

국내 육성 쌀귀리 품종의 이화학 특성 및 베타글루칸 함량

이미자* · 박송이 · 김양길 · 김형순¹ · 박형호 · 이운정² · 정현상²
농촌진흥청 국립식량과학원, ¹서남대학교 생명화학공학과, ²충북대학교 식품공학과

Physicochemical properties and β -glucan contents of Korean naked oat (*Avena sativa* L.) cultivars

Mi-Ja Lee*, Song-Yie Park, Yang-Kil Kim, Hyung-Soon Kim¹, Hyoung-Ho Park, Yoon Jeong Lee², and Heon Sang Jeong²

Crop Foundation Division, National Institute of Crop Science, NICS, RDA

¹Department of Biomolecular and Chemical Engineering, Seonam University

²Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University

Abstract Due to increased consumption and demand for oat-related foods and processed food, this study examined physicochemical properties, antioxidant activity, and β -glucan contents of 5 Korean naked oat cultivars. Oat seeds had long-grain appearance in all cultivars except for Seonyang. The contents of main components such as protein, starch, and crude fat were significantly different among cultivars. The total β -glucan content was 3.78-4.60% and the soluble β -glucan ratio was 71-83%. Fatty acid composition was C18:1, C18:2, C16:0, C18:0, and C18:3. Unsaturated fatty acid (USFA) content was 75.4-81.2%. 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazil (DPPH) and 2,2'-azino-bis-3-ethyl-benzo-thiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) radical scavenging activity were significantly different for each cultivar. Daeyang had the highest β -glucan, USFA content, and antioxidant activity. Protein content showed a negative correlation with starch content ($r=-0.775$). Antioxidant activity was positively correlated with total phenol content ($r=0.760$). Ash content and flour whiteness showed a positive correlation ($r=0.732$).

Keywords: naked oat, β -glucan, physicochemical properties, antioxidant activity

서 론

귀리(*Avena sativa* L.)는 벼과(Gramineae)에 속하는 곡류로 오래 전부터 오트밀 형태의 식품으로 섭취되어 왔다. 귀리는 쌀과 밀에 비해 소비가 적지만 단백질과 지질이 풍부하고 필수 아미노산이 균형있게 함유되어 있으며 2-6%의 베타글루칸(β -glucan)이 함유되어 식품학적으로 가치가 높은 작물로 인식되고 있다(1,2). 귀리의 베타글루칸은 크게 주목 받지 못하다가 불용성식이섬유에 비하여 수용성식이섬유의 생리적 기능이 더 우수한 것이 알려지면서(3) 수용성 베타글루칸 함량이 높은 귀리에 대한 관심이 증가하게 되었다. 귀리 베타글루칸은 식후 당류의 소화 흡수를 지연시키며 인슐린의 분비를 조절할 뿐 아니라 당뇨병에 있어서 혈당 농도를 저하시키며(4) 대장암을 예방하는 것으로 알려져 있다(5,6). 2015년 KDI (Korea Development Institute) 경제정보센터 보고에 따르면 귀리 도입량은 2011년 3,890톤이었으나 2015년 상반기 20,000톤(700만 달러)으로 지난해 대비 478.0%로 수입량이

폭발적으로 증가하였으며(7), 국내 귀리 소비 증가에 따라 재배면적은 2014년 350 ha로 2006년 대비 175배 증가하였고, 생산량도 2006년 6톤에서 2012년에는 820톤으로 꾸준히 증가하고 있다. 지금까지 국내에서 식용으로 사용되는 쌀귀리 품종은 5품종이 육성되었으며, 주로 종실의 품질 특성 등이 보고되었고, 귀리가루 첨가에 따른 쿠키 적성 등 가공과 품질에 관련된 연구는 매우 한정적으로 이루어졌다(6,8). 최근에는 가공제품으로뿐만 아니라 직접 쌀과 혼합한 귀리밥으로서 이용이 증가하고 있다. 이와 같이 소비자들의 귀리에 대한 관심이 증가함에도 불구하고 국내 육성 귀리 품종의 품질 특성이나 기능성 등에 관련된 연구는 거의 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 개발된 쌀귀리 품종들의 이화학 특성, 베타글루칸 함량 및 취배특성 등에 대한 기초 자료를 제공하고자 국내 육성 쌀귀리 5품종에 대한 종실 이화학 특성 및 항산화활성 및 흡수율과 퍼집성 등을 조사하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 실험에 사용한 귀리는 농촌진흥청에서 육성한 쌀귀리 5품종(조양, 대양, 수양, 선양, 중모2005)으로 국립식량과학원 시험포장에서 표준 재배법에 준하여 재배하였으며, 2013년 중순에 파종하여 2014년 6월에 수확하였고 14°C 저장고에 저장하였다. 쌀귀리의 이화학특성 및 항산화활성 등의 분석은 0.2 mm체가 장착된

*Corresponding author: Mi-Ja Lee, Crop Foundation Division, National Institute of Crop Science, NICS, RDA, Jeonju, Jeonbuk 55365, Korea
Tel: +82-63-238-5332
Fax: +82-63-238-5305
E-mail: esilvia@korea.kr
Received August 25, 2016; revised September 22, 2016;
accepted October 14, 2016

Retsch centrifugal mill (Zm 100, Retsch GmbH & Co., Haan, Germany)을 이용하여 분쇄한 분말을 사용하였다. 베타글루칸 분석키트(β -glucan assay kit)와 전분분석을 위한 총 전분분석키트(total starch assay kit)는 Megazyme (Bray Co., Wicklow, Ireland)에서 구입하였으며, 그 외 모든 시약은 1급 이상 시약을 사용하였다.

외관품질

쌀귀리 종실의 품위는 캘리퍼(Model CD-15CP, Mitutoyo Corp., Kawasaki, Japan)를 이용하여 길이(length), 너비(width), 폭(thickness) 특성을 조사하고, 천립중과 리터중을 측정하였다. 모든 시료는 10회 반복으로 측정하였다. 귀리 품종별 종실과 분말 색도는 시료를 색차계(Color JS 55; Color Technology System Co., Tokyo, Japan)로 표면 색도값인 L (lightness), a (redness), b (yellowness)를 측정하였으며, 백도는 Kett (C300-3, Kett Electric Laboratory, Tokyo, Japan)으로 측정하였고, 표준백도판의 표준값은 86.1이었다. 각 실험은 3회 반복 수행하였다.

이화학적 성분 분석

본 실험에 사용한 쌀귀리의 수분함량은 110°C 상압 가열 건조법으로 측정하였고, 조단백질은 Elementar Analyzer System (Vario MACRO, Hanau, Germany)를 이용하여 측정하였으며, 조지방 함량은 에틸에테르를 용매로 사용, Soxtec 2050 (Foss Tecator AB, Hillerod, Denmark)을 이용하여 추출 분석하였다. 총폐놀 함량은 80% 메탄올로 추출하고 폴린-시오칼토시약(Folin-Ciocalteu reagent)을 가한 후 반응액의 흡광도를 720 nm에서 측정하고 표준물질로 0.1% gallic acid를 사용, 검량선을 작성하여 정량분석 하였다. 조회분 함량은 700°C에서 8시간 동안 회화시킨 후 무게를 측정하여 구하였다. 조지방, 조단백 함량은 수분 함량을 보정하여 최종 함량을 구하였다.

베타글루칸 및 전분 함량 분석

베타글루칸 함량은 McCleary 방법을 응용한 베타글루칸 분석키트를 이용하여 분석하였으며, 전분함량은 총 전분분석키트를 이용하여 510 nm에서의 흡광도로 분석하였다(9,10). 베타글루칸, 총전분 함량은 수분 함량을 보정하여 최종 함량을 구하였다. 불용성 베타글루칸 함량분석은 일정량의 시료를 38°C 수조에서 2시간 물추출하고 원심분리한 후 상층액을 버리고 잔류물을 2번 물로 세척한 후 분석하였다. 수용성 베타글루칸 함량은 총베타글루칸의 함량과 불용성 베타글루칸의 함량차이로 계산하였다.

지방산조성

쌀귀리의 지방산 조성 분석은 변형된 Rafael과 Mancha(11)의 방법을 사용하였다. 분쇄시료 0.3 g의 분말시료에 메탄올(methanol):헵탄(heptane):벤젠(benzene):2,2-dimethoxypropane:황산(H_2SO_4) (37:36:20:5:2, v/v)로 조제된 용액을 가하고 80°C로 가열하여 digestion 및 lipid transmethylation이 동시에 이루어질 수 있도록 하였다. 지방산 분석에 사용된 GC system은 HP6890 system의 불꽃이온화검출기(Flame Ionization Detector: FID, Hewlett Packard Co., Santa Clara, CA, USA)이었고, 컬럼은 HP-Innowax capillary (0.25 μ m i.d.×30 m)를 사용하였다. 분석조건은 초기온도는 150°C, 최종온도는 280°C로 분당 4°C 증가되도록 하였고, carrier gas는 N_2 를 분당 1.0 mL로 흘려주었다. 분석이 진행되는 동안 injector와 detector온도는 각각 250°C 및 300°C가 되도록 유지하였다. 표준 FAME (fatty acid methyl ester) mix는 Supelco사(Bellefonte, PA, USA)의 C14-C22를 사용하였다.

DPPH 및 ABTS radical 소거 활성

쌀귀리의 항산화활성은 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazil (DPPH, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 및 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid (ABTS, Sigma-Aldrich) 유리라디칼 소거활성을 측정하였다. DPPH 라디칼 소거 활성은 시료를 70% 에탄올수용액에 24시간 추출한 후 0.2 mM DPPH 용액을 가하여 교반하고, 실온에서 30분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다. ABTS 라디칼 소거 활성은 ABTS 7 mM과 potassium persulphate 2.45 mM을 24시간 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 734 nm에서 흡광도값이 0.7 (± 0.02)이 되도록 에탄올로 희석한다. 희석된 시료 추출액 0.1 mL에 ABTS 용액 2.9 mL를 가하여 30°C에서 20분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도 변화를 측정하였다. 이때 표준물질로 trolox (Sigma-Aldrich)를 사용하였다.

흡수율과 퍼짐성

취반특성은 흡수율과 퍼짐성을 조사하였다. 쌀귀리 5 g을 20 mL 증류수가 들어있는 메스실린더에 넣은 후 부피(a)를 읽고, 증류수를 제거한 후 이 시료를 다른 비이커에 옮기고 끓는 물 80 mL를 부어 150°C에서 40분간 취반하였다. 이후 시료에서 증류수를 제거하고 10분 후 무게(b)를 측정하였다. 이 시료를 20 mL 증류수가 들어 있는 메스실린더에 옮기고 부피(c)를 잰 후 다음 식으로 흡수율과 퍼짐성을 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{흡수율} &= \text{흡수 후 무게(b)}/\text{시료무게} \times 100 \\ \text{퍼짐성} &= \text{취반 후 부피(c)}/\text{시료부피(a)} \times 100 \end{aligned}$$

통계처리

실험치는 평균값과 표준오차로 표시하였다. 통계분석은 SAS Enterprise Guide 4.0 (Statistical analysis system, 2016, Cary, NC, USA)로 분석하고, 시료간의 유의적인 차이는 던컨시험(Duncan's multiple range test)로 유의수준 5% ($p < 0.05$)에서 검증하였다.

결과 및 고찰

국내 쌀귀리 품종들의 외관 특성

쌀귀리 품종들의 종실 모양은 Fig. 1과 같으며 종실 특성은 Table 1과 같았다. 쌀귀리 종실은 너비보다 길이가 길며, 품종간에 약간의 차이를 나타내었다. 길이는 수양과 조양이 다소 길었으며, 선양이 가장 짧았고, 너비는 대양이 가장 넓었고 두께도 대양이 가장 두꺼웠다. 이에 따른 길이와 너비의 장폭비는 2.9-3.8이었으며, 조양이 가장 컸고 선양이 가장 작았다. 장폭비가 3.0 이상일 때 장립종으로 판단할 수 있으므로, 선양을 제외한 모든 품종이 장립종이었으며, 특히, 조양과 수양이 매우 장립이었다. 쌀귀리의 품종별 천립중은 대양이 가장 무거웠고, 중모2005가 가장 가벼운 소립종이었으며, 리터중은 선양이 가장 무거웠고 수양이 가장 가벼웠다.

쌀귀리 품종별 종실의 명도(lightness, L)는 조양이 가장 밝았으며, 적색도(redness, a)는 선양이 가장 높았고, 황색도(yellowness, b)는 조양이 가장 높았다(Table 2). 백도는 14.8-17.4 범위였으며 조양과 선양이 높았고, 대양이 가장 낮았다. 분말의 명도는 선양과 수양이 높았고, 적색도는 선양과 대양이 높았으며, 황색도는 조양이 높았고, 분말 백도는 56.0-60.8로 선양이 가장 높았고 다음으로 조양이 높아 다른 품종들에 비하여 밝은 경향을 보였다.



Fig. 1. Seed appearances of Korean naked oat cultivars.

Table 1. Moisture and appearance quality of Korean naked oat cultivars

Cultivars	Moisture (%)	Test weight (g/L)	1000-grain weight (g)	Length (A) (mm)	Width (B) (mm)	Thickness (mm)	Ratio (A/B)
Choyang	9.47±0.058 ^{c1)}	704.97±0.919 ^b	29.76±0.143 ^b	9.39±0.649 ^a	2.50±0.290 ^c	2.03±0.228 ^b	3.8
Sooyang	9.70±0.100 ^b	682.15±1.316 ^d	26.43±0.293 ^c	9.42±0.685 ^a	2.58±0.194 ^{bc}	2.14±0.180 ^b	3.6
Daeyang	9.40±0.100 ^c	694.95±1.329 ^c	30.83±0.275 ^a	8.91±0.683 ^b	2.84±0.254 ^a	2.35±0.166 ^a	3.1
Seonyang	8.83±0.058 ^d	742.41±0.940 ^a	23.89±0.321 ^d	8.02±0.714 ^c	2.75±0.215 ^{ab}	1.91±0.148 ^c	2.9
Jungmo2005	10.23±0.058 ^a	703.87±0.917 ^b	23.14±0.106 ^c	8.36±0.521 ^c	2.67±0.235 ^b	2.03±0.141 ^b	3.1

¹⁾Values indicate the mean±SD of triplicates; Different superscripts in the same column mean significant difference at $p<0.05$.

국내 쌀귀리 품종의 이화학적 특성 및 베타글루칸 함량

쌀귀리 품종들의 단백질 함량은 12.7-16.9% 범위에었으며 선양이 가장 높았고 조양이 가장 낮은 단백질함량을 보이는 등 품종간 차이를 보였다(Table 3). 이는 Lee 등(12)이 국내 쌀귀리 품종의 단백질 함량 분석결과 선양쌀귀리가 16.4%로 가장 높았다고 보고한 것과 같은 결과이다. 귀리의 단백질은 라이신 함량이 총 단백질 함량에 관계없이 일정하여 좋은 단백질로 알려져 있으며 다른 곡물에 비해 단백질 함량이 높다(13,14). 회분은 1.75-1.97%로 선양, 대양, 중모2005가 높았으며, 전분 함량은 54.7-60.6%로 조양이 가장 높았고 선양이 가장 낮았다. 조지방 함량은 8.50-10.12%로 수양이 가장 높았고 조양이 가장 적었다. 이러한 결과는 Lee 등(12)이 보고한 조지방 함량(5.5-10.0%)과는 비슷하였지

만 조양이 가장 높고 대양이 가장 낮았다고 한 품종별 단백질 함량 결과와는 다른 결과를 보였다. 총폴리페놀 함량은 97.68-106.63 mg%로 품종간 유의적인 차이를 나타내었으며 대양이 가장 높은 총폴리페놀 함량을 보였다. 페놀성 화합물은 식물체에 널리 분포되어 있는 물질로 페놀성 화합물의 phenolic hydroxyl기가 단백질과 같은 거대분자와의 결합을 통해 항산화, 항암 및 항균 등의 생리기능을 가지는 것으로 알려져 있으며(15), 특히, 곡류에 함유되어 있는 polyphenolic 화합물은 우수한 항산화력을 가지는 것으로 알려져 있다(16). 국내에서 개발된 쌀귀리 품종들의 이화학적 특성 분석결과 총폴리페놀 함량, 단백질, 조지방, 전분 등의 함량에서 품종간 유의적인 차이를 보였다.

총베타글루칸 함량은 3.78-4.60%로 대양이 가장 높았으며, 귀

Table 2. Color and whiteness of Korean naked oat cultivars

Cultivars	Whole grain				Flour			
	L ¹⁾	a	b	Whiteness	L	a	b	Whiteness
Choyang	55.2±0.1 ^{a2)}	6.05±0.03 ^b	22.1±0.1 ^a	17.4±0.1 ^a	81.3±0.3 ^c	1.04±0.03 ^c	13.7±0.1 ^a	58.5±0.1 ^b
Sooyang	52.8±0.6 ^c	5.64±0.11 ^c	20.1±0.4 ^c	16.3±0.1 ^c	82.4±0.3 ^b	0.83±0.04 ^d	12.3±0.1 ^b	56.0±0.3 ^c
Daeyang	49.7±0.3 ^e	5.76±0.03 ^c	20.4±0.4 ^{bc}	14.8±0.1 ^e	79.9±0.1 ^d	1.09±0.00 ^b	12.3±0.0 ^b	57.3±0.0 ^d
Seonyang	53.9±0.0 ^b	6.70±0.03 ^a	20.3±0.2 ^{bc}	17.1±0.1 ^b	82.9±0.1 ^a	1.13±0.02 ^a	10.7±0.0 ^d	60.8±0.1 ^a
Jungmo2005	51.4±0.6 ^d	5.73±0.28 ^c	20.6±0.2 ^b	15.7±0.1 ^d	82.6±0.2 ^b	0.59±0.03 ^c	11.3±0.1 ^c	58.0±0.1 ^c

¹⁾L; lightness, a; redness, b; yellowness

²⁾Values indicate the mean±SD of triplicates; Different superscripts in the same column mean significant difference at $p<0.05$.

Table 3. Chemical properties of Korean naked oat cultivars

Cultivars	Protein (%)	Ash (%)	Starch (%)	Lipid (%)	Total phenol (mg %)
Choyang	12.7±0.27 ^{d1)}	1.86±0.01 ^b	60.6±0.27 ^a	8.50±0.24 ^c	103.52±0.97 ^b
Sooyang	14.0±0.27 ^c	1.75±0.02 ^c	56.5±0.37 ^{ab}	10.12±0.05 ^a	106.63±4.01 ^b
Daeyang	15.3±0.77 ^b	1.92±0.01 ^a	55.7±1.80 ^{ab}	9.37±0.19 ^b	128.44±2.89 ^a
Seonyang	16.9±0.24 ^a	1.97±0.00 ^a	54.7±0.85 ^b	9.68±0.15 ^{ab}	97.68±0.79 ^c
Jungmo2005	14.1±0.21 ^c	1.94±0.03 ^a	57.7±3.95 ^{ab}	10.04±0.03 ^a	105.16±1.77 ^b

¹⁾Values indicate the mean±SD of triplicates; Different superscripts in the same column mean significant difference at $p<0.05$.

Table 4. β -Glucan and soluble β -glucan content of Korean naked oat cultivars

Cultivars	Total β -glucan (%)	Insoluble β -glucan (%)	Soluble β -glucan (%)	Soluble β -glucan ratio (%)
Choyang	3.88±0.06 ^{c1)}	1.03±0.16 ^{ab}	2.85±0.17 ^{ab}	73±4.27 ^{ab}
Sooyang	4.41±0.01 ^{ab}	0.75±0.02 ^b	3.66±0.00 ^a	83±0.33 ^a
Daeyang	4.60±0.13 ^a	0.79±0.03 ^b	3.81±0.09 ^a	83±0.25 ^a
Seonyang	3.97±0.45 ^{bc}	0.80±0.12 ^b	3.17±0.33 ^{ab}	80±0.83 ^{ab}
Jungmo2005	3.78±0.26 ^c	1.09±0.01 ^a	2.69±0.26 ^b	71±2.12 ^b

¹⁾Values indicate the mean±SD of triplicates; Different superscripts in the same column mean significant difference at $p<0.05$.

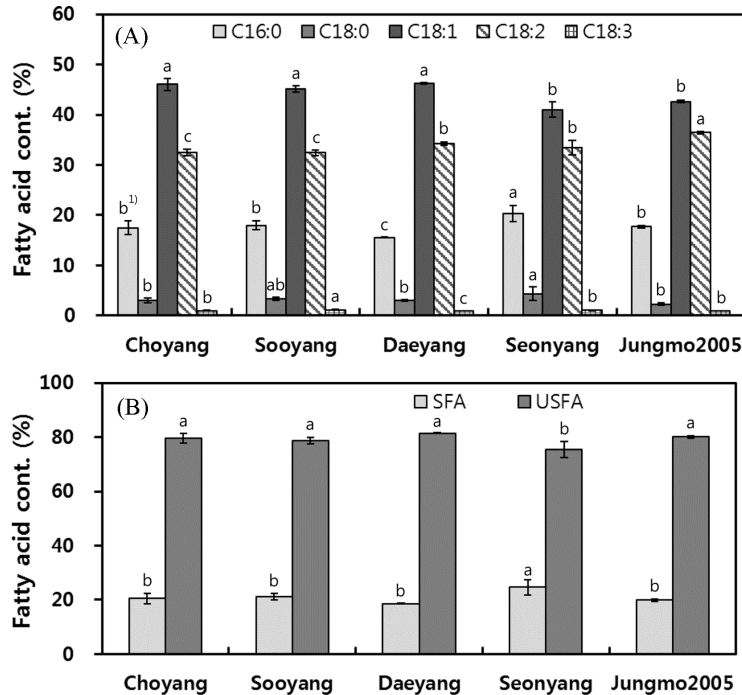


Fig. 2. Composition of fatty acids (A) and USFA and SFA (B) in Korean naked oat cultivars. C16:0, Palmitic acid; C18:0, Stearic acid; C18:1, Oleic acid; C18:3, Linolenic acid; USFA, Unsaturated fatty acid; SFA, Saturated fatty acid. ¹⁾Different superscripts in the same column mean significant difference at $p<0.05$.

리 수용성베타글루칸 함량은 2.62-3.81% 범위였고, 대양이 높은 수용성 베타글루칸 함량을 나타내었다(Table 4). Jeong 등(5)은 식용귀리 등 5개 귀리 품종에 대하여 총베타글루칸과 수용성 및 불용성을 베타글루칸 함량을 분석한 결과 각각 4.8-9.9%, 1.5-3.8% 및 1.9-6.8%라고 보고하였는데 본 시험에서 분석한 쌀귀리의 경우 Jeong 등(5)의 결과에 비하여 총베타글루칸 함량은 다소 낮았지만 수용성 베타글루칸 함량은 높았다. 총베타글루칸 함량에 대한 수용성베타글루칸 함량비율은 71-83%로 대양과 수양이 가장 높았다. Lee 등(17)은 국내에서 개발된 쌀보리 18개 품종들의 총 베타글루칸 함량과 수용성베타글루칸 함량을 분석하여 총베타글루칸 함량은 4.28-9.72%이고, 수용성 베타글루칸 함량은 2.56-5.56%로 수용성베타글루칸 비율은 49.6-72.1%로 보고하였다. 쌀귀리의 총베타글루칸 함량과 수용성 베타글루칸 함량은 보리보다 낮았으나, 수용성베타글루칸 비율은 쌀귀리가 쌀보리보다 높았다. 귀리의 수용성 베타글루칸은 심혈관질환을 예방하는데 큰 기여를 하는 것으로 알려져 있으며, 미국 FDA는 매일 3g의 수용성 베타글루칸을 섭취하면 심혈관질환을 줄일 수 있다고 하였다(18).

지방산조성

쌀귀리의 지방산 조성 및 불포화지방산과 포화지방산 함량은 Fig. 2와 같았다. 올레산(C18:1, oleic acid, 41.0-46.2%), 리놀레산(C18:2, linoleic acid, 32.4-36.5%), 팔미트산(C16:0, palmitic acid, 15.5-20.2%), 스테아르산(C18:0, stearic acid, 2.3-4.3%), 리놀렌산(C18:3, linolenic acid, 0.98-1.16%)순이었으며, 불포화지방산은 75.4-81.2%이었고, 올레산과 리놀레산이 대부분을 차지하였다. 불포화지방산 함량은 대양이 가장 높았으며 리놀레산 함량이 많았고, 다음으로 중모2005(70.1%), 조양(80.0%), 수양(78.7%), 선양(75.4%) 순으로 높았다. 높은 지방함량과 유리지방산은 다양한 가공에 의한 산패, 불쾌한 냄새 등을 유발할 수 있어 제품 생산시 저해 요소가 될 수 있으며, 저장에도 문제가 될 수 있다고 알려져 있다.

DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성

알파토코페롤(α -tocopherol)과 L-ascorbic acid와 같은 항산화제는 지질과산화 반응과 같이 산소 유래 라디칼에 의해 일어나는 여러 가지 손상 반응에서 라디칼을 환원시켜 손상을 방지하고 지

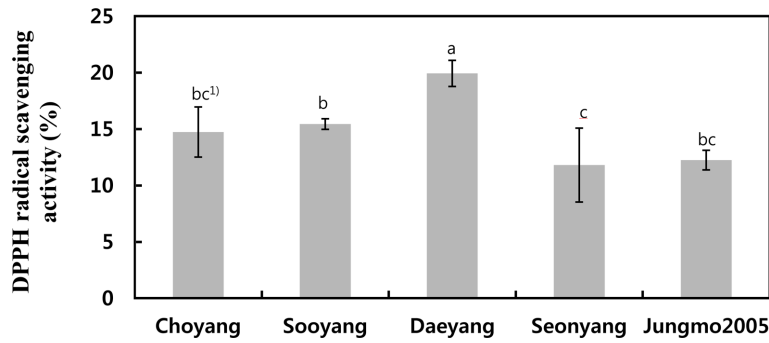


Fig. 3. DPPH radical scavenging activity of Korean naked oat cultivars. ¹⁾Different superscripts in the same column mean significant difference at $p < 0.05$.

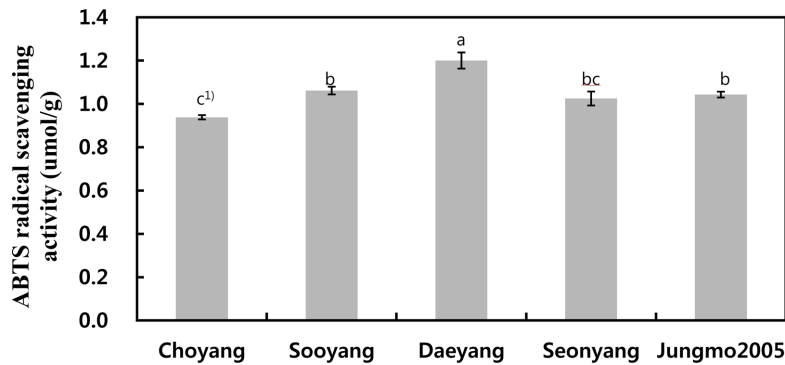


Fig. 4. ABTS radical scavenging activity of Korean naked oat cultivars. ¹⁾Different superscripts in the same column mean significant difference at $p < 0.05$.

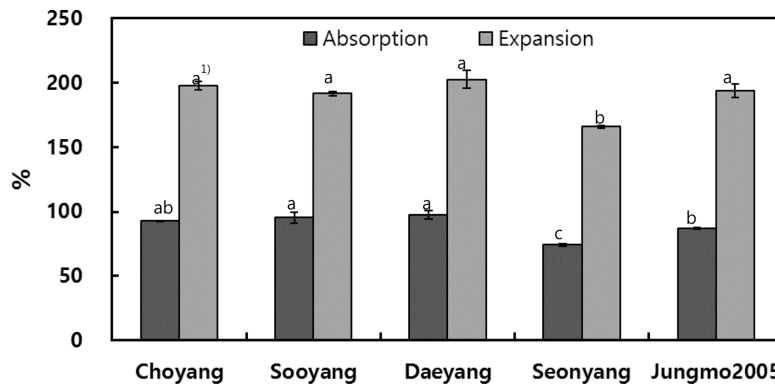


Fig. 5. Water absorption and expansion of Korean naked oat during cooking. ¹⁾Different superscripts in the same column mean significant difference at $p < 0.05$.

질과산화 연쇄반응을 종결시킨다. 이때 항산화제는 환원력이 클수록 생체 보호 효과가 크다. 라디칼을 환원시키는 항산화제의 능력은 상대적으로 안정한 라디칼 구조를 갖는 DPPH와의 반응을 통하여 알아볼 수 있다(19). 쌀귀리 품종들의 DPPH 라디칼 소거 활성은 11.8-19.9% 수준으로 품종마다 유의적인 차이를 보였으며, 대양이 가장 높은 활성을 보였다(Fig. 3). ABTS 라디칼 소거 활성은 0.938-1.200 $\mu\text{mol TE/g}$ 으로 품종별로 차이를 보였으며 대양이 가장 높은 항산화활성을 보였다(Fig. 4). Kim 등(20)은 천연물의 항산화활성은 활성 라디칼에 전자를 공여하고, 식품 중의 지방질 산화를 억제하는 특성을 가지고 있고, 인체 내에서는 활성 라디칼에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하고 있으며, 라디칼 소거작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는데 대단히 중요한 역할을 한다고 하였다. 실험결과 DPPH와 ABTS 라디칼 소거

활성 모두 대양이 가장 높은 활성을 보여 국내에서 개발된 쌀귀리 품종 중 가장 높은 항산화활성을 가지는 것으로 판단된다.

취반특성 및 상관관계

쌀귀리의 흡수율과 퍼짐성을 조사한 결과는 Fig. 5와 같았다. 흡수율은 87-98% 수준이었으며 퍼짐성은 166-203% 수준이었다. 흡수율과 퍼짐성 모두 선양이 가장 낮았으며, 이외 품종들간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. Lee 등(21)의 보고에 따르면 국내 시판 보리쌀의 흡수율은 135-284%이었으며 퍼짐성은 227-457% 수준이었다.

쌀귀리의 이화학적 성분과 항산화활성 등에 대한 상관관계를 알아본 결과는 Table 5와 같았다. 전분함량과 단백질 함량은 부의 상관관계($r = -0.775$)를 보였으며, 분말백도는 회분함량($r = 0.732$)

Table 5. Correlation coefficients between chemical components of Korean naked oat cultivars

	Absorption	Expansion	Starch	β -Glucan	Whole grain whiteness	Flour whiteness	Fat	Total phenol	DPPH	ABTS	Protein
Ash	0.001	0.325	-0.185	-0.341	-0.143	0.732*	-0.064	0.017	-0.181	0.172	0.581
Absorption		0.907*** ¹⁾	-0.546	0.313	-0.716*	-0.443	0.862**	0.342	-0.055	0.531	0.298
Expansion			-0.659*	0.288	-0.685*	-0.111	0.827**	0.291	-0.135	0.565	0.587
Starch				-0.434	0.320	-0.136	-0.481	-0.146	-0.179	-0.543	-0.775**
β -Glucan					-0.540	-0.513	0.152	0.652*	0.687*	0.673*	0.271
Whole grain whiteness						0.519	-0.381	-0.835**	-0.442	-0.775**	-0.223
Flour whiteness							-0.254	-0.533	-0.363	-0.256	0.512
Fat								-0.046	-0.398	0.269	0.349
Total phenol									0.760**	0.590	0.085
DPPH										0.536	0.097
ABTS											0.482

¹⁾* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

과 정의 상관관계를 나타내었다. DPPH 라디칼 소거활성은 총페놀함량($r=0.760$)과 정의 상관관계를 나타내었고, 조지방 함량과 취반특성인 흡수율($r=0.862$) 및 퍼짐성($r=0.827$)이 높은 정의 상관관계를 나타내었는데 추후 이에 대한 정확한 원인구명이 필요할 것으로 생각된다. Lee 등(22)은 보리의 전분함량과 단백질 함량과는 음의 상관관계를 가진다고 보고하였으며, Kang 등(23)은 시판 국내산 및 수입산 밀가루 품질특성을 분석한 결과 밀가루에서 백도는 회분 및 단백질 함량과 관계가 있다고 보고하였다.

요 약

본 연구에서는 소비가 증가되고 있는 귀리 관련 식품 및 가공식품 수요에 대처하기 위해 국내 육성 품종의 이화학적 특성 및 기능성분인 베타글루칸과 항산화활성을 분석하였다. 국내에서 현재까지 개발된 쌀귀리는 5개 품종으로 이들 품종에 대한 연구 결과를 요약하면 다음과 같다. 귀리 종실의 외관특성은 선양을 제외한 모든 품종이 장립종이었으며, 귀리 종실 및 가루의 백도 및 L값은 조양이 비교적 높은 값을 보였고, 단백질, 전분, 조지방 등 주요 구성성분은 품종에 따라 유의적인 차이를 보였다. 총베타글루칸 함량은 3.78-4.60% 수준으로 대양이 가장 높았으며, 총베타글루칸 함량에 대한 수용성베타글루칸 함량비율은 71-83%이었다. 쌀귀리의 지방산 조성은 C18:1, C18:2, C16:0, C18:0, C18:3 순이었으며, 불포화지방산 함량은 75.4-81.2%이었으며 대양이 가장 높았다. DPPH 라디칼 소거 활성과 ABTS 라디칼 소거 활성은 품종마다 유의적인 차이를 보였으며, 대양이 가장 높은 항산화활성을 보였다. 전분함량과 단백질 함량은 부의 상관관계($r = -0.775$)를 보였으며, DPPH 라디칼 소거활성은 총페놀함량과 정의 상관관계($r=0.760$)를 나타내었고, 회분함량과 분말백도도 정의 상관관계($r=0.732$)를 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원 농업과학기술 연구개발사업(세부과제명: 보리 용도별 품질요인 규명 및 이용연구, 과제번호: PJ011143012017)의 지원에 의해 이루어진 것이다.

References

- Jeong YS, Kim JW, Lee ES, Gil NY, Kim SS, Hong ST. Optimization of alkali extraction for preparing oat protein concentrates from oat groat by response surface methodology. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1462-1466 (2014)
- Aman P, Graham H. Analysis of total and insoluble mixed-linked (1 \rightarrow 3),(1 \rightarrow 4)- β -D-glucans in barley and oats. *J. Agr. Food Chem.* 35: 704-709 (1987)
- Vachon C, Jones JD, Wood PJ, Savoie L. Concentration effect of soluble dietary fibers on postprandial glucose and insulin in the rat. *Can. J. Physiol. Pharm.* 66: 801-806 (1988)
- Anderson JW. Dietary fiber and diabetics. pp. 193-221. In: *Medical Aspects of Dietary Fiber*. Plenum Publishing Co., New York, NY, USA (1980)
- Jeong HS, Kang TS, Jung IS, Park HJ, Min YK. β -Glucan contents with different particle size and varieties of barley and oats. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 610-616 (2003)
- Han OK, Park HH, Park TI, Seo JH, Park KH, Kim JG, Heo HY, Hong YG, Kim DH. A new early-heading and high yielding naked oat cultivar for human consumption, 'Choyang'. *Korean J. Breeding Sci.* 40: 512-516 (2008)
- Korean Development Institute. Statistical appendices. *Economic bulletin*. Available from: <http://eiec.kdi.re.kr/report/ebdownload.jsp?cid=659>. Accessed Jul. 27, 2015.
- Han OK, Park HH, Heo HY, Park TI, Seo JH, Park KH, Kim JG, Hong YG, Kim DH. A new naked oat cultivar for human food. "Daeyang" with high-yielding and good-quality. *Korean J. Breeding Sci.* 41: 56-60 (2009)
- McCleary BV, Codd R. Measurement of (1 \rightarrow 3),(1 \rightarrow 4)- β -D-glucan in barley and oat: A streamlined enzymic procedure. *J. Sci. Food Agr.* 55: 303-312 (1991)
- McCleary BV, Solah V, Gibson TS. Quantitative measurement of total starch in cereal flours and products. *J. Cereal Sci.* 20: 51-58 (1994)
- Rafael G, Mancha M. One-step lipid extraction and fatty acid methyl ester preparation from fresh plant tissues. *Anal. Biochem.* 211: 139-143 (1993)
- Lee YY, Ham HM, Park HH, Kim YK, Lee MJ, Han OK, Kim YH, Park HM, Lee BW, Park JY, Sim EY, Lee CW, Kim WH. The physicochemical properties and dietary fiber contents in naked and hulled Korean oat cultivars. *Korean J. Breeding Sci.* 48: 37-47 (2016)
- Flander L, Salmenkallio-Marttila M, Suortti T, Autio K. Optimization of ingredients and baking process for improved whole

- meal oat bread quality. LWT-Food Sci. Technol. 40: 860-870 (2007)
14. Gangopadhyay N, Hossain MB, Rai DK, Brunton NP. A review of extraction and analysis of bioactivities in oat and barley and scope for use of novel food processing technologies. Molecules 20: 10884-10909 (2015)
 15. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends Plant Sci. 2: 52-189 (1997)
 16. Middleton E, Kandaswami C. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. Food Technol. 48: 115-119 (1994)
 17. Lee MJ, Yoo JS, Kim YJ, Park JC, Kim TS, Choi JS, Kim KJ, Kim HS. Varietal and annual variations of β -glucan contents in Korean barley (*Hordeum vulgare* L.) and oat (*Avena sativa* L.) cultivars. Korean J. Crop Sci. 56: 284-291(2011)
 18. FDA (Food and Drug Administration). 21 CFR Part 101. Food labeling: Health claims; Soluble dietary fiber from certain foods and coronary heart disease. Federal register. 70: 76150-76162 (2005)
 19. Park SA, Ha JH, Park SN. Antioxidative activity and component analysis of *Broussonetia Kazinoki* SIEB extracts. Appl. Chem. Eng. 24: 177-183 (2013)
 20. Kim SM, Cho YS, Sung SK. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 626-632 (2001)
 21. Lee MJ, Kim YK, Seo JW, Kim JG, Kim HS. Cooking and pasting characteristics of non-waxy and waxy pearled barley products from Korea. Korean J. Food Preserv. 16: 661-668 (2009)
 22. Lee MJ, Kim YK, Park JC, Kim YJ, Kim KH, Choi ID, Choi JS, Kim KJ, Kim HS. Relationship of physicochemical characteristics and ethanol yield of Korean barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. Korean J. Crop Sci. 57: 401-408 (2012)
 23. Kang CS, Kim HS, Cheong YK, Kim JG, Park KH, Park CS. Flour characteristics and end-use quality of commercial flour produced from Korean wheat and imported wheat. Korean J. Food Preserv. 15: 687-693 (2008)