

블루베리-쌀 천연발효종과 자광미 가루를 첨가한 우리밀 식빵의 품질 특성

최상호¹ · 고상진^{2*} · 이승범³ · 김효숙⁴

¹호남대학교 조리과학과, ²수수보리식품, ³세명대학교 외식경영학과, ⁴대선제분

Quality Characteristics of Korean Wheat Bread prepared with Naturally Fermented Blueberry-Rice Starter and Purple Rice Flour

Sang-Ho Choi¹, Sang-Jin Ko^{2*}, Seong-Byum Lee³ and Hyo-Suk Kim⁴

¹Dept. of Culinary Science, Honam University, Gwangju 506-714, Korea

²Susubori Food Co., Ltd, Namyangju 472-835, Korea

³Dept. of Food-Service Management, Semyung University, Jecheon 390-711, Korea

⁴Daesun Flour Mills Co.,Ltd, Seoul 100-801, Korea

ABSTRACT

This study investigated quality characteristics of pan breads prepared with 0, 10, 20, 30 and 40% purple rice flour and naturally fermented blueberry-rice starters. RVA (Rapid Visco Analyzer) analysis showed that wheat flour retrogradation was not retarded by addition of purple rice flour. Using amylography, gelatinization tem. perature of purple rice flour samples was higher than that of the control, whereas maximum viscosity temperature. and maximum viscosity of purple rice flour samples were lower than those of the control. Weights of pan breads containing purple rice flour were lower than that of the control, whereas volume, specific volume and baking loss rate were higher than those of the control. The anthocyanin contents and antioxidative activities as measured by DPPH radical scavenging activity of breads increased as the concentration of purple rice flour increased. The moisture content of pan breads containing purple rice flour decreased as storage time increased. The pH of breads containing purple rice flour was higher than that of the control. Color L value decreased, whereas a and b values increased significantly, as storage time increased. In texture analyzer measurement, hardness of breads containing purple rice flour significantly increased as storage time increased. Breads containing 10~20% purple rice flour showed acceptable sensory properties, such as mouth feel, appearance, flavor, texture, taste and overall acceptability.

Key words : Naturally fermented blueberry-rice starter, purple rice powder, Korean wheat bread, quality characteristics

서 론

최근 식품의 고급화, 다양화 추세가 증대되고, 기능성 식품에 대한 소비자의 관심이 높아짐에 따라 쌀에 있어서도 식이 섬유 및 생리활성 물질 등의 영양성과 기능성이 강화되고, 녹색, 적갈색, 흑자색 등 다양한 천연색소를 가진 기능성 쌀의 소비가 크게 증가하고 있다(Choi ID 2010). 기능성 쌀이란 쌀의 품질을 고급화하여 가공범위를 확대하거나, 기존의 쌀에 함유되어 있지 않은 새로운 물질을 첨가 또는 유도시켜 건강지향적인 활용 및 고부가가치를 꾀하고자 개발된 쌀들이다. 기능성 쌀의 종류로는 쌀을 고체배지로 이용하여 담자균, 홍국균 등을 배양한 쌀, 식이섬유 등 유효물질을 코팅한 쌀, 신제품 육종에 의해 개발된 특화 쌀, 특수 가공 처리된 쌀 등이 있다(Yoo & Kang 2005). 유색미는 이러한 특수미의

한 종류로 과피에 흑자색, 적갈색, 녹색 등에 이르는 다양한 천연색소를 함유하고 있다. 일반적으로 흑자색계 쌀에는 안토시아닌계 색소가 다량 함유되어 있고, 적갈색계 쌀에는 탄닌계 색소가 포함되어 있다(Choi & Oh 1996). 안토시아닌계 색소는 항산화기능, DNA 손상 및 발암억제 등 건강 기능성이 높은 것으로 알려져 있고, 탄닌계 색소는 금속이온 및 염기성 화합물과의 결합에 의하여 유해성 중금속의 제거 및 변이원 물질 생성을 억제시키는 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Tsuda T *et al* 1998). 또한 식이섬유, 각종 무기질과 비타민, 불포화지방산 등을 다량 함유하고 있어 항종양, 항산화 등의 활성과 인체의 종합조절 기능을 개선하고, 면역력을 강화시켜 노화방지 및 질병예방 효과가 인정되어 식품학적으로 이용가치가 높은 것으로 보고되고 있다(Choi & Oh 1996, Wang H *et al* 1997). 이러한 유색미에 관한 연구로는 기능성 쌀의 항산화 효과 및 콜레스테롤 대사 개선에 관한 연구(Jang YJ 2004), 유색미 에탄올 추출물의 항산화 활성 변

*Corresponding author : Sang-Jin Ko, Tel : +82-10-3901-0400, Fax : +82-2-6280-3253, E-mail : sjnaturalfood@gmail.com

이(Nam SH *et al* 2003), 자광찰벼 추출물의 항산화 효과(Chi HY *et al* 2005), 유색미 안토시아닌 안정성 연구(Yoon JM *et al* 1997), 적미 추출물의 항산화 활성 및 암세포 성장억제효과(Park SH *et al* 2007) 등의 생리활성에 관한 보고가 있다. 유색미를 이용한 다양한 식품 개발에 관한 연구들로는 적색계 유색미와 자색계 유색미를 이용하여 식혜를 제조한 후, 이화학적 특성 및 관능적 특성을 비교한 연구(Kim MS *et al* 1999), 유색미 첨가 유과의 품질에 관한 연구(Lee YS *et al* 2002), GABA 함량이 높은 갈색 유색미를 이용한 차 개발(Kwak EJ 2010), 유색미(수원 415호) 가루의 제빵성 검토(Kang & Nam 1999)와 흑미 첨가 식빵의 품질 특성 연구(Lee KS *et al* 2005, Im & Lee 2010), 유색미 첨가량과 발효방법에 따른 증편의 품질 특성에 관한 연구(Shin & Lee 2004), 유색미 첨가 두부의 품질 특성(Moon BK *et al* 2008) 등이 있다.

최근 제빵 산업은 소비자의 건강을 위해 자연친화적이고 건강지향적인 사워도우(sourdough) 빵에 대한 다양한 연구와 상품화가 진행되고 있다. 이러한 사워도우는 제빵에서 효모와 같은 팽창제의 역할, 풍미, 소화성, 영양생리, 신선도 및 저장성 향상을 위해 사용되고 있다(Kim & Chun 2008a). 또한 사워도우 빵은 호밀가루와 보리가루 등의 첨가로 인해 건강 빵으로 인식되고 있으며, 풍부한 향, 독특한 맛과 발효 시 생성되는 유기산에 의해 반죽의 물성이 개량되고(Lee UG 1995), 유해한 곰팡이의 생육을 억제하며(Shin & Kim 2001), 제품의 노화 억제에 의한 저장성 연장 효과가 있다고 한다(Lee YK *et al* 2001). 사워도우는 발효에 관여하는 미생물에 의해 큰 영향을 받으며, 특히 젖산균과 효모가 주 발효미생물로서, 단독 혹은 이 두 미생물이 발효에 작용하여 사워도우가 만들어지는 것으로 알려져 있으며, 오랜 전부터 많은 연구가 이뤄져 왔다(Chung HC 2008). 사워도우에 관한 연구로는 sourdough 첨가 보리식빵에 관한 연구(Ryu & Kim 2005, Hong JH *et al* 2000), sourdough 대체가 빵의 품질 특성(Kim & Chun 2008a) 및 물리적 특성에 미치는 영향에 관한 연구(Kim & Hwang 2004), 유산균과 비피더스균을 사용한 sourdough의 발효특성(Chae DJ *et al* 2010), Probiotics-효모 비율을 달리하여 제조한 sourdough 제빵 특성(Chae DS *et al* 2011), 홍국 발효액종을 첨가한 식빵에 관한 연구(Kim YE *et al* 2011, Lee JH *et al* 2008, Lee JH *et al* 2007) 및 우리 밀을 이용한 sourdough stater 특성 및 식빵의 품질 특성에 관한 연구(An HL *et al* 2009, An & Lee 2009), 건포도 천연발효액을 이용한 연구(Kim & Chun 2009, Kim & Chun 2008b) 등이 있다.

따라서 본 연구에서는 전보(Choi SH 2013, Choi & Lee 2014)에서 제조한 천연발효액을 이용하여 천연 발효종을 만들어 yeast 대신 첨가하고 기능성 유색미의 일종인 자광미 가루를 대체한 우리밀 혼합분의 이화학적 특성과 이것을 이

용하여 제조한 식빵의 기계적 특성 및 관능적 특성을 분석하여 영양과 기능성이 강화된 우리밀 빵을 제조하기 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

천연발효액과 식빵 제조에 사용된 블루베리(경기도 파주 산), 쌀(전북 김제산), 설탕(정백당, (주)제일제당), 물(제주 삼다수, 농심), 우리밀가루(대한제분), 버터(서울우유), 식염(한주염업), 탈지분유(서울우유), 압착이스트(제니코)는 대형 마트에서 구입하여 사용하였다. 유색미 중 자색계 쌀로 안토시아닌계 색소를 가진 자광미는 너른들 영농조합에서 자광미 가루로 구입하여 사용하였다.

2. 실험방법

1) 블루베리-쌀 천연발효액종 제조

전보에서 설탕 20% 첨가 블루베리 천연발효액(Choi SH 2013)과 물 140% 첨가 쌀 천연발효액(Choi & Lee 2014)이 제빵적성이 가장 우수하였으므로, 이 두 천연발효액을 이용하여 블루베리-쌀 천연발효액을 제조하였다. 즉, 고두밥 300 g, 입국 60 g, 블루베리 300 g, 물 420 g을 부어 교반한 다음, 27°C incubator에서 5일간 배양한 후 60 mesh 체로 여과하여 사용하였다. 천연 발효액종은 Freund W(2006)의 multiple-stage법을 변형하여 제조하였다. 0일은 우리밀 300 g과 블루베리-쌀 천연발효액 300 g을 혼합한 후, 1일은 27°C에서 24시간 배양하였고, 2일은 1차 배양된 블루베리-쌀 천연 발효종 600 g 중 300 g을 취하여 우리밀 600 g과 물 600 g을 혼합하여 다시 27°C에서 24시간 배양하였으며, 3일차는 2차 배양된 우리밀 천연 발효종 1,500 g 중 600 g을 취하여 우리밀 1,200 g과 물 1,200 g을 혼합하여 27°C에서 24시간동안 정치 배양하여 사용하였다.

2) 천연발효종과 자광미를 첨가한 우리밀 식빵 제조

식빵 제조에 사용한 반죽의 배합비는 Table 1과 같다. 밀 가루를 100%로 기준하여 각 재료들을 Baker's percent로 나타내었으며, 블루베리-쌀종을 각각 50% 첨가하고, 대조구를 기준으로 자광미 가루를 10%, 20%, 30%, 40%로 첨가하여 제조하였다. 먼저 반죽기(Model HZ, Hobart Co. Ltd., USA)에 모든 재료를 한꺼번에 넣고 저속에서 2분, 고속에서 9분 동안 혼합하였다. 이때 반죽온도는 27°C로 하였고, 1차 발효는 27°C, 상대습도 80%에서 3시간 동안 발효시킨 다음 500 g 씩 분할 후 둥글리기를 하여 실온에서 20분간 중간발효 시

Table 1. Formula for Korean wheat bread added with blueberry-rice starter and purple rice flour

Ingredients (%)	Samples ¹⁾				
	S0	S10	S20	S30	S40
Wheat flour	100	90	80	70	60
Blueberry-rice starter	50	50	50	50	50
Purple rice flour	0	10	20	30	40
Water	49	49	49	49	49
Butter	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
Sugar	10	10	10	10	10
Powdered skim milk	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Salt	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

- ¹⁾ S0 : Pan bread added with 0% purple rice flour.
 S10: Pan bread added with 10% purple rice flour.
 S20: Pan bread added with 20% purple rice flour.
 S30: Pan bread added with 30% purple rice flour.
 S40: Pan bread added with 40% purple rice flour.

켰다. 반죽을 성형하여 38℃, 상대습도 85%의 발효기에서 2시간 동안 2차 발효를 한 후 윗불 온도 180℃, 아랫불 온도 190℃로 맞춘 오븐(FDO-7102, Daeyung Bakery Machinery Co. Ltd., Seoul, Korea)에 넣어 25분간 구웠다. 구워진 식빵은 실온에서 완전히 방냉 후 polyethylene vinyl bag에 넣어 25℃에서 5일간 저장하면서 실험에 사용하였다.

3) 일반성분 분석

AOAC법(1990)에 따라 수분함량은 105℃ 상압가열건조법, 회분은 550℃ 직접 회화법, 조단백질 함량은 micro-Kjeldahl 법을 사용하였다. 모든 시료는 3회 반복 측정하였으며, 그 평균값으로 나타내었다.

4) 호화도 측정

호화도는 Rapid Visco Analyser(RVA, Model 3D, Newport Scientific, Australia)를 이용하여 측정하였다. 우리밀과 자광미 가루 혼합분 3.5 g에 증류수 25.0 mL를 첨가하여 현탁액을 만든 후, 1분당 5℃의 속도로 25℃에서 95℃까지 가열한 다음, 다시 1분당 5℃로 95℃에서 50℃까지 냉각하였다. 호화개시온도, 최고점도, 최고점도 후에 나타나는 최저점도, 최고점도에서 최저 점도를 뺀 값인 breakdown과 최종점도, 최종점도에서 최저 점도를 뺀 값인 setback을 조사하였다.

5) Amylograph 측정

Amylograph 특성 측정은 AACC 방법(2000)에 따라 amylograph(ASG-6, Brabender Co., Ltd., Germany)를 사용하여

측정하였다. 밀가루 65 g에 자광미 가루(밀가루 대체 10%, 20%, 30%, 40% 첨가)와 증류수를 포함한 현탁액 450 mL를 bowl에 넣고 회전속도 75 rpm으로 25℃의 온도를 30±0.2℃로 조정하고, 25℃에서 95℃까지 1.5℃/min의 비율로 온도를 상승시키면서 점도변화를 측정하였다. 측정개시온도 25℃부터 시작하여 호화개시온도, 최고점도온도 및 최고점도 등을 측정하였다.

6) 식빵의 무게, 부피, 비용적 및 굽기 손실을 측정

천연발효종을 이용한 우리밀 식빵을 실온에서 1시간 방냉 후 전자저울을 사용하여 무게(g)를 측정하였고, 부피(mL)는 종자치환법으로 측정하였다. 2,940 mL 용기에 좁쌀을 가득 채운 후 식빵을 완전히 잠기게 하였을 때 흘러나온 좁쌀의 양을 측정하여 식빵의 부피를 구하였다. 비용적(specific volume, mL/g)은 부피(mL)를 식빵의 무게(g)로 나누어 구하였다. 굽기 손실율은 식빵을 구운 후 틀에서 분리하여 저울에 올려 굽기 전 반죽의 무게와 비교하였다. 각기 다른 세 개의 시료를 측정하여 평균값을 내어 사용하였으며, 굽기 손실율은 다음의 식으로 구하였다.

$$\text{Baking loss rate(\%)} = \frac{(\text{Dough weight} - \text{Bread weight})}{\text{Dough weight}} \times 100$$

7) 안토시아닌 잔존율 분석

시료와 추출용매(에탄올 : 증류수 : HCL=85 : 13 : 2, v/v/v)를 1 : 15(w/v)로 혼합하고, 균질기로 48시간 균질화하는 방법

으로 안토시아닌을 추출하였다. 추출액을 여과지로 여과한 후 어두운 곳에 30분간 방치하고, 535 nm에서 흡광도를 측정하여 총 안토시아닌 함량을 측정하였다. 잔존율은 식빵 제조 전 자광미의 안토시아닌 함량에 대한 제조 후 식빵의 안토시아닌 함량의 백분율로 나타내었다.

8) DPPH Radical 소거능 측정

DPPH radical에 대한 소거활성은 Blois의 방법(1958)을 변형하여 측정하였다. 각 시료 6 g에 70% 에탄올 24 g을 넣고 30분 동안 방치한 후, 3,600 rpm에서 30분 동안 원심 분리하여 여과지에 여과시켰다. 여과액 1 mL에 증류수 9 mL를 섞어준 후 시료를 만들어, 시료 3 mL와 80% DPPH 용액 2 mL를 가하여 섞은 뒤 암소에서 30분 동안 반응시킨 후 Spectrophotometer(UV mini 1240, Shimadzu, Japan)를 이용하여 517 nm에 흡광도를 측정하였으며, 아래의 식으로 계산하였다. 이때 70% 에탄올을 사용한 처리구의 흡광도를 대조구로 하였다.

DPPH radical 소거능(%)=

$$\left[1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}} \right] \times 100$$

9) 식빵의 저장기간 중 품질 변화(25°C, 5일)

(1) 수분함량 측정

수분함량은 식빵 1 g을 취한 다음 적외선 수분측정기(FD-610, Kett Electric Laboratory, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정 후 그 평균값을 이용하였다.

(2) pH 측정

pH는 식빵의 crumb 부분 10 g을 증류수 50 mL에 넣고 5분간 균질화 한 후 5분간 방치한 다음, 상층액을 pH meter (Model PB-10, Sartorius, Germany)로 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

(3) 색도 측정

색도는 시료 채취 후 색도계(CR-300 series Minolta Co., Japan)를 사용하여 측정하였고, 각 시료의 L(명도), a(적색도), b(황색도)값을 3회 측정하여 평균값으로 나타내었으며, 이때 사용된 calibration plate는 L: 94.50, a: 0.3032, b: 0.3193이다.

(4) Texture 측정

식빵의 texture 측정은 texture analyzer(Model TA-XT2i, 제조사명, England)를 사용하여 식빵을 실온에서 냉각 후 폴리

에틸렌 백에 넣고 5일 동안 상온(25°C)에서 보관하며, 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 점착성(gumminess)을 측정하였다. 측정조건은 test speed 1.0 mm/s, distance 10.0 mm/s, trigger force 10.0 g, probe diameter 10.0 mm 였다.

10) 관능평가

자광미 첨가 식빵은 오븐에서 구운 것을 완전히 식힌 후 시료별로 포장하여 하루가 지난 후 검사하였다. 관능검사 요원은 대학생 및 대학원생(남성 : 30명, 여성 : 20명, 평균연령 27.5세) 50명을 선정하여 식빵을 일정한 크기(7×7×2 cm)로 잘라 흰색 접시에 담아 제공하였고, 한 개의 시료를 평가 후 반드시 생수로 입안을 헹구고 다른 시료를 평가하도록 하였다. 관능검사는 배고픔을 느끼는 시간을 피해 오전 10~11시, 오후 2~3시 사이에 두 차례에 걸쳐 평가하였으며, 외관, 향, 맛, 조직감, 전반적인 기호도를 9점 척도법으로 기호도가 높을수록 높은 점수를 주도록 하였다(1점 : 매우 싫어 한다, 5점 : 보통, 9점 : 매우 좋아 한다).

3. 통계처리

모든 실험은 3회 반복 측정하였으며, 각 실험에서 얻은 결과는 SAS 9.1 프로그램을 사용하여 통계처리 하였다. 분산분석(ANOVA)과 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan의 다중범위검정으로 통계적 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 자광미의 일반성분 분석 및 DPPH Radical 소거능

자광미 가루의 일반성분 및 DPPH radical 소거능을 측정 한 결과는 Table 2와 같다. 자광미 가루의 조단백질은 8.48%, 조회분 0.487%, 수분함량은 12.12%로 나타났으며, DPPH radical 소거능은 88.78%로 높게 나타났다. Nam YJ(2007) 연구에서 자광미의 조단백질 8.96%, 조회분 1.66%, 수분함량 15.34%로 나타나 다소 차이를 보였으나, DPPH radical 소거능은 88.60%로 유사하게 나타났다. 그리고 본 연구에 사용한 우리밀은 조단백질 11.76%, 조회분 0.444%, 수분함량 13.5% 였다.

2. 천연발효종과 자광미를 첨가한 식빵의 품질 특성

1) 호화도

블루베리-쌀종과 자광미 첨가 반죽의 RVA에 의한 호화특성은 Table 3과 같다. 호화개시온도는 대조구가 68.25°C, 자광미 첨가구들은 86.50~91.30°C 범위로 나타나, 자광미 30%

Table 2. Proximate composition and DPPH radical scavenging activity of purple rice flour

	Moisture	Crude protein	Crude ash	DPPH
Purple rice flour (%)	12.12±0.10	8.48±0.12	0.487±0.011	88.78±0.85
Korean wheat flour (%)	13.50±0.20	11.76±0.20	0.440±0.021	-

Table 3. Rapid visco analyzer(RVA) on Korean wheat flour fermented with blueberry-rice starter and purple rice flour

Samples ¹⁾	Pasting temp. (°C)	Peak viscosity P (RVU)	Holding viscosity H (RVU)	Final viscosity F (RVU)	Break down P-H (RVU)	Set back F-H (RVU)
S0	68.25±0.20 ²⁾	1,498.0±1.4 ^b	967.0±1.2 ^b	1,998.0±2.3 ^b	531.0±1.5 ^e	1,031.0±1.0 ^d
S1	88.05±0.03 ^c	1,678.0±1.0 ^a	1,001.0±2.6 ^a	2,093.0±3.7 ^a	677.0±2.1 ^a	1,091.0±2.8 ^b
S2	91.30±0.05 ^a	1,443.0±3.2 ^c	857.0±2.0 ^c	1,899.0±4.6 ^c	586.0±1.8 ^b	1,042.0±2.0 ^c
S3	90.45±1.10 ^b	1,252.0±2.5 ^d	689.0±4.3 ^d	1,730.0±5.0 ^e	563.0±2.4 ^c	1,041.0±1.7 ^c
S4	86.50±0.08 ^d	1,216.0±8.4 ^e	678.0±6.2 ^e	1,860.0±3.6 ^d	538.0±1.3 ^d	1,182.0±9.2 ^a
F-value	22,667.2 ^{***}	4,306.91 ^{***}	5,907.62 ^{***}	4,528.21 ^{***}	4,736.59 ^{***}	675.73 ^{***}

*** $p < 0.001$.

¹⁾ Refer to the legend of Table 1.

²⁾ a~e Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

첨가까지는 호화개시온도가 유의적으로 증가하였다($p < 0.001$). 최고점도는 대조구의 경우 1498.0 RVU이었으며, 자광미 10% 첨가구가 1678.0 RVU로 대조구보다 더 높았으나, 자광미 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하여 자광미 40% 첨가구의 경우 1216.0 RVU이었다($p < 0.001$). 발아 현미 첨가 우리밀 식빵에서(Kim SK *et al* 2008) 발아 현미를 넣었을 경우 최고 점도가 현저히 감소하였으며, 이는 발아 현미에는 밀에 함유되어 있는 gliadine이나 glutenin 등의 prolamin류의 단백질 함량은 적고, glutelin류의 단백질이 주종을 이루고 있어서 밀 글루텐과 같이 반죽의 망상구조를 형성하지 못하기 때문(Kang MY *et al* 1997)이라고 보고하였다. 본 연구에서도 자광미 가루를 첨가할수록 글루텐 함량이 감소하여 반죽의 망상구조를 형성하지 못해 최고 점도가 감소한 것으로 사료된다. 최저 점도는 대조구(967.0 RVU)보다 자광미 10% 첨가구(1001.0 RVU)가 더 높았으며, 자광미 첨가량이 증가할수록 최저점도는 감소하는 경향을 보였다($p < 0.001$). 최종점도는 대조구에서 1998.0 RVU를 나타냈으며, 대조구와 비교하였을 때 자광미 10% 첨가군이 2093.0 RVU로 가장 높았고, 자광미를 첨가할수록 최종 점도는 감소하였다($p < 0.001$). 전분입자의 파괴 정도는 대조구가 531.0 RVU이었으며, 자광미 첨가구는 538~677.0 RVU로 대조구보다 더 높았으며, 자광미를 첨가할수록 감소하였다($p < 0.001$). 노화 정도(setback)는 대조구에서 1031.0 RVU를 나타냈고, 자광미 첨가구들은 1041.0~1182.0 RVU로 나타나, 자광미 40% 첨가구(1820 RVU)가 가장 높았다($p <$

0.001). 전반적으로 자광미를 첨가할수록 호화개시온도는 높아지고, 최고점도, 최저점도, 최고점도 및 파괴 정도는 감소하였다. Im & Lee(2010)의 흑미가루 첨가 쌀식빵의 호화도에서 흑미가루 첨가 비율이 증가할수록 최고점도, 최종점도, 파괴정도는 감소하고, 노화 정도는 증가하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

2) Amylograph

우리밀에 자광미 가루를 첨가한 반죽의 amylograph 특성을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 호화개시온도는 대조구가 61.8°C, 자광미 첨가구가 62.1~62.7°C로 대조구의 호화개시온도가 가장 낮았으나, 유의적인 차이는 없었다. 최고점도온도는 대조구가 91.1°C로 가장 높았고, 자광미 첨가구가 유의적으로 낮게 나타났으며, 자광미 첨가량이 증가할수록 다소 감소는 경향을 보였다($p < 0.001$). 최고점도는 대조구가 855.0 AU, 자광미 첨가구가 745.0~602.0 AU로 대조구의 점도가 유의적으로 가장 높았고($p < 0.001$) 자광미를 첨가할수록 감소하였다. 최고점도는 전분입자의 팽창과 관련된 것으로 최고 점도가 너무 높으면 효소 활성이 약하기 때문에 반죽의 발효상태가 나쁘고, 숙성이 늦게 되며, 효소에 의한 전분과 단백질의 분해가 적어서 양질의 빵이 되지 못한다고 한다(Lee HS 2001). Lee HS(2001)의 연구에서 메밀가루 첨가 시 식빵 반죽의 호화개시온도가 높아지고 최고점도는 낮아져, 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

Table 4. Amylogram characteristics of Korean wheat flour with purple rice flour

Samples ¹⁾	Gelatinization temperature (°C)	Maximum viscosity temperature (°C)	Maximum viscosity (AU)
S0	61.8±0.4 ^{a2)}	91.1±0.1 ^a	855.0±1.5 ^a
S1	62.1±0.1 ^a	90.2±0.2 ^b	745.0±2.3 ^b
S2	62.0±0.5 ^a	90.1±0.4 ^b	648.0±1.8 ^c
S3	62.3±0.2 ^a	89.8±0.2 ^b	616.0±4.8 ^d
S4	62.7±0.6 ^a	89.9±0.1 ^b	602.0±2.0 ^c
<i>F</i> -value	2.14 ^{NS3)}	15.40 ^{***}	4,638.26 ^{***}

*** $p < 0.001$.

¹⁾ Refer to the legend of Table 1.

²⁾ ^{a-e} Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

³⁾ NS Not significant.

3) 식빵의 무게, 부피, 비용적 및 굽기 손실을 측정

블루베리-쌀종과 자광미 가루를 첨가한 식빵의 무게, 부피, 비용적 및 굽기 손실율을 측정된 결과는 Table 5와 같다. 식빵의 무게는 대조구가 464.0 g이었고, 자광미 첨가구는 395.0~462.0 g으로 나타나, 대조구보다 작았다($p < 0.001$). 부피는 자광미 20% 첨가구가 1,735 mL로 가장 높았고, 자광미 40% 첨가구가 1,190.0 mL로 가장 낮게 나타나, 유의적인 차이를 보였다($p < 0.001$). Im & Lee(2010)의 연구에서 흑미가루 첨가수준이 증가함에 따라 식빵의 부피가 감소하였으며, 이는 현미 상태인 흑미에 함유된 식이섬유의 영향으로 부피가 감소하였다고 보고하였다. 본 연구에서도 자광미 첨가량이 증가함에 따라 부피가 감소하였으며, 이는 자광미에 함유된 식이섬유가 빵 반죽의 글루텐과 작용하여 반죽의 발달을 방해하고, 가스보유력을 떨어뜨린 것으로 사료된다. 비용적은 부피가 가장 컸던 자광미 20% 첨가구가 가장 높았고, 자광미 30% 첨가구, 대조구 순으로 높게 나타났다($p < 0.001$). 굽기 손실율은

대조구(8.00%), 자광미 30% 첨가구와 40% 첨가구는 유의적인 차이가 없었고 자광미 10% 첨가구(7.00)와 20% 첨가구(7.90)는 대조구보다 낮았다($p < 0.001$). 자광미를 첨가할수록 굽기 손실율은 증가하였는데, 메밀가루와 송화가루 첨가 우리밀 식빵에서도(Lee HS 2001) 부재료 첨가량이 증가할수록 굽기 손실율이 증가하여 본 연구결과와 유사하였다.

4) 안토시아닌 잔존율 및 DPPH Radical 소거능

블루베리-쌀종과 자광미 가루를 첨가한 식빵의 안토시아닌 잔존율 및 DPPH radical 소거능을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 대조구의 안토시아닌 함량은 35.09%였으며, 자광미 첨가구는 36.03~54.79%로 나타났다. 자광미 첨가량이 증가할수록 안토시아닌 함량도 증가하여 자광미 40% 첨가구가 가장 높았다($p < 0.001$). 흑미는 조리방법에 따라 anthocyanin 함량에 영향을 미치며(Hiemori M *et al* 2009), 열에 대해서는 비교적 안전성이 있는 것으로 연구된 바 있다(Yoon JM *et al*

Table 5. Weight, volume, specific loaf volume and baking loss rate of Korean wheat bread prepared with fermented blueberry-rice starter and purple rice flour

Samples ¹⁾	Weight(g)	Volume(mL)	Specific loaf volume (mL/g)	Baking loss rate(%)
S0	464.0±2.0 ^{a2)}	1,580.0±3.0 ^b	3.39±0.01 ^c	8.00±0.10 ^{ab}
S10	450.0±3.0 ^b	1,560.0±4.0 ^c	3.46±0.01 ^b	7.00±0.20 ^c
S20	462.0±1.0 ^a	1,735.0±1.0 ^a	3.75±0.01 ^a	7.90±0.10 ^b
S30	395.0±2.0 ^d	1,350.0±2.0 ^d	3.41±0.01 ^c	8.00±0.20 ^{ab}
S40	425.0±3.0 ^c	1,190.0±3.0 ^c	2.79±0.01 ^d	8.20±0.05 ^a
<i>F</i> -value	473.17 ^{***}	1,7536.5 ^{***}	1,944.73 ^{***}	32.49 ^{***}

*** $p < 0.001$.

¹⁾ Refer to the legend of Table 1.

²⁾ ^{a-d} Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Table 6. Residual anthocyanin contents and DPPH radical scavenging activity of Korean wheat bread prepared with blueberry-rice fermented starter and purple rice flour

Samples ¹⁾	Residual anthocyanin (%)	DPPH (%)
S0	35.09±0.57 ^{c2)}	8.38±0.48 ^c
S10	36.03±0.63 ^c	36.80±0.12 ^b
S20	40.65±2.49 ^b	37.25±0.27 ^{ab}
S30	41.55±1.01 ^b	37.49±0.41 ^{ab}
S40	54.79±3.73 ^a	37.89±0.43 ^a
<i>F</i> -value	42.53 ^{***}	3,679.95 ^{***}

*** $p < 0.001$.

¹⁾ Refer to the legend of Table 1.

²⁾ a-c Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

1997). 자광미의 anthocyanin 역시 열에 안정하여 빵을 구운 후에도 안토시아닌 잔존율이 높은 것으로 생각된다.

DPPH radical은 항산화 물질의 전자공여능으로 인해 radical이 소거되어 원래의 짙은 자색이 탈색되는 정도로서 항산화능을 측정하는데 널리 이용되고 있다. 전자공여능이 클수록 활성 radical에 전자를 공여하여 이를 환원시키거나 상쇄시키는 능력이 커서 강한 항산화력을 나타내므로, 전자공여 작용은 식품 중의 항산화력의 척도로 사용될 뿐만 아니라, 인체 내에서 노화를 억제하는 작용과 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Im & Lee 2010). 블루베리-쌀종과 자광미 가루를 첨가한 식빵의 DPPH radical 소거능을 살펴본 결과, 대조구는 8.38%, 자광미 첨가군은 36.79~37.89%로 나타났으며, 자광미 첨가량이 증가할수록 DPPH radical 소거능이 높게 나타났다($p < 0.001$). 흑미가루 첨가 밀가루 식빵(Oh YA *et al* 2001, Jung & Eun 2003)과 쌀 식빵(Im & Lee 2010)에서 흑미가루 첨가 비율이 증가함에 따라 DPPH radical 소거능이 증가한다는 결과와 일치하였다. 흑미가루 첨가 쌀 식빵에서 항산화 활성이 높아지는 이유는 흑미의 안토시아닌이 제빵 과정에서 충분히 보존되어 DPPH radical 소거 활성에 기여하기 때문이라고 하였는데(Im & Lee 2010), 본 연구에서 자광미 첨가 비율이 증가함에 따라 안토시아닌 잔존율도 증가하였으므로 안토시아닌이 DPPH radical 소거활성에 기여한 것으로 사료된다. Chi HY *et al*(2005)의 연구에서 자광찰벼 추출물이 화선찰벼와 일품벼에 비해 높은 항산화 효과가 있다고 보고한 바 있어, 자광미 가루에 함유된 각종 생리활성 성분들이 항산화능에 영향을 미친 것으로 생각된다.

5) 자광미 첨가 식빵의 저장기간 중 품질 변화

(1) 수분함량 및 pH 변화

블루베리-쌀종과 자광미 가루를 첨가한 식빵을 25℃에서 5일간 저장하면서 수분함량 변화를 살펴본 결과는 Fig. 1과 같다. 저장 1일에는 대조구의 수분함량이 39.1%였고, 자광미 첨가군은 38.7~39.3%로 나타나, 자광미 10%와 20% 첨가군은 대조구보다 수분함량이 높았으며, 자광미를 첨가할수록 수분함량은 감소하는 경향을 보였다($p < 0.001$). Gi JL(2012)의 연구에서 들깨잎 분말과 들깨 가루를 첨가할수록 식빵의 수분함량이 감소하여 본 연구와 같은 결과를 보였다. 대조구는 저장기간이 경과할수록 수분함량이 꾸준히 감소하였으며, 저장 3일이 지나면서 급속하게 감소하는 경향을 보여 저장기간 동안 수분함량의 변화를 보였다($p < 0.001$). 자광미 첨가구도 저장기간이 길어질수록 수분함량은 지속적으로 감소하여 저장 5일째 가장 낮은 수분함량을 보였다($p < 0.001$). 전반적으로 자광미 10%와 20% 첨가구는 대조구보다 다소 높거나 유의적인 차이가 없었으나, 자광미 30%와 40% 첨가구는 대조구보다 낮은 수분함량을 보였다.

블루베리-쌀종과 자광미 가루를 첨가한 식빵을 25℃에서 5일간 저장하면서 pH 변화를 살펴본 결과는 Fig. 2와 같다. 저장 1일 대조구의 pH는 4.46이었고, 자광미 첨가구들은 5.10~5.41로 대조구보다 높게 나타났으며, 자광미 첨가량이 증가할수록 pH도 증가하였다. 반죽의 pH는 제빵시 이스트의 발효속도에 영향을 미치고, pH는 첨가된 물과 영양원의 종류, 원료의 성분과 삼투압 등에 영향을 받는다고 하였다(Moon & Park 2008). 그리고 yeast의 생육조건은 pH 5.0 정도이고, 발효가 진행되면서 pH는 저하되며, 발효 시 pH 저하 정도는 원료 단백질의 완충작용에 영향을 받는다고 보고되었다(Ma-

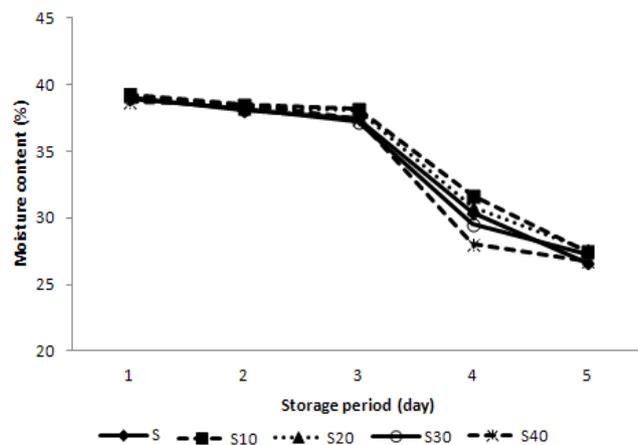


Fig. 1. Changes of moisture contents for Korean wheat bread prepared with fermented blueberry-rice starter and purple rice flour during storage period at 25℃.

¹⁾ Refer to the legend of Table 1.

²⁾ Mean of three determinations.

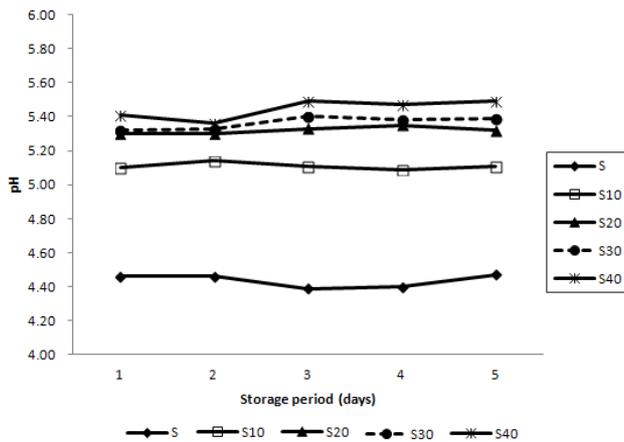


Fig. 2. Changes of pH for Korean wheat bread prepared with fermented blueberry-rice starter and purple rice flour during storage period at 25°C.

1) Refer to the legend of Table 1.

2) Mean of three determinations.

goffin & Hosoney 1974). 또한 제빵시 반죽의 발효속도와 탄산가스 보유력은 pH 5.5 부근에서는 안정적이지만, pH 5.0 이하에서는 효모의 작용이 떨어지고, 가스 보유력이 약화된다고 하였다(Magoffin & Hosoney 1974). 본 연구에서 자광미 첨가 식빵의 pH가 5.1~5.41 정도로 나타나, 빵에 적합한 pH를 가진 것이라 할 수 있다. 저장기간별로 살펴보면 대조구의 pH는 저장 3일 약간 감소했다가 다시 증가하였으나, 전반적으로 큰 변화는 없었다. 자광미 첨가구들도 저장기간 동안 큰 변화가 없었으며, 저장 5일 대조구의 pH가 4.47, 자광미 첨가구의 pH가 5.11~5.49로 나타났다. 자광미 첨가량이 많을수록 pH는 높았으며, 자광미 40% 첨가구가 가장 높은 pH를 보였다.

(2) 색도

블루베리-쌀종과 자광미 첨가 식빵을 25°C에서 5일간 저장하면서 색도 변화를 측정된 결과는 Table 7에 나타내었다. 명도 L값은 대조구가 65.71이었고, 자광미 첨가구들이 52.16~63.29이었으며, 대조구가 자광미 첨가구보다 명도 L값은 높게 나타났으며($p<0.001$) 자광미를 첨가할수록 명도 L값은 감소하였다. 저장기간이 경과할수록 대조구의 명도 L값은 증가하다가 저장 3일이 지나면서 다소 감소하는 경향을 보였으나($p<0.05$), 자광미 첨가군은 저장기간이 길어질수록 감소하여 저장기간에 따른 유의적인 차이가 있었다($p<0.001$, $p<0.01$, $p<0.05$).

적색도 a값은 대조구가 -1.20, 자광미 첨가구들이 0.25~3.57로 자광미 첨가구들이 대조구보다 더 높게 나타났으며($p<0.001$). 자광미 첨가량에 따라 적색도 a값도 증가하여 시료간

의 유의적인 차이가 있었다($p<0.001$). 대조구는 저장기간이 경과할수록 적색도 값이 낮아졌으며, 자광미 10~30% 첨가구들도 저장기간이 길어질수록 적색도 a값이 감소한 반면, 자광미 40% 첨가구만 저장기간 동안 증가하여 다른 결과를 보였다($p<0.05$, $p<0.001$).

황색도 b값은 자광미 첨가구(10.01~12.55)가 대조구(9.33)보다 더 높게 나타났으며($p<0.001$). 저장기간 동안 대조구의 황색도 b값은 유의적인 차이가 없었으나, 자광미 첨가군은 저장기간이 길어질수록 황색도 b값이 감소하여 저장기간 동안 황색도의 변화를 보였다($p<0.01$). 이는 밀가루 또는 쌀가루에 흑미가루를 첨가한 식빵에서 흑미가루를 첨가할수록 안토시아닌의 적색색이 강해지면서 전체적으로 색상이 어두워지고 적색도가 증가하였다는 결과와 유사하였다(Im & Lee 2010, Jung DS *et al* 2002, Lee JH *et al* 2007).

(3) Texture

블루베리-쌀종과 자광미 첨가 식빵을 25°C에서 5일간 저장하면서 texture 변화를 측정된 결과는 Table 8과 같다. 경도(hardness)는 대조구가 378.1이었고, 자광미 첨가군이 324.8~909.7로 나타나, 자광미 10% 첨가구를 제외하고는 대조구보다 경도가 더 높았으며($p<0.001$), 자광미 첨가량이 많을수록 경도는 증가하였다. 대조구는 저장기간이 경과할수록 경도가 높아져 저장 5일에 645.1로 가장 높은 값을 보였다($p<0.001$). 자광미 첨가구도 저장기간 동안 지속적으로 증가하여 저장 5일째 가장 높은 경도를 보였다($p<0.001$). 흑미가루 첨가 식빵에서(Im & Lee 2010) 흑미가루 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 식빵의 경도에 영향을 줄 수 있는 요인으로 빵의 수분함량, 부피, crumb 기공의 발달 정도 등이 있으며, 흑미 첨가량이 증가함에 따라 식빵의 부피가 감소하고, 내부의 기공 크기가 조밀해져서 경도가 높아진다고 하였다(Im & Lee 2010). 들깨분말 첨가 식빵(Gi & Jeong 2013)과 연잎분말 첨가 식빵(Park SH *et al* 2009)에서도 부재료를 첨가할수록 경도가 증가하였으며, 이는 부재료의 첨가량이 증가할수록 글루텐 형성이 감소되어 부피가 감소됨으로써 경도가 높아지게 되었다고 보고하였다. 반죽의 호화특성에서 노화 정도가 가장 컸던 자광미 40% 첨가구의 경도가 가장 높았다. 응집성(cohesiveness)은 대조구가 0.359이었고, 자광미 첨가구들이 0.244~0.427로 나타나, 자광미를 첨가할수록 응집성은 감소하였다($p<0.001$). 대조구와 자광미 첨가구 모두 저장기간이 경과할수록 응집성은 낮아졌다($p<0.001$). 탄력성(Springiness)은 대조구(0.772)보다 자광미 20% 첨가구(0.790)가 더 높았고, 자광미 첨가량이 많을수록 탄력성은 감소하였다($p<0.001$). 저장기간이 경과할수록 대조구의 탄력성은 변화를 보여 저장 5일 0.841로

Table 7. Color of Korean wheat bread prepared with fermented blueberry-rice starter and purple rice flour during storage period at 25°C

Hunter color value	Samples ¹⁾	Storage period(days)					F-value
		1	2	3	4	5	
L	S0	AB65.71±0.85 ^{a2)}	AB64.20±0.65 ^b	A66.87±2.77 ^a	C60.80±2.23 ^a	BC63.36±0.49 ^a	5.75*
	S10	BC63.29±0.46 ^b	A68.12±1.60 ^a	B64.75±2.74 ^a	BC62.87±1.46 ^a	C60.64±1.45 ^a	7.86**
	S20	BC57.93±1.08 ^c	A64.33±1.78 ^b	B60.59±1.23 ^b	C55.99±1.84 ^b	BC57.83±1.59 ^b	13.24***
	S30	AB56.82±1.69 ^d	A60.06±1.77 ^c	B54.32±0.91 ^c	B54.38±1.85 ^b	B55.35±2.36 ^b	5.39*
	S40	A52.16±0.64 ^c	AB51.00±0.06 ^d	A51.47±0.94 ^c	B49.19±1.71 ^c	AB50.13±1.12 ^c	3.64*
	F-value	80.36***	68.71***	35.32***	25.92***	32.88***	
a	S0	A-1.20±0.00 ^e	BC-1.34±0.07 ^e	A-1.24±0.04 ^e	AB-1.26±0.02 ^d	A-1.41±0.04 ^e	10.18***
	S10	A0.25±0.08 ^d	B0.11±0.04 ^d	B0.05±0.03 ^d	B0.11±0.01 ^c	C-0.16±0.10 ^d	15.55***
	S20	A1.36±0.21 ^c	A1.13±0.31 ^c	A1.22±0.27 ^c	A1.60±0.43 ^b	A1.26±0.12 ^c	1.17
	S30	AB2.36±0.16 ^b	A2.55±0.31 ^b	C1.92±0.08 ^b	BC2.06±0.23 ^b	BC2.07±0.10 ^b	4.82*
	S40	AB3.57±0.03 ^a	A3.63±0.01 ^a	A3.70±0.17 ^a	B3.28±0.30 ^a	A3.83±0.17 ^a	3.98*
	F-value	626.45***	271.70***	455.51***	136.82***	881.82***	
b	S0	A9.33±0.172 ^c	A8.72±0.12 ^c	A9.56±0.14 ^c	A8.32±0.91 ^c	A8.68±0.57 ^d	3.19
	S10	B10.01±0.79 ^c	A11.21±0.14 ^b	B9.79±0.13 ^c	B9.86±0.47 ^b	B9.61±0.24 ^c	6.49**
	S20	A11.10±0.30 ^{ab}	A11.28±0.37 ^b	A10.97±0.64 ^{ab}	A10.23±1.24 ^{ab}	A10.70±0.50 ^b	1.02
	S30	B11.94±0.16 ^a	A13.07±0.81 ^a	C10.83±0.10 ^b	BC11.08±0.69 ^{ab}	BC11.35±0.18 ^b	9.93**
	S40	A12.55±1.17 ^a	A12.39±0.25 ^a	A12.43±0.36 ^a	A11.76±0.57 ^a	A12.26±0.32 ^a	2.14
	F-value	32.82***	45.87***	32.85***	7.50**	38.45***	

** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

1) Refer to the legend of Table 1.

2) a~e Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

A~C Means with the same letter in row are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

증가하였으나, 자광미 30% 첨가구를 제외한 자광미 첨가구들도 저장기간이 길어질수록 감소하는 경향을 보였다. 그러나 자광미 30% 첨가구는 저장 4일까지 감소하다가 5일째 증가하여 탄력성이 가장 높게 나타났다($p < 0.001$). 식빵의 검성(Gumminess)은 자광미 10% 첨가구가 0.125로 가장 낮았으며, 자광미 20% 첨가구가 0.290으로 가장 높았다($p < 0.001$). 저장기간이 길어질수록 대조구의 검성은 큰 변화가 없었으나, 자광미 첨가군은 저장기간 동안 꾸준히 감소하였다($p < 0.001$). 씹힘성(Chewiness)은 대조구가 1.134였고, 자광미 10% 첨가구가 0.958로 가장 낮았으며, 자광미 40% 첨가구가 1.795로 가장 높게 나타나 자광미 첨가량이 많을수록 증가하였다($p < 0.001$). 대조구의 씹힘성은 저장기간 동안 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 자광미 첨가구들은 저장기간이 길어질수록 감소하여 유의적인 차이를 보였다($p < 0.001$).

6) 관능평가

블루베리-쌀종과 자광미 첨가 식빵의 기호도 평가 결과는 Table 9와 같이 입안에서의 느낌은 대조구보다 자광미 10% 첨가구가 더 좋다고 평가하였으며, 시료간의 유의적인 차이를 보였다($p < 0.001$). 외관의 기호도는 자광미 10%, 20% 첨가구와 대조구는 유의적인 차이가 없었으며, 자광미 40% 첨가구가 3.60으로 가장 낮았다($p < 0.01$). 향미의 기호도는 대조구가 자광미 첨가구보다 더 높았으나, 유의적인 차이는 없었다. 질감의 기호도는 자광미 10% 첨가구(6.40), 20% 첨가구(6.20) 순으로 높았고, 자광미 첨가량이 증가함에 따라 질감의 기호도는 감소하였다($p < 0.001$). 맛의 기호도는 자광미 10% 첨가와 20% 첨가구 각각 7.00, 6.50으로 높은 점수를 얻었으며, 자광미 30% 첨가구가 3.20으로 가장 낮았다($p < 0.001$). 전반적인 기호도에서 자광미 20% 첨가구와 자광미 10% 첨

Table 8. Texture properties of Korean wheat bread prepared with fermented blueberry-rice starter and purple rice flour during storage period at 25°C

Texture properties	Samples ¹⁾	Storage period(days)					F-value
		1	2	3	4	5	
Hardness (g/cm ²)	S0	^C 378.1 ±9.6 ^{d2)}	^B 434.6±29.1 ^e	^A 567.0±8.0 ^c	^B 498.5±20.4 ^d	^A 645.4±5.1 ^b	243.61 ^{***}
	S10	^C 324.8 ±24.5 ^e	^A 476.3±23.3 ^d	^A 482.4±6.3 ^d	^D 396.1±27.1 ^e	^B 436.6±18.7 ^d	58.62 ^{***}
	S20	^B 524.84±19.6 ^c	^A 536.3±20.8 ^c	^A 555.7±31.7 ^c	^A 576.2±30.3 ^c	^A 569.8±8.2 ^c	34.52 ^{***}
	S30	^B 551.1 ±29.3 ^b	^A 626.1±21.1 ^b	^A 619.7±10.8 ^b	^A 686.9±16.17 ^b	^A 623.4±30.1 ^b	8.25 ^{**}
	S40	^C 909.7 ± 4.1 ^a	^B 967.5±12.3 ^a	^C 864.5±44.3 ^a	^B 955.1±27.8 ^a	^A 1,112.0±20.6 ^a	51.70 ^{***}
	F-value	839.70 ^{***}	370.86 ^{***}	137.15 ^{***}	261.13 ^{***}	592.67 ^{***}	
Cohesive- ness	S0	^A 0.359±0.023 ^b	^A 0.342±0.001 ^{ab}	^B 0.246±0.008 ^b	^B 0.230±0.007 ^a	^B 0.212±0.005 ^a	100.32 ^{***}
	S10	^A 0.427±0.012 ^a	^B 0.372±0.029 ^a	^C 0.269±0.018 ^a	^D 0.218±0.005 ^a	^D 0.195±0.007 ^b	104.99 ^{***}
	S20	^A 0.408±0.016 ^a	^B 0.324±0.029 ^b	^C 0.241±0.007 ^b	^C 0.225±0.002 ^a	^D 0.195±0.005 ^b	86.45 ^{***}
	S30	^A 0.298±0.018 ^c	^B 0.274±0.013 ^c	^{ab} 0.279±0.004 ^a	^C 0.219±0.015 ^a	^D 0.191±0.003 ^b	45.69 ^{***}
	S40	^A 0.244±0.004 ^d	^B 0.191±0.017 ^d	^B 0.211±0.018 ^c	^C 0.137±0.016 ^b	^C 0.115±0.003 ^c	52.54 ^{***}
	F-value	66.34 ^{***}	33.78 ^{***}	12.95 ^{***}	72.28 ^{***}	102.16 ^{***}	
Springiness	S0	^{AB} 0.772±0.009 ^a	^{AB} 0.795±0.009 ^a	^{BC} 0.727±0.018 ^a	^{BC} 0.725±0.003 ^a	^A 0.841±0.084 ^a	4.16 [*]
	S10	^A 0.756±0.026 ^a	^A 0.764±0.019 ^{ab}	^B 0.701±0.015 ^a	^C 0.630±0.005 ^b	^D 0.584±0.022 ^b	55.36 ^{***}
	S20	^A 0.790±0.001 ^a	^B 0.745±0.023 ^b	^C 0.692±0.009 ^a	^{BC} 0.709±0.045 ^b	^D 0.614±0.121 ^b	22.59 ^{**}
	S30	^{BC} 0.637±0.030 ^b	^B 0.681±0.106 ^c	^{CD} 0.573±0.033 ^b	^D 0.555±0.031 ^c	^A 0.782±0.056 ^a	19.93 ^{***}
	S40	^C 0.612±0.013 ^b	^A 0.754±0.038 ^{ab}	^B 0.697±0.016 ^a	^E 0.417±0.014 ^d	^D 0.526±0.018 ^b	110.36 ^{***}
	F-value	54.64 ^{***}	9.79 ^{**}	17.42 ^{***}	74.15 ^{***}	24.29 ^{***}	
Gumminess	S0	^A 0.135±0.012 ^b	^A 0.150±0.004 ^c	^A 0.137±0.018 ^b	^A 0.114±0.001 ^a	^A 0.136±0.017 ^a	3.1
	S10	^C 0.125±0.001 ^b	^A 0.214±0.008 ^a	^B 0.180±0.015 ^a	^D 0.078±0.001 ^b	^D 0.084±0.012 ^d	113.04 ^{***}
	S20	^A 0.290±0.014 ^a	^B 0.174±0.009 ^b	^B 0.180±0.014 ^a	^C 0.128±0.021 ^a	^C 0.111±0.002 ^{bc}	76.53 ^{***}
	S30	^A 0.177±0.009 ^b	^B 0.148±0.020 ^c	^C 0.092±0.001 ^c	^D 0.071±0.005 ^b	^C 0.100±0.005 ^{dc}	51.64 ^{***}
	S40	^A 0.272±0.020 ^a	^B 0.186±0.147 ^b	^B 0.181±0.015 ^a	^C 0.130±0.014 ^a	^C 0.127±0.001 ^{ab}	47.35 ^{***}
	F-value	81.10 ^{***}	17.22 ^{***}	23.05 ^{***}	17.29 ^{***}	12.03 ^{***}	
Chewiness	S0	^A 1.134±0.112 ^c	^A 1.192±0.078 ^c	^A 1.085±0.087 ^b	^A 0.895±0.029 ^a	^A 1.186±0.219 ^a	2.95
	S10	^C 0.958±0.028 ^e	^A 1.807±0.080 ^a	^B 1.488±0.250 ^a	^D 0.533±0.010 ^c	^D 0.527±0.058 ^c	66.89 ^{***}
	S20	^C 1.058±0.037 ^d	^A 1.399±0.105 ^{bc}	^B 1.194±0.056 ^b	^D 0.808±0.015 ^b	^D 0.740±0.033 ^b	473.54 ^{***}
	S30	^B 1.344±0.002 ^b	^A 1.444±0.184 ^{bc}	^D 0.580±0.027 ^c	^D 0.466±0.019 ^d	^C 0.819±0.051 ^b	56.85 ^{***}
	S40	^A 1.795±0.001 ^a	^B 1.534±0.186 ^b	^C 1.310±0.120 ^{ab}	^D 0.544±0.028 ^c	^D 0.725±0.039 ^b	82.22 ^{***}
	F-value	473.14 ^{***}	8.10 ^{**}	19.80 ^{***}	226.65 ^{***}	15.41 ^{***}	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

1) Refer to the legend of Table 1.

2) a~d Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).A~D Means with the same letter in row are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Table 9. Mean preference score¹⁾ of Korean wheat bread prepared with fermented blueberry-rice starter and purple rice flour (N=50)

Sensory properties	Samples ²⁾					F-value	
	S	S10	S20	S30	S40		
Mouth feel	5.20±1.09 ^{b3)}	7.60±0.54 ^a	4.80±0.45 ^b	2.80±0.84 ^c	4.40±0.54 ^b	27.85 ^{***}	
Appearance quality	6.20±1.30 ^a	6.40±0.89 ^a	5.40±1.14 ^a	5.80±0.83 ^a	3.60±0.55 ^b	6.52 ^{**}	
Acceptability	Flavor quality	5.60±1.51 ^a	5.40±0.55 ^a	4.80±1.30 ^a	3.80±0.84 ^a	4.00±1.00 ^a	2.72
	Texture quality	4.40±0.54 ^b	6.40±1.34 ^a	4.20±0.44 ^b	3.00±0.45 ^c	2.60±0.54 ^c	17.84 ^{***}
	Taste quality	4.40±0.55 ^c	8.00±0.71 ^a	6.00±0.45 ^b	3.20±0.83 ^c	3.80±0.83 ^c	15.13 ^{***}
	Overall quality	4.80±0.83 ^b	6.00±0.70 ^a	6.20±0.84 ^a	4.80±0.54 ^b	4.00±0.71 ^b	6.84 ^{**}

** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

¹⁾ Hedonic scales (1 : extremely dislike, 5 : neither like nor dislike, 9 : extremely like).

²⁾ Refer to the legend of Table 1.

³⁾ ^{a-c} Means with the same letter in row are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

가구의 기호도가 높았으며, 시료간의 유의적인 차이가 있었다($p < 0.01$).

요약 및 결론

본 연구에서는 천연발효종과 유색미의 활용도를 높이고자 yeast를 대신하여 블루베리-쌀종을 첨가하고, 자광미 가루를 밀가루 대체 10~40% 첨가하여 식빵을 제조한 뒤 그 품질 특성을 살펴보았다. 자광미 가루의 일반성분은 조단백질 8.48%, 조회분 0.487%, 수분함량은 12.12%로 나타났으며, DPPH radical 소거능은 88.78%로 나타났다. 블루베리-쌀종과 자광미 첨가 반죽의 RVA에 의한 호화특성에서 자광미를 첨가할수록 호화개시온도는 높아지고, 최고점도, 최저점도, 최고점도 및 파괴 정도는 감소하였다. 반죽의 amylograph 특성에서 호화개시온도는 대조구보다 자광미 첨가구들이 더 높았고, 최고점도 온도와 최고점도는 자광미 첨가구가 더 낮게 나타나, 좋은 제빵 적성을 보였다. 식빵의 무게는 대조구가 더 높았고, 부피와 비용적은 자광미 20% 첨가구가 더 높았다. 굽기 손실율은 자광미 가루 첨가량이 증가할수록 높아졌다. 자광미 첨가 식빵의 안토시아닌 함량은 대조구가 35.09%였으며, 자광미 첨가구는 36.03~54.79%로 나타났으며, 자광미 첨가량이 증가할수록 안토시아닌 함량도 증가하였다($p < 0.001$). DPPH radical 소거능 측정 결과 대조구는 8.38%, 자광미 첨가군은 36.79~37.89%로 나타났으며, 자광미 첨가량이 증가할수록 높게 나타났다($p < 0.001$). 자광미 가루 첨가 식빵을 25°C에서 5일간 저장하면서 수분함량 변화를 살펴본 결과, 대조구의 수분함량이 39.1%였고, 자광미 첨가군은 38.7~39.3%로 나타나, 자광미 10%와 20% 첨가구는 대조구보다 수분함량이 높았

며, 자광미를 첨가할수록 수분함량은 감소하였으며($p < 0.001$), 저장기간이 길어질수록 꾸준히 감소하는 경향을 보였다. 자광미 가루 첨가 식빵의 pH는 자광미 가루 첨가량이 증가할수록 높아졌으나, 저장기간 동안 큰 변화를 보이지는 않았다. 색도측정에서 자광미를 첨가할수록 명도 L값은 낮아지고 적색도 a값과 황색도 b값은 증가하였으며, 모든 시료에서 저장기간 동안 다소 감소하는 경향을 보였다. Texture 측정에서 자광미를 첨가할수록 경도, 검성, 씹힘성은 증가하였으나, 응집성과 탄력성은 감소하는 경향을 보였다. 관능검사 결과, 자광미 20% 첨가구와 자광미 10% 첨가구의 기호도가 대조구와 유의적인 차이가 없거나 다소 높았다. 이상으로 블루베리-쌀종과 자광미를 첨가한 식빵의 품질 특성을 살펴본 결과, 이화학적, 기계적 및 관능적 특성에서 자광미 10%와 20% 첨가구가 대조구보다 품질 특성이 우수하여 자광미를 첨가하여 우리밀 식빵 제조 시 자광미의 최적 첨가비율은 20%까지가 적당하리라 판단된다.

REFERENCES

- AACC (2000) Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th ed. St. Paul. USA. p. 10-50D.
- An HL, Heo SJ, Lee KS (2009) A study on the properties of sourdough starters using Korean wheat. *Korean J Culinary Res* 15: 37-46.
- An HL, Lee KS (2009) Study on the quality characteristics of pan bread with sourdough starters from added domestic wheat flours. *J East Asian Soc Dietary Life* 19: 996-1008.
- AOAC (1990) Official Methods of Analysis. 15th ed. Associa-

- tion of Official Analytical Chemists, Washington DC. pp 1-11.
- Blois MS (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Chae DJ, Lee KS, Jang KH (2010) Fermentation characteristics of flour sourdough using mixed lactic acid bacteria and *Bifidobacterium longum* as starters. *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 743-750.
- Chae DS, Lee KS, Jang KH (2011) Sourdough and bread properties utilizing different ratios of probiotics and yeast as starters. *Korean J Food Sci Technol* 43: 45-50.
- Chi HY, Lee CH, Kim JT, Kim SL, Kim KH, Chung IM (2005) Antioxidant activity of *Jakwangchalbyeo* extracts in H4IIE cells. *Korean J Crop Sci* 50: 8-11.
- Choi HC, Oh SK (1996) Diversity and function of pigments in rice. *Korean J Crop Sci* 41: 1-9.
- Choi ID (2010) Fatty acids, amino acids and thermal properties of specialty rice cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1405-1409.
- Choi SH (2013) Quality characteristics of Korean wheat bread prepared with substitutions of naturally fermented blueberry starters. *J East Asian Soc Dietary Life* 23: 546-560.
- Choi SH, Lee SJ (2014) Quality characteristics of Korean wheat bread prepared with substitutions of naturally fermented rice starters. *Korean J Culinary Res* 20: 100-119.
- Chung HC (2008) Properties of sourdough added bread. *Korean J Food Sci Technol* 40: 643-648.
- Freund W (2006) Starterkulturen und Sauerteigprodukte. In: *Handbuch Sauerreig* (edits. Brandt MJ, Gänzle MG, Spicher G). 6th ed. Behr's Verlag, Germany. pp 353-375.
- Gi JL (2012) Quality characteristics of dough and pan bread with perilla, perilla leaf. *Ph D Dissertation* Sejong University, Seoul. pp 85-119.
- Gi JL, Jeong HC (2013) Quality characteristics and dough rheological properties of pan bread with perilla seed powder. *Korean J Culinary Res* 19: 142-155.
- Hiemori M, Koh E, Mitchell E (2009) Influence of cooking on anthocyanins in black rice (*Oryza sativa* L. *japonica* var. SBR). *J Agric Food Chem* 57: 1908-1914.
- Hong JH, Kim KJ, Bang KS (2000) Effect of sourdough starter on the characteristics of rheological of barley bread. *Korean J Soc Food Sci* 16: 358-362.
- Im JS, Lee YT (2010) Quality characteristics of rice bread substituted with black rice flour. *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 903-908.
- Jang YJ (2004) Screening of antioxidative for functional rice and effects of supplementation of functional rice on the cholesterol metabolism in high-cholesterol fed rats. *Ph D Dissertation* Kyungpook National University, Daegu. pp 3-9.
- Jung DS, Eun JB (2003) Rheological properties of dough added with black rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 35: 38-43.
- Jung DS, Lee FZ, 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, Choi YH, Choi HC (1997) Effects of gums, fats and gluten adding on processing and quality of milled rice bread. *Korean J Food Sci Technol* 29: 700-704.
- Kang MY, Nam YJ (1999) Studies on bread making quality of colored rice (Suwon 415) flours. *Korean J Soc Food Sci* 15: 37-41.
- Kim MS, Hahn TR, Yoon HH (1999) Saccharification and sensory characteristics of *sikhe* made of pigmented rice. *Korean J Food Sci Technol* 31: 672-677.
- Kim MY, Chun SS (2008a) Effects of sourdough on the quality characteristics of rye-wheat mixed bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 625-632.
- Kim MY, Chun SS (2008b) Quality characteristics of rye mixed bread prepared with substitutions of naturally fermented raisin extract and sourdough. *J East Asian Soc Dietary Life* 18: 87-94.
- Kim MY, Chun SS (2009) Changes in shelf-life, water activity, and texture of rye-wheat mixed bread with naturally fermented raisin extract and rye sourdough during storage. *Korean J Food Cook Sci* 25: 170-179.
- Kim SK, Lee SJ, Yoon JH, Lee SJ (2008) The effect of vital gluten and gum on the retrogradation of breads made with Korean wheat flour and sprouted brown rice. *J East Asian Soc Dietary Life* 18: 384-390.
- Kim SY, Hwang SY (2004) Effects of sourdough powder on the physical properties of the bread flour. *Korean J Food & Nutr* 17: 171-176.
- Kim YE, Paik HD, Kim SY, Lee JH, Lee SK (2011) Effects of liquid broth cultured with red koji on the rheological properties of white pan bread dough. *Korean J Food Sci Technol* 43: 235-239.
- Kwak EJ (2010) Development of brown colored rice tea with high GABA content. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:

- 1201-1205.
- Lee HS (2001) The effects of buckwheat flour and pine pollen addition on the quality of domestic white bread. *MS Thesis* Suncheon National University, Jeonnam. pp 10-46.
- Lee JH, Kwak EJ, Kim JS, Lee KS, Lee YS (2007) A study on quality characteristics of sourdough breads with addition of red yeast rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 785-793.
- Lee JH, Kwak EJ, Lee YS (2008) Quality characteristics of sourdough breads added with red koji rice sourdough powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 333-341.
- Lee KS, Yoon HH, Lee HJ, An HL (2005) Bread making characteristics of black rice bread with different of levels of black rice wine. *Korean J Food Cook Sci* 21: 794-799.
- Lee UG (1995) Relearning theory of bakery focusing in industry. Korea Bakery Association, Korea. pp 98-100.
- Lee YK, Park IK, Kim SD (2001) Effect of lactic acid bacteria related to *kimchi* fermentation on the quality of bread. *J East Asian Soc Dietary Life* 11: 379-385.
- Lee YS, Jung HO, Rhee CO (2002) Quality characteristics of *yukwa* prepared with pigmented rice. *Korean J Soc Food Cook Sci* 18: 529-533.
- Lee YS, Kim WM, Kim TH (2007) A study in the rheological and sensory properties of bread added waxy black rice flour. *Korean J Food Cook Sci* 23: 337-345.
- Magoffin CD, Hosoney RC (1974) A review of fermentation. *Baker's Digest* 48: 22-29.
- Moon BK, Kim YL, Kim JN, Choi YS (2008) The quality characteristics of tofu added with pigmented rice powder. *Chung-Ang J Human Ecology* 27: 29-36.
- Moon SW, Park SH (2008) Quality characteristics of white pan bread with *chungkukjang* powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 633-639.
- Nam SH, Chang SM, Kang MY (2003) Varietal difference in antioxidative activity of ethanolic extracts from colored rice bran. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 46: 16-22.
- Nam YJ (2007) Studies on evaluation of physiological effects of pigmented rice and processibility comparison of bread with the pigmented rice. *Ph D Dissertation* Kyungpook National University, Daegu. pp 48-55.
- Oh YA, Kim MH, Kim SD (2001) Fermentation of dough and quality of bread with Korean pigmented rice. *J East Asian Soc Dietary Life* 11: 498-505.
- Park SH, Chang KH, Byun GI, Kang WW (2009) Quality characteristics of bread made with flour partly substituted by lotus leaf powder. *Korean J Food Preserv* 16: 47-52.
- Park SH, Cho IJ, Kim YS, Ha TY (2007) Effect of methanol extracts of red colored rices on antioxidant activity and growth inhibitory activities of cancer cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1365-1370.
- Ryu CH, Kim SY (2005) Study on bread making quality with barley sourdough in composite bread. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 733-741.
- Shin EH, Kim KI (2001) Effect of lactic acid bacteria preferment addition on quality of white bread. *Ulsan College J Res* 27: 459-470.
- Shin EH, Lee JK (2004) Quality characteristics of *jeung-pyun* on the addition ratio of pigmented rice and fermentation methods. *Korean J Food Cook Sci* 20: 380-386.
- Tsuda T, Horio F, Osawa T (1998) Dietary cyanidin-3-O- β -D-glucoside increases *ex vivo* oxidation resistance of serum in rats. *Lipids* 33: 583-588.
- Wang H, Gao G, Prior RL (1997) Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *J Agric Food Chem* 45: 304-309.
- Yoo KA, Kang MY (2005) Studies on bread making quality mixed with wheat flour and several functional rice flour. *Korean J Food Culture* 20: 299-304.
- Yoon JM, Cho MH, Hahn TR, Paik YS, Yoon HH (1997) Physicochemical stability of anthocyanins from a Korean pigmented rice variety as natural food colorants. *Korean J Food Sci Technol* 29: 211-217.

Date Received Jul. 31, 2014
 Date Revised Dec. 6, 2014
 Date Accepted Dec. 17, 2014