

푸코이단 홍국쌀 분말을 첨가한 머핀의 품질 특성

최영주¹ · 최경하¹ · 박미화¹ · 김미향¹ · 공창숙¹ · 김세원² · 정경임¹

¹신라대학교 의생명과학대학 식품영양학과
²바비조아

Quality Characteristics of Muffins Added with Fucoidan Red Yeast (*Monascus purpureus*) Rice Powder

Young Ju Choi¹, Kyung Ha Choi¹, Mi Hwa Park¹, Mi Hwang Kim¹,
Chang Suk Kong¹, Se Won Kim², and Kyung Im Jung¹

¹Department of Food and Nutrition, College of Medical Life Sciences, Silla University
²Babijoa

ABSTRACT This study evaluated the quality characteristics of muffins prepared with different amounts (0%, 10%, 20%, 30%, 50%) of fucoidan red yeast (*Monascus purpureus*) rice powder (FRYR). The weight and pH of muffins increased as the amount of FRYR increased. The height and baking loss rate of muffins significantly decreased when amounts of FRYR increased ($P<0.05$), whereas moisture content was not significantly different between all samples. L value and b value of muffins significantly decreased when amounts of FRYR increased ($P<0.05$). However, a value of muffins significantly increased when amounts of FRYR increased ($P<0.05$). Hardness, chewiness, and brittleness increased with increasing FRYR concentration. Cohesiveness was higher with 30% FRYR, whereas springiness was not significantly different between the samples. In the sensory evaluation, the appearance and crumb color of muffins was higher in groups containing 0% FRYR, whereas flavor, taste, texture, and overall acceptability scores were highest for muffins with 50% FRYR added. The total polyphenol content and 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging activity of muffins significantly increased with increasing addition of FRYR ($P<0.05$). Therefore, addition of FRYR could satisfy the sensory function and functional requirements of muffins. Furthermore, this study proposes the development of various products using fucoidan red yeast rice.

Key words: muffin, fucoidan, red yeast (*Monascus purpureus*), rice, quality characteristics

서 론

‘Red koji’ 또는 ‘Hong Qu’로 불리는 홍국(1)은 전 백미에 *Monascus* 속 곰팡이를 접종하여 건조시킨 것으로, 일본, 중국, 인도네시아 등의 국가에서 두부, 술 등의 제조에 착색제와 보존제 및 향미증진제 등으로 사용되어 왔다(1,2). 홍국은 혈중 콜레스테롤 저하 효과가 있는 monacolin-K와 혈압강하 작용이 있는 γ -aminobutyric acid(GABA)뿐만 아니라 셀레늄, 사포닌, 식물성 스테롤, 불포화지방산, 식이 섬유 등이 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(3). 홍국쌀은 2009년에 Korea Food & Drug Administration(KFDA)으로부터 주기능인 혈중 콜레스테롤 저하작용을 바탕으로 기능성 원료로 인정받았으며, 소비자의 건강 지향적 요구가

높아짐에 따라 기능성 쌀로써 홍국쌀에 대한 관심 또한 증가하고 있다(1).

한편 미역과 다시마, 톳, 곰피, 감태 등의 갈조류 세포벽 성분인 점질 다당에 함유되어 있는 푸코이단은 L-fucose를 주성분으로 하는 황산기를 함유하고 있는 산성의 수용성 다당류로 항혈액응고 작용(4,5)과 antitumor, antiviral, anti-inflammatory 및 immunosuppressive 등의 다양한 생리활성이 있는 것으로 알려져 있다(6). 홍국에 관한 연구로는 항산화 효과(7), 알코올성 간 손상에 대한 간 보호 효과(8), 항균 활성(9,10), 알츠하이머 발생과 관련 있는 amyloid β -peptide의 신경세포에 대한 독성 억제 효과(11) 등이 보고되었고, 푸코이단에 관한 연구로는 면역 조절(6), 항혈전(12), 항종양(13), 항바이러스(14), 항산화(15), 알코올에 의한 간 손상 완화(16) 효과 등의 연구 결과가 보고되었다.

최근 건강과 삶의 질을 높이하고자 하는 소비자의 욕구가 늘어나면서 디저트에 대한 관심이 높아짐에 따라 디저트 시장이 점차 확대되어 가는 추세이다(17). 특히 머핀은 밀가루, 버터, 달걀, 우유 등을 혼합하여 구운 것으로 영양가가

Received 8 August 2017; Accepted 21 September 2017

Corresponding author: Kyung Im Jung, Department of Food and Nutrition, College of Medical Life Science, Silla University, Busan 46958, Korea
E-mail: jki9074@silla.ac.kr, Phone: +82-51-999-7618

우수하고 제조 방법이 간단하여 간식이나 식사대용으로도 많이 이용되고 있다(18). 머핀에 관한 연구로는 미강(19), 수수가루(20), 메밀가루(21), 찰수수 및 메수수가루(22), 야콘 분말(23)을 첨가한 머핀 등이 있다.

홍국쌀 및 푸코이단은 항산화 효과와 간 보호 효과, 항균 효과, 항암 효과, 항바이러스 효과 및 항혈액응고 작용 등의 다양한 생리기능이 알려져 있음에도 불구하고 홍국쌀 첨가 소시지(24)와 식혜(25)의 품질 특성 및 홍국 분말 첨가 쿠키(26)와 머핀(27)의 품질 특성에 관한 연구 결과가 보고되어 있으나 푸코이단 홍국쌀을 이용한 제과와 제빵류의 품질 특성 및 생리활성에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 쌀을 활용한 고부가가치의 기능성 소재와 식품 개발로 쌀 소비를 촉진하고 푸코이단 홍국쌀의 이용 분야 확대 가능성을 확인하고자 푸코이단 홍국쌀 분말의 첨가량에 따른 머핀의 품질 특성 및 생리활성 효과를 검토하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 연구에 사용한 푸코이단 홍국쌀은 마비조아(Busan, Korea)에서 제공받은 것으로 믹서(FM-681C, Hanil Electric, Seoul, Korea)로 분쇄하여 90 메쉬 표준체(Chung Gye Industrial Mfg. Co., Seoul, Korea)를 통과시킨 후 -20°C 냉동고에 보관하며 시료로 사용하였다. 머핀의 재료는 달걀(CJ Cheiljedang Co., Jincheon, Korea)과 포도씨유(CJ Cheiljedang Co., Seoul, Korea), 백설탕(Samyang Co., Seoul, Korea), 소금(Singsong, Seoul, Korea), 박력분(CJ Cheiljedang Co., Seoul, Korea), 베이킹파우더(JENICO Co., Pyeongtaek, Korea) 및 우유(Seoulmilk, Seoul, Korea)로 시중에서 구입하여 사용하였다. 실험에 사용한 모든 시약은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였다.

머핀의 제조

푸코이단 홍국쌀 첨가 머핀은 Jung 등(28)의 제조방법을 약간 변형하여 Table 1의 배합비율에 따라 제조하였다. 먼저 달걀과 포도씨유, 설탕 및 소금을 반죽기(K5SS, Kitchen Aid Co., St. Joseph, MO, USA) 6단 속도에서 1분, 10단 속도에서 1분간 믹싱한 후 미리 체질하여 준비한 박력분과 베이킹파우더 및 푸코이단 홍국쌀 분말을 넣어 1단 속도에서 30초간 혼합한 다음 우유를 넣고 반죽하였다. 머핀 반죽은 유산지를 깐 머핀 틀에 60 g씩 팬닝하여 윗불 185°C, 아랫불 175°C로 예열된 오븐(Auto 21, Sinsin Industry Co., Busan, Korea)에서 23분간 구워낸 다음 실온에서 1시간 방랭시켜 시료로 사용하였다.

머핀의 중량과 높이 및 굽기 손실률 측정

머핀의 중량과 높이는 한 처리군당 5개의 시료를 사용하여 시료당 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 높이는 머핀의 최고 높이 부분에서 종단으로 이등분한 단면 높이를 측정하였으며, 굽기 손실률은 반죽 중량과 머핀 중량을 이용하여 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{굽기 손실률(\%)} = \frac{\text{반죽 중량} - \text{머핀 중량}}{\text{반죽 중량}} \times 100$$

머핀의 수분 함량 및 pH 측정

머핀의 수분 함량은 머핀의 중앙 부분에서 5 g을 취하여 항량 접시에 균일하게 펼친 후 수분 측정기(NA 45-000230 V1, Sartorius Ag, Goettingen, Germany)를 사용하여 측정하였다. 머핀의 pH는 중앙 부분에서 취한 5 g의 crumb에 증류수 10 mL를 가하여 vortex mixer로 1분간 혼합하고 homogenizer(AM-7, Ace homogenizer, Nihon Seiki, Osaka, Japan)를 이용하여 1,000 rpm에서 1분간 균질화한 후 pH meter로 측정하였다.

Table 1. Formula for preparation of the muffins with fucoidan red yeast rice powder

Ingredient (g)	Baker's percent (%)	Substitution level ¹⁾ (%)				
		0	10	20	30	50
Wheat flour ²⁾³⁾	100	200	180	160	140	100
Fucoidan red yeast rice powder ⁴⁾⁵⁾	0	0	20	40	60	100
Grape seed oil	50	100	100	100	100	100
Sugar	60	120	120	120	120	120
Egg	50	100	100	100	100	100
Milk	50	100	100	100	100	100
Baking powder	2.5	5	5	5	5	5
Salt	0.5	1	1	1	1	1

¹⁾0, untreated; 10, muffin with 10% fucoidan red yeast rice powder; 20, muffin with 20% fucoidan red yeast rice powder; 30, muffin with 30% fucoidan red yeast rice powder; 50, muffin with 50% fucoidan red yeast rice powder.

²⁾Moisture content of wheat flour: 12.96±0.04% (n=5).

³⁾pH of wheat flour: 5.93±0.07 (n=5).

⁴⁾Moisture content of fucoidan red yeast rice powder: 13.11±0.17% (n=5).

⁵⁾pH of fucoidan red yeast rice powder: 6.13±0.01 (n=5).

머핀의 색도 측정

머핀의 색도는 색차계(CR-400, Minolta Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 표준색판(L값 67.33, a값 -1.51, b값 3.47)으로 보정한 다음 crumb 중앙 부분의 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 한 처리군당 5개의 시료를 사용하여 시료당 3회 반복 측정하고, 그 값은 Hunter scale 에 의해 L값과 a값 및 b값으로 나타내었다.

머핀의 기계적 조직감 측정

머핀의 기계적 조직감은 머핀의 내부를 2.5×2.5×2 cm 의 동일한 크기로 잘라 Rheometer(COMPAC-100II, Sun Science Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 경도(hardness)와 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness) 및 과쇄성(brittleness)을 측정하였다. 사용한 기기의 측정 조건은 type texture 21, table speed 120 mm/mim, plunger diameter 10 mm(50%), distance 5 mm 였다.

머핀의 관능검사

관능검사 경험이 있는 식품영양학전공 대학원생 및 학부생 36명을 대상으로 본 실험의 목적과 평가방법 및 평가항목에 관해 설명한 후 머핀의 관능검사를 실시하였다(신라대학교 생명윤리위원회 생명윤리 심의 승인번호: 1041449-201702-HR-001). 평가항목은 외관(appearance)과 내부색(crumb color), 향(flavor), 맛(taste), 조직감(texture) 및 전반적인 기호도(overall acceptability)로 매우 좋다 7점, 좋지도 싫지도 않다 4점, 매우 나쁘다 1점의 7점 기호척도법으로 평가하였다.

머핀의 총 폴리페놀 함량 및 DPPH 라디칼 소거능 측정

머핀의 총 폴리페놀 함량 및 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능 측정을 위한 시료 제조를 위해 머핀 5 g에 2배량의 멸균 phosphate buffer solution을 가하여 vortex mixer로 1분간 혼합하고 homogenizer(AM-7, Ace Homogenizer, Nihon Seiki)를 이용하여 1,000 rpm에서 1분간 균질화한 후 원심분리 한 다음 상등액을 취하여 Whatman No. 2 filter paper(Whatman International Ltd., Maidstone, UK)로 여과하여 시료로 사용하였다. 푸코이단

홍국쌀 머핀의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 법(29)을 약간 변형시켜 측정하였으며 표준물질로는 tannic acid를 사용하여 분석하였다. 각각의 시료 0.2 mL를 시험관에 취하고 증류수를 가하여 2 mL로 정용한 후 Folin-Ciocalteu reagent 0.3 mL를 가하여 잘 혼합하여 3분간 실온에서 반응시켰다. 이후에 7.5% Na₂CO₃ 용액 0.4 mL를 가하여 50 °C에서 5분간 반응시킨 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 푸코이단 홍국쌀 머핀의 총 phenol 함량은 µg tannic acid equivalents(TAE)/mL로 나타내었다. 푸코이단 홍국쌀 머핀의 DPPH 라디칼 소거능은 Blois(30)의 방법에 따라 DPPH에 대한 수소공여 효과로 측정하였다. 96-well plate에 시료와 0.4 mM DPPH 용액을 1:4의 비율로 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후, ELISA reader(Versa Max Microplate Reader, Molecular Device, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 시료를 첨가하지 않은 대조구와의 흡광도 차를 비교하여 free radical의 제거 활성을 다음과 같은 식으로 계산하였다.

DPPH 라디칼 소거능(%)=

$$\frac{\text{대조구 흡광도} - \text{시료 첨가구 흡광도}}{\text{대조구 흡광도}} \times 100$$

통계처리

실험 결과는 통계 SAS package(Version 9.1, Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 사용하여 평균과 표준편차를 계산하였고, 분산분석(ANOVA)과 Duncan's multiple range test를 실시하여 $P < 0.05$ 유의수준에서 시료 간의 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

머핀의 중량과 높이 및 굽기 손실률

머핀의 중량과 높이 및 굽기 손실률을 측정한 결과는 Table 2에 나타내었다. 머핀의 중량은 무첨가군이 54.61 g, 푸코이단 홍국쌀 분말 첨가군들은 54.23~55.17 g으로 50% 첨가군에서 가장 높게 나타나 무첨가군과는 유의적인 차이가 있었다($P < 0.05$). 머핀의 높이는 무첨가군이 5.58

Table 2. Weight, height, baking loss rate, moisture content, and pH of the muffins with fucoidan red yeast rice powder

Fucoidan red yeast rice powder content (%)	Weight (g)	Height (cm)	Baking loss rate (%)	Moisture content (%)	pH
0	54.61±0.46 ^{b1)2)}	5.58±0.15 ^a	8.98±0.76 ^a	27.90±0.62 ^a	8.43±0.01 ^c
10	54.23±0.49 ^b	5.57±0.12 ^a	9.61±0.82 ^a	27.20±0.52 ^a	8.44±0.01 ^c
20	54.28±0.34 ^b	5.49±0.13 ^a	9.54±0.57 ^a	27.48±0.25 ^a	8.45±0.01 ^c
30	54.67±0.33 ^b	5.34±0.11 ^b	8.89±0.56 ^a	27.73±0.71 ^a	8.55±0.01 ^b
50	55.17±0.41 ^a	4.93±0.10 ^c	8.06±0.68 ^b	28.35±0.48 ^a	8.60±0.01 ^a

¹⁾Mean±SD (n=5).

²⁾Means with different letters within a column are significantly different from each other at $P < 0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

cm, 푸코이단 홍국쌀 분말 첨가군들은 5.57~4.93 cm로 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향이었으나($P<0.05$) 무첨가군과 10% 및 20% 첨가군 사이에는 유의적인 차이가 없었다. Im 등(20)은 0~30%의 수수가루를 첨가한 머핀의 중량은 유의적인 차이가 없었으나 높이는 수수가루의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 것으로 보고하여 본 연구와 유사한 경향이었는데, 이는 밀가루가 수수가루에 의해 대체됨에 따른 글루텐의 회석 효과에 의한 영향이라고 보고하였다. Bae와 Jung(21)은 0~50%의 메밀가루를 첨가한 머핀의 중량은 30% 첨가군까지는 유의적인 차이가 없었고, 높이는 모든 시료 간에 유의적인 차이가 없는 것으로 보고하였으며, Kim 등(22)은 10~100%의 찰수수를 첨가한 머핀의 중량은 유의적으로 증가하는 반면에 높이는 유의적으로 감소한다고 보고하였다. Kim 등(17)은 0~3%로 커피박 분말의 첨가량이 증가함에 따라 머핀의 높이는 감소하는 것으로 보고하였는데, 이는 밀가루 첨가량이 감소함으로써 글루텐 회석 효과가 나타나 가스 보유력이 낮아졌기 때문으로 보고하였다. 따라서 푸코이단 홍국쌀 분말 첨가에 따른 중량 증가 및 높이 감소는 밀가루 첨가량의 감소에 의한 글루텐 회석 효과 및 이에 따른 단백질의 망상구조 약화에 의한 것으로 판단된다. 굽기손실률은 반죽으로 열이 전달되면서 수증기압이 증가하고, 이로 인해 낮은 비점의 액체부터 팽창되어 기체로 빠져나가면서 발생하는데(31), 이는 머핀의 중량 및 질감과 관계가 있다. 푸코이단 홍국쌀 분말 머핀의 굽기손실률은 무첨가군이 8.98%, 첨가군들은 9.61~8.06%로 10% 첨가군에서 9.61%로 가장 높게 나타났으나 무첨가군과 20% 및 30% 첨가군 사이에는 유의적인 차이가 없었다. Kim 등(17)은 커피박 분말의 첨가량이 증가할수록 굽기손실률이 감소하는 것으로 보고하여 본 연구와 유사한 경향이었는데, 이는 글루텐 형성 약화 및 이로 인한 단백질의 망상구조가 발달되지 못했기 때문인 것으로 판단된다.

머핀의 수분 함량 및 pH

머핀의 수분 함량 및 pH를 측정한 결과는 Table 2에 나타내었다. 머핀의 수분 함량은 무첨가군이 27.90%, 푸코이단 홍국쌀 분말 첨가군들은 27.20~28.35%로 50% 첨가군에서 가장 높게 나타났으나 모든 시료 간에 유의적인 차이는 없었다. 이는 박력분(12.96%)과 푸코이단 홍국쌀(13.11%)

의 수분 함량이 유사하였기 때문인 것으로 판단된다. Jang 등(19)은 머핀의 수분 함량은 첨가한 재료의 수분 함량에 따라 차이가 나는 것으로 판단하였는데, 0~30%의 미강 첨가에 따른 머핀의 수분 함량은 유의적인 차이가 없는 것으로 보고하였다. 한편 Kim(24)은 0~5%의 홍국쌀 분말을 첨가한 소시지의 수분 함량은 유의적인 차이가 없는 것으로 보고하였으나, Jeong 등(26)은 홍국 분말 무첨가군에 비해 1~5%의 첨가군들의 수분 함량이 낮은 것으로 보고하였는데 이는 홍국 분말의 수분 함량이 밀가루의 수분 함량에 비해 낮았기 때문인 것으로 판단하였다. 머핀의 pH는 무첨가군이 8.43, 푸코이단 홍국쌀 분말 첨가군들은 8.44~8.60으로 푸코이단 홍국쌀 분말의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). Jeong 등(26)은 홍국 분말의 첨가량이 증가할수록 쿠키의 pH는 유의적으로 증가하는 것으로 보고하여 본 연구와 유사하였으나, 커피박 분말(17)과 미강(19) 및 야콘 가루(23)의 첨가량이 증가함에 따라 머핀의 pH는 유의적으로 감소하는 것으로 보고하여 본 연구와는 차이가 있었다. 이는 첨가하는 부재료의 pH 차이에 따른 결과라 생각된다.

머핀의 색도 측정

푸코이단 홍국쌀 분말을 첨가한 머핀의 내부 색도를 측정한 결과는 Table 3에 나타내었다. 명도를 나타내는 L값은 무첨가군이 71.28로 가장 높았고, 첨가군들은 57.41~38.34로 푸코이단 홍국쌀 분말의 첨가량이 증가할수록 머핀의 L값은 유의적으로 감소하였다($P<0.05$). 적색도를 나타내는 a값은 무첨가군이 -5.51인 반면에 첨가군은 10.90~24.37로 푸코이단 홍국쌀의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 황색도를 나타내는 b값은 무첨가군이 19.35로 가장 높게 나타났고, 첨가군은 15.45~13.04로 푸코이단 홍국쌀의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다($P<0.05$). 푸코이단 홍국쌀의 첨가량이 증가할수록 머핀의 색은 짙어지는 경향이었는데, 이는 푸코이단 홍국쌀의 고유색에 기인한 것으로 판단된다. 커피박 분말(17), 미강(19), 메밀가루(21), 메수수가루(22), 야콘(23) 및 홍국 분말(27)을 첨가한 머핀과 홍국쌀 첨가 소시지(24) 및 홍국 분말 첨가 쿠키(26)의 L값과 b값은 부재료의 첨가량이 증가함에 따라 감소하였고, a값은 첨가량의 증가에 따라 증가하

Table 3. Color values of the muffins with fucoidan red yeast rice powder

Fucoidan red yeast rice powder content (%)	Color values		
	L	a	b
0	71.28±1.01 ^{a1)2)}	-5.51±0.12 ^e	19.35±0.72 ^a
10	57.41±0.99 ^b	10.90±0.22 ^d	15.45±0.06 ^b
20	48.73±1.18 ^c	16.89±0.37 ^c	14.25±0.22 ^c
30	44.99±0.94 ^d	20.41±0.24 ^b	13.65±0.38 ^d
50	38.34±0.54 ^e	24.37±0.31 ^a	13.04±0.32 ^e

¹⁾Mean±SD (n=5).

²⁾Means with different letters within a column are significantly different from each other at $P<0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

Table 4. Texture characteristics of the muffins with fucoidan red yeast rice powder

Fucoidan red yeast rice powder content (%)	Hardness (g/cm ²)	Cohesiveness (%)	Springiness (%)	Chewiness (g)	Brittleness (kg)
0	126.33±6.60 ^{b1)2)}	71.69±1.21 ^{ab}	91.96±1.74 ^a	215.15±29.34 ^{ab}	19.83±2.44 ^a
10	123.67±8.96 ^b	70.28±1.39 ^{ab}	91.67±0.98 ^a	170.44±25.68 ^c	15.65±2.54 ^b
20	133.20±10.47 ^b	70.19±1.50 ^{ab}	92.38±2.02 ^a	189.80±11.34 ^{bc}	17.52±2.24 ^{ab}
30	135.00±13.49 ^b	72.42±2.22 ^a	93.03±2.11 ^a	197.20±25.36 ^{abc}	18.33±2.77 ^{ab}
50	158.00±4.24 ^a	69.41±1.21 ^b	91.92±0.49 ^a	231.05±13.98 ^a	21.23±1.17 ^a

¹⁾Mean±SD (n=5).

²⁾Means with different letters within a column are significantly different from each other at $P<0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

는 것으로 나타나 본 연구와 유사하였다. 그러나 케일(32)과 인삼 잎(33) 및 들깨잎 분말(34)을 첨가한 머핀의 L값과 a값 및 b값 모두 감소하는 것으로 보고하여 본 연구와는 차이가 있었다. 이는 첨가하는 부재료 고유의 색이 가진 특정 따른 결과라 생각된다.

머핀의 기계적 특성

머핀의 기계적 특성을 측정된 결과는 Table 4에 나타내었다. 무첨가군의 경도는 126.33 g/cm², 첨가군들은 123.67~158.00 g/cm²로 푸코이단 홍국쌀 분말의 첨가량이 증가할수록 머핀의 경도는 증가하는 경향이었으나($P<0.05$) 무첨가군과 10%, 20% 및 30% 첨가군 사이에는 유의적인 차이가 없었다. 머핀의 조직감에 영향을 주는 요인은 기공의 상태, 수분 함량 및 부피로(21) 일반적으로 부피가 큰 머핀일수록 기공이 잘 발달되고 가스 포집 능력이 증가하여 경도가 낮아지는 것으로 알려져 있다(17). 미강(19)과 수수가루(20)의 첨가량이 증가함에 따라 머핀의 경도는 증가하는 것으로 보고하여 본 연구와 유사하였으나, 커피박 분말(17)과 메밀가루(21)의 첨가량이 증가할수록 머핀의 경도는 유의적으로 감소한 것으로 보고하여 본 연구와는 차이가 있었는데, 이는 메밀가루와 커피박 분말의 첨가가 기포 보유와 팽창에 긍정적인 영향을 주었기에 내부조직을 부드럽게 한 것으로 보고하였다(17,21). 머핀의 응집성은 30% 첨가군에서 72.42%로 가장 높았고, 50% 첨가군에서 69.41%로 가장 낮게 나타났으나 첨가량에 따른 일정한 경향은 나타나지 않았는데, 이는 메밀가루(21) 첨가량에 따른 머핀의 응집성은 일정한 경향을 보이지 않았다는 연구 결과와 유사하였다. 머핀의 탄력성은 무첨가군이 91.96%, 첨가군들은 91.67~

93.03%로 푸코이단 홍국쌀 분말 30% 첨가군에서 가장 높게 나타났으나 모든 시료 간에 유의적인 차이는 없었다. 머핀의 씹힘성은 무첨가군은 215.15 g, 첨가군들은 170.44~231.05 g으로 나타났고, 파쇄성은 무첨가군은 19.83 kg, 첨가군들은 15.65~21.23 kg으로 나타났는데, 첨가군들 사이에서는 푸코이단 홍국쌀 분말의 첨가량이 증가할수록 씹힘성과 파쇄성은 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($P<0.05$). Table 2에 나타난 바와 같이 푸코이단 홍국쌀 분말의 첨가량이 증가할수록 머핀의 중량은 증가하고 높이는 감소하였는데, 이는 푸코이단 홍국쌀 분말의 첨가에 따른 글루텐 희석 효과와 단백질 망상구조 약화 및 가스 보유력이 저하되었기 때문인 것으로 생각되며 이와 같은 결과로 씹힘성과 파쇄성이 유의적으로 증가한 것으로 판단된다.

머핀의 관능적 특성

푸코이단 홍국쌀을 첨가한 머핀의 관능적 특성을 평가한 결과는 Table 5에 나타내었다. 머핀의 외관은 무첨가군이 5.63으로 가장 높게 나타났으나 20% 첨가군(5.04)과 30% 첨가군(5.38) 및 50% 첨가군(5.46)과는 유의적인 차이가 없었다. 머핀의 내부색 역시 무첨가군이 5.71로 가장 높게 나타났으나 20% 첨가군(5.29)과 30% 첨가군(5.63) 및 50% 첨가군(5.46)과는 유의적인 차이가 없었다. 머핀의 향은 무첨가군이 5.00, 첨가군들은 4.71~5.17로 30%와 50% 첨가군에서 가장 높게 나타났으나 모든 시료 간에 유의적인 차이가 없었다. Park과 Lim(27)은 0~10%의 홍국 분말을 첨가한 머핀의 외관과 색에 대한 기호도는 0~3% 첨가군에서는 유의적인 차이가 없었고, 향에 대한 기호도는 0~5% 첨가군 사이에 유의적인 차이가 없었다고 보고하였다. 또한,

Table 5. Sensory characteristics of the muffins with fucoidan red yeast rice powder

Fucoidan red yeast rice powder content (%)	Appearance	Crumb color	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptability
0	5.63±1.07 ^{a1)2)}	5.71±1.02 ^a	5.00±0.95 ^a	5.13±1.33 ^a	5.21±0.96 ^a	5.08±1.22 ^b
10	4.63±1.32 ^b	4.58±1.32 ^b	4.71±1.13 ^a	5.38±1.35 ^a	5.13±1.05 ^a	4.96±1.14 ^b
20	5.04±1.06 ^{ab}	5.29±1.10 ^a	5.00±1.14 ^a	5.50±1.04 ^a	5.21±1.08 ^a	5.33±1.03 ^{ab}
30	5.38±1.11 ^a	5.63±0.90 ^a	5.17±1.08 ^a	5.29±1.21 ^a	5.13±1.62 ^a	5.29±1.14 ^{ab}
50	5.46±1.38 ^a	5.46±1.41 ^a	5.17±1.12 ^a	5.88±1.05 ^a	5.88±1.01 ^a	5.83±1.14 ^a

¹⁾Mean±SD (n=36).

²⁾Means with different letters within a column are significantly different from each other at $P<0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

Jeong 등(26)은 0~5%의 홍국 분말을 첨가한 쿠키의 색에 대한 기호도는 0~1% 첨가군에서 유의적인 차이가 없었고, 향에 대한 기호도는 모든 시료 간에 유의적인 차이가 없었다고 보고하였다. 머핀의 맛은 무첨가군이 5.13, 첨가군들은 5.29~5.88로 푸코이단 홍국쌀 분말 첨가군에서 무첨가군보다 높은 기호도를 보였으나 모든 시료 간에 유의적인 차이가 없었다. Park과 Lim(27)은 0~10%의 홍국 분말을 첨가한 머핀의 맛에 대한 기호도는 무첨가군이 6.19, 첨가군들은 6.20~7.53으로 홍국 분말을 첨가한 머핀의 맛에 대한 기호도가 무첨가군보다 높았다고 보고하였고, Jeong 등(26)은 0~5%의 홍국 분말을 첨가한 쿠키의 맛에 대한 기호도는 1% 및 5% 첨가군에서 무첨가군보다 높은 기호도를 보여 홍국 분말의 첨가는 쿠키와 머핀의 맛에 대한 기호도에 긍정적인 영향을 주는 것으로 보고하였다. 머핀의 조직감은 무첨가군이 5.21, 첨가군들은 5.13~5.88로 50% 첨가군에서 가장 높게 나타났으나, 모든 시료 간에 유의적인 차이는 없었다. Park과 Lim(27)은 0~10%의 홍국 분말을 첨가한 머핀의 조직감에 대한 기호도는 3% 첨가군에서 가장 높은 기호도를 보인 것으로 보고하였다. 전반적인 기호도는 4.96~5.83으로 50% 첨가군이 5.83으로 가장 높았고, 그다음으로 20% 첨가군(5.33), 30% 첨가군(5.29), 무첨가군(5.08), 10% 첨가군(4.96)의 순으로 나타났다($P<0.05$). Park과 Lim(27)은 0~10%의 홍국 분말을 첨가한 머핀의 전반적인 기호도는 무첨가군이 5.50, 첨가군들은 5.81~7.75로 첨가군에 대한 기호도가 높은 것으로 보고하였고, Jeong 등(26)은 0~5%의 홍국 분말을 첨가한 쿠키의 전반적인 기호도는 1%(3.86) 및 5%(3.47) 첨가군에서 무첨가군(3.33)보다 높은 기호도를 보였다고 보고하였다. 한편 Kim(24)은 0%, 1%, 3% 및 5%의 홍국쌀을 첨가한 소시지의 관능적 특성을 측정된 결과, 맛과 색은 1% 첨가군, 씹힘성은 3% 첨가군에 대한 기호도가 가장 높았고, 전반적인 기호도는 1% 첨가군에서 가장 높았다고 보고하였다. 이상의 결과에서와 같이 푸코이단 홍국쌀의 첨가는 머핀의 향과 맛의 조화뿐만 아니

라 조직감과 전반적인 기호도에도 긍정적인 영향을 준 것으로 판단된다.

머핀의 총 폴리페놀 함량

식품의 고유한 향미에 관여하는 물질인 폴리페놀 화합물은 free radical 소거와 항산화 효과 및 free radical로부터 조직을 보호하는 역할을 할 뿐만 아니라(35) 항균 작용과 항암 작용 등의 다양한 생리기능이 있는 것으로 알려져 있다(36). 곡류에 함유되어 있는 폴리페놀 화합물들은 free radical을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring의 존재로 인해 우수한 항산화 활성을 가지는 것으로 알려져 있다(22). 본 연구에서는 푸코이단 홍국쌀 분말을 첨가한 머핀의 총 페놀 함량을 tannic acid를 표준물질로 사용하여 측정된 결과(Fig. 1), 무첨가군은 134.20 $\mu\text{g TAE/mL}$, 푸코이단 홍국쌀 분말 첨가군들은 137.57~174.67 $\mu\text{g TAE/mL}$ 로 푸코이단 홍국 쌀 분말의 첨가량이 증가할수록 총 폴리페놀 함량은 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). Kim 등(22)은 찰수수 및 메수수가루 10~100%를 첨가한 머핀의 총 폴리페놀 함량은 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 것으로 보고하였고, Kim 등(17)은 커피박 추출물 및 커피박 분말의 첨가량이 증가함에 따라 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 증가하는 것으로 보고하였다. 본 연구 결과로 푸코이단 홍국쌀 분말은 건강 지향적 제품 개발을 위한 소재로써 충분한 가치가 있는 것으로 생각한다.

머핀의 DPPH 라디칼 소거능

비교적 안정한 free radical을 가지는 화합물인 DPPH는 인체의 노화와 질병의 원인이 되는 물질로 DPPH assay는 주로 phenolic 구조와 aromatic amine 화합물의 항산화능 측정에 주로 사용되는 방법이다(37). 이에 푸코이단 홍국쌀 분말을 첨가한 머핀의 DPPH 라디칼 소거능을 측정된 결과(Fig. 2), 무첨가군은 31.45%, 첨가군들은 35.06~66.27%로 푸코이단 홍국쌀 분말의 첨가량이 증가할수록 DPPH 라

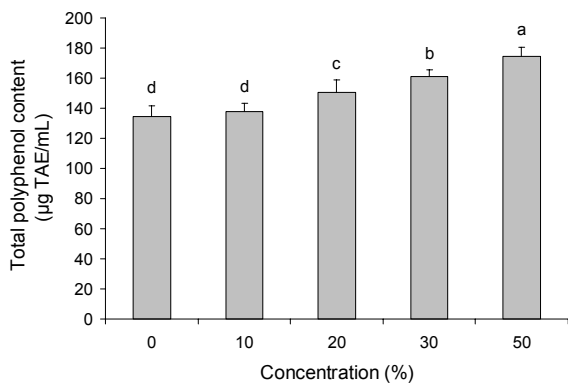


Fig. 1. Total polyphenol content of the muffins with fucoidan red yeast rice powder. Results are mean \pm SD (n=5). TAE standards for tannic acid equivalents. Different letters within a total sample differ significantly ($P<0.05$).

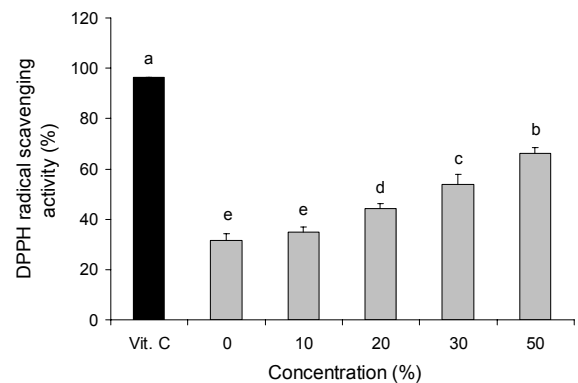


Fig. 2. DPPH radical scavenging activity of the muffins with fucoidan red yeast rice powder. Results are mean \pm SD (n=5). Vitamin C (Vit. C, 0.1 mg/mL) is used as positive control. Different letters within a total sample differ significantly ($P<0.05$).

디칼 소거능은 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). Kim 등 (22)은 찰수수 및 메수수가루 10~100%를 첨가한 머핀의 DPPH 라디칼 소거능은 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다고 보고하였고, 야콘(23), 케일(32), 인삼 잎(33), 동결건조 들깨잎(34) 분말의 첨가량이 증가함에 따라 머핀의 DPPH 라디칼 소거능은 유의적으로 증가한다고 보고하였다. 한편 Na 등(25)은 홍국쌀 0~50% 첨가한 식혜의 DPPH 라디칼 소거능은 홍국쌀의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 보고하여 본 연구와 유사하였다. 본 연구에 사용한 푸코이단 홍국쌀은 항산화 효과가 우수하다고 알려진 케일과 인삼 잎 및 들깨잎 등과 유사한 활성을 나타내었을 뿐만 아니라 높은 열에 의한 가열 조리과정을 거친 후에도 활성이 나타나는 것으로 확인되었기에 푸코이단 홍국쌀은 다양한 제품 개발을 위한 소재로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 쌀 소비 촉진방안 마련 및 머핀의 품질 향상을 위한 소재 개발을 위하여 푸코이단 홍국쌀 분말을 0%, 10%, 20%, 30% 및 50%를 첨가한 머핀의 이화학적, 관능적 특성 및 생리활성을 알아보았다. 머핀의 중량은 푸코이단 홍국쌀 분말 50% 첨가군에서 55.17 g으로 가장 높게 나타났고, 높이는 4.93~5.58 cm로 푸코이단 홍국쌀 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다($P<0.05$). 머핀의 굽기 손실률은 50% 첨가군에서 8.06%로 가장 낮게 나타나 무첨가군(8.98%)과는 유의적인 차이가 있었다($P<0.05$). 머핀의 수분 함량은 27.20~28.35%로 50% 첨가군에서 가장 높게 나타났으나 모든 시료 간에 유의적인 차이가 없었고, 머핀의 pH는 8.43~8.60으로 푸코이단 홍국쌀 분말의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 머핀의 내부 색도를 측정된 결과 명도를 나타내는 L값과 황색도를 나타내는 b값은 푸코이단 홍국쌀 분말의 첨가량이 증가할수록 무첨가군에 비해 유의적으로 감소하였고($P<0.05$), 적색도를 나타내는 a값은 푸코이단 홍국쌀 분말의 첨가량이 증가할수록 무첨가군에 비해 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 머핀의 경도는 푸코이단 홍국쌀 분말 50% 첨가군에서 158.00 g/cm²로 가장 높게 나타나 무첨가군(126.33 g/cm²)과는 유의적인 차이가 있었고($P<0.05$), 응집성은 푸코이단 홍국쌀 분말 50% 첨가군에서 69.41%로 가장 낮게 나타났으나 무첨가군 및 10%와 20% 첨가군 사이에는 유의적인 차이가 없었다. 머핀의 탄력성은 91.67~93.03%로 30% 첨가군에서 가장 높게 나타났으나 모든 시료 간에 유의적인 차이는 없었고, 씹힘성은 50% 첨가군에서 231.05 g으로 가장 높게 나타났으나 무첨가군 및 30% 첨가군과는 유의적인 차이가 없었으며, 파쇄성은 50% 첨가군에서 21.23 kg으로 가장 높게 나타났으나 무첨가군과는 유의적인 차이가 없었다. 머핀의 관능적 특성을 측정된 결과 외

관과 내부색은 무첨가군이 각각 5.63과 5.71로 가장 높게 나타났고, 향과 맛 및 조직감은 50% 첨가군에서 각각 5.17과 5.88 및 5.88로 가장 높게 나타났다. 전반적인 기호도는 50% 첨가군이 5.83으로 가장 높았고($P<0.05$), 그다음으로 20% 첨가군(5.33), 30% 첨가군(5.29), 무첨가군(5.08), 10% 첨가군(4.96)의 순으로 나타났다. 머핀의 총 폴리페놀 함량은 푸코이단 홍국쌀 분말의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였고($P<0.05$), DPPH 라디칼 소거능 역시 푸코이단 홍국쌀 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 이상의 결과에서와 같이 푸코이단 홍국쌀 분말의 첨가는 머핀의 기호도에 긍정적인 영향을 줄 뿐만 아니라 항산화 기능이 향상된 머핀을 제조할 수 있을 것으로 판단되며 다양한 제품 개발을 위한 식품소재로서의 가능성을 확인할 수 있었다.

REFERENCES

1. Kwon CS. 2014. Effect of red yeast (*Monascus purpureus*) rice supplemented diet on lipid profiles and antioxidant activity in hypercholesterolemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 16-23.
2. 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.
3. Sweny JG, Estrada-Valdes MC, Iacobucci GA, Sato H, Sakamura S. 1981. Photoprotection of the red pigments of *Monascus anka* in aqueous media by 1,4,6-trihydroxynaphthalene. *J Agric Food Chem* 29: 1189-1193.
4. Park KY, Back JH, Hur W, Lee SY. 2007. *In vitro* glucose and bile acid retardation effect of fucoidan from *Laminaria japonica*. *Korean J Biotechnol Bioeng* 4: 265-269.
5. Choi JH, Kim DI, Park SH, Kim DW, Lee JS, Ryu JH, Chung YS. 1999. Effects of sea tangle (*Laminaria japonica*) and fucoidan components on chronic degenerative diseases. *Korean J Life Science* 9: 430-438.
6. Ha JH, Kwon MC, Han JG, Jin L, Jeong HS, Choi GP, Park UY, You SG, Lee HY. 2008. Enhancement of immunomodulatory activities of low molecular weight fucoidan isolated from *Hizikia fusiforme*. *Korean J Food Sci Technol* 40: 545-550.
7. Kwon CS. 2012. Antioxidant properties of red yeast rice (*Monascus purpureus*) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 437-442.
8. Cheng CF, Pan TM. 2011. Protective effect of *Monascus*-fermented red mold rice against alcoholic liver disease by attenuating oxidative stress and inflammatory response. *J Agric Food Chem* 59: 9950-9957.
9. Blanc PJ, Laussac JP, Le Bars J, Le Bars P, Loret MO, Pareilleux A, Prome D, Prome JC, Santerre AL, Goma G. 1995. Characterization of monascidin A from *Monascus* as citrinin. *Int J Food Microbiol* 27: 201-213.
10. Blanc PJ, Loret MO, Goma G. 1995. Production of citrinin by various species of *Monascus*. *Biotechnol Lett* 17: 291-294.
11. Lee CL, Wang JJ, Pan TM. 2008. Red mold rice extract represses amyloid beta peptide-induced neurotoxicity via potent synergism of anti-inflammatory and antioxidative effect. *Appl Microbiol Biotechnol* 79: 829-841.
12. Cumashi A, Ushakova NA, Preobrazhenskaya ME, D'Incecco

- A, Piccoli A, Totani L, Tinari N, Morozevich GE, Berman AE, Bilan MI, Usov AI, Ustyuzhanina NE, Grachev AA, Sanderson CJ, Kelly M, Rabinovich GA, Iacobelli S, Nifantiev NE. 2007. A comparative study of the anti-inflammatory, anticoagulant, antiangiogenic, and antiadhesive activities of nine different fucoidans from brown seaweeds. *Glycobiology* 17: 541-552.
13. Usui T, Asari K, Mizuno T. 1980. Isolation of highly purified "fucoidan" from *Eisenia bicyclis* and its anticoagulant and antitumor activities. *Agric Biol Chem* 44: 1965-1966.
 14. Hayashi K, Nakano T, Hashimoto M, Kanekiyo K, Hayashi T. 2008. Defensive effects of a fucoidan from brown alga *Undaria pinnatifida* against herpes simplex virus infection. *Int Immunopharmacol* 8: 109-116.
 15. Zhang QB, Yu PZ, Zhou GF, Li ZE, Xu ZH. 2003. Studies on antioxidant activities of fucoidan from *Laminaria japonica*. *Chin Trad Herbal Drugs* 34: 824-826.
 16. Kim MJ, Jeon JS, Lee SP, Lee JS. 2014. Protective effects of fucoidan against acute alcohol-induced liver injury in rats. *Korean J Food Sci Technol* 46: 219-223.
 17. Kim BG, Park NY, Lee SH. 2016. Quality characteristics and antioxidative activity of muffins added with coffee ground residue water extract and powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45: 76-83.
 18. Kim BR, Joo NM. 2012. Optimization of sweet rice muffin processing prepared with oak mushroom (*Lentinus edodes*) powder. *Korean J Food Cult* 27: 202-210.
 19. Jang KH, Kang WW, Kwak EJ. 2012. Quality characteristics of muffin added with rice bran powder. *J East Asian Soc Diet Life* 22: 543-549.
 20. Im JG, Kim YS, Ha TY. 1998. Effect of sorghum flour addition on the quality characteristics of muffin. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1158-1162.
 21. Bae JH, Jung IC. 2013. Quality characteristics of muffin added with buckwheat powder. *J East Asian Soc Diet Life* 23: 430-436.
 22. Kim HY, Seo HI, Ko JY, Song SB, Kim JI, Lee JS, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS, Kim CS, Jeong HS, Woo KS. 2012. Physicochemical characteristics of the muffin added glutinous and non-glutinous sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) powder. *Korean J Food Nutr* 25: 490-498.
 23. Lee WG, Lee JA. 2014. Quality characteristics of muffins prepared with yacon powder. *Korean J Culinary Res* 20: 14-26.
 24. Kim DW. 2013. Quality characteristics of sausage added red yeast rice. *Korean J Food Preserv* 20: 805-809.
 25. Na SJ, Choi SH, Lee SH, Ahn JS, Kim JS. 2013. Quality characteristics of *Sikhae* made with *Monascus anka* rice. *Korean J Culinary Res* 19: 46-56.
 26. Jeong EJ, Kim KP, Bang BH. 2013. Quality characteristics of cookies added with *Hongkuk* powder. *Korean J Food Nutr* 26: 177-183.
 27. Park SH, Lim SI. 2007. Quality characteristics of muffin added red yeast rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 39: 272-275.
 28. Jung KI, Cho EK, Choi YJ. 2011. Food quality of muffin with germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 875-884.
 29. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol* 299: 152-178.
 30. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
 31. Jung YM, Oh HS, Kang ST. 2015. Quality characteristics of muffins added with red ginseng marc powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44: 1050-1057.
 32. Choi SH. 2015. Quality characteristics of muffins added with kale powder. *Korean J Culinary Res* 21: 187-200.
 33. Cheon SY, Kim KH, Yook HS. 2014. Quality characteristics of muffins added with ginseng leaf. *Korean J Food Cook Sci* 30: 333-339.
 34. Yoon MH, Kim KH, Kim NY, Byun MW, Yook HS. 2011. Quality characteristics of muffin prepared with freeze dried-perilla leaves (*Perilla frutescens* var. *japonica* HARA) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 581-585.
 35. Hyon JS, Kang SM, Senevirathne M, Koh WJ, Yang TS, Oh MC, Oh CK, Jeon YJ, Kim SH. 2010. Antioxidative activities of extracts from dried *Citrus sunki* and *C. unshiu* peels. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1-7.
 36. Sato M, Ramarathnam N, Suzuki Y, Ohkubo T, Takeuchi M, Ochi H. 1996. Varietal differences in the phenolic content and superoxide radical scavenging potential of wines from different sources. *J Agric Food Chem* 44: 37-41.
 37. Jung KI. 2016. Quality characteristics of muffins added with moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaf powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45: 872-879.