

발아현미 첨가에 따른 국수의 제조 특성과 GABA 함량 및 항산화 활성 변화

공수현 · 이준수[†]
충북대학교 식품공학과

Quality Characteristics and Changes in GABA Content and Antioxidant Activity of Noodle Prepared with Germinated Brown Rice

Suhyun Kong and Junsoo Lee[†]

Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

Abstract

This study was to investigate the quality characteristics of noodles prepared with germinated brown rice and rice bran, and to determine the changes in GABA content and antioxidant activity of the noodles. These noodles were evaluated for cooking properties (cooking loss, swelling index, water holding capacity), total polyphenols, antioxidant activities (radical scavenging of ABTS and DPPH), and GABA contents. The addition of germinated rice bran in the range of 5, 10, and 15% showed a significant influence on cooking loss, although no effect on swelling index was observed. The raw and cooked noodles containing germinated brown rice and rice bran contained more GABA contents (2751.6~4176.7 and 5522.0~9617.8 nmol/20 g of fresh noodle, respectively) than those of non-germinated brown rice and rice bran. Noodles made with germinated brown rice and rice bran had similar total polyphenolics contents and antioxidant activities compared to noodles made with non-germinated brown rice and rice bran. Overall, the germinated brown rice could be used as a good ingredient to increase the nutritional value and antioxidant properties of wheat flour noodle without affecting the cooking properties.

Key words: germination, brown rice, noodle, GABA, antioxidant

서 론

최근 발아과정을 거쳐 조직이 연화되고 식미감이 개선된 발아현미의 소비량은 증대되고 있는 실정이며 그에 따른 연구가 진행되고 있다(1). 일반적으로 현미를 발아시킬 경우 다양한 효소의 활성으로 인하여 γ -aminobutyric acid (GABA), ferulic acid, arabinoxylan, inositol 등의 기능성 성분들이 증가되는 것으로 알려져 있다(2). 발아현미의 대표적 기능성 물질인 GABA는 중요한 비단백 아미노산으로 전구체인 glutamate가 glutamate decarboxylase(GAD)의 효소작용에 의해서 형성된다. 이러한 GABA는 혈압상승억제, 혈류개선 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있으며(3,4) 뿐만 아니라 중추신경계에서 중요한 신경전달물질로 작용하기도 한다(5). 이런 GABA의 생리활성에 기초하여 의약품으로서의 용도뿐만 아니라 다양한 기능성식품 소재로서의 GABA에 대한 관심이 고조되고 있다.

국수는 아시아 지역에서 주로 섭취되는 주요한 식품으로 밀가루를 주원료로 하여 물과 소금을 이용해 제조된다. 최근 들어 탄수화물로 주로 구성된 국수의 영양적 품질 향상을

위해 가능성을 갖는 다양한 제면 원료들에 대한 연구가 이루어져 있으며 고품질 식품에 대한 기호도의 증가로 영양적 가치가 높은 재료들을 첨가한 다양한 국수류에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다(6,7). Park 등(8)은 가루 녹차 첨가에 따른 국수의 품질특성을 알아보았으며 Yoo 등(9)은 메밀이 첨가된 국수 추출물의 항돌이변이원성과 세포독성 효과를 알아봄으로써 그 기능성의 우수함을 보고하였다. 선행된 실험에서 국내에 시판되고 있는 일부 현미 품종의 발아과정을 통해 GABA 함량이 증가되는 것을 확인하였으며(10), 이렇게 GABA 함량이 증대된 발아현미의 식품 소재로서의 이용가능성을 알아보려고 하였다.

따라서 본 연구는 발아현미 또는 발아현미 미강을 첨가한 밀가루 복합분으로 만들어진 국수의 조리 및 제면특성을 평가하여 식품 소재로서의 품질을 평가하고자 하였다. 또한 발아현미 첨가에 따라 조제된 국수의 조리과정 중의 GABA 함량 및 항산화 성분과 활성 변화를 측정하여, 주로 밀가루로 구성된 일반 국수의 부족한 영양과 기능성분을 보충할 수 있는 국수 소재로서의 이용 가능성을 평가하고자 하였다.

[†]Corresponding author. E-mail: junsoo@chungbuk.ac.kr
Phone: 82-43-261-2566, Fax: 82-43-271-4412

재료 및 방법

재료 및 시약

본 실험에 사용된 쌀 품종은 일품벼(Ilpum byeo)로 현미 상태였으며 수원 농촌진흥청에서 제공받아 시료로 사용하였다. 제면용 밀가루(중력분, CJ)는 시중에서 구입하여 사용하였다. 한편, GABA, NADP⁺, GABase 및 gallic acid, ABTS(2,2-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphon-ic acid)), DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), Folin-Ciocalteu(F-C) reagent는 Sigma(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 그 밖에 사용된 추출용매 및 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

발아조건 및 시료의 전처리

현미상태의 일품벼를 25°C에서 24시간 동안 침지한 뒤 발아기를 이용하여 다시 37°C에서 48시간 동안 발아시켰다. 발아가 완료되면 발아 현미 시료는 50°C에서 하루 동안 건조시킨 후 도정기로 도정하여, 도정률 90%의 발아현미와 미강(rice bran)을 얻었다. 한편, 본 실험에 사용된 발아 전후의 현미(whole grain)와 미강은 각각 분쇄하여 100-mesh체를 통과시켜 -70°C에서 보관하였다.

발아현미 국수의 제조

발아 전후 현미와 미강가루를 첨가한 생면 제조는 원료 밀가루 중량에 대한 각각 시료를 5, 10, 15% 첨가하고 식염과 물을 각각 2%와 40% 첨가하여 실온에서 반죽기(KMC550, Kenwood, Warford, UK)를 이용하여 15분간 균일하게 교반하여 반죽하였다. 반죽은 실온에서 2시간 숙성된 후 국수제조기(Kyung buk machine, Daegu, Korea)를 이용하여 최종 두께 2.0 mm, 너비 3.0 mm의 생면(fresh noodle)을 제조하였다. 국수의 일반 및 조리특성과 색도는 제면 후 즉시 측정하였다.

조리 및 제면 특성

발아 전후 현미와 미강가루를 첨가한 국수의 조리 및 제면 특성을 평가하기 위하여 dry matter, cooking loss, cooked weight 및 swelling index를 측정하였다. 먼저, cooked weight는 20 g의 생면을 증류수 200 mL에서 5분간 조리한 후 냉수에 30초간 방치 후 물기를 제거하고 조리된 국수의 무게로 측정하였다. 조리 전과 조리 후 국수의 dry matter는 AOAC 방법(11)을 이용하였으며 조리과정 중 고형분의 손실정도를 나타내는 cooking loss와 국수의 팽윤 정도를 나타내는 swelling index는 Tudorica 등(12)의 방법을 이용하여 측정하였다. 수분결합력은 Lu 등(13)의 방법을 이용하여 측정하였는데, 발아 전과 후의 현미와 미강가루 0.5 g에 증류수 5 mL을 가하고 각각 40, 80°C의 shaking water bath(150 rpm)에서 2시간 동안 진탕한 후 2500×g에서 30분간 원심분리 하였다. 원심분리 후 상등액은 105°C에서 건조 후 잔사의

무게가 측정되었으며, 침전물은 무게를 측정하여 상등액 잔사의 무게를 고려하여 처음의 시료량과의 중량비로부터 수분결합력을 계산하였다.

발아 현미 국수의 색도 측정

제조된 국수의 색도는 colorimeter(CR-200, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하였고 밝기(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)값을 3회 반복 측정하여 H(hue angle=arctan b/a, 0° 또는 360°=red, 90°=yellow, 180°=green, 270°=blue)값과 C(chroma=(a²+b²)^{1/2})를 산출하였다(14).

시료의 추출

현미의 발아 전과 후의 현미와 미강을 첨가한 밀가루 복합분으로 만들어진 국수의 조리에 따른 GABA 함량 및 항산화 성분과 활성 변화를 알아보기 위해서 조리 전후의 국수에 시료 중량 10배의 증류수를 첨가한 후 10°C에서 24시간 교반 추출 하였다. 추출 후 원심분리(3000×g, 30분)하여 상등액을 100 mL로 정용하여 실험에 사용하였다. 조리과정 중 얻어진 국물(gruel) 또한 일정 부피로 정용한 뒤 실험에 사용하였다.

GABA 함량 측정

발아현미가 첨가된 국수의 조리과정 중 GABA 함량 변화를 측정하기 위해 조리 전후의 국수 추출액과 조리과정 중 얻은 국물 150 μL에 70 mM lanthanum chloride와 1 N KOH를 각각 가한 뒤 원심분리 하여 상등액을 GABA 함량 측정에 사용하였다. GABA 함량은 GABAes를 이용하는 효소 시스템을 사용하였고 생성되는 NADPH의 양을 spectrophotometer를 이용하여 340 nm에서 측정하였다(15).

총 polyphenol 함량 측정

총 polyphenol의 함량은 각 추출액 100 μL에 2% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 가하고 3분 방치한 후 50% F-C reagent 100 μL를 가하였다. 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고 표준물질로 0.1% gallic acid를 사용하였다(16).

ABTS radical을 이용한 항산화력의 측정

총 항산화력의 측정은 Kong 등(17)의 방법에 의해서 측정하였다. ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS·⁺을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.5가 되도록 물 흡광계수(ε=1.6×10⁴ mol⁻¹cm⁻¹)를 이용하여 methanol로 희석하였다. 희석된 ABTS·⁺용액 1 mL에 추출액 50 μL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. Ascorbic acid를 이용하여 표준곡선을 작성한 후 시료의 항산화력(AEAC, ascorbic acid equivalent antioxidant capacity)을 계산하였다.

DPPH radical을 이용한 항산화력의 측정

DPPH radical 제거능은 DPPH 용액 0.2 mM, 1 mL에 추출액 50 μL를 가하여 흡광도의 변화를 520 nm에서 정확히

30분 후에 측정하였으며 표준물질로서 ascorbic acid를 이용하여 표준곡선을 작성한 후 항산화력 결과를 산출하였다. DPPH radical 제거능은 ABTS radical 제거능과 동일한식에 의해 계산되었으며 AEAC값으로 항산화력을 나타내었다(18).

결과 및 고찰

발아현미국수의 제면 및 조리 특성

국수의 품질은 조직감, 화학적 그리고 영양학적 특징에 의해서 평가되며 조리시간, swelling index를 비롯한 cooking loss 등의 조리특성은 소비자들로부터 평가되는 중요한 국수 품질요소로 작용한다. 본 실험에서는 발아 전후 현미와 미강의 첨가량에 따른 조리 및 제면특성 변화를 알아보고자 하였다. 대조군(100% 밀가루)과 비교하였을 때 발아 전후 현미와 미강이 첨가된 국수에서의 cooking loss는 증가하였으며 현미가 첨가된 국수에서는 낮은 증가를 보였지만 미강이 첨가된 국수에서는 높은 cooking loss의 증가를 보였다. 특히 발아 후의 미강이 첨가된 국수에서 가장 높은 cooking loss를 보였으며 첨가량의 증가에 따라 cooking loss도 증가하였다(Table 1). Cooking loss는 조리 동안 국수 겉 표면의 호화된 전분의 용해 정도에 영향을 받으며 국수의 gel matrix 힘과 관계가 있는 것으로 보고되어 있다(19). 또한, 현미는 발아과정을 거치게 되면 조직이 연화되는 것으로 보고

되어 있다(1). 연화된 조직의 발아현미와 발아현미 조제 시 얻은 미강의 첨가는 국수 gel matrix가 약화되는 결과를 가져왔을 것으로 보이며 이 때문에 조리과정 중 cooking loss가 증가된 것으로 생각된다. 한편, swelling index 측정 결과에서는 대조군과 발아 전후 현미와 미강 첨가에 따른 큰 변화는 나타나지 않았다.

발아 전후 현미와 미강의 40°C와 80°C에서의 수분결합력은 Table 2에 나타내었다. 수분결합능력은 시료와 수분의 친화성을 나타내는 것으로 그 크기는 전분입자내의 비결정형 부분이 많을수록 높아지며 전분의 swelling index와 관계가 있는 것으로 알려져 있다(20). 80°C에서 밀가루의 수분결합력(697.0)과 비교하였을 때 발아 전과 후 현미에서 각각 696.3, 650.4로 밀가루의 수분결합력과 큰 차이를 보이지 않았으나, 미강은 발아 전후 모두 수분결합력이 밀가루와 비교하였을 때 낮은 수치를 보였다(Table 2). 이전 연구에 의하면 수분결합력은 신속점도계(RVA)를 이용한 점도 측정에서 최고 점도를 나타내는 peak viscosity와 노화정도를 나타내는 setback과 상관관계가 있는 것으로 보고되어 있다. 또한 높은 수분결합력은 호화과정 동안 전분의 높은 흡습력을 나타낸다고 보고되어 있다(13).

식품에 있어 색은 기호성을 증가시키고 식욕을 증진시키는 역할을 할 뿐만 아니라 식품의 신선도, 성숙도, 품질 등을 판단하는 지표가 된다. 최근 들어 식품에 이용되는 carote-

Table 1. Quality characteristics of different noodles¹⁾

Sample	Addition rate (%) (w/w) ²⁾	DM ³⁾ of raw noodle	DM of cooked noodle	Cooked weight	Cooking loss	Swelling index	
		(g/20 g noodle)	(g/20 g noodle)	(g/20 g noodle)	(g/20 g noodle)	(g of water/g of dry noodle)	
Control		13.2±0.0	8.0±0.0	31.3±0.3	0.4±0.0	1.2±0.0	
Non-germinated	Whole grain	5	13.0±0.0	8.0±0.0	31.3±0.1	0.5±0.0	1.1±0.1
		10	13.0±0.0	7.9±0.2	31.7±0.6	0.5±0.0	1.2±0.1
		15	13.3±0.0	7.9±0.0	31.5±1.0	0.5±0.0	1.1±0.0
	Rice bran	5	13.1±0.6	7.5±0.0	32.5±0.1	0.6±0.1	1.2±0.0
		10	12.8±0.0	7.1±0.2	33.8±0.8	0.7±0.1	1.3±0.0
		15	12.8±0.0	7.3±0.0	33.1±0.1	0.7±0.0	1.4±0.0
Germinated	Whole grain	5	12.7±0.0	7.8±0.2	31.4±0.5	0.5±0.0	1.2±0.1
		10	12.9±0.0	7.6±0.0	32.0±0.2	0.6±0.1	1.2±0.1
		15	12.8±0.0	7.4±0.4	32.1±1.0	0.6±0.2	1.3±0.2
	Rice bran	5	12.8±0.0	7.7±0.5	31.1±1.3	0.8±0.1	1.2±0.1
		10	12.8±0.0	7.4±0.1	31.7±0.5	1.0±0.0	1.3±0.0
		15	12.9±0.0	7.3±0.0	31.7±0.1	1.3±0.2	1.3±0.1

¹⁾Mean of triplicate determinations±SD expressed.

²⁾Noodle samples incorporated with 5%, 10% and 15% whole grain and rice bran flour before and after germination.

³⁾DM: dry matter.

Table 2. Water holding capacity of whole grain and rice bran flour before and after germination at 40°C and 80°C¹⁾

Temperature	Sample	Wheat flour	Non-germinated		Germinated	
			Whole grain	Rice bran	Whole grain	Rice bran
40°C		215.4±9.2	247.4±6.3	520.7±45.6	222.1±3.4	355.2±3.8
80°C		697.0±32.1	696.3±30.6	517.5±34.1	650.4±21.9	581.0±36.6

¹⁾Mean of triplicate determinations±SD expressed.

Table 3. Influence of non-germinated and germinated whole grain and rice bran flour on the color of different raw noodle¹⁾

Samples		Addition rate (%) (w/w) ²⁾	L	C	H
Control			98.1	1.9	82.9
Non-germinated	Whole grain	5	96.4	1.4	59.4
		10	96.0	2.0	63.2
		15	96.0	1.5	26.6
	Rice bran	5	76.8	18.7	88.4
		10	73.4	18.8	85.5
		15	69.6	18.7	82.7
Germinated	Whole grain	5	80.8	18.2	87.3
		10	80.6	17.6	88.7
		15	79.5	17.1	89.9
	Rice bran	5	80.6	18.5	88.8
		10	75.7	18.2	87.9
		15	72.0	18.6	85.0

¹⁾Mean of triplicate determinations. L, lightness; C, chroma; H, hue angle.

²⁾Noodle samples incorporated with 5%, 10%, and 15% whole grain and rice bran flour before and after germination.

noids, anthocyanins와 같은 천연색소는 관능적인 면뿐만 아니라 천연 항산화제로서 그 기능적인 면에서도 우수하게 평가되고 있다(21). 발아 전후 현미와 미강의 첨가량에 따른 조리 전 국수의 색도는 Table 3에 나타내었다. 명도를 나타내는 L값은 발아 전후 현미와 미강을 첨가한 국수에서 대조군과 비교하였을 때 낮은 수치를 보였으며 미강이 첨가된 국수가 현미를 첨가하여 만든 국수보다 더 낮은 명도를 나타내었다. 발아 후 미강을 첨가한 국수에서의 명도는 발아 전 미강을 첨가한 국수와 큰 차이를 보이지 않았다. 채도를 나타내는 C값은 색의 순도 및 포화도, 즉 백색과의 혼합정도를 나타내는 지표로 발아 전 현미를 첨가한 국수는 대조군과 비슷한 수치를 나타내는 반면 발아전의 미강과 발아 후 현미와 미강을 첨가한 국수에서는 17.1~18.8로 나타났다(Table 3). 채도 값은 높을수록 색의 선명함을 나타낸다. H값은 90°에 가까울수록 노란색을 나타내게 되는데 실험 결과 발아 전 현미를 제외한 나머지 값에서 대조군보다 높은 값을 보였다. 이 결과는 현미의 미강층에 존재하는 carotenoids로부터 기인했을 것으로 생각되며(22) 또한 침지와 건조과정을 거치는 발아과정 중 현미의 갈변으로 인한 황색도를 나타내는 b값의 상승으로 인한 결과일 것으로 생각된다.

발아현미국수의 조리 시 GABA 함량 변화

발아 전후 현미와 미강의 첨가량을 달리한 국수의 조리에 따른 GABA 함량의 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 본 실험에 사용된 발아 전 현미와 미강에서는 각각 1020.9±227.6과 1489.6±62.6 nmol/g의 GABA 함량이, 발아 후의 현미와 미강에서는 3292.8±203.1과 9080.7±198.8 nmol/g의 함량이 관찰되었다(data not shown). 본 실험에서는 발아 전후의 현미와 미강을 첨가하여 제조한 국수의 조리과정에 따른 GABA 함량 변화를 알아보기 위해서 조리 전 국수(raw noodle),

조리 후 국수(cooked noodle), 국물(gruel)에서 모두 측정하였으며 결과는 nmol/생면 20 g로 수분함량이 포함된 국수의 양에 대한 GABA 함량으로 나타내었다. 대조군으로 제면된 100% 밀가루를 이용한 국수에서는 조리 전후 국수와 국물에서 각각 1769.1±134.9, 229.4±1.9, 214.5±27.6 nmol/생면 20 g의 함량이 관찰되었다(data not shown). 발아 후 현미와 미강을 첨가한 국수에서 발아 전보다 높은 함량의 GABA 함량이 측정되었다(Fig. 1). 특히 발아 후 미강이 첨가된 국수에서 가장 높은(조리 전 국수 15%, 9617.8 nmol/생면 20 g) GABA 함량을 나타내었으며 농도 의존적인 경향을 보였다. 조리 후 국수의 경우, 적은 양의 GABA 함량을 나타내었는데 이는 조리과정 중 cooking medium으로의 leaching 현상 때문인 것으로 보인다. 결과적으로 조리 후 국수보다 높은 GABA 함량을 나타내고 있는 국물을 확인할 수 있었다(Fig. 1).

발아현미국수의 조리 시 항산화 성분 및 항산화 활성

발아 전후 현미와 미강을 첨가한 조리 전 국수, 조리 후 국수, 국물에서의 polyphenol 함량은 Table 4에 나타내었다. 곡류에 함유되어 있는 항산화 물질 중 polyphenol 화합물들은 우수한 항산화력을 가지는 것으로 알려져 있으며 이는 free radical을 안정화시킬 수 있는 aromatic phenolic ring의 존재 때문인 것으로 보고되어 있다(23). 이전 연구에 의하면 현미 100 g에 58.0 mg gallic acid와 동등한 양의 polyphenol이 존재하는 것으로 알려져 있다(24). 본 실험결과 발아 전후의 현미와 미강을 첨가한 국수에서의 발아에 따른 polyphenol함량은 변화가 없는 것으로 관찰되었다. 또한 Lai 등(25)의 보고에서와 같이 현미의 polyphenol이 대부분 존재하는 미강이 첨가된 국수에서 대조군과 발아 전, 후의 현미가 첨가된 국수와 비교하였을 때 높은 함량의 polyphenol 함량을 관찰할 수 있었다(Table 4).

ABTS, DPPH radical을 이용한 항산화력은 ascorbic acid를 표준물질로 이용하여 AEAC값(mg ascorbic equivalent antioxidant capacity/20 g 생면)으로 산출하였다(Table 4). 실험결과 ABTS를 이용한 항산화력에서는 발아 전 미강 15%가 첨가된 조리 전 국수에서 가장 높은 함량인 19.3 AEAC가 관찰되었으며 이는 생면 20 g 당 ascorbic acid 19.3 mg과 동일한 항산화력을 지니는 것으로 해석될 수 있다. ABTS를 이용한 항산화력 측정에서 발아 후 미강 15%가 첨가된 조리 전 국수에서는 17.6 AEAC로 발아 전 미강 15%가 첨가된 조리 전 국수보다 낮은 수치를 나타냈다(Table 4). 발아 후 현미와 미강을 첨가한 국수의 ABTS를 이용한 항산화력 측정 결과는 발아 전 현미와 미강을 첨가한 국수와 큰 차이를 나타내지 않았다. DPPH radical을 이용한 항산화력 또한 AEAC가로 나타내었다. 실험결과 발아 후 현미와 미강이 첨가된 조리 전 국수에서의 항산화 활성보다 발아 전의 현미와 미강이 첨가된 조리 전 국수에서 높은 항산화력

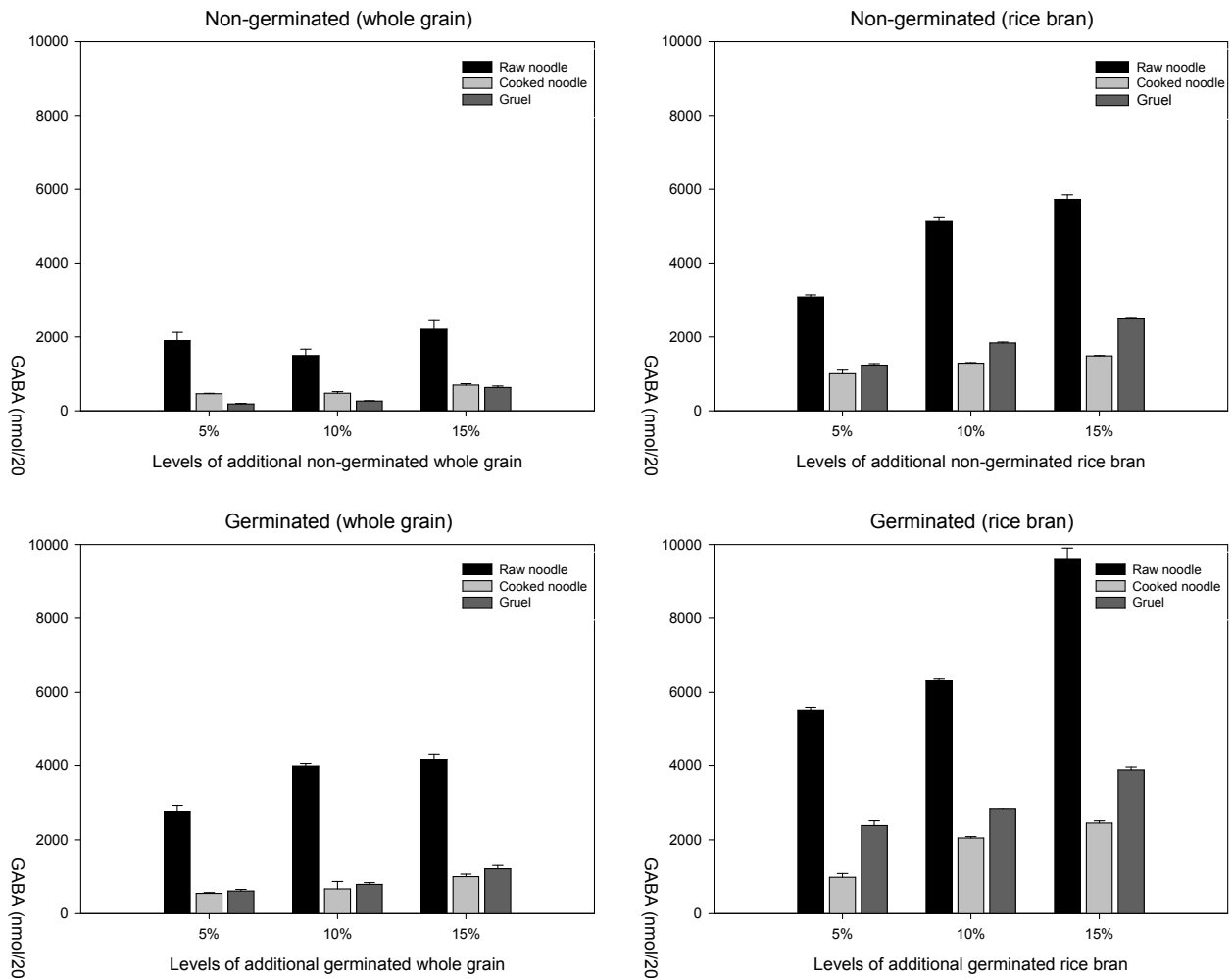


Fig. 1. Changes of GABA contents in different noodles.

Table 4. Total phenolic content and antioxidant activities of different noodles

Sample	Addition rate (%) (w/w) ⁴⁾	Polyphenol ¹⁾			ABTS ²⁾			DPPH ³⁾			
		Raw	Cooked	Gruel	Raw	Cooked	Gruel	Raw	Cooked	Gruel	
Control		8.9±0.8	0.8±0.2	0.2±0.0	11.6±0.1	6.2±0.1	3.6±0.3	0.2±0.1	0.7±0.1	0.1±0.0	
Non-germinated	Whole grain	5	15.1±0.8	3.8±0.0	1.9±0.2	10.7±1.2	5.2±0.1	3.1±0.1	0.2±0.1	0.6±0.1	0.2±0.0
		10	15.6±2.2	6.3±0.7	2.0±0.1	14.6±0.9	9.8±0.4	3.2±0.2	0.3±0.1	0.7±0.1	0.2±0.1
		15	15.6±1.4	8.2±0.3	2.3±0.2	16.3±0.6	11.7±0.2	4.2±0.3	0.9±0.1	1.0±0.1	0.3±0.0
	Rice bran	5	18.7±2.2	8.5±0.4	3.3±0.1	14.5±0.5	11.7±0.1	4.0±0.2	1.0±0.3	0.9±0.0	0.5±0.1
		10	24.0±0.4	9.8±0.4	4.6±0.2	11.3±1.4	12.1±0.2	5.2±0.6	2.3±0.4	1.0±0.1	0.9±0.2
		15	30.5±1.3	11.5±0.9	5.4±0.2	19.3±0.6	13.6±0.1	6.0±0.4	3.1±0.1	1.3±0.1	1.2±0.1
Germinated	Whole grain	5	14.7±1.1	7.8±0.3	2.0±0.1	14.2±0.4	11.1±0.2	3.7±0.2	0.1±0.0	0.9±0.1	0.1±0.0
		10	16.9±0.6	8.5±0.2	2.1±0.2	9.8±1.0	11.8±0.3	3.8±0.2	0.3±0.0	1.0±0.0	0.2±0.0
		15	16.3±0.6	9.9±0.3	2.8±0.1	10.6±2.0	11.9±0.2	4.5±0.3	0.5±0.0	1.1±0.0	0.3±0.1
	Rice bran	5	18.3±0.9	11.6±0.2	4.0±0.2	10.2±1.2	12.1±0.1	3.8±0.2	0.2±0.1	1.3±0.1	0.4±0.1
		10	18.9±0.7	12.1±0.7	4.5±0.3	10.5±0.6	12.8±0.0	4.9±0.3	0.9±0.1	1.3±0.1	0.5±0.1
		15	24.5±2.4	13.2±0.8	4.8±0.8	17.6±1.0	13.7±0.4	6.6±0.2	1.0±0.2	1.3±0.1	0.5±0.1

¹⁾Mean of triplicate determinations±SD expressed as mg gallic acid equivalents per 20 g of fresh noodle (wet weight basis).²⁾Mean of triplicate determinations±SD expressed as mg AEAC per 20 g of fresh noodle (wet weight basis).³⁾Mean of triplicate determinations±SD expressed as mg AEAC per 20 g of fresh noodle (wet weight basis).⁴⁾Noodle samples incorporated with 5%, 10% and 15% whole grain and rice bran flour before and after germination.

이 관찰되었다. 조리 후 국수의 DPPH radical을 이용한 항산화력에서는 발아현미미강을 첨가한 국수에서 가장 높은 값을 나타내었지만 뚜렷한 차이를 보이진 않았다(Table 4). Choi 등(10)은 발아에 따른 일부 특수미의 ABTS와 DPPH를 이용한 항산화력 측정에서 흑찰미를 제외한 나머지 품종에서 발아에 따른 뚜렷한 활성 차이를 나타내지 않은 것을 보고하였다.

본 실험에서는 발아 후의 현미와 미강을 첨가하여 제조된 국수의 조리특성을 알아봄으로써 발아현미 또는 발아현미 조제 시 얻은 미강의 첨가에 따른 제면특성의 변화를 알아보려 하였다. 또한 이와 함께 발아현미와 미강의 첨가에 따른 탄수화물이 주로 구성된 일반 국수(밀가루 100%)의 부족한 영양을 보완하고자 하였다. 본 실험결과, 발아현미를 5, 10과 15% 첨가한 국수는 대조군과 비교하였을 때 cooking loss에 따른 제면특성에 변화를 주지 않으면서 GABA와 polyphenol 함량이 높은 것으로 관찰되었다. 이것은 일반 밀가루로만 구성된 국수의 부족한 영양을 보충하고 기능성이 향상된 국수로의 제조가 가능할 것으로 생각된다. 또한 발아에 따른 GABA 함량이 많이 증가된 발아현미 미강을 첨가하여 제조한 국수의 경우 글루텐 첨가 등을 이용하여 cooking loss를 줄인다면 발아현미 미강 5%의 첨가만으로 영양과 기능이 향상된 국수제조와 시판이 가능할 것으로 생각된다.

요 약

발아 전과 후의 현미와 미강을 첨가한 밀가루 복합분으로 만들어진 국수의 품질 특성과 GABA 함량 및 항산화 활성의 변화를 조사하였다. 발아 전후의 현미와 미강을 각각 5, 10, 15% 첨가하여 국수를 제조하였다. 이렇게 제조된 국수는 조리 및 제면특성(cooking loss, swelling index, water holding capacity), 조리에 따른 GABA 함량과 항산화 성분(polyphenol) 및 활성(ABTS와 DPPH의 radical scavenging activities) 변화를 통해 기능성 국수로의 이용가능성을 알아보려 하였다. 실험결과, 발아 후 rice bran의 첨가에 따른 cooking loss가 증가하는 것으로 관찰되었으며 반면에 swelling index에서는 차이를 나타내지 않았다. 발아 후 현미와 미강을 첨가한 조리 전후 국수에서 발아 전 현미와 미강을 첨가한 국수보다 높은 GABA 함량을 확인하였으며 발아에 따른 polyphenol 함량과 항산화 활성에서는 큰 변화가 없음을 확인할 수 있었다. 따라서 발아현미가 첨가된 국수는 밀가루 국수의 영양학적 가치와 항산화 기능을 향상시킬 수 있는 소재로써 이용 가능할 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 농촌진흥청 Biogreen 21연구비(project number 20080401034005) 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사

드립니다.

문 헌

1. Kang MY, Lee YR, Nam SH. 2003. Characterization of the germinated rices to examine an application potentials as functional rice processed foods. *Korean J Food Sci Technol* 35: 696-701.
2. Oh SH. 2007. Effects and application of germinated brown rice with enhanced levels of GABA. *Food Sci Industry* 40: 41-46.
3. Takahashi H, Sumi M, Koshino F. 1961. Effect of γ -aminobutyric acid (GABA) on normotensive or hypertensive rats and men. *Jpn J Physiol* 11: 89-95.
4. Stanton HC. 1963. Mode of action of gamma amino butyric acid on the cardiovascular system. *Arch Int Pharmacodyn* 143: 195-204.
5. Sherif FM. 1994. GABA-transaminase in brain and blood platelets: basic and clinical aspects. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatr* 18: 1219-1233.
6. Prabhasankar P, Ganesan P, Bhaskar N, Hirose A, Stephen N, Gowda LR, Hosokawa M, Miyashita K. 2009. Edible Japanese seaweed, wakame (*Undaria pinnatifida*) as an ingredient in pasta: chemical, functional and structural evaluation. *Food Chem* 115: 501-508.
7. Ahn JW, Yoon JY. 2008. Quality characteristics of noodles added with *Dioscorea japonica* powder. *Korean J Food Sci Technol* 40: 528-533.
8. Park JH, Kim Y, Kug Y, Cho D, Choi H. 2003. Effect of green tea powder on noodle properties. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1021-1025.
9. Yoo K, Kim S, Ham Y, Yoo S, Oh H, Ham S. 2006. Antimutagenic and cytotoxic effects of *Fagopyrum esculentum* Moench noodles extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 1291-1296.
10. Choi Y, Jeon G, Kong S, Lee J. 2009. Changes in GABA content of selected specialty rice after germination. *Food Engineering Progress* 13: 154-158.
11. AOAC. 2000. *Official methods of analysis*. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
12. Tudorica CM, Kuri V, Brennan S. 2002. Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. *J Agric Food Chem* 50: 347-356.
13. Lu Z, Li L, Min W, Wang F, Tatsumi E. 2005. The effects of natural fermentation on the physical properties of rice flour and the rheological characteristics of rice noodles. *Int J Food Sci Technol* 40: 985-992.
14. Zhu F, Cai Y, Corke H. 2010. Evaluation of asian salted noodles in the presence of *Amaranthus* betacyanin pigments. *Food Chem* 118: 663-669.
15. Zhag G, Bown AW. 1996. The rapid determination of γ -aminobutyric acid. *Phytochemistry* 44: 1007-1009.
16. Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic components of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
17. Kong S, Choi Y, Kim Y, Kim DJ, Lee J. 2009. Antioxidant activity and antioxidant components in methanolic extract from Geumjong rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 807-811.
18. Kong S, Choi Y, Lee SM, Lee J. 2008. Antioxidant compounds and antioxidant activities of the methanolic extracts from milling fractions of black rice. *J Korean Soc Food*

- Sci Nutr* 37: 815-819.
19. Chansri R, Puttanlek C, Rungsadthogy V, Uttapap D. 2005. Characteristics of clear noodles prepared from edible canna starches. *J Food Sci* 70: 337-342.
 20. Konik-rose CM, Moss R, Rahman S, Appels R, Stoddard F, McMaster G. 2001. Evaluation of the 40 mg swelling test for measuring starch functionality. *Starch* 53: 21-26.
 21. Chen PN, Kuo WH, Chiang CL, Chiou HL, Hsieh YS, Chu SC. 2006. Black rice anthocyanins inhibit cancer cells invasion via repressions of MMPs and u-PA expression. *Chem Biol Interact* 163: 218-229.
 22. Choi Y, Jeong HS, Lee J. 2007. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea. *Food Chem* 103: 130-138.
 23. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Sci* 2: 152-159.
 24. Seo SJ, Choi Y, Lee SM, Kong S, Lee J. 2008. Antioxidant activities and antioxidant compounds of some specialty rices. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 129-135.
 25. Lai P, Li KY, Lu S, Chen HH. 2009. Phytochemicals and antioxidant properties of solvent extracts from *Japonica* rice bran. *Food Chem* 117: 538-544.

(2009년 11월 9일 접수; 2009년 12월 29일 채택)