Korean J Food Cook Sci
Vol. 33, No. 2, pp. 190~197 (2017)

pISSN 2287-1780
eISSN 2287-1772
https://doi.org/10.9724/kfcs.2017.33.2.190

밤 내피 및 외피의 이화학적 특성 및 박피율과의 상관분석

황자영†
동남보건대학교 식품영양과

Correlation between Physicochemical Properties and Peeling Ratio of Korean Chestnut

Ja-Young Hwang†
Department of Food and Nutrition, Dongnam Health University, Gyeonggi 16328, Korea

Abstract

Purpose: The purpose of this paper was to analyze the physicochemical properties related to peeling rate of Korean chestnut. **Methods:** Analyses were carried out for weight, thickness, polyphenol, amino acid and peeling ratio for Korean chestnut. The correlation between these physicochemical components and peeling ratio of chestnut was measured. **Results:** The average of thickness for inner shell and outer shell was 0.66 mm and 0.93 mm, respectively. The average peeling ratio was 77.51%. A significant negative correlation was found between peeling ratio and thickness of the inner shell (r=-0.80***, p<0.001). Analysis for the polyphenol composition of inner shell by HPLC was carried out and peaks 2 (r=-0.56*, p<0.05), 11 (r=-0.68**, p<0.01), 14 (r=-0.52*, p<0.05), 28 (r=-0.66**, p<0.01) showed a significant negative correlation with the peeling ratio. **Conclusion:** Thickness of chestnut inner shell was determined as the most influential factors of peeling.

Key words: chestnut, thickness, polyphenol, peeling ratio, correlation

Ⅰ. 서 론

밤은 세계적으로 10여종이 분포하며 유럽종(*Castanea sativa* Miller), 중국종(*C. mollisima* Blume), 한국및 일본종(*C. crenata* Seib et Zucc)이 주로 생산되고 있다. Food and Agriculture Organization(2009)의 통계자료에 따르면 세계 밤 생산량은 2005년 136만톤을 정점으로 2000년 94만톤 대비 연평균 4.9%씩 증가하고 있다. 주요 밤 생산국가로는 중국, 한국 터키, 이탈리아 등이 있으며 이들 국가가 전체 생산량의 약 88%를 차지하고 있다.

국내 밤은 그 품질이 세계적으로 우수하나 외국산 품종과 비교했을 때 외피의 경도가 단단하고 내피의 경우 과육과 점착정도가 높은 특성이 있다. 이에 우리나라의 밤 박피작업은 기계화가 어려워 수작업으로 진행하여 밤 가공제품의 산업화가 어려운 실정이다.

밤에 관한 연구는 Kim YD 등(2006)의 밤 전분 및 전분 겔의 성질에 관한 연구, hydroxypropyl화 밤전분의 이화학적 특성에 관한 연구(Park YA 등 1999, Jang JH 등 2013) 등 밤전분에 관한 연구가 많이 이루어져 있으며 밤의 저장 방법 및 저장 중의 성분변화(Nah YA & Hang CB 1996, Hwang JY 2011, Joo SH 등 2016)에 관한 연구 등이 수행되었다. Lee HS 등(2016)과 Joo SY(2013)는 밤을 이용한 가공식품 개발 연구에 대해 보고하였다. 국내에서 밤의 박피에 관한 연구는 Kim YC 등(1999)의 산 및 알칼리 처리 방법, Kim JH 등(2004)의 화염박피 방법 등에 관한 연구가 수행되었으나 실제로 밤 박피 가공공장에 이용은 어려운 실정이다. 따라서 국내 밤 가공제품의 산업화를 위해 국내산 밤의 박피율이 떨어지는 원인을 규명하는 것이 필요하다고 생각된다. 선행 연구에서 밤내피의 탄닌함량과 박피율과 유의적인 음의 상관관계가 있음을 분석하였다(Hwang JY 등 2001). Hara H 등(1995)은 밤의 탄닌의 축적정도가 내피와의 점착력에 영

†Corresponding author: Ja-Young Hwang, Department of Food and Nutrition, Dongnam Health University, 50, Cheoncheon-ro 74beon-gil, Jangan-gu, Suwon-si, Gyeonggi 16328, Korea
ORCID: http://orcid.org/0000-0002-7352-7124
Tel: +82-31-249-6423, Fax: +82-31-249-6420, E-mail: jyhwang@dongnam.ac.kr

http://www.ekfcs.org
© 2017 Korean Society of Food and Cookery Science
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creative-commons.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.

향을 준다고 보고하였다. 이에 본 연구에서는 밤의 품종에 따른 내피의 폴리페놀 조성, 두께 및 중량비를 분석하고 이들과 박피율과의 상관도를 분석하였다. 또한 탄닌이 아미노산과 결합하는 특성을 생각하여 밤과육의 아미노산 조성을 분석하고 박피율과의 상관관계를 분석하였다. 이 연구는 향후 국내산 밤의 효율적 박피 및 밤가공 제품의 산업화를 위한 기초 자료로 이용하고자 하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 실험재료

국내산 밤 14품종(은기, 유마, 축파, 옥광, 천대전조생, 대국조생, 신명, 녹조, 다압, 견청, 대단파, 백율, 출운, 대보) 및 유럽종 1품종(터키)을 임업연구원에서 제공받아 시료로 이용하였다. 제공 받은 시료는 세척 후 0°C 저장실에서 보관하여 실험에 이용하였으며 저장실의 온도는 0.0±2.0°C이었다.

2. 밤의 중량비율 분석

밤의 중량비율은 밤을 외피, 내피, 과육으로 분리한 후 각각의 무게를 측정하여 그의 비율을 백분율로 나타내었다.

3. 밤 외피 및 내피의 두께 측정

밤을 내피와 외피로 분리한 뒤 동결건조하고 건조시료의 두께를 micrometer(293-230, Mitutoyo, Kochi, Japan)를 이용하여 측정하였다.

4. 폴리페놀(polyphenol) 조성 분석

1) 폴리페놀의 분리 및 분석

밤으로부터 밤내피를 제거하여 동결 건조한 후 분쇄기로 갈아서 시료로 이용하였다. 시료의 추출 및 분석은 Bengoechea ML 등(1997)의 방법을 변형하였다. 시료 일정량을 취해 methanol/hydrochloric acid(1000 : 1, v/v) 용매 5 mL를 넣어 블렌더(Ultra Turrax T25, IKA, Staufen, Germany)를 이용하여 1분간 균질화한 후 water/ethanol(80 : 20, v/v) 용매 5 mL를 넣고 ethylacetate 용매 5 mL를 넣은 후 30분간 추출하고 ethylacetate층을 취하였으며, 이 추출과정을 3번 반복하였다. 3반복된 추출용매를 모아 anhydrous sodium sulfate로 30분간 건조시킨 후 여과지(Whatman No. 2, Whatman Co., Maidstone, England)로 여과시키고 진공농축기(Rotavapor R-114, Büchi Labortechnik AG, Flawil, Switzerland)를 이용하여 35°C에서 건조시킨 후 methanol/water(50 : 50, v/v) 용매 1 mL에 녹인 후 0.45 μm PVDF syringe filter(Whatman Co., Clifton, NJ, USA)로 여과하여 HPLC용 분석시료로 사용하였으며, 이때의 분석조건은 Table 1과 같다. 실험에 사용된 시약은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다.

2) Procyanidins의 확인

HPLC 분석 결과로 얻은 주요 peak의 구조분석을 위해 LC-MS 분석을 실시하였다. LC-MS 장치는 QUATTRO LC triple tandem mass spectrometer(Waters, Milford, MA, USA)와 HPLC(HP-1100, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)로 구성되어있으며 mass spectrometer는 negative-ion mode로 작동되었다. HPLC 분석은 앞서와 동일한 조건으로 분석하였다. 물질의 확인은 (+)-catechin과 (-)-epicatechin, gallic acid, epicatechin 3-O-gallate는 Sigma-Aldrich에서 구입하여 스펙트라 data를 비교하여 분석하였으며(Bartolomé B 등 1993), 미지의 procyanidin은 Bartolomé B 등(1996)에서 분석한 스펙트라 data를 이용하였다.

3) 아미노산 조성 분석

아미노산은 Heinrikson RL & Meredith SC(1984)와 Meredith FI 등(1988)의 방법에 따라 Pico-Tag column (WAT010950, Waters, Ireland)을 이용하여 분석하였다. 동결건조한 밤과육을 분쇄기(FM-700W, Han Il, Seoul,

Table 1. Operating conditions for polyphenol of chestnut inner shell by HPLC

Index	Condition
Column	Rever phase Nova-Pak C18 column (3.9×300 mm)
Column oven temperature	21±1°C
Variable wavelength detector	Photo diode array detector, 210-400 nm
Solvent	A: Water : acetic acid = 98 : 2 B: Water : ACCN : acetic acid = 78 : 20 : 2
Elution	The concentration of solvent A was decreased from 100 to 10% over a 60 min period, and it was kept under these conditions for 75 min
Flow rate	1.2 mL/min
Run time	70 min
Injection volume	10 μL

Korea)를 이용하여 분쇄한 후 일정량을 취해 ample에 넣은 후 6 N HCl(Sigma-Aldrich) 15 mL를 가한 다음 질소로 치환하여 신속하게 bunsen burner로 vial의 끝을 밀봉하였다. 110°C dry oven(WON-305, DAEHAN Scientic, Seoul, Korea)에서 24시간 동안 가수분해시킨 뒤 가수 분해된 아미노산을 PITC(phenylisothiocyanate)로 유도체화 시켰다. 이를 A용액(1.4 mM NaHAc, 0.1% TEA, 6% CH_3CN, pH 6.1)에 녹인 후 원심분리하여 상층액을 취해 HPLC (Agilent Technologies)로 분석하였다. 분석에 사용한 시약은 Sigma-Aldrich에서 구입하였고, 아미노산 표준물질은 amino acid standard H(Thermo Scientific, Waltham, MA, USA)를 사용하였다. 분석에 사용된 자세한 기기조건은 Table 2에 나타내었다.

5. 박피율 분석

본 실험에 사용된 박피시스템은 Kim JH 등(2004)에 발표된 화염식 박피 장치를 기본으로 LPG 열원을 사용하는 화염식 연소실과 연속 마찰식 내외피 제거장치 등으로 구성되어있다. 박피율 분석을 위한 밤은 열풍건조기(HSED-A, Hansung Industrial Co. Ltd., Iksan, Korea)를 이용하여 60°C에서 40분간 건조시킨 후 박피시스템을 통과시켰으며 연소온도는 720±10°C, 연소시간은 25초, 연속마찰식 내외피제거기의 회전속도는 210 rpm이었다. 화염박피밤의 박피율은 전체 밤 면적에서 박피된 면적의 비율에 따라 박피면적이 100%인 경우 1, 100-80% 0.8, 80-50%일 때 0.5, 50% 미만인 경우 0으로 하여 분석하였고 산출식은 아래와 같다.

박피율(peeling ratio, %)

$$= [(0 \times N0) + (0.5 \times N1) + (0.8 \times N2) + (1 \times N3)] / (N0 + N1 + N2 + N3) \times 100$$

Ni: i 등급에 속하는 밤의 개수, i: 0, 1, 2, 3

Table 2. Operating conditions for amino acid analysis of chestnut flesh by HPLC

Index	Condition
Column	PICO-TAG column (3.9×300 mm)
Column oven temperature	46°C
Variable wavelength detector	HP 100 series, 254 nm
Solvent	A: 1.4 mM NaHAc, 0.1% TEA, 6% CH_3CN, pH 6.1 B: 60% CH_3CN
Elution	Linear gradient of solvent B (0-100%)
Flow rate	1.0 mL/min
Run time	30 min
Injection volume	10 μL

6. 통계처리

밤 외피와 내피의 물리화학적 요소들과 박피율의 상관도를 알아보기 위하여 SAS Program(ver. 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 Pearson's correlation coefficient를 분석하였다. 밤 내피 및 외피의 이화학적 특성은 3회 이상 반복 측정되었으며, 결과는 평균과 표준편차로 나타내었다. 결과의 통계처리는 SAS Program(ver. 9.3, SAS Institute Inc.)을 이용하여 유의성을 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 밤의 중량비율

국내산 밤의 품종에 따른 부위별 비율은 밤과실을 외피, 내피 및 과육으로 분리하여 각각의 무게를 측정하여 평균값으로 나타내었으며 그 결과는 Fig. 1에 제시한 바와 같다. 내피, 외피, 과육의 평균중량은 각각 3.56±0.57 g, 2.51±0.48 g, 14.04±1.54 g이었으며 전체 중량에 대한

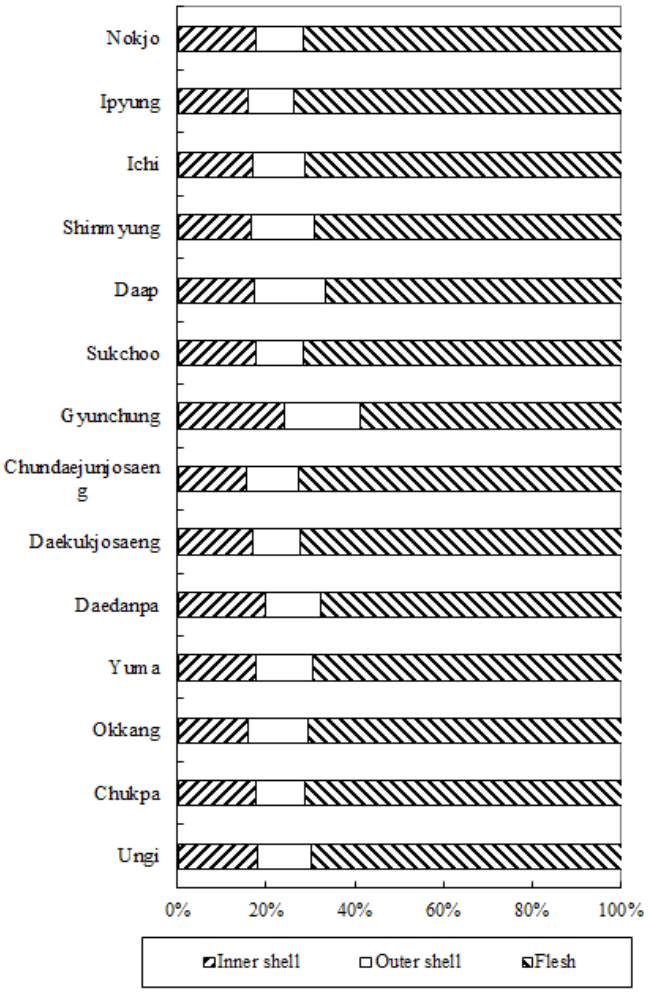

Fig. 1. Mass ratio of chestnut anatomical parts (inner shell, outer shell and flesh).

비율은 외피 : 내피 : 과육이 12.34 : 17.92 : 69.74로 분석되었다. Tanaka K & Kotobuki K(1992)는 중국산 밤의 중량을 2.6-8.8 g으로 보고한 바 있어 대표적인 소량품종임을 알 수 있었고 국내산 밤과 그 차이가 3배에서 9배에 이를 정도로 국내산 밤의 중량이 매우 큰 품종임을 알 수 있었다. 따라서 국내 밤의 경우 이러한 대표적 특성인 중량특성을 부각시킨 가공제품을 개발할 수 있다면 밤 가공산업의 발전에 도움이 될 것으로 생각된다.

2. 밤의 외피 및 내피의 두께

밤의 외피와 내피의 두께 측정 결과는 Table 3에 나타낸 바와 같다. 밤의 내피와 외피의 두께는 품종에 따라 모두 유의적인 차이를 나타내었으며(p<0.001) 내피의 경우 평균두께는 0.66 mm였고 외피의 평균두께는 0.93 mm로 분석되었다. Tanaka K & Kotobuki K(1992)은 일본산 밤의 내피가 0.35 mm인 것으로 중국산 밤은 0.09 mm로 보고하여 국내산 밤은 중국산 밤과 비교하였을 때 그 두께가 상당히 두꺼운 것을 알 수 있었으며 이러한 차이가 박피의 효율성에도 영향을 줄 것으로 유추할 수 있다. 외피의 경우 품종별로 유의적인 차이가 있으나 내피에 비해 품종간의 차이가 크지 않음을 알 수 있었다.

Table 3. Thickness of inner and outer shell for chestnut

Variety	Thickness (mm)	
	Inner shell	Outer shell
Ungi	0.95^{b}	1.02^{ab}
Chukpa	0.68^{cde}	0.86^{cde}
Okkwang	0.64^{cde}	1.01^{abc}
Yuma	0.73^{bc}	0.91^{bcd}
Baekyul	0.26^{f}	0.91^{bcd}
Chulwoon	0.65^{cde}	1.09^{a}
Daekukjosaeng	0.58^{cde}	0.97^{abcd}
Chundaejunjosaeng	0.47^{def}	0.86^{cde}
Shinmyung	0.81^{bc}	0.95^{abcd}
Nokjo	0.70^{cd}	0.84^{de}
Daap	0.59^{cde}	1.03^{ab}
Gyunchung	1.26^{a}	1.04^{ab}
Turkey	0.44^{ef}	0.85^{cde}
Daebo	0.32^{f}	0.71^{e}
Daedanpa	0.77^{bc}	0.91^{bcd}
F-value	4.10***	10.96***

Mean values within a column followed by same letter are not significantly different at α=0.05.
***Means significant at p=0.001.

3. 폴리페놀 조성

국내산 밤 15 품종의 내피에서의 폴리페놀은 분석한 결과 주요한 30개의 peak가 분석되었으며(Fig. 2) 주요 30개의 peak의 면적과 박피율과의 상관분석을 실시하여 유의적인 상관관계를 나타낸 peak 2, 11, 14, 28 4개의 peak의 구조를 LC-MS와 스펙트라 data 분석을 통하여 알아보았다. 우선 (+)-catechin, (-)-epicatechin, epicatechin 3-O-gallate, gallic acid의 스펙트라를 분석한 결과 (+)-catechin과 (-)-epicatechin은 최대 파장이 279 nm로 동일하였고 gallic acid는 271 nm로 분석되었으며, 이 결과는 Escribano-Bailon T 등(1992)의 분석 결과와 동일하였다. 이들은 에스터화되지 않은 procyanidins은 (+)-catechin의 스펙트럼과 동일하며 gallic acid로 에스터화된 경우는 epicatechin 3-O-gallate의 스펙트럼과 동일함을 보고하였다. 이를 토대로 4개 peak의 파장을 분석하여 비교한 결과 peak 2, 11, 14는 최대 파장이 279 nm로 (+)-catechin과 동일하였으며 peak 28의 경우는 276nm로 분석되어 epicatechin 3-O-gallate와 동일하였다. 따라서 peak 2, 11, 14는 (+)-catechin 혹은 (-)-epicatechin을 단위로 하는 procyanidin으로 예상되며 peak 27은 gallic acid로 에스터화된 procyanidin으로 예상되었다.

4. 아미노산 조성

밤의 품종에 따른 아미노산 조성을 분석하였다. 단, 밤의 아미노산은 폴리페놀과의 결합 특성과 폴리페놀과 박피율간의 상관관계를 고려하여 일부 품종을 선택하여 분석하였다. 밤의 품종별 폴리페놀 조성을 HPLC로 분석하여 얻은 주요 peak 30개를 박피율과 상관관계를 분석한 결과 peak 2, 11, 14, 28번에서 유의적인 상관관계가 있었고, 유의적 상관관계가 있는 peak의 면적이 상인 유마, 중인 다압, 대단파, 출운 및 하인 백율, 터키, 대보 품종을 각각 선택하여 이들의 아미노산 조성을 분석하였다. 7품종의 아미노산 조성 결과는 Table 4에 나타내었으며 각 품종별 분석된 폴리페놀 peak 면적은 Table 5에 나타내었다.

분석한 7품종의 건조중량에 따른 평균 총아미노산 함량은 10.19±2.95%를 나타내었고 모든 peak에서 면적이 상에 해당한 유마 품종의 경우 평균 총아미노산 함량은 9.95%로 평균정도의 함량을 나타내었고 면적이 중에 해당했던 다압과 대단파 품종의 경우 각각 7.63, 7.90%로 다소 낮은 함량이었고 하에 해당했던 백율과 터키, 대보 품종은 각각 15.97, 8.86, 8.94%로 나타나 백율 품종만이 높은 함량을 갖는 것으로 분석되었다. 또한 중과 하에 모두 해당한 출운 품종의 각각 경우는 12.08%로 다소 높은 함량을 갖는 것으로 분석되었다. 아미노산 조성을 살펴보면 아스파라진, 글루타민, 아르기닌, 루신이 대부분의 품

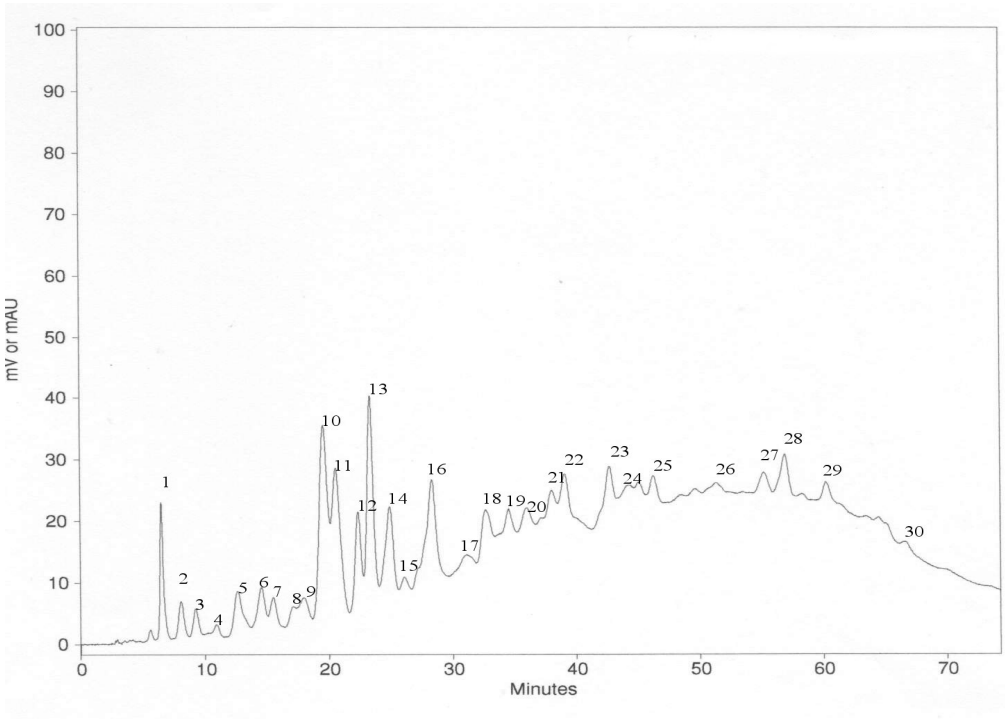

Fig. 2. Chromatograms recorded at 280 nm of chestnut.

Table 4. Amino acid composition of chestnuts (mg/g, dry basis)

Amino acid	Variety						
	Yuma	Daap	Baekyul	Daedanpa	Turkey	Daebo	Chulwoon
Asx*	20.95	12.25	25.45	17.25	18.09	14.10	20.10
Glx**	15.90	11.14	23.36	11.60	13.44	14.24	16.38
Ser	3.94	3.12	6.20	2.95	3.87	3.85	4.62
Gly	4.69	3.55	7.70	3.72	4.38	4.92	5.55
His	2.99	2.27	5.21	2.01	2.77	3.04	3.81
Arg	8.61	9.69	12.55	8.34	5.06	7.33	18.17
Thr	3.97	3.02	6.10	2.60	3.56	3.81	4.77
Ala	5.56	3.98	8.14	3.83	4.71	4.92	6.82
Pro	3.64	3.25	6.47	3.10	3.86	3.96	4.52
Tyr	1.86	1.44	4.19	1.76	2.08	2.13	2.85
Val	5.06	4.08	8.16	3.74	4.94	4.78	6.07
Met	1.84	1.55	2.88	1.62	1.84	1.82	2.34
Ile	3.90	3.15	6.27	3.05	3.74	3.76	4.60
Leu	6.86	5.63	11.71	5.48	6.54	6.77	8.15
Phe	4.17	3.42	6.63	3.37	4.30	4.24	5.06
Trp	0.00	0.00	12.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Lys	5.52	4.79	6.37	4.55	5.44	5.72	7.00
Total	99.46	76.33	159.72	78.97	88.62	89.39	120.81

Asx*: sum of asparagine and aspartic acid.
Glx**: sum of glutamine and glutamic acid.

Table 5. ANOVA results for chestnuts that have high correlation coefficient with peeling ratio

Variety	Peak number			
	2	11	14	28
Ungi	91570^{cd}	207561^{c}	384262^{b}	199493^{bcd}
Chukpa	22112^{gh}	52015^{f}	93500^{ef}	207772^{abc}
Okkwang	44194^{fg}	101997^{de}	155163^{de}	138803^{ef}
Yuma	**151468^{a}**	**394657^{a}**	**506110^{a}**	**262407^{a}**
Baekyul	**ND$^{1)h}$**	**ND^{g}**	14942^{g}	24274^{hi}
Chulwoon	88367^{cd}	294613^{b}	257289^{c}	**160611^{cde}**
Daekukjosaeng	48856^{ef}	135037^{d}	166968^{d}	100785^{fg}
Chundaejunjosaeng	32513^{fg}	63926^{ef}	69676^{fg}	71484^{gh}
Shinmyung	119044^{b}	238303^{c}	501211^{a}	170684^{cde}
Nokjo	84612^{cd}	204048^{c}	336734^{b}	230284^{ab}
Daap	**69812de**	146978^{d}	**176694^{d}**	233647^{ab}
Gyunchung	95542^{c}	297848^{b}	317783^{bc}	245931^{ab}
Turkey	22018^{gh}	**ND^{g}**	11698^{g}	45677^{ghi}
Daebo	791^{h}	1676^{g}	**11203^{g}**	**ND^{i}**
Daedanpa	94268^{c}	**141439^{d}**	371043^{b}	143912^{def}
F-value	40.16***	61.81***	64.98***	21.79***

Mean values within a column followed by same letter are not significantly different at α=0.05.
***Means significant at p=0.001.
1) ND: not detected.

종에서 함량이 높은 것으로 나타났으며 함량이 백율 품종의 경우 다른 품종에서는 분석되지 않은 트립토판 함량이 높게 나타났다. Nah YA & Hang CB(1996)는 은기 품종의 생밤중의 유리아미노산 분석에서 글루탐산이 전체의 51%로 가장 높은 함량을 보였고 아스파르트산, 아르기닌, 알라닌의 순으로 많이 함유되었다고 보고하여 본 실험결과와 유사한 경향을 보였다.

5. 박피율

밤의 품종별 박피율은 Table 6에 나타낸 바와 같다. 밤의 평균 박피율은 77.51%였으며 품종에 따라 유의적인 차이를 나타내었다. 백율 품종의 박피율이 99.45%로 가장 박피가 잘 되었으며 품종의 박피율은 46.40%로 나타나 가장 내피가 제거되지 않는 품종으로 분석되었다.

6. 상관도

밤의 박피율과 밤의 부위별 중량과 밤 내외피의 두께와의 상관도를 분석하였고 그 결과는 Table 7에 나타낸 바와 같다. 이 중 박피율은 내피의 두께와는 r=-0.80***으로 유의적인 음의 상관관계를 나타내었다(p<0.001). Tanaka K & Kotobuki K(1992)는 박피율과 내피의 두께사이에서 -0.836의 음의 상관관계를 보인다고 보고하여 본 실험과 일치한 결과를 나타내었다. Hwang JY 등(2001)의 연구에서는 박피율이 내피의 탄닌함량과도 r=-0.57*로 유의적 음의 상관관계를 나타내었고(p<0.05), Hara H 등(1995)은 밤의 내피와 과육 사이를 현미경 관찰을 통해 분석한 후 내피와 과육 사이의 탄닌의 축적 정도가 밤의 내피와 과육 사이의 점착력에 영향을 준다고 보고하였다. 위의 결과들로 볼 때 밤의 박피율은 밤껍질의 내피두께와 탄닌 함량이 큰 영향을 끼치며 탄닌이 내피에 축적된 결과 내피를 두껍게 하는 역할을 한 것으로 생각된다. 이에 탄닌과 내피의 두께와의 상관분석을 해보았으며 그 결과

Table 6. Analysis of peeling ratio of chestnut

Variety	Peeling ratio
Ungi	75.46±2.66^{def}
Chukpa	69.11±0.89^{efg}
Okkwang	85.91±6.63^{bcd}
Yuma	64.85±4.45^{fg}
Baekyul	99.45±0.03^{a}
Chulwooon	75.34±2.93^{def}
Daekukjosaeng	63.49±2.63^{g}
Chundaejunjosaeng	79.78±7.17^{cde}
Shinmyung	77.88±2.31^{de}
Nokjo	76.91±3.39^{de}
Daap	85.57±4.27^{bcd}
Gyunchung	46.40±11.47^{h}
Turkey	92.54±8.74^{ab}
Daebo	90.18±8.22^{abc}
Daedanpa	79.74±3.72^{cde}
Average±SD	77.51±3.14
F-value	15.75***

Mean values within a column followed by same letter are not significantly different at α=0.05.
***Means significant at the p=0.001.

Table 7. Correlation between physicochemical properties and peeling ratio of Korean chestnut

	Peeling ratio
Thickness of inner shell	-0.80***
Thickness of outer shell	-0.37
Weight of flesh	-0.02
Weight of inner shell	-0.49
Weight of outer shell	-0.30

***Means significant at p=0.001.

Table 8. Pearson's correlation coefficients between polyphenol peak area and amino acid content and peeling ratio of chestnut

Peak number	Peeling ratio
1	-0.42
2	-0.56*
3	0.02
4	0.29
5	0.20
6	-0.16
7	-0.28
8	0.04
9	-0.41
10	-0.31
11	-0.68**
12	-0.50
13	-0.02
14	-0.52*
15	-0.07
16	-0.36
17	-0.21
18	-0.38
19	-0.07
20	-0.24
21	-0.14
22	-0.45
23	-0.42
24	-0.28
25	-0.47
26	-0.25
27	-0.45
28	-0.66**
29	-0.43
30	0.16

*Means significant at p=0.05.
**Means significant at p=0.01.

0.64*로 유의적인 양의 상관관계가 있음이 분석되었다(p<0.05). 따라서 탄닌이 내피의 두께에 영향을 주며 내피의 두께가 박피율에 영향을 주는 것으로 사료된다.

밤의 박피율과 HPLC를 이용하여 분석한 주요 폴리페놀 peak의 분석면적과의 상관분석 결과 peak 2, 11, 14, 28과 유의적인 음의 상관관계를 보였으며 각각 r=-0.56* (p<0.05), -0.68**(p<0.01), -0.52*(p<0.05), -0.66**(p<0.01)과 같았다(Table 8).

Table 9. Pearson's correlation coefficients between amino acid content and peeling ratio of chestnut

Amino acid	Peeling ratio
Asx*	0.04
Glx*	0.31
Ser	0.41
Gly	0.41
His	0.38
Arg	-0.19
Thr	0.32
Ala	0.21
Pro	0.53
Tyr	0.48
Val	0.39
Met	0.37
Ile	0.40
Leu	0.43
Phe	0.44
Trp	0.59
Lys	0.07

*Asx, Glx mean the sum of asparagine & aspartic acid and glutamine & glutamic acid, respectively.

밤과육의 아미노산과 박피율과의 상관관계도 분석하였으나 모든 아미노산에서 유의적인 상관관계를 나타내지는 않았다(Table 9).

이상의 결과로 볼 때 박피율은 내피의 두께와 가장 큰 상관 관계를 가지며 이러한 내피의 두께는 탄닌의 축적으로 내피가 강화되고 점착력이 강화되어 박피율이 떨어지게 하는 것으로 생각된다.

Ⅳ. 요약 및 결론

국내산 밤의 이화학적 특성을 분석하고 이화학적 특성과 박피율과의 상관관계를 분석하였다. 밤의 외피 : 내피 : 과육의 중량 비율은 12.34 : 17.92 : 69.74로 분석되었고 내피와 외피의 평균 두께는 각각 0.66 mm, 0.93 mm였다. 밤의 폴리페놀 중에서도 박피율과 유의적인 상관관계를 갖는 폴리페놀이 분석되었으며 이들은 (+)-catechin 혹은 (-)-epicatechin을 단위로 하는 procyanidin과 gallic acid로 에스터화된 procyanidin으로 예상되었다. 밤과육의 평균 총아미노산 함량은 10.19±2.95%를 나타내었다. 밤의 이화학적 특성과 박피율간의 상관도를 분석한 결과 내피의 두께에서 유의적인 음의 상관관계를 나타내었고 각각의 상관도는 -0.80***(p<0.001)로 분석되었다. 또한 주요 폴리

페놀 중 peak 2, 11, 14, 28과 유의적인 음의 상관관계를 보였으며 각각 r=-0.56*(p<0.05), -0.68**(p<0.01), -0.52*(p<0.05), -0.66**(p<0.01)과 같았다. 위의 결과들로 미루어 볼 때 내피의 두께가 박피율에 가장 큰 영향을 주는 인자로 사료된다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

Bartolomé B, Bengoechea ML, Gálvez MC, Pérez-Ilzarbe FJ, Hernández T, Estrella I, Gómez-Cordovés C. 1993. Photodiode array detection for elucidation of the structure of phenoloic compounds. J Chromatogr A 655(1):119-125.

Bartolomé B, Hernández T, Bengoechea ML, Quesada C, Gómez-Cordovés C, Estrella I. 1996. Determination of some structural features of procyanidins and related compounds by photodiode-array detection. J Chromatogr A 723(1):19-26.

Bengoechea ML, Sancho AI, Bartolomé B, Estrella I, Gómez-Cordovés C, Hernández MT. 1997. Phenolic composition of industrially manufactured purees and concentrates from peach and apple fruits. J Agric Food Chem 45(10):4071-4075.

Escribano-Bailon T, Guitierrez-Fernandez Y, Rivas-Gonzalo JC, Santos-Buelga C. 1992. Characterization of procyanidins of *Vitis vinifers* variety Tinta del Pais grape seeds. J Agric Food Chem 40(10):1794-1799.

Food and Agriculture Organization. 2009. Total and agricultural population. Available from: http://www.fao.org/docrep/014/am079m/PDF/am079m01a.pdf. Accessed March 10, 2017.

Hara H, Matsuda T, Tsukihashi T, Matsuda T. 1995. Morphological studies on pellicle development and removal in chestnut. J Jpn Soc Hort Sci 64(3):485-497.

Heinrikson RL, Meredith SC. 1984. Amino acid analysis by reverse-phase high-performance liquid chromatography: Pre-column derivatization with phenylisocyanate. Anal Biochem 136(1):65-74.

Hwang JY, Hwang IK, Hwang JB. 2001. Analysis of physico-chemical factors related to the automatic pellicle removal in Korean chestnut (*Castanea crenata*). J Agric Food Chem 49(12):6045-6049.

Hwang JY. 2011. Changes in quality characteristics of peeled chestnuts with storage temperature. Korean J Food Nutr 24(1):71-78.

Jang JH, Ko JA, Park HJ. 2013. Physicochemical properties of hydroxypropylated mung bean, sweet potato, and warter chestnut starches for hard capsules formation. Korean J Packag Sci Technol 19(2):75-80.

Joo SH, Kim MJ, Kim MS, Lee U. 2016. Comparison of chestnut (*Castanea* spp.) quality characteristics according to storage temperatures and cultivars. J Korean For Soc 105(1):93-102.

Joo SY. 2013. Antioxidant activity and quality characteristics of chestnut cookies. J Korean Soc Food Cult 28(1):70-77.

Kim JH, Park JB, Choi CH, Kim JM. 2004. Study on optimization of flame peeling system for chestnut (II) -Optimization of flame peeling process for chestnut-. J Biosyst Eng 29(1):53-58.

Kim YC, Hong SG, Choi JU, Lee JB, Chung SK. 1999. Effects of acid and alkali treatment for chestnut peeking and its physical properties. Korean J Postharvest Sci Technol 6(3):308-312.

Kim YD, Choi OJ, Shim KH, Cho IK. 2006. Physicochemical properties of chestnut starch according to the processing method. J Korean Soc Food Sci Nutr 35(3):366-372.

Lee HS, Jang YJ, Kim SH. 2016. The study on development of processed foods with chestnut. J Korean Soc Food Cult 31(2):194-203.

Meredith FI, McCarthy MA, Leffler R. 1988. Amino acid concentrations and comparison of different hydrolysis procedures for american and foreign chestnuts. J Agric Food Chem 36(6):1172-1175.

Nah YA, Hang CB. 1996. Changes of constituent components in chestnut during storage. Korean J Food Sci Technol 28(6):1164-1170.

Park YA, Kim JH, Hwang TY, Moon KD. 1999. Physicochemical properties of hydroxypropylated chestnut starch. Korean J Food Sci Technol 31(4):999-1004.

Tanaka K, Kotobuki K. 1992. Comparative ease of pellicle removal Japanese chestnut (*Castanea crenata* Sieb. et Zucc.) and Chinese chestnut (*C. mollisima* Blume) and their hybrids. J Jpn Soc Hort Sci 60(4):811-819.

Received on Apr.4, 2017 / Revised on Apr.6, 2017 / Accepted on Apr.7, 2017