

흑미 가루를 첨가한 밀가루의 이화학적 특성

백창승 · 박영서 · 장학길*

경원대학교 식품생물공학과

Physico-chemical Properties of Wheat Flour Supplemented with Black Rice Flour

Chang Seung Baik, Young-Seo Park and Hak-Gil Chang*

Department of Food Science and Biotechnology, Kyungwon University

Abstract

The physico-chemical properties of wheat flour supplemented with 0-30%(w/w) black rice flour were examined. Water content and protein content of black rice flour were lower than those of wheat flour, whereas fat, ash, and carbohydrate contents were higher than those of wheat flour. Increasing proportions of black rice flour resulted in increase of water retention capacity(WRC), whereas alkaline water retention capacity(AWRC), sedimentation value, Pelshenke(PK) value decreased. There was negative correlation between AWRC and WRC, and sedimentation value showed negative correlation with WRC, but positive correlation with AWRC. Mixograph midline peak height and width at peak decreased with increasing amounts of black rice flour. Rapid Visco Analyser peak viscosity, breakdown, and setback decreased with increasing amounts of black rice flour, and showed positive correlation with PK value, sedimentation value, and AWRC, respectively.

Key words: black rice flour, wheat flour, physico-chemical properties

서 론

우리 국민의 1인당 연간 밀가루 소비량은 37 kg(2002년)으로 국내 식생활이 서구화 추세로 급속히 변화되면서 그 소비량도 매년 증가세를 보이고 있다. 밀의 도입량을 보면 1986년 이후 약 200만 톤을 조금 넘게 유지하다 2003년 375만 톤, 2004년에는 319만 톤으로 수입량이 300만 톤을 넘으며 증가세를 보이고 있다(Korea Flour Mills Industrial Association, 2004).

쌀은 인간이 식품으로 이용하는 중요한 곡류 중의 하나로서 특히 우리나라를 포함한 동남 아시아 지역에서는 대부분 쌀을 주식으로 하고 있다. 사회 발전에 따라 소득수준이 높아져서 주식에 있어서도 현재 특수미라고 불리는 유색미와 향미가 개발되어 소비되고 있다(Suzuki et al., 1999). 유색미의 일종인 흑미는 특유의 색과 향으로 인하여 다양한 형태의 식품으로 가공되며 그 소비가 점차 증가하고 있다. 흑미의 향은 ethanediol, guaiacol과 같은 알코

올 성분과 hexadecanoic acid, hexanal, acetic acid와 같은 케톤, 알데하이드 및 유기산에 기인하며(Rhee et al., 2000) 색소성분은 cyanidin-3-glucoside와 malvidin-3-glucoside와 같은 배당체가 주된 성분이라고 보고되고 있다(Hahn et al., 1995; Yoon et al., 1997). 특히, 흑미의 색소성분은 다양한 구조와 분자량의 폴리페놀 화합물을 함유하고 있으며, 이러한 폴리페놀 화합물은 항산화성, 항균성, 항암성 등의 생리활성을 갖는 것으로 확인되고 있다. 흑미는 현미로 보급되며 일반 현미보다 식이섬유 함량이 높고 독특한 향미와 단백질, 비타민 B, 무기질 함량도 많다.

현대인들의 식생활이 간편화, 서구화되어 제과·제빵의 수요가 증대됨에 따라 가내 수공업 형태로 시작된 우리나라 제과공업도 질적·양적으로 팽창하게 되었다. 특히, 소비자의 기호가 다양화, 고급화됨에 따라 이 기호성에 부응하는 신제품의 개발이 제과 산업에서 경쟁력의 관건이 되고 있다. 최근 쌀 가공식품이 현대화, 다양화됨에 따라 쌀을 주원료로 하는 새로운 가공식품의 개발과 함께 식품 가공 원료로서 쌀의 연구 분야에 관심이 높아 지고 있다. 현재까지 쌀에 대한 연구로는 쌀빵 가공과 특성에 관한 연구(Kang & Han, 2000; Kang et al, 2000; Kang & Han, 2001; Jung et al., 2002), 유과의 가공과 품질특성에 대한 연구(Kang & Sung, 2000; Park et al., 1995), 엿에 관한

Corresponding author: Hak-Gil Chang, Professor, Department of Food Science and Biotechnology, Kyungwon University, San 65, Bokjeong-dong, Sujeong-gu, Gyeonggi-do, Seongnam 461-701, Korea
Tel: 031-750-5382, Fax: 031-750-5273
E-mail: jhk@kyungwon.ac.kr

연구(Kim et al, 1998), 찹쌀떡의 저장성에 대한 연구(Kim et al., 1995), 쌀 이유식 제조에 대한 연구(Kim & Choi, 1995), 쌀가루를 첨가한 국수제조에 대한 연구(Kee et al., 2000; Kim et al., 1997), 쌀가루를 이용하여 제조한 고추장의 숙성에 대한 연구(Choi et al., 1999), 쌀음료 개발에 대한 연구(Lee & Kim, 1998; Lee et al., 1995; Yook & Cho, 1996) 등의 많은 연구가 있다. 특히, 건강에 대한 관심이 고조되면서 소비자들의 욕구를 충족시키고 쌀의 고품질화를 위해 기능성 쌀의 개발이 활발히 이루어지면서 식이섬유소를 강화한 기능성 쌀은 식이섬유소와 키토산을 강화시킨 쌀로, 체내 지질수준이나 콜레스테롤 및 변비에 우수한 효과가 있음이 보고된 바 있다. 이 밖에도 버섯 쌀, 비타민 쌀, 암 예방 쌀, 인삼 쌀 등의 연구가 진행되고 있으나 이러한 기능성 쌀의 제품 개발에 관한 연구는 미흡한 실정이다(Kim et al., 2002). 이에 본 연구에서는 흑미의 첨가가 밀가루의 이화학적 특성에 미치는 영향에 대해 조사하고 이들 특성간의 상관관계를 해석하였다.

실험 재료 및 방법

재료

본 연구에 사용한 흑미는 전남 진도군 군내면 산동리에서 2004년 생산된 것을 구입하여 분쇄기(Ika MF10, Ika-Werke GmbH & Co., Kg., Staufen, Germany)로 분쇄하여 사용하였다. 강력분, 중력분, 박력분은 대한제분의 밀가루를 사용하였다.

일반성분 분석

일반성분 분석은 AACC방법(2000)에 따라서 측정하였다. 수분 함량은 air-oven법(AACC 44-19), 지방 함량은 Soxhlet 추출법(AACC 30-10), 단백질 함량은 micro-Kjedahl법(AACC 46-13), 회분 함량은 550에서 6시간 회화하여 평량을 구하는 건식회화법(AACC 08-01)으로 측정하였다.

Water retention capacity, alkaline water retention capacity

Water retention capacity(WRC)는 Collins와 Post의 방법(Collins & Post, 1981)을 변형하여 측정하였다. 시료 1 g을 원심분리관에 넣고 증류수를 5배 가한 다음 1시간 동안 실온에 방치한 후 1,000 ×g에서 30분간 원심분리시킨 후 상등액을 분리하고 침전된 시료의 무게를 측정하여 백분율로 환산하였다.

Alkaline water retention capacity(AWRC)는 AACC방법(56-10)에 따라서 원심분리관에 시료 0.9500-1.0000 g을 넣고 0.1 N sodium bicarbonate 용액 5 mL를 첨가하여 voltex shaker로 교반시켰다. 20분간 실온에 방치한 다음 1,000 ×g에서 15분간 원심분리한 후 그 무게를 측정하여

백분율로 표시하였다.

호화 특성

밀가루의 호화 특성은 Rapid Visco Analyzer(RVA, Model 3d, Newport Scientific, Narrabeen, N.S.W, Australia)를 이용하여 측정하였다. 시료 3.5 g을 정확하게 평량하여 점도 측정용 용기에 넣고 증류수 25.0 mL를 첨가하여 현탁액을 만든 후, 분당 5°C로 25°C에서 95°C까지 가열, 분당 5°C로 95°C에서 50°C까지 냉각시켜 온도에 따른 점도를 측정하여, 초기호화온도, 최대점도, 최종점도를 구하였다.

침전가

침전가(sedimentation value)는 AACC 방법(56-61A)(2000)에 따라서 측정하였다. 증류수 1 L에 bromophenol blue 4 mg를 정용하여 A용액을 제조하였다. B용액은 lactic acid(85%) 250 mL에 증류수를 가하여 1 L가 되도록 하고 6시간 가열 환류시킨 후 48시간 방치하여 제조하였다. C용액은 B용액 180 mL와 isopropyl alcohol 200 mL를 가한 후 혼합하여 1 L에 정용하여 제조하였다. 100 mL 유전실린더에 3.2 g의 시료를 넣고 A용액 50 mL를 첨가한 후 마개를 닫고 12회 강하게 흔들어진 다음 2분간 방치, 30초간 18회 회전시키고 90초간 방치하였다. C용액을 25 mL 가하고 2.5초간 4회전시키고, 1분 45초간 방치한 후 반복하여 30초간 18회전 시킨 후, 1분 30초간 방치시켰다. 그 후 15초간 9회 회전, 5분간 방치의 순으로 침전물을 침전시킨 후 눈금을 읽어 mL로 표시하였다.

Pelshenke 값

Pelshenke 값은 항온수조를 30°C로 유지하고 150 mL 비이커에 일정량의 증류수를 넣어 항온수조 안에 방치해 둔 후, 밀가루 3 g을 기준으로 하여 저장전분을 0%에서 60%까지 첨가한 첨가구에 yeast 용액(dry yeast 3.2 g/water 50 mL) 1.8 mL를 가하고 반죽시간이 2분 이상이 걸리지 않도록 반죽하여 dough ball로 만든 후, 항온 수조 안의 비이커에 넣고 dough ball이 터져 떨어지는 시간을 측정하여 Pelshenke 값(min)을 구하였다.

입도분석

입자크기 분포는 100 g의 시료를 60, 100, 120, 140, 200, 230, 270, 325체의 표준체를 사용하여 sieve shaker(Rotap RX-29, W.S. Tyler, U.S.A)에서 1시간 동안 진탕한 후 통과한 강력분, 중력분, 박력분, 흑미 가루의 중량을 5회 반복하여 측정하였다.

Mixograph 반죽특성

Mixograph 특성은 AACC Method 54-40(2000)에 따라서 10 g-Mixograph(National Mfg. Co. Lincoln, NE, USA)를

사용하여 박력분의 최적 수분흡수율을 구한 다음(5.8 mL/10 g flour), 각 시료에 박력분을 기준으로 증류수를 첨가하여 peak time, peak height, width at peak, width at 8 min 등을 측정하였다.

통계분석

통계분석은 SPSS(statistical package for the social science) for Windows(ver. 10.0) 통계 package를 이용하여 Duncan's multiple range값과 상관 관계를 구하여 각 측정치들 간의 관계를 검토 하였다.

결과 및 고찰

일반성분 분석

본 연구에 사용된 흑미 가루와 강력분, 중력분, 박력분의 일반성분 분석 결과는 Table 1 에 나타난 바와 같다. 수분 함량은 강력분이 13.55%, 중력분이 13.30%, 박력분이 13.20%, 흑미 가루는 11.75%로 강력분의 수분 함량이 가장 높았고 흑미 가루의 수분 함량이 11.75%로 가장 낮은 값을 나타내었다. 단백질 함량은 강력분이 13.50%, 중력분이 10.95%, 박력분이 9.00%, 흑미 가루는 6.70%로 흑미 가루의 단백질의 함량이 가장 낮은 것을 알 수 있었다. 지방 함량은 강력분과 중력분이 1.10%로 같았고 박력분은 0.85%이었으며, 흑미 가루는 1.75%로 가장 높은 값을 나타내었다. 회분 함량은 강력분 0.40%, 중력분 0.35%, 박력분 0.30%로 유사하게 나타났으나 흑미 가루는 1.15%로 회분의 함량이 매우 높은 값을 보여 주었다. 탄수화물 함량은 박력분이 71.35%로 가장 낮았고 중력분이 74.30%, 박력분이 76.65%이며, 흑미 가루가 78.65%로 가장 높은 수치를 나타내었다. 식이섬유소 함량은 강력분이 0.35%, 중력분이 0.30%이며 박력분이 0.25%로 유사한 값을 보였으나 흑미 가루는 1.50%로 월등히 높은 수치를 보였다.

Table 1. Chemical composition of wheat and black rice flours

Flours	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)	Carbohydrate(%) Fiber Total	Ash (%)
Strong flour	13.55 ^{b1)}	13.50 ^d	1.10 ^a	0.35 ^a 71.35 ^a	0.40 ^a
Medium flour	13.30 ^b	10.95 ^c	1.10 ^a	0.30 ^a 74.30 ^b	0.35 ^a
Weak flour	13.20 ^b	9.00 ^b	0.85 ^a	0.25 ^a 76.65 ^c	0.30 ^a
Black rice flour	11.75 ^a	6.70 ^a	1.75 ^b	1.50 ^b 78.65 ^d	1.15 ^b

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

입도 분석

밀가루의 입도는 밀가루의 수분흡수 속도와 관계가 있으며 입자가 고울수록 수화속도가 빨라지게 된다. 강력분, 중력분, 박력분, 흑미 가루의 입도분포는 Table 2에서 제시한 바와 같다. 입자의 크기는 강력분은 200-230 mesh에서 91%, 중력분은 140-230 mesh에서 96%, 박력분은 200-230 mesh에서 87%, 흑미 가루는 120-230 mesh에서 94%로, 흑미 가루의 입자가 가장 큰 것으로 나타났다. Choi et al.(2006)은 제분조건에 따른 흑미 쌀가루 품질특성에 관한 연구내용에서, 흑미 쌀가루의 평균입도는 건조조건, 침지조건에 상관없이 39.1-41.5 μm 로 유사한 입도분포를 나타냈다고 보고한 바 있다. 일반적으로 가루의 입도분포는 페이스트 특성과 젤 점조도 등의 이화학적 특성을 변화시킴으로써 최종제품의 품질에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Kim & Kim, 1994).

또한 입자 크기는 적외선 곡류품질 분석기(grain quality analyzer)에 의한 단백질 함량 측정 시 오차에 영향을 미치며 반죽 시 단위 중량당 평균 입도가 낮은 것이 큰 표면적을 갖기 때문에 2차 가공 시 수분 흡수 속도를 빠르게 한다. 입자의 크기는 식감에 영향을 미치는데 섬유소를 사용할 때는 제품의 특성에 맞는 입자의 크기를 선택하여 사용할 필요가 있으며, 너무 거친 섬유소를 사용할 경우는 바람직하지 않은 결과를 가져온다. 입자 섬유소 크기를 감소시키는 것은 맛 등의 관능적 특성을 향상시킬 수 있지만, 수분 흡수율을 증가시키는 경향이 있어 재료 배합을 검토할 필요가 있다. 체를 통과하는 가루의 양은 시간과 관계가 있고 수분 함량, 지질 성분의 존재 여부, 입도 분포, 입자 표면의 거친 정도에 영향을 받는다고 보고된 바 있다.

Water retention capacity 와 alkaline water retention capacity

Water retention capacity(WRC)와 alkaline water retention capacity(AWRC)는 밀가루의 품질을 예측하는 지표로서 쿠키나 케이크 제품을 생산하는데 있어서 중요한 지표로 쓰이고 있다. 강력분, 중력분, 박력분에 흑미 가루

Table 2. Particle size distribution characteristics of the test flours

Mesh	Particle size distribution(%)			
	Strong flour	Medium flour	Weak flour	Black rice flour
60	0.58	1.16	1.17	0.64
100	0.85	1.29	1.07	3.99
120	1.55	1.44	1.64	4.15
140	5.19	28.57	8.44	18.70
200	58.30	30.13	27.48	56.70
230	33.14	37.32	60.08	14.63
270	0.78	0.08	0.11	1.04
325	0.00	0.00	0.00	0.15

의 첨가에 따른 WRC와 AWRC를 보면 Table 3과 같다. 강력분의 경우 WRC와 AWRC가 각각 66.1%, 70.5%의 값을 보였고, 중력분의 경우는 WRC와 AWRC가 각각 58.5%, 69.7%의 값을 보였으며, 박력분의 경우는 WRC와 AWRC가 각각 64.1%, 68.6%의 값을 나타내었다. 강력분에 흑미 가루를 첨가한 경우는 69.3-81.1%, 중력분은 66.1-77.8%, 박력분은 63.3-68.4%로 흑미 가루의 첨가량이 증가할수록 WRC값도 증가하는 결과를 보였다. AWRC는 강력분에 흑미 가루를 첨가한 경우 70.2-60.9%, 중력분은 66.8-62.7%, 박력분은 64.2-56.7%로, 흑미 가루의 첨가량이 증가할수록 AWRC값은 감소하는 결과를 보였다.

Miyauchi & Watanabe(1978)의 연구에 의하면 WRC가 시료의 단백질 양과 질에 관련이 있다고 밝혔으며, WRC를 증가시키기 위한 방법으로는 진공에서 고온으로 건조시켜 urea처리를 하는 것이 가장 효율적이라고 보고하였다. McConnel et al.(1974)의 연구에 의하면 WRC는 식이섬유의 종류, 함량, 입자의 크기에 따라 영향을 받는다고 밝혔으며, Chang et al.(1984)은 AWRC가 밀가루의 품질특성 및 품질 유전성의 평가 등에 광범위하게 이용되고 있다고 하였다.

Quinn & Patton(1979)에 의하면 WRC는 식품 중 단백

질의 최대흡수율을 표시하는 것으로 WRC 측정과정 중 대부분의 수용성 단백질은 제거되나 WRC로서 수용성과 불용성을 정확하게 비교 측정되는 것은 아니라고 밝힌 바 있다. 한편 Lin et al.(1974)은 단백질의 변성 때문에 밀가루의 용해성이 감소됨으로써 흡수율이 증가한다고 보고하였는데, 이러한 사실로 미루어 보아 흑미 단백질이 밀가루 단백질에 비하여 쉽게 변성됨을 알 수 있다.

침전가와 Pelshenke 값

침전가는 밀가루 글루텐의 양과 질의 차이를 표시한 것으로 그 값이 클수록 글루텐의 양이 많고 질이 좋은 것으로 판정된다(Chang, 2004). 따라서 침전가로 밀가루를 분류한다면 박력분은 20 mL 이하, 중력분은 20-40 mL, 강력분은 60 mL 이상으로, 제과적성에 적합한 것은 20 mL 이하의 값을 지녀야 한다. Table 4에서 보는 바와 같이 강력분, 중력분, 박력분에 흑미 가루를 첨가할 경우 첨가량이 증가함에 따라 침전가가 유의적으로 감소하였는데 이는 밀가루의 글루텐 형성 단백질이 감소됨을 의미하며, 강력분에 흑미 가루를 첨가함으로써 강력분의 단백질 특성이 중력분과 같아지는 것을 알 수 있었다.

강력분, 중력분, 박력분에 흑미 가루의 첨가량이 5%에서 30%까지 증가함에 따라 Pelshenke(PK) 값은 강력분이 43.5%에서 40.0%로, 중력분은 42.5%에서 38.5%로, 박력분은 17.0%에서 14.0%로 감소되었다. PK값도 침전가와 마찬가지로 밀가루에 존재하는 글루텐의 함량에 비례하므로, 흑미 가루 첨가에 의해 밀가루의 글루텐 함량이 감소한다는 것을 알 수 있다.

이화학적 특성 간의 상관관계

흑미가루의 첨가량에 따른 밀가루의 AWRC와 WRC의 상관관계를 Fig. 1에 나타내었다.

AWRC와 WRC는 강력분과 흑미 혼합분의 경우 $r = -0.919^{**}$, 중력분과 흑미 혼합분의 경우 $r = -0.827^{**}$ 로 고도의 부의 상관이 있고, 박력분과 흑미 혼합분의 경우에도 $r = -0.726^*$ 로 부의 상관이 있어 AWRC가 감소함에 따라 WRC는 증가함을 알 수 있었다.

Table 3. Water retention capacity (WRC) and alkaline water retention capacity (AWRC) of wheat and black rice flour blends

Black rice flour (%)	Strong flour(%)		Medium flour(%)		Weak flour(%)	
	WRC	AWRC	WRC	AWRC	WRC	AWRC
0	66.1 ^{a1)}	70.5 ^d	58.5 ^a	69.7 ^f	64.1 ^a	68.6 ^e
5	69.3 ^b	70.2 ^d	66.1 ^b	66.8 ^e	63.3 ^a	64.2 ^d
10	71.8 ^c	66.9 ^c	74.9 ^e	65.7 ^c	65.6 ^b	59.7 ^c
15	72.0 ^c	66.4 ^c	76.5 ^e	66.6 ^d	65.6 ^b	58.5 ^b
20	76.1 ^d	64.7 ^b	77.3 ^e	65.2 ^b	66.1 ^b	57.2 ^a
25	76.0 ^d	63.2 ^b	76.9 ^e	65.1 ^b	68.3 ^e	57.5 ^a
30	81.1 ^e	60.9 ^a	77.8 ^e	62.7 ^a	68.4 ^e	56.7 ^a

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

Table 4. Sedimentation value (Sed) and Pelshenke value (PK) of wheat flour and black rice flour blends

Black rice flour (%)	Strong flour		Medium flour		Weak flour	
	Sed (mL)	PK (min)	Sed (mL)	PK (min)	Sed (mL)	PK (min)
0	52.8 ^{g1)}	43.5 ^b	25.5 ^g	42.5 ^b	19.5 ^e	17.0 ^b
5	45.5 ^f	43.5 ^b	23.8 ^f	41.0 ^c	17.5 ^d	13.5 ^a
10	39.8 ^e	43.5 ^b	22.3 ^e	41.0 ^c	16.3 ^c	14.5 ^a
15	36.3 ^d	41.0 ^a	20.5 ^d	41.0 ^c	13.5 ^b	14.5 ^a
20	32.3 ^c	40.0 ^a	19.5 ^c	39.5 ^a	13.0 ^b	14.0 ^a
25	30.0 ^b	41.0 ^a	17.8 ^b	38.5 ^a	11.5 ^a	14.0 ^a
30	26.5 ^a	40.0 ^a	15.8 ^a	38.5 ^a	11.3 ^a	14.0 ^a

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

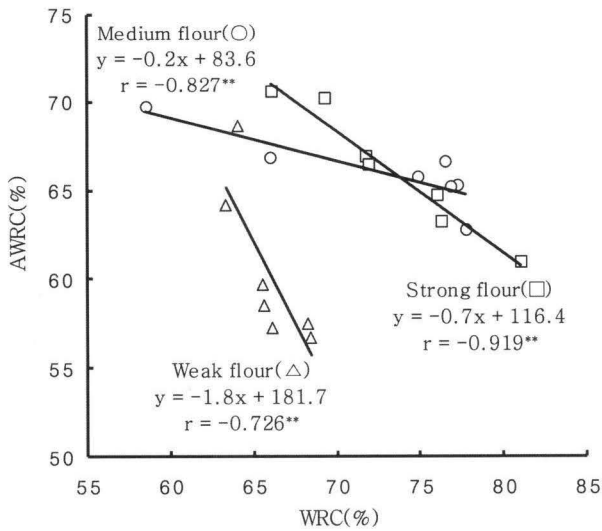


Fig. 1. Relationship between water retention capacity (WRC) and alkaline water retention capacity (AWRC) of wheat flour and black rice flour blends. □ : Strong flour, ○ : Medium flour, △ : Weak flour

침전가와 AWRC, WRC와의 상관관계는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 AWRC는 강력분과 흑미 혼합분의 경우 $r=0.933^{**}$, 중력분과 흑미 혼합분의 경우 $r=0.905^{**}$, 박력분과 흑미 혼합분의 경우에는 $r=0.921^{**}$ 로 고도의 정의 상관관이 있어 침전가가 증가함에 따라 AWRC도 증가하였다. 침전가와 WRC는 강력분과 흑미 혼합분의 경우 $r=-0.934^{**}$, 중력분과 흑미 혼합분의 경우 $r=-0.832^{**}$, 박력분과 흑미 혼합분의 경우 $r=-0.810^{**}$ 으로 고도의 부의 상관관이 있어 침전가가 감소함에 따라 WRC는 증가함을 알 수 있었다. Chang et al.(1984)의 연구에서 AWRC와 PK값과 침전가는 서로 상관관계가 있다고 보고하였고, AWRC는 밀이 품질 특성 및 품질 유전성의 평가 등 광범위하게 이용되고 있다고 하였다. 또 Sung(2005)의 연구에 의하면 농축 콩단백분의 첨가량이 증가할수록 WRC가 증가한다는 보고는 본 연

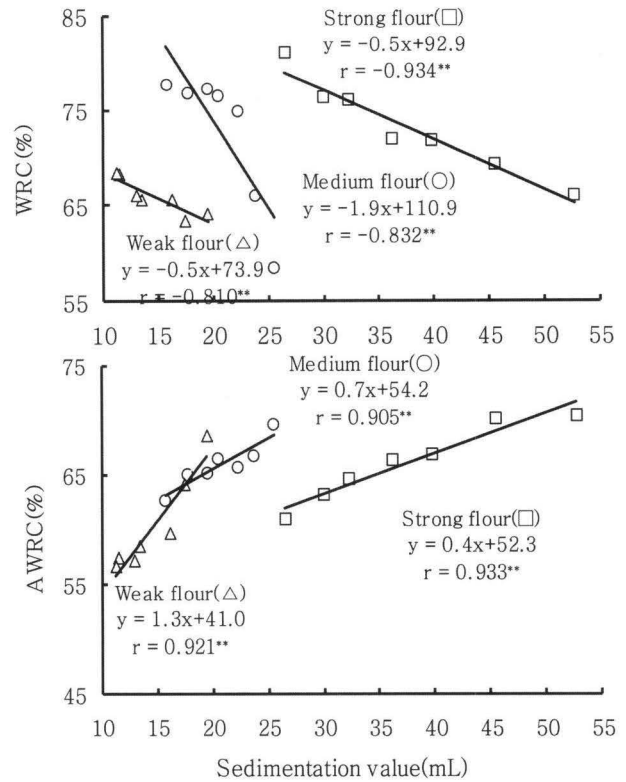


Fig. 2. Relationship among sedimentation value, water retention capacity (WRC) and alkaline water retention capacity (AWRC) of wheat flour and black rice flour blends. □ : Strong flour, ○ : Medium flour, △ : Weak flour

구와 유사한 경향을 나타내었다.

Mixograph 특성

밀가루 단백질의 함량과 질은 가공 이용 시 반죽의 rheology 특성에 중요한 영향을 미치게 되며 이러한 rheology 특성을 측정하기 위하여 주로 Mixograph가 이용되는데, 밀 품종은 물론 첨가물에 따라 고유의 Mixograph pattern을 갖게 된다(Collins & Post, 1981).

Table 5. Mixograph characteristics of wheat flour and black rice flour blends

Black rice flour (%)	Midline peak time (min)			Midline peak height (cm)			Width at peak (cm)			Width at 8 min (cm)		
	S ¹⁾	M ²⁾	W ³⁾	S	M	W	S	M	W	S	M	W
0	4.11 ^{a4)}	3.87 ^b	4.48 ^b	71.30 ^f	58.82 ^f	49.08 ^e	26.65 ^{bc}	20.17 ^c	15.00 ^a	17.16 ^{cd}	12.21 ^{bc}	5.35 ^a
5	4.13 ^a	4.29 ^c	5.07 ^b	70.60 ^f	56.02 ^e	44.14 ^d	28.82 ^c	16.41 ^a	12.70 ^a	18.34 ^d	11.93 ^b	5.94 ^a
10	4.10 ^a	4.88 ^d	5.81 ^b	63.84 ^e	52.86 ^d	41.68 ^c	25.53 ^b	17.53 ^{ab}	10.90 ^a	14.55 ^b	9.43 ^a	7.47 ^b
15	5.99 ^d	4.27 ^c	5.75 ^b	60.82 ^b	50.88 ^c	40.81 ^b	18.58 ^a	16.65 ^{ab}	11.32 ^a	13.24 ^a	13.07 ^{cd}	9.79 ^c
20	4.70 ^b	2.99 ^a	4.68 ^b	58.42 ^c	48.04 ^b	38.94 ^a	20.39 ^a	18.65 ^{bc}	13.07 ^a	16.70 ^c	11.75 ^b	10.75 ^c
25	5.16 ^c	2.91 ^a	2.35 ^a	55.20 ^b	45.66 ^a	40.41 ^b	18.30 ^a	16.91 ^{ab}	26.03 ^b	14.61 ^b	14.48 ^c	12.28 ^d
30	5.21 ^c	2.93 ^a	1.94 ^a	51.96 ^a	47.84 ^b	42.21 ^c	18.10 ^a	20.04 ^c	41.63 ^c	15.35 ^b	14.01 ^{de}	14.00 ^e

¹⁾Strong flour

²⁾Medium flour

³⁾Weak flour

⁴⁾The same superscripts in a column are not significantly different each other at $p<0.05$.

10 g-Mixograph를 이용한 반죽의 특성은 Table 5에서 보는 바와 같이 강력분과 흑미 혼합분의 경우 midline peak time은 4.11-5.99로 흑미 가루 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으며, midline peak height는 71.30-51.96으로 흑미 가루 첨가량이 증가할수록 감소하였다. Width at peak는 18.10-28.82로 흑미 가루 첨가량이 증가할수록 감소하였고, width at 8 min은 13.24-18.34로 흑미 가루 첨가량이 증가할수록 감소하였다.

중력분과 흑미 혼합분의 경우에는 midline peak time은 2.91-4.88로 흑미 가루 첨가량이 증가할수록 감소하였으며, midline peak height도 45.66-58.82로 흑미 가루 첨가량이 증가할수록 감소하였다. Width at peak와 width at 8 min은 흑미 가루 첨가량이 증가할수록 증가하였다. 박력분과 흑미 혼합분의 경우에도 중력분과 유사한 패턴을 보여주었다.

본 연구에서 midline peak height와 width at peak가 감소하는 것은 흑미 가루의 첨가에 의하여 복합분의 글루텐 형성 단백질이 감소함으로써 밀가루의 반죽에 대한 저항성이 감소되는 것으로 판단된다. 이상의 결과로부터 쿠키의 반죽 시 흑미 가루 첨가량을 증가시킬 경우 가수량을 증가시켜야 좋은 반죽 특성이 나타날 것으로 사료된다. 이는 Chang(2004)이 실험한 조 및 수수 첨가 시 Mixograph pattern을 조사한 결과를 보면, 조, 수수를 첨가할 경우 반죽 시 가수량의 증가가 필요하다고 보고하였는데 본 연구 결과와 동일한 경향을 볼 수 있었다.

Mixograph 특성과 이화학적 특성간의 상관관계

Mixograph 특성과 이화학적 특성의 상관 관계는 Table 6과 같다. 강력분과 흑미 혼합분의 PK값 또는 침전가와

Mixograph midline peak time은 부의 상관이 있어 PK값이 감소함에 따라 midline peak time은 증가하였고, PK값 또는 침전가와 midline peak height, width at peak, width at 8 min은 정의 상관이 있어 PK값 또는 침전가가 감소함에 따라 감소하는 것을 알 수 있었다. 중력분과 흑미 혼합분 또는 박력분과 흑미 혼합분의 PK값 또는 침전가와 Mixograph midline peak time, midline peak height는 정의 상관이 있는 반면, width at peak, width at 8 min와는 부의 상관을 나타내었다.

강력분과 흑미 혼합분의 WRC와 Mixograph midline peak time은 정의 상관을 나타낸 반면, midline peak height, width at peak, width at 8 min와는 부의 상관을 보여 주었다. 중력분과 흑미 혼합분의 WRC와 Mixograph midline peak time, midline peak time, width at peak는 부의 상관이 있어 WRC가 증가함에 따라 감소하였고, width at 8 min과는 정의 상관($r=0.160$)이 있었다. 박력분과 흑미 혼합분의 WRC와 Mixograph midline peak time, midline peak height는 부의 상관을, width at peak와 width at 8 min은 정의 상관을 보여 주었다.

한편 강력분과 흑미 혼합분의 AWRC와 Mixograph midline peak time, midline peak height는 부의 상관을, width at peak, width at 8 min과는 정의 상관을 나타내었다. 또한 중력분과 흑미 혼합분의 AWRC와 Mixograph midline peak time, midline peak height, width at peak time은 정의 상관을, width at 8 min과는 부의 상관을 보여 주었다. 박력분과 흑미 혼합분의 AWRC와 Mixograph midline peak time, midline peak height는 정의 상관이 있었으며, width at peak, width at 8 min과는 부의 상관이 있었다.

Table 6. Correlation coefficients between Mixograph characteristics and quality parameters of wheat flour and black rice flour blends

Quality parameter	Flour	Mixograph characteristics			
		Midline peak time	Midline peak height	Width at peak	Width at 8 min
PK		-0.608 ¹⁾	0.753*	0.706	0.248
Sedimentation	S + B	-0.600	0.961**	0.807*	0.466
WRC		0.488	-0.917**	-0.735*	-0.349
AWRC		-0.515	-0.930**	0.798*	0.517
PK		0.729*	0.869**	-0.033	-0.545
Sedimentation	M + B	0.689	0.923**	-0.053	-0.554
WRC		-0.345	-0.869**	-0.131	0.160
AWRC		0.470	0.823*	0.008	-0.278
PK		0.166	0.632	-0.135	-0.363
Sedimentation	W + B	0.438	0.771*	-0.578	-0.910**
WRC		-0.605	-0.512	0.721*	0.919**
AWRC		0.290	0.912**	-0.390	-0.832*

¹⁾Data averaged of three mixing ratio of 10, 20, and 30% of black rice flour.

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

Rapid Visco Analyser에 의한 호화특성

밀은 수확 전 우기에 의하여 또는 저장 중 높은 습도에 의하여 발아가 일어날 수 있는데, 발아된 밀 종실은 α -amylase의 높은 활성을 보인다. 발아된 밀 종실은 α -amylase이외에도 단백질 가수 분해 효소의 활성도가 높으며, 이들에 의하여 빵, 케이크의 제품은 감소된다. α -Amylase의 활성도를 측정하는 방법으로는 Amylograph 방법이 오랫동안 이용되어 왔으나, 측정시간이 길고 시료량을 많이 필요로 한다는 단점이 있다. 따라서 이러한 단점을 보완하여 제작된 것이 Rapid Visco Analyser(RVA)이다. Walker et al.(1988)은 modified temperature program을 개발하여 전분의 호화, pasting viscosity, 최소점도, 최종점도 등을 측정하였다. 공시재료의 RVA에 의한 호화특성은 Table 7에서 보는 바와 같다. 호화개시온도는 강력분과 박력분은 흑미 가루를 10% 첨가할 때까지 증가하다가 다시 감소하는 현상을 보이거나 차이가 나지 않음을 볼 수 있고 중력분은 온도 변화가 크지 않았다. 최대점도, breakdown, setback은 모든 밀가루에서 흑미 가루의 첨가량이 증가할수록 크게 감소하는 경향을 보였으며, 특히 최대점도는 5%

첨가 시 급격히 감소되는 것을 볼 수 있었다. 이와 같은 현상은 흑미 가루의 첨가량이 증가함으로써 글루텐 형성 단백질의 함량이 감소되어 나타나는 결과로 생각되고, 특히 전분의 노화 정도를 반영하는 최종점도가 흑미 가루 첨가량이 증가함에 따라 낮아진 것은 페이스트의 전분 분자 사이의 회합이 일어날 때 망상구조의 형성이 약하기 때문인 것으로 생각된다(Lee & Chang, 2003).

Rapid Visco Analyser 측정치와 이화학적 특성간의 관계
복합분의 호화특성과 PK값, 침전가, WRC, 및 AWRC와의 관계를 Table 8 에서 나타내었다. PK값과 초기호화온도와의 관계를 보면 강력분의 경우 $r=0.54$, 중력분의 경우 $r=0.71$ 로 정의 상관이 있었으며 박력분의 경우에는 $r=-0.16$ 으로 부의 상관이 있었다. 최고점도, breakdown, setback은 모든 밀가루에서 정의 상관이 있음을 알 수 있었다. 침전가와 초기호화온도는 강력분의 경우 $r=0.30$, 중력분의 경우 $r=-0.56$, 박력분의 경우 $r=0.43$ 으로 계산되었으며, 최고점도, breakdown, setback은 모든 밀가루에서 정의 상관을 나타내었다. WRC와 초기호화온도는 강력분과 박력분은 부의

Table 7. Rapid Visco Analyser pasting characteristics of wheat flour and black rice flour blends

Black rice flour (%)	Initial pasting temp. (°C)			Maximum viscosity (RVU)			Breakdown (RVU)			Setback (RVU)		
	S	M	W	S	M	W	S	M	W	S	M	W
0	72.8 ^{ab1)}	71.2 ^{ab1)}	74.5 ^{ab1)}	206.3 ^g	268.8 ^g	206.1 ^g	68.2 ^g	87.1 ^f	59.8 ^g	71.7 ^g	90.8 ^g	103.4 ^g
5	75.3 ^d	71.5 ^b	76.3 ^d	179.1 ^f	241.1 ^f	171.9 ^f	63.3 ^f	85.8 ^f	53.0 ^f	67.0 ^f	81.5 ^f	89.2 ^f
10	74.3 ^c	72.5 ^c	77.0 ^d	173.0 ^e	212.3 ^e	156.4 ^e	60.6 ^e	81.3 ^e	51.0 ^e	65.5 ^e	77.2 ^e	83.2 ^e
15	73.5 ^{bc}	70.8 ^a	75.3 ^c	149.9 ^d	194.0 ^d	141.0 ^d	53.8 ^d	75.6 ^d	48.7 ^d	60.9 ^d	71.8 ^d	75.3 ^d
20	72.0 ^a	72.3 ^c	73.0 ^a	135.8 ^c	168.4 ^c	128.8 ^c	50.1 ^c	67.3 ^c	44.2 ^c	56.8 ^c	65.7 ^c	67.8 ^c
25	73.5 ^{bc}	72.5 ^c	74.0 ^b	120.4 ^b	144.7 ^b	112.8 ^b	43.5 ^b	57.8 ^b	38.8 ^b	52.1 ^b	58.6 ^b	60.8 ^b
30	72.8 ^{ab}	72.8 ^c	74.8 ^{bc}	107.7 ^a	126.9 ^a	96.8 ^a	37.8 ^a	51.5 ^a	32.6 ^a	49.2 ^a	52.6 ^a	53.0 ^a

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

Table 8. Correlation coefficients between Rapid Visco Analyser parameters of wheat flour and black rice flour blends

Flour	Quality parameter	Initial pasting temp (°C)	Peak viscosity	Breakdown	Setback
Strong flour	PK ¹⁾	0.54 ^{*4)}	0.80 [*]	0.79 [*]	0.78 [*]
	Sedimentation	0.30	0.98 ^{**}	0.96 ^{**}	0.97 ^{**}
	WRC ²⁾	-0.40	0.94 ^{**}	-0.95 ^{**}	-0.94 ^{**}
	AWRC ³⁾	0.47	0.94 ^{**}	0.95 ^{**}	0.94 ^{**}
Medium flour	PK	0.71 [*]	0.91 ^{**}	0.90 ^{**}	0.91 ^{**}
	Sedimentation	-0.56	0.99 ^{**}	0.97 ^{**}	0.99 ^{**}
	WRC	0.45	-0.85 ^{**}	0.72 [*]	-0.83 [*]
	AWRC	-0.67	0.91 ^{**}	0.84 ^{**}	0.92 ^{**}
Weak flour	PK	-0.16	0.56	0.51	0.53
	Sedimentation	0.43	0.96 ^{**}	0.91 ^{**}	0.96 ^{**}
	WRC	-0.32	-0.82 [*]	-0.83 [*]	0.84 ^{**}
	AWRC	0.23	0.93 ^{**}	0.84 ^{**}	0.91 ^{**}

¹⁾Pelshenke value.

²⁾Water retention capacity.

³⁾Alkaline water retention capacity

⁴⁾Data averaged of three mixing ratio of 10, 20, and 30% of black rice flour.

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

상관을, 중력분은 정의 상관을 나타내었으며, AWRC는 강력분과 박력분에서 초기호화온도, 최고점도, breakdown, setback과 모두 정의 상관을 보여 주었다.

요 약

밀가루에 흑미 가루를 0-30%(w/w) 첨가한 복합분의 이화학적 성질을 조사한 결과 흑미 가루는 밀가루에 비해 수분함량과 단백질함량이 낮았으며 지방 함량, 회분함량, 탄수화물함량이 높았다. Water retention capacity(WRC)는 흑미 가루의 첨가량이 증가할수록 증가하였으나 alkaline water retention capacity(AWRC), 침전가, Pelshenke(PK) 값은 감소하였다. AWRC와 WRC는 부의 상관을 지니고 있었고, 침전가는 WRC와는 부의 상관, AWRC와는 정의 상관을 나타내었다. Mixograph의 midline peak height와 width at peak는 흑미 가루의 첨가량이 증가할수록 감소하였다. Rapid Visco Analyser의 최대점도, break down, setback은 모든 밀가루에서 흑미 가루의 첨가량이 증가할수록 크게 감소하는 경향을 보였으며 PK값, 침전가, AWRC와는 각각 정의 상관을 나타내었다.

참고문헌

- American Association of Cereal Chemists. 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chem. 10th. ed. AACC Inc., St. Paul. MN, USA
- Chang HG. 2004. Quality characteristics of sponge cake containing various levels of millet flour. Korean J. Food Sci. Technol. **36**: 952-958
- Chang HK, Shin HS and Kim SS. 1984. Relation of physicochemical properties and cookie baking potentialities of Korean wheat flours Korean J. Food Sci. Technol. **16**: 149-152
- Choi BK, Kum JS, Lee HY and Park JD. 2006. Physicochemical properties of black rice flours(BRFs) Affected by milling conditions. Korean J. Food Sci. Technol. **38**: 751-755
- Choi JY, Lee TS and Noh BS. 1999. Characteristics of volatile flavor compounds in improved *kochujang* prepared with glutinous rice koji during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. **31**: 1221-1226
- Collins JL and Post AR. 1981. Peanut hull flour as a potential source of dietary fiber, J. Food. Sci. 46: 445-449
- Hahn TR, Yoon HH, Paik YS and Kim JB. 1995. Identification of anthocyanidins from Korea pigmented rice. Agric. Chem. Biotechnol. **38**: 581-583
- Jung DS, Lee FZ and Eun JB. 2002. Quality properties of bread made of wheat flour and black rice flour. Korean J. Food Sci. Technol. **34**: 232-237
- Kang MY and Han JY. 2000. Comparison of some characteristics relevant to rice bread made from eight varieties of endosperm mutants between dry and wet milling process. Korean J. Food Sci. Technol. **32**: 75-81
- Kang MY and Han JY. 2001. Glucose chain length distribution of starches from endosperm mutant rice and its relationship with adaptability in rice bread processing. Korean J. Food Sci. Technol. **33**: 50-54
- Kang MY, Koh HJ and Han JY. 2000. Comparison of some characteristics relevant to rice bread made from eight varieties of endosperm mutants between brown and milled rice. Korean J. Food Sci. Technol. **32**: 82-89
- Kang MY and Sung YM. 2000. Varietal differences in quality characteristics of yukwa (fried rice cookie) made from fourteen glutinous rice cultivars. Korean J. Food Sci. Technol. **32**: 69-74
- Kee HJ, Lee ST and Park YK. 2000. Preparation and quality characteristics of Korean wheat noodles made of brown glutinous rice flour with and without aroma. Korean J. Food Sci. Technol. **32**: 799-805
- Kim KO and Choi HJ. 1995. Optimization of the preparation of rice based infant food using freeze drying process. Korean J. Food Sci. Technol. **27**: 680-689
- Kim YS, Ha TY, Lee SH and Lee HY. 1997. Effect of rice bran dietary fiber on flour rheology and quality of wet noodles. Korean J. Food Sci. Technol. **29**: 90-95
- Kim YJ and Kim SS. 1994. Comparison of size distribution of rice flour measured by microscope, sieve, Coulter counter, and aerodynamic methods. Korean J. Food Sci. Technol. **24**: 184-187
- Kim, HY, Lee IS, Kang JY and Kim JY. 2002. Quality characteristics of cookies with various levels of functional rice flour. Korean J. Food Sci. Technol. **35**: 642-646
- Kim K, Lee YH and Park YK. 1995. Effect of steeping time if waxy rice on the firming rate of waxy rice cake. Korean J. Food Sci. Technol. **27**: 264-265
- Kim HW, Lee YK, Shim GS and Chang YK. 1998. Identification of off-flavor in sea mustard and rice syrup sold in the markets. Korean J. Food Sci. Technol. **30**: 728-732
- Korea Flour Mills Industrial Association. 2004. Flour Milling Industry in Korea. Seoul, Korea. pp. 18-19
- Lee YT and Chang HG. 2003. Effects of waxy and normal hull-less barleys flours on bread-making properties. Korean J. Food Sci. Technol. **35**: 918-923
- Lee WJ, Cho MK and Chung KM. 1995. Quality characteristics of Korean rice as brewing adjunct. Korean J. Food Sci. Technol. **27**: 516-519
- Lee WJ and Kim SS, 1998. Preparation of sikhe with brown rice. Korean J. Food Sci. Technol. **31**: 146-150
- Lin MJY, Humbert ES and Sosulski FW. 1974. Certain functional properties of sunflower meal products. J. Food Sci. **39**: 368-372
- McConnell AA, Eastwood MA and Mitchell WD. 1974. Physical characteristics of vegetable foodstuffs that could influence bowel function J. Sci. Food Agric. **25**: 1457-1460
- Miyauchi K and Watanabe T. 1978. Modified soybean Protein with high water holding capacity. Cereal Chem. **55**: 157-159
- Park DJ, Ku KH and Mok CK. 1995. Characteristics of glutinous rice fractions and improvement of yoogwa processing by micro-particulation/air-classification. Korean J. Food Sci. Technol. **27**: 1008-1012
- Quinn JR and Patton D. 1979. A practical measurement of water hydration capacity of protein materials. Cereal Chem. **56**: 38-40
- Rhee CO, Song SJ and Lee YS. 2000. Volatile flavor components in cooking black rice. Korea J. Food Sci. Technol. **32**: 1015-1021

- Sung MJ. 2005. Effect of soy protein concentrate on the quality of sponge cake. Kyungwon University, MS thesis
- Suzuki Y, Ise K, Li C, Honda I, Iwai Y and Matsukura U. 1999. Volatile components in stored rice [*Oryza sativa* (L.)] of varieties with and without lipoxygenase-3 in seeds. J. Agric. Food Chem. **47**: 1119-1124
- Walker CE, Ross AS, Wrigley CW and McMaster GJ. 1988. Accelerated starch-paste characterization with the Rapid Visco Analyser. Cereal Food World **33**: 491-494
- Yook C and Cho SC. 1996. Application of heat-moisture-treated rice for *sikhe* preparation. Korean J. Food Sci. Technol. **28**: 1119-1125
- Yoon HY, Yoon JM, Cho MH, Hahn TR and Paik YS. 1997. Physicochemical stability of anthocyanins from Korean pigmented rice. Korea J. Food Sci. Technol. **29**: 211-217

(접수 2008년 1월 9일, 채택 2008년 1월 31일)