initial stress ( $\times 1000$ )	Hardness (g)	Springiness	Gumminess	Chewiness
0	264 <sup>a1)</sup>	153 <sup>a</sup>	0.85 <sup>ab</sup>	101 <sup>a</sup>	86 <sup>a</sup>
5	274 <sup>a</sup>	156 <sup>ab</sup>	0.87 <sup>b</sup>	101 <sup>a</sup>	88 <sup>a</sup>
10	259 <sup>a</sup>	174 <sup>abc</sup>	0.83 <sup>a</sup>	113 <sup>ab</sup>	94 <sup>ab</sup>
15	239 <sup>a</sup>	181 <sup>abcd</sup>	0.85 <sup>ab</sup>	119 <sup>abc</sup>	101 <sup>abc</sup>
20	249 <sup>a</sup>	186 <sup>bcd</sup>	0.88 <sup>b</sup>	128 <sup>bc</sup>	112 <sup>bc</sup>
25	306 <sup>a</sup>	193 <sup>cd</sup>	0.87 <sup>b</sup>	126 <sup>bc</sup>	110 <sup>bc</sup>
30	275 <sup>a</sup>	208 <sup>d</sup>	0.87 <sup>b</sup>	138 <sup>c</sup>	120 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Means in a column sharing a common superscript letter (s) are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

(26)의 농축콩단백을 첨가한 스펀지 케이크의 연구결과와 유사한 경향을 보였다.

스펀지 케이크의 crust color는 흑미가루의 첨가량이 증가함에 따라서 L, a 및 b값 모두가 감소하는 경향을 보였으며, crumb color는 흑미가루의 첨가량이 증가함에 따라서 L값과 b값은 감소하였으나 a값은 유의적으로 증가하는 경향을 보였다(Table 10). 이는 흑미가루가 가지는 독특한 자홍색에 의하며 그의 첨가비율이 증가함에 따라서 자홍색이 강하게 나타난 것으로 본다.

이와 같은 결과는 Jung 등(1)의 흑미가루를 첨가한 식빵의 품질에 관한 연구에서도 흑미가루의 첨가량이 증가함에 따라서 빵의 색깔은 안토시아닌 색소의 자홍색이 강해지면서 전체적으로 색상이 어둡게 나타났다는 결과와 일치하는 것이다.

케이크의 텍스처에 영향을 미치는 요인은 케이크의 수분 함량, 기공의 발달정도, 부피 등이 있는데, 일반적으로 기공이 잘 발달

**Table 10. Crust and crumb color of sponge cakes prepared from wheat and black rice flour blends**

Blend ratio (%)	Crust color			Crumb color		
	L	a	b	L	a	b
0	50.5 $\pm$ 1.5 <sup>e1)</sup>	18.2 $\pm$ 0.2 <sup>f</sup>	33.1 $\pm$ 0.7 <sup>s</sup>	83.4 $\pm$ 1.9 <sup>f</sup>	-4.2 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	21.8 $\pm$ 0.7 <sup>e</sup>
5	49.8 $\pm$ 2.1 <sup>e</sup>	17.0 $\pm$ 0.5 <sup>e</sup>	31.5 $\pm$ 0.9 <sup>f</sup>	69.5 $\pm$ 1.3 <sup>e</sup>	-0.6 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	12.7 $\pm$ 0.4 <sup>c</sup>
10	45.0 $\pm$ 1.2 <sup>d</sup>	16.3 $\pm$ 0.4 <sup>d</sup>	28.2 $\pm$ 0.6 <sup>e</sup>	61.9 $\pm$ 1.0 <sup>d</sup>	0.4 $\pm$ 0.4 <sup>c</sup>	13.7 $\pm$ 0.3 <sup>d</sup>
15	44.3 $\pm$ 1.1 <sup>cd</sup>	15.3 $\pm$ 0.4 <sup>c</sup>	27.1 $\pm$ 0.4 <sup>d</sup>	52.7 $\pm$ 1.8 <sup>c</sup>	2.4 $\pm$ 0.7 <sup>d</sup>	10.7 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup>
20	43.0 $\pm$ 1.2 <sup>bc</sup>	13.8 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	24.8 $\pm$ 0.5 <sup>c</sup>	47.3 $\pm$ 1.7 <sup>b</sup>	4.5 $\pm$ 0.4 <sup>e</sup>	10.3 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>
25	42.2 $\pm$ 0.9 <sup>ab</sup>	13.4 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	23.6 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>	45.1 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>	5.1 $\pm$ 0.3 <sup>f</sup>	9.7 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>
30	40.8 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>	13.4 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	22.9 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	44.7 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	6.3 $\pm$ 0.4 <sup>g</sup>	9.7 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Means in a column sharing a common superscript letter (s) are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

된 케이크일수록 부피가 크고 경도가 낮은 것으로 보고되고 있다. 흑미가루를 첨가한 스펀지 케이크의 crumb 텍스처는 Table 11에서 보는 바와 같이 initial stress( $\times 1000$ )는 239-306으로 처리간에 통계적 유의성이 없었다. 스펀지 케이크의 경도는 흑미가루의 첨가량이 증가함에 따라서 153에서 208로 증가하였으나 Sung(26)의 농축콩단백을 첨가한 스펀지 케이크의 경도가 210-607에 비하면 극히 낮은 수준이었다. Springiness는 처리간에 큰 차이가 없었으나 gumminess와 chewiness는 흑미가루의 첨가량이 증가함에 따라서 증가하는 경향을 보였다.

## 요 약

흑미가루 첨가비율(5-30%)에 따른 복합분의 이화학적 특성, 호화특성, mixograph 특성 및 스펀지 케이크의 제조적성을 측정하고, 이들 특성 간의 상관관계를 구명하고자 일련의 실험을 실시하였다. 흑미가루 첨가량이 증가함에 따라서 alkaline water retention capacity, Pelshenke value, sedimentation value는 증가하였으나 water holding capacity는 감소하는 경향을 보였다. Mixograph peak time, height, width at peak와 Rapid Visco Analyser peak, minimum viscosity도 감소하였다. 스펀지 케이크 반죽의 pH와 비중은 증가하였지만 케이크의 부피는 감소하는 경향을 보였으며, 케이크의 경도는 증가하였다.

## 문 헌

- Jung DS, Lee FZ, Eun JB. Quality properties of bread made of wheat flour and black rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 232-237 (2002)
- Ryu SN, Park SZ, Kang SS, Han SJ. Determination of C3G content in blackish purple rice using HPLC and UV-Vis spectrophotometer. *Korean J. Crop Sci.* 48: 369-371 (2003)
- Ryu SN, Park SZ, Ho CT. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. *J. Food Drug Anal.* 6: 729-736 (1998)
- Wang H, Cao H, Prior RL. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *J. Agr. Food Chem.* 45: 3362-3367 (1997)
- Wang J, Mazza J. Effects of anthocyanins and other phenolic compounds on the production of tumor necrosis factor alpha in LPS/IFN gamma-activated RAW 264.7 macrophages. *J. Agr. Food Chem.* 50: 4183-4189 (2002)
- Nam SH, Kang MY. Comparison of inhibitory effect of rice bran-extracts of the colored rice cultivars on carcinogenesis. *Agric. Chem. Biotechnol.* 41: 78-83 (1998)
- Oh GS, Kim K, Park JH, Kim SK, Na HS. Physical properties on waxy black rice and waxy rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 339-342 (2002)
- Kang MY, Choi YH, Choi HC. Effects of gums, fats, and glutens adding on processing and quality of milled rice bread. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 700-704 (1997)
- Ha TY, Park SH, Lee SH, Kim DC. Gelatinization of pigmented rice varieties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 564-567 (1999)
- AACC. Approved Methods of the AACC. 10<sup>th</sup> ed. Method 44-16, 30-10, 08-01, 46-13, 56-10, 54-40A, 10-91. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (2000)
- Collins JL, Post AR. Peanut hull flour as a potential source of dietary fiber. *J. Food Sci.* 46: 445-448 (1981)
- Bason ML, Ronalds JA, Wrigley CW, Hubbard LJ. Testing for sprout damage in malting barley using the Rapid Visco-Analyser. *Cereal Chem.* 70: 269-272 (1993)
- Ross AS, Walker CE, Booth RI, Orth RA, Wrigley CW. The Rapid Visco-Analyser: A new technique for the estimation of sprout damage. *Cereal Food World* 32: 827-829 (1987)
- Nagao S, Imai S, Sato T, Kaneko Y, Otsubo H. Quality characteristics of soft wheats and their use in Japan. 1. Methods of assessing wheat suitability for Japanese products. *Cereal Chem.* 53: 988-997 (1976)
- Chang HG. Quality characteristics of sponge cakes containing various levels of millet flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 952-958 (2004)
- Choi BK, Kum JS, Lee HY, Park JD. Physicochemical properties of black rice flours (BRFs) affected by milling conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 751-755 (2006)
- Kim YJ, Kim SS. Comparison of size distribution of rice flour measured by microscope, sieve, coulter counter, and aerodynamic methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 184-187 (1994)
- Quinn JR, Patton D. A practical measurement of water hydration capacity of protein materials. *Cereal Chem.* 56: 38-40 (1979)
- Lin MJY, Humbert ES, Sosulski FW. Certain functional properties of sunflower meal products. *J. Food Sci.* 39: 368-372 (1974)
- Bettge AD, Morris CF. Relationships among grain hardness, pentosan fractions, and end-use quality of wheat. *Cereal Chem.* 77: 241-247 (2000)
- Chang HG, Kim JY. Physicochemical characteristics and sugar-snap cookie potentialities of Korean wheats. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 754-760 (2004)
- Finney KF, Shogren MD. A ten-gram mixograph for determining and predicting functional properties of wheat flour. *Bakers Dig.* 4: 32-42 (1972)
- Lee YT, Chang HG. Effects of waxy and normal hull-less barleys flours on bread-making properties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 918-923 (2003)
- Chang HG, Kim JY. Physicochemical characteristics and sugar-snap cookie potentialities of Korean wheats. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 754-760 (2004)
- Zeng M, Morris CF, Batey IL, Wrigley CW. Sources of variation for starch gelatinization, pasting, and gelation properties in wheat. *Cereal Chem.* 74: 63-71 (1997)
- Sung MJ, Park YS, Chang HG. Quality characteristics of sponge cake supplemented with soy protein concentrate. *Food Sci. Biotechnol.* 15: 860-865 (2006)