KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 49, No. 5, pp. 567~573 (2017)
https://doi.org/10.9721/KJFST.2017.49.5.567

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

©The Korean Society of Food Science and Technology

밀가루를 대체한 다양한 종류의 쌀가루 머핀의 품질특성 및 항산화 효과

송다혜 · 김경지[1] · 김지형[1] · 서혜령[1] · 김서강[2] · 윤진아[3] · 정강현 · 안정희[1,*]
서울과학기술대학교 식품공학과, [1]건국대학교 식품생명과학부,
[2]농업회사법인 페트라 주식회사, [3]케이씨대학교 식품과학부

Quality characteristics and antioxidant activity of muffins prepared by substituting wheat flour with different rice powders

Da Hye Song, Gyeong-Ji Kim[1], Ji Hyeong Kim[1], Hae Ryoung Seo[1], Seo Gang Kim[2], Jin A Yoon[3], Kang Hyun Chung, and Jeung Hee An[1,*]

Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science & Technology
[1]Division of Food Bioscience, Konkuk University
[2]Agricultural Company PETRA Inc. Chungju
[3]Division of Food Science, KC University

Abstract This study investigates the quality characteristics and antioxidant activities of muffins prepared using various kinds of rice powder. Muffins were prepared by adding 50% white rice, black rice or red yeast rice powders, thereby replacing wheat flour in the basic formulation. Wheat flour muffins had the maximum height and volume. The lightness value of black rice and red yeast rice muffins was lower than that of the wheat flour muffins. Redness was the highest for red yeast rice muffins. The 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazy (DPPH) radical scavenging and superoxide dismutase (SOD)-like activities activity of black rice and red yeast rice muffins were higher than those of the wheat flour muffins. The 2,2'-azino-bis-(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging activity of red yeast rice muffin was also higher than that of the wheat flour muffins. Thus, the black and red yeast rice powders can be effectively used as functional ingredients in bakeries due to their antioxidant activities.

Keywords: Rice powder muffins, quality characteristics, free radical-scavenging activity

서 론

우리나라의 식사생활은 서구화되어 밀가루를 첨가한 제품에 대한 소비가 높아지고 있는 추세이다(1). 더욱 핵가족 제도로 자리 잡은 이후 음식문화는 단순화되어 식사생활에서 빵류가 차지하는 비율이 높아지고 있다(1). 그 중에서도 머핀은 주원료인 우유와 달걀 등을 혼합하여 구워내기 때문에 영양가가 우수하며, 만들기 쉬워 식사와 간식으로 이용되고 있다(2,3). 또한, 첨가 재료에 따라 다양한 제품으로 제조가 용이하여 1990년대 후반부터 재료 함량에 따른 품질 특성에 대한 연구가 이루어졌으며 2006년부터 머핀의 품질특성뿐만 아니라 생리활성에 대한 연구가 이루어지고 있다(1). 머핀 제조의 첨가 재료로 쑥(4), 현미(5), 블루베리(6), 으름(7), 레몬그라스(8) 등의 다양한 식품 소재가 연구되고 있다. 특히 현대사회의 소비자들이 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 백미뿐 아니라 유색미와 같은 특수미의 섭취가 증가하고 있다(9,10).

*Corresponding author: Jeung Hee An, Division of Food Bioscience, Konkuk University, Chungju, Chungbuk 27478, Korea
Tel: +82-43-840-3584
Fax: +82-43-840-3585
E-mail: anjhee@kku.ac.kr
Received June 9, 2017; revised July 13, 2017;
accepted July 13, 2017

유색미의 일종인 흑미는 백미보다 식이섬유 함량이 높으며, 폴리페놀(polyphenols), 플라보노이드(flavonoids), 안토사이아닌(anthocyanins)과 같은 생리 활성 성분들을 다량 함유하고 있고 생체에서 항산화 효과를 보이는 것으로 보고되었다(11). 흑미를 이용한 가공식품 연구로는 흑미 식빵(11), 흑미 쿠키(12), 흑미 국수(13), 흑미 스펀지케이크(14) 등의 다양한 연구가 이루어졌다. 또한, 유색미 중 홍국은 홍국 곰팡이인 홍국균을 쌀에 번식시킨 형태로(15), 사포닌, 불포화지방산, 식이섬유 등의 미량원소가 함유되어 있다(16). 그리고 홍국은 항암, 항균, 혈압강하, 생합성 억제, 콜레스테롤 저하 등의 역할을 한다고 알려져 있으며(17), 홍국을 첨가하여 제조한 식품의 연구로 홍국 식빵(9), 홍국 스펀지 케이크(15), 홍국 소시지(16), 홍국 쿠키(18)의 품질특성에 대한 보고가 있다. 그러나 밀가루, 백미, 흑미, 홍국을 머핀으로 제조하여 이들 간의 품질특성과 항산화 효과에 대한 차이를 연구한 바는 거의 없다.

본 연구에서는 밀가루를 대신하여 백미 분말, 흑미 분말, 홍국 분말을 첨가한 머핀의 제조 시 쌀 분말의 첨가가 밀가루를 대체했을 때 미치는 영향과 더불어 백미, 흑미, 홍국 분말을 첨가한 머핀 간의 품질특성과 항산화 효과를 비교하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용된 머핀 재료는 백미(Intofood, Seongnam,

Table 1. Formulas for preparation of muffins added with various rice powder

Ingredients (g)	Variety			
	Wheat	Rice	Black rice	Red yeast rice
Wheat flour	125	62.5	62.5	62.5
Rice Powder	0	62.5	62.5	62.5
Sugar	75	75	75	75
Egg	75	75	75	75
Butter	75	75	75	75
Baking powder	2	2	2	2
Salt	1	1	1	1
Starch	-	-	-	-
Milk	50	50	50	50

Korea), 흑미(Intofood), 홍국 분말(Intofood), 박력밀가루(CJ Cheiljedang Co., Seoul, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang Co.), 소금(Shinan made, Shinan, Korea), 버터(Lottefood, Cheonan, Korea), 달걀(Moguchon, Seoul, Korea), 무지방 가공우유(Maeil milk, Pyeongtaek, Korea)를 시중에서 구입하여 사용하였다.

머핀 제조

백미, 흑미, 홍국 분말을 첨가한 머핀은 Table 1에 나타난 배합비에 따라 제조하였으며 밀가루 총량을 기준으로 분말 50%를 첨가하여 머핀을 제조하였고 배합은 크림법(Creaming method)으로 하였다. 먼저 버터를 믹서기(5K5SS, KitchenAid Inc., St. Joseph, MI, USA)로 1분간 1단으로 부드럽게 풀어 준 다음 설탕을 3회 나누어 넣고 소금은 2회 나누어 넣어 5분 동안 2단으로 크림화 시켰다. 달걀 노른자를 먼저 넣고 믹서기로 혼합한 후 흰자를 나중에 넣어 분리 되지 않도록 3분간 중속으로 혼합 한 후 여기에 체로 내린 밀가루와 베이킹파우더 분말을 넣고 1분간 1단으로 반죽한 다음 우유를 넣고 다시 1분 동안 1단으로 반죽하여 완성하였다. 완성한 반죽을 머핀용 은박지 컵(Φ60 mm×45 mm)에 유산지를 깔고 70 g씩 넣어 175°C로 예열된 오븐(NC-250RC, Zhongshan Changshi Hardware & Electrical Co. Ltd., Guangdong Sheng, China)에 25분간 구워 실온에서 1시간 30분간 방냉 후 시료로 사용하였다.

pH 측정

쌀 분말을 첨가하여 제조한 반죽과 머핀의 pH는 시료 5 g을 증류수 50 mL에 넣고 5분간 섞어 현탁액으로 만든 후, pH meter (HI 8014, Hanna Instruments, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다.

머핀의 무게, 부피 및 높이 측정

머핀의 부피는 차조를 이용한 종자치환법(19)으로 반복 측정하였으며, 높이는 머핀의 정중앙을 잘라 template를 이용하여 단면의 높이를 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

수분함량 및 당도 측정

다양한 쌀 분말을 첨가한 머핀의 수분함량은 머핀 반죽 5 g을 수분측정기(PMB-53 Adam Equipment, Danbury, UK)를 이용하여 105°C에서 측정하였다. 당도 측정은 0-54% 범위를 갖는 당도계(RHB-32ATC, Lumen optical instrument, Fujian Province, China)를 사용하여 측정하였다. 분석을 위해 5 g의 시료와 10배의 증류수를 넣고, 5분간 핫플레이트로 교반을 시켜 3회 반복 측정하였다.

색도

색도 측정은 색차계(CR-400, Konica Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 먼저 기기의 측정 전에 표준색 판을 이용하여 보정하였고, 시료를 원형 셀에 넣어 측정한 후 L (명도, Lightness), a (적색도, Redness), b (황색도, Yellowness)값으로 나타내었다.

텍스처 측정

텍스처(texture) 측정은 머핀의 내부를 동일한 크기(2×2×2 cm)로 잘라 텍스처 분석기(TAXTplus/50, Stable micro systems, Godalming, UK)를 사용하여 부착성(adhesiveness), 탄력성(springing), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 측정하였다. 이 때 모든 측정 조건은 pretest speed 2.0 mm/sec, test speed 1.0 mm/sec, post test speed 2.0 mm/sec으로 원통 프로브를 사용하여 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

전자 공여에 의해 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazy, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)의 유리 라디칼이 소거되어 하이드라진(hydrazine) 형태로 환원되고, 이에 따라 색이 보라색에서 노란색으로 탈색되는 원리를 이용한 DPPH 라디칼 소거능은 Blois(20)의 연구 방법을 변형하여 측정하였다. 동결 건조한 머핀 시료에 메탄올을 가한 후 10분간 수화시켰으며, 5분간 균질화시킨 다음 15,000 rpm에서 30분간 원심 분리하였다. 일정 농도로 희석된 시료에 0.2 mM DPPH 용액을 가하여 혼합 후 암소에서 30분간 반응 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능 결과 값은 추출물 첨가 군와 무첨가 군를 비교하여 백분율(%)로 나타내어 농도에 따른 DPPH 라디칼 소거능을 확인하였다.

ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS (2,2-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid), Sigma-Aldrich)와 과황산 포타슘(potassium persulfate)를 혼합하여 암소에 두면 ABTS+가 생성되는데 추출물의 항산화 물질과 반응하여 양이온이 소거됨으로써 특유의 청록색이 탈색되며 이의 흡광도를 측정하여 항산화 능력을 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능은 Arano 등(21), Re 등(22)의 방법을 변형하여 사용하였다. 7 mM ABTS 용액에 2.45 mM 과황산 포타슘을 혼합하여 암소에서 약 24시간 반응 시킨 ABTS 용액을 시료와 혼합하여 암소에서 6분간 반응시켜 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과 값은 추출물 첨가군과 대조군을 비교하여 라디칼의 소거 활성을 백분율(%)로 나타내었다.

SOD 유사 활성

SOD 유사 활성(superoxide dismutase-like activity)측정은 알칼리 상태에서 피로갈롤(pyrogallol, Sigma-Aldrich)의 자동산화에 의한 발색 원리를 이용한 Marklund 와 Marklund(23)의 방법을 변형하여 측정하였다. 일정 농도로 희석된 시료에 pH 8.5로 보정한 트리스염산 완충 용액(50 mM trisaminomethane+10 mM EDTA, pH 8.5, Sigma-Aldrich)과 7.2 mM 피로갈롤을 첨가하여 25°C에서 10분간 반응 시킨 후 1 N 염산(Daejung chemicals & Metals Co. Ltd., Siheung, Korea)을 가하여 반응을 정지시키고 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD 유사 활성은 추출물 첨가군과 무첨가군의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

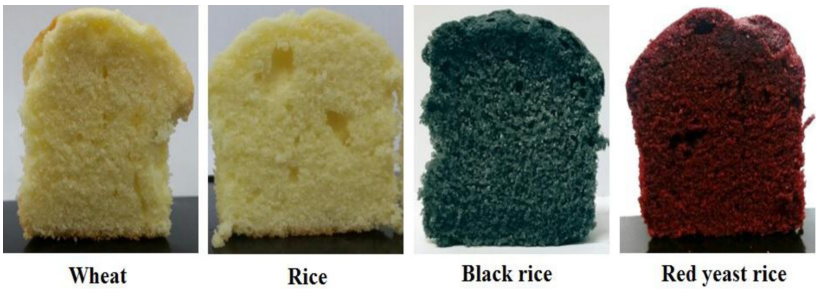

Fig. 1. Photograph of vertical section of muffin added with various rice powder.

통계처리

본 연구에서 실험값에 대한 통계분석은 SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 이용하여 분산분석(ANOVA)법을 실행하였으며, 실험군 간의 유의성은 던컨(Duncan)의 다중범위 시험법(Duncan's multiple range test)으로 $p<0.05$ 수준에서 유의적 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

다양한 쌀 분말을 첨가한 머핀의 수분함량, pH 및 당도 측정 결과

다양한 쌀 분말을 첨가한 머핀의 수분함량, pH 및 당도를 측정한 결과는 Table 2에 나타냈다. 수분결합 능력은 시료와 수분과의 친화성을 나타내주며 이때 결합한 물은 시료 입자에 의하여 흡수되거나 시료입자의 표면에 흡수되고 수분함량이 높을수록 더 부드러운 빵이 만들어진다고 보고되었다(18,24). 반죽의 수분함량은 흑미 머핀에서 31.48%로 밀가루 머핀(28.44%)에 비해 높게 나타났고, 백미 머핀과 홍국 머핀에서 각각 26.52%와 26.68%로 낮은 경향을 보였다. 구운 머핀에서는 흑미 머핀이 31.86%로 가장 높았고 홍국 머핀은 26.58%로 가장 낮게 나타났다. 흑미를 첨가한 쌀빵은 쌀가루만 첨가한 식빵에 비해 더 높은 수분함량을 나타내어 본 실험과 유사했다(25). 또한, 홍국을 첨가한 쿠키의 수분 활성은 밀가루를 첨가한 쿠키보다 낮아지는 경향으로 보여 본 연구에서의 홍국 머핀의 결과와 유사한 경향을 보였다(18). 이러한 결과는 흑미 분말에 함유된 식이 섬유소가 수분 보유력을 높여 밀가루 머핀에 비해 수분함량이 높게 나온 것으로 보여지며(10) 흑미 분말의 첨가가 밀가루보다 수분 보수력이 높아 밀가루로 제조한 머핀보다 부드러운 머핀을 제조할 수 있을 것으로 보인다.

머핀의 pH는 빵의 부피에 영향을 주는 인자이다. pH가 산성으로 갈수록 부피는 작아지고 껍질의 색상은 약해지며 기공의 상태는 닫힌다. 그러나 pH가 8-9로 갈수록 부피는 커지며 껍질의 색상은 진해지고 기공의 상태는 열리게 된다(26). pH는 밀가루 머핀에서 7.21±0.02로 가장 높았으며 쌀 분말을 첨가한 머핀에서 유의적으로 낮아지는 경향을 나타냈다. 흑미 머핀에서 7.14±0.02, 백미 머핀에서 6.78±0.13의 수치를 나타냈으며 홍국 머핀은 6.67±0.01로 가장 낮은 수치를 보였다. 홍국 분말을 첨가한 스폰지케이크의 pH는 첨가량이 10% 이상으로 증가할수록 밀가루 머핀보다 낮아지는 경향을 보여 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다(15). 일반적으로 pH는 머핀 제조 시 첨가되는 성분과 함량에 따라 차이를 보이며(18) 레몬그라스(8), 으름잎(7), 다시마(27), 현미(5) 분말이 첨가된 머핀의 연구에서도 부재료의 첨가량이 증가할수록 pH가 감소하는 경향을 보여 본 실험의 결과와 유사했다. 특히 홍국 머핀의 pH는 말산(malic acid)과 젖산(lactic acid) 같은 유기산의 영향으로 낮은 pH를 나타낸 것으로 보인다(28).

당은 수분 보유력과 제품의 색상, 품질에 관여하며, 당의 비율이 증가할수록 부드러운 텍스처와 껍질의 색상이 증가되며 반죽에서 윤활제 역할을 함으로써 반죽의 유동성을 크게 한다. 또한, 사용하는 당에 따라서 기능적 역할이 달라지게 되는데 전화당, 물엿, 꿀 등을 사용하게 되면 제품에 촉촉한 느낌을 주고, 결정상태인 정백당, 포도당 등을 사용하게 되면 건조한 느낌을 준다(26). 당도는 밀가루, 백미, 흑미, 홍국 머핀에서 시료 간의 유의적 차이를 나타내지 않아 쌀 분말의 첨가가 당도의 변화에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이는 으름잎을 첨가한 머핀(7)과 천년초(29)를 첨가한 머핀의 당도가 시료 간의 유의적 차이가 없게 나타난 결과와 유사했으며, 쌀 분말을 첨가한 머핀이 밀가루 머핀과 비슷한 수치를 나타내어 쌀 분말이 밀가루를 대체할 수 있을 것으로 보인다.

이상의 결과들을 종합해 볼 때, 쌀 분말의 첨가는 머핀의 수분함량과 pH에 영향을 미치는 것을 알 수 있으며, 쌀 분말의 종류에 따라 수분함량과 pH의 증감 경향이 다른 것은 백미, 흑미, 홍국에 함유되어 있는 성분에 따른 차이 때문인 것으로 판단된다.

Table 2. Moisture, pH and sugar content of muffins prepared with various rice powder

Property		Variety			
		Wheat	Rice	Black rice	Red yeast rice
Moisture	Dough	28.44±0.15[1)b2)]	26.52±0.45[c]	31.04±0.78[a]	26.68±0.14[c]
	Baking	27.41±0.34[c]	28.02±0.17[b]	31.86±0.52[a]	26.58±0.44[d]
pH	Baking	7.21±0.02[a]	6.73±0.04[c]	7.14±0.02[b]	6.67±0.01[d]
Sugar content	Baking	2.00±0.00[a]	2.00±0.00[a]	2.00±0.00[a]	2.00±0.00[a]

[1)]Each value is mean±SD.
[2)]Values are mean±standard deviations of triplicate determination, different superscript in row are significant differences ($p<0.05$).

Table 3. Baking properties of muffins prepared with various rice powder

Property	Variety			
	Wheat	Rice	Black rice	Red yeast rice
Weight (g)	46.00±0.05[1)a2)]	46.33±0.25[a]	46.50±0.00[a]	46.33±0.25[a]
Volume (mL)	85.00±3.00[a]	83.3±1.10[a]	74.2±3.00[b]	64.3±3.00[c]
Height (mm)	5.77±0.03[a]	5.07±0.05[c]	5.27±0.05[b]	5.30±0.01[b]

[1)]Each value is mean±SD.
[2)]Values are mean±standard deviations of triplicate determination, different superscript in row are significant differences (p<0.05).

Table 4. Color values of muffins prepared with various rice powder

Property	Variety			
	Wheat	Rice	Black rice	Red yeast rice
L (lightness)	82.99±0.09[1)a2)]	79.82±0.47[b]	22.19±0.45[c]	19.33±0.03[d]
a (redness)	-6.29±0.01[c]	-6.32±0.02[d]	-0.20±0.02[b]	25.70±0.02[a]
b (yellowness)	32.86±0.10[a]	32.62±0.29[a]	1.65±0.06[c]	12.14±0.07[b]

[1)]Each value is mean±SD.
[2)]Values are mean±standard deviations of triplicate determination, different superscript in row are significant differences (p<0.05).

다양한 쌀 분말을 첨가한 머핀의 부피 및 높이 측정결과

부피는 빵의 품질 평가에 주요한 지표이며 단백질의 함량, 질, 반죽의 특성에 의해 결정된다(30). 다양한 쌀 분말을 첨가한 머핀의 부피 및 높이를 측정한 결과는 Table 3에 나타냈다. 머핀의 무게는 시료 간 유의적 차이가 나타나지 않았으며 머핀의 부피는 밀가루 머핀에서 85 mL로 가장 높았고 백미 첨가군(83.3 mL), 흑미 첨가군(74.2 mL), 홍국 첨가군(64.3 mL) 순으로 낮아지는 경향을 보였다. 높이는 밀가루 머핀에서 5.77 mm로 가장 높았으며 흑미 첨가군(5.27 mm)과 홍국 첨가군(5.30 mm)은 두 군 간의 유의적 차이가 나타나지 않았고 백미 첨가군(5.07 mm)에서 가장 낮은 수치를 보였다. 밀가루를 대체하여 다양한 종류의 백미와 흑미, 홍국 분말을 사용하여 제조한 식빵은 쌀가루의 함량이 증가할수록 부피가 감소하는 결과를 보였다(9,25,31). 또한, 현미분말을 첨가한 머핀(5)과 수수가루를 첨가한 머핀(32)도 첨가량이 증가할수록 부피가 감소하여 본 연구와 유사했다. 부재료의 첨가량이 증가할수록 부피가 감소하는 경향을 나타내는 이유는 부재료 첨가에 따른 글루텐 희석효과로 인하여 망상구조가 약화되고 포집 능력이 저하된 것으로 보이며(25), 유색미의 첨가가 밀가루나 쌀가루로 제조한 머핀에 비해 부피가 감소한 이유는 유색미에 함유된 식이섬유가 반죽의 글루텐과 작용하여 반죽의 발달을 방해하고 가스 보유력을 저하시켜 부피를 감소시킨 것으로 보인다(25).

다양한 쌀 분말을 첨가한 머핀의 색도

머핀 껍질의 색도는 Table 4에 나타냈다. 머핀 껍질의 명도(L값)는 밀가루 머핀에서 82.99로 가장 높은 값을 보였고 백미(79.82), 흑미(22.19), 홍국 머핀(19.33) 순서로 명도값이 감소하는 경향을 보였다. 머핀 껍질의 적색도(a값)는 홍국 머핀(25.70)에서 가장 높게 나타났으며 흑미 머핀(- 0.20) 또한 밀가루 머핀(-6.29)보다 증가하였고 백미 머핀은 - 6.32로 가장 낮게 나타났다. 머핀 껍질의 황색도(b값)는 밀가루 머핀(32.86)과 백미 머핀(32.62)에서 가장 높게 나타났으며 홍국 머핀(12.14), 흑미 머핀(1.65) 순으로 낮은 값을 나타났다. 흑미 분말을 첨가한 식빵(25)과 Park 등의 홍국분말을 첨가한 머핀(33)은 첨가량이 증가함에 따라 명도와 황색도는 밀가루 머핀보다 감소하였고 적색도는 증가하는 경향을 보여 본 연구와 유사한 경향을 나타냈다. 일반적으로 제과제품 제조 시, 밀가루 일부를 기능성 재료로 대체하는 경우에는 재료의 고유색깔로 인해 L값은 낮아지고, a값과 b값도 소재의 색에 따라 영향을 받는 것으로 보고되고 있다(34). 흑미와 홍국의 첨가가 빵의 색상을 어둡게 하는 이유는 흑미에 함유된 안토사이아닌 색소의 영향으로 흑미의 첨가량이 증가할수록 어두운 색상을 띈다고 보고되었으며(25) 홍국은 황색계인 모나신(monasin)과 모나코루브린(monacorubrin)과 자색계인 루브로푼타민(rubropunctamine)과 모나스코루브라민(monascorubramine) 등의 색소를 생산하여(9), 홍국 분말을 첨가한 반죽을 고온으로 가열할 때 색소의 변화가 일어난 것으로 보인다(15).

다양한 쌀 분말을 첨가한 머핀의 텍스처 측정

다양한 쌀 분말을 첨가한 머핀의 텍스처를 측정한 결과는 Table 5에 나타내었다. 탄력성(springiness)과 응집성(cohesiveness)은 밀가루 머핀과 쌀 분말 첨가군 간의 유의적 차이가 나타나지 않았다. 검성(gumminess)은 저작기간 동안 느껴지는 밀도감을 의미하며 홍국 머핀에서 1416.53 g/s로 가장 높았고 백미 머핀(1145.53 g/s), 밀가루 머핀(1087.22 g/s), 흑미 머핀(588.07 g/s) 순으로 낮은 값을 보여 홍국 머핀과 백미 머핀이 씹을 때 쫀득거리는 맛이 강해지는 것으로 나타났다. 씹힘성(chewiness)에서도 검성과 같은 결과를 보였다. 검성과 씹힘성의 증가는 쌀 분말의 대체가 글루텐을 저하시키고 아밀로스의 증가로 영향을 미친 것으로 보인다(35). 부착성(adhesiveness)은 밀가루 머핀(–0.29 gs)보다 흑미 머핀(–0.06)과 홍국 머핀(–0.13)에서 높은 값을 나타냈으며, 백미 머핀(–0.62)은 밀가루 머핀보다 낮은 수치를 보였다. 흑미 분말과 연질미를 배합한 식빵에서의 부착성은 증가하는 경향을 보여 본 연구의 흑미 머핀과 유사했으며 부착성이 증가한 것은 수분 보유량의 증가에 따른 끈적임이 나타난 것으로 보인다(36).

DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능 변화

천연물의 라디칼 소거 활성은 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하고 있으며, 라디칼 소거 작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는데 중요한 역할을 한다(37). DPPH 라디칼 소거능 측정은 항산화 활성을 측정하는데 가장 널리 사용되는 방법이다. 쌀 분말을 첨가한 머핀의 DPPH 라디칼 소거

Table 5. Texture characteristics of muffins prepared with various rice powder

Text characteristics	Variety			
	Wheat	Rice	Black rice	Red yeast rice
Springiness (mm)	1.00±0.00[1)a2)]	1.00±0.00[a]	1.00±0.00[a]	1.00±0.00[a]
Cohesiveness (g/s)	1.08±0.06[a]	1.08±0.09[a]	1.10±0.04[a]	1.06±0.6[a]
Gumminess (g/s)	1087.22±11.19[c]	1145.53±18.39[b]	588.07±74.28[d]	1416.53±1.90[a]
Chewiness (g)	1088.30±10.94[c]	1150.08±17.61[b]	589.28±74.95[d]	14190.35±0.62[a]
Resilence (g)	0.50±0.03[b]	0.52±0.03[b]	0.59±0.03[a]	0.56±0.04[ab]
Adhesiveness (gs)	-0.29±0.11[bc]	-0.62±0.32[c]	-0.06±0.02[a]	-0.13±0.08[ab]

[1)]Each value is mean±SD.
[2)]Values are mean±standard deviations of triplicate determination, different superscript in row (a-d) are significant differences (p<0.05).

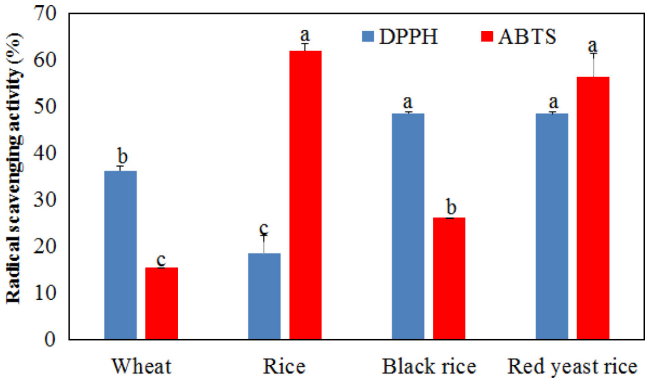

Fig. 2. DPPH scavenging activities and ABTS scavenging activities in muffin added with various rice powder. Values with different letters above the bars were significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test. Each value is mean±SD (n=3).

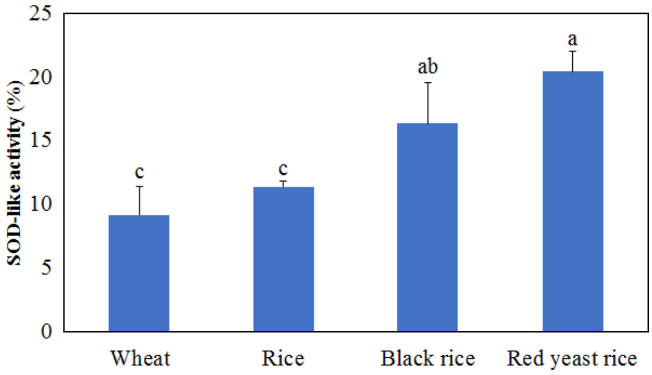

Fig. 3. SOD-like activity in muffin added with various rice powder. Values with different letters were significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test. Each value is mean±SD (n=3).

능 결과는 Fig. 2과 같다. DPPH 소거능은 300 μg/mL의 농도에서의 홍국과 흑미 머핀에서 각각 48.53%와 48.38%로 밀가루 머핀(36.13%)보다 높은 활성을 보였으나, 백미 머핀은 18.37%로 밀가루 머핀보다 낮은 활성을 나타냈다. Jung 등(5)은 현미 분말 첨가량의 증가에 따라 DPPH 라디칼 소거능이 28.01%까지 증가한다고 하였고 흑마늘을 첨가한 머핀의 경우 DPPH 라디칼 소거능이 49.76%까지 증가했으며(38) 버찌 분말의 첨가량이 증가함에 따라 머핀의 DPPH 라디칼 소거능이 87.90%로 유의적으로 증가한다고 하였다(3). Lee 등(8)의 레몬그라스 분말은 100 μg/mL의 농도에서 68.76%의 활성을 보였고 레몬그라스 분말을 9% 첨가한 머핀에서는 100 μg/mL의 농도에서 47.12%의 활성을 보여 열의 안정성을 나타냈다고 보고하였다. 또한, 흑미를 첨가한 식빵의 연구결과 첨가량이 증가함에 따라 DPPH 라디칼 소거능이 증가했으며 이는 흑미의 안토사이아닌 색소에 기인하여 DPPH에 대한 강한 소거능이 있는 것으로 보이며 흑미는 조리방법에 따라 안토사이아닌 함량에 영향을 미치나 열에 대해서는 비교적 안정성이 있는 것으로 보고된 바 있다(25). 이에 본 연구의 흑미와 홍국을 첨가한 머핀에서 열 안정성을 보인 것으로 생각된다.

ABTS는 비교적 안정한 자유 라디칼로써 DPPH 라디칼과 함께 항산화 활성을 측정하는 데 많이 이용되고 있다. ABTS를 과산화효소(peroxidase), 과산화수소(H_2O_2)와 반응시켜 활성 양이온인 ABTS+이 형성되면 추출물의 항산화력에 의해 ABTS+이 소거되어 라디칼 특유의 색인 청록색이 탈색되는데 이를 흡광도 수치로 나타내어 추출물의 항산화 활성을 평가할 수 있다(39). 쌀 분말을 첨가한 머핀의 ABTS 라디칼 소거능 결과는 Fig. 2에 나타내었다. ABTS 라디칼 소거 활성 결과는 밀가루 머핀에서 15.33%로 가장 낮은 활성을 보였으며 흑미(26.06%), 홍국(56.39%), 백미 머핀(62.01%) 순서로 활성이 증가하는 경향을 보였다. 여러 가지 특수미의 ABTS 라디칼 소거능을 측정한 연구(40)에서는 흑미가 가장 높고 백미가 가장 낮은 활성을 보여 본 연구와는 반대되는 경향을 나타냈다. 본 연구에서 ABTS 라디칼 소거 활성과 DPPH 라디칼 소거 활성의 결과의 차이를 나타내었는데 이는 ABTS 라디칼은 DPPH 라디칼과 달리 극성과 비극성 물질 모두와 반응하여 소거 되고(22), ABTS 라디칼과 잘 반응하는 항산화 물질이 DPPH 라디칼과는 반응하지 않아 DPPH 라디칼 소거 활성과 ABTS 라디칼 소거 활성간의 차이를 보였다고 판단된다(41). 본 연구결과로 미루어, 백미, 흑미, 홍국 분말을 첨가한 머핀은 쌀 소비 촉진 및 머핀의 기능성 부여 면에서 충분한 가치가 있는 것으로 판단된다.

SOD 유사 활성의 변화

생체 내 항산화 효소 중 하나인 SOD는 세포 내 superoxide radical을 과산화수소로 전환시키는 반응을 촉매하는 효소이며 SOD에 의해 생성된 과산화수소는 카탈레이스(catalase) 또는 과산화효소에 의해 물 분자와 산소 분자로 전환한다(42). 쌀 분말을 첨가한 머핀의 SOD 유사 활성을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 홍국 머핀에서 20.41%로 가장 높은 활성이 나타났으며 흑미 머핀에서 16.31%로 높은 활성을 보였다. 백미 머핀과 밀가루 머핀은 각각 11.36%와 9.16%로 두 군 간에 유의적 차이가 나타나지 않았다. 현미 분말을 첨가한 머핀(5)은 60% 첨가 군에서

30.59%의 SOD 유사 활성을 나타냈고 감태 열수추출물(43)을 첨가한 머핀의 SOD 유사 활성은 76.79%의 활성을 보고하여 본 연구와 유사한 경향을 보였다. 또한, 천연 식물 색소 추출물의 항산화 효소 활성을 비교한 연구 결과, 흑미의 물 추출물에서 87.20%의 SOD 활성을 보여(44) 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다. 또한, 실험동물에 고콜레스테롤 식이와 홍국 쌀을 혼합하여 공급한 후 혈청과 간에서 항산화 효소 활성을 측정한 연구에서 홍국쌀을 섭취한 군에서 대조군에 비해 SOD, GPx 및 CAT 활성이 증가하였다고 보고하였다. 이에 홍국 쌀은 항산화 효소를 통해 ROS의 제거를 촉진하는 것으로 보인다(45). 따라서 흑미와 홍국은 밀가루를 대체품으로 제빵 및 제과 제품 개발의 좋은 재료가 될 것으로 생각된다.

요 약

밀가루를 대체하여 백미, 흑미, 홍국 분말을 첨가한 머핀의 품질특성 및 항산화를 측정하기 위하여 쌀 분말 50%를 첨가하여 머핀을 제조하였다. 머핀의 pH는 밀가루 머핀에서 가장 높았으며 홍국 머핀에서 낮은 경향을 보였다. 머핀의 높이 및 부피는 밀가루 머핀에서 가장 높았고, 부피는 백미, 흑미, 홍국 머핀 순으로 감소했다. 색도 측정 결과 명도값은 밀가루 머핀에서 가장 높았으며 흑미와 홍국 머핀에서 낮은 수치를 보였다. 적색도는 홍국 머핀에서 가장 높았으며 밀가루 머핀과 백미 머핀에서 가장 낮은 수치를 보였다. 황색도는 밀가루 머핀과 백미 머핀에서 유사했으며 홍국과 흑미 머핀 순으로 낮은 수치를 나타냈다. 텍스처를 측정한 결과, 탄력성과 응집성은 군 간의 유의적 차이가 나타나지 않았으며 검성과 씹힘성은 홍국 머핀에서 가장 높은 값을 나타내어 홍국의 첨가가 머핀의 쫀득거리는 맛을 강화한 것이라고 보이며 홍국 머핀의 씹힘성 증가는 밀가루를 대체하여 글루텐 저하와 아밀로스를 증가시키는 것으로 보인다. DPPH 라디칼 소거 활성과 SOD 활성 측정 결과는 홍국과 흑미 머핀이 밀가루 머핀에 비해 높게 나타났으며, ABTS 라디칼 소거 활성 측정 결과, 백미와 홍국 머핀에서 높은 항산화 활성을 보였다. 이러한 결과는 머핀 제조 시 밀가루를 백미, 흑미, 홍국 분말을 이용하여 대체 할 수 있으며 좋은 기능성 식품으로서 역할을 할 것임을 보여주었다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2017년도 산학연협력 기술개발사업(C0396062, C0531226)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

References

1. Im JG, Kim YS, Ha TY. Effect of sorghum flour addition on the quality characteristics of muffin. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 1158-1162 (1998)
2. Jeon SY, Kim HJ, Kim MR. Quality characteristics of functional muffins containing hesperetin. Korean J. Food Cook. Sci. 19: 324-327 (2003)
3. Kim KH, Lee SY, Yook HS. Quality characteristics of muffins prepared with flowering cherry (*Prunnus serrulata* L. var. *spontanea* Max. Wils.) fruit powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 750-756 (2009)
4. Jang SJ. Quality characteristics of muffins prepared with freeze dried-mugwort power. Korean J. Food Nutr. 25: 903-910 (2012)
5. Jung KI, Cho EK. Effect of brown rice flour on muffin quality. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 986-992 (2011)
6. Hwang HN, Lee IS, Kim JE, Moon HY. The investigation of antibiotic substances isolation and quantitative analysis from *Akebia quinata*. Biotechnol. Bioproc. Eng. 4: 253-256 (2002)
7. Lee JK, Lee KJ, Jo HJ, Kim KI, Yoon JA, Chung KH, Song BC, An JH. Quality characteristics of muffins containing *Akebia quinata* leaves powder. Korean J. Food Nutr. 26: 879-885 (2013)
8. Lee JW, Kim GJ, Rho KA, Chung KH, Yoon JA, An JH. Quality characteristics and antioxidant activity of muffins containing lemongrass powder. Korean J. Food Nutr. 28: 794-801 (2015)
9. Kim DW, Kim YH. Quality characteristics of bread added *Monascus anka* powder. Korean J. Culin. Res. 9: 39-50 (2003)
10. Baik CS, Park YS, Chang HG. Physico-chemical properties of wheat flour supplemented with black rice flour. Food Eng. Progress 12: 49-57 (2008)
11. 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)
12. Lee JS, Oh MS. Quality characteristics of cookies with black rice flour. Korean J. Food Cook. Sci. 22: 193-203 (2006)
13. Lee WJ, Jung JK. Quality characteristics and preparation of noodles from brown rice flour and colored rice flour. Korean J. Culin. Res. 8: 267-278 (2002)
14. Kim JD, Lee JC, Hsieh FH, Eun JB. Rice cake production using black rice and medium-grain brown rice. Food Sci. Biotechnol. 10: 315-322 (2001)
15. Song KY, Kim JH, O HB, Zhang YY, Kim YS. Quality characteristics and retarding retrogradation of sponge cakes containing red yeast rice (*Monascus nuruk*) flour. Culin. Sci. Hosp. Res. 22: 11-21 (2016)
16. Kim DW. Quality characteristics of sausage added red yeast rice. Korean J. Food Preserv. 20: 805-809 (2013)
17. Heber D, Yip I, Ashley JM. Cholesterol-lowering effects of a proprietary Chinese red-yeast-rice dietary supplement. Am. J. Clin. Nutr. 69: 231-236 (1999)
18. Jeong EJ, Kim KP, Bang BH. Quality characteristics of cookies added with hongkuk powde. Korean J. Food Nutr. 26: 177-183 (2013)
19. AACC. Approved Methods of the AACC. 10th ed. Method 26-10. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (2000)
20. Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181: 1199-1200 (1958)
21. Arnao MB, Cano A, Acosta M. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. Food Chem. 73: 239-244 (2001)
22. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic. Biol. Med. 26: 1231-1237 (1999)
23. Marklund S, Marklund G. Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. Eur. J. Biochem. 47: 469-474 (1974)
24. Kim JN, Shin WS. Physical and sensory properties of chiffon cake made with rice flour. Korean J. Food Sci. Technol. 41: 69-76 (2009)
25. Im JS, Lee YT. Quality characteristics of rice bread substituted with black rice flour. J. East Asian Soc. Dietary Life 20: 903-908 (2010)
26. Jo NJ, Kim SG, Kim YH, Yoon SJ, Lee JJ, Jung SG, Choi DJ. Baking Science. (C)B&C World, Seoul, Korea. p. 235 (1999)
27. Kim JH, Kim JH, Yoo SS. Impacts of the proportion of sea-tangle on quality characteristics of muffin. Korean J. Food Cook. Sci. 24: 565-572 (2008)
28. Lee JH, Kwak EJ, Lee YS. Quality characteristics of sourdough breads added with red koji rice sourdough powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 333-341 (2008)
29. Kim SJ, Jung BM, Joo NM. Optimization of muffin with *Opuntia humifusa* powder using response surface methodology. Korean J. Food Nutr. 25: 911-921 (2012)
30. He H, Hoseney RC. Effects of the quantity of wheat flour protein on bread loaf volume. Cereal Chem. 69: 17-19 (1992)

31. Choi ID. Substitution of rice flour on bread-making properties. Korean J. Food Preserv. 17: 667-679 (2010)
32. Im JG, Kim YS, Ha TY. Effect of sorghum flour addition on the quality characteristics of muffin. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 1158-1162 (1998)
33. Park SH, Lim SL. Quality characteristics of muffin added red yeast rice flour. Korean J. Food Sci. Technol. 39: 272-275 (2007)
34. Kim JM. Quality characteristics of cookies added with barley sprout powder. Korean J. Food Nutr. 28: 802-812 (2015)
35. Ju HW, Lee KS. Quality characteristics of white pan bread with haenaru rice flour. Culin. Sci. Hosp. Res. 2: 44-56 (2016)
36. Choi OJ, Jung HN, Shin SH, Kim YD, Shim JH, shim KH. Quality characteristics of gluten-free rice bread formulated with soft-type rice flour mixed with black-rice flour. Korean J. Community Living Sci. 26: 447-456 (2015)
37. Kim SM, Cho YS, Sung SK. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 626-632 (2001)
38. Yang SM, Kang MJ, Kim SH, Shin JH, Sung NJ. Quality characteristics of functional muffins containing black garlic extract powder. Korean J. Food Cook. Sci. 26: 737-744 (2010)
39. Kim KH, Kim DM, Byun MW, Yun YS, Yook HS. Antioxidant activity of panax ginseng flower-buds fermented with various microorganisms. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 663-669 (2013)
40. Seo SJ, Choi YM, Lee SM, Kong SH, Lee JS. Antioxidant activities and antioxidant compounds of some specialty rices. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 129-135 (2008)
41. Chung KH, Jo HJ, Yoon JA, Song BC, An JH. Free radical-scavenging activities of amaranth (*Amaranthus spp.* L.) seed extracts. Food Eng. Prog. 18: 116-123 (2014)
42. Moon YG, Choi KS, Lee KJ, Kim KY, Heo MS. Screening of antioxidant and antibacterial activity from hot water extracts of indigenous plants, Jeju-Island. Korean J. Biotechnol. Bioeng. 21: 164-169 (2006)
43. Jung KI, Choi YJ, Cho EK. Effect of *Ecklonia cava* hot water extracts on shelf-life and quality of muffin. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 1672-1677 (2010)
44. Boo HO, Hwang SJ, Bae CS, Park SH, Song WS. Antioxidant activity according to each kind of natural plant pigments. Korean J. Plant Res. 24: 105-112 (2011)
45. Kwon CS. Antioxidant properties of red yeast rice (*Monascus purpreus*) extracts. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 437-442 (2012)