

상황버섯균사체 배양액 침지 발아현미를 첨가한 머핀의 식품학적 특성

정경임 · 조은경 · 최영주[†]
신라대학교 의생명과학대학 식품영양학과

Food Quality of Muffin with Germinated Brown Rice Soaked in Mycelial Culture Broth of *Phellinus linteus*

Kyong Im Jung, Eun Kyung Cho, and Young Ju Choi[†]

Dept. of Food and Nutrition, Silla University, Busan 617-736, Korea

Abstract

The purpose of this study was to examine the qualities of optimized muffins with germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus* (GBRP) using response surface methodology. Firstly, general compositions of optimized muffins with GBRP were higher than that of control and total sugar contents were similar. However, the total free amino acid and constitutional amino acid contents except for GABA were lower than those of control. Starch hydrolysis in control was higher than in optimized muffins with GBRP, whereas protein digestibility and protein efficiency ratio were not. The weights of optimized muffins with GBRP were higher than that of control ($p < 0.01$), whereas height ($p < 0.01$) and pH ($p < 0.001$) were similar. The hardness ($p < 0.05$) and chewiness ($p < 0.05$) of optimized muffins with GBRP were higher compared to control; adhesiveness, springiness, and gumminess were similar, but cohesiveness ($p < 0.01$) was not. The flavor ($p < 0.05$) and taste ($p < 0.01$) of optimized muffins with GBRP were higher than those of control; appearance, texture and overall acceptability were similar, but color ($p < 0.05$) was not. The total polyphenol contents ($p < 0.01$), DPPH radical scavenging activity ($p < 0.01$), and superoxide dismutase-like activity ($p < 0.05$) of optimized muffins with GBRP were higher than those of control, but nitrite scavenging activity was similar.

Key words: muffin, germinated brown rice, *Phellinus linteus*, food quality, antioxidant activities

서 론

산업기술의 발달과 경제수준의 향상으로 사회구조가 변함에 따라 식생활에서도 간편화, 단순화, 외식화로 변하고 있으며, 식생활의 형태는 밥 중심의 식생활에서 빵 중심의 식생활로 변화되면서 다양한 제과·제빵류의 대중화로 수요가 증가하고 있다. 최근에는 웰빙 열풍으로 건강에 대한 관심이 고조되고 있을 뿐만 아니라 만성질환의 예방을 위해서 기능성식품에 대한 요구가 나날이 커짐에 따라 기능성식품의 개발이 현대 식품산업의 주된 과제로 떠오르고 있다. 따라서 밀가루를 이용하여 주로 만드는 기존 제품에서 천연 소재를 이용한 건강 지향적 제품 개발이 진행되고 있으며 식품의 기능성에 대한 연구도 활발히 수행되고 있다.

쌀은 밀, 옥수수과 함께 세계 3대 곡물 중 하나로 우리나라를 비롯하여 세계인의 주식량 자원으로 오랫동안 애용되어 왔다. 그러나 국민 소득 향상, 핵가족화, 여성의 사회진출 증가, 산업화, 도시화 및 식생활 패턴의 변화로 쌀 소비가 급격히 감소되고 있다. 특히 2000년 이후에 밀 알레르기로 알려

진 셀리악병(celiac disease, 과민성 장 질환)의 원인이 밀가루 단백질인 글루텐에 기인되며, 글루텐의 섭취가 반복되면 소장 융털돌기가 면역적 이상으로 인해 소화흡수장애를 일으켜 설사, 복통, 알레르기 등의 증상을 유발하는 것으로 알려지면서(1,2) 밀가루 대신 쌀가루 등으로 대체하여 사용되고 있다. 이는 쌀의 전분입자 크기가 작아 조리 시 부드럽고 순한 텍스처를 주며 글루텐에 의한 알레르기도 잘 유발되지 않기 때문이다(3). 특히, 발아현미는 혈압강하, 뇌기능 개선, 면역력 증강 등의 기능성이 입증된 GABA와 γ -oryzanol 및 inositol 등의 생리활성성분이 다량 함유되어 있으며, 발아에 의해 식미가 개선되어 기능성뿐만 아니라 기호성, 편의성 등이 증진되어 향후 우리 식생활에서 큰 비중을 차지할 가능성을 갖는 우수한 식품의 하나로 주목받고 있다(4).

머핀은 밀가루, 우유, 달걀 등을 혼합하여 만든 것으로 영양가가 높아 식사 및 간식대용으로 많이 소비되고 있으며 첨가 재료에 따라 다양한 제품으로 제조가 용이한 편이다. 지금까지의 보고에 의하면 찹쌀가루(5), 버찌 분말(6), 저항전분(7), apple skin powder(8)를 첨가한 머핀과 머핀 제조

[†]Corresponding author. E-mail: yjchoi@silla.ac.kr
Phone: 82-51-999-5459, Fax: 82-51-999-6959

조건 최적화에 따른 브로콜리 가루(9) 및 쥐눈이 콩가루(10) 첨가 머핀 등이 개발되어 있다. 우리나라에서는 1990년대 후반에 이르러 머핀에 대한 연구가 시작되었는데 연구초기에는 첨가하는 재료의 함량에 따른 품질특성을 주로 보았고, 2006년경부터 머핀 제조 조건의 최적화 연구가 시도되었으며 현재는 천연물을 이용한 머핀의 최적화뿐만 아니라 생리활성 검증에 대한 연구가 이루어지고 있다.

따라서, 본 연구에서는 쌀을 활용한 고부가가치의 건강소재와 식품 개발로 쌀 소비를 촉진하고 다양한 생리활성기능이 있는 상황버섯균사체 침지 발아현미의 이용분야를 확대함과 동시에 기능성 머핀 제조 및 상품화를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

재료

머핀의 기본적 재료는 박력분(CJ 주식회사, Seoul, Korea), 달걀(축성농장, Busan, Korea), 버터(서울우유, Seoul, Korea), 우유(부산우유, Busan, Korea), 백설탕(CJ 주식회사), 소금(제재염, NaCl 88% 이상, 해표, Seoul, Korea), 베이킹파우더(주식회사 웰가, Gwangmyeong, Korea)로 시중에서 구입하여 사용하였다. 상황버섯균사체 배양액에 침지한 발아현미(이하 상황버섯침지발아현미)는 폴앤필바이오사(Busan, Korea)로부터 구입하여 분말 제조 시 탈습, 전분호화, 단백질 변성 등의 열변성을 방지하기 위하여 dry ice를 첨가한 고속 mill-type grinder(IKA-Labortechnik, Type A 10, JANKE & KUNKEL GMBH & Co. KG, Staufen, Germany)로 분쇄한 후 90 메쉬 표준체(Chung Gye Industrial Mfg. Co., Seoul, Korea)를 통과시켜 -20°C 냉동고에 보관하며 사용하였다.

머핀의 제조

머핀은 Table 1의 배합비에 따라 제조하였는데 최적화

Table 1. Standard formula of control and optimized muffins prepared with GBRP¹⁾

Ingredient	Weight (g)	
	Control ²⁾	Optimized ³⁾
Wheat flour	200	120
GBRP	0	83.041
Butter	100	110.224
Sugar	120	120
Egg	100	100
Milk	100	80
Baking powder	4	4
Salt	1	1

¹⁾Germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

²⁾Muffin prepared without germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

³⁾Optimized muffin prepared with germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus* (12).

머핀의 조성은 반응표면분석법에 의한 최적의 배합 비율이며(11), 크림법에 따라 머핀을 제조하였다. 즉, 버터를 반죽기(Hand mixer Concept-190L, EGS, Hongkong, China)로 1분간 믹싱한 다음 설탕을 넣고 1분간 혼합하고, 달걀을 3번에 나누어 넣으면서 3분간 믹싱 하였다. 그리고 박력분, 베이킹파우더, 소금, 상황버섯침지발아현미를 넣어 혼합한 후 우유를 넣고 반죽하였다. 머핀 반죽은 유산지를 깐 머핀 틀에 70 g씩 팬닝하여 윗불 185°C, 아랫불 175°C로 예열된 오븐(Auto 21, 신신공업사, Busan, Korea)에서 25분간 구워낸 다음 실온에서 1시간 방냉시켜 시료로 사용하였다.

머핀의 일반성분 분석

머핀의 일반성분 조성은 AOAC 방법(12)에 따라 측정하였다. 수분은 수분 측정기(NA 45-000230V1, Sartorius Ag, Göttingen, Germany)를 사용하여 105°C 상압가열건조법으로 측정하였고, 조단백질은 자동 질소증류장치(Auto Kjeldahl unit K-370, Buchi Co., Flawil, Switzerland)를 이용한 Kjeldahl법, 조지방은 자동 조지방 추출기(Extraction system B-811, Buchi Co.), 조섬유는 자동 추출장치(Fibertec 1023, FOSS, Co., Hilleroed, Denmark)를 이용하였다. 조회분은 550°C 직접회화법으로 분석하였으며, 탄수화물의 함량은 100에서 수분, 조단백질, 조지방, 조회분, 조섬유소함량을 뺀 값으로 산출하였고(12), 열량은 탄수화물, 조단백질, 조지방으로부터 산출하였다.

과당, 포도당, 자당 함량 측정을 위해 표준용액은 과당, 포도당, 자당 표준품 각 5 g, 시험용액은 시료 각 5 g에 각각 증류수 25 mL를 가하여 녹인 후 아세토니트릴로 50 mL까지 정용한 후 0.45 µm의 멤브레인 필터로 여과하였다. 시험용액 및 표준용액을 각각 10 µL씩 주입하여 얻은 피크의 넓이를 구하여 검량선을 작성한 후 시험용액의 당질 농도(µg/mL)를 구하고 다음 식에 의해 시료 중 당 함량(mg/100 g)을 산출하였다.

$$\text{당 함량(mg/100 g)} = S \times \left(1 - \frac{a \times b}{\text{검체채취량(g)}}\right) \times \frac{100}{1,000}$$

S: 시험용액중의 당질의 농도

a: 시험용액의 전량(mL)

b: 희석배수

머핀의 아미노산 함량 측정

유리 아미노산은 각 시료 2 g에 5% trichloroacetic acid 18 mL을 혼합하여 30분간 추출한 다음 3,000 rpm으로 20분간 원심분리 하였다. 상층액은 0.2 µm syringe 필터로 여과하여 40 µL를 적정하여 아미노산 자동분석기(Biochrom 30, Biochrom Ltd., Cambridge, England)로 분석하였다. 구성 아미노산은 각 시료 1 g을 6 N HCl 10 mL을 넣어 110°C oven에 24시간 동안 산 가수분해 한 다음 24시간 후 꺼내어 40°C 감압조건에서 농축, 건조하여 염산을 제거하였다. 그 후 0.2 N 구연산나트륨 완충액(sodium citrate buffer, pH

Table 2. Analytical conditions of free amino acid and constitutional amino acid composition

Analysis condition	Free amino acid composition	Compound amino acid composition
Column	Lithium column	Sodium column
Reagent	Lithium citrate buffer, ninhydrin	Sodium citrate buffer, ninhydrin
Flow rate	25 mL/min (lithium citrate buffer), 20 mL/min (ninhydrin)	25 mL/min (sodium citrate buffer), 20 mL/min (ninhydrin)
Detection	570 nm (UV detector)	570 nm (UV detector)

2.2)을 넣고 정용하여 0.2 μm syringe filter로 여과한 다음 40 μL 를 적정하여 아미노산 자동분석기(Biochrom 30)로 분석하였다. Cystine과 methionine은 1-octanol, H_2O , 8.6 M urea-EDTA solution, NaBH_4 를 시료에 넣고 혼합하여 100 $^\circ\text{C}$ 수조에서 2시간 방치한 후, 1 M phosphate-0.2 N HCl solution, acetone, DTNB/2 M Tris-HCl buffer를 첨가하여 412 nm에서 흡광도를 측정하였다. Tryptophan은 19 N H_2SO_4 를 넣고 25 $^\circ\text{C}$ 의 암실에서 18시간 동안 방치한 후 0.04% NaNO_2 를 넣고 580 nm에서 흡광도를 측정하였다. 머핀의 유리아미노산 및 구성아미노산의 분석 조건은 Table 2와 같다.

전분의 가수분해율(*in vitro* starch hydrolysis) 분석

전분 가수분해율은 Singh 등(13)과 Xue 등(14)의 방법에 따라 측정하였다. 곱게 간 진공 동결 건조시료 50 mg을 0.2 M phosphate buffer(pH 6.9) 2.0 mL에 녹여 시료 현탁액을 만든 뒤, 여기에 pancreatic amylase(90 units/mg, Sigma, St. Louis, MO, USA) 20 mg을 0.2 M phosphate buffer(pH 6.9) 50 mL에 녹여 만든 amylase buffer 0.5 mL을 첨가하였다. Amylase를 첨가한 시료 buffer액을 37 $^\circ\text{C}$ 에서 2시간 incubation한 후 3,5-dinitrosalicylic acid reagent 4 mL를 첨가하여 boiling water bath에서 5분간 가열한 다음 방냉하여 증류수로 25 mL 정량한 뒤 여과하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였으며, blank는 시료가 없는 buffer solution으로 대체하였다. Maltose(JUNSEI, Tokyo, Japan)를 standard로 한 표준곡선을 그린 후 이를 사용하여 시료 50 mg에서 분해되어 나온 환원당량을 계산하였다.

단백질의 소화율(*in vitro* protein digestibility)과 효율 비 분석

단백질 소화율은 Satterlee 등의 방법(15)을 수정한 AOAC 방법(16)으로 측정하였다. 대조단백질로는 ANRC sodium caseinate를 사용하였으며, α -chymotrypsin(41 units/mg solid, Sigma), trypsin(14,600 BAEE units/mg solid, Sigma) 및 peptidase(500 units/mg solid, Sigma) 혼합효소 1 mL를 가하여 37 $^\circ\text{C}$ 에서 10분간 가수분해 시킨 뒤, *Streptomyces griseus* protease(58 units/mg solid, Sigma)로 55 $^\circ\text{C}$ 에서 10분간 다시 가수분해 시켰을 때의 pH(Mettler-

Toledo AG, Schwerzenbach, Switzerland)를 측정하고 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\% \text{ Digestibility} = 234.83 - 22.56X$$

X: 효소 가수분해 20분 후의 pH

단백질 효율비(computed protein efficiency ratio; C-PER)는 *in vitro* protein digestibility와 구성 아미노산 분석 결과를 토대로 단백질의 질을 예측할 수 있는 방법으로 AOAC 방법(17)에 따라 계산하였다.

머핀의 이화학적 특성 측정

머핀의 중량과 높이는 오븐에서 구워낸 머핀을 실온에서 1시간 동안 방냉시킨 후 한 처리군당 5개의 시료를 사용하여 각 시료당 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었으며, 높이는 머핀의 최고 높이 부분에서 종단으로 2등분한 단면을 측정하였다. 수분은 머핀의 중앙 부분에서 5 g을 정확히 취하여 항량 접시에 균일하게 펼친 후 105 $^\circ\text{C}$ 상압가열 건조법으로 한 처리군당 5개의 시료를 사용하여 각 시료 당 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. pH는 머핀의 중앙부분에서 5 g을 정확히 취하여 비커에 넣고 증류수 15 mL를 가하여 vortex mixer로 1분간 혼합하고 homogenizer(AM-7, Ace homogenizer, Nihonseiki, Japan)를 이용하여 1,000 rpm에서 1분간 균질화한 후 pH meter로 한 처리군당 5개의 시료를 사용하여 각 시료당 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

머핀의 기계적 특성 측정

머핀의 기계적 특성은 머핀의 내부를 3 \times 3 \times 2 cm의 동일한 크기로 잘라 Texture analyser(CT3-4500, Brookfield Engineering LABS. Inc., Florida, MA, USA)를 사용하여 test speed 2.0 mm/sec, trigger load 10.0 g, test distance 10.0 mm, trigger force 5.0 g의 조건으로 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 측정하였다.

머핀의 관능적 특성 평가

관능 요인은 지속적으로 관능훈련을 받은 신라대학교 식품영양학과 대학원생 및 학부생 25명을 panel로 선정하였다. 검사에 사용된 관능특성은 외관(appearance), 색(color), 향(flavor), 맛(taste), 조직감(texture), 전반적인 기호도(overall acceptability)로 매우 좋다 7점, 좋지도 싫지도 않다 4점, 매우 나쁘다 1점의 7점 기호척도법으로 평가하였다. 시료의 검사 순서상에서 올 수 있는 오차를 줄이기 위해 네 자리 숫자로 암호화하여 16가지의 머핀 중에서 무작위로 4종류씩을 골라 4개 군으로 묶은 후 일정한 크기(2.5 \times 2.5 \times 4 cm)로 잘라 동일한 흰색 접시에 담아 물과 함께 제공하였다. 검사자는 관능평가 시 우선 외관을 살피고, 향을 맡은 후 맛을 평가하도록 하였으며 한 개의 시료를 평가한 다음에는 반드시 생수로 입안을 깨끗하게 헹군 다음 다른 시료를 평가하도

록 하였다.

머핀의 총 폴리페놀 화합물 함량 측정

머핀 5 g에 2배량의 멸균 증류수를 가하여 vortex mixer로 1분간 혼합하고 homogenizer를 이용하여 1,000 rpm에서 1분간 균질화한 후 원심분리(12,000 rpm, 15분, 4°C) 하였다. 이후 상등액을 취하여 Whatman No. 2 filter paper로 여과한 후 시료로 사용하였다. 시료 0.2 mg을 시험관에 취하고 증류수를 가하여 2 mL로 정용한 후 Folin-Ciocalteu reagent 0.3 mL을 가하여 잘 혼합한 다음 3분간 실온에서 반응시켰다. 혼합물에 7.5% Na₂CO₃ 용액 0.4 mL을 첨가하여 50°C에서 5분간 발색시킨 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀(polyphenol) 화합물 함량은 Folin-Denis 법(18)을 변형시켜 측정하였으며 표준물질로서 tannic acid(Sigma)를 사용하여 위와 동일한 방법으로 측정한 표준곡선으로부터 폴리페놀 화합물 함량을 산출하였다.

머핀의 DPPH 라디칼 소거능 측정

머핀 5 g에 2배량의 에탄올을 가하여 vortex mixer로 1분간 혼합하고 homogenizer를 이용하여 1,000 rpm에서 1분간 균질화한 후 원심분리 하였다. 이후 상등액을 취하여 Whatman No. 2 filter paper로 여과한 후 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능 측정을 위한 시료로 사용하였다. DPPH 라디칼 소거능은 Blois의 방법(19)에 따라 DPPH에 대한 수소공여 효과로 측정하였다. DPPH 용액은 100 mL 에탄올에 DPPH 1.5×10⁻⁴ M을 녹인 후 증류수와 혼합하여 Whatman No. 2 filter paper로 여과하여 만들었다. 96 well plate에 시료와 DPPH 용액을 1:4 비율로 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후, ELISA reader(Molecular Device, VeraMax Microplate Reader, Los Angeles, CA, USA)를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능(Electron donating ability; EDA)은 시료를 첨가하지 않은 대조그룹과 흡광도 차를 비교하여 free radical의 제거 활성을 백분율로 나타내었다.

$$\text{EDA (\%)} = \frac{\text{대조구 흡광도} - \text{시료 첨가구 흡광도}}{\text{대조구 흡광도}} \times 100$$

머핀의 SOD 유사활성 측정

머핀 5 g에 2배량의 멸균 증류수를 가하여 vortex mixer로 1분간 혼합하고 homogenizer를 이용하여 1,000 rpm에서 1분간 균질화한 후 원심분리 하였다. 이후 상등액을 취하여 Whatman No. 2 filter paper로 여과한 후 SOD 유사활성(superoxide dismutase-like activity, SODA) 측정을 위한 시료로 사용하였다. SOD 유사활성은 Marklund와 Marklund의 방법(20)에 따라 활성 산소종을 과산화수소(H₂O₂)로 전환시키는 반응을 촉매하는 pyrogallol의 생성량을 측정하여 나타내었다. 시료를 농도별로 희석하여 10 µL씩 96 well plate에 첨가한 후, Tris-HCl Buffer(50 mM Tris amino-methane, 10 mM EDTA, pH 8.0) 150 µL와 7.2 mM py-

rogallol 10 µL을 첨가하여 실온에서 10분간 반응시키고, 1 N HCl 50 µL을 첨가하여 반응을 정지시킨 후 ELISA reader를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD 유사활성은 시료 첨가구와 무첨가구 사이의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었으며 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\text{SODA (\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{시료 무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

머핀의 아질산염 소거능 측정

머핀 5 g에 2배량의 멸균 증류수를 가하여 vortex mixer로 1분간 혼합하고 homogenizer를 이용하여 1,000 rpm에서 1분간 균질화한 후 원심분리 하였다. 이후 상등액을 취하여 Whatman No. 2 filter paper로 여과한 후 시료로 사용하였다. 시료의 아질산염 소거능은 Gray와 Dugan의 방법(21)을 변형하여 측정하였다. 아질산염 용액에 시료 용액을 가하고 여기에 0.1 N HCl을 사용하여 반응 용액의 pH를 1.2로 조정하여 반응용액을 준비하였다. 이를 37°C에서 1시간 동안 반응시킨 후, 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염을 구하였다. 공시험은 Griess 시약 대신 증류수를 가하여 상기와 동일하게 행하였다. 아질산염 소거능은 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\text{아질산염 소거능(\%)} = [1 - (A - C)/B] \times 100$$

A: 1 nM NaNO₂ 용액에 추출 시료를 첨가하여 1시간 반응시킨 후의 흡광도

B: NaNO₂ 용액의 흡광도

C: 추출시료 자체의 흡광도

통계분석

머핀의 전분 가수분해율, 단백질 소화율 및 이화학적, 기계적, 관능적 특성과 항산화활성 측정 결과는 SAS program을 사용하여 각 시료의 평균과 표준편차를 계산하였고, 이화학적, 기계적, 관능적 특성 및 항산화활성 측정치는 *t*-test를 통하여 5% 수준에서 각 시료간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

머핀의 일반성분 함량

머핀의 일반성분 및 당류를 분석한 결과는 Table 3과 같다. 대조구 머핀의 일반성분은 수분 23.13±1.27%, 조단백질 6.21±0.08%, 조지방 18.5%, 조섬유 2.4%, 조회분 0.21%, 탄수화물 49.55%로 이루어져 있고, 칼로리는 389.5 kcal/100 g이었다. 최적화 머핀은 수분 19.52±1.40%, 조단백질 6.39±0.95%, 조지방 20.0%, 조섬유 2.7%, 조회분 0.40%, 탄수화물 50.99%로 이루어져 있고, 칼로리는 409.5 kcal/100 g이었다. Gonzalez-Galan 등(22)은 밀가루의 단백질은 12.35%, 회분 0.76%, 조섬유 0.45%, 탄수화물 85.53%로 보고하였고, 식품성분표(23)에 의하면 박력분의 일반성분은 수분 12.8%, 단백질 8.7%, 지방 0.8%, 섬유소 0.2%, 회분 0.2%, 탄수화물

Table 3. Proximate composition, sugars, and calorie of control and optimized muffins
(Unit: g/100 g)

Component (%)	Control ¹⁾	Optimized ²⁾
Moisture	23.13±1.27	19.52±1.40
Crude protein (N×5.95)	7.15±1.32	7.17±1.1
Crude fat	21.3±3.96	22.45±3.46
Crude fiber	2.75±0.49	3.05±0.49
Crude ash	0.24±0.04	0.45±0.07
Carbohydrate	57.03±10.57	57.2±8.78
Sugars		
Fructose	0.58±0.1	0.45±0.07
Glucose	0.46±0.08	0.68±0.1
Sucrose	32.91±6.09	30.28±4.63
Total	33.94±6.28	31.4±4.8
Calorie (kcal)	448.1±82.87	459.15±70.22

¹⁾Muffin prepared without germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

²⁾Optimized muffin prepared with germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

77.3%로 나타나 상황버섯침지발아현미보다 수분, 단백질의 함량은 높고 지방, 섬유소, 회분, 열량은 낮은 것으로 나타났다. 대조구 머핀의 수분 함량은 최적화 머핀보다 높게 나타났는데 이는 밀가루보다 수분함량이 적은 상황버섯침지발아현미를 밀가루의 약 40%를 대체하여 사용하였을 뿐만 아니라 수분함량이 88.2%인 우유의 첨가량이 20% 적게 함유되었기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 최적화 머핀은 조지방의 함량이 높게 나타났고, 조단백질, 조지방, 조섬유, 탄수화물의 함량은 비슷한 수준이었다. Choi(24)는 발아현미분의 첨가량이 증가할수록 식빵의 수분, 단백질, 지방, 섬유소, 회분의 함량이 증가한다고 보고하였고, Charoenthaikij 등(25)은 발아현미분을 첨가한 식빵이 밀가루 식빵보다 단백질, 조섬유 함량은 높고 조지방 함량은 낮게 나타났다고 보고하였는데 특히 단백질의 함량이 증가한 원인은 제빵에 사용되는 강력분의 단백질 함량은 13.7~16.9%(23,26)로 발아현미의 단백질 함량보다 높기 때문인 것으로 생각된다. 머핀의 당류 분석 결과 대조구 머핀은 과당 0.5%, 포도당 0.4%, 자당 28.6%로 총 29.5% 함유되었고, 최적화 머핀은 과당 0.4%, 포도당 0.6%, 자당 27.0%로 총 28.0% 함유되어 유사한 수준으로 나타났다.

머핀의 아미노산 함량

머핀의 유리아미노산을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 대조구 머핀의 총 유리아미노산은 330.913 mg/100 g, 최적화 머핀은 270.992 mg/100 g으로 나타났다. 특히 주목할 만한 것은 대조구 머핀에는 전혀 함유되어 있지 않는 GABA가 2.505 mg/100 g으로 필수아미노산인 valine(2.226 mg/100 g), methionine(0.393 mg/100 g), isoleucine(0.942 mg/100 g), phenylalanine(2.145 mg/100 g), lysine(2.396 mg/100 g)의 함유량보다 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 현미를 발아시키는 과정에서 생성된 GABA의 영향이라 생각된다. GABA는 연골의 혈관중추에 작용하여 우수한 혈압강하 작용을 하며, 프롤락틴(prolactin) 및 성장호르몬의 분비조절

Table 4. Free amino acid composition of control and optimized muffins
(Unit: mg/100 g)

Free amino acid	Control ¹⁾	Optimized ²⁾
Urea	4.169	2.439
Hydroxyproline	287.689	223.924
Serine	2.088	2.369
Asparagine	2.705	2.378
Glutamate	6.249	6.706
Sarcosine	1.038	1.227
Glycine	0.848	0.986
Alanine	2.193	3.115
Valine	1.870	2.226
Methionine	0.497	0.393
Isoleucine	0.889	0.942
Leucine	2.654	2.917
Tyrosine	1.451	1.851
Phenylalanine	1.788	2.145
γ-Aminobutyric acid	ND ³⁾	2.505
Ammonium chloride	9.702	9.070
Lysine	2.173	2.396
Histidine	0.437	0.712
3-Methylhistidine	0.933	0.602
Arginine	1.540	2.089
TA ⁴⁾	330.913	270.992

¹⁾Muffin prepared without germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

²⁾Optimized muffin prepared with germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

³⁾Not detected.

⁴⁾Total amino acid.

에 관여할 뿐만 아니라(27) 많은 생리활성 메카니즘의 조절에 관여하여 동물의 경우 뇌의 혈류를 활발하게 하고 산소공급량을 증가시켜 뇌 세포의 대사기능을 향진시키는 것으로 알려져 있다(28). 이러한 생리활성 및 약리적 기능에 기초하여 최근 기능성식품 소재로서의 관심이 매우 높은 물질이다(27,28). 따라서 다양한 생리활성이 있는 GABA가 함유된 상황버섯침지발아현미를 밀가루의 40%를 대체하여 제조한 머핀의 개발은 쌀의 소비를 촉진할 뿐만 아니라 이를 이용한 고부가가치 및 고기능성 식품개발을 위한 기초자료가 될 것으로 생각된다.

머핀의 구성아미노산을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 대조구 머핀의 총 구성아미노산은 8.02 g/100 g solid(96.61 g/16 g N), 최적화 머핀은 7.15 g/100 g solid(106.51 g/16 g N)로 나타났다. 이와 같은 결과는 박력분, 상황버섯침지발아현미 및 우유와 버터의 함유량에 차이가 있었기 때문인 것으로 생각되며 식품의 구성아미노산 함량은 첨가하는 재료의 종류와 발아현미분의 첨가량에 따라 차이가 있는 것으로 생각된다. Choi(24)는 발아현미분의 첨가량이 증가할수록 구성아미노산의 함량이 증가하고 특히 glutamate의 함량이 높다고 보고하여 본 연구와 유사한 경향이었다. 아미노산 중 높은 glutamate 함량은 반죽 시 glutamine으로 전환되어 다른 아미노산과 수소결합(H-bone)을 이루어 결속력 및 탄력성을 증가시켜 반죽 형성에 큰 역할을 하는 것으로 알려져 있다(24). 따라서 최적화 머핀(1.18 g/100 g solid, 17.58 g/16

Table 5. The constitutional amino acid contents and profiles of control and optimized muffins

Amino acid	Control ¹⁾		Optimized ²⁾	
	g/100 g solid	g/16 g N	g/100 g solid	g/16 g N
Aspartate	0.56	6.59	0.60	8.94
Threonine	0.33	3.83	0.31	4.62
Serine	0.44	5.21	0.40	5.96
Glutamate	1.50	17.62	1.18	17.58
Proline	0.64	7.51	0.46	6.85
Glycine	0.26	3.07	0.25	3.72
Alanine	0.31	3.68	0.31	4.62
Cystine	0.14	2.15	0.13	1.94
Valine	0.46	7.05	0.41	6.11
Methionine	0.16	1.90	0.15	2.23
Isoleucine	0.31	3.68	0.29	4.32
Leucine	0.59	6.90	0.55	8.19
Tyrosine	0.13	1.53	0.15	2.23
Phenylalanine	0.53	6.29	0.46	6.85
Histidine	0.23	2.76	0.21	3.13
Lysine	0.39	4.60	0.37	5.51
Tryptophan	0.18	2.12	0.16	2.38
Ammonium chloride	0.55	6.44	0.43	6.41
Arginine	0.31	3.68	0.33	4.92
TA ³⁾	8.02	96.61	7.15	106.51
Crude protein	8.08		7.94	

¹⁾Muffin prepared without germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

²⁾Optimized muffin prepared with germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

³⁾Total amino acid.

g N)과 대조구 머핀(1.5 g/100 g solid, 17.62 g/16 g N)의 glutamate 함량은 비슷한 수준이므로 적당량의 상황버섯침지발아현미는 이를 이용한 머핀의 이화학적 특성과 기계적 특성 및 관능적 특성에 긍정적인 영향을 줄 것으로 판단된다.

머핀의 식품학적 특성

머핀의 전분 가수분해율과 단백질 소화율 및 효율비를 측정된 결과는 Table 6과 같다. 저항전분은 건강한 사람의 소장에서 흡수되지 않는 전분과 전분 분해 생성물의 합으로 정의되는데 생리적 기능이 식이섬유소와 유사하여 소장에서 소화 흡수되지 않고 결장에서 미생물에 의해 발효되어 butyric acid와 같은 단쇄지방산을 생성함으로써 성인병과 대장암에 효과가 있는 것으로 알려져 많은 관심을 받고 있다(3,8). 전분의 생체 이용율에 영향을 미치는 요소는 전분의

Table 6. Food qualities of control and optimized muffins

	Control ¹⁾	Optimized ²⁾
<i>in vitro</i> starch hydrolysis ³⁾ (%)	62.73±8.08	46.71±6.91
<i>in vitro</i> protein digestibility (%)	88.20±3.63	91.13±3.52
C-PER ⁴⁾	2.23	3.11

¹⁾Muffin prepared without germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

²⁾Optimized muffin prepared with germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

³⁾Maltose mg/100 mg sample.

⁴⁾Computed protein efficiency ratio.

종류, 입자의 크기, amylose와 amylopectin의 비율, amylose-lipid complex, α-amylase inhibitor 등으로, 정상곡류 전분에서 지방은 실질적으로 전분의 팽윤을 저해하여 효소에 대한 민감성을 낮아지게 할 수 있으나 충분한 수분이 존재할 때는 amylose-lipid complex가 쉽게 붕괴되어 호화가 일어나 이러한 영향을 덜 받게 된다고 보고하였다(29). 최적화 머핀의 전분 가수분해율은 46.71±6.91%로 대조구 머핀의 62.73±8.08%에 비해 26.5% 정도 낮게 나타났다. Jenkins 등(30)은 식후 탄수화물의 소화와 흡수 속도를 반영하는 혈당지수(glycemic index; GI)를 제안하였다. 혈당지수는 식품에 포함된 유용성 탄수화물(available carbohydrate) 50~100 g을 섭취한 다음 나타나는 혈당 반응 곡선면적을 기준식품인 동량의 포도당이나 동량의 유용성 탄수화물을 함유하는 식빵(white bread)을 섭취한 후의 혈당 반응 곡선 면적으로 나눈 백분율을 의미하므로 혈당 반응 속도가 낮은 식품은 혈당지수가 낮다(31). 본 연구 결과에서 상황버섯침지발아현미 머핀은 소화율이 낮아 영양적 품질이 낮은 것으로 여겨질 수 있으나 오히려 비만, 당뇨병 등이 건강문제로 대두되고 있는 현대인의 식생활에서는 긍정적인 효과를 줄 것으로 생각된다. 최적화 머핀의 단백질 소화율은 91.13±3.52%로 대조구 머핀의 88.20±3.63%보다 높게 나타났으며, 최적화 머핀은 상황버섯침지발아현미의 단백질 소화율(81.84±2.11%)보다 10% 가량 높은 것으로 나타났다. 단백질은 탄수화물과 상호작용을 통하여 구조가 안정되거나 탄수화물에 의한 단백질 gel의 stiffness 증가 등으로 단백질 소화율에 영향을 준다고 알려져 있는데(24) 그에 따른 결과라 생각된다. 최적화 머핀의 단백질 효율비는 3.11로 대조구 머핀의 2.23보다 39.5% 높게 나타났다. Shin(29)은 인삼담죽의 C-PER은 2.14로 보고하였고, Lee(32)는 전통 빈대떡의 C-PER은 1.07~1.97, 개량 빈대떡의 C-PER은 1.30~1.97로 보고하였으며, Shin 등(33)은 다시마밥의 C-PER은 2.34~2.44로 보고하였다. 이에 반해 최적화 머핀의 C-PER은 3.11로 나타났기에 상황버섯침지발아현미 머핀의 단백질 질은 매우 높다고 평가할 수 있다.

머핀의 이화학적 특성

머핀의 중량과 높이 및 pH를 측정된 결과는 Table 7과

Table 7. Physical and chemical characteristics of control and optimized muffins

	Control ¹⁾	Optimized ²⁾	t-value	p-value
Weight (g)	63.77±0.44	64.35±0.38	-3.603**	0.0014
Height (cm)	5.73±0.10	5.50±0.16	3.777**	0.0014
pH	8.20±0.03	7.81±0.01	18.894***	<0.0001

All values are mean±SD.

¹⁾Muffin prepared without germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

²⁾Optimized muffin prepared with germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

p<0.01, *p<0.001.

Table 8. Textural characteristics of control and optimized muffins

	Control ¹⁾	Optimized ²⁾	t-value	p-value
Hardness (g)	344.83±40.60	436.33±12.95	-3.719*	0.0205
Adhesiveness (mJ)	0.02±0.01	0.02±0.02	0.707	0.5185
Cohesiveness	0.57±0.01	0.54±0.01	6.364**	0.0031
Springiness (mm)	9.48±0.23	8.92±0.31	2.498	0.0669
Gumminess (g)	197.10±22.91	234.13±9.45	-2.588	0.0608
Chewiness (mJ)	18.00±1.50	21.33±1.10	-3.098*	0.0363

All values are mean±SD (n=5).

¹⁾Muffin prepared without germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

²⁾Optimized muffin prepared with germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

*p<0.05, **p<0.01.

같다. 머핀의 중량은 최적화 머핀이 64.35±0.38 g으로 대조구 머핀 63.77±0.44 g보다 높게 나타나 유의적인 차이가 있었다(p<0.01). 이와 같은 결과는 유청농축분말(34), 보리 도정 겨(35)의 첨가량이 많아질수록 머핀의 중량이 증가한다는 연구결과 및 발아현미분의 첨가량이 많아질수록 식빵의 중량이 증가한다는 연구결과(24)와 유사한 경향이였다. 일반적으로 빵 및 머핀에 다른 곡류를 첨가할 경우 밀가루 대비 곡류의 비율이 30% 이상을 초과하면 적절한 제빵 특성을 갖추지 못한다고 알려져 있는데(24), 최적화 머핀은 상황버섯침지발아현미를 밀가루 대비 40% 가량 첨가하였기 때문인 것으로 판단된다. 머핀의 높이는 대조구 머핀 5.73±0.10 cm, 최적화 머핀 5.50±0.16 cm로 유의적인 차이가 있었다(p<0.01). 이와 같은 결과는 보리 도정 겨(35)의 첨가량이 증가할수록 머핀의 높이가 낮아진다는 연구결과와 김 분말의 첨가량이 증가할수록 스펀지케이크의 높이가 낮아진다는 연구결과(36) 및 밀가루를 찹쌀가루로 대체한 함량이 높아질수록 머핀의 높이가 낮아진다는 연구결과(5)와 유사한 경향이였다. 이와 같은 결과는 밀가루가 다른 곡류로 대체됨에 따라 글루텐의 회석효과에 의한 영향이라 생각된다. 머핀의 pH를 측정된 결과 대조구 머핀의 pH는 8.20±0.03으로, 최적화 머핀의 pH 7.81±0.01보다 높게 나타났으며 시료 간에 유의적인 차이가 있었다(p<0.001).

머핀의 기계적 특성

머핀의 기계적 특성을 측정된 결과는 Table 8과 같다. 경도는 최적화 머핀(436±33 g)이 대조구 머핀(344±40.60 g)보다 높게 나타났고(p<0.05), 응집성은 대조구 머핀(0.57±0.01)이 최적화 머핀(0.54±0.01)보다 높게 나타났으며(p<0.01) 씹힘성은 최적화 머핀(21.33±0.01 mJ)이 대조구 머핀(18.00±1.50 mJ)보다 높게 나타났고(p<0.05). 이와 같은 결과는 밀가루를 대체한 상황버섯침지발아현미의 첨가량과 버터 및 우유의 함유량 차이에 따른 결과라 생각된다. 그러나 부착성, 탄력성, 검성은 최적화 머핀과 대조구 머핀의 두 시료 간에 유의적인 차이가 없었다.

머핀의 관능적 특성

머핀의 관능적 특성 측정 결과는 Table 9와 같다. 색은 대조구 머핀(5.64±0.95)이 최적화 머핀(5.08±0.91)보다 높

Table 9. Sensory characteristics of control and optimized muffins

	Control ¹⁾	Optimized ²⁾	t-value	p-value
Appearance	5.64±0.95	5.44±1.16	0.667	0.5070
Color	5.64±0.95	5.08±0.91	2.217*	0.0386
Flavor	4.84±1.21	5.68±1.14	-2.517*	0.0152
Taste	5.24±1.16	6.20±0.76	-3.446**	0.0012
Texture	5.40±0.91	5.00±1.15	1.359	0.1806
Overall acceptability	5.36±1.04	5.72±0.89	-1.317	0.1939

All values are mean±SD (n=25).

¹⁾Muffin prepared without germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

²⁾Optimized muffin prepared with germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

*p<0.05, **p<0.01.

게 나타났고(p<0.05), 향은 최적화 머핀(5.68±1.14)이 대조구 머핀(4.84±1.21)보다 높게 나타났으며(p<0.05), 맛은 최적화 머핀(6.20±0.76)이 대조구 머핀(5.24±1.16)보다 높게 나타났고(p<0.01). 외관은 대조구 머핀(5.64±0.95)이 최적화 머핀(5.44±1.16)보다, 조직감은 대조구 머핀(5.40±0.91)이 최적화 머핀(5.00±1.15)보다 또 전반적인 기호도는 최적화 머핀(5.72±0.89)이 대조구 머핀(5.36±1.04)보다 높은 기호도를 보였으나 시료 간에 유의적인 차이는 없었다. 그러나 관능적 특성 중에서 제품을 기호도에 가장 영향을 주는 항목인 맛과 전반적인 기호도에서 최적화 머핀의 맛(6.20±0.76)과 전반적인 기호도(5.72±0.89)가 높은 경향을 보였다. 이상의 결과를 종합해보면 밀가루를 대체하여 제조한 상황버섯침지발아현미 머핀에 대한 기호도는 대체적으로 양호한 것으로 나타났기에 상황버섯침지발아현미 머핀의 개발은 쌀의 소비촉진뿐만 아니라 고부가가치 및 고기능성 식품 개발을 위한 고무적인 현상이라 할 수 있다.

머핀의 총 폴리페놀 화합물 함량

폴리페놀(polyphenol) 화합물은 식품의 고유한 향미에 관여하는 물질로 수산기(phenolic hydroxyl; OH)를 가지고 있기 때문에 수소공여에 의한 항산화 능력을 가지며, 단백질과 쉽게 결합하는 성질로 인해 미생물 세포와 작용하여 성장저해를 유발시킴으로써 항미생물 효과를 나타내는 등 다양한 생리활성 기능을 가지는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서

Table 10. Antioxidant activity of control and optimized muffins

	Control ¹⁾	Optimized ²⁾	t-value	p-value
Total polyphenol content (mg TAE/g) ³⁾	3.18±0.19	4.08±0.12	-6.923**	0.0023
DPPH radical scavenging activity (%)	9.64±13.26	20.91±1.02	5.716**	0.0046
Superoxide dismutase-like activity (%)	16.46±4.70	33.86±5.17	4.311*	0.0125
Nitrite scavenging ability (pH 1.2, %)	70.43±6.02	81.49±7.34	2.018	0.1138

All values are mean±SD (n=3).

¹⁾Muffin prepared without germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

²⁾Optimized muffin prepared with germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*.

³⁾TAE standards for tannic acid equivalents.

*p<0.05, **p<0.01.

총 폴리페놀 화합물은 최적화 머핀(4.08±0.12 mg TAE/g)이 대조구 머핀(3.18±0.19 mg TAE/g)보다 높은 것으로 나타났다(p<0.01, Table 10). Kong과 Lee(37)는 발아현미 첨가 국수의 폴리페놀 함량이 대조군 및 현미 첨가군보다 높았다고 보고하였고, Woo 등(38)은 동결건조 발아현미 추출분말의 첨가량이 증가할수록 배추김치의 페놀 함량이 증가한다고 보고하였다. 따라서 상황버섯침지발아현미는 건강 지향적 제품개발 소재로써 충분한 가치가 있다고 생각된다.

머핀의 DPPH radical 소거능

Free radical은 노화와 질병의 원인 중의 하나이며, 생체 내에서 활성 산소종을 생성하게 된다. 이들 활성 산소종은 각종 성인병과 노화, 특히 피부노화의 원인으로 큰 관심을 끌고 있으며, 피부 면역 기능을 억제시켜 피부 염증을 유발시키고, 탄력감소, 주름살 및 기미, 주근깨 등의 피부노화를 가속화 시킨다. 또한, 인체 내의 free radical은 지질, 단백질 등과 반응하여 생체의 노화를 촉진할 수 있는 물질로, 이들을 제거할 수 있는 천연물질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에 DPPH는 free radical에 대해 비교적 안정한 화합물로 에탄올 용액에서는 보라색으로 발색되지만 항산화활성을 갖는 물질에 의해 환원됨으로써 불가역적으로 안정한 분자를 형성하여 색이 착색되는데 이로부터 free radical을 제거할 수 있는 항산화물질의 전자공여능 차이를 측정할 수 있다(38). 이에 본 연구에서는 머핀에 있어서 상황버섯침지발아현미의 항산화제로써의 가능성을 판단하고자 반응표면분석에 따라 상황버섯침지발아현미를 첨가하여 최적화한 머핀의 DPPH radical 소거능을 측정하였다. 그 결과, 최적화 머핀(20.91±1.02%)이 대조구 머핀(9.64±13.26%)보다 높은 것으로 나타났다(p<0.01, Table 10). Jung 등(39)에 의하면 상황버섯침지발아현미는 높은 DPPH radical 소거능을 지니고 있는 것으로 보고하고 있는데 이는 상황버섯침지발아현미를 첨가한 머핀이 대조구 머핀보다 높은 항산화능을 나타내고 있는 본 연구결과를 뒷받침하고 있다. Woo 등(38)은 동결건조 발아현미 추출분말의 첨가량이 증가할수록 배추김치의 높은 DPPH 라디칼 소거능을 보였다고 보고하였다. 따라서 상황버섯침지발아현미는 기능성식품 개발의 좋은 재료가 될 것으로 생각된다.

머핀의 SOD 유사활성

SOD는 세포에 유해한 oxygen radical을 과산화수소로 전환시키고 다시 catalase에 의하여 무해한 물 분자와 산소 분자로 전환시켜 활성산소로부터 생체를 보호하는 항산화 효소이다. 따라서 SOD 유사활성을 나타내는 물질에 대한 연구가 활발한데, Jung 등(39)의 보고에 의하면 상황버섯침지발아현미 메탄올 추출물은 높은 SOD 유사활성을 가지는 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 머핀에 있어서 상황버섯침지발아현미의 SOD 유사활성의 가능성을 판단하고자 반응표면분석에 따라 상황버섯침지발아현미를 첨가하여 최적화한 머핀의 SOD 유사활성을 측정하였다. 그 결과, SOD 유사활성은 최적화 머핀(33.86±5.17%)이 대조구 머핀(16.46±4.70%)보다 높은 것으로 나타났다(p<0.05, Table 10). 따라서 머핀의 기능성에 있어서 상황버섯침지발아현미의 첨가는 항산화와 같은 좋은 영향을 나타낼 것으로 사료된다.

머핀의 아질산염 소거능

아질산염은 육색소, 채소류 및 근채류 등에 많이 함유되어 있는 물질로 단백질식품이나 의약품 및 잔류 농약 등에 존재하는 아민류와 반응하여 발암물질인 니트로사민을 생성한다. 그러므로 산성영역에서 니트로사민의 생성인자인 아질산염을 효과적으로 소거하여 니트로사민의 생성을 억제하는데 기여하는 물질들을 찾는 연구가 계속되어왔다. 뿐만 아니라 아질산염 자체가 독성을 갖고 있기 때문에 일정한 농도 이상 계속 섭취할 경우 혈액 중의 헤모글로빈을 산화시켜 메트헤모글로빈증을 유발하므로 아질산염을 소거할 수 있는 물질에 대한 연구는 중요하다(37). 이에 본 연구에서는 머핀에 있어서 상황버섯침지발아현미이 아질산염 소거능에 미치는 영향을 pH별, 농도별로 분석하였는데, pH 1.2에서 아질산염 소거능을 측정한 결과 상황버섯침지발아현미를 첨가하여 최적화한 머핀(81.49±7.34%)이 대조구 머핀(70.43±6.02%)보다 높은 경향으로 나타났다. 하지만, 시료 간에 큰 유의적인 차이는 없었다(Table 10). 상황버섯침지발아현미의 아질산염 소거능에 대한 연구는 Jung 등(39)에 의해 보고되고 있는데 메탄올 추출물에서 아주 높은 소거능을 나타내었다. 이는 상황버섯침지발아현미를 첨가한 머핀이 대조구 머핀보다 높은 아질산염 소거능을 나타내고 있는 본 연구결과를 뒷받침하고 있지만, 메탄올 추출물보다는 소거

능이 높지 않았음을 확인할 수 있었다. Woo 등(38)은 배추김치에 동결건조 발아현미 추출분말의 첨가량을 증가할수록 특히 pH 1.2에서 높은 아질산염 소거능을 보였다고 보고하였다. 본 연구에서도 상황버섯침지발아현미 첨가 머핀이 인체의 위 내 pH 조건과 유사한 pH 1.2에서 높은 아질산염 소거능이 나타났다(Table 10). 따라서 상황버섯침지발아현미는 우수한 아질산염 소거능을 예측할 수 있으므로 기능성 식품 소재로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 반응표면분석법을 이용하여 개발된 상황버섯 침지발아현미 머핀의 식품학적 특성을 알아보기 위하여 일 반성분, 전분 가수분해율, 유리아미노산 조성, 구성아미노산 조성, 단백질 소화율, 단백질 효율비 및 이화학적, 기계적, 관능적 특성을 비교분석하고, 기능성을 알아보기 위하여 총 폴리페놀 함량, DPPH radical 소거능, SOD 유사활성, 아질 산 소거능, xanthine oxidase 저해능을 측정하였다. 최적화 머핀은 대조구 머핀에 비해 조단백질, 조지방, 조섬유, 조회 분의 함량이 높게 나타났고, 총 당류는 유사한 수준이었다. 총 유리아미노산은 대조구 머핀 330.913 mg/100 g, 최적화 머핀 270.992 mg/100 g이었고, 총 구성아미노산은 대조구 머핀 8.02 g/100 g solid(96.61 g/16 g N), 최적화 머핀은 7.15 g/100 g solid(106.51 g/16 g N)이었다. 전분 가수분해율은 대조구 머핀, 단백질 소화율과 단백질 효율비는 최적화 머핀 이 높게 나타났다. 머핀의 중량은 최적화 머핀(p<0.01), 높이 (p<0.01)와 pH(p<0.001)는 대조구 머핀이 높게 나타났다. 경도(p<0.05)와 씹힘성(p<0.05)은 최적화 머핀, 응집성(p<0.01)은 대조구 머핀이 높게 나타났으나 부착성, 탄력성, 검 성은 유의적인 차이가 없었다. 향(p<0.05)과 맛(p<0.01)은 최적화 머핀이, 색(p<0.05)은 대조구 머핀이 높게 나타났으나 외관, 조직감, 전반적인 기호도는 유의적인 차이가 없었다. 머핀의 항산화 활성 측정결과 아질산염 소거능은 유의적 인 차이가 없었지만, 총 폴리페놀 함량(p<0.01), DPPH radical 소거능(p<0.01), SOD 유사활성(p<0.05)은 최적화 머핀 이 높게 나타났다.

문 헌

1. Kim JS. 2007. Quality characteristics of sponge cakes prepared from rice flours with different amylose contents. *PhD Dissertation*. Chonnam National University, Gwangju, Korea.
2. Nam YH. 2005. The Sponge cake quality prepared with rice flour. *MS Thesis*. Soonchunhyang University, Chungnam, Korea.
3. Choi CR. 2002. The properties of rice flours and garedduk with resistant starches. *PhD Dissertation*. Chonnam National University, Gwangju, Korea.
4. Choi HD, Kim YS, Choi IW, Seog HM, Park YD. 2006. Anti-obesity and cholesterol-lowering effects of germi-

- nated brown rice in rats fed with high fat and cholesterol diets. *Korean J Food Sci Technol* 38: 674-678.
5. Johnson FCS. 1990. Characteristics of muffins containing various levels of waxy rice flour. *Cereal Chem* 67: 114-119.
6. Kim KH, Lee SY, Yook HS. 2009. Quality characteristics of muffins prepared with flowering cherry (*Prunus serrulata* L. var. *spontanea* Max. wils.) fruit powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 750-756.
7. Vasantha Rupasinghe HP, Wang L, Huber GM, Pitts NL. 2008. Effect of baking on dietary fiber and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. *Food Chem* 107: 1217-1224.
8. Baixauli R, Sanz T, Salvador A, Fiszman SM. 2008. Muffins with resistant starch: Baking performance in relation to the rheological properties of the batter. *J Cereal Sci* 47: 502-509.
9. Shin JH, Yeon RS, Lee SM, Jeong HS, Paik JE, Joo NM. 2008. Optimization of formulation condition for muffins with added broccoli powder. *Korean J Food Cult* 23: 621-628.
10. Lee SM, Joo NM. 2008. Optimization of muffin with dried *Rhynchosia molubilis* powder using response surface methodology. *Korean J Food Cookery Sci* 24: 626-635.
11. Jung KI, Cho EK. 2011. Adding germinated brown rice soaked in a mycelial culture broth of *Phellinus linteus* to muffins: an assessment using the response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 892-902.
12. AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 334, 777-784.
13. Singh U, Kherdekar MS, Sambunathan R. 1982. Studies on Desi and Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars: The level of amylose inhibitors, levels of oligosaccharides and *in vitro* starch digestibility. *J Food Sci* 47: 510-512.
14. Xue Q, Newman RK, Newman CW. 1996. Effects of heat treatment of barley starches on *in vitro* digestibility and glucose responses in rats. *Cereal Chem* 73: 588-592.
15. Satterlee LD, Kendrick JG, Miller GA. 1977. Rapid *in vitro* assays for estimation protein quality. *Food Tech* 31: 78-85.
16. AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 1095.
17. AOAC. 1990. Calculated protein efficiency ratio (C-PER and DC-PER), official first action. *J AOAC* 65: 496-499.
18. 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.
19. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1198-1200.
20. Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 469-474.
21. Gray JI, Jr Dugan LR. 1975. Inhibition of N-nitro-samine formation in moder food systems. *J Food Sci* 40: 981-984.
22. Gonzalez-Galan A, Wang SH, Sgarbieri VC, Moraes MAC. 1991. Sensory and nutritional properties of cookies based on wheat-rice-soybean flours baked in a microwave oven. *J Food Sci* 56: 1699-1701.
23. Rural Living Science Institute. 2001. *Food composition table I*. Rural Development Administration, Korea.
24. Choi JH. 2001. Quality characteristics of the bread with sprouted brown rice flour. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 17: 323-328.

25. Charoenthaikij P, Jangchud K, Jangchud A, Prinyawiwatkul W, No HK, King JM. 2010. Physicochemical properties and consumer acceptance of wheat-germinated brown rice bread during storage time. *J Food Sci* 75: 333-339.
26. Han JA. 2009. Digestive, physical and sensory properties of cookies made of dry-heated osa-high amylose rice starch. *Korean J Food Sci Technol* 41: 668-672.
27. Jung GH, Park NY, Jang SM, Lee JB, Yeong YJ. 2004. Effects of germination in brown rice by addition chitosan/glutamic acid. *Korean J Food Preserv* 11: 538-543.
28. Oh SH, Choi WG. 2000. Production of the quality germinated brown rices containing high γ -aminobutyric acid by chitosan application. *Korean J Biotechnol Bioeng* 15: 615-620.
29. Shin ES. 2006. Effect of ingredient mixing ratio on sensory and food quality of ginseng-chicken meat porridge. *PhD Dissertation*. Pukyong National University, Busan, Korea.
30. Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, Barker H, Feieiden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV. 1981. Glycemic index of food: A physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 34: 362-366.
31. Park MA, Lee JW, Shin MS, Ly SY. 2007. Glycemic index lowering effects of breads supplemented with resistant starch, whole rye grain and fructooligosaccharide. *Korean J Commun Nutr* 12: 189-197.
32. Lee JH. 2004. Modeling for optimized mixture ratio of Korean traditional food using response surface methodology. *PhD Dissertation*. Pukyong National University, Busan, Korea.
33. Shin ES, Lee JH, Park KT, Ryu HS, Jand DH. 2004. Optimizing cooking condition of short grain rice containing sea-tangle patch. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1726-1734.
34. Jung HJ. 2006. Quality characteristics of low-fat muffins containing whey protein concentrate. *Korean J Food Cookery Sci* 22: 890-897.
35. Kim JH, Lee YT. 2004. Effects of barley bran on the quality of sugar-snap cookie and muffin. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1367-1372.
36. Kweon BM, Weon SW, Kim DS. 2003. Quality characteristics of sponge cake with addition of laver powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1278-1284.
37. Kong SH, Lee JS. 2010. Quality characteristics and changes in GABA content and antioxidant activity of noodle prepared with germinated brown rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 274-280.
38. Woo SM, Jeong YJ, Whang K. 2006. Effect of germinated brown rice extract powder on free amino acid content, anti-oxidant and nitrite scavenging ability of the Korean cabbage *kimchi*. *Korean J Food Preserv* 13: 548-554.
39. Jung IS, Kim YJ, Choi IS, Choi EY, Shin SH, Gal SW, Choi YJ. 2007. Studies on antioxidant activity and inhibition of nitric oxide synthesis of germinated brown rice soaked in mycelial culture broth of *Phellinus linteus*. *J Liê Sci* 17: 1141-1146.

(2011년 4월 4일 접수; 2011년 5월 26일 채택)