

## Effect of particle size of naked oat flours on physicochemical and antioxidant property

Hyun-Il Jun<sup>1</sup>, Sun-Hee Yoo<sup>2</sup>, Geun-Seoup Song<sup>1</sup>, Young-Soo Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

<sup>2</sup>Agricultural Technology Center, Jeongeup 56141, Korea

### 쌀귀리 가루의 입도별 이화학적 특성 및 항산화 활성

전현일<sup>1</sup> · 유선희<sup>2</sup> · 송근섭<sup>1</sup> · 김영수<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 식품공학과, <sup>2</sup>정읍시 농업기술센터

#### Abstract

This study was carried out to investigate the effect of particle size of naked oat flour (NOF) on physicochemical property and antioxidant activity. The NOF was passed through 250  $\mu\text{m}$  and 160  $\mu\text{m}$  size sieves to obtain three fractions (fraction A: 250  $\mu\text{m}$  or more, fraction B: 160-250  $\mu\text{m}$ , and fraction C: 160  $\mu\text{m}$  or less). Moisture, crude protein, crude fat, and crude ash contents of NOF were 8.4, 15.7, 10.0, and 1.8%, respectively, and these contents were increased as the particle size of NOF decreased. The mineral and free amino acid contents of NOF also had a similar tendency. The contents of total starch, amylose, starch damage, total dietary fiber,  $\beta$ -glucan, total phenolics, and flavonoids in NOF were 56.4%, 21.4%, 11.7%, 11.0%, 4.7%, 237.8  $\mu\text{g/g}$  and 90.9  $\mu\text{g/g}$ , respectively. As the particle size of NOF decreased, total starch, amylose, and starch damage contents increased, whereas total dietary fiber,  $\beta$ -glucan, total phenolic and flavonoid contents decreased. Also, three antioxidant activities of NOF were closely correlated with their total phenolics and flavonoids contents, showing high correlation coefficient values ( $R^2=0.87$  and  $0.81$ , respectively).

Key words : naked oat flour, particle size, carbohydrate, physicochemical property, antioxidant property

#### 서 론

벼과 작물인 귀리(*Avena sativa* L.)는 세계적으로 밀, 옥수수, 벼, 보리 다음으로 많이 생산되고 있을 뿐만 아니라 양질의 단백질, 지질, 섬유질, 무기질, 페놀성 화합물 등을 함유하여 영양학적 가치가 높은 건강식품으로 인식되어 매년 소비량이 증가하고 있는 곡물이다(1,2). 품종별로는 껍질의 유무에 따라 겉귀리와 쌀귀리로 구분되며, 껍질 제거가 용이한 쌀귀리가 영양성, 기호성 및 가공적성에서도 우수한 것으로 평가되고 있다(3,4). 과거에는 국산용 쌀귀

리 품종이 없어서 캐나다, 호주, 러시아 등에서 대부분 수입하여 식용이나 가공제품에 사용하였으나 근래에는 국내에서 재배 및 생산량이 적합한 조양, 선양, 대양 등과 같은 쌀귀리 품종이 개발되었다(5). 이 중에서 조양(Choyang)은 조숙성인 식용귀리를 모본으로 귀리 23호를 부분으로 교배시켜 육중한 조숙성 품종으로 곡실의 발현율이 높고 수량이 많아 벼와 연계한 이모작 재배가 가능하여 국내산 쌀귀리의 국내 자급을 향상을 위해서 육성되었다(6).

국내 건강기능식품(2015년)의 시장규모는 전년 대비 16.2% 증가한 2조 3,291억 원이며, 그 중에서도 면역이나 항노화와 관련성이 높은 제품군이 79.5% 이상으로 주를 이루고 있다(7). 이와 같은 건강기능식품 시장규모의 증가는 체내에 과잉 생성된 활성산소종(reactive oxygen species, ROS) 함량을 줄이거나 스트레스에 대한 면역시스템 증진에 효과적인 식품소재와 이를 활용한 건강기능식품에 관심이 높은 우리 사회의 상황이 반영된 결과로 판단된다(8,9).

\*Corresponding author. E-mail : ykim@jbnu.ac.kr

Phone : 82-63-270-2569, Fax : 82-63-270-2572

Received 9 November 2017; Revised 22 November 2017;

Accepted 23 November 2017.

Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

특히, 귀리에 다량 함유된 페놀성 화합물,  $\beta$ -glucan 등과 같은 생리활성 성분이 체내의 면역력을 증가시키고 노화를 지연시켜 고지혈증, 당뇨, 암 등의 만성질환 예방에 효과가 있다고 보고되어 건강에 관심이 많은 소비자들이 오트밀이나 스낵 형태로 가공된 아침식사 용도로 이용하고 있으며, 그 수요가 증가하고 있다(10,11).

귀리를 이용한 가공제품을 개발하기 위해서는 제분하여 가루로 만드는 단계가 필수적이다(12). 귀리는 제분조건에 따라서 영양성분 함량 및 조성이 변화하는데, 그 중에서도 귀리에 가장 많이 존재하는 전분이 제분과정 중에 충격을 받아 손상되어 귀리의 가공적성에 영향을 주게 된다(13,14). 그러므로 곡류를 활용한 가공제품의 제조에는 입도별 이화학적 특성 및 가공적성에 관한 정보가 필요하지만 이에 관한 연구가 아직까지는 미비한 실정이다. 이에 쌀귀리의 활용도를 높이기 위한 기초자료를 얻고자 쌀귀리 가루의 입도별 이화학적 특성 및 항산화 활성을 비교 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 시약

본 연구에 사용한 쌀귀리는 전북 정읍에서 생산된 조양 품종을 구입하여 수분함량이 12%까지 되도록 열풍건조하였다. gallic acid, catechin, Folin-Ciocalteu reagent, butylated hydroxytoluene(BHT), 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH), 2,2-azinobis(3-ethylenebenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS), glucose, maltose, fructose, rice starch 등은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며, 그 밖의 시약들은 analytical grade를 구입하여 사용하였다.

### 쌀귀리의 제분 및 추출액 제조

제분은 쌀귀리(control) 1 kg을 roll 간격이 0 mm로 조절된 제분기(Single type stainless roller, Shinpoong Eng. Ltd., Gwangju, Korea)로 3회 분쇄하여 분말화하였다. 제분된 쌀귀리 가루는 250  $\mu$ m와 160  $\mu$ m의 표준망체(Daihan Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)로 체질하여 250  $\mu$ m 이상(fraction A), 160-250  $\mu$ m(fraction B) 및 160  $\mu$ m 이하(fraction C)의 3개의 군으로 분획하였다.

추출액은 시료 2 g에 70% ethanol 20 mL를 첨가하여 상온에서 3시간 추출한 후에 원심분리(16,150  $\times$ g, 10분)하여 상등액을 얻는 과정을 3회 반복하였다. 상등액은 여과(Whatman No.4, GE Healthcare Bio-Sciences AB, Uppsala, Sweden)와 감압농축(40 $^{\circ}$ C)한 후 10 mL로 정용하여 항산화 활성의 분석시료로 사용하였다.

### 일반성분 및 무기질 분석

일반성분 함량은 AOAC(15) 방법을 이용하여 수분은 상

압가열건조법, 조회분은 직접회화법, 조지방은 Soxhlet법, 조단백은 Micro-Kjeldahl법으로 측정하였다.

무기질 함량은 식품공전 방법(16)으로 측정하였다. 시료 0.5 g에 증류수 2 mL와 nitric acid 8 mL를 첨가하여 습식회화한 후에 증류수를 첨가하여 20 mL로 정용한 용액을 분석 시료로 사용하였다. K, Ca, Fe, Na, Mg, Mn, Zn 및 Cu는 ICP(iCAP6500, Thermo elemental Ltd., Cambridge, England)로 분석하였으며, 분석조건은 RF power가 1,150 W, flush pump rate는 50 rpm, nebulizer gas flow는 0.5 L/min 및 coolant gas flow는 12 L/min이었다.

### 유리아미노산 함량 분석

유리아미노산 함량은 Spacknan 등(17)의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료 1 g에 70% ethanol 30 mL를 첨가하여 초음파 처리(30 $^{\circ}$ C, 30분)한 후에 원심분리(5,000 rpm, 10분)하여 상등액을 얻는 과정을 3회 반복하였다. 상등액은 감압여과한 후에 40 $^{\circ}$ C에서 감압농축하여 70% ethanol을 완전히 제거하였다. 이 건조물에 0.2 M lithium citrate buffer(pH 2.2) 용액을 첨가하여 5 mL로 정용한 후에 0.22  $\mu$ m membrane filter(Chrom Tech, Inc., Apple Valley, MN, USA)로 여과하여 Automatic amino acid analyzer(S4300, Sykam Co., Eresing, Germany)로 측정하였다. 분석조건은 column은 lithium filter(4.6 $\times$ 100 mm)가 부착된 cation separation lithium(4.6 $\times$ 150 mm), detector는 UV-Vis(440 nm-570 nm), buffer 유속은 0.45 mL/min, ninhydrin 유속은 0.25 mL/min, injection volume은 100  $\mu$ L이었다. Buffer의 조성은 A(pH 2.85, lithium citrate 1.41%+citric acid 0.7%+methanol 5%+HCl 0.9%)+B(pH 4.20, lithium citrate 1.41%+citric acid 0.7%+HCl 0.6%)+C(pH 3.30, lithium citrate 1.88%+lithium chloride 5.07%+HCl 1%)이었다.

### 탄수화물 분석

총 전분(total starch) 함량은 Megazyme total starch assay kit(Megazyme Pty., Ltd., Wicklow, Ireland)를 이용하여 McCleary 등(18)의 방법으로 측정하였다.

아밀로스 함량은 Williams 등(19)의 방법을 응용하여 측정하였다. 시료 400 mg을 0.5 N KOH 용액 10 mL에 분산시킨 후에 증류수를 첨가하여 100 mL로 정용하였다. 희석용액 10 mL에 0.1 N HCl 5 mL, iodine 용액 0.5 mL 및 증류수를 첨가하여 50 mL로 정용하였다. 실온에서 20분 동안 방치한 후 680 nm(UV-1650PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질은 rice starch를 사용하였다.

손상전분(damaged starch) 함량은 Boyaci 등(20)의 방법을 이용하였다. 시료 9 g에  $\alpha$ -amylase 용액(277.8 U/mL) 45 mL를 첨가한 후에 30 $^{\circ}$ C의 수욕조에서 25분간 반응시켰다. 이 반응액에 3.68 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3 mL와 12% sodium tungstate

2 mL를 첨가하여 2분간 정치시킨 후에 여과(Whatman No.4)하였다. 굴절당도계(PAL-1, Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 여액의 °Brix를 측정하여 전분손상도를 산출한 후에 이를 총 전분의 함량에 대입하여 손상전분 함량을 재산출하였다.

$$\text{Degree of damaged starch(\%)} = \frac{(B_2 - B_1) \times V}{M} \times F$$

B<sub>1</sub> : 효소가 첨가되지 않은 여액의 °Brix

B<sub>2</sub> : 효소가 첨가된 시료 여액의 °Brix

M : 시료 무게(g)

V : 용액의 부피(50 mL)

F : 변환 상수(1.64)

총 식이섬유(total dietary fiber) 함량은 식이섬유 분석용 kit(TDF 100A, Sigma Chemical Co., St, Louis, Mo, USA)를 사용하여 Prosky 등(21)의 방법으로 측정하였다.

β-Glucan 함량은 Megazyme β-glucan assay kit(Megazyme Pty., Ltd.)를 이용하여 McCleary와 Glennie-Holmes(22)의 방법으로 측정하였다.

유리당 함량(free sugar)은 Cho 등(23)의 방법으로 측정하였다. 시료 1 g에 70% methanol 10 mL를 첨가하여 microwaving extractor(MARS Xtraction, CEM Co., NC, USA)를 사용하여 80°C에서 60분간 추출한 후에 원심분리(10,767 ×g, 10분)하여 상등액을 얻는 과정을 3회 반복하였다. 상등액은 감압여과한 후에 30 mL로 정용하였으며, 이를 0.22 μm membrane filter로 여과하여 HPLC system(NS-2004GP, Futecs Co., Daejeon, Korea)으로 측정하였다. 분석조건은 column은 Asahipak NH2P-504E column(4.6×250 mm, Showa Denko Co., Kanagawa, Japan), detector는 ELSD detector(Model 2000, Softa Co., Brighton, CO, USA), mobile phase는 acetonitrile:water=75:25 (v/v), flow rate는 1.0 L/min, column oven의 온도는 35°C, injection volume은 100 μL이었다. HPLC에 의해서 분리된 각 유리당의 함량은 동일조건에서 분석한 표준물질의 peak 면적의 비율과 retention time을 비교하여 분석하였으며 표준물질로는 glucose, maltose 및 fructose를 사용하였다.

#### 지방산 조성 분석

지방산 조성은 Metcalfe 등(24)의 방법을 이용하여 지질을 methyl ester화 시킨 후에 측정하였다. 시료 10 g에 diethyl ether 100 mL를 첨가하여 soxhlet 추출법으로 약 10시간 동안 추출한 후에 소량의 증류수를 첨가하고 분액 깔대기로 diethyl ether 층을 분리하였다. 분리된 diethyl ether 용액에 무수 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 첨가하여 탈수한 후에 여과지로 여과하였다. 이 여과액을 40°C에서 감압농축하여 diethyl ether를 제거한 지질을 지방산 분석시료로 사용하였다. 추출한 지질

0.2 g에 0.5 N NaOH/methanol 5 mL를 넣고 10분간 수욕상에서 가수분해시켰다. 여기에 14% BF<sub>3</sub>-methanol 5 mL를 첨가하고 2분간 가열하여 methyl ester화한 후, n-hexane으로 추출한 지방산 분석시료를 gas chromatography system(GC, 6890N, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)으로 측정하였다. column은 100 m×0.25 mm I.D.(film thickness 0.20 μm)의 SP-2560 capillary column(Supelco, Inc., Bellefonte, PA, USA), detector는 FID, carrier gas는 N<sub>2</sub>, flow rate는 1 mL/min, injection volume은 10 μL 이었다. Column의 초기온도는 140°C이었고 5분간 유지한 다음 4°C/min로 240°C까지 온도를 상승시켜 22분간 유지하였으며 column의 injector와 detector의 온도는 260°C이었다. GC에 의해서 분리된 각 지방산 methyl ester를 peak 면적비로 계산하여 각 지방산의 조성비를 구하였다. 각 지방산 peak 면적은 동일조건에서 분석한 표준지방산 methyl ester mixture(supelco 37 comp FAME Mix 10 mg/mL in CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)와 retention time을 비교하여 분석하였다.

#### 물리적 특성 분석

색도는 색차계(SP-80, Tokyo Denshoku, Tokyo, Japan)를 이용하여 귀리 가루의 L(명도), a(적색도), b(황색도)값을 측정하였다.

호화특성은 시료 3.5 g에 증류수 25 mL를 첨가하고 잘 혼합하여 RVA(RVA-4, Newport Scientific Pty., Ltd., Warriewood, Australia)로 측정하였다. 측정 중에 온도는 0-1.0분에서 50°C 유지, 1.0-4.8분에서 95°C까지 가열, 4.8-7.3분에서 95°C 유지, 7.3-11.01분에서 50°C까지 냉각 및 11.01-12.05분에서 50°C를 유지하였다. 호화특성은 최고 점도, 최저점도, 최종점도, 강하점도 및 치반점도로 나타내었다. 강하점도는 최고점도에서 최저점도를 뺀 값으로, 치반점도는 최종점도에서 최저점도를 뺀 값으로 하였다.

#### 항산화 성분 및 항산화 활성 분석

Total phenolic 함량(total phenolic content, TPC)은 Dewanto 등(25)의 방법을 이용하였다. 추출물 0.1 mL에 Folin-ciocalteu's phenol reagent 5 mL를 첨가하여 1분간 반응시킨 후에 5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 3 mL를 첨가하였다. 암소에서 1시간 동안 반응시켜 765 nm(UV-1650PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로는 gallic acid를 사용하였다.

Total flavonoid 함량(total flavonoid content, TFC)은 Jia 등(26)의 방법을 이용하였다. 추출물 500 μL에 5% NaNO<sub>2</sub> 75 μL를 첨가하여 5분간 반응시킨 후에 10% AlCl<sub>3</sub> 150 μL를 첨가하였다. 1 M NaOH 0.5 mL와 증류수 275 μL를 첨가하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로는 catechin을 사용하였다.

DPPH radical assay는 Williams 등(27)의 방법을 변형하

여 측정하였다. 시료 100  $\mu\text{L}$ 에 100  $\mu\text{M}$  DPPH용액 2 mL를 첨가하여 암소에서 20분간 반응시킨 후에 515 nm에서 흡광도를 측정하였으며, DPPH radical 소거능은 다음의 식으로 산출하여 나타내었다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity(\%)} = \frac{\text{absorbance of control} - \text{absorbance of sample}}{\text{absorbance of control}} \times 100$$

ABTS radical assay는 Arts 등(28)의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료 30  $\mu\text{L}$ 에 ABTS radical 용액 3 mL를 첨가하여 암소에서 6분간 반응시킨 후에 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며, ABTS radical 소거능은 다음의 식으로 산출하여 나타내었다.

$$\text{ABTS radical cation scavenging activity(\%)} = \frac{\text{absorbance of control} - \text{absorbance of sample}}{\text{absorbance of control}} \times 100$$

Reducing power는 Oyaizu(29)의 방법을 이용하였다. 시료 1 mL에 0.2 M phosphate buffer(pH 6.6) 2.5 mL와 1%  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  2.5 mL를 첨가하여 50°C에서 20분간 반응시켰다. 이 반응액에 10% trichloroacetic acid 2.5 mL를 첨가하여 원심분리(6,460  $\times g$ , 10분)한 후에 상등액을 취하였다. 이 상등액 5 mL에 증류수 5 mL와 0.1%  $\text{FeCl}_3$  1 mL를 첨가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 대조구로는 ascorbic

acid를 사용하였다. Reducing power는 시료액 첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이로 나타내었다.

### 통계 분석

각 실험은 3회 반복 실험하여 얻은 결과를 SAS 통계 프로그램(SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었다(30). 각 시료간의 유의성은  $p < 0.05$  수준에서 one way ANOVA로 분산분석한 후에 Duncan's multiple range test로 비교하였으며, 쌀귀리의 항산화 성분과 항산화 활성의 연관성은 Pearson 상관분석을 이용한 단순회귀분석(simple regression analysis)을 실시하여 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반성분 및 무기질 비교

일반성분 및 무기질 함량의 분석결과는 Table 1과 같다. 쌀귀리 가루(대조구)의 일반성분은 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분 함량이 각각 8.4%, 15.7%, 10.0% 및 1.8%로 귀리의 일반성분 중에서 조단백질 함량이 가장 높았다는 결과와 유사하였으나 조양 품종의 조단백질 함량이 12.9%라는 결과보다 다소 높게 나타났(31,32). 한편, 쌀귀리의 주요 무기질은 K 311.0 mg%, Mg 132.7 mg% 및 Ca 65.5 mg%로 총 무기질(529.9 mg%)의 96.1%에 해당하였으며, Fe, Na, Mn, Zn, 및 Cu 등과 같은 무기질을 미량 함유하고 있는 것으로 나타났다. 이는 귀리의 주요 무기질이 K(468.1 mg%), Mg(185.6 mg%), Ca(165.5 mg%) 순이라는 결과와

Table 1. Proximate and mineral composition of naked oat flours according to different particle sizes

Components	Control	Fractions of control			
		Fraction A (>250 $\mu\text{m}$ )	Fraction B (160-250 $\mu\text{m}$ )	Fraction C (<160 $\mu\text{m}$ )	
Moisture (%)	8.4 $\pm$ 0.0 <sup>cl</sup>	8.9 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	9.2 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	9.6 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	
Crude protein (%)	15.7 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>	16.6 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	15.8 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	14.6 $\pm$ 0.1 <sup>c</sup>	
Crude lipid (%)	10.0 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	10.4 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	9.8 $\pm$ 0.4 <sup>ab</sup>	9.6 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	
Crude ash (%)	1.8 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	2.0 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	1.6 $\pm$ 0.0 <sup>c</sup>	1.4 $\pm$ 0.0 <sup>d</sup>	
Mineral (mg%)	K	311.0 $\pm$ 1.3 <sup>b</sup>	317.3 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	307.9 $\pm$ 1.6 <sup>c</sup>	246.8 $\pm$ 0.8 <sup>d</sup>
	Ca	65.5 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	65.4 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	64.9 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	50.9 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup>
	Fe	6.0 $\pm$ 0.0 <sup>c</sup>	6.2 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	6.3 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	5.1 $\pm$ 0.0 <sup>c</sup>
	Na	5.7 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	6.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	5.6 $\pm$ 0.0 <sup>c</sup>	4.3 $\pm$ 0.0 <sup>d</sup>
	Mg	132.7 $\pm$ 0.6 <sup>d</sup>	133.7 $\pm$ 0.8 <sup>d</sup>	133.7 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	102.2 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>
	Mn	5.6 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	5.6 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	5.6 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	4.7 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>
	Zn	2.8 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	2.8 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>	3.1 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	2.5 $\pm$ 0.0 <sup>c</sup>
	Cu	0.5 $\pm$ 0.0 <sup>c</sup>	0.5 $\pm$ 0.0 <sup>c</sup>	0.9 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	0.7 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>
	Total	529.9 $\pm$ 2.4 <sup>b</sup>	537.8 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>	528.0 $\pm$ 2.5 <sup>b</sup>	417.2 $\pm$ 1.6 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean $\pm$ SD (n=3). Means with different superscript small letters in the same row are significantly different by Duncan's multiple test ( $p < 0.05$ ).

유사한 조성이었다(31).

입도별로는 수분이 8.9-9.6%, 조단백질이 14.6-16.6%, 조회분이 1.4-2.0%, 무기질이 417.2-537.8 mg%로 입도가 작아질수록 수분은 증가하였으나 조단백질, 조지방, 조회분 및 무기질 함량은 감소하였다. 이는 귀리의 강층(bran)이 배유(endosperm)보다 조단백, 조지방, 조회분 및 무기질 등의

영양성분을 더 많이 함유하고 있기 때문(4,33)으로, 입도별 분획과정 중에 귀리의 세포벽을 이루는 강층이 감소함으로써 입도가 작아질수록 조단백질, 조지방, 조회분 및 무기질 함량이 감소할 뿐만 아니라 표면적이 넓어져 분획과정 중 공기에 존재하는 수분을 많이 흡착하여 수분이 증가하는 것으로 추정된다.

**Table 2. Free amino acid composition of naked oat flours according to different particle sizes**

Components <sup>1)</sup>	Control	Fractions of control			
		Fraction A (>250 $\mu\text{m}$ )	Fraction B (160-250 $\mu\text{m}$ )	Fraction C (<160 $\mu\text{m}$ )	
EAA (mg%)	Threonine	4.2±0.6 <sup>2)</sup>	3.5±0.0 <sup>b</sup>	4.2±0.6 <sup>a</sup>	3.5±0.0 <sup>b</sup>
	Valine	0.3±0.3 <sup>a</sup>	ND <sup>3)</sup>	0.5±0.0 <sup>a</sup>	0.5±0.0 <sup>a</sup>
	Methionine	3.8±0.3 <sup>ab</sup>	4.0±0.0 <sup>a</sup>	3.1±0.8 <sup>b</sup>	1.8±0.3 <sup>c</sup>
	Isoleucine	2.0±0.5 <sup>b</sup>	1.5±0.0 <sup>c</sup>	3.8±2.8 <sup>b</sup>	6.8±0.3 <sup>a</sup>
	Leucine	4.0±0.5 <sup>b</sup>	3.5±0.0 <sup>c</sup>	5.3±2.0 <sup>b</sup>	7.0±0.5 <sup>a</sup>
	Phenylalanine	8.6±1.9 <sup>ab</sup>	10.8±0.3 <sup>a</sup>	8.0±0.9 <sup>b</sup>	8.8±0.3 <sup>b</sup>
	Histidine	12.2±3.6 <sup>a</sup>	8.0±0.0 <sup>b</sup>	11.6±4.4 <sup>a</sup>	6.3±0.3 <sup>c</sup>
	Tryptophan	0.5±0.0 <sup>a</sup>	0.5±0.0 <sup>a</sup>	0.5±0.0 <sup>a</sup>	0.5±0.0 <sup>a</sup>
	Lysine	3.5±0.0 <sup>b</sup>	3.5±0.0 <sup>a</sup>	3.5±0.0 <sup>a</sup>	3.5±0.0 <sup>a</sup>
	Total	39.1±3.5 <sup>a</sup>	35.3±0.3 <sup>b</sup>	40.3±0.6 <sup>a</sup>	38.5±1.5 <sup>a</sup>
NEAA (mg%)	Phosphoserine	3.7±0.3 <sup>a</sup>	4.0±0.0 <sup>a</sup>	3.8±0.6 <sup>a</sup>	4.3±0.3 <sup>a</sup>
	Phosphoethanol	ND	ND	ND	ND
	Taurine	ND	ND	ND	ND
	Aspartic acid	34.0±1.3 <sup>a</sup>	21.0±0.5 <sup>b</sup>	34.2±1.0 <sup>a</sup>	21.5±0.0 <sup>b</sup>
	Serine	10.6±4.6 <sup>ab</sup>	5.3±0.3 <sup>c</sup>	11.9±2.5 <sup>a</sup>	8.8±0.3 <sup>b</sup>
	Asparagine	5.0±1.8 <sup>a</sup>	3.0±0.0 <sup>b</sup>	4.3±2.5 <sup>ab</sup>	1.5±0.0 <sup>c</sup>
	Glutamic acid	53.8±7.0 <sup>ab</sup>	46.3±0.3 <sup>b</sup>	56.7±1.4 <sup>a</sup>	57.0±0.5 <sup>a</sup>
	$\alpha$ -Aminoadipic acid	ND	ND	12.8±2.2 <sup>b</sup>	38.0±0.5 <sup>a</sup>
	Glycine	6.7±1.4 <sup>ab</sup>	5.0±0.0 <sup>c</sup>	6.8±1.0 <sup>a</sup>	5.3±0.3 <sup>b</sup>
	Alanine	38.8±7.2 <sup>a</sup>	19.0±0.5 <sup>b</sup>	38.3±8.0 <sup>a</sup>	17.3±0.3 <sup>c</sup>
	Citrulline	3.8±3.3 <sup>a</sup>	ND	3.8±3.3 <sup>a</sup>	ND
	$\alpha$ -Aminobutyric acid	25.5±3.0 <sup>a</sup>	22.0±0.5 <sup>a</sup>	18.3±5.4 <sup>a</sup>	0.8±0.3 <sup>b</sup>
	Cystine	58.3±0.4 <sup>a</sup>	58.8±0.3 <sup>a</sup>	49.7±4.4 <sup>b</sup>	32.8±0.3 <sup>c</sup>
	Tyrosine	5.4±0.6 <sup>b</sup>	7.3±0.3 <sup>a</sup>	3.8±0.2 <sup>c</sup>	2.5±0.0 <sup>d</sup>
	$\beta$ -Alanine	6.3±0.5 <sup>b</sup>	15.0±0.0 <sup>a</sup>	1.3±0.2 <sup>c</sup>	ND
	$\beta$ -Aminoisobutyric acid	53.8±6.3 <sup>b</sup>	118.8±0.3 <sup>a</sup>	20.1±2.2 <sup>c</sup>	17.3±0.3 <sup>d</sup>
	$\gamma$ -Aminobutyric acid	27.8±1.0 <sup>b</sup>	29.0±0.0 <sup>a</sup>	18.9±4.2 <sup>c</sup>	2.5±0.0 <sup>d</sup>
	Carnosine	4.3±0.9 <sup>d</sup>	10.0±0.0 <sup>c</sup>	19.0±0.3 <sup>b</sup>	53.8±0.3 <sup>a</sup>
	Omithine	0.5±0.0 <sup>b</sup>	0.5±0.0 <sup>b</sup>	0.7±0.3 <sup>ab</sup>	1.0±0.0 <sup>a</sup>
	Ammonia	3.7±1.9 <sup>a</sup>	1.5±0.0 <sup>c</sup>	3.9±1.7 <sup>a</sup>	2.0±0.0 <sup>b</sup>
Total	341.9±11.3 <sup>b</sup>	366.3±2.3 <sup>a</sup>	308.3±4.5 <sup>c</sup>	266.0±2.5 <sup>d</sup>	
Total free amino acid content	381.0±18.3 <sup>b</sup>	401.5±2.5 <sup>a</sup>	348.6±34.8 <sup>c</sup>	304.5±4.0 <sup>d</sup>	

<sup>1)</sup>EAA and NEAA are an abbreviation for essential amino acid and non essential amino acid, respectively.

<sup>2)</sup>Values are mean±SD (n=3). Means with different superscript small letters in the same row are significantly different by Duncan's multiple test (p<0.05).

<sup>3)</sup>ND is an abbreviation for not detected.

### 유리아미노산 함량 비교

유리아미노산 함량의 분석결과는 Table 2와 같다. 대조구의 유리아미노산 조성은 주로 비필수아미노산(non essential amino acid, NEAA)으로 이루어져 있으며, 필수아미노산(essential amino acid, EAA) 함량은 총 유리아미노산의 10.3%인 39.1 mg%로 나타났다. 주요 유리아미노산은 NEAA 중에서는 glutamic acid(53.8 mg%), cystine(58.3 mg%),  $\beta$ -aminoisobutyric acid(53.8 mg%) 등이었으며, EAA 중에서는 phenylalanine(8.6 mg%)과 histidine(12.2 mg%)이었다. EAA는 인체에서 생성되지 않거나 생성되더라도 생성량이 소량이기 때문에 음식의 섭취를 통하여 부족한 부분을 공급해야 하는데 쌀, 밀, 보리 등과 같은 곡류보다는 귀리에 함유된 필수아미노산 함량이 높을 뿐만 아니라 귀리는 쌀에 부족한 lysine 함량이 높아서 쌀을 주식으로 하는 우리에게 적합하다(3,34).

입도별로는 입도가 가장 작은 fraction C(304.5 mg%)가 입도가 가장 큰 fraction A(401.5 mg%)보다 총 유리아미노산 함량이 24.2% 감소하여 조단백질의 결과와 유사하였다. 이는 fraction A에서 가장 높은 함량을 나타냈던  $\beta$ -aminoisobutyric acid 함량이 118.8 mg%에서 17.3 mg%로 감소한 것이 주된 원인으로 추정된다. 또한 fraction A는 대조구보다 methionine, phenylalanine, histidine 등과 같은 유리아미노산 함량이 높아서 강층이 배유보다 아미노산 함량이 높았다는 결과와 유사하였다(4,33). 그러나 isoleucine, glutamic acid, carnosine 등과 같은 일부 아미노산은 입도가 작아질수록 함량이 증가하여 다른 경향을 보이기도 하였다.

### 탄수화물 조성 비교

탄수화물 조성의 결과는 Table 3과 같다. 대조구의 탄수화물 조성은 총 전분, 아밀로스, 손상전분, 총 식이섬유,  $\beta$ -glucan 및 총 유리당 함량이 각각 56.4%, 21.4%, 11.7%,

11.0%, 4.7% 및 2,555.3 mg%로, 이중 총 전분함량이 가장 높게 나타났다. 이는 귀리의 전분함량이 59.8-61.5%이며 전분의 21.3%가 아밀로스로 구성되어 있다는 기존의 연구결과와 유사하였다(35,36). 또한 총 식이섬유와  $\beta$ -glucan 함량은 각각 10.3-13.1%와 4.7-4.9%이라는 결과와도 유사하였다(6,11,32,37). 한편 귀리의 유리당 조성은 glucose(1,340 mg%)와 maltose(1,360 mg%)가 fructose(560 mg%)보다 많이 함유되어있다는 결과와 유사하였다(31).

입도별로는 총 전분, 아밀로스 및 손상전분의 함량이 fraction A에서 각각 53.6% 19.2% 및 10.1%, fraction C에서 각각 61.6%, 25.3% 및 15.5%로 입도가 작아질수록 증가하였다. 쌀, 보리, 밀, 귀리와 같은 곡류는 가공제품으로 제조하기 위한 전 단계로 제분을 하게 되는데, 이 때 치밀한 미셀구조의 생전분(native starch)이 분쇄되면서 입도는 작아짐과 동시에 분쇄의 충격으로 전분의 일부가 미세다공성 구조의 손상전분(damaged starch)으로 전환된다(38). 또한, 손상전분은 다공성 구조의 특성상 생전분보다 전분분해효소 뿐만 아니라 수화과정 중에 쉽게 영향을 받게 되어 가공적성에 영향을 미치기 때문에 목적하는 가공제품에 맞는 적절한 입도를 파악하는 것이 매우 중요하다(39). 반면에 비전분다당류로 분류되는 총 식이섬유와  $\beta$ -glucan의 함량은 fraction A에서 각각 15.4%와 5.2%, fraction C에서 각각 9.2%와 4.0%로 입도가 작아질수록 감소하여 전분이나 전분과 관련 있는 성분들(아밀로스와 손상전분)과는 다른 경향을 보였다. 이는 세포벽 구성성분인 식이섬유와  $\beta$ -glucan이 전분보다 결합력이 강하여 동일한 제분조건에서 전분에 비해 큰 입도를 갖기 때문으로 판단된다(13).

### 지방산 조성 비교

지방산 조성의 결과는 Table 4와 같다. 대조구의 주요 지방산은 포화지방산 중에서는 palmitic acid(15.4%)이었으며, 불포화지방산 중에서는 oleic acid(47.7%)와 linoleic

Table 3. Carbohydrate composition of naked oat flours according to different particle sizes

Components	Control	Fractions of control			
		Fraction A (>250 $\mu$ m)	Fraction B (160-250 $\mu$ m)	Fraction C (<160 $\mu$ m)	
Total starch (%)	56.4 $\pm$ 0.4 <sup>cl</sup>	53.6 $\pm$ 0.4 <sup>d</sup>	58.5 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	61.6 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	
Amylose (%)	21.4 $\pm$ 0.3 <sup>c</sup>	19.2 $\pm$ 0.5 <sup>d</sup>	23.6 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>	25.3 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	
Starch damage (%)	11.7 $\pm$ 0.4 <sup>c</sup>	10.1 $\pm$ 0.0 <sup>d</sup>	13.0 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	15.5 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	
Total dietary fiber (%)	11.0 $\pm$ 0.5 <sup>c</sup>	15.4 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	12.5 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>	9.2 $\pm$ 0.1 <sup>d</sup>	
$\beta$ -Glucan (%)	4.7 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	5.2 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	4.3 $\pm$ 0.0 <sup>c</sup>	4.0 $\pm$ 0.1 <sup>d</sup>	
Free sugar (mg%)	Glucose	1,231.5 $\pm$ 21.3 <sup>b</sup>	1,740.4 $\pm$ 37.4 <sup>a</sup>	845.7 $\pm$ 12.4 <sup>c</sup>	645.2 $\pm$ 17.8 <sup>d</sup>
	Fructose	478.2 $\pm$ 11.2 <sup>b</sup>	674.4 $\pm$ 25.1 <sup>a</sup>	354.5 $\pm$ 18.2 <sup>c</sup>	300.1 $\pm$ 12.7 <sup>d</sup>
	Maltose	845.6 $\pm$ 10.6 <sup>b</sup>	1004.3 $\pm$ 36.2 <sup>a</sup>	738.2 $\pm$ 14.8 <sup>c</sup>	568.6 $\pm$ 20.1 <sup>d</sup>
	Total	2,555.3 $\pm$ 43.1 <sup>b</sup>	3,419.1 $\pm$ 98.7 <sup>a</sup>	1,938.4 $\pm$ 45.4 <sup>c</sup>	1,513.9 $\pm$ 50.6 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup> Values are mean $\pm$ SD (n=3). Means with different superscript small letters in the same row are significantly different by Duncan's multiple test (p<0.05).

**Table 4. Fatty acid composition of naked oat flours according to different particle sizes**

Components	Control	Fractions of control			
		Fraction A (>250 $\mu\text{m}$ )	Fraction B (160-250 $\mu\text{m}$ )	Fraction C (<160 $\mu\text{m}$ )	
SFA <sup>1)</sup> (%)	Myristic acid (C14:0)	0.2±0.0 <sup>2)</sup>	0.2±0.0 <sup>c</sup>	0.3±0.0 <sup>b</sup>	0.4±0.0 <sup>a</sup>
	Palmitic acid (C16:0)	15.4±0.1	15.5±2.1	15.5±0.2	15.4±2.3
	Stearic acid (C18:0)	2.0±0.0	1.9±0.3	2.1±0.0	2.0±0.4
	Arachidic acid (C20:0)	0.2±0.0 <sup>c</sup>	0.2±0.0 <sup>c</sup>	0.3±0.0 <sup>b</sup>	0.4±0.0 <sup>a</sup>
	Total	17.8±0.2	17.7±1.8	18.2±0.3	18.2±2.7
USFA (%)	Oleic acid (C18:1)	47.7±0.6	46.9±6.6	47.1±0.4	47.5±7.7
	Linoleic acid (C18:2)	32.7±0.5	33.6±4.7	32.9±0.1	32.8±5.0
	Eicosenoic acid(C20:1)	1.0±0.0 <sup>a</sup>	0.8±0.1 <sup>bc</sup>	0.9±0.0 <sup>b</sup>	0.8±0.0 <sup>c</sup>
	Linolenic acid (C18:3)	0.8±0.0	1.0±0.3	0.9±0.0	0.8±0.0
	Total	82.2±0.2 <sup>NS3)</sup>	82.3±1.8	81.8±0.3	81.8±2.7

<sup>1)</sup>SFA and USFA are an abbreviation for saturated fatty acid and unsaturated fatty acids, respectively.

<sup>2)</sup>Values are mean±SD (n=3). Means with different superscript small letters in the same row are significantly different by Duncan's multiple test (p<0.05).

<sup>3)</sup>NS, not significant at p=0.05.

acid(32.7%)이었다. 이는 귀리의 지방산은 포화지방산보다 불포화지방산이 높으며 주요 지방산이 palmitic acid, oleic acid, linoleic acid 등이라는 결과와 유사하였다(31,40).

입도별로는 포화지방산이 17.7-18.2%, 불포화지방산이 81.8-82.3%로 유사하였으며, 주요 지방산의 조성도 큰 차이를 보이지 않았다. 이와 같이 지방산 조성이 일반성분, 무기질, 유리아미노산 및 탄수화물 함량과 달리 입도별로 차이를 보이지 않는 것은 본 결과가 지방산의 함량이 아닌 단순히 추출된 지방산 조성비만을 비교분석하였기 때문이며, 이는 부위별 지방산 조성으로 볼 때, 강층이 배유층보다 지방산 함량이 높지만 조성비는 비슷하였다는 결과와 유사하였다(1,40).

#### 물리적 특성 비교

물리적 특성의 결과는 Table 5와 같다. 대조구의 색도는 L 값이 75.3, a 값과 b 값이 각각 0.3과 13.1로 기존에 보고된 귀리가루의 색도(86.3, 0.6 및 8.8)보다 L과 a 값은 낮게 나타났으나 b 값은 높게 나타났다(41). 호화특성은 최고점도가 263.8 RVU, 최저점도가 155.6 RVU, 그리고 최종점도가 399.3 RVU이었다. 특히 95℃에서 50℃로 냉각하면서 나타나는 치반점도가 243.7 RVU로 호화된 전분의 점도가 급격히 증가하는 노화현상이 관찰되었는데, 이는 대조구의 아밀로스 함량이 21.4%라는 특성을 반영한 것으로 추정된다(41).

입도별로는 L, a 및 b 값이 fraction A에서 74.7, 0.1 및

**Table 5. Physical property of naked oat flours according to different particle sizes**

Physical property	Control	Fractions of control			
		Fraction A (>250 $\mu\text{m}$ )	Fraction B (160-250 $\mu\text{m}$ )	Fraction C (<160 $\mu\text{m}$ )	
Hunter's value	L	75.3±0.1 <sup>c1)</sup>	74.7±0.0 <sup>d</sup>	75.8±0.2 <sup>b</sup>	77.8±0.0 <sup>a</sup>
	a	0.3±0.0 <sup>a</sup>	0.1±0.1 <sup>b</sup>	-0.2±0.0 <sup>c</sup>	-0.6±0.1 <sup>d</sup>
	b	13.1±0.1 <sup>a</sup>	12.8±0.1 <sup>b</sup>	12.7±0.0 <sup>b</sup>	12.1±0.0 <sup>c</sup>
Pasting property <sup>2)</sup>	Peak viscosity (RVU)	263.8±1.3 <sup>c</sup>	252.2±3.1 <sup>d</sup>	301.5±2.1 <sup>b</sup>	311.4±1.8 <sup>a</sup>
	Trough (RVU)	155.6±1.5 <sup>a</sup>	143.5±2.3 <sup>b</sup>	123.5±0.2 <sup>d</sup>	124.0±0.2 <sup>c</sup>
	Final viscosity (RVU)	399.3±1.2 <sup>c</sup>	324.8±2.0 <sup>d</sup>	463.0±0.9 <sup>b</sup>	490.0±4.3 <sup>a</sup>
	Break down (RVU)	108.1±0.3 <sup>c</sup>	108.7±0.8 <sup>c</sup>	179.3±0.8 <sup>b</sup>	187.0±1.0 <sup>a</sup>
	Setback (RVU)	243.7±2.7 <sup>c</sup>	181.3±0.3 <sup>d</sup>	340.8±2.3 <sup>b</sup>	365.5±3.6 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean±SD (n=3). Means with different superscript small letters in the same row are significantly different by Duncan's multiple test (p<0.05).

<sup>2)</sup>Break down value is a difference between peak viscosity and trough, setback value is a difference between final viscosity and trough.

12.8이었고, fraction C에서 77.8, -0.6 및 12.1로 나타나서 입도가 작아질수록 L 값은 소폭 증가하였으나 a와 b 값은 소폭 감소하였다. 이는 귀리의 입도가 작아질수록 밝아진다는 결과와 유사하였다(42). 한편 호화특성의 경우, 입도가 감소할수록 최고점도(252.2-311.4 RVU), 최종점도(324.8-490.8 RVU), 강하점도(108.7-187.0 RVU) 및 치반점도(181.3-365.5 RVU)가 증가하였는데, 이는 입도가 작아질수록 전분과 amylose 함량의 증가로 점도가 증가하였기 때문으로 추정된다. 따라서 입도에 따른 영양성분의 조성 변화가 물리적 특성에 영향을 준다는 결과와 유사하였다(43).

### 항산화 성분 및 항산화 활성 비교

항산화 성분 및 항산화 활성의 결과는 Table 6과 같다. 대조구의 TPC와 TFC는 각각 237.8 µg/g와 90.9 µg/g이었으며, 이는 귀리의 TPC가 239-662 µg/g이라고 보고한 기존의 결과와 유사하였다(44,45). 항산화 활성은 항산화기작이 다른 3개(DPPH radical assay, ABTS radical cation assay 및 reducing power)의 항산화 활성분석에서 각각 57.3%, 53.4% 및 0.23으로 나타났으며, 이상의 항산화 활성은 vitamin E(totals), phytic acid, 페놀성 화합물 등과 같은 다양한 항산화 성분들이 존재하기 때문으로 판단된다(46).

입도별로는 fraction A에서 fraction C로 입도가 작아질수록 TPC와 TFC는 각각 1.5배와 2.8배 감소하였으며, 각 항산화 활성에서도 유사한 경향이었다. 특히, 피어슨 상관회귀 분석으로 산출한 결정계수(correlation determination coefficient,  $R^2$ ) 값이 TPC가 0.87 이상을, TFC가 0.81 이상을 나타내어 높은 상관성을 보였다. 이는 귀리의 페놀성 화합물이 세포벽에 단백질과 같이 결합한 상태로 존재하기 때문에 배유보다는 강층에 주로 존재하여 420 µm 이상의 입도가 큰 분획이 420 µm 이하의 분획보다 TPC와 항산화 활성

이 높았다는 결과와 유사하였다(12,14,47).

결과적으로 입도에 따른 영양성분의 조성변화가 이화학적 특성 및 항산화 활성에 영향을 미치는 것으로 나타나 제빵, 제면 등의 가공제품에 적합한 입도의 쌀귀리 가루를 제조한다면 쌀귀리의 활용도를 높일 수 있을 것으로 기대 된다.

## 요 약

본 연구에서는 영양학적 가치가 높은 쌀귀리의 식품산업 이용률을 높이고자 쌀귀리를 입도별로 제조하여 이들의 이화학적 특성 및 항산화 활성을 비교하였다. 쌀귀리의 조단백질, 조지방 및 조회분 함량이 각각 15.7%, 10.0% 및 1.8%이었으며, 입도가 작아질수록 이들의 함량은 감소하였다. 주요 유리아미노산은 비필수아미노산 중에서는 cystine(58.3 mg%), β-aminoisobutyric acid(53.8 mg%) 등, 필수아미노산 중에서는 phenylalanine(8.6 mg%)과 histidine(12.2 mg%)이었으며, 입도가 작아질수록 함량은 감소하였다. 총 전분, 아밀로스, 손상전분, 총 식이섬유, β-glucan 및 총 유리당 함량은 각각 56.4%, 21.4%, 11.7%, 11.0%, 4.7% 및 2,555.3 mg%이었으며, 입도가 작아질수록 총 전분, 아밀로스 및 손상전분의 함량은 감소한 반면에 총 식이섬유와 β-glucan의 함량은 증가하였다. 색도는 L 값이 75.3, a 값이 0.3 및 b 값이 13.1이었으며, 입도가 작아질수록 L 값은 증가하였으나 a와 b 값은 감소하였다. 호화특성은 최고점도가 263.8 RVU, 최저점도가 155.6 RVU 및 최종점도가 399.3 RVU이었으며, 입도가 작아질수록 최고점도와 최종점도는 증가하였다. TPC, TFC 및 항산화 활성(DPPH radical assay, ABTS radical cation assay 및 reducing power)은 각각 237.8 µg/g, 90.9 µg/g, 57.3%, 53.4% 및 0.23이었으

**Table 6. Total phenolic content, total flavonoid content, and antioxidant activity of naked oat flours according to different particle sizes**

Components	Control	Fractions of control		
		Fraction A (>250 µm)	Fraction B (160-250 µm)	Fraction C (<160 µm)
Total phenolic content <sup>1)</sup> (µg/g)	237.8±7.1 <sup>b4)</sup>	281.3±14.7 <sup>a</sup>	217.5±5.4 <sup>c</sup>	187.5±1.8 <sup>d</sup>
Total flavonoid content <sup>2)</sup> (µg/g)	90.9±6.9 <sup>b</sup>	123.3±0.8 <sup>a</sup>	54.6±2.2 <sup>c</sup>	43.5±1.7 <sup>d</sup>
DPPH radical assay (%)	57.3±0.4 <sup>b</sup>	63.8±0.9 <sup>a</sup>	54.3±1.0 <sup>c</sup>	49.8±0.9 <sup>d</sup>
ABTS radical cation assay (%)	53.4±0.8 <sup>b</sup>	55.2±0.8 <sup>a</sup>	49.3±0.7 <sup>c</sup>	42.4±0.9 <sup>d</sup>
Reducing power	0.23±0.00 <sup>b</sup>	0.25±0.00 <sup>a</sup>	0.21±0.00 <sup>c</sup>	0.19±0.01 <sup>d</sup>
Regression analysis <sup>3)</sup>				
DPPH radical assay (%)	Y=0.150X <sub>1</sub> +21.694 (R <sup>2</sup> =0.99)		Y=0.158X <sub>2</sub> +43.947 (R <sup>2</sup> =0.94)	
ABTS radical cation assay (%)	Y=0.134X <sub>1</sub> +19.024 (R <sup>2</sup> =0.87)		Y=0.141X <sub>2</sub> +39.058 (R <sup>2</sup> =0.81)	
Reducing power	Y=0.006X <sub>1</sub> +0.076 (R <sup>2</sup> =0.97)		Y=0.007X <sub>2</sub> +0.168 (R <sup>2</sup> =0.98)	

<sup>1)</sup>Total phenolic content expressed as µg gallic acid equivalent per g.

<sup>2)</sup>Total flavonoid content expressed as µg catechin equivalent per g.

<sup>3)</sup>X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, Y, and R represent total phenolic content, total flavonoid content, each antioxidant activity, and correlation coefficient, respectively.

<sup>4)</sup>Values are mean±SD (n=3). Means with different superscript small letters in the same row are significantly different by Duncan's multiple test (p<0.05).

며, 입도가 작아질수록 항산화 성분 및 항산화 활성은 감소하였다. 한편 TPC와 TFC에 관한 각 항산화 활성의 결정계수(correlation determination coefficient,  $R^2$ ) 값이 각각 0.87 이상과 0.81 이상으로 나타나 항산화 성분과 항산화 활성은 상관성을 보였다.

## References

- Zhou M, Robards K, Glennie-Holmes M, Helliwell S (1999) Oat lipids. *J Am oil Chem Soc*, 76, 159-169
- Manolache FA, Hanganu A, Duta DE, Belc N, Marin DI (2013) The physico-chemical and spectroscopic composition characterization of oat grains and oat oil samples. *Rev Chim*, 64, 45-48
- Biel W, Bobko K, Maciorowski R (2009) Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. *J Cereal Sci*, 49, 413-418
- Pomeranz Y, Youngs VL, Robbins GS (1973) Protein content and amino acid composition of oat species and tissues. *Cereal Chem*, 50, 702-707
- Lee YT (1996) Physicochemical characteristics and physiological functions of  $\beta$ -glucans in barley and oats. *Korean J Crop Sci*, 41, 10-24
- Han OK, Park HH, Park TI, Seo JH, Park KH, Kim JG, Heo HY, Hong YG, Kim DH (2008) A new early-heading and high-yielding naked oat cultivar for human consumption, 'Choyang'. *Korean J Breed Sci*, 40, 512-516
- KMFDS (2016) Analysis report for annual production of functional food in 2016. Korean Ministry of Food and Drug Safety, Seoul, Korea, p 1-12
- Lee NY (2013) Starch and quality characteristic of Korean rice cultivar with waxy and non-waxy type. *Korean J Crop Sci*, 58, 226-231
- Son CG (2014) Progress of functional food in Korea and strategy of Korean medicine. *J Korean Med*, 35, 68-74
- Seo YK, Whang K (1998) *In vitro* cholesterol adsorption activity of oat gum. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 27, 785-788
- Dhingra D, Michael M, Rajput H, Patil RT (2012) Dietary fibre in foods: a review. *J Food Sci Technol*, 49, 255-266
- Gray DA, Auerbach RH, Hill S, Wang R, Campbell, GM, Webb C, South JB (2000) Enrichment of oat antioxidant activity by dry milling and sieving. *J Cereal Sci*, 32, 89-98
- Jeong HS, Kang TS, Jung IS, Park HJ, Min YK (2003)  $\beta$ -glucan contents with different particle size and varieties of barley and oats. *Korean J Food Sci Technol*, 35, 610-616
- Peterson DM, Emmons CL, Hibbs AH (2001) Phenolic antioxidant and antioxidant activity in pearling fractions of oat groats. *J Cereal Sci*, 33, 97-103
- AOAC (1996) Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup> ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA, p 1121-1180
- KFDA (2005) Korea Food and Drug Administration. Food Code. Korean Foods Industry Association, Seoul, Korea, p 358-364
- Spackman DH, Stein WH, Moore S (1958) Automatic recording apparatus for use in chromatography of amino acids. *Anal chem*, 30, 1190-1206
- McCleary BV, Solah V, Gibson TS (1994) Quantitative measurement of total starch in cereal flours and products. *J Cereal Sci*, 20, 51-58
- Williams WB, Cuvelier ME, Berset C (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm Wiss Technol*, 28, 25-30
- Boyaci IH, Williams PC, Koksel H (2004) A rapid method for the estimation of damaged starch in wheat flour. *J Cereal Sci*, 39, 139-145
- Prosky L, Asp NG, Schweizer TF, Devries JW, Furdal I (1998) Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products, Interlaboratory study. *J Assoc Off Anal Chem*, 71, 1017-1025
- McCleary BV, Glennie-Holmes M (1985) Enzymic quantification of (1 $\rightarrow$ 3),(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucan in barley and malt. *J Inst Brew*, 91, 285-295
- Cho IK, Jin SW, Kim YD (2009) Analysis of components in the parts of *Opuntia ficus indica* from Shinan Korea. *Korean J Food Preserv*, 16, 742-746
- Cha MN, Jun HL, Song GS, Kim YS (2012) The Effects of germination conditions on GABA and the nutritional components of barley. *J Food Sci Technol*, 44, 41-47
- Dewanto V, Wu X, Adonm KK, Liu RH (2002) Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem*, 50, 3010-3014
- Jia Z, Tang M, Wu J (1999) The determination of flavonoid contents in mulberry and they scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem*, 64, 555-559
- Williams WB, Cuvelier ME, Berset C (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity.

- Lebenson Wiss Technol, 28, 25-30
28. Arts MJTJ, Haenen GRMM, Voss HP, Bast A (2004) Antioxidant capacity of reaction products limits the applicability of the trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay. *Food Chem Toxicol*, 42, 45-49
  29. Oyaizu M (1986) Studies on products of browning reaction-antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucoamin. *Japanese J Nutr Diet*, 44, 307-315
  30. SAS (2004) SAS/STAT 9.1 User's Guide. SAS Institute Inc, Cary, NC, USA, p 421-480
  31. Kim HY, Hwang IG, Woo KS, Kim KH, Kim KJ, Lee CK, Lee JS, Jeong HS (2010) Chemical components changes of winter cereal crops with germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 39, 1700-1704
  32. Han OK, Park HH, Heo HY, Park TI, Seo JH, Park KH, Kim JG, Hong YG, Kim DH (2008) A new naked oat cultivar for human consumption, 'Daeyang' with high-yielding and good-quality. *Korean J Breed Sci*, 41, 56-60
  33. Hahn JD, Chung TK, Baker DH (1990) Nutritive value of oat flour and oat bran. *J Anim Sci*, 68, 4253-4260
  34. Kosieradzka I, Fabijanska M (2001) Comparison of the nutritive value of naked and husked oat protein with wheat and maize. *J Anim Feed Sci*, 10, 309-314
  35. Hoover R, Senanayake SPJN (1996) Composition and physicochemical properties of oat starches. *Food Res Int*, 29, 15-26
  36. Tian B, Xie B, Shi J, Wu J, Cai Y, Xu T, Xue SJ, Deng Q (2010) Physicochemical changes of oat seeds during germination. *Food Chem*, 119, 1195-1200
  37. Seo YK, Whang K (1998) *In vitro* cholesterol adsorption activity of oat gum. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 27, 785-788
  38. Jun HI, Yang EJ, Kim YS, Song GS (2008) Effect of dry and wet millings on physicochemical properties of black rice flours. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 37, 900-907
  39. Meuser F, Klingler RW, Niediek EK (1978) Characterization of mechanically modified starch. *Starch*, 30, 376-384
  40. Leonova S, Shelenga T, Hamberg M, Konarev AV, Loskutov I, Carlsson AS (2008) Analysis of oil composition in cultivars and wild species of oat (*Avena* sp.). *J Agric Food Chem*, 56, 7983-7991
  41. Kim CH, Tie J, Ryu GH (2012) Effect of moisture content on physical properties of extruded creal flours. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 1603-1610
  42. Lee YT, Seog HM, Cho MK, Kim SS (1996) Physicochemical properties of hull-less barley flours prepared with different ginding mills. *Korean J Food Sci Technol*, 28, 1078-1083
  43. Ovando-Martínez M, Whitney K, Reuhs BL, Doehlert DC, Simsek S (2013) Effect of hydrothermal treatment on physicochemical and digestibility properties of oat starch. *Food Res Int*, 52, 17-25
  44. Brinzova L, Certik M, Rapta P, Zalibera M, Mikulajova A, Takacsova M (2008) Antioxidant activity,  $\beta$ -glucan and lipid contents of oat varieties. *Czech J Food Sci*, 26, 163-173
  45. Yu L, Perret J, Davy B, Wilson J, Melby CL (2002) Antioxidant properties of cereal products. *J Food Sci*, 67, 2600-2603
  46. Peterson DM (2001) Oat antioxidants. *J Cereal Sci*, 33, 115-129
  47. Guo X, Yao H (2006) Fractionation and characterization of tartary buckwheat flour proteins. *Food Chem*, 98, 90-94