

도토리묵 제조용 조전분의 원산지별 성분 및 항산화 특성

양기현¹ · 안장혁² · 김효진¹ · 이지연¹ · 류보람¹ · 송정은¹ · 오혜림¹ · 김나연¹ · 김미리^{1†}

¹충남대학교 식품영양학과
²남양유업(주) 중앙연구소 식품안전센터

Properties of Nutritional Compositions and Antioxidant Activity of Acorn Crude Starch by Geographical Origins

Kee-Heun Yang¹, Jang-Hyuk Ahn², Hyo-Jin Kim¹, Ji-Yeon Lee¹, Bo-Ram You¹, Jung-Eun Song¹, Hye-Lim Oh¹, Na-Yeon Kim¹, and Mee-Ree Kim^{1†}

¹Dept. of Food & Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Food Safety Center, Research and Development Institute, Namyang Dairy Co. Ltd., Chungnam 314-914, Korea

Abstract

Nutritional compositions of acorn crude starch were analyzed according to country of origin, especially the mineral and sugar contents. Regarding the three kinds of starch of domestic (South Korea, KAS), Chinese (CAS), and North Korea (NAS) origins in the Korean market, NAS had the lowest moisture content as well as the highest contents of crude protein, crude fat, and carbohydrate. Regarding mineral contents, NAS contained the highest amounts of magnesium, calcium, sodium, potassium, and phosphorous, whereas CAS contained the highest iron and zinc contents. There were no significant differences in acidity and pH. Analysis of the monosaccharide contents of the starches showed that glucose was the highest in KAS while sucrose was the highest in CAS. The Hunter color L value was the lowest in NAS, whereas a and b values were the lowest in CAS. Total phenolic content was the highest in NAS. NAS had the highest DPPH and hydroxyl radical scavenging activities (IC₅₀: 47.0 mg/mL for DPPH, 0.038 mg/mL for hydroxyl) whereas KAS had similar DPPH (IC₅₀: 73.7 mg/mL for CAS, 86.8 mg/mL for KAS) and hydroxyl radical activities (IC₅₀: 0.041 mg/mL for CAS, 0.044 mg/mL for KAS) as compared to CAS.

Key words: acorn starch, proximate composition, mineral, total phenolic content, antioxidant activity

서 론

도토리(*Quercus acutissima*)는 우리나라 전국의 산야에서 자생하는 떡갈나무, 갈참나무, 상수리나무 등의 참나무(*Fagaceae*)과 열매로 그 종류는 약 28종이 된다(1,2). 세계 여러 나라에서는 죽, 떡, 대용커피, 의약 및 산업분야에 활용되고 있는 반면 우리나라에서는 주로 목의 재료로 이용되어 왔다(3,4). 목은 우리나라 고유의 겔상 식품으로 조선시대부터 부식으로 애용하여 왔으며, 또한 최근에는 도토리를 이용하여 목 이외에도 여러 가지 가공식품으로서 기능성식품의 개발이 요구된다. 도토리에 대한 연구로는 목으로서의 이용성과, 도토리의 성분(5), 도토리 전분의 연구(6), 도토리의 tannin 제거방법(7), 도토리 gallic acid의 항산화에 대한 보고(8) 등이 있으며, 지방대사와 항산화능에 관한 연구(1,9,10)도 있다. 최근 국내에서는 도토리의 생산량이 계속 감소하고 있어 수요가 공급을 충족하지 못하고 있는 상황이다(11). 현재 우리나라는 세계무역기구(WHO)와 자유무역협정(FTA)

체계라는 국제무역질서 속에서 다양한 원재료 및 식품들이 유입되고 있다. 목 제조용 도토리 전분 가루로 수입산인 중국산과 북한산이 시중에 유통되고 있다. 그러나 도토리 전분에 대한 연구는 주로 국내산에 대한 보고이며, 수입되고 있는 중국산과 북한산에 대한 성분이나 품질 특성 비교는 거의 없는 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 도토리묵 제조용 전분으로 시중에 유통되어 판매중인 중국산 및 북한산과 국내산에 대한 원산지별 성분 및 항산화 특성 등 그 차이점을 비교 분석함으로써 생산하고자 하는 특정 가공식품의 기초적인 학술 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에 사용한 재료 중 한국산 도토리묵 제조용 조전분은 2009년산 상수리로 수확 후 -18°C 이하에서 6개월 보관하며 추출한 전분을 충남 서천 판교농협에서 구입하여 사용하

[†]Corresponding author. E-mail: mrkim@cnu.ac.kr
Phone: 82-42-821-6837, Fax: 82-42-821-8827

였으며, 북한산은 2007년산 상수리 및 일부 타품종 도토리 혼합품으로 실온 및 냉장 10°C 이하에서 6개월 보관한 것을 충남 서천 농민식품에서, 중국산은 2009년산 상수리로 실온 및 냉장 10°C 이하에서 3개월 보관한 것을 경기 김포 전원식품에서 구입하여 5°C 이하 냉장고(R-S683C, B, LG전자 DIOS, Changwon, Korea)에 보관하면서 시료로 사용하였다.

일반성분 분석

일반성분은 AOAC method(12)에 따라 분석하였다. 즉, 시료에 대한 수분함량은 상압 가열 건조법에 의해 적외선 수분 측정기(Sartorius, Gottingen, Germany)를 사용하여 측정하였고, 조단백질 함량은 Kjeldahl법에 따라 Büchi Kjeldahl(B-339, B-435, B-412) system(Büchi Co., Ltd., Flawil, Switzerland)으로, 조지방 함량은(Röse Gottlieb Co., Ltd., Gerhardt, Germany) Soxtherm을 이용하여 Soxthlet 추출법으로, 조회분은 건식회화법에 따라 550°C에서 직접회화법으로 정량하였다. 탄수화물은 100에서 조지방, 조단백질, 조회분, 수분 함량을 뺀 값으로 나타내었다.

pH 및 산도 측정

pH는 AOAC method(12)를 적용하여 시료 10 g에 증류수 100 mL를 넣고 혼합하여 균질화 하였다. 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상정액을 취하여 pH meter(420A, 1996 Orion Research, Inc., Boston, MA, USA)를 사용하여 측정하였다.

산도 측정은 AOAC method(13)에 따라 시료 10 g에 증류수 100 mL를 넣은 뒤 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상정액 5 mL와 증류수 5 mL를 취하여 0.1 N NaOH를 이용하여 pH가 8.3이 될 때까지 적정하고 소요되는 mL수를 lactic acid 함량(%)으로 환산하여 적정산도(% w/w)로 나타내었다

무기질 성분 분석

정량 분석을 위하여 사용된 무기물 성분 분석용 시약인 나트륨(Na), 칼륨(K), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 철(Fe), 아연(Zn), 인(P)의 표준품(RM: reference material)은 High Purity사(Charleston, SC, USA)에서 구입하여 사용하였다. 그 밖의 시약으로 질산과 염산은 Junsei(Electronic grade, Tokyo, Japan)를 사용하였고, 모리브덴산암모늄, 하이드로퀴논, 아황산나트륨도 Junsei(Electronic grade, Tokyo, Japan)를 사용하였다. 그리고 초순수 EASY Pure System (Barnstead international, Dubuque, IA, USA)에 의해 18.0 MΩ 이상의 물을 사용하였다.

시료의 전처리는 건식분해법으로 실시하였다. 검체를 고온에서 탄화시켜 유기물질을 회화시킨 후 산으로 용해하고 일정용액으로 하여 AAS(Atomic Absorption Spectrophotometer)로 분석하였다. 검체 약 5 g을 회화용기에 취하여 탄화시킨 후 550°C의 온도에서 12시간 가열하여 백색~회백색의 회분이 얻어질 때까지 회화하였다. 이 회분을 방냉 후

주의하여 물로 적신 후 염산용액(1→2) 약 10 mL를 가해 수욕상에서 완전 증발 건조시키고, 이 건조물에 염산용액(1→4) 약 8~10 mL를 가해 수분 간 가열 후 100 mL 메스플라스크에 여과하였다. 물을 가하여 100 mL로 채운 후 시험용액으로 사용하였다. 다른 무기원소의 간섭을 피하기 위하여 AAS의 방법에 따라 칼슘은 strontium chloride, 마그네슘은 lantane chloride, 칼륨은 cesium chloride를 첨가하였고, acetylene gas를 사용하였다.

인(P)은 몰리브덴 청 비색법에 의해 분석하였다. 건식분해법으로 얻은 시험용액 중의 1 mL를 25 mL 메스플라스크에 정확히 취하고 따로 표준인용액 2 mL를 25 mL 메스플라스크에 취하였다. 양쪽 플라스크에 모리브덴산 암모늄용액 2 mL씩을 가하여 혼합하여 수분 간 방치하고, 양쪽 플라스크에 하드로퀴논용액 2 mL씩을 가하여 혼합한 후 아황산나트륨용액 2 mL를 가해 이때의 시간을 기록하였다. 양쪽 에 물을 가하여 25 mL로 하여 진탕 혼합하였다. 정확하게 30분 방치한 후 즉시 분광광도계를 사용하여 파장 650 nm에서 흡광도를 측정하였다. 공시험에 대하여도 같은 조작을 실시하였다.

기기분석에 사용된 AAS(AAnalyst 400, Perkin-Elmer, Waltham, MA, USA)의 기기분석 조건은 다음과 같다. Air와 acetylene rate는 10:2, air compressor pressure는 4 bar 이상, acetylene gas pressure는 12 psi 이상의 조건으로 Na(330.2 nm), K(404.4 nm), Ca(422.7 nm), Fe(248.3 nm), Zn(213.9 nm), Mg(330.2 nm), Cu(324.7 nm), Mn(279.5 nm)을 분석 정량하였다.

인(P) 분석을 위한 흡광도 측정은 UV-Spectrophotometer (UV 1601, Shimadzu Co., Ltd., Kyoto, Japan)를 사용하였다.

당 분석

시료 1.5 g을 25 mL 정량 플라스크에 넣고 물 5 mL를 첨가한 후 95% 에탄올 5 mL, 5% oxalic acid 0.5 mL을 첨가하고 증류수를 넣어 25 mL로 정용하였다. 시료를 screw-capped extraction tube에 담아 10분간 진탕시킨 후 곧이어 10분간 sonication 한 후 CHCl₃ 10 mL을 가한 후 1분간 vortex 하였다. 원심분리기 13,000 rpm(model 17505, Omni Macro, NW Kennesaw, GA, USA)에서 10분간 원심분리 후 상등액을 취하여 필터(NY Filter, 0.2 μm)를 통과시켜 시험용액을 조제한 후 기기 분석에 이용하였다. 본 연구의 실험방법(14)에 의한 당분석은 HPLC(Agilent 1100, Palo Alto, CA, USA) 사용법(15)을 따랐으며 그 조건은 Table 1과 같다.

칼럼은 Prevail™ Carbohydrate(ES, 5 μm, 4.6×250 mm, Alltech, Deerfield, IL, USA)를 사용하였으며 칼럼 온도는 30°C, 이동상은 1.0 mL/min의 유속으로 acetonitrile(ACN)과 H₂O를 사용하였다. 검출기는 ELSD는 tube temperature 90°C, N₂ gas flow 2.0 L/min, gain 1로 고정하여 분석하였다. 프락토올리고당 및 라피노스의 경우 ACN(solvent A)와 H₂O(solvent B)의 2가지 용매를 사용하여 0~28 min까지

Table 1. HPLC-ELSD conditions for analysis of monosaccharides, fructooligosaccharides and raffinose

HPLC (HP1100) with ELSD	
Column	Prevail™ Carbohydrate ES, 5 μm, 4.6×250 mm
Mobile phase	Monosaccharides: 75% ACN (isocratic) fructooligosaccharides, raffinose (gradient mode) A: ACN, B: H ₂ O Time 0 28 38 45 50 %B 25 25 40 45 50
Flow rate	1.0 mL/min
Column temp.	30°C
Detector	ELSD (tube temp. 90°C, N ₂ gas flow 2.0 L/min, gain 1)

solvent B 25%, 38 min까지 solvent B 40%, 45 min까지 solvent B 45%, 50 min까지 solvent B 50%, post time 10분 동안 solvent B 20%의 gradient mode로 분석하였고, 단당류는 ACN(solvent A)와 H₂O(solvent B)를 사용하여 solvent B 25%로 runtime 30분으로 하여 분석하였다. 당 분석에서 사용되는 이동상 시약들은 Merck 사(Darmstadt, Germany)에서 HPLC grade를 사용하였다.

색도 측정

색도는 색차계(Digital color measuring/difference calculation meter, model ND-1001 DP, Nippon Denshoku Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter 값인 명도(L값, lightness), 적색도(a값, redness), 황색도(b값, yellowness)를 4회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 도토리 전분을 균질화 한 후 패트리디쉬(50×12 mm)에 담아 색도를 측정하였다. Standard color value는 L값 97.14, a값 -0.23, b값 0.45인 calibration plate를 표준으로 사용하였다.

총 페놀 함량 분석

총 폴리페놀 화합물의 함량을 Folin-Denis법(16)으로 측정하였다. 추출물 10 mg 당 1 mL PBS buffer를 첨가하여 10 mg/mL, Folin-Denis 0.16 mL, NO₂CO₃ 0.3 mL을 넣고 암실에서 30분간 발색시킨 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 시료의 총 폴리페놀 함량을 구하기 위하여 표준물질로 tannic acid를 사용하였다.

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical 소거능 측정

추출물 10 mg 당 1 mL methanol을 첨가하여 10 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 시료 용액으로 사용하였다.

시료용액 50 mL을 가한 후 30분 후에 분광광도계(352, Pharmacia Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 515 nm에서 흡광도를 측정하였으며 라디칼 소거능(%)에 대한 검량선에서 라디칼 소거능이 50%가 되는 농도인 IC₅₀을 다음 식에 의해 환산하였다.

$$\text{Free radical scavenging effect (\%)} = \frac{\text{Abs}_{\text{DPPH}} - \text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{DPPH}}} \times 100$$

Hydroxyl radical 소거능 측정

추출물 10 mg 당 1 mL PBS buffer를 첨가하여 10 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 시료 용액으로 사용하였다. 시료용액 0.15 mL에 buffer 0.35 mL, 3 mM deoxyribose 용액 0.1 mL, 0.1 mM ascorbic acid 용액 0.1 mL, 0.1 mM EDTA 용액, 0.1 mM FeCl₃ 용액, 1 mM H₂O₂ 용액 0.1 mL을 넣어 잘 교반한 후 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응이 끝난 후 2% TCA 용액과 1% TBA 용액을 잘 섞은 후 100°C에서 20분간 반응한 후 냉각하여 원심분리 하였다. 상등액을 분광광도계를 이용하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계분석

모든 실험 분석은 3회 반복 실험하여 일원분산분석(one-way ANOVA)방법으로 분석하였으며, 모든 통계 자료는 SPSS 18.0(Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 평균값±표준편차로 표현하였다. 유의성이 있는 경우에 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 시료간의 유의성을(p<0.05) 검증하였다.

결과 및 고찰

일반성분 함량

국내산 및 북한산, 중국산 도토리목 제조용 조전분의 일반성분을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 국내산의 경우 수분이 13.28%, 탄수화물 84.27%, 조단백질 1.42%, 조지방 0.51%, 조회분 0.52%로 나타났으며, 북한산의 일반성분 함량은 수분 5.67%, 탄수화물 91.55%, 조단백질 1.65%, 조지방 0.68%, 조회분 0.44%였다. 반면 중국산 도토리목 제조용 조전분의 경우는 수분 12.41%, 탄수화물 85.51%, 조단백질 1.06%, 조지방 0.60%, 조회분 0.43%로 분석되었다. 조회분에서는 북한산(0.44±0.03%)과 중국산(0.43±0.01%)에서는 유의적 차이가 없었으며 국내산(0.52±0.01%)과는 다소 차이가 있

Table 2. Proximate compositions of acorn starch from Korea (KAS), North Korea (NAS) and China (CAS) origin (%)

Origin	Moisture	Crude ash	Crude fat	Crude protein	Carbohydrate
KAS	13.28±0.39 ^{1)a2)}	0.52±0.01 ^a	0.51±0.02 ^c	1.42±0.15 ^b	84.27±0.53 ^c
NAS	5.67±0.28 ^c	0.44±0.03 ^b	0.68±0.02 ^a	1.65±0.01 ^a	91.55±0.30 ^a
CAS	12.41±0.49 ^b	0.43±0.01 ^b	0.60±0.02 ^b	1.06±0.01 ^c	85.51±0.48 ^b

¹⁾Mean±SD.

²⁾Means in the column with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

Table 3. pH and acidity of acorn starch from Korea (KAS), North Korea (NAS) and China (CAS) origin

Origin	pH	Acidity(%)
KAS	5.26±0.07 ^{1)NS2)}	0.014±0.000 ^{b3)}
NAS	5.37±0.09	0.021±0.003 ^a
CAS	5.45±0.08	0.015±0.003 ^b

¹⁾Mean±SD.

²⁾Not significant at p<0.05.

³⁾Means in the column with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

었다. 특히, 북한산의 경우 조단백질, 조지방, 탄수화물 등에서 대체적으로 함량이 높아 원산지별 국가 간의 3개 시료에서는 유의적인 차이를 보였다(p<0.001). Shim 등(9)은 국산 도토리 가루의 일반성분 분석한 결과 탄수화물 87.29%, 수분 10.57%, 조지방 1.18%, 조단백 0.84%, 회분 0.12%로 나타났다. 청평 근교에서 생산된 도토리 가루의 일반성분은 조단백 7.3%, 수분 6.5%, 회분 3.4%, 조지방 2.1%이었고(17), 서울 근교 수락산에서 채집한 도토리 가루의 일반성분은 수분이 10.2%, 조단백 5.8%, 회분 2.8%, 조지방 1.1%로 나타났다고 보고하였다(5). 중국산 도토리 가루의 일반성분 함량은 조단백질 1.83%, 조지방 0.41%, 회분 0.4%로 나타났다(18). 따라서 도토리묵 제조용 조전분의 일반성분은 지역에 따라 또는 원산지, 품종, 저장조건, 수확시기 등에 따라 차이가 나타남을 알 수 있었다.

pH 및 산도

pH와 산도를 측정한 결과는 Table 3과 같다. pH는 중국산 5.45, 북한산 5.37, 국내산 5.27 순으로 높게 나타났으나 유의적 차이는 없었다. 산도에서는 유의적 차이가 있었으며(p<0.05), 북한산이 0.021%로, 국내산 0.014%, 중국산 0.015%에 비해 다소 높았다. 이러한 유의적 차이는 보관기간 및 보관 방법에 따른 수분함량의 저하로 고형분 함량이 높고 일부 성분변화가 생긴 때문으로 생각된다. 전체적인 시료의 분석 값은 Cho와 Choi의 연구 결과인 pH는 5.83±0.14, 산도는 0.016%와 비슷한 경향을 보였다(19).

무기질 함량

무기질 성분 분석에 대한 결과는 Table 4와 같다. 국내산의 경우 Ca(138.84 mg/100 g), K(63.70 mg/100 g), P(14.11 mg/100 g)의 순으로 높았으며, 북한산은 K(94.87 mg/100 g), Ca(48.23 mg/100 g), P(18.17mg/100 g), 중국산은 Ca (87.64 mg/100 g), K(37.03 mg/100 g), P(16.86 mg/100 g)의 순으로 함량 차이를 보였다. 무기질 중 K, Mg, Ca, Fe, P,

Table 5. Contents of monosacchrides in acorn starch from Korea (KAS), North Korea (NAS) and China (CAS) origin (mg/100 g)

Origin	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose
KAS	90.00±5.77 ^{1)b2)}	180.00±5.77 ^a	-	-
NAS	100.00±0.00 ^a	120.00±0.00 ^b	-	-
CAS	-	80.00±0.00 ^c	80.00±0.00	-

¹⁾Mean±SD.

²⁾Means in the column with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

Zn에서는 3개 국가의 원산지별 유의적 차이가 있었으나 (p<0.001), Na은 북한산(6.29±0.07 mg)과 중국산(6.12±0.19 mg)은 차이가 거의 없었고 국내산(4.52±0.04 mg)보다 많이 함유되어 있었다. Shim 등(9)은 국내산의 경우 K 함량이 40.68 mg/100 g으로 가장 많았으며, 그 외 P(8.95 mg/100 g), Ca(8.64 mg/100 g) 순으로 나타났다고 보고하였다. 본 연구자는 국산의 경우 Ca 함량이 전체 무기질 중 138.84 mg/100 g으로 가장 높았으며, 그 다음으로 북한산의 K 함량이 (63.70 mg/100 g), 다음은 중국산의 Ca 함량(87.64 mg/100 g) 순으로 차이가 났다. 이러한 결과는 시료의 채취시기, 실험방법, 저장조건, 실험자에 의해 다소 차이가 발생함을 알 수 있었다.

당 성분 함량

당 성분을 분석한 결과는 Table 5와 같으며, 그중 국내산의 경우 glucose(187 mg/100 g), fructose(87 mg/100 g) 순으로 나타났으며, 북한산은 glucose(120 mg/100 g), fructose (100 mg/100 g), 중국산은 glucose(80 mg/100 g), sucrose (80 mg/100 g)를 함유하고 있어 glucose의 경우 3개 국가의 원산지별 시료에 있어서 유의적 차이를 보였다(p<0.001). Glucose 함량에 있어서는 국내산이 가장 높았으며 북한산, 중국산이 그 뒤를 이었다. 또한 중국산의 경우 fructose가 검출되지 않았으며, 국내산 북한산에서는 sucrose가 검출되지 않았다. 이와 같이 뚜렷하게 성분 차이를 보이는 것은 특이할 만한 결과라 여겨진다. 이러한 원인이 저장조건이나 유통과정 등에 대한 차이 때문인지, 기후 및 토양에 의한 영향인지 또는 품종에 의한 차이인 지는 더 연구해볼 필요가 있다고 생각된다. 국내산 도토리 가루의 구성당은 glucose가 대부분이고, rhamnose, galactose, arabinose, mannose, fructose, xylose 순으로 함유되어 있다고 보고하였다(9).

색도

원산지별 시료의 색도 측정 결과는 Table 6과 같다. 명도

Table 4. Mineral contents of acorn starch from Korea (KAS), North Korea (NAS) and China (CAS) origin (mg/100 g)

Origin	Na	K	Mg	Ca	Fe	P	Zn
KAS	4.52±0.04 ¹⁾	63.70±1.35 ^b	14.11±0.20 ^a	136.84±0.24 ^a	1.83±0.01 ^c	14.11±0.03 ^c	0.44±0.01 ^b
NAS	6.29±0.07 ^{a2)}	94.87±0.75 ^a	8.51±0.01 ^c	48.23±0.55 ^c	2.06±0.01 ^b	18.17±0.02 ^a	0.40±0.01 ^c
CAS	6.12±0.19 ^a	37.03±0.93 ^c	12.29±0.02 ^b	87.64±0.62 ^b	4.55±0.01 ^a	16.86±0.05 ^b	1.07±0.01 ^a

¹⁾Mean±SD.

²⁾Means in the column with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

Table 6. Hunter's color values of acorn starch from Korea (KAS), North Korea (NAS) and China (CAS) origin

Origin	L	a	b
KAS	64.40±0.04 ^{1) b2)}	3.38±0.03 ^a	14.59±0.03 ^a
NAS	59.89±0.02 ^c	3.13±0.07 ^b	14.63±0.06 ^a
CAS	64.48±0.06 ^a	2.55±0.14 ^c	13.15±0.05 ^b

¹⁾Mean±SD.

²⁾Means in the column with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

값(L)은 북한산에서 59.89±0.02로 가장 낮게 나타났고 3개 원산지별 시료에 대해서는 유의적 차이를 보였다(p<0.001). 적색도(a)는 중국산, 북한산, 국내산 순으로 차이가 있었으며, 황색도(b)는 국내산과 북한산은 차이가 없었고, 중국산은 13.15±0.05로 이들보다 낮은 값을 보였다. 모든 시료 간에 유의적 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.001). 북한산은 명도가 낮은 반면 중국산은 적색도 황색도가 낮은 것으로 나타나 이는 시료의 저장 및 보관조건에 따른 색상의 변화 때문이라고 생각된다.

총 페놀 함량

총 페놀 함량과 항산화 효과는 밀접한 관계가 있으므로(9) 본 실험은 tannic acid를 표준용액으로 하여 작성한 검정곡선으로부터 국내산, 북한산 및 중국산 도토리묵 제조용 조전분의 총 페놀 함량을 분석하였으며 그 결과는 Fig. 1과 같다. 북한산의 경우 0.009 mg/mL로 가장 높았으며 중국산이 0.006 mg/mL, 국내산이 0.004 mg/mL 순으로 함량 차이를 보였다. Gallic acid를 표준용액으로 실험한 국내산 및 중국산 도토리 가루의 총 페놀 함량은 국내산 도토리 가루 20 mg/g, 중국산 도토리 가루 3 mg/g이라고 보고한(18) 것과는 차이를 보였다. 또한 식물계에 널리 분포되어 있는 이들의 phenolic hydroxyl이 단백질과 같은 거대분자와 결합하여 항산화, 항암, 항균 등의 생리 기능을 갖는 것으로 보고되어 있다(20). 이와 같은 차이는 도토리 시료에 대한 특성 즉 전분 추출 방법이나 페놀성 물질의 다양한 구조와 분자량의 차이 때문으로 사료된다.

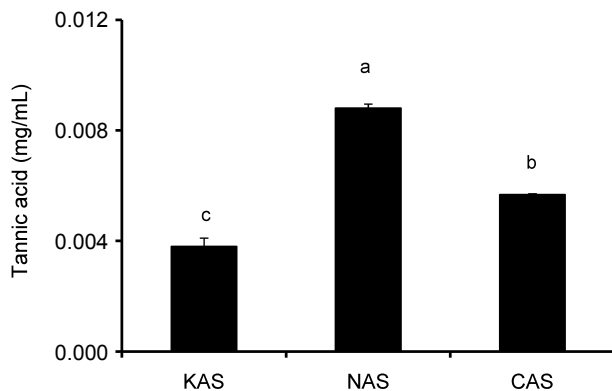


Fig. 1. Total phenol content of acorn starch from Korea (KAS), North Korea (NAS) and China (CAS) origin.

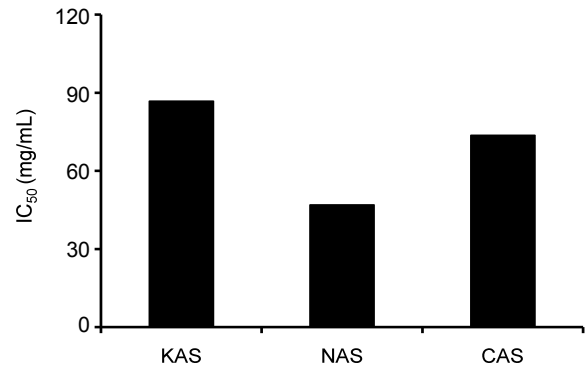


Fig. 2. DPPH radical scavenging effects of acorn starch from Korea (KAS), North Korea (NAS) and China (CAS) origin.

DPPH radical 소거능에 의한 항산화 활성

항산화 능력을 측정하기 위하여 DPPH 라디칼이 환원되어 활성 라디칼에 전자를 공유함으로써 DPPH 용액 자체의 자색을 소실하는 특성을 이용하여 결과를 얻을 수 있었다. 전자 공여 작용은 활성 라디칼에 의한 노화 억제 및 산화지연을 위한 척도로 이용된다(21).

시료에 대한 원산지별 라디칼 소거 능력을 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 메탄올을 용매로 사용하여 분석한 결과 북한산의 IC₅₀값이 47.0 mg/mL로 가장 뛰어난 활성을 보였으며 중국산이 73.7 mg/mL, 국내산이 86.8 mg/mL 순으로 나타났다.

용매별 추출한 도토리 가루의 항산화 효과는 물 추출물이 가장 높았고 그 다음 75% 에탄올 추출물, 메탄올 추출물의 순으로 측정되었다고 보고하였다(9). 밤과 도토리의 50% 메탄올 추출물로 흰쥐 생체 내 실험을 한 결과 밤과 도토리의 함유 수준이 높을수록 체내 지질 수준을 억제하였으며, SOD의 활성을 증가시키는 등의 항산화 효과를 나타내었다고 보고하였다(1).

이와 같이 항산화성의 감소 결과는 phenolic 물질이 항산화성을 가진다는 점(22)을 고려해보면 앞에서 서술한 총 페놀 함량이 높은 북한산 전분에서 DPPH 라디칼 소거능이 큰 것은 phenol 함량이 높음에 따라 항산화력도 우수한 것으로 생각된다.

Hydroxyl radical 소거능에 의한 항산화 활성

원산지에 따른 도토리묵 제조용 조전분의 hydroxyl radical 소거능의 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 전자공여능의 작용은 자유라디칼에 전자를 공여하여 식품의 지방 산화를 억제하고 인체 내에서는 자유라디칼에 의한 노화를 억제시키는 작용으로 주로 이용되어진다(23). 특히 라디칼 소거작용은 인체의 질병과 노화방지에 대단히 중요한 역할을 한다(24). 북한산의 IC₅₀값이 0.038 mg/mL로 가장 뛰어난 활성을 보였으며 중국산이 0.041 mg/mL, 국내산이 0.044 mg/mL 순으로 나타났다. 북한산의 hydroxyl radical 소거능이 높은 것 역시, total phenol 함량에서 기인한 것으로 생각된다. 이

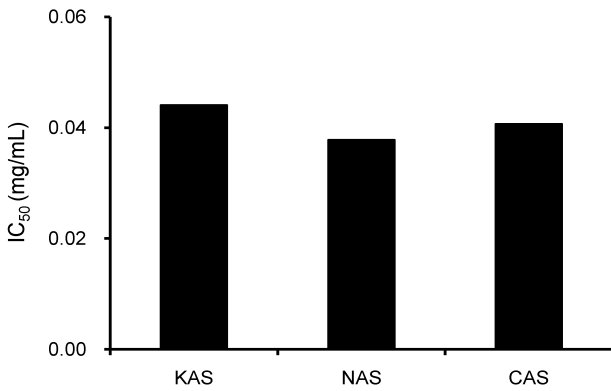


Fig. 3. Hydroxyl radical scavenging activity of acorn starch from Korea (KAS), North Korea (NAS) and China (CAS) origin.

는 DPPH radical 소거능과 같은 경향을 나타내었다. 총 페놀 함량이 항산화 활성에 영향을 미치게 되며 총 페놀 함량이 증가할수록 hydroxyl radical 소거능도 높은 활성을 나타낼 수 있었다.

일반성분에서 탄수화물과 조지방 함량이 높고 pH와 산도, 무기질 중에서 P, Na 함량이 높은 시료가 항산화 활성이 우수한 것으로 나타나 이러한 항목과 상관관계가 있음을 나타내 주었다. 그러나 수입산인 경우 수분함량이 낮고 고형분 함량이 높아 어느 성분과 밀접한 상관관계가 있다고 결론짓기는 어려웠다.

따라서 원산지 구별에 따른 차이분석은 앞으로 원료에 대한 품종, 채취시기, 유통경로, 보관방법 등에 대한 구체적인 고 지속적인 연구가 선행되어야 할 것으로 생각되었다.

요 약

도토리묵 제조용 조전분의 품질 특성을 규명하기 위한 기초연구 목적으로 수입 원산지(국내산, 북한산, 중국산)별로 일반성분, pH 및 산도, 무기질 및 당 조성, 색도, 총 페놀 함량, 항산화 활성 등을 조사하였다. 일반성분에서는 북한산의 경우 수분함량은 적고 탄수화물, 조지방, 조단백이 국내산이나 중국산보다 높았다. pH는 3개 시료에서 유사하였으며 산도는 북한산이 0.021%로 중국산이나 국내산보다 다소 높게 나타났다. 이러한 산도의 유의성 차이는 채취년도 및 보관온도, 보관기간 등에 의한 수분량 감소, 성분변화 등에 기인한 것으로 생각된다. 특히 원료별 유통경로 및 보관온도, 보관기간에 차이가 있었다. 무기질의 경우 국내산은 Na 함량이 적고(4.52 mg/100 g), Mg(14.11 mg/100 g)과 Ca (136.84 mg/100 g) 함량이 높았으며, 북한산은 K(94.87 mg/100 g)과 P(18.17 mg/100 g)이, 중국산은 Fe(4.55 mg/100 g)과 Zn(1.07 mg/100 g)이 상대적으로 높았다. 당 성분의 경우 포도당 함량은 국내산(187 mg/100 g)이, 자당은 중국산(80 mg/100 g)이 높았다. 색도에서는 명도값(L)이 북한산

에서 59.89로 가장 낮은 값을 보였으며, 국내산 64.60, 중국산 64.48으로 차이를 보였다. 적색도(a)와 황색도(b)에서는 북한산이 2.55, 13.15로 가장 낮은 값을 보인 반면, 국내산과 중국산은 유의적인 차이가 없었다. 총 페놀 함량에서는 북한산이 0.009 mg/mL로 가장 높았으며 다음으로 중국산 0.006 mg/mL, 국내산 0.004 mg/mL 순으로 나타났다. DPPH radical 소거능의 경우 IC₅₀ 값에서 북한산이 47.0 mg/mL로 가장 높았고 중국산 73.7 mg/mL, 국내산 86.8 mg/mL로 차이를 보였다. 또한 hydroxyl radical 소거능에서도 북한산의 IC₅₀ 값이 0.038 mg/mL로 가장 높은 활성을 나타냈으며, 그 다음으로 중국산 0.041 mg/mL, 국내산 0.044 mg/mL 순이었다. 따라서 이들 수입 원산지별 도토리묵 제조용 조전분에 대한 분석 결과 성분별 함량 차이는 존재하였으며 어느 시료에서 전체 품질이 우수하다고 보기는 어려웠다. 그러므로 현재 수입되고 있는 북한산 중국산 도토리묵 제조용 조전분에 대한 원산지별 다른 영양성분을 고려하여 생산하고자 하는 특정 가공식품의 이용을 검토하여 그 특성에 맞게 적용하려는 노력이 필요할 것이다.

문 헌

1. Yook GJ, Lee HJ, Kim MK. 2002. Effect of chestnut and acorn on lipid metabolism, antioxidative capacity and antithrombotic capacity in rats. *Korean J Nutr* 35: 171-182.
2. Chung DH, Yu TJ, Choi BK. 1975. Study on utilization of acorn starch. *J Korean Agric Chem Soc* 18: 102-103.
3. Kim JO, Lee MJ. 1976. Studies on some physicochemical properties of the acorn starch. *Korean J Food Sci Technol* 8: 230-235.
4. Hill AF. 1937. *Economic botany, a textbook of useful plants and plant products*. Mcgraw-Hill Book Co., Inc., New York, NY, USA. p 592-593.
5. Kim CS, Shin ET. 1975. Studies on the utilization of varieties of acorn in Korea. *Korean J Appl Microbiol Bioeng* 3: 17-22.
6. Kim YA, Rhee HS. 1987. Physicochemical properties of acorn crude starch and acorn refined starch. *Korean J Soc Food Sci* 3: 14-19.
7. Park JY, Koo SJ. 1984. A study on the tannin components and physical properties of acorn starch. *Korean J Nutr* 17: 41-49.
8. Lee MH, Jeong JH, Oh MJ. 1992. Antioxidative activity of gallic acid in acorn extract. *Korean J Nutr* 21: 693-700.
9. Shim TH, Jin YS, Sa JH, Shin IC, Heo SI, Wang MH. 2004. Studies for component analysis and antioxidative evaluation in acorn powders. *Korean J Food Sci Technol* 36: 800-803.
10. Kang MH, Lee JH, Lee JS, Kim JH, Chung HK. 2004. Effect of acorn supplementation on lipid profiles and antioxidant enzyme activity in high fat diet induced obese rats. *Korean J Nutr* 37: 169-175.
11. Cho DR. 1998. An analysis of demand and supply for acorn in Korea. *Korean Agricultural Policy Review* 25: 71-84.
12. AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 51.
13. AOAC. 1980. *Official methods of analysis*. 15th ed. Associa-

- tion of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 31.
14. Nogueira LC, Silva F, Ferreira IM, Trugo LC. 2005. Separation and quantification of beer carbohydrates by high performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection. *J Chromatogr A* 1065: 207-210.
 15. Bernd T, Bernhard M, Günther S, Ralph PK, Ulrich J. 1996. Characterization of polyethers using different methods. *Macromol Symp* 110: 231-232.
 16. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 7: 239-243.
 17. Chae SK, Yu YJ. 1973. Studies on the hydrolysis of tannin in food by ungal tannase. *Korean J Food Sci Technol* 5: 17-22.
 18. Jung MJ, Heo SI, Wang MH. 2007. Comparative studies for component analysis in acorn powders from Korea and China. *Koreann J Pharmacogn* 38: 90-94.
 19. Cho Y, Choi MY. 2007. Sensory and instrumented characteristics of acorn starch mook with additives. *Korean J Food Cookery Sci* 23: 346-353.
 20. Park CS. 2005. Component and quality characteristics of powdered green tea cultivated in Hwagae area. *Korean J Food Preserv* 12: 36-42.
 21. Lee KM, Jeong GT, Park DH. 2004. Study of antimicrobial and DPPH radical scavenger activity of wood vinegar. *Kor J Biotechnol Bioeng* 19: 381-384.
 22. Umekawa H, Takada Y, Furuichi Y, Takahashi T, Achiwa Y, Komiya T, Yoshida S. 1999. Inhibition of eukaryotic DNA polymerase by persimmon extract and related polyphenols. *Biochem Mol Biochem Mol Biol Int* 47: 795-801.
 23. Lee KD, Chang HK, Kim HK. 1997. Antioxidative and nitrite scavenging activities of edible mushrooms. *Korean J Food Sci Technol* 29: 432-436.
 24. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.

(2011년 4월 29일 접수; 2011년 5월 23일 채택)