

Nutritional composition and functionality of mixed cereals powder

Ja-Min Kim¹, Joo-Young Park¹, Kun-Woo Kim², Kyung-Young Yoon^{1*}

¹Department of Food and Nutrition, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea

²Plant Resource Major, School of Bioresource Science, Andong National University, Andong 760-749, Korea

혼합잡곡분말의 영양성 및 기능성

김자민¹ · 박주영¹ · 김건우² · 윤경영^{1*}

¹영남대학교 식품영양학과, ²안동대학교 생명자원과학부 생약자원학전공

Abstract

Six types of mixed cereals powder were prepared using different mixing ratios of barley, proso millet, sorghum, and adlay, and their nutritional components and functionalities were analyzed. The mixed cereals powders contained high levels of crude protein. The free amino acid and mineral contents of Sample E were the highest among all the samples. Fructose, glucose, sucrose, and maltose were detected as the four major free sugars in all the mixed cereals powders, and Sample D had the highest amount of reducing sugar among all the samples. The total polyphenol and total flavonoid contents of Sample F were significantly higher than those of the other samples. Sample C showed the highest level of DPPH radical scavenging activity and reducing power. As for the ABTS radical scavenging activity, the IC₅₀ of Sample D was the lowest among all the samples, but did not significantly differ from that of Sample C. Therefore, we suggest 2:2:1:1 (in Sample D) as the best mixing ratio of barley, proso millet, sorghum, and adlay to produce a mixed cereals powder with excellent nutritional value and antioxidant activities.

Key words : mixing ratio, cereals, antioxidant activity, nutritional composition

서 론

현대 식생활의 서구화로 과거에 비해 쌀을 비롯한 잡곡의 섭취는 감소하는 반면 육류, 유제품, 유지류, 당류 등의 소비증가로 순환기 및 대사성 만성 질환이 늘어나고 있는 추세이다. 이에 따라 건강에 대한 관심이 높아짐과 동시에 노화와 관련된 질병들의 예방 및 치료를 위한 식생활에 관심이 집중되면서 잡곡에 대한 소비와 관심이 증가되고 있다(1). 잡곡은 쌀과 찰쌀 이외의 보리, 울무, 콩, 조, 기장, 수수, 옥수수 등을 통틀어 말하며, 쌀에 비해 열등작물로 여겨져 왔으나 잡곡류의 우수한 영양성과 다양한 기능성이 밝혀지면서 최근 새로운 웰빙식품의 원료로 이용가치가 높아지고 있는 추세이다(2). 잡곡에는 비타민, 무기질 및 식이섬유가 쌀의 2~3배가량 많고 기타 다양한 생리활성물질이 다량 함유되어 있어 영양학적으로 우수하고 다양한

생리활성 물질이 다량 함유되어 있다(3). 잡곡 중 보리는 쌀과 더불어 우리 민족의 주식으로써 큰 몫을 차지하며 β -glucan 함량이 높아 체내 혈중 콜레스테롤의 축적을 억제하여 심장질환을 예방한다(4). 또한 쌀에 비해 철분, vitamin B군을 2~14배 정도 함유 하고 있어 심장병, 변비, 각기병, 소화기 이상에 치유 효과가 있다고 보고되고 있다(5). 기장은 쌀에 비해 단백질, 지방질, vitamin A 등이 풍부하며 간의 중성지방을 감소하는 효과가 보고되고 있으며(6), 수수는 식이섬유, 페놀화합물 등의 유효성분이 다량 함유되어 있으며(7), 이러한 유효성분들은 식욕개선, 소화촉진, 체온유지, 위장보호, 해독 등 여러 가지 작용을 한다고 알려져 있다(6). 울무는 탄수화물 중 당질의 함량은 낮고 섬유소의 함량이 높고, 섭취시 HDL-콜레스테롤 함량을 증가시켜 전체적인 지질 대사에 관여한다고 보고되고 있다(8). 따라서 잡곡에 대한 지속적인 연구를 통하여 정확한 자료와 정보를 제공하여 잡곡을 이용한 기능성 식품 및 건강보조식품의 개발을 촉진할 필요가 있다. 잡곡에 관한 연구로는 영양성분 및 기능성분석과 항산화, 항암, 항고혈압, 혈당강

*Corresponding author. E-mail : yoonky2441@ynu.ac.kr
Phone : 82-53-810-2878, Fax : 82-53-810-4768

하 등의 생리활성 평가에 대한 연구가 주로 보고되고 있으며(2), 주로 밥을 통한 섭취가 대부분으로 아직까지 이를 활용한 가공식품 개발이나 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 잡곡류의 종류별 다양한 생리활성을 극대화하며 간편하게 사용할 수 있는 혼합잡곡분말을 제조하여 영양성과 기능성을 확인하고자 한다.

재료 및 방법

잡곡 선정 및 실험 재료

혼합잡곡분말 제조를 위한 잡곡은 시장조사와 문헌조사, 기호도 조사를 토대로 보리(*Hordeum vulgare* L., barley), 기장(*Panicum miliaceum* L., proso millet), 수수(*Sorghum bicolor*(L.) Moench, sorghum), 율무(*Coix lacryma-jobi* L., adlay)를 선정하였다(9). 본 실험에 사용된 잡곡은 경산시 백천동에 위치한 쌀 직판장에서 구입하여 믹서기(M-1211, Starion, Busan, Korea)로 분쇄하여 4℃에 보관하여 사용하였다.

혼합잡곡분말 비율 설정은 혼합잡곡분말을 제품화하였을 때 기호성과 기능성뿐만 아니라 경제성과 저장성을 고려하여 혼합비율을 6가지로 설정하였으며, 혼합비율은 Table 1과 같다.

일반성분 분석

혼합잡곡분말의 일반성분은 수분, 조지방, 조회분, 조단백의 함량을 측정하여 평가하였다. 즉 수분은 수분자동측정기(FD-720, Kett, Tokyo, Japan)를, 조지방은 지방 자동추출기(Soxtec 2050, Foss, Hoganas, Sweden)를 이용하여 측정하였으며, 조회분은 직접회화법으로, 조단백질은 Kjeldahl 법에 따라 Micro Kjeldahl 장치(Distillation Unit B-323, Buchi, Flawil, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. 탄수화물은 시료 전체를 100%로 하고 수분, 조단백, 조지방, 조회분 함량(%)을 감한 것으로 하였다.

환원당 및 유리당 함량 측정

환원당 함량은 시료 5 g을 10배(v/w)의 증류수와 함께

마쇄한 다음 4℃ 8,000 rpm에서 20분간 원심분리(Supra-21K, Hanil, Incheon, Korea)하여 얻어진 상층액을 filter paper(Whatman No. 1, Maidstone, England)로 여과하여 5배 희석한 것을 사용하였다. 각각의 시험관에 시료 1 mL와 DNS(dinitrosalicylic acid)시약 1 mL를 넣고, 끓는 물에서 10분 동안 중탕시켜 상온에서 충분히 냉각시킨 다음 증류수 3 mL를 넣어 550 nm에서 흡광도를 측정(U-2000, Hitachi, Tokyo, Japan)하였다.

유리당 함량은 시료 5 g을 10배(v/w)의 증류수와 함께 마쇄한 후 4℃ 8,000 rpm에서 20분 동안 원심분리하여 얻은 상층액을 50 mL로 정용한 후 일정량을 0.45 μm membrane filter(Milipore, Billerica, MA, USA)로 여과하여 유리당 측정시료로 사용하며, HPLC(Water 1515, Waters Co., Milford, MA, USA)로 분석하였다.

유리아미노산 함량 측정

유리아미노산 함량은 시료 5 g을 10배(v/w)의 증류수와 함께 마쇄한 후 4℃, 8,000 rpm에서 20분 동안 원심분리하여 얻은 상층액을 50 mL로 정용한 후 일정량을 0.45 μm membrane filter(Milipore)로 여과하여 유리아미노산 측정시료로 사용하며, Amino Acid Analyzer(L-8800, Hitachi, Tokyo, Japan)로 분석하였다.

무기질 함량 측정

무기질 함량은 습식분해법(Wet Digestion Method)(10)으로 분석하였다. 건조된 시료 1 g에 65%의 HNO₃ 6 mL와 30% H₂O₂ 1 mL를 teflon bottle에 담은 후 이를 전처리 시험용액으로 하며, microwave digestion system(Ethos-1600, Milestone, Sorisole, Italy)을 이용하여 최고 600 W로 총 20분간 산분해를 실시하였다. 전처리 과정을 거친 시료용액은 0.45 μm membrane filter(Milipore)로 여과하여 Inductively coupled plasma spectrometer(ICP-IRIS, Thermo Elemental Co., Franklin, MA, USA)로 분석하였다.

기능성 분석을 위한 추출물 제조

혼합잡곡분말 40 g에 80% 메탄올 800 mL를 가하여 60℃ 수욕조에서 5시간 동안 2회 환류 추출하였다. 추출액을

Table 1. Mixing ratio of barley, proso millet, sorghum and adlay for production of mixed cereals powder

Sample	Mixing ratio (%)				Final mixing ratio of barley, proso millet, sorghum and adlay
	Barley	Proso millet	Sorghum	Adlay	
A	28.6	28.6	28.6	14.2	2 : 2 : 2 : 1
B	28.6	28.6	14.2	28.6	2 : 2 : 1 : 2
C	28.6	14.2	28.6	28.6	2 : 1 : 2 : 2
D	33.3	33.3	16.7	16.7	2 : 2 : 1 : 1
E	33.3	16.7	16.7	33.3	2 : 1 : 1 : 2
F	33.3	16.7	33.3	16.7	2 : 1 : 2 : 1

filter paper(Whatman No. 1)로 여과하여 회전 진공농축기(R-124, Buchi, Flawil, Swizerland)로 감압 농축한 후 동결건조(FD-1, Eyela, Tokyo, Japan)하여 일정농도로 제조하여 실험에 사용하였다.

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis(11)방법으로 측정하였다. 추출물 0.2 mL와 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 0.2 mL를 잘 혼합한 후 3분간 실온에서 반응시키고, 10% Na₂CO₃ 0.4 mL와 증류수 4 mL를 첨가하여 실온에서 1시간 방치한 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, gallic acid(Sigma Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)의 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

플라보노이드 함량은 Moreno 등(12)의 방법에 준하여 측정하였다. 추출물 0.5 mL에 10% aluminum nitrate와 1 M potassium acetate 각각 0.1 mL, 80% ethanol 4.3 mL를 가하여 혼합하고 실온에서 40분 정지한 후 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin(Sigma Aldrich Co.)의 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

DPPH radical 소거능

혼합잡곡분말의 DPPH radical 소거능은 Blois(13)의 방법에 준하여 안정한 free radical인 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH, Sigma, USA)에 대한 시료 용액과의 전자공여 효과로써 이 반응에 의해 DPPH radical이 감소하는 정도를 spectrophotometer(U-2000, Hitachi)로 측정하였다. 각 추출물 농도별로 제조한 시료 2 mL에서 0.2 mM DPPH 용액 1 mL를 가하고, 10초간 vortex mixing 후 37°C에서 30분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, DPPH radical 소거능은 시료 첨가 전후의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

ABTS radical 소거능

ABTS[2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic

acid] 소거활성은 Re 등(14)의 방법을 변형하여 실험하였다. ABTS 7 mM과 potassium persulfate 2.45 mM을 증류수에 용해하여 12~16시간 동안 암소에 방치하여 ABTS cation radical (ABTS⁺)을 형성시킨 후, 이 용액을 734 nm에서 흡광도 값이 0.700±0.002가 되도록 80% ethanol로 희석하였다. 희석된 ABTS⁺ 용액 3 mL에 농도별 추출물 50 µL를 가하여 6분 동안 734 nm에서 흡광도의 변화를 측정하였으며, ABTS radical 소거능은 시료 첨가 전후의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

환원력

혼합잡곡분말의 환원력은 Mau 등(15)의 방법에 의해 측정하였다. 농도별 추출물 250 µL에 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6) 250 µL, 1% potassium ferricyanide [K₃Fe(CN)₆] 250 µL를 각각 혼합하여 50°C에서 20분 동안 반응시킨 후 10% trichloroacetic acid(CCl₃COOH, w/v) 250 µL를 가하였다. 위 반응액을 1,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액 500 µL에 증류수 500 µL를 혼합하고, 0.1% ferric chloride(FeCl₃·6H₂O) 100 µL를 가하여 반응액의 흡광도를 700 nm에서 측정하였다.

통계분석

본 실험의 결과는 3회 반복으로 수행된 평균과 표준편차로 나타내었다. 각 실험결과에 대한 통계분석은 SPSS 통계 프로그램(Statistics Package for the Social Science, Ver. 21.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 one-way ANOVA (Analysis of Variation)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test로 실험군 평균치 간의 유의적 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

일반성분

혼합잡곡분말의 일반성분인 수분, 조섬유, 조지방, 조단

Table 2. Proximate composition of mixed cereals powder

Sample	Proximate composition (%)					
	Moisture	Carbohydrate	Crude lipid	Crude protein	Crude fiber	Crude ash
A	10.57±0.25 ^b	68.47±0.61 ^c	3.27±0.15 ^d	13.18±0.98 ^a	3.16±0.39 ^a	1.34±0.07 ^b
B	10.53±0.21 ^c	67.59±1.11 ^c	3.85±0.19 ^b	13.70±0.86 ^a	2.99±0.05 ^a	1.33±0.06 ^a
C	10.20±0.30 ^c	68.95±1.73 ^c	4.16±0.05 ^a	13.30±1.25 ^a	2.16±0.13 ^b	1.23±0.04 ^{ab}
D	11.03±0.31 ^a	71.45±0.30 ^b	3.57±0.04 ^c	9.65±0.27 ^b	3.06±0.34 ^a	1.25±0.03 ^{ab}
E	10.33±0.21 ^{bc}	73.87±0.51 ^a	3.00±0.07 ^c	10.04±0.23 ^b	1.43±0.04 ^c	1.33±0.08 ^a
F	10.70±0.71 ^{ab}	75.07±0.81 ^a	2.59±0.05 ^f	8.91±0.36 ^b	1.59±0.23 ^c	1.15±0.04 ^b

A, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:2:1; B, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:2; C, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:2; D, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:1; E, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:1:2; F, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:1.

Means with the same small letter in each column are not significantly different at p<0.05 (n=3).

백질, 탄수화물, 조회분 함량을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 혼합잡곡분말의 탄수화물 함량은 67.59~75.09%의 범위로 나타났으며, 수분함량은 10.20~11.03% 범위로 나타났다. 조단백질 함량은 8.91~13.70% 범위로 시료 C가 13.70%로 가장 높은 함량을 나타내었으나 시료 A, B와 유의적인 차이는 보이지 않았다. 조지방의 경우 시료 C가 4.16%로 다른 시료에 비해 유의적으로 높게 나타났으며, 조회분은 1.15~1.34%의 범위로 그 함량에 큰 차이가 없었다. 혼합잡곡분말의 일반성분을 식품성분표(16)에 제시되어 있는 백미의 일반성분(탄수화물, 77.1%, 단백질 6.4%, 지질 0.4%, 회분 0.4%)과 비교할 때, 혼합잡곡분말의 탄수화물함량은 백미에 비해 낮고, 조단백, 조지방, 조회분 함량은 매우 높은 경향을 나타내는 것을 알 수 있다. 따라서 혼합잡곡분말을 쌀가루 대신 사용한다면 영양성이 우수한 다양한 식재료 개발에 도움이 될 것으로 생각된다.

환원당 및 유리당 함량

혼합잡곡분말의 유리당과 환원당 함량을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 환원당이란 반응성이 있는 알데히드기와 케톤기를 갖고 금속염 알칼리용액을 환원시키는 단당류와 이당류의 총칭이며, 설탕을 제외한 포도당, 과당, 그리고 맥아당 등이 포함된다. 혼합비율에 따른 혼합잡곡분말의 환원당 함량을 측정한 결과, 혼합잡곡분말 환원당 함량은 273.91~281.37 mg/100 g의 범위로 시료 D의 함량이 가장 높았으며, 시료 C의 함량이 가장 낮게 나타났다. 혼합잡곡분말의 유리당은 fructose, glucose, sucrose, maltose로 구성되어 있으며, 혼합잡곡분말의 유리당 구성 중 maltose가 가장 높은 함량을 보였다. 혼합비율에 따른 차이를 비교해 보면 혼합잡곡분말 B가 유의적으로 가장 높은 유리당 함량을 보였다. 유리당 및 환원당은 유리아미노산과 함께 식품의 단맛을 제공하는 주성분으로(17), 쌀가루를 사용하는 조리 및 식품가공에 혼합잡곡분말을 대신 이용함으로써 음식 및 가공식품에 풍미를 제공하는 역할을 할 수 있을 것으로 판단된다.

유리아미노산 함량

혼합잡곡분말의 유리아미노산 함량을 측정한 결과는 Table 4와 같다. 유리 아미노산은 생체 활성물질의 구성성분이며, 맛을 내는 중요한 성분이다. 아미노산 분석기로 분석한 결과, 혼합잡곡분말에서는 threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, lysine, aspartic acid, serine, glutamic acid, glycine, alanine, tyrosine, histidine, arginine으로 총 15종의 유리아미노산이 검출되었다. 총 유리아미노산 함량은 혼합잡곡분말 A, B, C, D, E, F 각각 100 g 당 55.19 mg, 59.11 mg, 56.26 mg, 63.38 mg, 59.71 mg, 58.85 mg으로 혼합잡곡분말 D가 가장 높은 함량을 나타내었다. 유리아미노산 조성을 보면 모든 혼합잡곡분말에서 비필수아미노산의 비율이 필수아미노산의 비율보다 높게 나타났으며, 감칠맛을 내는 aspartic acid와 glutamic acid(18)의 함량이 높게 나타났다. 따라서 혼합잡곡분말을 쌀가루를 대신하여 조리나 식품가공에 사용한다면, 필수아미노산의 섭취뿐만 아니라 음식의 기호성을 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다.

무기질 함량

혼합잡곡분말의 무기질 함량을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 혼합잡곡분말에서는 칼슘(Ca), 구리(Cu), 철(Fe), 칼륨(K), 마그네슘(Mg), 망간(Mn), 나트륨(Na), 아연(Zn) 총 9가지의 무기질이 검출되었고, 혼합잡곡분말에 함유된 무기질의 함량은 480.42~543.11 mg/100 g 범위로 혼합잡곡분말 E가 가장 높은 무기질 함량으로 나타났다. 무기질 함량은 칼륨(K) > 마그네슘(Mg) > 칼슘(Ca)의 순서로 높게 나타났다. Lee 등(3)은 보리, 기장, 수수, 울무의 칼륨 함량을 각각 100g 당 164.46 mg, 152.33 mg, 261.88 mg, 290.88 mg이라고 보고하였으며, 이는 보리, 기장, 수수, 울무를 혼합하여 제조한 혼합잡곡분말의 칼륨 함량과 유사한 것으로 나타났다. 또한 혼합잡곡분말에 많이 함유된 무기질인 칼륨은 체내에서 삼투압 및 체액유지, pH조절 등의 생리작용과 스트레스 완화작용에 도움을 줄 것으로 판단된다(19).

Table 3. Free sugar and reducing sugar contents of mixed cereals powder

Sample	Free sugar content (mg/100 g)				Reducing sugar content (mg/100 g)
	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	
A	2.80±0.29 ^a	10.41±0.04 ^b	5.82±0.86 ^a	15.98±2.73 ^c	279.4±1.67 ^{ab}
B	2.84±0.14 ^a	13.78±0.44 ^a	6.02±0.87 ^a	20.62±0.74 ^a	274.94±1.92 ^{bc}
C	2.74±0.12 ^a	9.13±0.95 ^c	5.44±1.74 ^a	14.13±0.39 ^d	273.91±4.27 ^c
D	2.42±0.23 ^b	10.17±0.53 ^b	6.71±1.73 ^a	18.08±0.00 ^b	281.37±0.99 ^a
E	1.76±0.18 ^b	7.09±0.87 ^d	5.69±1.10 ^a	13.71±0.22 ^d	276.32±0.75 ^{bc}
F	2.18±0.26 ^c	7.64±0.93 ^d	5.29±0.33 ^a	20.66±0.88 ^a	275.43±3.00 ^{bc}

A, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:2:1; B, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:2; C, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:2; D, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:1; E, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:1:2; F, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:1.

Means with the same small letter in each column are not significantly different at p<0.05 (n=3).

Table 4. Free amino acid contents of mixed cereals powder

		(mg/100 g)					
Free amino acid		A	B	C	D	E	F
Essential amino acid	Threonine	1.43±0.05	1.59±0.20	1.42±0.05	1.78±0.19	1.64±0.05	1.53±0.00
	Valine	4.22±0.13	4.70±0.24	4.19±0.00	4.99±0.32	4.33±0.51	4.23±0.02
	Methionine	0.57±0.02	0.83±0.16	0.56±0.14	0.90±0.13	0.85±0.03	0.65±0.03
	Isoleucine	1.11±0.07	1.42±0.25	1.19±0.00	1.58±0.16	1.42±0.00	1.22±0.02
	Leucine	1.77±0.10	2.42±0.25	1.93±0.01	2.63±0.20	2.43±0.03	2.02±0.09
	Phenylalanine	1.28±0.19	1.62±0.19	1.34±0.07	1.75±0.06	1.63±0.01	1.38±0.00
	Lysine	2.17±0.18	2.84±0.22	2.26±0.12	3.05±0.13	2.80±0.02	2.33±0.00
Total essential amino acid		12.54±0.75	15.41±1.41	12.89±0.25	16.67±1.19	15.11±0.64	13.45±0.15
Nonessential amino acid	Aspartic acid	12.77±0.67	11.22±0.78	13.37±0.24	12.93±0.55	12.30±0.20	14.67±0.09
	Serine	2.61±0.06	2.79±0.19	2.64±0.04	2.90±0.19	2.68±0.05	2.65±0.04
	Glutamic acid	12.44±0.51	13.11±0.51	12.87±0.13	13.50±0.86	13.26±0.23	12.53±0.56
	Glycine	2.36±0.01	2.63±0.14	2.33±0.04	2.73±0.11	2.63±0.01	2.47±0.02
	Alanine	6.05±0.21	6.13±0.51	5.54±0.11	6.65±0.23	6.23±0.33	6.31±0.35
	Tyrosine	1.40±0.04	1.70±0.14	1.47±0.02	1.79±0.07	1.70±0.00	1.61±0.02
	Histidine	0.75±0.04	0.92±0.15	0.81±0.03	0.85±0.01	0.83±0.02	0.76±0.11
	Arginine	4.27±0.12	5.19±0.24	4.33±0.11	5.35±0.30	4.99±0.19	4.41±0.03
Total nonessential amino acid		42.65±1.16	43.69±2.65	43.37±0.65	46.71±2.30	44.61±1.04	45.40±0.87
Total free amino acid		55.19±1.91	59.11±4.06	56.26±0.90	63.38±3.49	59.72±1.67	58.85±0.71
Total EAA / Total FAA (%)		22.72	26.07	22.91	26.30	25.30	22.85

A, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:2:1; B, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:2; C, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:2; D, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:1; E, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:1:2; F, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:1.

Total EAA: Total essential amino acid.

Total FAA: Total free amino acid.

Nd: Not detected.

Table 5. Mineral contents of mixed cereals powder

		(mg/100 g)					
Minerals	A	B	C	D	E	F	
Ca	38.48±2.39 ^d	36.40±0.72 ^b	39.87±0.77 ^{cd}	42.55±2.76 ^{bc}	46.43±2.14 ^a	43.70±1.58 ^{ab}	
Cu	0.68±0.00 ^b	0.73±0.01 ^a	0.46±0.00 ^c	0.51±0.01 ^c	0.32±0.00 ^f	0.49±0.01 ^d	
Fe	6.90±0.17 ^d	12.95±0.25 ^c	14.11±0.14 ^b	14.61±0.32 ^b	14.13±1.01 ^b	16.08±0.26 ^a	
K	282.28±0.77 ^c	264.66±1.73 ^d	297.83±2.80 ^a	256.17±2.19 ^c	292.36±2.50 ^b	292.49±5.08 ^b	
Mg	157.85±2.55 ^a	147.78±3.85 ^b	149.75±0.60 ^b	142.36±2.78 ^b	162.05±9.23 ^a	160.60±2.10 ^a	
Mn	4.96±0.09 ^{bc}	5.00±0.05 ^{bc}	5.24±0.02 ^b	4.88±0.12 ^c	4.96±0.32 ^{bc}	5.55±0.10 ^a	
Mo	0.05±0.02 ^c	0.09±0.01 ^b	0.12±0.01 ^{ab}	0.14±0.03 ^a	0.12±0.03 ^{ab}	0.11±0.01 ^{ab}	
Na	7.90±0.02 ^f	8.14±0.06 ^e	9.31±0.07 ^d	9.96±0.09 ^c	10.56±0.06 ^b	11.39±0.07 ^a	
Zn	9.09±0.16 ^{bc}	7.67±0.14 ^c	9.08±0.39 ^{bc}	9.24±1.20 ^b	12.19±1.03 ^a	9.02±0.81 ^{bc}	
total	508.19±2.64 ^c	483.42±4.00 ^d	525.77±3.02 ^a	480.42±8.99 ^d	543.11±12.64 ^a	539.44±8.10 ^a	

A, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:2:1; B, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:2; C, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:2; D, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:1; E, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:1:2; F, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:1.

Means with the same small letter in each column are not significantly different at p<0.05 (n=3).

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

벤젠고리(C₆H₆)의 수소 중 하나가 하이드록시기(-OH)로

치환된 물질을 페놀이라고 하고, 하이드록시기를 2개 이상

갖고 있는 물질을 폴리페놀이라고 하며, 플라보노이드는

페놀성 화합물 중의 하나로 식물에서 의해 합성된 폴리페놀 화합물의 큰 부류 중의 하나이다. 이러한 페놀물질은 항균, 항알러지, 항산화, 항암, 노화예방, 충치예방, 심장질환 및 당뇨병 예방 효과 등 건강에 대한 잠재적 유용효과가 널리 인정되고 있다(20). 특히 곡류의 플라보노이드는 주로 anthocyanidins, flavonols, flavones, catechins 및 flavanones 등으로 구성되어 있다(21). 혼합잡곡분말의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 혼합잡곡분말의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량은 29.27~52.94 mg/100 g, 2.53~4.94 mg/100 g 범위로 비율에 따른 차이는 적었지만, 혼합잡곡분말 F가 총 폴리페놀 함량 52.94 mg/100 g, 총 플라보노이드 함량 4.94 mg/100 g로 가장 높게 나타났다. 혼합잡곡분말의 총 폴리페놀 함량은 Jo 등(22)이 보고한 겉보리, 통보리, 쌀보리의 페놀 함량인 5.67 mg/100 g, 4.76 mg/100 g, 3.06 mg/100 g 보다 높은 함량을 보였으며, 이는 보리뿐만 아니라 혼합잡곡분말에 포함되는 기장, 수수, 울무에 포함된 페놀화합물에 기인한 것으로 판단된다.

Table 6. Total polyphenols and total flavonoids contents of mixed cereals powder

Sample	Total polyphenols (mg/100 g)	Total flavonoids (mg/100 g)
A	40.85±0.25 ^c	4.64±0.37 ^a
B	29.27±2.06 ^c	2.53±0.23 ^c
C	48.02±1.36 ^b	4.49±0.42 ^a
D	36.47±1.23 ^d	2.74±0.13 ^{bc}
E	37.19±0.52 ^d	3.17±0.14 ^b
F	52.94±0.09 ^a	4.94±0.22 ^a

A, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:2:1; B, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:2; C, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:2; D, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:1; E, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:1:2; F, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:1. Means with the same small letter in each column are not significantly different at p<0.05 (n=3).

항산화 활성

IC₅₀(half maximal inhibitory concentration ; mg/mL)은 시료 농도에 따른 항산화 능력의 변화 곡선으로부터 산화를 50% 억제하는 농도로 나타낸 값이며, 혼합잡곡분말의 항산화 활성을 분석하기 위해 DPPH radical 소거능, ABTS radical 소거능, 환원력의 IC₅₀을 측정하였다. DPPH는 안정한 free radical로 cysteine, glutathione과 같은 황 함유 아미노산과 ascorbic acid, tocopherol 등의 항산화 물질에 의해 환원되어 탈색되므로 항산화능을 측정할 때 많이 이용된다(23). 혼합잡곡분말의 DPPH radical 소거능의 A, B, C, D, E, F 각각 0.27 mg/mL, 0.40 mg/mL, 0.18 mg/mL, 0.19 mg/mL, 0.35 mg/mL, 0.73 mg/mL로 혼합잡곡분말 C의 DPPH radical 소거 효과가 우수한 것으로 나타났다. ABTS radical 소거능

의 IC₅₀은 5.63~10.79 mg/mL의 범위로 DPPH radical 소거능 보다 ABTS radical 소거능이 다소 낮게 나타났지만, 이는 메탄올과 같은 지용성 용매를 사용하는 DPPHradical 분석법과 수용성 용액을 용매로 사용하는 ABTS radical 분석법의 차이 때문인 것으로 생각된다. 항산화 활성 측정법 중 환원력은 ferric-ferricyanide 혼합물이 수소를 공여하여 Fe²⁺로 전환하는 값을 흡광도로 나타내는 방법으로(24) 혼합잡곡분말의 환원력의 IC₅₀은 C<D<F<A <E<B 순으로 혼합잡곡분말 C가 가장 높은 환원력을 보였다. 환원력은 철 이온에 대한 항산화력을 측정하는 지표로 많이 사용되고 있고 일반적으로 DPPH radical 소거능이나 ABTS radical 소거능 활성과 비슷한 경향을 보이며 항산화 물질의 작용이 연쇄반응 개시의 방해, 전이 금속 물질의 결합, 과산화물질의 분해, 연속적 수소제거의 방해, 라디칼 소거능과 연관이 있기 때문으로 보고되고 있다(25). 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 혼합잡곡분말 F가 가장 높게 나타났으며 항산화 활성은 DPPH radical 소거능과 환원력은 C가 ABTS radical 소거능은 D가 가장 낮은 IC₅₀으로 가장 높은 활성을 보였다. 이러한 결과는 폴리페놀 화합물과 항산화능과의 양의 상관관계는 보이지 않았으며, 일반적으로 총 폴리페놀 함량이 항산화 활성과 밀접한 관계가 있지만 폴리페놀 화합물 중 특정 성분에 의해 활성이 다르게 나타난 것으로 생각된다(26). Son 등(27)은 울무, 보리의 섭취가 비만에 기인하여 발생하는 만성질환의 여러 위험인자들을 억제한다고 보고하였으며, Kim 등(28)은 울무 및 보리추출물이 활성산소의 감소를 초래하여 세포의 노화를 예방할 수 있을 뿐만 아니라 지방산의 감소를 초래하여 만성질환 예방에 기여할 수 있는 영양학적효능을 가진다고 보고하였다. 이와 같이 잡곡은 다량의 폴리페놀 함유하며 이들이 체내에서 여러 생리

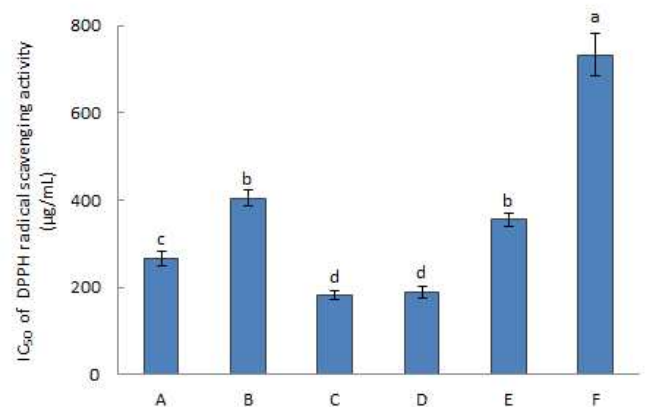


Fig. 1. IC₅₀ of DPPH radical scavenging activity of mixed cereals powder.

A, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:2:1; B, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:2; C, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:2; D, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:1; E, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:1:2; F, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:1. Means with the same small letter in each bar are not significantly different at p<0.05 (n=3).

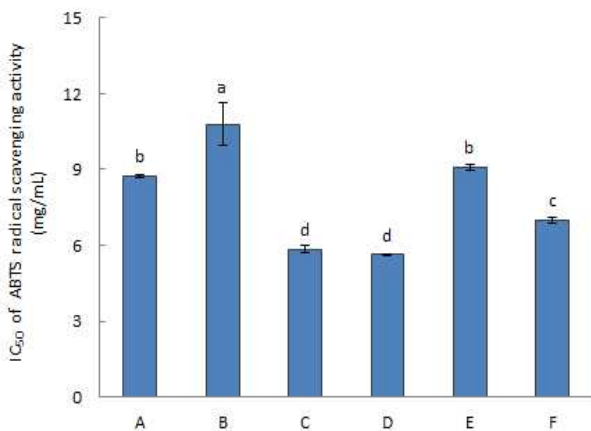


Fig. 2. IC₅₀ of ABTS radical scavenging activity of mixed cereals powder.

A, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:2:1; B, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:2; C, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:2; D, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:1; E, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:1:2; F, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:1.

Means with the same small letter in each bar are not significantly different at $p < 0.05$ ($n=3$).

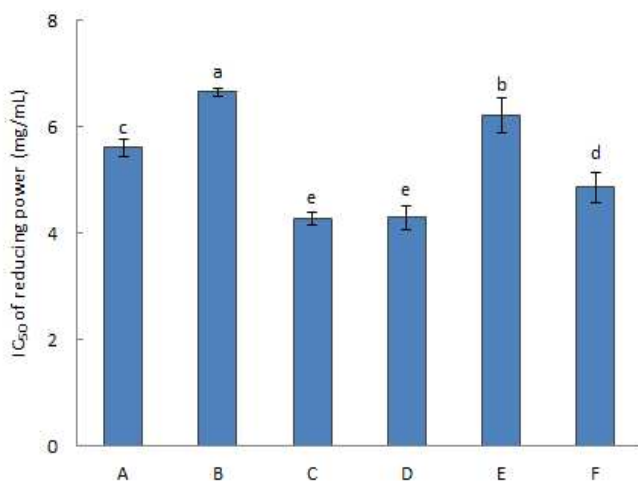


Fig. 3. IC₅₀ of reducing power of mixed cereals powder.

A, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:2:1; B, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:2; C, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:2; D, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:2:1:1; E, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:1:2; F, barley : proso millet : sorghum : adlay = 2:1:2:1.

Means with the same small letter in each bar are not significantly different at $p < 0.05$ ($n=3$).

활성을 나타내어, 혼합잡곡분말에 함유되어 있는 다량의 폴리페놀류로 인해 높은 항산화력을 보이는 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 잡곡을 이용한 다양한 제품 개발 및 활용성 증대의 일환으로 혼합잡곡분말을 제조하고 이들의 영양성

및 기능성을 측정하였다. 혼합잡곡분말은 조단백질과 조지방의 함량이 높게 나타났다. 혼합잡곡 분말의 주요 유리당은 fructose, glucose, sucrose, maltose였으며, 혼합잡곡분말 B가 가장 높은 유리당 함량을, 혼합잡곡분말 D가 가장 높은 유리아미노산 함량을 나타냈다. 또한 주요 무기질은 칼륨(K), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca)으로 나타났다. 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량은 29.27~52.94 mg/100 g, 2.53~4.94 mg/100 g 범위로 비율에 따라 미비한 차이를 나타내었으며, 혼합잡곡분말 F가 가장 높은 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량을 나타냈다. 혼합잡곡분말의 DPPH radical 소거능과 환원력은 혼합잡곡분말 C가, ABTS radical 소거능은 혼합잡곡분말 D가 가장 높은 활성을 보였으나 시료 C와 D의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 따라서 영양성과 기능성이 높은 혼합잡곡분말 제조를 위해서 시료 D와 같이 보리, 기장, 수수, 울무를 2:2:1:1의 비율로 혼합하는 것이 가장 바람직 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 농촌진흥청 특화작목연구개발과제 연구비 지원에 의하여 수행된 연구내용의 일부로써 이에 감사드립니다.

References

1. Kwak CS, Lim SJ, Kim SA, Park SC, Lee MS (2004) Antioxidative and antimutagenic effects of Korean buckwheat, sorghum, millet and Job's tears. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 33, 921-929
2. Hwang IG, Jeong HS (2012) Quality characteristics and manufacture of extruded noodles mixed with cereals. *Korea J Food Nutr*, 25, 685-690
3. Lee HK, Hwang IG, Kim HY, Woo KS, Lee SH, Woo SH, Lee JS, Jeong HS (2010) Physicochemical characteristic and antioxidant activities of cereals and legumes in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 39, 1399-1404
4. Newman RK, Newman CW, Graham H (1989) Hypocholesterolemic function of barley β -glucan. *Cereal Food World*, 34, 883-886
5. Joung HS (2008) Quality characteristics of Paeksulgi with added barley powder. *J East Asian Soc Dietary Life*, 18, 974-980
6. Rye HS, Kim J, Kim HS (2006) Enhancing effect of sorghum bicolor L. Moench (sorghum, su-su) extracts on mouse spleen and macrophage cell activation. *J*

- Korean Diet Assoc, 19, 176-182
7. Seo MC, Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Kwak DY, Oh BG, Yoon YN, Nam MH, Jeong HS, Woo KS (2011) Antioxidant compounds and activities of foxtail millet, proso millet and sorghum with different pulverizing methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 790-797
 8. Park YJ, Lee YS (1988) Effect of Coix on plasma cholesterol and lipid metabolism in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 21, 88-98
 9. Jang HL, Im HJ, Lee YJ, Kim KW, Yoon KY (2012) A survey on the preferences and recognition of multigrain rice by adding grains and legumes. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 853-860
 10. Hugli TE, Moore S (1972) Determination of the tryptophan content of proteins by ion exchange chromatography of alkaline hydrolysates. *J Biol Chem*, 247, 2828-2834
 11. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventós RM (1999) Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol*, 299, 151-178
 12. Moreno MI, Isla M, Sampietro AR, Vattuone Ma (2000) Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several region of Aregentina. *J Ethnopharmacol*, 71, 109-114
 13. Blois MS (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1198-2000
 14. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Catherine RE (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol Med*, 26, 1231-1237
 15. Mau JL, Lin HC, Song SF (2002) Antioxidant properties of several specialty mushrooms. *Food Res Int*, 35, 519-526
 16. National Academy of Agricultural Science (2011) Food composition table. 8th revision, Gyeonggi-do, Korea, p 24
 17. Kim EJ, Hong JY, Shin SR, Moon YS, Yoon KY (2009) Analysis of the taste components and antioxidant properties of *cheonggukjang* containing Korean red ginseng. *Food Sci Biotechnol*, 19, 53-59
 18. Komata Y (1969) The taste and constituents of foods. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi (Jpn Soc Food Sci Technol)*, 3, 26
 19. Shivakumar K, Kumar BP (1997) Magnesium deficiency enhances oxidative stress and collagen synthesis *in vivo* in the aorta of rat. *Int J Biochem Cell Biol*, 29, 1273-1278
 20. Yoon OH, Jeong BY, Kim EY, Jeong YH (2011) Chemical composition and antioxidant activities of *Prunus salicina* Formosa produced in Gimcheon. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 379-384
 21. Woo KS, Lee JS, Ko JY, Song SB, Seo HI, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Oh IS, Jeong HS (2012) Antioxidant compounds and antioxidant activities of different varieties of foxtail millet and proso millet according to cultivation time. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 302-309
 22. Jo SH, Cho CY, Ha KS, Choi EJ, Kang YR, Kwon YI (2013) The antioxidant and antimicrobial activities of extracts of selected barley and wheat inhabited in Korean peninsula. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 42, 1003-1007
 23. Al-sereiti MR, Abu-Amer KM, Sen P (1999) Pharmacology of rosemary (*Rosmarinus officinalis* Linn.) and its therapeutic potentials. *J Indian Exp Biol*, 37, 124-130
 24. Kwon TH, Kim JK, Kim TW, Lee JW, Kim JT, Seo HJ, Kim MJ, Kim CG, Jeon DS, Park NH (2011) Antioxidant and anti-lipase activity in *Halocynthia roretzi* extracts. *Korean J Food Sci Technol*, 43, 464-468
 25. Jo JE, Kim KH, Yoon MH, Kim NY, Lee C, Yook HS (2010) Quality characteristics and antioxidant activity research of *Halocynthia roretzi* and *Halocynthia aurantium*. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 39, 1481-1486
 26. Kim EJ, Choi JY, Yu MR, Kim MY, Lee SH, Lee BH (2012) Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol*, 44, 337-342
 27. Son BK, Kim JY, Lee SS (2007) Effect of adlay, buckwheat and barley on lipid metabolism and aorta histopathology in rats fed an obesogenic diet. *Ann Nutr Metab*, 52, 181-187
 28. Kim SO, Yun SJ, Jung BM, Lee EJ, Hahm DH, Shim IS, Lee HJ (2004) Hypolipidemic effects of crude extract of adlay seed (*Coix lachryma-jobi var. mayuen*) in obesity rat fed high fat diet : relations of TNF- α and leptin mRNA expressions and serum lipid levels. *Life Sci*, 75, 1391-1404