

## 압출성형 조건에 따른 밤과육의 물리화학적 특성

안상희 · 이주연 · 김송원 · 류기형\*  
공주대학교 식품공학과

### Physicochemical Properties of Extruded Chestnut Fruit at Various Conditions

Sang-Hee An, Ju-Yeon Lee, Song-won Kim, and Gi-Hyung Ryu\*

*Department of Food Science and Technology, Kongju National University*

#### Abstract

The effects of extrusion conditions on the physicochemical properties of extruded chestnut fruit were determined by analyzing expansion index, specific length, bulk density, water solubility index (WSI), water absorption index (WAI), reducing sugar, DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical-scavenging activity, total phenolic compound, flavonoid content and tannin content. The extrusion conditions contained moisture contents of 22, 25 and 28%, screw speeds of 200 and 250 rpm, melt temperatures of 110, 120 and 130°C. The expansion index decreased as the moisture content increased from 22% to 25%. In contrast, the specific length and bulk density increased along with increasing moisture content. WSI and WAI were found to increase through the extrusion process. The reducing sugar, DPPH radical-scavenging activity, total phenolic compound and flavonoid content all decreased. The tannin content of the extruded chestnut fruit was 2.94 to 4.23 mg/g lower than the non-extruded chestnut. Based on these results, extrusion-cooking may be useful for tannin reduction and applied in value-added chestnut related products such as snacks, noodles and beverages etc.

**Key words:** extrusion conditions, chestnut fruit, tannin content, flavonoid content, water solubility index

#### 서 론

밤은 다년생 참나무과에 속하는 밤나무의 열매로서 외피(17%), 내피(15%), 과육(68%)으로 이루어져 있으며 밤과육의 수분함량은 약 64%이며, 조지방 1%, 조섬유 1%, 회분 1%, 조단백 3%, 가용성 무질소물 30%, 비타민 A, B, C 및 K, Ca, P 등 무기질 성분이 함유되어 있다(Oh et al., 2011). 또한 밤속에는 체내에서 합성이 되지 않아 식품으로 섭취해야 하는 valine, leucine, isoleucine, methionine, lysine 등의 필수아미노산이 함유되어 있고 총 섬유소 함량은 2.00-4.70%로 현미와 유사하여 섬유소 급원식품으로도 알려져 있으며, catechin, polyphenol 등이 함유되어 맛과 영양이 풍부하고 기호도가 높은 식품이다(Seo et al., 2009a; Jin et al., 2001).

밤의 내피와 과육에는 coumarin, gallic acid, catechin 등이 함유되어 항산화효과를 나타내며 대식세포의 활성을 증

가시켜 면역증강작용을 나타낸다(Joo, 2013). 밤의 과육에는 ferulic acid, caffeic acid, sinapic acid 등의 항산화 성분이 존재하고, 밤의 내피에는 ellagic acid, syringic acid 등의 phenolic acids가 다량 함유되어 있으며, 주로 gallic acid로 이루어진 다량의 탄닌 성분이 들어있다(Seo et al., 2009b; Kim et al., 2002). 탄닌 성분에 관하여 항균 및 항산화, 항종양작용, 중금속 제거능 및 항혈전능 등의 연구가 보고된 바 있어 주목을 받는 것으로 알려져 있으나, 탄닌은 혀의 점막 단백질을 응고시켜 떫은 맛을 느끼게하여 식품의 고유한 맛과 소비자의 기호성에 영향을 미치므로 이를 다양하게 응용하기에 어려움이 있으며 밤 가공공정의 70%가 박피 공정에 해당하고 이로 인한 생산비용도 증가한다고 보고된 바 있다(Kim et al., 2000a; Hwang et al., 2001).

한편, 압출성형공정은 혼합, 분쇄, 가열, 성형, 건조와 같은 단위조작이 단시간에 일어나는 공정으로, 다른 열처리 가공공정과 비교하여 경제적이며 효율적인 공정이다(Lee, 2011). 1930 년대에 고분자 플라스틱성형에 압출성형이 가장 먼저 적용되었고, 1930 년대 중반부터 식품에 사용하여 파스타를 생산하였으며, 최근에 고분자 플라스틱, 식품, 사료, 생물 산업 및 의약품 산업 등 다양한 분야에서 응용되고 있다(Han et al., 2007). 식품에서 이용되는 압출성형은

\*Corresponding author: Gi-Hyung Ryu, Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan, Chungnam, 340-802, Republic of Korea

Tel: +82-41-330-1484; Fax: +82-41-335-5944

E-mail: ghryu@kongju.ac.kr

Received May 29, 2014; revised July 2, 2014; accepted July 3, 2014

제조되는 제품의 특성에 따라 수분함량, 스크루 회전속도, 사출구의 구조, 스크루 배열 등을 조절할 수 있기 때문에 다양한 특성을 가지는 제품을 생산할 수 있으며 전분의 수화, 팽윤, 호화 및 텍스트리화, 단백질의 변성, 효소의 불활성화, 독성물질의 파괴, 조직 팽창 및 밀도조절, 갈색화 반응 등이 일어나는 장점이 있다(Lee et al., 2006). Kim & Ryu(2013)에 의하면 압출성형과정 중에 발생하는 고온, 고압 및 고전단력이 원료의 분자적 구조 특성을 효율적으로 변화시킨다고 보고하였으며, 압출성형공정은 원료의 배합과 공정변수의 조절이 가능하여 물리적 효과를 주어 원료의 구조를 단순화시킬 수 있다(Lee & Schwarz, 1994).

현재까지 밤에 대한 연구는 밤 전분의 제조방법에 따른 이화학적 특성(Park et al., 1986), 국내산 밤의 품종에 따른 영양성분 분석 및 저장 조건들에 의한 성분 변화(Kim et al., 2009; Seo et al., 2009a), 밤으로부터 효소적 갈변을 유발하는 peroxidase의 분리 및 정제를 통한 특성 연구(Kim & Lee, 1987), 박피 밤의 저장온도에 따른 품질 특성 및 지방질 조성의 변화, 율피가루가 탁주의 특성에 미치는 영향(Nha & Yang, 1997; Jeong et al., 2006; Hwang, 2011)등의 다양한 연구가 진행되어져 오고 있으나 우리나라에서 생산되는 밤의 전체물량 중 수출용으로 약 30%, 제수용 20%, 식자재용 15%, 가공용 15%, 군밤용 5%, 기타용도 15%로 소비되고 있는 실정이다(Oh et al., 2011). 최근 주요 수출시장인 일본에서 중국밤에 의한 경쟁력 약화로 부진한 수출 수요로 인한 소비증대를 위한 방안이 필요한 시점이다(Hee et al., 2012). 이러한 이유로 식품임산 자원 중에서 소득 창출의 효과가 기대되는 밤 활용하기 위한 노력이 필요할 것으로 생각되며, 밤 생산 농가의 부가가치의 창출 및 증대를 위한 국수, 음료 및 스낵 등 다양한 식품의 가공용 중간소재로서 밤을 활용하기 위한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 압출성형을 통하여 밤을 식품에 효과적으로 활용할 수 있는 가능성을 제시하

기 위한 방안으로 수분함량, 스크루 회전속도 및 용융물의 온도 조절에 따른 밤 압출성형물의 물리화학적 특성에 대해 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 연구에 사용된 밤은 외피와 내피가 제거된 밤과육을 공주 영농조합법인(Kongju, Korea)에서 구입하여 사용하였으며, 원료의 일반성분은 Table 1에 나타내었다.

### 압출성형

압출성형 밤의 제조에 사용된 압출 성형기는 자체 제작한 실험용 동방향 쌍출 압출성형기(THK31T, Incheon Machinery Co., Incheon, Korea)를 사용하였으며 스크루 배열은 Fig. 1과 같다. 스크루 직경은 30.0 mm이며, 길이와 직경의 비(L/D ratio)는 23:1이었고, 사출구는 원형으로 직경이 3.0 mm인 것을 사용하였으며, 원료사입량은 100 g/min으로 고정하였다. 압출성형 효과를 증대시키고자 시료의 수분함량을 22, 25, 28%로 고정하고 스크루 회전속도를 200, 250 rpm, 용융물 온도를 110, 120, 130°C로 조절하였다(Obiang & Ryu, 2013). 압출성형 공정을 거쳐 제조된 밤 압출성형물은 열풍건조기(DS-FCPO250, Dongseo Sci. Co., Seoul, Korea)에서 50°C로 건조하여 물리적 특성 연구에 사용하였고, Micro Hammer-cutter Mill(Type 3, Culatti AG Co., Zurich, Switzerland)로 분쇄하여 직경이 0.5 mm인 체를 통과한 분말을 분석 시료로 사용하였다.

### 직경 팽화율 및 비길이

직경 팽화율은 캘리퍼스(CD-15C, Mitutoyo Co., Tokyo, Japan)로 10 회 측정하여 사출구의 직경과 압출성형물 직경비의 평균값으로 산출하였고, 비길이는 단위 무게당 길

Table 1. Proximate compositions of extruded chestnut fruit.

Material <sup>1)</sup>	Proximate Compositions (%)				
	Moisture content	Crude ash	Crude fat	Crude protein	Carbohydrate <sup>2)</sup>
Chestnut fruit	12.06±0.24	2.49±0.12	1.17±0.08	5.39±0.06	78.89±0.13

<sup>1)</sup>Unextruded chestnut fruit.

<sup>2)</sup>Total carbohydrate was calculated by removing moisture content, crude ash, crude fat and crude protein.

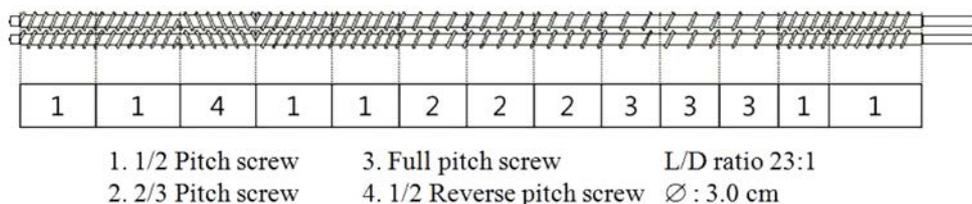


Fig. 1. Screw configuration for extruded chestnut fruit (Model THK 31T).

이의 비로 10 회 측정하여 평균값으로 계산하였다.

**체적밀도**

압출성형물의 체적밀도는 차조를 이용하여 종자치환법으로 10 회 반복 후 식(1)을 이용하여 평균값을 산출하였다.

$$P_e = \frac{M}{M + M_0 - M_1} P_m \quad (1)$$

$P_e$ : bulk density of extrudate (g/cm<sup>3</sup>)

$P_m$ : bulk density of millet (g/cm<sup>3</sup>)

M: mass of extrudate (g)

$M_0$ : mass of millet in cup (g)

$M_1$ : mass of extrudate and millet in cup (g)

**수분용해지수 및 수분흡착지수**

압출성형물의 수용성 성질을 분석하기 위해 수분용해지수(water solubility index, WSI)와 수분흡착지수(water absorption index, WAI)를 측정하였다(AACC, 1983). 수분용해지수는 시료 1.5 g에 증류수 30 mL를 가하여 30°C의 항온수조(BF-45SB, Biofree Co., Seoul, Korea)에서 30분간 진탕교반한 후 원심분리기(H-1003-3, Hanil Science Industrial Co., Gangneung, Korea)에서 3000 rpm으로 20분간 원심분리하였다. 상등액을 알루미늄 접시에 부은 후 105°C의 열풍건조기(HB-502MP, Han Beak Co., Bucheon, Korea)에서 2시간 동안 건조하였다. 건조된 시료를 데시케이터에 담아 30분간 방냉 후 고형분의 무게를 측정하여 침전물의 WSI로 하였으며, WAI는 침전물의 무게를 측정하여 각각 식(2)와 식(3)을 이용하여 계산하였다.

$$WSI (\%) = \left( \frac{\text{Dry solid wt. recovered by evaporating the supernatant}}{\text{Dry sample wt.}} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$WAI (g/g) = \frac{(\text{Hydrated sample wt.} - \text{Dry sample wt.})}{\text{Dry sample wt.}} \quad (3)$$

**환원당**

환원당 함량은 DNS법(Miller, 1959)으로 측정하였다. 시료 0.1 g을 증류수 10 mL에 녹여 진탕한 후 3000 rpm에서 20분간 원심분리 하였다. 여과된 용액 1 mL를 시험관에 옮겨 DNS용액 3 mL를 가하고 끓는 물에서 5분간 반응시킨 후 찬물에서 15분간 냉각하였다. 증류수를 가하여 25 mL로 정용한 후 UV/VIS Spectrophotometer(Libra S35, Iochrom Ltd., Cambridge, UK)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 환원당의 표준물질로는 D-glucose를 사용하였다.

**추출물의 제조**

밭과옥 및 압출성형물은 Norajit et al.(2011)과 Jeong et al.(2011)의 방법을 응용하여 60% 메탄올로 추출하였다. 시료

와 용매의 혼합비율을 1:10으로 혼합한 뒤 18시간 동안 50°C의 shaking incubator에서 250 rpm으로 교반 후 3000 rpm으로 20분간 원심분리 한 후 0.2 µm nylon filter로 여과하였다. 여과액은 4°C에서 저장하여 DPPH 라디칼 소거능, 총 페놀 함량, 플라보노이드 함량 및 탄닌 함량을 측정하는데 사용하였다.

**DPPH 라디칼 소거능**

전자공여능 또는 라디칼 소거능은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)를 사용하여 Brand-Williams가 고안한 방법(Brand-Williams et al., 1995)을 이용하였다. 4 배 희석한 여과액 0.3 mL에 0.1 mM DPPH를 2.7 mL 첨가하여 30분간 상온에서 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH에 의한 radical-scavenging activity는 식(4)를 이용하여 계산하였다.

$$\text{Scavenging activity (\%)} = [(Abs_{blank} - Abs_{sample}) / Abs_{blank}] \times 100 \quad (4)$$

$Abs_{blank}$ 는 60% 메탄올을 사용하여 측정한 흡광도 값이고,  $Abs_{sample}$ 은 시료의 흡광도 값이다.

**총 페놀 함량**

총 페놀성 화합물 함량은 Folin-Ciocalteu 비색법(Obiang & Ryu, 2013)을 수정하여 측정하였으며, gallic acid를 표준물질로 사용하여 검량선을 작성하였다. 0.5 mL의 여과액에 10 배 희석한 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 1.5 mL를 첨가하여 5 분간 반응시킨 후 6%의 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1.5 mL를 첨가하여 암소에서 90분 동안 반응시켰다. UV/VIS Spectrophotometer를 사용하여 765 nm에서 흡광도 값을 측정 하였다.

**플라보노이드 함량**

플라보노이드 함량은 Norajit et al.(2011)의 방법을 수정하여 여과액 0.5 mL에 10% aluminium nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL 및 증류수 4.3 mL을 넣어 실온에서 40분 동안 반응시킨 후 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin 표준곡선을 이용하여 계산하였다.

**탄닌 함량**

Choi et al.(1998)의 방법을 응용하여 실험하였다. 즉 여과액 0.1 mL를 시험관에 넣고 증류수 8 mL, Folin-Ciocalteu 시약 0.5 mL 및 20% sodium carbonate 1.5 mL를 순서대로 넣어 실온에서 1시간 방치한 후 UV/VIS Spectrophotometer를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. Tannic acid를 이용하여 작성한 검량곡선을 통해 탄닌 함량을 계산하였다.

**통계처리**

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the

**Table 2. Expansion properties of extruded chestnut fruit.**

Extrusion conditions			Expansion index	Specific length (cm/g)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )
Moisture content (%)	Screw speed (rpm)	Melt temp. (°C)			
22	200	110	2.87±0.05 <sup>a1)</sup>	47.05±2.33 <sup>jk</sup>	0.32±0.01 <sup>ghi</sup>
		120	2.78±0.05 <sup>bc</sup>	39.84±2.52 <sup>l</sup>	0.37±0.01 <sup>ef</sup>
		130	2.54±0.06 <sup>e</sup>	51.90±0.58 <sup>hi</sup>	0.32±0.02 <sup>ghi</sup>
	250	110	2.75±0.07 <sup>c</sup>	52.46±1.41 <sup>h</sup>	0.29±0.01 <sup>ij</sup>
		120	2.83±0.07 <sup>ab</sup>	45.50±1.40 <sup>k</sup>	0.35±0.01 <sup>efg</sup>
		130	2.75±0.05 <sup>c</sup>	49.23±2.36 <sup>ij</sup>	0.34±0.02 <sup>fgh</sup>
25	200	110	2.27±0.06 <sup>g</sup>	59.51±1.59 <sup>s</sup>	0.32±0.02 <sup>ghi</sup>
		120	2.05±0.04 <sup>i</sup>	71.57±3.89 <sup>e</sup>	0.38±0.01 <sup>e</sup>
		130	2.14±0.06 <sup>h</sup>	65.42±2.44 <sup>f</sup>	0.37±0.02 <sup>ef</sup>
	250	110	2.64±0.07 <sup>d</sup>	52.96±1.32 <sup>h</sup>	0.28±0.20 <sup>j</sup>
		120	2.52±0.02 <sup>e</sup>	54.95±3.28 <sup>h</sup>	0.33±0.01 <sup>fg</sup>
		130	2.10±0.05 <sup>hi</sup>	71.50±1.55 <sup>e</sup>	0.36±0.01 <sup>efg</sup>
28	200	110	1.55±0.02 <sup>f</sup>	81.05±2.55 <sup>bc</sup>	0.43±0.03 <sup>d</sup>
		120	1.38±0.02 <sup>l</sup>	77.10±5.54 <sup>d</sup>	0.57±0.03 <sup>b</sup>
		130	1.58±0.05 <sup>j</sup>	91.23±1.36 <sup>a</sup>	0.45±0.04 <sup>d</sup>
	250	110	2.44±0.02 <sup>f</sup>	64.59±1.38 <sup>f</sup>	0.31±0.02 <sup>hij</sup>
		120	1.51±0.01 <sup>k</sup>	82.73±2.81 <sup>b</sup>	0.49±0.06 <sup>c</sup>
		130	1.02±0.04 <sup>m</sup>	78.27±3.53 <sup>cd</sup>	0.61±0.05 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Value with different superscripts in the same column are significantly different ( $p<0.05$ ).

Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계분석 하였으며, 각 실험군은 평균과 표준편차로 나타내었다. 각 군의 결과 값에 대해 유의수준  $p<0.05$ 에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 팽화 특성

압출성형 밤의 팽화 특성을 알아보기 위하여 직경 팽화율 및 비길이, 체적밀도를 측정하였으며 그 결과는 Table 2와 같다. 압출성형물의 직경 팽화율은 수분함량이 낮을수록 증가하였다. 수분함량 22%, 스크루 회전속도 200 rpm, 용융물 온도 110°C에서 2.87±0.05로 가장 높은 결과를 나타내었으며 수분함량 25, 28%, 용융물 온도 110, 120°C일 때 스크루 회전 속도가 200 rpm보다 250 rpm일 때 직경 팽화율도 증가하는 경향을 보였다. Gu & Ryu(2012)에 의하면 일반적으로 100°C 이상의 압출성형공정은 내부 용융물이 사출될 때 급격한 압력감소로 인하여 용융물의 수분이 수증기로 상이 변화되면서 비체적의 증가로 인하여 용융물이 팽화되어 다공성 구조의 제품이 만들어지며 저수분(18-28%), 고온(120-180°C), 고전단력의 공정조건에서 압출성형물은 높은 팽화율과 낮은 밀도를 나타낸다고 하였다. 또한 수분함량이 증가되면 압출성형 내부 반죽의 흐름이 원활하게 되어 압력의 감소로 인해 팽화가 저하된다고 보고되었다(Stojceska et al., 2008).

비길이는 39.84±2.52-91.23±1.36 cm/g의 범위로 측정되었

으며, 수분함량 28%, 스크루 회전속도 200 rpm, 용융물 온도 130°C일 때, 91.23±1.36 cm/g로 가장 높았다. 이는 수분함량이 높아지면서 용융물의 점도가 낮아져 압출성형물이 사출구를 통과할 때 평균유속이 빨라져 비길이의 값이 증가한다는 Kim et al.(2012)의 보고와 유사하였다.

체적밀도는 수분 25%, 스크루 회전속도 250 rpm, 용융물 온도 110°C에서 0.28±0.2 g/cm<sup>3</sup>으로 가장 낮은 값을 나타내었다. Ryu(1995)에 의하면 고수분 함량의 반죽에서 탄성의 감소에 의해 기공이 파괴되어 비체적이 감소되는 경향이 있다고 하였다. 또한 수분함량이 22%에서 28%로 높아짐에 따라 체적 밀도는 0.28±0.20 g/cm<sup>3</sup>에서 0.61±0.05 g/cm<sup>3</sup> 범위로 증가하였으며 팽화율과 비교하였을 때 팽화율이 높아질수록 밀도는 낮아지는 역상관 관계를 나타내었다. 이는 수분함량과 배럴온도에 따라 압출성형 한 삼중질의 팽화율과 밀도가 음의 상관관계를 나타냈다는 Gu et al.(2010)의 결과와 동일한 경향을 나타내었다.

### 수분용해지수와 수분흡착지수

수분용해지수는 Table 3에 나타내었다. 수분함량 22%, 스크루 회전속도 250 rpm, 용융물 온도 130°C에서 45.39±1.09%로 가장 높게 나타났으며, 수분함량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 특히 수분함량이 22, 25%일 때 스크루 회전속도가 200 rpm보다 250 rpm에서 높아졌으며 용융물 온도가 110°C에서 120°C로 증가할 때 큰 차이는 없었으나 110°C에서 130°C로 높아짐에 따라 증가하였다. 수분함량 22%, 스크루 회전속도 200 rpm, 용융물 온도 110°C에서

**Table 3. Water solubility index and water absorption index of extruded chestnut fruit.**

Extrusion conditions			WSI <sup>1)</sup> (%)	WAI <sup>2)</sup> (g/g)
Moisture content (%)	Screw speed (rpm)	Melt temp. (°C)		
22	200	110	32.45±0.95 <sup>g3)</sup>	5.22±0.56 <sup>a</sup>
		120	32.86±0.81 <sup>fg</sup>	4.91±0.00 <sup>abcd</sup>
		130	34.96±0.85 <sup>e</sup>	4.51±0.13 <sup>ef</sup>
	250	110	41.19±1.08 <sup>b</sup>	4.59±0.08 <sup>cdef</sup>
		120	39.80±1.52 <sup>c</sup>	4.53±0.16 <sup>def</sup>
		130	45.39±1.09 <sup>a</sup>	3.07±0.09 <sup>h</sup>
25	200	110	24.61±0.35 <sup>ijkl</sup>	4.65±0.23 <sup>cdef</sup>
		120	25.25±0.66 <sup>jk</sup>	4.28±0.07 <sup>fg</sup>
		130	24.18±0.87 <sup>klm</sup>	4.69±0.11 <sup>bcd</sup>
	250	110	34.18±1.55 <sup>ef</sup>	4.03±0.41 <sup>g</sup>
		120	30.26±0.67 <sup>h</sup>	4.61±0.05 <sup>cdef</sup>
		130	37.17±0.86 <sup>d</sup>	4.70±0.13 <sup>bcd</sup>
28	200	110	23.05±0.04 <sup>m</sup>	4.29±0.10 <sup>fg</sup>
		120	23.61±0.12 <sup>lm</sup>	4.60±0.09 <sup>cdef</sup>
		130	25.17±0.52 <sup>jk</sup>	4.95±0.36 <sup>abc</sup>
	250	110	21.47±0.32 <sup>n</sup>	4.60±0.10 <sup>cdef</sup>
		120	23.39±0.34 <sup>lm</sup>	5.04±0.11 <sup>ab</sup>
		130	27.79±0.09 <sup>i</sup>	4.92±0.02 <sup>abcd</sup>
Raw <sup>4)</sup>			25.96±0.23 <sup>j</sup>	2.83±0.01 <sup>h</sup>

<sup>1)</sup>Water solubility index.

<sup>2)</sup>Water absorption index.

<sup>3)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

<sup>4)</sup>Unextruded chestnut fruit.

수분흡착지수는 5.22±0.56 g/g으로 가장 높았다(Table 3). Han et al.(2008a)의 보고에 따르면 압출성형 백삼을 발효시켜 특성을 연구하는 실험에서 수분함량이 감소할수록 수분용해지수와 수분흡착지수가 증가한다는 결과와 유사하였다. 압출성형공정을 통해 수분용해지수 및 수분흡착지수는 증가하였으며 이는 수분주입량과 용융물 온도를 조절하여 제조한 카사바 전분 압출성형물의 특성 결과와 동일한 경향을 나타내었다(Serge et al., 2011). 압출성형공정을 통해 수분용해지수가 증가한 원인은 수분함량, 스크루 회전속도, 용융물 온도와 비기계적 에너지에 의한 전분의 호화와 구조의 파괴가 진행되어 수용성 다당류의 양이 증가되었기 때문이며, 수분함량이 감소할수록 압출성형물의 수분흡착지수가 증가하는 것은 압출성형기 내부의 전단력에 의하여 수용화와 팽화가 진행되어 기공이 증가하였기 때문이다(Lee et al., 2011).

**환원당 함량**

Table 4에서와 같이 원료의 환원당 함량은 42.99±0.18 mg/g, 압출성형물의 환원당 함량 측정 결과는 17.23±

0.19–21.63±0.22 mg/g의 범위로 감소되었으나 압출성형 조건에 따른 경향성 있는 변화는 관측되지 않았다. 환원당 함량은 압출성형을 통하여 감소하는 경향을 나타내었는데 이는 백삼의 환원당 함량이 높은 용융점 온도에서 압출성형 한 백삼보다 환원당 함량이 높게 나타났다는 Son & Ryu(2009)의 결과와 일치하였다. 이러한 원인은 압출성형 공정을 거치면서 높은 온도로 인해 갈변화가 환원당의 감소에 영향을 미친 것으로 판단된다(Han et al., 2008b).

**DPPH 라디칼 소거능**

DPPH 라디칼 소거능은 Table 4에 나타내었다. 압출성형물의 DPPH 라디칼 소거능은 용융물 온도가 110°C에서 130°C로 증가함에 따라 높아졌으며 수분함량이 22%일 때 스크루 회전속도가 200 rpm보다 250 rpm에서 증가하는 경향을 나타내었다. 압출성형물의 DPPH 라디칼 소거능은 수분함량 25%, 스크루 회전속도 250 rpm, 용융물 온도 130°C에서 55.11±0.37%로 가장 높게 나타났다. Son & Ryu(2009)의 보고에 의하면 압출성형 백삼의 유효기 소거활성을 조사한 결과가 용융점 온도 140°C에서 압출성형한 백삼이 110°C보다 높았다는 결과와 일치하였다. 또한 수삼의 증삼온도(100-120°C) 조건을 달리하여 제조한 인삼추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 비교하였을 때 120°C의 고온에서 제조된 인삼에서 활성이 높았다는 Kim et al.(2000b)의 연구결과와 유사하였다.

**총 페놀 함량 및 플라보노이드 함량**

총 페놀 함량과 플라보노이드 함량은 Table 4와 같다. 압출성형물의 총 페놀함량은 수분함량 25%, 스크루 회전속도 250 rpm, 용융물 온도 130°C에서 3.64±0.03 mg/g으로 가장 높게 측정되었으며 압출성형 조건에 따른 차이는 크지 않았다. 페놀화합물은 식물성 자원 속에서 항산화 효능과 관련이 깊은 성분으로 알려져 있으며 phenolic hydroxyl 그룹이 효소단백질을 포함하는 단백질과 2가 금속이온 및 기타 거대 분자들과 결합하는 성질을 갖기 때문에 높은 항산화효과를 가지는 것으로 보고되었다(Shin et al., 1994).

플라보노이드 함량은 수분함량 25%, 스크루 회전속도 200 rpm과 용융물 온도 120°C일 때 0.54±0.01 mg/g으로 가장 높게 나타났으며, 수분함량 22, 28% 및 스크루 회전속도를 250 rpm으로 고정했을 때 용융물 온도가 증가할수록 높아지는 경향을 나타내었다. 압출성형 조건에 따른 경향성 있는 변화가 나타나지 않았으나 압출성형공정을 통해 0.28±0.00–0.54±0.01 mg/g의 범위로 감소가 일어났다.

**탄닌함량**

탄닌 함량은 Table 4에 나타내었다. 원료 밤 과육은 5.36±0.02 mg/g의 탄닌 함량을 나타내었다. 압출성형물의 탄닌 함량은 압출성형 조건에 따라 경향성 있는 변화를 나

**Table 4. Chemical properties of extruded chestnut fruit.**

Extrusion conditions			Reducing sugar (mg/g)	DPPH radical scavenging activity (%)	Total phenolic compound (mg/g)	Flavonoid (mg/g)	Tannin (mg/g)
Moisture content (%)	Screw speed (rpm)	Melt temp. (°C)					
22	200	110	20.09±0.19 <sup>ef1)</sup>	42.75±0.37 <sup>kl1)</sup>	3.54±0.03 <sup>c</sup>	0.39±0.02 <sup>efg</sup>	3.97±0.06 <sup>cde</sup>
		120	20.83±0.12 <sup>bcd</sup>	45.02±0.46 <sup>hi</sup>	3.40±0.02 <sup>def</sup>	0.40±0.02 <sup>defg</sup>	4.10±0.06 <sup>bcd</sup>
		130	18.55±0.58 <sup>g</sup>	46.71±0.28 <sup>efg</sup>	3.26±0.07 <sup>hi</sup>	0.35±0.00 <sup>g</sup>	4.07±0.09 <sup>bcd</sup>
	250	110	21.30±1.58 <sup>bcd</sup>	50.10±0.46 <sup>d</sup>	3.37±0.01 <sup>efg</sup>	0.37±0.01 <sup>g</sup>	3.69±0.01 <sup>gh</sup>
		120	20.02±0.62 <sup>ef</sup>	47.76±0.09 <sup>e</sup>	3.34±0.02 <sup>efgh</sup>	0.39±0.01 <sup>efg</sup>	4.23±0.12 <sup>b</sup>
		130	20.43±0.33 <sup>bcd</sup>	52.64±0.74 <sup>c</sup>	3.49±0.02 <sup>cd</sup>	0.45±0.03 <sup>cd</sup>	3.85±0.08 <sup>efg</sup>
25	200	110	20.41±0.03 <sup>bcd</sup>	43.46±0.09 <sup>jk</sup>	3.14±0.05 <sup>jk</sup>	0.39±0.00 <sup>efg</sup>	3.66±0.01 <sup>gh</sup>
		120	19.80±0.25 <sup>ef</sup>	45.61±0.18 <sup>sh</sup>	3.33±0.05 <sup>fghi</sup>	0.54±0.01 <sup>ab</sup>	2.94±0.10 <sup>i</sup>
		130	20.63±0.01 <sup>bcd</sup>	46.71±0.09 <sup>efg</sup>	3.49±0.03 <sup>cd</sup>	0.38±0.04 <sup>g</sup>	4.10±0.08 <sup>bcd</sup>
	250	110	20.49±0.16 <sup>bcd</sup>	45.93±0.09 <sup>gh</sup>	3.22±0.00 <sup>ij</sup>	0.43±0.04 <sup>def</sup>	4.04±0.10 <sup>bcd</sup>
		120	19.77±0.26 <sup>ef</sup>	43.66±0.00 <sup>jk</sup>	3.34±0.01 <sup>efgh</sup>	0.39±0.02 <sup>efg</sup>	4.09±0.02 <sup>bcd</sup>
		130	17.23±0.19 <sup>h</sup>	55.11±0.37 <sup>b</sup>	3.64±0.03 <sup>b</sup>	0.50±0.00 <sup>bc</sup>	4.11±0.01 <sup>bc</sup>
28	200	110	20.21±0.39 <sup>de</sup>	43.46±0.46 <sup>jk</sup>	3.44±0.08 <sup>cde</sup>	0.38±0.00 <sup>efg</sup>	4.10±0.02 <sup>bcd</sup>
		120	21.63±0.22 <sup>b</sup>	41.44±0.18 <sup>m</sup>	3.41±0.12 <sup>def</sup>	0.28±0.00 <sup>h</sup>	3.72±0.17 <sup>fg</sup>
		130	21.58±0.48 <sup>bc</sup>	44.31±0.37 <sup>ij</sup>	3.28±0.01 <sup>ghi</sup>	0.44±0.12 <sup>de</sup>	3.90±0.21 <sup>def</sup>
	250	110	21.62±0.74 <sup>b</sup>	42.29±0.09 <sup>m</sup>	3.09±0.00 <sup>k</sup>	0.38±0.02 <sup>efg</sup>	3.51±0.02 <sup>h</sup>
		120	20.28±0.34 <sup>de</sup>	43.46±0.09 <sup>jk</sup>	3.31±0.00 <sup>fghi</sup>	0.40±0.00 <sup>defg</sup>	3.76±0.04 <sup>fg</sup>
		130	18.94±0.37 <sup>fg</sup>	46.91±1.66 <sup>ef</sup>	3.33±0.00 <sup>efgh</sup>	0.46±0.00 <sup>cd</sup>	3.73±0.08 <sup>fg</sup>
Raw <sup>2)</sup>			42.99±0.18 <sup>a</sup>	72.80±0.37 <sup>a</sup>	4.69±0.06 <sup>a</sup>	0.84±0.08 <sup>a</sup>	5.36±0.02 <sup>a</sup>

The data were expressed as mean±SD of three determinations.

<sup>1)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different ( $p<0.05$ ).

<sup>2)</sup>Unextruded chestnut fruit.

타내지 않았으며 2.94±0.10–4.23±0.12 mg/g의 범위로 측정되었다. 이는 원료 밤과 압출성형 공정을 통해 제조된 밤의 탄닌 함량을 비교하였을 때 압출성형공정 밤의 탄닌 함량이 감소하였다는 Obiang & Ryu(2013)의 결과와 유사하였다. 즉 압출공정은 밤의 탄닌 함량을 감소시키는 공정이 될 수 있는 것으로 판단된다. 압출성형 공정변수 조건에 따른 탄닌함량의 유의적인 차이는 없었으나 압출성형이 밤에 함유된 탄닌 함량을 감소시키는 공정이 될 수 있는 가능성을 제시한다. 이를 토대로 탄닌의 쓴맛으로 인한 소비자 기호성의 약화에 미치는 영향을 감소시킬 수 있으며, 밤을 식품가공용 중간소재로 활용하기 위해 압출성형 공정이 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구는 수분함량 22, 25, 28%, 스크루 회전속도 200, 250 rpm, 용융물 온도 110, 120, 130°C의 조건범위로 조절하고 원료 사입량 100 g/min으로 고정하여 압출 성형한 밤 과육의 물리적 특성(직경 팽화율, 비길이, 체적밀도), 수분용해지수 및 수분흡착지수, 환원당 함량과 항산화 활성에 대해 분석하였다. 밤 압출성형물은 직경 팽화율이 증가할수록 비길이와 체적밀도는 감소하였고, 수분용해지수와 수

분흡착지수는 수분함량이 낮아질수록 증가하였다. 압출성형을 통하여 환원당 함량, DPPH 라디칼 소거능, 총 페놀 함량 및 플라보노이드 함량은 감소하였으며, 탄닌함량은 압출성형을 통해 2.94±0.10–4.23±0.12 mg/g 범위로 낮아지는 경향을 나타내었다. 결론적으로 압출성형 후 수분용해지수의 증가는 밤 음료의 용해도 개선의 효과를 나타낼 수 있으며, 또한 압출성형공정은 소비자 기호성에 영향을 미치는 탄닌의 쓴맛을 감소시키는 가능성을 제시하였다. 이를 통해 다양한 식품의 중간소재로써 압출성형 밤이 활용될 수 있다고 판단된다. 밤의 식품중간소재 기초자료로서 응용될 것으로 생각되지만, 압출성형 최적조건을 보다 효과적으로 도출하기 위한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 중소기업청의 2013년도 기업부설연구소지원사업(C0004216)에 의하여 수행된 연구결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

## References

AACC. 1983. Approved method. 10<sup>th</sup>ed. American Association of

- Chemists, St. Paul, MN, USA. p. 20-56.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm Wiss u Technol.* 28: 25-30.
- Choi SH, Bock JY, Nam SH. 1998. Effect of tannic substances from acorn (*Quercus acutissima* Carruthers) on the storage quality of rice wine. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 1420-1425.
- Gu BJ, Norajit K, Ryu GH. 2010. Physicochemical properties of extruded defatted hemp seed and its energy bar manufacturing. *Food Eng. Prog.* 14: 127-134.
- Gu BJ, Ryu GH. 2012. Effect of die geometry and carbon dioxide injection on physical properties of extruded corn flour. *Food Eng. Prog.* 16: 83-91.
- Han JY, Ghung KH, Ryu GH. 2008b. Comparison of physicochemical properties and release characteristics of extruded tissue cultured mountain ginseng. *J. Korea Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 1018-1024.
- Han JY, Kim MH, Tie J, Kim SJ, Kim MH, Ryu GH. 2007. Change in characteristics of extruded vitamin C cornstarch matrix by moisture content and barrel temperature. *Food Eng. Prog.* 11: 253-260.
- Han JY, Lee YS, Ryu GH. 2008a. Studies on characteristics of physicochemical properties and saccharification of extruded white ginseng. *Food Eng. Prog.* 12: 36-43.
- Hee RJ, Jo YN, Jeona JH, Jin DE, Song BG, Jun YR, Kim MJ, Lee UK, Heo HJ. 2012. Change in the chemical composition of chestnuts (*castanea crenata*) from different periods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 393-400.
- Hwang JY. 2011. Changes in quality characteristics of peeled chestnuts with storage temperature. *Korean J. Food Nutr.* 24: 71-78.
- Hwang JY, Hwang IK & Park JB. 2001. Analysis of physicochemical factors related to the automatic pellicle removal in Korean chestnut (*Castanea creata*). *J. Agric. Food Chem.* 49: 6045-6049.
- Jeong HR, Kim JH, Jo YN, Jeong JH, Heo HJ. 2011. Characterization as cosmetic substances of chestnut inner skin extracts with antioxidant activity. *J. Agric. Life Sci.* 45: 183-191.
- Jeong JW, Park KJ, Kim MH, Kim DS. 2006. Quality characteristics of Takju fermentation by addition of chestnut peel powder. *Korean J. Food Preserv.* 13: 329-336.
- Jin HS, Kim JB, Lee KJ. 2001. Isolation of lactic acid bacteria for chestnut yogurt. *Korean J. Food Nutr.* 14: 211-216.
- Joo SY. 2013. Antioxidant activity and quality characteristics of chestnut cookies. *J. Korean Soc. Food Culture* 28: 70-77.
- Kim CH, Ryu GH. 2013. Effects of feed moisture on the physicochemical properties of extruded corn fibers. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 427-433.
- Kim DJ, Chung MJ, Seo DJ, You JK, Shim TH, Choe M. 2009. Change of constituent components in selected korean chestnut (*Castanea crenata* S. et Z.) cultivars by different storage conditions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 225-234.
- Kim KH, Lee YA, Kim JS, Lee DI, Choi YW, Kim HH, Lee MW. 2000a. antioxidative activity of tannins from *Rubus coreanum*. *Yakhak Hoeji.* 44: 354-357.
- Kim MH, Gil SK, Kim CH, Lee KC, Tie J, Ryu GH. 2012. Effects of extrusion conditions on change in properties of corn fiber. *Food Eng. Prog.* 16: 40-46.
- Kim OS, Lee YH. 1987. Purification and properties of the peroxidase in *Castanea Semen*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 19: 506-514.
- Kim WY, Kim JM, Han SB, Lee SK, Kim ND, Park MK. 2000b. Steaming of ginseng at high temperature enhances biological activity. *J. Nat. Prod.* 63: 1702-1704.
- Kim YC, Kim MY, Chung SK. 2002. Phenolic acid composition and antioxidative activity of chestnut endoderm. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 45: 162-167.
- Lee GH. 2011. Extrusion characteristics for the snack of corn flour using Twin-screw extruder. *J. Agric. Life Environ. Sci.* 23: 47-52.
- Lee KC, Kim YS, Ryu GH. 2011. Saccharification characteristics of extruded corn starch at different process parameters. *Food Eng. Prog.* 15: 155-161.
- Lee WJ, Schwarz PB. 1994. Effect of twin-screw extrusion on physical properties and dietary fiber content of extrudates from barley/corn blends. *Food Sci. Biotechnol.* 3: 169-174.
- Lee JK, Im BS, Ryu GH. 2006. Changes in paste viscosity of extruded buckwheat by extrusion process variables. *Food Eng. Prog.* 10: 92-99.
- Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31: 426-428.
- Nha YA, Yang CB. 1997. Changes of lipids in chestnut during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 437-445.
- Norajit K, Gu BJ, Ryu GH. 2011. Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice. *Food Chem.* 129: 1919-1925.
- Obiang-Obounou BW, Ryu GH. 2013. The effect of feed moisture and temperature on tannin content, antioxidant and antimicrobial activities of extruded chestnuts. *Food Chem.* 141: 4166-4170.
- Oh CH, Kim YM, Han YS, Oh NS. 2011. Effect of chestnut flour on the rheology of dough and processing adaptability of white pan bread. *Food Eng. Prog.* 15: 15-21.
- Park HH, Lee KH, Kim SK. 1986. Effect of heat-moisture treatments on physico-chemical properties of chestnut starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* 18: 437-442.
- Ryu GH. 1995. Extrusion process with gas injection. *Food Sci. Ind.* 28: 30-38.
- Seo DJ, Chung MJ, Kim DJ, You JK, Choe M. 2009a. Nutritional constituent analysis of korean chestnuts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 166-176.
- Seo H, Nam HJ, Kim DH, Shin HS. 2009b. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in processed chestnut products. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 339-344.
- Serge EO, Gu BJ, Kim YS, Ryu GH. 2011. Effects of feed moisture and barrel temperature on physical and pasting properties of cassava starch extrudate. *Korean J. Food Preserv.* 18: 271-278.
- Shin SJ, Kwon SK, Lee KH, Sung ND, Chio WY. 1994. Extraction and characterization of antibacterial components from the roots of evening primrose (*Ononothera odorata* Jacquin). *J. Agric. Sci.* 21: 54-59.
- Son HJ, Ryu GH. 2009. Chemical compositions and antioxidant activity of extract from a extruded white ginseng. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 946-950.
- Stojceska V, Ainsworth P, Plunkett A, Ibanoglu S. 2008. The recycling of brewer's processing by-product into ready-to-eat snacks using extrusion technology. *J. Cereal Sci.* 47: 469-479.