한국의 주요 참나무류 종실의 탄닌 및 영양성분 비교

이위영^{1*}, 나성준², 박응준¹, 한상억²

¹국립산림과학원 생명공학과, ²국립산림과학원 임목육종과

The Comparison of Tannins and Nutritional Components in the Acorn of Major Oak Trees in Korea

Wi Young Lee^{1*}, Sung June Na², Eung-Jun Park¹ and Sang Urk Han²

¹Division of Forest Biotechnology, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-847, Korea

²Division of Forest Tree Improvement, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-847, Korea

Abstract - Nutritional composition, including total phenolics, tannins and nutrient components, of acorns of *Q. actissima*, *Q. serrata*, *Q. variabilis* and *Q. mongolica* were analyzed. Acorns were collected from each tree species, which were grown in a seed orchard. Contents of both total phenolics and tannins in acorns of *Q. serrata* were higher than those of *Q. actissima* ($p < 0.05$). Interestingly, *Q. serrata* contained the highest amount of water soluble tannins (71 mg/g dw) and the lowest levels of water insoluble tannins (8.1 mg/g dw) among 4 oak species, resulting that acorns of *Q. serrata* had the lowest proportion of insoluble tannins. Among 4 oak species tested, *Q. mongolicav* acorns contained the highest levels of both total dietary fiber (TDF) and ascorbic acid, while the content of beta-carotene in *Q. mongolicav* was 52-fold lower than that in *Q. variabilis* (520 μ g/100 g). Our result showed that nutritional composition of acorns was significantly different between oak species, indicating that tastes or nutritional values might be different as well among major oak species in Korea.

Key words - *Quercus* species, Acorn, Components, Tannins, Dietary fiber

서 언

우리나라의 참나무류 중 상수리나무, 졸참나무, 굴참나무 및 신갈나무가 넓은 면적에 분포하여(Kim *et al.*, 1981; Kim *et al.*, 2013) 이들 수종이 육종의 대상 수종이 되고 있다(Yim *et al.*, 1995). 참나무로부터 생산되는 도토리 열매는 산림생태계에 있어 야생동물의 중요한 먹이 공급원으로서(Darley-Hill and Johnson, 1981; Korea forest research Institute, 1988) 또한 옛 부터 식용으로 또는 구황식품으로 이용되어 오고 있으며 체 내 지질개선, 항산화 효과 등이 보고되어(Yook *et al.*, 2002; Kang *et al.*, 2004) 건강 기능성 식품의 역할도 하고 있다.

도토리는 70~80%가 탄수화물로 이중 30% 전후가 amylose 로 구성되어 동물에게 중요한 탄수화물 공급원이 되고 있다 (Chung *et al.*, 1975; Correia and Beirão-da-Costa, 2012). 또 한 도토리에는 5~9%의 탄닌 성분이 함유되어 있으며, 탄닌 성

분은 동물 및 병충해로부터 자신을 보호하기 위해 단백질과 높 은 친화력을 지닌 다양한 형태의 가용성 폴리페놀을 함유하고 있다(Robbins *et al.*, 1987; Shimada and Saitoh, 2003). 한편 이러한 도토리의 탄닌 성분은 항산화활성이 높아(Shim *et al.*, 2004; Rakić *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2011) 체내의 지질과산 화물의 농도를 낮추어주어 인체 내의 지방대사 개선에 효과가 있는 것으로 추정하고 있다(Kang *et al.*, 2004). 더불어 도토리는 무기물질을 많이 함유하여 미량원소 공급원으로서 기능을 하고 있다(Kim 1995; Hong *et al.*, 2010). 이와 같이 도토리는 야생조수 및 인간에게 유용한 식품 영양원으로서의 기능을 갖 고 있어 식품소재로서 또는 공업용 소재로서 활용도를 높이기 위한 화학적 조성이나 물성특성 등의 연구가 진행되어 왔다 (Park and Koo, 1984; Ahn *et al.*, 1990; Kim 1995). 도토리의 성분 함량은 지역별로 특히 참나무류 수종에 따라 크게 차이가 있는 것으로 보고되고 있으며(Özcan 2006; Valero *et al.*, 2012; Mohammadzadeh *et al.*, 2013), 특히 도토리묵의 뽕고 텁텁한

*교신저자(E-mail) : lwy20@forest.go.kr

© 본 학회지의 저작권은 (사)한국자원식물학회지에 있으며, 이의 무단전재나 복제를 금합니다.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

맛 및 질감의 차이는 탄닌류 등의 성분 함량 차이에 의한 것으로 (Park and Koo, 1984) 수종별 도토리 성분 함량특성에 기인한 것으로 추정하고 있다. 그러나 국내에서의 도토리의 성분이나 기능성 연구는 주로 단일 수종이나 수종을 구분하지 않고 연구가 되어 참나무류 수종 구분에 따른 도토리 성분의 비교 연구가 필요하다. 또한 도토리 식품은 민간에서 저칼로리의 다이어트 식품으로 이러한 기능을 하는 주된 기능 인자 중 하나인 식이섬유소에 관한 연구보고는 없다.

본 연구는 국내에 자생하고 있는 대표적 수종인 상수리나무, 졸참나무, 굴참나무 및 신갈나무를 대상으로 동일 환경조건(동일 지역)에서 생산된 도토리 종자에 대한 탄닌류, 식이섬유소, 무기성분, 아미노산 등의 성분함량 특성을 수종별로 비교 분석하고자하였다.

재료 및 방법

참나무류 종실의 시료 채취 및 특성 조사

참나무류 종실은 참나무 수형목 클론의 접목목로 2005년도에 경기도 화성군(위도 37° 16'15", 경도 126° 55'30", 해발고 90~100 m)에 조성된 상수리나무, 졸참나무, 신갈나무 및 굴참나무 채종원의 채종목으로부터 채취하였다. 각 수종별 채종원은 동일지역에 10 클론 이상으로 400본/ha의 비율로 조성되었다. 본 연구에는 상수리나무 및 졸참나무 채종원에서 각각 4개 클론으로부터, 굴참나무와 신갈나무는 10개 클론으로부터 2012년 10월에 클론별로 종실을 구분 채취하여 사용하였다.

수종별, 클론별로 채취된 종자는 음지에서 풍건 후 클론당 10립의 종자무게, 길이, 폭, 부피를 측정하였다(Table 1). 종실 부피는 클론 당 5립을 메스실린더를 이용하여 측정하였다. 종실의 성분 함량분석을 위하여 상수리나무 및 졸참나무 종실은 각각 4개 클론별로 구분하여 채취, 종피 제거 후 동결건조하여 분석

용 시료로 사용하였고, 굴참나무와 신갈나무는 10개 클론으로부터 종실을 채취, 동일수의 종실을 혼합하여 종피를 제거한 후 동결건조하여 분석용 시료로 사용하였다. 동결 건조된 종실은 분쇄기로 분쇄하여 성분 함량분석에 사용하였다.

성분 함량 분석

종실의 페놀성분은 Rakić *et al.* (2007)의 방법을 변형하여 전체 페놀, 수용성 페놀, 비탄닌성 페놀, 탄닌성 페놀로 구분하여 페놀화합물을 정량하였다. 전체 페놀은 0.25 g 분말 시료를 80% 메탄올 8 ml로 진탕기에서 24시간 추출한 추출물을, 수용성 페놀은 0.25 g 분말 시료를 초순수 8 ml로 진탕기에서 24시간 추출한 추출물을 분석에 이용하였다. 전체 비탄닌성 페놀은 상기 80% 메탄올 추출물을 수용성 비탄닌성 페놀은 상기 초순수 추출물을 이용하여 일정량에 polyvinyl polypyrrolidone를 첨가하여 교반 혼합하고 40°C에 15분간 반응 후 원심분리한 각각의 상등액을 분석에 이용하였다. 각각의 추출물 및 상등액을 Folin & Ciocalteu's Phenol reagent를 사용하여 흡광도 640 nm에서 각기 추출물의 페놀농도를 측정하였다. 정량을 위한 표준물질로 gallic acid를 이용하였다. 탄닌성 페놀은 전체 페놀함량에서 전체 비탄닌성 페놀을, 수용성 탄닌은 수용성 페놀에서 수용성 비탄닌성 페놀을 각각 감한 값으로 하였다.

종실의 전체 식이섬유소함량은 효소 중량법(Lee *et al.*, 1992)로 분석하였다. 무기성분 분석은 A.O.A.C (1990)법으로 분석하였다. 요약하면 종실 분말시료 0.5 g을 600°C에서 2시간 이상 회화시킨 뒤 염산용액 (1:1=v:v) 10 ml를 가하여 상온에서 하룻밤 용해시킨 다음 No.6 여과지로 여과하여 여액을 분석용 시료액으로 하였다. 시료액은 Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (GBC, Integra XL, Australia)로 P, K, Ca, Mg, Fe 함량을 정량하였다. 베타카로틴은 건강기능식품공전(2008) 방법으로 분석하였다. 시료 1 g을 0.2%

Table 1. Acorn characteristics of oak species being used in components analysis

<i>Quercus</i> species	Sampling numbers of Clone	Characteristics of acorns ^z			
		Weight (g)	Length (mm)	Width (mm)	volume (cm ³)
<i>Q. actissima</i>	4	5.0 ± 0.91 a ^y	21.1 ± 1.49 a	19.6 ± 1.45 a	4.4 ± 0.79 a
<i>Q. serrata</i>	4	1.8 ± 0.65 c	20.7 ± 2.10 a	12.1 ± 1.70 c	3.2 ± 1.10 b
<i>Q. variabilis</i>	10	5.5 ± 0.83 a	22.0 ± 1.73 a	19.9 ± 1.51 a	4.5 ± 0.96 a
<i>Q. mongolica</i>	10	3.9 ± 1.82 b	21.4 ± 2.93 a	16.9 ± 2.51 b	3.5 ± 1.10 b

^zValues are expressed as mean ± standard deviation

^yDuncan's multiple range test at 5% level.

ascorbic acid 20 ml로 추출하고, 80% KOH 5 ml로 검화, 핵산으로 분액하여 건조 후 이동상으로 용해하여 분석용 시료액으로 조제하였다. 시료액을 HPLC (Shiseido, SP2, Japan)을 이용하여 C₁₈ column (Shiseido UG, 120 Å, 4.6 mm × 250 mm)에 이동상 MeOH:TBME:D.W:TEA= 40:56:4:0.1 (v:v:v:v)을 1 ml/min로 흘려 450 nm에서 정성, 정량하였다. 비타민 C의 정량은 식품공전(2008) 방법으로 분석하였다. 분말 시료 2 g에 5% metaphosphoric acid 20 ml로 균질화하여 추출 후 추출액을 HPLC (Shiseido, SP2, Japan)로 분석하였다. 컬럼은 C₁₈ column (Shiseido MG, 100 Å, 4.6 mm × 250 mm)을, 이동상은 acetonitrile:0.05M-KH₂PO₄=2:98 (v:v)로 0.5 ml/min로 흘려 254 nm에서 정성, 정량하였다. 아미노산은 식품공전(2008) 방법으로 분석하였다. 분말시료 100 mg을 6N-HCL 40 ml를 가하고 질소가스를 주입하여 막고 110°C에서 24시간 가수분해 시킨 후 농축 건조하여 증류수로 녹여 분석용 시료액으로 사용하였다. 시료액은 아미노산 자동분석기(Hitachi, L-8900, Japan)를 이용하여 분리, 정량하였다

분석된 성적은 SAS 통계프로그램(ver. 8.01; SAS Institute Inc., 1999)을 사용하여 수종간의 종실 특성과 성분함량 차이를 확인하기 위하여 던컨검정과 t-검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

참나무류 종실 특성

본 연구에 사용된 종실은 우리나라 전국에서 선발된 수형목의 클론으로 조성된 재종원의 재종목으로부터 채취하였기 때문

에 특정 산지에 한정된 종자가 아닌 특징이 있다. 참나무류 종실의 무게는 굴참나무가 5.5 g/립, 상수리나무 5.0 g/립으로 두 수종 간에는 유의적 차이는 없었다. 그러나 신갈나무 3.9 g/립, 졸참나무 1.8 g/립으로 나타나 수종 간에 유의적 차이($p < 0.05$)가 있었다. 종실의 부피는 굴참나무 4.5 cm³, 상수리나무 4.4 cm³, 신갈나무 3.5 cm³, 졸참나무 3.2 cm³로 굴참나무와 상수리나무 간에 또한 신갈나무와 졸참나무 간에는 유의적 차이가 없었으나 이 두 그룹 간에는 차이가 있었다($p < 0.05$). 한편 종실의 길이는 21 mm 전후로 수종 간에 차이가 없었다(Table 1). 상수리나무와 굴참나무 종실은 화아 원기가 형성된 이후 2년에 걸쳐 성숙한 종실이고 졸참나무와 신갈나무는 화아가 형성된 이후 1년 만에 결실하는 종실이다. 참나무의 경우 2년에 걸쳐 성숙된 종실이 당년 성숙된 종실보다 무게나 크기가 큰 것으로 나타났다.

참나무류 종실의 탄닌 성분함량 비교

참나무 종실의 탄닌 성분은 페놀화합물로 종실을 섭취하는 해충이나 동물로부터 자신을 보호하기 위해 생성된 이차대사산물로 수종이나 환경인자 등에 의해 성분함량에 변이가 있는 것으로 추정하고 있다(Valero *et al.*, 2012; Mohammadzadeh *et al.*, 2013). 종실에는 페놀성 화합물로 유리형태의 gallic acid와 같은 단순 페놀화합물인 비탄닌성 페놀화합물과, 탄수화물이나 단백질, 알카로이드 등과 결합하고 있는 탄닌성 화합물로 구분하며, 탄닌성 화합물은 다시 물에 가수분해 되어 물에 녹는 수용성 탄닌과 고분자형태로 물에 녹지 않는 비수용성 탄닌으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 참나무 수종별에 따른 종실내의 페놀성 화합물의 특성을 비교 분석하고자 전체 페놀화합물, 탄

Table 2. Content of total and non-tannin phenolics, tannins, water soluble and water insoluble tannins and ratios of insoluble tannins in the acorn of *Quercus* species. The values of *Q. actissima* and *Q. serrata* were clonal means of four clones and *Q. variabilis* and *Q. mongolica* were gained from mixed acorns of ten clones

<i>Quercus</i> species	Contents (mg/g dw) ^z					Ratios of insoluble tannin ((a-b)/a × 100, %)
	Total phenolics	Phenolics of non-tannin	Tannins (a)	Water soluble tannins (b)	Water insoluble tannins (a-b)	
<i>Q. actissima</i>	61.6 ± 10.0 ^y	4.0 ± 0.58	57.6 ± 9.5	44.2 ± 5.9	13.4 ± 3.8	23.4 ± 2.7
<i>Q. serrata</i>	85.8 ± 7.3	6.3 ± 0.85	79.2 ± 7.2	71.1 ± 0.7	8.1 ± 2.9	10.3 ± 4.3
<i>T-Tests (p value)^x</i>	0.010	0.004	0.015	0.003	0.025	0.001
<i>Q. variabilis</i>	72.0	3.2	68.9	45.4	23.5	34.1
<i>Q. mongolica</i>	68.6	4.0	64.6	45.8	18.8	29.1

^zExpressed as mg gallic acid equivalent/g dry weight extract.

^yValues are expressed as mean of four replications ± standard deviation.

^x*p* value of T-Tests between *Q. actissima* and *Q. serrata*.

닌, 비탄닌성 페놀화합물, 수용성 탄닌, 비수용성 탄닌으로 구분하여 정량하였다(Table 2).

전체 페놀성 화합물 함량은 졸참나무 종실이 85.8 mg/g으로 가장 많이 함유하고 있었고, 이어서 상수리나무, 굴참나무 및 신갈나무 모두가 70 mg/g 전후로 유사한 경향으로 나타났다. Gallic acid 당량으로 표기한 탄닌의 함량도 전체 페놀화합물 함량과 같이 졸참나무에서 79 mg/g으로 가장 높았고, 이외의 수종은 62 mg/g 전후로 유사하였다. 특히 졸참나무와 상수리나무의 클론간의 페놀 및 탄닌 함량을 비교한 결과 두 수종 간에는 유의적 차이($p < 0.05$)가 있었다. 일본지역 졸참나무 종실의 탄닌성 페놀화합물 함량은 73 mg/g으로(Shimada 2001; Shimada and Saitoh, 2006), 또한 국내의 졸참나무에는 67~93 mg/g, 상수리나무는 46~82 mg/g으로 보고되었는데(Kim 1995) 본 분석치도 이와 유사한 오차범위 내에 있었다. 이러한 결과로 수종내 탄닌의 함량의 차이는 종실의 채취장소(환경)의 차이보다 수종내의

함량 변이에 의한 것으로 추정된다. 한편 수용성 탄닌 함량은 졸참나무가 71 mg/g으로 가장 높았고, 이어서 상수리나무 등 모두가 45 mg/g 전후로 졸참나무보다 적었다($p < 0.01$). 반면 물에 녹지 않는 즉 고분자의 비수용성 탄닌 함량은 졸참나무가 8.1 mg/g으로 가장 낮았고, 상수리나무 13.4 mg/g, 신갈나무 18.8 mg/g, 굴참나무 23.5 mg/g 순으로 높아 굴참나무에서 비수용성 탄닌을 가장 높게 함유하고 있는 경향으로 나타났다. 특히 졸참나무와 상수리나무의 비수용성 탄닌 함량이 유의적 차이($p = 0.025$)가 있어 다른 수종 간에도 차이가 있을 것으로 추정되었다.

졸참나무 종실이 다른 참나무류 종실보다 가장 많은 양의 탄닌을 함유하고 있었고 또한 수용성 탄닌도 가장 높게 함유하였으나 반면 비수용성 탄닌은 가장 낮게 함유하는 경향이 있었다. 이러한 결과는 수침법으로 참나무류 종실의 탄닌성분을 제거할 경우 졸참나무의 종실(도토리)에서 가장 많은 양의 탄닌 성분이 제거되어 가장 낮은 농도로 도토리 전분에 함유하게 된다는 것

Table 3. Amino acid contents (%) in the acorn of *Quercus* species. The values of *Q. actissima* and *Q. serrata* were clonal means of four clones and *Q. variabilis* and *Q. mongolica* were gained from mixed acorns of ten clones. The values of *Q. actissima* and *Q. serrata* were clonal means of four clones and *Q. variabilis* and *Q. mongolica* were gained from mixed acorns of ten clones

Amino acids	<i>Q. actissima</i>		<i>Q. serrata</i>		T-Tests (p value) ^x	<i>Q. variabilis</i>		<i>Q. mongolica</i>	
	Mean ± S.D. (%) ^z	Ratio (%) ^y	Mean ± S.D. (%)	Ratio (%)		Mean	Ratio (%)	Mean	Ratio (%)
Asp	0.86 ± 0.15	14.6	0.85 ± 0.13	15.7	0.923	1.01	19.0	1.18	18.1
The	0.23 ± 0.02	3.9	0.20 ± 0.02	3.8	0.114	0.20	3.8	0.24	3.6
Ser	0.28 ± 0.03	4.7	0.26 ± 0.02	4.8	0.232	0.24	4.5	0.30	4.6
Glu	1.07 ± 0.11	18.2	0.97 ± 0.09	18.0	0.220	0.90	17.0	1.13	17.3
Gly	0.28 ± 0.03	4.8	0.25 ± 0.02	4.6	0.074	0.25	4.6	0.27	4.2
Ala	0.30 ± 0.02	5.1	0.29 ± 0.02	5.3	0.309	0.27	5.0	0.31	4.8
Val	0.32 ± 0.03	5.5	0.27 ± 0.02	5.0	0.017	0.26	5.0	0.33	5.1
Ile	0.20 ± 0.02	3.4	0.18 ± 0.01	3.4	0.161	0.18	3.4	0.21	3.3
Leu	0.51 ± 0.05	8.6	0.46 ± 0.03	8.6	0.209	0.44	8.2	0.52	7.9
Tyr	0.15 ± 0.01	2.6	0.12 ± 0.01	2.2	0.001	0.14	2.6	0.15	2.2
Phe	0.28 ± 0.03	4.8	0.26 ± 0.02	4.8	0.200	0.25	4.7	0.28	4.3
Lys	0.36 ± 0.03	6.0	0.29 ± 0.02	5.3	0.008	0.29	5.5	0.34	5.2
His	0.17 ± 0.02	2.8	0.16 ± 0.02	3.0	0.841	0.15	2.7	0.20	3.0
Arg	0.52 ± 0.12	8.8	0.45 ± 0.07	8.4	0.388	0.41	7.7	0.68	10.4
Pro	0.36 ± 0.02	6.1	0.38 ± 0.01	7.1	0.045	0.34	6.5	0.39	6.0
Total-amino acid	5.88 ± 2.34	100	5.40 ± 1.82	100	0.275	5.33	100	6.52	100

^zMean of four replications ± standard deviation

^yRelative percents of amino acids.

^xp value of T-Tests between *Q. actissima* and *Q. serrata*.

을 의미한다. 도토리묵의 맛이나 질감은 탄닌류 등 성분 함량에 기인하는 것으로 추정하고 있다(Park and Koo, 1984). 일반적으로 졸참나무 도토리묵은 상수리나무나 굴참나무 도토리묵보다 떼거나 씹는 맛이 덜한데 이는 본 연구의 결과로 상수리나무나 굴참나무보다 졸참나무 도토리의 전분에 비수용성 탄닌이 적게 함유되어 있는 것도 한 요인인 것으로 추정된다.

참나무류 종실의 영양 성분함량 비교

동일 환경에서 조건에서 성장하고 있는 참나무로부터 채취한 수종별에 따른 종실내 전체 아미노산의 함량은 상수리나무, 졸참나무 및 굴참나무에서 각각 5.88%, 5.40%, 5.33%로 유사한 함량을 보였고, 신갈나무가 6.52%로 다른 수종에 비해 높은 경향으로 나타났다. 그러나 수종별 아미노산류의 함량 분포 비율은 유사한 경향이었다(Table 3). 종실의 아미노산류 함량은 glutamic acid > aspartic acid > leucine = arginine 순으로 높게 함유하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Özcan *et al.* (2006)이 다양한 참나무류를 대상으로 분석하여 보고한 아미노산의

함량 순위와 같은 경향이었다.

참나무류 종실의 조회분 함량은 신갈나무 종실에서 2.68 g/100 g으로 가장 높게 함유되어 있었고, 졸참나무 종실은 2.48 g/100 g, 상수리나무와 굴참나무의 종실은 2.28 g/100 g 전후로 나타났다(Table 4). 특히 졸참나무와 상수리나무의 클론간의 조회분 함량은 두 수종 간에는 유의적 차이($p < 0.05$)가 있어 수종 간에 차이가 있는 것으로 추정되었다. Hong *et al.* (2010)도 참나무 수종 간 종실 내 무기성분을 비교한 결과 신갈나무 종자에서 무기성분이 가장 많이 함유한 것으로 보고하였다. 한편 Shimada and Saitoh (2006)는 다양한 참나무류의 회분함량을 비교한 결과 대부분의 수종이 2 g/100 g의 범위에 있었으나 *Q. shumardii*가 3.7 g/100 g으로 높게 함유한 것으로 보고하였다. 또한 Joung *et al.* (2007)은 도토리의 회분 함량이 3.8 g/100 g이라고 하여 발표자에 따라 다소 차이가 있는 경향이었다. 이러한 결과로 종실이나 잎 내의 무기성분의 함량은 생육지역의 토양 등 환경조건에 영향을 받는다(Mohammadzadeh *et al.*, 2013)고 하였지만 수종 간에도 차이가 있는 것으로 추정되었다. 도토

Table 4. Mineral content in the acorn of *Quercus* species. The values of *Q. actissima* and *Q. serrata* were clonal means of four clones and *Q. variabilis* and *Q. mongolica* were gained from mixed acorns of ten clones

<i>Quercus</i> species	Crude ash (g/100 g)	Mineral contents (mg/100 g dw)				
		P	K	Ca	Mg	Fe
<i>Q. actissima</i>	2.28 ± 0.09 ^z	111.8 ± 7.3	905.1 ± 30.5	53.8 ± 12.5	84.3 ± 9.5	1.9 ± 0.41
<i>Q. serrata</i>	2.48 ± 0.05	109.8 ± 11.4	969.6 ± 27.5	68.7 ± 12.2	75.4 ± 17.2	2.9 ± 0.76
<i>T-Tests (p value)</i> ^y	0.008	0.779	0.021	0.139	0.402	0.061
<i>Q. variabilis</i>	2.29	114.4	886.2	68.0	82.8	1.3
<i>Q. mongolica</i>	2.68	153.3	1,010.8	93.7	83.1	1.8

^zValues are expressed as mean of four replications ± standard deviation.

^y*p* value of T-Tests between *Q. actissima* and *Q. serrata*.

Fig. 1. Content of total dietary fiber (A), ascorbic acid (B) and beta-carotene (C) in the acorn of *Quercus* species. The values of *Q. actissima* and *Q. serrata* were clonal means of four clones and *Q. variabilis* and *Q. mongolica* were gained from mixed acorns of ten clones.

리는 무기물질을 많이 함유하여 야생조수에게 미량원소의 영양 공급원으로서 기능을 하고 있다(Kim, 1995; Hong *et al.*, 2010). 무기원소들의 함량을 비교하면 K 함량이 900 mg/100 g 전후로 가장 많았고, 이어서 인산이 110 mg/100 g, Mg이 80 mg/100 g 및 Ca이 70 mg/100 g의 전후의 순으로 나타났다. 이들 무기원소의 분포 순서는 수종 간에 차이가 없는 경향이였다. 그러나 전체 무기원소 함량은 신갈나무에서 다른 수종에 비해 높게 함유하고 있는 경향으로 나타났다.

식이섬유소는 혈액의 콜레스테롤 함량을 감소시키거나 혈당을 일정하게 유지하고, 장관운동을 촉진시키는 등의 생리활성 기능을 하는 중요한 물질이다(Haack *et al.*, 1998; IOM, 2001; Jenkins *et al.*, 2001). 참나무의 종실을 섭취하였을 경우도 같은 기능을 하고 있는 것으로 보고되고 있다(Kang *et al.*, 2004). 본 연구에서 참나무의 수종별 전체 식이섬유소 함량을 비교하였다(Fig. 1). 신갈나무 종실이 42%로 가장 높았고 졸참나무 종실이 38%, 상수리 및 굴참나무가 26%로 나타났고, 특히 졸참나무와 상수리나무 간에 유의적 차이($p = 0.001$)가 있어 참나무 종실의 식이섬유소 함량은 수종 간에 차이가 있는 것으로 추정되었다. 도토리 전체 식이섬유소 함량은 식물 중에서 많은 양을 함유하고 있는 다시마 등 해초류에 함유된 수준(Lee *et al.*, 2008)과 유사하여 식이섬유소 식품으로서의 개발 가능성이 있을 것으로 추정된다. 전체 식이섬유소는 다시 수용성 식이섬유소와 비수용성 식이섬유소로 구분된다. 한편 본 연구에서는 구분하여 분석을 하지 않아 이에 대한 연구가 필요하다. 그러나 도토리의 비수용성 식이섬유소의 일부인 조섬유소의 함량은 다양한 참나무를 대상으로 조사한 결과 1.3~3.4%로 보고되었고(Shimada and Saitoh, 2006), 국내종인 졸참나무, 상수리나무 및 굴참나무의 경우도 3% 전후로 보고(Kim, 1995)된 바가 있어 식이섬유소의 상당량이 수용성일 것으로 추정된다.

참나무류의 비타민 C 함량은 60~90 mg/100 g으로 특히 졸참나무와 상수리나무 간에는 유의적 차이($p = 0.023$)가 나타나 수종 간에 차이가 있는 것으로 나타났다(Fig. 1). 그러나 베타카로틴 함량은 상수리나무 종실은 150 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 졸참나무는 350 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 굴참나무는 500 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 나타났고, 신갈나무는 거의 없는 것으로 분석되어 수종 간에 차이가 있는 것으로 추정되었다. 이상과 같이 참나무 4수종에 대한 종실내의 아미노산, 식이섬유소, 회분, 무기성분 및 베타카로틴 함량을 수종별 비교한 결과 수종 간에 차이가 있는 것으로 추정되었다.

적 요

참나무류 종실에 대한 수종별 성분함량 특성을 비교하기 위하여 동일 환경조건에서 생산된 채종원산 상수리나무, 졸참나무, 굴참나무 및 신갈나무 종실의 전체 페놀, 탄닌류, 아미노산, 무기원소, 식이섬유소, 베타카로틴 등의 함량을 분석하였다. 탄닌의 함량은 수종간에 유의적 차이($p < 0.05$)가 있었다. 졸참나무에서 79 mg/g으로 가장 높았고, 이외의 수종은 62 mg/g 전후로 유사한 함량을 나타냈다. 수용성 탄닌 함량은 졸참나무가 71 mg/g을, 이외의 수종은 45 mg/g 전후로 나타났다. 반면 비수용성 탄닌 함량은 졸참나무가 8.2 mg/g으로 가장 낮았고, 굴참나무 23.5 mg/g으로 가장 높게 함유하고 있는 것으로 나타났다. 전체 식이섬유소 함량은 신갈나무 종실이 42%로 가장 높았고 졸참나무 38%, 상수리 및 굴참나무가 26% 전후로, 특히 졸참나무와 상수리나무의 클론간의 식이섬유소 함량을 비교한 결과 두 수종 간에 유의적 차이($p < 0.01$)가 있었다. 무기성분 및 아미노산 함량은 신갈나무 종실이 다른 수종에 비해 높게 함유하는 경향이였다. 반면 베타카로틴은 신갈나무가 10 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 가장 낮았고 굴참나무가 520 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 가장 높은 경향이였다. 이상의 결과로 참나무 수종에 따른 도토리의 페놀성 화합물이나 영양성분의 함량은 수종 간에 차이가 있어 참나무 도토리의 종류에 따라 맛이나 영양학적으로 차이가 있을 것으로 추정된다.

References

- Ahn, H.K., H.T. Choi, B.L. Kim and D.H. Oh. 1990. Effect of tannin contents on the physicochemical characteristics of acorn starch. J. Korean Agri. Chem. Soc. 33:301-306 (in Korean).
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis (15th ed.). Association of official analytical chemists. Washington, D.C., USA.
- Chung, D.H., T.J. Yu and B.K. Choi, 1975. Studies on the utilization of acorn starch. Part 1. Properties of acorn starch. J. Korean Agri. Chem. Soc. 18:102-108 (in Korean).
- Correia, P.R. and M.L. Beirão-da-Costa. 2012. Starch isolation from chestnut and acorn flours through alkaline and enzymatic methods. Food. Bioprod. Process. 90:309-316.
- Darley-Hill, S. and W.C. Johnson. 1981. Acorn dispersal by blue jay (*Cyanocitta cristata*). Oecologia 50:231-232.
- Haack, V.S., J.G. Chesters, N.W. Vollendorf, J.A. Story and J.A. Marlett. 1998. Increasing amounts of dietary fiber provided by foods normalizes physiologic response of the large bowel

- without altering calcium balance or fecal steroid excretion. Amer. J. Clin. Nutr. 68:615-622.
- Health Functional Food Code. 2008. Korea Food and Drug Administration. p. III.3.1.2 (in Korean).
- Hong, Y.S., Y.H. You and H.B. Yi. 2010. Seasonal change of macro nutrients concentration in acorn of six oak species in Korea. Kor. J. Env. Eco. 24:286-292 (in Korean).
- Institute of Medicine (IOM). 2001. Dietary Reference Intakes: Proposed Definition of Dietary Fiber. National Academy Press, Washington, D.C., USA. p. 74.
- Jenkins, D.J.A., C.W.C. Kendall, M. Axelsen, L.S.A. Augustin and V. Vuksan. 2000. Viscous and nonviscous fibres, nonabsorbable and low glycemic index carbohydrates, blood lipids and coronary heart disease. Curr. Opin. Lipidol. 11:49-56.
- Jung, M.J., S.I. Heo, and M.H. Wang. 2007. Comparative studies for component analysis in acorn powders from Korea and China. Kor. J. Pharmacogn. 38(1):90-94 (in Korean).
- Kang, M.H., J.H. Lee, J.S. Lee, J.H. Kim and H.K. Chung. 2004. Effect of acorn supplementation on lipid profiles and antioxidant enzyme activities in high fat diet-induced obese rats. Kor. J. Nutr. 37:169-175 (in Korean).
- Kim, B.N. 1995. A study on the literature review of acorn in Korea. Korean J. Soc. Food Sci. 11:158-163 (in Korean).
- Kim, T.U., J.H. Sung, T.S. Kwon, J.H. Chun and M.Y. Shin. 2013. Assessment of productive areas for *Quercus acutissima* by ecoprovince in Korea using environmental factors. Jour. Korean For. Soc. 102(3):437-445 (in Korean).
- Kim, Y.S., S.C. Ko, and B.U. Oh. 1981. Distribution atlas of plants in Korea. (V) Atlas of *Quercus*. Kor. Uni. J. pp. 93-199 (in Korean).
- Korea Forest Research Institute. 1988. The research about use development of the Oak resource. Ministry of Science and Technology. p. 226 (in Korean).
- Korean Food Standards Codex. 2008. Korean society of food science and technology. KwangIl Media p. 1194 (in Korean).
- Lee, S.C., L. Prosky and J.W. Devries. 1992. Determination of total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods—Enzymatic-gravimetric method, MES-TRIS buffer: collaborative study. J.A.O.A.C. INT. 75:395-416.
- Lee, Y., H.J. Lee, H.S. Lee, Y.A. Jang and C.I. Kim. 2008. Analytical dietary fiber database for the national health and nutrition survey in Korea. J. Food Comp. Anal. 21:S35-S42.
- Mohammadzadeh, A., A. Samadi-Maybodi and S. Khodadoust. 2013. Determination of trace elements in soil, leaves and fruits of *Quercus brantii* grown in southwestern Iran by atomic spectroscopy. Mol. Biomol. Spectrosc. 113:423-426.
- Özcan, T. 2006. Total protein and amino acid compositions in the acorns of Turkish *Quercus* L. taxa. Genet. Resour. Crop Ev. 53:419-429.
- Park, J.Y. and S.J. Koo 1984. A study on the tannin components and physical properties of acorn starch -Gallic acid contents and viscosity-. J. Kor. Nutr. Soc. 17:41-49 (in Korean).
- Rakić, S., S. Petrović, J. Kukić, M. Jadranin, V. Tešević, D. Povrenović and S. Slavica-Marinković. 2007. Influence of thermal treatment on phenolic compounds and antioxidant properties of oak acorns from Serbia. Food Chem. 104:830-834.
- Robbins, C.T., T.A. Hanley, A.E. Hagerman, O. Hjeljord, D.L. Baker, C.C. Schwartz and W.W. Mautz. 1987. Role of tannins in defending plants against ruminants—reduction in protein availability. Ecology 68:98-107.
- Shim, T.H., Y.S. Jin, J.H. Sa, I.C. Shin, S.I. Heo, and M.H. Wang. 2004. Studies for component analysis and antioxidative evaluation in acorn powders. Korean J. Food Sci. Technol. 36:800-803 (in Korean).
- Shimada, T. 2001. Nutrient compositions of acorns and horse chestnuts in relation to seed-hoarding. Ecol. Res. 16:803-808.
- Shimada, T. and T. Saitoh. 2003. Negative effects of acorns on the wood mouse *Apodemus speciosus*. Popul. Ecol. 45:7-17.
- Shimada, T. and T. Saitoh. 2006. Re-evaluation of the relationship between rodent populations and acorn masting: a review from the aspect of nutrients and defensive chemicals in acorns. Popul. Ecol. 48:341-352.
- Valero, G.J., J.J. Jorrín-Novó, A.G. Cabrera, D. Ariza, J. García-Olmo and R.M.N. Cerrillo. 2012. Population variability based on the morphometry and chemical composition of the acorn in Holm oak (*Quercus ilex* subsp. *ballota* [Desf.] Samp.). Eur. J. For. Res. 131:893-904.
- Yang, Y.J., H.J. Kim, S.H. Kang and S.C. Kang. 2011. Screening of natural herb resources for anti-oxidative effects in Korea. Korean J. Plant Res. 24:1-9 (in Korean).
- Yim, K.B., Y.T. Min, Y.M. Kim, S.D. Han and H.M. Kwon. 1995. Oak Trees. Ins. For. Gen. pp. 35-52 (in Korean).
- Yook, G.J., H.J. Lee and M.K. Kim. 2002. Effect of chestnut and acorn on lipid metabolism, antioxidative capacity and antithrombotic capacity in rats. J. Kor. Nutr. Soc. 35:171-182 (in Korean).

(Received 20 March 2014 ; Revised 9 May 2014 ; Accepted 5 June 2014)