

압출성형 공정변수에 따른 율피분말 첨가 반죽의 물성과 식빵의 품질특성

이정숙 · 윤성준¹ · 류기형*

공주대학교 식품공학과, ¹혜전대학교 제과제빵과

Quality Characteristics of Dough and Bread Added With Extruded Chestnut Shell Powder Under Various Conditions

Jeong Sug Lee, Seong Jun Yoon¹, and Gi-Hyung Ryu*

Department of Food Science and Technology, Kongju National University

¹Department of Baking Science and Technology, Hyejeon College

Abstract

This study investigates the quality characteristics of dough and bread added with 6% chestnut shell powder and extruded chestnut shell powder at various conditions. As extrusion process variables, melt temperature (110°C, 130°C, 150°C) and moisture (25% and 30%) were controlled. Total dietary fiber content was slightly increased in extruded chestnut shell powder group. In the farinogram, absorption was significantly increased in the group of 25% moisture content and 30% moisture content ($p < 0.05$). After 2 hours and 3 hours, the leavening heights of dough for control showed a similar tendency to that of dough with extruded chestnut shell at a melt temperature 150°C and with moisture content of 25% and 30%. Specific volume was the highest at a control of 3.74 ± 0.08 cc/g and extruded chestnut shell powder group was slightly higher than the chestnut shell powder group. Firmness after 1 day on control of 107.42 ± 14.52 g was similar to that of the bread with extruded chestnut shell at a temperature of 150°C and moisture content of 25% for 113.33 ± 6.17 g. In conclusion, the extrusion-cooking of chestnut shell powder improved the quality characteristics of dough and bread. The optimum combinations of conditions in tested range were melt temperature at 150°C and moisture content at 25%, and melt temperature at 130°C and moisture content at 30%.

Key words: extruded chestnut shell powder, extrusion conditions, quality characteristics, dough, bread

서 론

밤은 참나무과에 속하는 밤나무의 열매로서 짙은 갈색의 껍질로 싸여 있으며 과육과 이층의 껍질로 이루어져 있다. 율피는 밤나무 열매의 속껍질로 밤껍질의 약 50%를 차지하며, 속껍질의 50% 정도가 과육으로 이루어져 있다(Jeon & Moon, 1998). 율피에는 밤과육에 붙어있는 전분을 포함하여 catechin, gallic acid 등의 페놀성 화합물을 함유하고 있으며, 율피추출물은 항산화 및 지질의 과산화 억제효과를 나타내는 기능성 소재로서의 활용가치가 높다(Lee et al., 2008; Jeong et al., 2011). 율피에는 rutin 등의 플라보노이드 성분에 의한 항산화활성이 있으며, 율피에서 분리한 전분은 순수한 밤의 전분보다 무기성분은 4.5배, 탄닌 함량은

12배, 수분결합능력은 40% 정도 높게 함유하고 있으나 가공과정에서 많은 양이 폐기되고 있는 실정이다(Jeon & Moon, 1998).

압출성형은 독립변수인 원료투입량, 수분첨가량, 배럴의 온도, 스크루 회전속도, 사출구의 구조를 변화시켜 내부 용융물의 온도와 점도, 압력, 체류시간, 비기계적 에너지 투입량을 조절하여 최종적인 압출성형물의 물리, 화학적 특성을 조절할 수 있으며 단시간에 혼합, 분쇄, 가열, 성형, 건조가 일어나는 단일공정으로서 다른 가열 가공공정과 비교하여 효율적이며 경제적인 공정이다(Gu & Ryu, 2011). 압출성형공정은 파스타를 비롯하여 인스턴트 시리얼, 팽화스낵, 중간수분 애완동물 사료, 식물성 조직단백(TPP, textured plant protein) 등 다양한 완제품 및 중간소재식품에 적용되고 있으며(Han et al., 2007), 압출성형 공정변수를 달리하여 압출성형물의 물리적 변화를 측정하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 압출성형공정의 여러 가지 공정변수 중에서 원료의 수분함량과 배럴 온도는 원료에 포함된 전분호화도의 조절에 중요한 인자이며, 온도는 전분을 호화시키고 분해하여 압출성형물의 점도를 감소시킨다(Cai et al., 1995).

*Corresponding author: Gi-Hyung Ryu, Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan, Choongnam 32439, Korea
Tel: +82-10-8880-0906, Fax: +82-41-335-5944
E-mail: ghryu@kongju.ac.kr
Received October 20, 2017; revised October 23, 2017; accepted October 26, 2017

압출성형 공정변수를 달리한 연구로는 다른 수분함량으로 압출성형한 다수화 맵쌀가루의 이화학적 특성(Jeong et al., 2011), 압출성형 공정변수에 따른 옥수수전분 팽화물의 당화특성(Lee et al., 2011) 등이 보고되고 있다. 압출성형 공정에 의한 밤의 탄닌 성분의 변화에 대하여 An et al. (2014)는 압출성형 공정이 탄닌의 쓴맛을 감소시키는 가능성이 있다고 하였고, Obiang & Ryu (2013)는 압출성형 공정에서 수분함량 25%의 배럴온도 120°C일 때 밤의 탄닌 함량이 78% 정도 감소하였다고 보고하였다.

최근 제빵시장은 건강에 대한 높은 관심에 부응하여 기능성 재료 및 이를 이용한 제품에 대한 연구가 다양하게 이뤄지고 있다. 밀의 제분과정의 부산물인 밀기울을 고압균질 처리하여 밀기울의 항산화 특성을 연구한 논문(An et al., 2015)을 비롯하여, 아로니아의 생리활성과 저장성을 높일 수 있는 적정 함량을 연구한 아로니아 분말을 첨가한 식빵의 품질특성(Yoon, 2014), 식빵의 저장 중 마늘 분말이 정도에 미치는 영향을 연구한 마늘 분말을 첨가한 식빵의 품질특성(Hong & Shin, 2008) 등 다수의 연구가 있다. 또한, 흑미와 녹차 혼합분을 첨가한 식빵의 항산화성 및 품질특성(Kim & Lee, 2008)에서는 흑미와 녹차가루를 각각 사용할 경우보다 함께 첨가할 경우 높은 항산화 활성을 가진다고 하였고, 들깨분말을 첨가한 식빵의 레올로지 및 품질특성(Gi & Jeong, 2013)에서는 들깨분말의 첨가가 식빵의 품질과 저장성을 향상시킨다고 하였다. 율피의 경우, 율피에 포함된 전분과 다양한 기능성 성분에도 불구하고 떫은맛으로 인해 율피를 식품에 적용한 연구는 많지 않은 편이다.

따라서 본 연구는 율피에 함유된 기능성 성분 및 식품 소재로서의 기능을 높이고자, 수분함량과 온도의 공정변수를 달리한 압출성형 율피분말을 이용하여 식빵을 제조하고 반죽의 물성과 식빵의 품질특성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험 재료

밀가루는 제빵용 밀가루인 강력분(Daehan Flour Mills Co., Seoul, Korea)을 사용하였으며, 일반성분은 수분 13.10%, 단백질 12.60%, 회분 0.38%이었다. 설탕(Samyang Co., Ulsan, Korea), 식염(Daesang, Seoul, Korea), 생효모(Ottogi Co., Anyang, Korea)와 쇼트닝(Lottesamkang Co., Cheonan, Korea)은 시중에서 구입하였고, 율피분말은 공주 영농조합법인(Kongju, Korea)에서 구입하여 사용하였다.

율피분말의 압출성형

압출성형 율피분말의 제조에 사용된 압출성형기는 자체 제작한 실험용 동방향 쌍축압출성형기(THK31T, Incheon Machinery Co., Incheon, Korea)를 사용하였다. 스크루 배열은 고전단력 스크루를 사용하였으며, 수분함량은 펌프로

원료 사입구에 직접 물을 주입하여 조절하였다. 스크루의 직경은 30.0 mm이고, 직경과 길이의 비(L/D ratio)는 23:1이다. 사출구는 원형으로 직경이 3.0 mm인 것을 사용하였으며, 원료 사입량은 100 g/min으로 하였고, 스크루 회전속도는 100 rpm으로 고정하였다.

압출성형 공정변수로 수분함량은 25%와 30%로 고정하고, 용융물 온도는 수분함량에 따라 110°C, 130°C, 150°C로 조절하였다(Obiang & Ryu, 2013). 압출성형 공정을 거쳐 제조된 율피 압출성형물은 열풍건조기(DS-FCPO250, Dongseo Sci. Co., Seoul, Korea)에서 50°C에서 건조하였고, Micro Hammer-cutter Mill (Type 3, Culatti AG Co., Zurich, Switzerland)로 분쇄하여 표준체 100 mesh를 통과한 분말을 시료로 사용하였다.

일반성분 및 총 폴리페놀 함량 분석

율피분말 및 압출성형 율피분말의 수분함량과 총 식이섬유 함량은 AOAC (2000) 방법에 따라 분석하였다. 당류는 Wilson et al. (1981)의 방법에 의하여 측정하였다. 즉, 시료 10 g에 증류수를 가하고 마쇄, 교반, 침출을 순차적으로 시행하고 100 mL로 정용한 후 6,000 rpm에서 30분간 원심분리한 상등액을 취하여 여과하였다. 여과된 용액은 Sep-pack C18과 0.45 µm membrane filter (Millipore Co., USA)를 차례대로 통과시키고 HPLC (Water Associates M244)를 이용하여 분석하였다. 총 폴리페놀함량은 Folin-Ciocalteu 비색법(Obiang & Ryu, 2013)을 수정하여 측정하였다. 즉, 0.5 mL의 여과액에 10배 희석한 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 1.5 mL를 첨가하여 5분간 반응시킨 후 6%의 Na₂CO₃ 1.5 mL를 첨가하여 90분간 반응시켰다. UV/VIS Spectrophotometer를 사용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로는 gallic acid를 사용하여 검량선을 작성하였다.

식빵 제조

율피분말과 압출성형 율피분말을 첨가하여 제조한 반죽의 물성과 식빵의 품질특성을 조사한 선행연구(Lee et al., 2017)에서 압출성형 율피분말 6%가 최적의 함량으로 조사되어, 대조군의 배합은 강력분 100%를 기준으로 물 64%, 이스트 3.5%, 소금 2%, 설탕 5%, 쇼트닝 6%로 하고, 실험군의 배합은 강력분 94%에 율피분말과 공정변수별 압출성형 율피분말을 각 6%씩 첨가하고 나머지는 대조군과 동일한 배합으로 하였다.

식빵의 제조는 AACC 10-10A (2000) 방법을 변형한 직접 반죽법으로 하였다. 반죽은 혼합기(A200, Hobart, China)를 이용하여 쇼트닝을 제외한 나머지 원료를 볼에 넣고 1단(61/107 rpm)과 2단(113/196 rpm)에서 각각 3분간 혼합한 후 쇼트닝을 첨가하고 2단으로 8분간 혼합하여 최종 반죽 온도가 26°C가 되도록 혼합하였다. 1차 발효는 온도 27°C,

상대습도 75%의 발효기(Daeyoung Machinery Co., Korea)에서 60분간 실시하였다. 1차 발효가 끝난 반죽을 40 g씩 분할하여 10분간 중간발효하고, 3개씩 산형으로 성형하여 식빵 틀(195×95×95 mm)에 넣어 온도 37°C, 상대습도 85%의 발효기에서 식빵 틀 상단 1 cm 높이로 반죽이 팽창될 때까지 2차 발효를 실시하였다. 굽기는 윗불 170°C, 아랫불 190°C의 오븐(3D-403, Daiah Co., Korea)에서 20분간 실시하였고, 틀에서 빵을 제거한 후 상온(온도 25±2°C, 습도 70±10%)에서 빵의 내부온도를 35°C까지 냉각시켜 폴리에틸렌 수지로 포장한 후 25°C에서 저장하면서 실험재료로 사용하였다.

반죽의 페리노그래프 측정

페리노그래프(farinograph)는 AACC 54-21(2000) 방법에 따라 farinograph (82750, Brabender Co., Duisburg, Germany)를 이용하여 분석하였다. Farinograph mixing bowl을 30±2°C로 유지하면서 강력분(수분함량 14%) 300 g에 율피분말과 공정변수를 달리한 압출성형 율피분말을 각각 6%를 첨가하여 사용하였다. 밀가루를 1단에서 2분간 혼합하면서 25초 동안 증류수를 첨가하여 페리노그래프 곡선의 중앙이 500 B.U.에 도달할 때까지 흡수량을 조절하면서 흡수율(absorption), MTI (mechanical tolerance index), 반죽 도달 시간(arrival time), 반죽 형성시간(peak time), 반죽의 안정도(stability) 및 약화도(time to breakdown)를 측정하였다.

반죽의 발효 팽창력 측정

반죽의 발효 팽창력 측정을 위하여 반죽 100 g을 취해 AACC 22-14(2000)방법에 따라 발효 팽창관에 넣고 1시간마다 발효 팽창력을 측정하여 4시간 동안의 팽창된 높이를 mm로 나타내었다.

식빵의 비용적 측정

식빵의 부피는 굽기 완료 후 1시간 동안 냉각한 다음 종자치환법(Jin et al., 2010)으로 구하였고, 빵의 무게로 나누어 식빵의 비용적(cc/g)으로 나타내었다.

식빵의 색도 측정

식빵 단면(crumb)의 색도는 색차계(CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정된 데이터는 Hunter color system에 의하여 명도(L, lightness), 적색도(a, ledness), 황색도(b, yellowness) 값으로 나타내었다. 율피분말 및 압출성형 율피분말 첨가 여부에 따른 색의 변화는 색차(ΔE)로 분석하였으며, 이때 적용한 표준백색판의 값은 각각 L=95.90, a=0.09, b=0.37이었다.

식빵의 경도 측정

식빵의 텍스처 특성을 알아보기 위한 경도 측정은 AACC

74-09(2000) 방법에 따라 상온에서 1시간 방치한 식빵을 폴리에틸렌 백에 넣고 상온(25°C)에서 4일간 보관하면서 경도(firmness)를 측정하였다. 식빵의 중심부를 2×2×2 cm로 잘라 texture analyzer (TA-XT2, stable micro systems, Surrey, England)를 사용하여 측정하였으며, 이때 사용한 cylinder probe (p35)는 75 mm, pre-test speeds는 1.0 mm/sec, test speed 및 post test speed는 5.0 mm/sec로 하였다.

식빵의 단면 측정

식빵의 단면 구조를 나타내기 위하여 굽기 완료된 식빵을 상온에서 1시간 방치하고 상온(25°C)에서 1일 저장 후, 20 mm 두께로 자른 식빵을 ASE Imaging system (ASE, AIB, USA)의 스캐너에 넣고 식빵의 단면을 촬영하면서 기공의 크기와 기공의 팽창 정도에 따른 기공의 결 등의 식빵 내부조직을 관찰하였다.

통계처리

실험결과 자료의 통계 분석은 Minitab (16.2.1 Package, Minitab Inc., State College, PA, USA)을 이용하여 통계처리 하였으며, 시료간의 유의적 차이를 파악하기 위해 일원 분산분석(analysis of variance, ANOVA)을 진행하여 5% 유의수준으로 유의적 차이를 검정하였다.

결과 및 고찰

일반성분 및 총 폴리페놀 함량

율피분말 및 압출성형 율피분말의 일반성분과 총 폴리페놀 함량은 Table 1에 나타내었다. 율피분말에 비해 압출성형 율피분말의 총 식이섬유 함량은 비슷하거나 약간 증가하였는데, 유의적인 차이는 보이지 않았다. 총 식이섬유함량은 현미, 보리, 울무 등에서 압출성형에 의해 수용성 식이섬유 함량은 증가하고 불용성 식이섬유는 감소했지만, 총 식이섬유 함량은 유의적인 차이가 없다는 Shin et al. (2003)의 보고와 유사하였다. 총 폴리페놀 함량은 율피분말의 869.09 mg에 비해 압출성형한 율피분말은 수분함량 25%의 용융물 온도 130°C와 150°C에서 각각 1,207.95 mg과 1,397.17 mg로 비교적 높게 나타났다. 이는 압출성형 밤 과육의 총 페놀 함량이 수분함량 25%, 용융물 온도 130°C에서 가장 높았으며(An et al., 2014), 압출성형 밤의 총 페놀 함량이 수분함량 25%의 120°C의 조건에서 가장 높게 나타났다는 Obiang & Ryu (2013)의 연구와 유사하였다. 포도당과 과당으로 조사한 환원당은 율피분말보다 압출성형한 율피에서 약간 감소하여 백삼의 환원당 함량이 압출성형한 백삼의 환원당 함량보다 높다는 연구(Son & Ryu, 2009)와 유사한 경향을 나타내었다. 또한 수분함량 25%에 비하여 수분함량 30%에서, 수분함량 25%에서는 용융물의 온도가 높을수록 환원당이 약간 증가하는 경향을 보였는데, 압출성형

Table 1. Proximate composition and total polyphenol of chestnut shell powder and extruded chestnut shell powder

Extrusion conditions		Contents (w/w)				
Moisture (%)	Temp. (°C)	Total dietary fiber (g/100g)	Total polyphenol (mg/100g GE)	Fructose (g/100g)	Glucose (g/100g)	Sucrose (g/100g)
CS ¹⁾		20.26±0.47 ^{2)A3)}	869.09±6.04 ^{2)F3)}	1.06±0.01 ^{2)A3)}	0.69±0.11 ^A	12.49±0.28 ^A
25	110	22.49±0.06 ^A	1,026.37±3.18 ^D	0.65±0.07 ^B	0.31±0.04 ^B	10.75±0.08 ^{BC}
	130	21.34±0.01 ^A	1,207.95±2.91 ^B	0.75±0.00 ^B	0.31±0.01 ^B	11.20±0.22 ^B
	150	22.61±0.02 ^A	1,397.17±3.63 ^A	1.01±0.09 ^A	0.69±0.04 ^A	11.32±0.03 ^{BC}
30	110	21.95±0.00 ^A	1,006.31±4.51 ^{EF}	1.07±0.02 ^A	0.68±0.05 ^A	11.40±0.13 ^B
	130	22.11±0.01 ^A	1,105.93±3.13 ^C	0.97±0.00 ^B	0.60±0.03 ^B	12.88±0.13 ^A
	150	21.11±1.30 ^A	1,118.93±9.62 ^C	1.03±0.02 ^A	0.70±0.01 ^{AB}	10.65±0.18 ^C

¹⁾CS: chestnut shell powder.

²⁾Means±SD

³⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different by ANOVA test at $p<0.05$.

Table 2. Farinogram of flour added with chestnut shell powder and extruded chestnut shell powder with various conditions

Extrusion conditions		Absorption (%)	MTI (B.U.)	Arrival time (min)	Peak time (min)	Stability (min)	Breakdown (min)
Moisture (%)	Temp. (°C)						
Control		64.63±0.81 ^{1)B2)}	33.33±11.55 ^B	2.17±0.29 ^A	5.33±0.29 ^A	18.00±1.80 ^A	10.00±0.50 ^A
CS ³⁾		66.63±0.86 ^{AB}	93.33±5.77 ^A	3.00±0.50 ^A	6.17±0.29 ^A	9.67±0.29 ^B	8.50±0.50 ^A
25	110	67.67±0.85 ^A	76.67±15.28 ^A	3.17±0.29 ^A	7.00±1.00 ^A	9.50±0.87 ^B	9.17±0.29 ^A
	130	67.70±1.14 ^A	83.33±5.77 ^A	3.17±0.58 ^A	6.67±0.58 ^A	9.67±0.29 ^B	9.00±0.50 ^A
	150	68.67±0.87 ^A	70.00±10.00 ^A	2.50±0.50 ^A	6.50±0.50 ^A	10.17±0.76 ^B	9.50±1.00 ^A
30	110	68.87±0.40 ^A	66.67±11.55 ^A	2.83±0.29 ^A	6.33±0.29 ^A	9.83±0.29 ^B	9.00±0.87 ^A
	130	68.60±0.66 ^A	70.00±10.00 ^A	2.67±0.29 ^A	6.17±1.04 ^A	10.00±0.50 ^B	9.67±0.29 ^A
	150	68.63±0.70 ^A	66.67±5.77 ^A	2.33±0.29 ^A	6.17±0.76 ^A	10.00±0.87 ^B	9.50±1.00 ^A

¹⁾Means±SD (n=5).

²⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different by ANOVA test at $p<0.05$.

³⁾CS: chestnut shell powder.

수삼의 수분함량이 25%에서 30%로 증가함에 따라 환원당의 함량이 약간 증가하였다는 연구(Ha & Ryu, 2005) 및 수분함량 30%에 비해 수분함량이 낮은 25%의 조건에서 배럴온도가 높을수록 옥수수전분 팽화물의 환원당의 함량이 증가했다는 연구(Lee et al., 2011)와 유사하였다.

패리노그램

일반적으로 밀가루 이외의 다른 부재료 첨가 시 밀가루의 단백질 함량이 낮아져 흡수율과 반죽시간 및 밀가루의 강도가 감소한다. 율피분말 및 압출성형 율피분말의 첨가량에 따른 패리노그램 특성은 Table 2에 나타내었다. 흡수율은 용융물의 온도에 따른 차이는 보이지 않았지만, 대조군의 64.63±0.81%, 율피분말의 66.63±0.86%에 비해 압출성형 공정변수 수분함량 25%와 수분함량 30%의 실험군에서 각각 67.67±0.85%~68.87±0.4%로 유의적인 증가를 보였다($p<0.05$). 이는 압출성형 공정에서 율피분말에 함유된 전분입자의 손상으로 인한 손상전분과 식이 섬유소 때문인 것으로 판단되며, 수용성 식이섬유는 점도를 증가시키며 불용성 식이섬유는 보수력을 향상시키고(Hwang, 1996), 압출성형 쌀가루의 수분함량이 높을수록 전분의 손상도가 높

고 물 결합능력이 높으며(Jeong et al., 2011), 들깨분말에 함유된 식이섬유가 흡수율을 증가시킨다고 한 연구(Gi & Jeong, 2013)와 유사한 결과였다.

반죽의 내성, 즉 반죽에 대한 저항도를 나타내는 MTI는 값이 클수록 약한 밀가루를 나타낸다. 대조군의 MTI는 33.33±11.55 B.U로 가장 낮았으며, 율피분말 및 압출성형 율피분말 실험군의 MTI는 66.67±5.77 B.U~93.33±5.77 B.U로 높게 나타났는데, 이는 부재료의 첨가에 따른 반죽내성의 약화로 보인다. 출발시간 및 반죽시간은 실험군의 유의적인 차이는 보이지 않았지만 압출성형 실험군에서 비교적 높게 나타났는데, 이는 압출성형 밀기울을 첨가하여 제빵시 반죽의 발전시간 증가와 탄성을 증가시킨다는 연구(Gomez et al., 2011)와 일치하였다. 밀가루의 안정도(stability)는 밀가루 단백질의 품질에 따라 영향을 받으며, 일반적으로 제빵용 밀가루인 강력분은 안정도가 높고 기타가루나 부재료의 첨가시 안정도가 약하다. 본 연구에서 대조군의 안정도는 18.00±1.80분에 비하여 율피분말 및 압출성형 율피분말 실험군의 안정도는 9.50±0.87~10.17±0.76분으로 전반적으로 감소($p<0.05$)하였는데, 이는 율피분말 첨가에 따른 밀단백질의 감소에 의한 것으로 보인다.

발효 팽창력

반죽의 발효팽창력은 반죽에 첨가된 이스트에 의해 발생된 이산화탄소에 의해 반죽이 팽창하는 것을 나타낸다. 이산화탄소는 반죽과정에서 형성된 망상구조의 글루텐에 의해 포집되며, 글루텐의 형성은 밀가루 단백질의 품질 및 함량과 관련이 있다. 반죽의 발효 팽창력은 대조군과 비교하여 율피분말 및 압출성형 율피를 사용한 실험군에서 감소하는 경향을 나타냈다(Fig. 1). 이는 밀가루 반죽에 첨가물이 증가할수록 반죽의 부피가 감소한다는 연구(Kang & Nam, 1999)와 같이 율피분말의 첨가에 따른 밀가루 단백질의 희석에 의한 것으로 보이나, 부재료의 첨가에도 불구하고 팽창의 감소 정도가 크지 않은 것은 압출성형공정에서 증가된 식이섬유소에 의한 수분흡수력의 영향으로 생각된다. 압출성형 공정변수에 따른 유의적인 변화는 발견되지 않았지만, 2시간 및 3시간 이후의 발효팽창력이 수분함량 25%, 용융물 온도 150°C에서 410.00±10.00 mm, 450.00±10.00 mm였으며, 수분함량 30%의 용융물 온도 150°C에서 420.00±10.00 mm, 426.67±5.7 mm로 나타나 대조군의 426.67±5.77 mm, 446.67±5.77 mm와 비슷한 경향을 나타내었다. 이는 압출성형공정을 통해 율피분말의 전분이 호화되면서 발효성 당으로의 전환이 가속화되어 발효팽창력의 증가에 영향을 미친 것으로 판단된다.

식빵의 비용적과 색도

식빵의 비용적과 식빵 단면(crumb)의 색도를 나타낸 L, a, b 값의 변화는 Table 3과 같다. 비용적은 빵의 부피와 관련이 있으며, 일반적으로 밀가루 외의 부재료 첨가 시 빵의 구조를 이루는 글루텐의 양이 감소되어 빵의 부피가 작은

것으로 연구되고 있다. Yoon et al. (2010)은 버찌분말을 첨가한 식빵의 품질특성에서 첨가물이 증가할수록 비용적이 감소한다고 하였고, Gi & Jeong (2013)은 들깨분말의 첨가에 따라 글루텐 희석효과로 반죽이 약화되어 팽창력이 저하한다고 하였다. 대조군의 비용적은 3.74±0.08 cc/g으로 가장 높았으며 율피분말에 비하여 압출성형 율피분말 실험군의 비용적이 약간 높게 관측되었다($p<0.05$). 또한, 수분함량 25%의 용융물 온도 150°C와 수분함량 30%의 용융물 온도 130°C 및 150°C의 비용적은 각각 3.71±0.06 cc/g, 3.69±0.11 cc/g, 3.68±0.14 cc/g으로 대조군과 비슷하게 관측되었다. 이는 부재료 첨가에도 불구하고 압출성형으로 인한 전분의 호화가 부피팽창에 영향을 미친 것이라고 생각된다. 수용성 식이섬유를 식품에 첨가 시 점도를 증가시키고(Hwang, 1996), 압출성형에 의해 수용성 식이섬유 함량이 증가되며(Shin et al., 2003), 식이섬유를 첨가한 빵의 부피는 감소하고 단단해진다(Hamid & Luan, 2000). 본 연구에서는 압출성형 공정에서 율피분말의 식이섬유소 증가가 크지 않고, 반죽에 첨가된 율피분말의 양이 많지 않아 식빵의 부피와 비용적 감소에 영향을 끼치지 못한 것으로 보이며, 수분함량 25%의 150°C와 수분함량 30%의 용융물 온도 130°C 및 150°C에서 비용적이 증가한 이유는 압출성형 공정에 의한 전분의 호화 및 식이섬유와 관련이 있는 것으로 판단된다.

빵의 색도는 첨가된 재료의 색소, 굽기 온도, 사용한 당의 종류와 사용량, pH 등의 영향을 받는다(Shin & Kim, 2008). 명도(L), 적색도(a)는 대조군에 비하여 율피분말의 첨가량이 많아질수록 유의적으로 증가($p<0.05$)하였으며, 율피분말과 비교하여 명도(L)는 큰 변화가 없었으나 적색도(a)와 황색도(b)는 높게 관측되었는데, 이는 율피 분말 고유

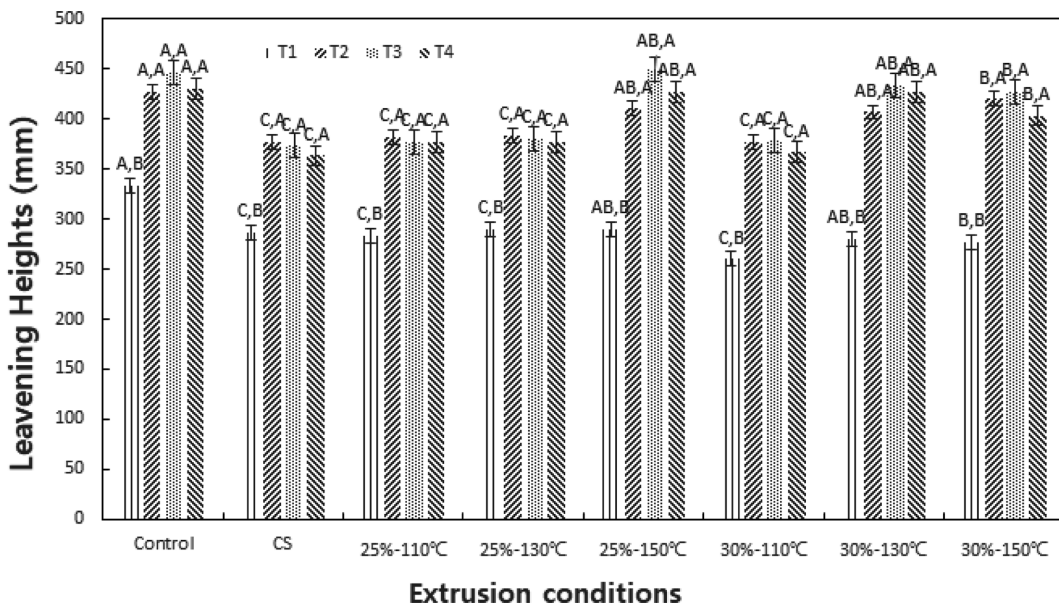


Fig. 1. The change in leavening heights of dough added with chestnut shell powder and extruded chestnut shell powder with various conditions during 4 h fermentation (mm). CS: chestnut shell powder. T1: 1 h, T2: 2 h, T3: 3 h, T4: 4 h.

Table 3. Specific volume and color of pan bread added with chestnut shell powder and extruded chestnut shell powder with various conditions

Extrusion conditions		Specific Volume (cc/g)	Crumb color			
Moisture (%)	Temp. (°C)		L ¹⁾	a ²⁾	b ³⁾	ΔE ⁴⁾
Control		3.74±0.08 ^{5)A6)}	87.83±0.41 ^A	6.12±0.27 ^C	15.43±0.33 ^A	18.80±0.47 ^D
CS ⁷⁾		3.60±0.06 ^{BC}	68.49±0.50 ^{BC}	11.87±0.54 ^B	12.99±0.36 ^C	32.76±0.48 ^C
25	110	3.61±0.04 ^{ABC}	67.20±0.63 ^C	12.38±0.25 ^A	14.37±0.32 ^B	34.59±0.63 ^A
	130	3.64±0.03 ^{ABC}	67.79±0.82 ^{BC}	12.23±0.40 ^{AB}	14.19±0.27 ^B	33.97±0.68 ^{AB}
	150	3.71±0.06 ^{AB}	69.12±1.05 ^B	12.49±0.27 ^A	14.32±0.34 ^B	33.04±0.81 ^{BC}
30	110	3.64±0.03 ^{ABC}	67.20±1.18 ^C	12.16±0.27 ^{AB}	14.33±0.25 ^B	34.50±0.96 ^A
	130	3.69±0.11 ^{AB}	67.90±1.45 ^{BC}	12.18±0.37 ^{AB}	14.08±0.29 ^B	33.82±1.39 ^{ABC}
	150	3.68±0.14 ^{AB}	67.30±0.80 ^C	12.37±0.20 ^{AB}	14.19±0.28 ^B	34.43±0.63 ^A

¹⁾Lightness (100=white, 0=black)

²⁾Redness (100=red, -80=green)

³⁾Yellowness (70=yellow, -70=blue)

⁴⁾ΔE: color difference

⁵⁾Means±SD (n=5).

⁶⁾Means with different superscripts in the same column are significantly different by ANOVA test at $p < 0.05$.

⁷⁾CS: chestnut shell powder

의 색 및 고온의 압출성형 공정에 의해 갈변화된 압출성형 율피분말에 의한 결과로 보인다. 적색도는 수분함량 25%의 용융물 온도 150°C에서 12.49±0.27로 가장 높게 나타났으며, 황색도(b)는 율피분말이 12.99±0.36인데 비하여 압출성형 율피분말은 14.08±0.29-14.37±0.32까지 증가하였는데, 이는 압출성형 공정의 높은 온도로 인한 갈변의 영향으로 판단된다. 총 색도 변화는 수분함량 25%의 용융물 온도 150°C와 수분함량 30%의 용융물 온도 130°C에서 비교적 낮게 나타났으며, 대조군에 비해 색도 변화가 크게 나타났으나 공정변수에 따른 차이는 관측되지 않았다. 이

는 배럴온도가 변화할수록 갈변반응이 증가하여 색도변화가 크다는 연구(Altan et al., 2008), 곡류 압출성형물의 수분함량이 증가함에 따라 색도의 변화 폭이 낮아진다는 Kim et al. (2012)의 연구와는 일치하지 않았는데, 이는 압출성형물의 특성보다는 식빵에 첨가된 재료와 굽기 온도 등의 여러 조건이 영향을 미친 것으로 보인다.

경도

제조 후 상온에서 1시간 방치한 식빵을 25°C에서 5일간 보관하면서 경도(firmness)를 측정하였다(Fig. 2). 1일 경과

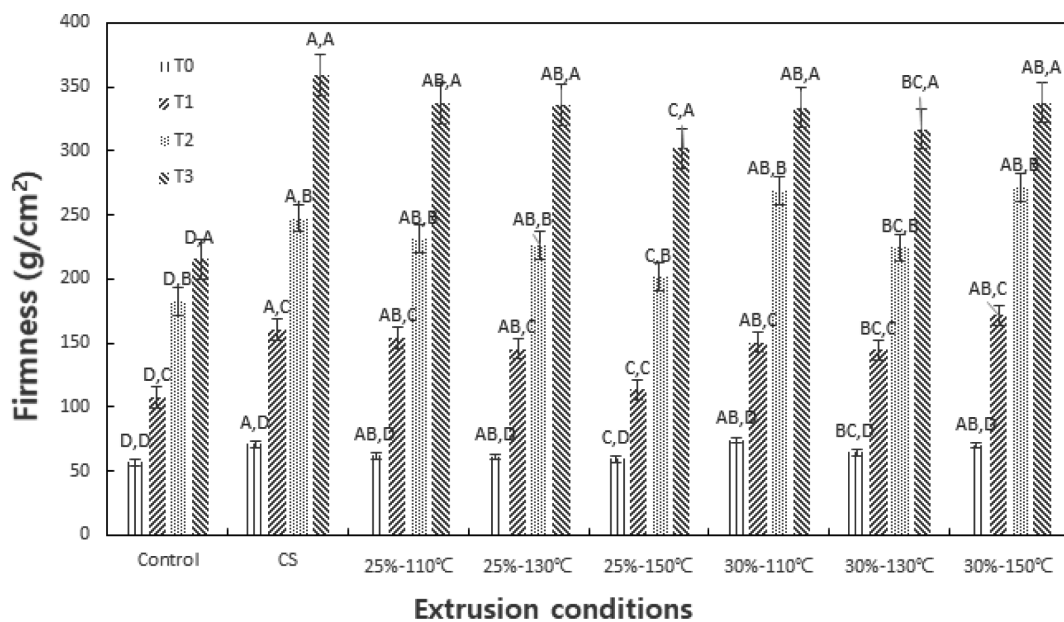


Fig. 2. Change of firmness of bread with chestnut shell powder and extruded chestnut shell powder during 4 day storage (g/cm²). CS: chestnut shell powder. T0~T4: Storage period (day).

후의 경도는 대부분의 실험군에서 높은 증가를 보였는데, 수분함량 25%의 용융물 온도 150°C에서는 113.33±6.17 g을 나타내어 대조군의 경도 107.42±14.52 g과 비슷한 값을 보였다. 대부분의 실험군에서 시간이 지날수록 경도는 크게 증가하였으나, 2일 경과 후의 경도에서 수분함량 25%의 용융물 온도 150°C와 수분함량 30%의 용융물 온도 130°C에서는 경도의 증가가 크지 않았다.

이는 내부의 수분함량과 비용적이 증가할수록 빵의 경도

가 감소한다는 연구(Martine & Hosency, 1991)와 유사하였으며, 본 실험의 비용적 특성 결과와 유사하였다. 또한, 압출성형 공정을 거치며 전분이 호화되어 노화를 지연시키고 저장성과 경도에 영향을 미친 것으로 보인다. 일반적으로 빵을 제조 후 2일은 빵을 소비하는 기간으로 알려져 있는데, 2일 경과 후의 경도가 수분함량 25%의 용융물 온도 150°C에서 201.51±13.06 g으로 대조군의 182.64±10.75 g과 비슷하게 관찰된 것으로 보아 압출성형 율피분말이 빵

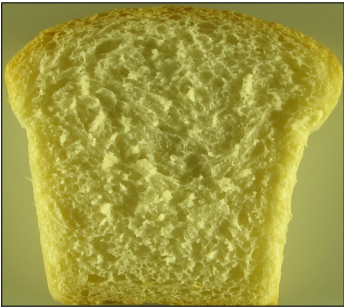
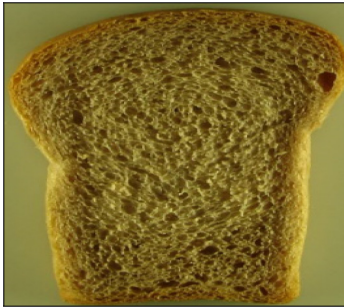
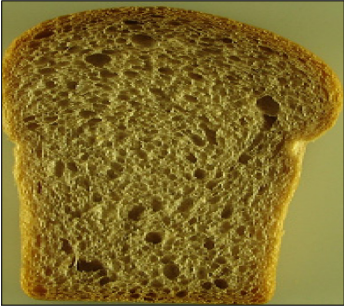
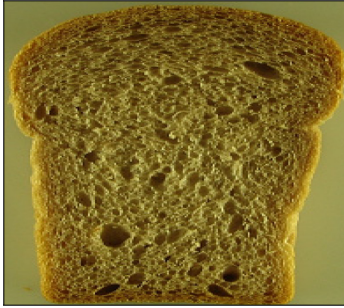
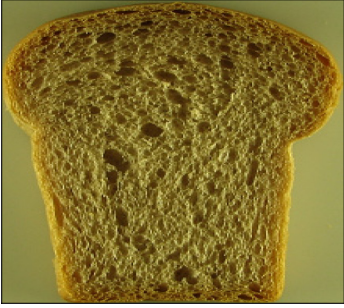
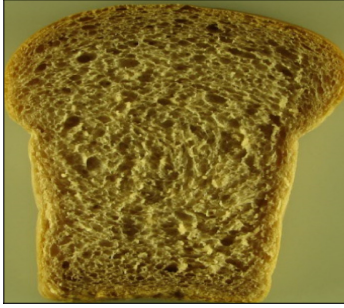
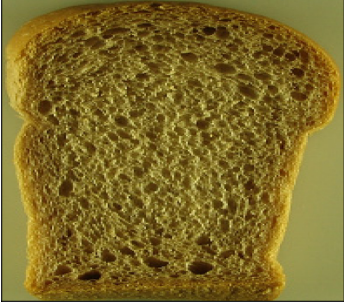

Melt temp. (°C)	Moisture content (%)	
	25	30
	Control	CS ¹⁾
		
110		
130		
150		

Fig. 3. Photograph of pan bread added with chestnut shell powder and extruded chestnut shell powder with various conditions. ¹⁾CS: chestnut shell powder.

의 노화 억제 및 식감개선에 기여할 것으로 생각된다.

식빵의 단면

기공의 크기와 기공의 팽창정도에 따른 기공의 결 등 식빵 내부조직의 특성을 촬영한 식빵의 단면을 Fig. 3에 나타내었다. 전반적으로 대조군에 비해 율피분말을 첨가한 식빵 조직은 지나치게 큰 기공과 불규칙적인 형태를 보였으나, 수분함량 25%의 용융물 온도 150°C와 수분함량 30%의 용융물 온도 130°C 및 150°C에서는 대조군의 단면과 비슷한 특성을 보여주었다. 이 같은 결과는 수분함량 25%의 용융물 온도 150°C와 수분함량 30%의 용융물 온도 130°C 및 150°C의 비용적이 율피분말에 비하여 유의적으로 증가하였다는 비용적 특성 조사의 결과와 유사하였다.

Baninder et al. (2009)는 빵의 부피가 빵 내부의 기공수의 변화 및 기공의 신장성 증가와 밀접한 관계가 있다고 하였고, Kim & Lee (2008)는 반죽에 녹차와 흑미가루 첨가량이 증가할 경우 기공의 형태를 유지해 주는 글루텐의 부족에 의해 빵의 기본구조 형성이 이루어지지 않아 기공의 형태가 선명하지 않다고 보고하였다. 이는 부재료의 첨가에 따른 글루텐의 회석에도 불구하고 압출성형 율피분말 전분의 호화 및 식이섬유소의 수분흡수력이 기공 팽창에 영향을 준 것으로 보인다.

요 약

본 연구는 율피분말을 제빵에 효과적으로 활용하기 위한 방안으로 율피분말 및 압출성형 공정변수를 달리한 율피분말 6%를 첨가하여 반죽의 물성과 식빵의 품질특성을 조사하였다. 율피의 압출성형 공정변수는 수분함량 25%와 30%, 용융물 온도는 110, 130, 150°C로 조절하였다. 총 식이섬유 함량은 압출성형 율피분말에서 약간 증가하였으며, 총 폴리페놀 함량은 율피분말이 869.09 mg인데 비하여 수분함량 25%, 용융물 온도 150°C에서 1,397.17 mg까지 증가하였다. 패리노그램에서, 반죽의 흡수율은 대조군과 율피분말에 비해 압출성형 공정변수 수분함량 25%와 수분함량 30%의 실험군에서 유의적인 증가를 보였다($p < 0.05$). 2시간 및 3시간 이후의 발효팽창력은 수분함량 25%의 용융물 온도 150°C와 수분함량 30%의 용융물 온도 150°C에서 대조군과 비슷한 경향을 나타내었다. 비용적은 대조군이 3.74 ± 0.08 cc/g으로 가장 높았으며, 율피분말에 비하여 압출성형 율피분말 실험군이 높게 관측되었다($p < 0.05$). 1일 경과 후의 경도는 수분함량 25%의 용융물 온도 150°C에서 113.33 ± 6.17 g으로 대조군의 107.42 ± 14.52 g과 비슷하였다. 이상의 결과로 수분함량 25%의 용융물 온도 150°C 및 수분함량 30%의 용융물 온도 130°C에서 반죽의 물성과 식빵의 품질특성이 전반적으로 향상된 것을 알 수 있었다. 이는 부재료의 첨가에도 불구하고 압출성형 율피분말 전분의 호

화 및 식이섬유소의 수분흡수력이 반죽의 물성과 식빵의 품질특성에 영향을 준 것으로 보인다.

References

- AACC. 2000. Approved method of the AACC (Methods 10-10A, 22-14, 54-21, 74-09), American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis (Methods 985.29), Association of Official Analytical Chemists, Caithersburg, MD, USA.
- Altan A, McCarthy KL, Maskan M. 2008. Extrusion cooking of barley flour and process parameter optimization by using response surface methodology. *J. Sci. Food Agri.* 88: 1648-1659.
- An EM, Choi YH, Lee JK, Choi YS, Kim YH, Shin HS. 2015. Antioxidant properties of wheat bran prepared by a high-pressure homogenizer process. *Food Eng. Prog.* 19: 50-55.
- An SH, Lee JY, Kim SW, Ryu GH. 2014. Physicochemical properties of extruded chestnut fruit at various conditions. *Food Eng. Prog.* 18: 203-209.
- Baninder SS, Scott RB, Finlay MR. 2009. Mechanism of gas cell stabilization in bread making. I. The primary gluten-starch matrix. *J. Cereal Sci.* 49: 320-40.
- Cai W, Diosady LL, Rubin LJ. 1995. Degradation of wheat starch in a twin-screw extruder. *J. Food Eng.* 26: 289-300.
- Gi JL, Jeong HC. 2013. Quality characteristics dough rheological properties of pan bread with perilla seed powder. *Korean J. Culi. Sci. Hos. Res.* 19: 142-155.
- Gomes M, Jimenez S, Ruiz E, Oliete B. 2011. Effects of extruded wheat bran on dough rheology and bread quality. *LWT-Food Sci. Technol.* 10: 2231-2237.
- Gu BJ, Ryu GH. 2011. Effects of die geometry on expansion of corn flour extrudate. *Food Eng. Prog.* 15: 148-154.
- Ha DC, Ryu GH. 2005. Chemical components of red, white and extruded root ginseng. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 247-254.
- Hamid AA, Luan AS. 2000. Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. *Food Chem.* 68: 15-19.
- 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.
- Hong SY, Shin GM. 2008. Quality characteristics of white pan bread with garlic powder. *Korean J. Food Nutr.* 21: 485-491.
- Hwang JK. 1996. Physicochemical properties of dietary fibers. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 715-719.
- Jeon BG, Moon JS. 1998. A Study on the production of chestnut powder in the inner shell(endo carp) of a chestnut from its treatment plant: Study on physicochemical properties of starch separated from chestnut inner shell. *J. Environ. Research* 3(1): 57-69.
- 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 SH, Kang WS, Shin MS. 2011. Physicochemical properties of high yielding non-waxy rice flours extruded with different moisture contents. *Korean J. Food Cookery Sci.* 27: 745-754.

- Jin T, Gu BJ, Ryu GH. 2010. Manufacturing of hemp seed flake by using extrusion process. *Food Eng. Prog.* 14: 99-105.
- Kang MY, Nam YJ. 1999. Studies on bread-making quality of colored rice (Suwon 415) flours. *Korean J. Soc. Food Sci.* 15: 37-41.
- Kim CH, Jin Tie, Ryu GH. 2012. Effects of moisture content on physical properties of extruded cereal flours. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 1603-1610.
- Kim WM, Lee YS. 2008. A study on the antioxidant activity and quality characteristics of pan bread with waxy black rice flour and green tea powder. *Korean J. Culi. Sci. Hos. Res.* 14: 1-13.
- Lee HJ, Chung MJ, Cho JY, Ham SS, Choe M. 2008. Antioxidative and macrophage phagocytic activities and functional component analyses of selected Korean chestnut (*Castanea crenata* S. et Z.) cultivars. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 1095-1100.
- Lee JS, Yoon SJ, Ryu GH. 2017. Quality characteristics of dough and bread added with chestnut shell or extruded chestnut shell powder. *Korean J. Baking* 6: 43-54.
- Lee KC, Kim YS, Ryu GH. 2011. Saccharification characteristics of extruded corn starch at different process parameters. *Food Eng. Prog.* 15: 155-161.
- Martine ML, Hosney RC. 1991. A mechanism of bread firming. II. Role of starch hydrolyzing enzymes. *Cereal Chem.* 68: 503-507.
- 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.
- Shin GM, Kim DY. 2008. Quality characteristics of white pan bread by *Angelica gigas* nakai powder. *Korean J. Food Preserv.* 15: 497-504.
- Shin HH, Lee SH, Park BS, Rhim TS, Hwang JK. 2003. Solubilization of whole grains by extrusion and enzyme treatment. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 849-855.
- 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.
- Wilson AM, Work TM, Bushway AA, Bushway RJ. 1981. HPLC determination of fructose, glucose and sucrose in potatoes. *J. Food Sci.* 46: 300-308.
- Yoon HS. 2014. Quality characteristics of bread added with aronia powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 273-280.
- Yoon MH, Jo JE, Kim DM, Kim KH. 2010. Quality characteristics of bread containing various levels of flowering cherry fruit powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1340-1345.