

사출구 온도와 수분함량이 갈색거저리(Mealworm) 첨가 압출성형 백미의 품질 특성에 미치는 영향

조선영 · 췌파이산 아파판 · 류기형*
공주대학교 식품공학과

Effects of Die Temperature and Moisture Content on the Quality Characteristics of Extruded Rice with Mealworm

Sung Young Cho, Apapan Chatpaisarn, and Gi Hyung Ryu*

Department of Food Science and Technology, Kongju National University

Abstract

This study aims to make extruded rice snack with high quality in texture and nutrition by adding mealworm. Addition of the mealworm has the merit to fill in high-quality protein and unsaturated fatty acids which are insufficient in rice. Thus, the physicochemical properties were investigated through the process of extrusion cooking. As the extrusion process varied, the die temperatures were set to 120°C and 130°C. Also, the moisture contents were adjusted to 30% and 35%. The specific length, the expansion ratio, and the water absorption index increased as the added content of mealworm became higher. On the contrary, the density, the breaking strength, the apparent elastic modulus, and the water solubility index decreased. As mealworm and moisture content increased, DPPH radical scavenging activity significantly increased but the rancidity decreased. As a result, the addition of mealworm to the extruded rice snack was effective in improving texture, nutrition, and antioxidation.

Key words: extruded rice, mealworm, die temperature, moisture content

서 론

쌀은 우리나라의 중요한 식량 자원으로 식생활에서 차지하고 있는 비중이 매우 크며, 일상의 식단 및 의례 음식의 주재료로서 우리의 식문화 형성에 큰 역할을 해왔다(Yoon, 1999). 최근, 현대인의 서구화된 식단과 편의 위주의 식생활 선호로 인하여 인스턴트식품과 빵, 과자, 국수류 등 대체 식품의 소비가 증가되어 밀가루의 소비량은 점점 증가하는 반면, 국민 1인당 연간 쌀 소비량은 2013년 기준 67.2 kg, 2015년 기준으로는 62.9 kg으로 감소 추세에 있다(Kim, 2011). 하지만 쌀 생산량과 수입량은 여전히 증가하고 있어 쌀 가공제품은 계속 늘어날 전망이므로 쌀의 소비를 증가시키고 고부가가치 소재로 개발하기 위한 연구가 필요한 실정이다(Lee et al., 2006; Kim, 2011). 쌀은 밀가루에 비해 비타민 B 복합체가 풍부하여 각기병을 예방하

고 나트륨 함량이 적어 혈압상승의 방지와 충치예방, 대식 세포를 자극하는 효과가 있으나 구성 성분 중 80%가 전분으로 이루어져 낮은 단백질 함량과 필수 아미노산의 일종인 라이신, 트레오닌 등이 부족해 영양 강화의 필요성이 요구되어 왔다(Miwa et al., 1990; Han et al., 1989a).

식용곤충은 소, 돼지 등과 같은 육류와 비교하여 손색이 없는 고품질의 단백질, 지방, 비타민, 각종 미네랄과 쌀에 부족한 라이신과 메타오닌과 같은 필수 아미노산 성분을 함유하고 있다. 또한 향미면에서도 소비자들에게 좋은 평가를 받고 있는 미래 식량으로 2050년까지 90억 인구가 넘을 것으로 추정되는 세계 인구의 식량난을 대비하기 위한 식품 소재이다(Defoliart, 1999). 특히 ‘고소애’라고도 불리는 갈색거저리(mealworm)는 고단백이면서도 다른 식용 곤충에 비하여 탄수화물 함량이 낮고 불포화 지방산인 오메가 3(omega-3 fatty acid)와 오메가 6(omega-6 fatty acid)가 생선만큼 많이 함유되어 있어 상품가치가 크다(Huis, 2013). Pansawat et al. (2008)은 압출 성형 쌀가루에 생선, 오일과 같은 동물성 단백질과 지방을 함께 첨가하였을 때 압출성형 스낵으로서의 조직감과 영양적인 측면이 향상되었다고 보고하였다.

또한, 압출성형 공정은 쌀가루의 가공적성을 개선할 수

*Corresponding author: Gi-Hyung Ryu, Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan, Choongnam 340-800, Korea

Phone: +82-10-8880-0906, Fax: +82-41-335-5944

E-mail: ghryu@kongju.ac.kr

Received February 8, 2017; revised March 21, 2017; accepted April 1, 2017

있는 방법으로, 쌀가루에 압출 공정을 적용하게 되면 쌀가루의 전분, 단백질, 지질 성분들이 고온 상태에서 변형되어 점탄성을 갖게 되며 수증기나 가스 등에 의해 부피가 증가하여 구조가 파괴되며 조직의 재형성을 피할 수 있다고 하였다(Kim & Ryu, 2001). 즉, 쌀 전분이나 쌀가루를 적절한 조건으로 압출 성형하면 분자 구조의 변화와 물리적 작용에 의해 새로운 성질을 가진 쌀 스낵의 제조가 가능하기 때문에 새로운 소재 개발을 위한 방법으로 용이하다 하겠다(Jeong et al., 2011). 현재는 압출성형 쌀에 생선을 첨가한 스낵(Pansawat et al., 2008), 오징어 첨가 곡류 스낵(Jung et al., 2000), 쌀에 대두단백과 쥐치어를 첨가한 압출성형(Lee, 2004)과 어류와 대두 단백질 첨가에 대한 연구가 다수 진행되어 있으나 갈색겨저리 첨가에 대한 연구는 전무한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 조직감과 영양 면에서 우수한 품질의 팽화스낵 제조를 위하여 갈색겨저리의 첨가량과 사출구 온도, 수분함량에 따른 쌀 압출성형물의 이화학적 특성에 대하여 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 쌀가루는 신통정미소(Asan, Korea)에서 정미한 쌀을 사용하였으며 갈색겨저리(M.G Natural, Damyang, Korea)는 건조된 것을 쌀분쇄 돌돌러기(Shinpoong Eng., Ltd, Seoul, Korea)로 분쇄한 가루를 사용하였다.

분석시약은 ninhydrin (Duksan Chemical Co., Ansan, Korea), ethylene glycol (Daejung Chemical Co., Goryeong, Korea), stannous chloride (Kokusai Chemical Co., Kitasaiwai Nishi-ku, Japan)를 구입하여 사용하였다.

일반 성분

압출성형 원료의 일반 성분은 AACC 방법(AACC International, 1999)의 측정 방법에 따라서 수분함량은 105°C 상압건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조단백은 Ninhydrin 법(Starcher, 2011)으로 정량하였다. 갈색겨저리의 수분함량은 9.69±0.25%, 조단백은 44.88±0.31%, 조지방은 34.05±0.15%였으며 쌀가루의 수분함량은 10.12±0.08%, 조단백은 7.79±0.25%, 조지방은 0.49±0.07%의 값을 나타내었다.

압출성형 공정

본 실험에 사용된 압출성형기는 실험용 동방향 쌍축압출성형기(THK31T, Incheon Machinery Co. Incheon, Korea)로 스크루 직경은 30.0 mm, 길이와 직경의 비(L/D ratio)는 23:1이었고, 사출구는 원형으로 직경이 3 mm인 것을 사용하였으며, 스크루의 배열은 Fig. 1과 같다. 수분함량은 펌프로 원료 사입구에 직접 물을 주입하여 조절하였다. 용융물의 온도는 전열기와 냉각수를 사용하여 조절하였으며 원료 사입량은 100 g/min, 스크루 회전 속도 250 rpm으로 고정하였다. 압출성형물의 원료는 쌀가루 100%, 쌀가루 95%에 갈색겨저리 5%, 쌀가루 90%에 갈색겨저리 10%를 혼합한 세 가지 시료로 제조하였으며 압출성형 공정 변수는 갈색겨저리 첨가 압출성형물의 온도와 수분 함량에 따른 품질 특성을 알아보기 위해 사출구 온도를 120°C와 130°C, 수분 함량을 30%와 35%로 조절하였다. 제조한 압출성형 시료들은 50°C에서 8시간 건조하여 물리적 특성을 측정하였고, 가정용 분쇄기(FM-909T, Hanil, Hanman, Korea)로 분쇄한 14-30 mesh의 분말을 시료로 사용하여 화학적 특성을 측정하였다.

직경 팽화율

압출성형물의 직경 팽화율은 압출 성형물의 직경을 캘리퍼스(CD-15C, Mitutoyo Co., Tokyo, Japan)로 10회 측정하여 사출구의 직경과 압출 성형물의 직경 비의 평균값으로 산출하였다(Alvarez-Marinez et al., 1988).

비길리

압출성형물의 비길이는 일정한 길이로 절단한 압출성형물의 길이와 무게의 비로 10회 측정 후 식 (1)을 이용하여 평균값과 오차를 구하였다(Kim et al., 2012). 압출성형물의 길이는 캘리퍼스(CD-15C, Mitutoyo Co., Tokyo, Japan)를 이용하였고, 무게는 전자저울(MW-II, CAS Co., Yangju, Korea)을 사용하였다.

$$\text{Specific length (cm/g)} = \frac{\text{Length of extrudate (cm)}}{\text{Weight of extrudate (g)}} \quad (1)$$

조각밀도

압출성형물의 조각밀도는 차조를 이용한 종자 치환법으로 총 10회 반복하여 식 (2)를 이용하여 계산하였다(Jin et

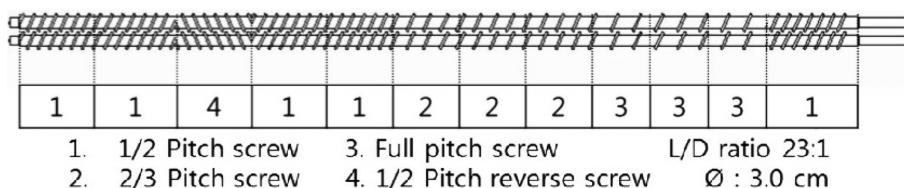


Fig. 1. Screw configuration used in this experiment (Model THK 31T).

al., 2010).

$$P_F = \frac{M}{M + M_0 - M_1} P \quad (2)$$

PF: Piece density of extrudate

P: Bulk density of waxy millet

M: Mass of waxy millet in 125 mL cup

M₀: Mass of extrudate

M₁: Mass of extrudate and waxy millet in 125 mL cup

겉보기 탄성 계수와 파괴력

압출성형물의 겉보기 탄성 계수와 파괴력은 Sun Rheometer (Compac-100II, Sun Sci. Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 10회 측정 후 평균값을 산출하였다. 측정조건은 probe angle type (65°), 최대응력 10 kg, 지지대 이동 속도 60 mm/min, 지지대간의 거리 3 cm 였다. 측정치를 Ryu & Ng (2001)의 방법을 이용하여 겉보기 탄성 계수(E_{app})와 파괴력(F_{bs})을 각각 식 (3)과 (4)로 계산하였다.

$$E_{app} = (dF/dl)(64d^3/48\pi D^4) \quad (3)$$

E_{app}: Apparent elastic modulus

dF/dl: Slope of the linear section of the force-distance curve

D: Diameter of extrudate

d: Distance between two supports

$$F_{bs} = F_m/S \quad (4)$$

F_{bs}: Breaking strength (N/m²)

F_m: Maximum stress of extrudate

S: Cross-sectional area of extrudate

색도

압출성형물을 분쇄하여 14-30 mesh 사이의 시료를 색차계(Chroma Meter CR-300, Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 명도(lightness, L), 적색도(redness, a), 황색도(yellowness, b) 값을 3회 측정한 평균값으로 나타내고 식 (4)으로 색 변화도(color difference, ΔE) 값을 나타내었다. 표준 색판의 값은 L=97.80, a=0.33, b=2.01이었다.

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad (5)$$

L: Lightness

a: Redness

b: Yellowness

L₀: Raw material lightness

a₀: Raw material redness

b₀: Raw material yellowness

수분흡착지수와 수분용해지수

압출성형물의 수용성 성질을 분석하기 위하여 AACC 방법(AACC International, 1983)을 응용하여 건량 기준으로 시료 1.5 g에 증류수 30 mL를 가하여 30°C의 향온 수조(BF-45SB, Biofree Co., Seoul, Korea)에서 30분간 교반한 후 원심분리기(H-1000-3, Hanil Science Industrial Co., Gangneung, Korea)에서 3000 rpm으로 20분간 원심분리 하였다. 상등액은 알루미늄 접시에 부은 후 침전물의 무게를 측정하고 알루미늄 접시를 105°C의 열풍건조기(HB-502MP, Han Beak Co., Bucheon, Korea)에서 2시간 동안 건조하여 상등액의 고형분 함량을 측정하여 수분용해지수(water soluble index, WSI)를 각각 식(6)과 식(7)으로 계산하였다.

WSI (%)

$$= \frac{\text{Dry solid wt. recovered by evaporating the supernatant}}{\text{Dry sample wt.}} \times 100 \quad (6)$$

$$\text{WAI (g/g)} = \frac{\text{Hydrated sample wt.} - \text{Dry sample wt.}}{\text{Dry sample wt.}} \quad (7)$$

수용성 질소 지수

압출성형물의 수용성 질소 지수의 실험은 Capritar et al. (2010)의 방법을 사용하였다. 시료 1.5 g을 0.5%의 KOH 용액 75 mL에 넣고 30°C의 Shaker (SI-300R, Jeitech, Seoul, Korea)에 120 rpm으로 교반하였다. 그 중 50 mL를 취하여 2,000 rpm에서 20분 동안 원심분리 한 후 0.5 mL의 상등액을 최종적으로 취하여 Ninhydrin 방법(Starcher, 2011)으로 분자 값을 측정하였다. 총 질소 함량 값은 시료 1.5 g을 6 N의 염산 100°C에 24시간 동안 완전히 가수분해하여 75 mL의 증류수에 녹인 후 상등액 0.5 mL를 취하여 Ninhydrin 방법(Starcher, 2011)으로 측정하여 다음 식 (8)에 대입하였다.

$$\text{NSI (\%)} = \frac{\text{Soluble nitrogen content}}{\text{Total nitrogen content in sample}} \times 100 \quad (8)$$

단백질 소화율

압출성형물의 단백질 소화율 실험은 Mertz et al. (1984)의 방법을 사용하였다. 총 단백질 함량은 시료 0.2 g을 취하여 Ninhydrin 방법(Starcher, 2011)으로 측정하였다. 소화되지 않은 단백질의 값은 시료 0.2 g을 0.084 N의 염산을 가한 pepsin 용액에 넣고 37°C의 온도에서 150 rpm으로 교반한 후 2 M의 NaOH 용액 2 mL를 가하여 3,000 rpm으로 원심 분리하였다. 상등액을 제거 후 잔사에 0.1 M의 potassium phosphate buffer를 넣어 원심분리 하는 작업을 두 번 반복하였고 남은 잔사를 30°C의 드라이 오븐에 넣고 완전히 건조 시킨 후 잔사의 질소 함량을 Ninhydrin 방법(Starcher, 2011)으로 측정하여 다음 식 (9)에 대입하였다.

$$\text{Protein digestibility (\%)} = \frac{\text{Total protein-undigested protein}}{\text{Total protein}} \times 100 \quad (9)$$

DPPH radical 소거 활성

압출성형물의 DPPH 라디칼 소거 활성 실험은 Brand-Williams et al. (1995)의 방법을 사용하였다. 시료 1 g을 80% methanol에 넣고 2시간 동안 추출한 후 3,000 rpm으로 30분 동안 원심 분리하였다. 그 중 상등액 0.1 mL를 취하여 methanol에 녹인 DPPH 시약 3.9 mL에 넣고 실온의 암실에서 30분 동안 반응시킨 후 분광광도계 515 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 공시험도 역시 같은 방법으로 시행하고 산출된 흡광도를 이용하여 다음 식 (10)에 대입하였다.

$$\text{Radical scavenging activity (\%)} = (A_0 - A_i) / A_0 \times 100 \quad (10)$$

A_0 : Absorbance of the blank

A_i : Absorbance of the sample

산패도

압출성형물의 산패도 측정을 위한 TBA가는 Chang et al. (2012)의 방법을 변형하여 사용하였다. 5 g의 시료를 시험관에 취하여 에탄올에 녹인 3% BHT용액 0.3 mL와 pH 2.0의 과염소산용액 45 mL를 가한 후에 3,000 rpm으로 30분 동안 원심분리하여 상등액을 종이여과하였다. 걸러진 여액 중 5 mL를 유리 시험관에 옮긴 후 glacial acetic acid 99.5%에 2-thiobarbituric acid 0.69%를 용해시킨 TBA 시약 5 mL를 각각의 시험관에 가하였다. 이를 100°C에서 35분 동안 증탕 가열하고 침지 냉각한 후에 분광광도계 531

nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 공시험도 같은 방법으로 시행하고 산출된 흡광도를 이용하여 다음 식 (11)에 대입하여 시료 kg당 malonaldehyde의 양을 mg으로 표시하였다.

$$\text{TBARS (mg/kg)} = (a - b) \times 3 \times 100/s \quad (11)$$

a: Absorbance of the sample

b: Absorbance of the blank

s: Weight of sample (g)

통계처리

결과의 통계처리는 SPSS(Statistical Package for the Social Science) version 23.0 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시한 후 유의적 차이가 있는 항목에 대해서 $p < 0.05$ 수준에서 그 결과를 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

결과 및 고찰

팽화 특성

압출성형물의 팽화 특성인 직경팽화율, 비길이, 조각밀도는 압출성형물의 조직감에 영향을 미치는 중요한 인자로 제품의 질 및 소비자의 기호에 영향을 미친다(Gu et al., 2010). 쌀 압출성형물의 직경팽화율, 비길이, 조각밀도는 Table 1에 나타내었다. 직경 팽화율은 갈색거저리 첨가 함량 0%에 사출구 온도 130°C, 수분함량 30%인 시료가 2.45±0.02로 가장 높은 값을 나타내었고 갈색 거저리 첨가 함량 0%에 사출구 온도 120°C, 수분함량 35%인 시료가 1.11±0.05로 가장 낮은 값을 나타내었다. 갈색거저리의 첨

Table 1. Expansion properties and breaking strength, apparent elastic modulus of extruded rice with mealworm

Mealworm content (%)	Die temperature (°C)	Moisture content (%)	Expansion ratio	Specific length (cm/g)	Density (g/cm ³)	Breaking strength (N/cm ²)	Elastic modulus (N/cm ²)
0	120	30	1.72±0.09 ¹⁾²⁾	24.66±0.02 ^k	0.68±0.07 ^b	82.09±0.02 ^b	7.58E+03 ^b
		35	1.11±0.05 ^l	29.67±0.05 ⁱ	0.75±0.09 ^a	98.32±0.05 ^a	9.39E+03 ^a
	130	30	2.45±0.02 ^a	23.34±0.09 ^j	0.51±0.15 ^c	63.25±0.09 ^d	5.28E+03 ^k
		35	2.17±0.15 ^b	25.09±0.12 ^j	0.59±0.12 ^c	70.34±0.04 ^c	6.85E+03 ^e
5	120	30	1.53±0.09 ⁱ	37.83±0.09 ^h	0.49±0.09 ^f	28.25±0.02 ^k	6.18E+03 ⁱ
		35	1.42±0.15 ^j	38.25±0.05 ^e	0.53±0.02 ^d	30.17±0.09 ^j	6.52E+03 ^h
	130	30	1.61±0.05 ^h	40.21±0.02 ^f	0.44±0.08 ^h	26.28±0.01 ^l	5.57E+03 ^j
		35	1.26±0.15 ^k	43.59±0.05 ^e	0.46±0.09 ^e	30.25±0.12 ^j	6.52E+03 ^h
10	120	30	1.95±0.09 ^d	54.07±0.02 ^d	0.35±0.03 ^j	40.35±0.09 ^f	7.07E+03 ^d
		35	1.64±0.05 ^e	55.47±0.09 ^c	0.41±0.09 ⁱ	42.21±0.03 ^e	7.39E+03 ^c
	130	30	2.01±0.05 ^c	64.88±0.15 ^a	0.31±0.05 ^k	38.21±0.09 ^h	6.89E+03 ^f
		35	1.85±0.11 ^c	63.92±0.02 ^b	0.36±0.03 ^j	39.32±0.06 ^g	7.01E+03 ^e

¹⁾Mean ± SD.

²⁾Means with different letters within a column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

가 함량에 따른 시료들 간 값의 유의차는 없었으나 비길이에서는 갈색거저리 첨가 함량이 높을수록 값이 유의적으로 증가하였다. 갈색거저리 첨가 함량 10%에 사출구 온도 130°C, 수분함량 30%인 시료가 64.88±0.15 cm/g로 가장 높았고, 갈색거저리 첨가 함량 0%에 사출구 온도 130°C, 수분함량 30%인 시료가 23.34±0.09 cm/g으로 가장 낮은 값을 나타내었다.

그러나 밀도는 갈색거저리 첨가 함량이 높을수록 감소하여 갈색거저리 첨가 함량 10%에 사출구 온도 130°C, 수분함량 30%인 시료가 0.31±0.05 g/cm³로 가장 낮은 값을 나타내었고 갈색거저리 첨가 함량 0%에 사출구 온도 130°C, 수분함량 30%인 시료가 0.51±0.15 g/cm³로 가장 높은 값을 나타내었다. 이는 쌀가루에 생선과 같은 첨가물을 혼합해 압출성형 하였을 때 팽화율은 증가하고 밀도는 감소하였다는 Pansawat et al. (2008)의 보고와도 일치하는 것이다. 또한 Kim et al. (2012)의 연구 결과에 따르면 압출성형물의 밀도가 낮으면 팽화율이 커진다고 보고된바 갈색거저리의 첨가로 인하여 압출성형물의 기공이 커지면서 팽화가 일어나 밀도가 감소한 것으로 생각된다.

온도와 수분함량에 따른 팽화 특성의 변화는 사출구 온도가 120°C에서 130°C로 증가하고 수분함량이 35%에서 30%로 감소할수록 직경팽화율과 비길이는 증가하고 밀도는 감소하는 경향을 보였다. 이는 온도가 높고 수분함량이 낮을수록 팽화가 증가하여 조직의 밀도가 감소하였다는 Jin et al. (2010a)과 Hagenimana et al. (2006)의 보고와도 일치하는 것이다.

파괴력과 겔보기탄성계수

파괴력은 팽화율, 밀도, 기공 구조에 영향을 받으며 압출성형물의 품질을 결정하는 중요한 인자다(Gil & Ryu,

2013). 압출성형 쌀가루의 겔보기탄성계수와 파괴력의 값은 Table 1과 같다.

파괴력과 겔보기탄성계수는 갈색거저리 첨가 함량 0%에 사출구 온도 120°C, 수분함량 35%인 시료가 각각 98.32±0.05 N/cm²와 9.39E+03 N/cm²로 가장 높았는데 이는 전분 함량이 높은 쌀가루의 압출성형 중 나타나는 호화된 전분 조직은 냉각 후 점탄성이 낮고 쉽게 노화가 진행되어 단단해지기 때문이라고 생각된다(Song & Shin, 2007).

파괴력과 겔보기탄성계수가 가장 낮은 것은 26.28±0.01 N/cm²의 값을 나타낸 갈색거저리 첨가 함량 5%에 사출구 온도 130°C, 수분함량이 30%인 시료로, 갈색거저리 첨가 함량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 육안으로 보아 조직에 기공 구조가 증가하고 조밀도가 낮아져 파괴력이 감소한 것으로, Saio (1987)의 연구 결과에서는 식물성 단백질인 대두 단백질의 농도가 증가할수록 압출성형물의 조직이 단단하고 치밀했다고 보고하였지만 동물성 단백질인 갈색거저리의 첨가에서는 반대의 결과를 나타내었다.

또한 사출구 온도가 130°C에서 120°C로 감소하고, 수분함량이 30%에서 35%로 증가할수록 파괴력과 겔보기 탄성 계수가 증가하는 경향을 보인 것은 온도가 낮고 수분함량이 높을수록 팽화가 덜 일어나 압출성형물의 기공 구조가 작아져 입자 층이 단단하게 유지되었기 때문으로 생각된다. 이는 팽화율이 증가할수록 파괴력은 감소하였다는 Chinnaswamy & Hanna (1999)의 보고와도 일치하였다.

색도

쌀 압출성형물의 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 값은 Table 2와 같다. 명도는 갈색거저리 첨가 함량 0%에 사출구 온도 120°C, 수분함량 35%인 시료의 값이 85.40±0.05

Table 2. Change in color value of extruded rice with added mealworm

Mealworm content (%)	Die temperature (°C)	Moisture content (%)	L	a	b	ΔE
0	120	30	81.99±0.09 ^{1)hb2)}	-2.04±0.03 ^f	12.21±0.09 ^k	2.03±0.09 ^k
		35	85.40±0.05 ^a	-1.52±0.05 ^e	9.26±0.12 ^l	2.26±0.07 ^j
	130	30	79.36±0.02 ^d	-1.15±0.08 ^d	15.61±0.05 ^f	2.40±0.05 ⁱ
		35	81.84±0.06 ^c	-0.04±0.02 ^c	14.67±0.09 ^h	2.90±0.05 ^h
5	120	30	54.84±0.05 ^h	1.52±0.09 ^b	13.14±0.02 ⁱ	6.33±0.11 ^f
		35	59.01±0.12 ^g	1.40±0.02 ^b	12.27±0.05 ^j	5.90±0.12 ^g
	130	30	60.27±0.09 ^f	1.57±0.03 ^b	15.93±0.04 ^e	6.96±0.04 ^e
		35	62.31±0.03 ^e	1.51±0.07 ^b	15.01±0.03 ^g	7.59±0.03 ^e
10	120	30	39.32±0.05 ^l	2.21±0.08 ^a	18.27±0.09 ^c	7.75±0.09 ^b
		35	42.21±0.09 ^k	1.98±0.05 ^a	16.01±0.11 ^d	7.48±0.11 ^d
	130	30	45.53±0.15 ^j	1.53±0.04 ^b	21.39±0.03 ^a	8.01±0.05 ^a
		35	46.39±0.11 ⁱ	1.49±0.06 ^b	19.31±0.08 ^b	7.58±0.02 ^c

L: lightness, a: redness, b: yellowness.

¹⁾Mean ± SD.

²⁾Means with different letters within a column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

가장 높았고 갈색거저리 첨가 함량 10%에 사출구 온도 120°C, 수분함량 30%인 시료가 39.32±0.05로 가장 낮았다. 황색도가 가장 높은 것은 갈색거저리 첨가 함량 10%에 사출구 온도 130°C, 수분함량 30%인 시료로 적색도 역시 갈색거저리 첨가 함량이 10%인 시료가 가장 높은 값을 나타내었다. 갈색거저리 첨가 함량이 증가할수록 명도는 감소하고 적색도와 황색도는 증가하는 경향을 보였는데 이는 Youssef & Barbut (2010)의 연구 결과에서 단백질 함량이 증가할수록 명도는 어두워지며, 적색도 값은 증가한다고 보고된바 갈색거저리 원료가 지닌 고유의 황색과 함유된 단백질 성분이 압출성형을 통해 갈변화를 촉진하여 명도는 감소하고 적색도와 황색도는 증가한 것으로 생각된다.

또한 사출구 온도가 120°C와 130°C에서 각각 수분함량이 30%에서 35%로 증가할수록 명도가 증가하고 적색도와 황색도는 감소하였는데 이는 압출성형 중 수분 함량 증가로 인해 온도가 감소하고 수분이 수증기로 되어 사출구에서 빠져 나올 때 갈변화가 덜 일어났기 때문인 것으로 생각된다(Miwa et al., 1990). 색도차가 가장 큰 것은 갈색거저리 첨가 함량 10%에 사출구 온도 130°C 수분함량 30%인 시료로 8.01±0.05의 값을 나타내었다. 갈색거저리 첨가 함량과 사출구 온도가 증가할수록 색도차가 컸는데 이는 배럴 온도에 의하여 온도가 변화할수록 갈변 반응이 증가하여 색도 변화가 크다는 Altan et al. (2008)의 보고와 일치하는 것이다.

수분용해지수와 수분흡착지수

쌀, 보리, 옥수수 등에 포함된 전분이 압출성형 공정을 거치면서 부분적인 호화와 스크류의 회전을 통해 배럴 내부물질에 가해지는 전단력에 의한 전분사슬의 절단과 함께 아밀로펙틴의 분획화를 통해 아밀로오스 함량이 증가하여

수분용해지수와 수분흡착지수가 증가한다고 하였다(Jin et al., 2012). 또한, 수분용해지수와 수분흡착지수는 호화와 팽화율에 영향을 받으며 팽화스택에서 수치가 높을수록 좋은 품질로 인정된다(Lee & Kim, 1994).

쌀 압출성형물의 수분용해지수는 Table 3에 나타내었다. 수분용해지수는 갈색거저리 첨가 함량 0%의 시료들이 갈색거저리 첨가 시료들보다 높은 값을 나타내었다. 갈색거저리 첨가 0%에 사출구 온도 130°C, 수분함량 30%인 시료 값이 22.26±0.12%로 가장 높았고 갈색거저리 첨가 함량 10%에 사출구 온도 120°C, 수분함량 30%인 시료의 값이 11.05±0.07%로 갈색거저리 첨가 함량이 높을수록 낮은 값을 나타내었다. 이는 Kim et al. (2008)의 연구 결과에서 지방과 단백질을 제거하였을 때 쌀의 점도와 용해도가 상승하였다고 보고된 바 갈색거저리에 함유되어 있는 불용성 지방 성분과 단백질이 쌀 압출성형물의 수분용해도를 낮추었기 때문인 것으로 생각된다. 또한 사출구 온도가 120°C에서 130°C로, 수분함량이 30%에서 35%로 증가할수록 수분용해지수는 감소하는 경향을 보였는데 이는 수분함량을 증가시키고 배럴온도를 조절하였을 때 수분용해지수가 감소하였다는 Jin et al. (2005)의 보고와 일치하는 것이다.

쌀 압출성형물의 수분흡착지수는 Table 3에 나타내었다. 수분흡착지수는 갈색거저리 첨가 함량 10%에 사출구 온도 130°C, 수분함량 30%의 시료에서 12.25±0.09 g/g로 가장 높은 값을 나타내었고 갈색거저리 첨가 함량 0%에 사출구 온도 120°C, 수분함량 35%에서 5.43±0.02 g/g으로 가장 낮은 값을 나타내어 갈색거저리의 첨가 함량이 높고, 사출구 온도가 높을수록 값은 증가하는 경향을 보였다. 이는 갈색거저리 첨가함량이 높을수록 팽화율이 높고 밀도가 낮은 것과 관련이 있는데, 전분 용융물이 기계적 전단력에 취약해져 수분을 흡수하기 쉬운 기공이 많은 조직으로 변화되

Table 3. Water solubility index, water absorption index, nitrogen solubility index, protein digestibility of extruded rice with mealworm

Mealworm content (%)	Die temperature (°C)	Moisture content (%)	Water solubility index (%)	Water absorption index (g/g)	Nitrogen solubility index (%)	Protein digestibility (%)
0	120	30	18.74±0.09 ^{1)c2)}	5.91±0.03 ^k	9.62±0.09 ^{de}	69.37±0.21 ^j
		35	17.32±0.03 ^d	5.43±0.02 ^l	8.45±0.02 ^{de}	70.03±0.07 ⁱ
	130	30	22.26±0.12 ^a	8.92±0.09 ^f	5.39±0.15 ^e	68.58±0.13 ^k
		35	19.17±0.06 ^b	6.75±0.08 ^j	5.01±0.11 ^e	68.37±0.09 ^l
5	120	30	15.25±0.08 ^e	8.46±0.02 ^h	15.62±0.03 ^b	75.97±0.08 ^f
		35	14.39±0.06 ^h	7.94±0.12 ⁱ	13.45±0.05 ^d	76.83±0.12 ^e
	130	30	16.64±0.02 ^c	9.35±0.05 ^e	11.91±0.05 ^b	75.01±0.17 ^g
		35	16.01±0.03 ^f	8.89±0.05 ^g	10.83±0.32 ^d	73.86±0.03 ^h
10	120	30	12.38±0.05 ^k	10.98±0.07 ^c	25.70±0.08 ^b	79.97±0.07 ^b
		35	11.05±0.07 ^l	10.25±0.09 ^d	24.65±0.19 ^a	81.31±0.19 ^a
	130	30	13.87±0.05 ^j	12.25±0.15 ^a	22.76±0.21 ^a	77.03±0.02 ^d
		35	13.54±0.03 ^j	11.91±0.02 ^b	22.01±0.05 ^a	77.84±0.03 ^c

¹⁾Mean ± SD.

²⁾Means with different letters within a column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

었기 때문이라고 생각된다(Lee et al., 2011).

수용성질소지수 및 단백질 소화율

우리 몸을 구성하고 있는 단백질은 아미노산 질소 화합물로 질소는 우리 몸의 면역 체계와 호르몬 조절 등을 관장하는 필수 구성 성분이며 순수한 단백질뿐만이 아니라 핵산 퓨린, 피리미딘 등에도 포함되어 있다(Gwangyeol & Bai, 2014). 그 중 강한 수용성의 성질을 가지고 있는 아미노산을 선택적으로 검출 할 수 있는 방법으로 수용성 질소지수의 측정이 널리 사용된다.

수용성 질소 지수가 가장 높은 것은 갈색거저리 첨가 함량 10%에 사출구 온도 120°C, 수분함량 35%인 시료로 24.65±0.19%의 값을 나타내었고, 가장 낮은 값을 나타낸 것은 갈색거저리 첨가 함량 0%에 사출구 온도 130°C, 수분함량 35%인 시료가 5.01±0.11%로 갈색거저리의 첨가 함량이 높을수록 값은 상승하는 경향을 보였다(Table 3). 이는 쌀보다 상대적으로 높은 단백질 함량을 지닌 갈색거저리의 첨가로 인하여 쌀 압출성형물의 수용성질소 지수가 상승한 것으로 생각된다. 또한 이는 쌀 함량이 감소하고 단백질첨가물이 증가하였을 때 수용성질소지수의 값이 증가하였다는 Han et al. (1989a)의 보고와도 일치하는 것이다. 수용성지수는 수분함량에 따른 차이는 없으나 온도가 120°C에서 130°C로 증가할수록 감소하는 경향을 보였는데 이는 압출성형물 속 단백질이 조직화 되는 과정에서 열에 의해 변성되었으며 온도가 상승할수록 변성정도도 증가하였기 때문이라고 생각된다(Han et al., 1989b). 단백질 소화율은 인체에서 배설되지 않고 흡수되는 단백질 양을 측정하는 실험으로 영양연구의 기초자료 및 원료의 영양학적 가치를 결정하는데 매우 필수적인 자료가 된다(Matthews, 1999). 현재 식용곤충이 인체에 미치는 영양적인 유용함과 소화율에 관한 연구는 없으나 대두나 생선과 같은 전형적인 단백질 원료 대신 식용곤충을 식단에 포함했을 때 유의적 차이가 없었다는 결과가 있었다(Finke et al., 1989).

단백질 소화율은 갈색거저리 첨가 함량 10%에 사출구 온도 120°C, 수분함량 35%인 시료가 81.31±0.19%로 가장 높았고, 가장 값이 낮은 시료는 갈색거저리 첨가 함량 0%에 사출구 온도 130°C, 35%인 시료가 68.37±0.09%로 갈색거저리 첨가 함량이 높고 사출구 온도가 낮을수록 다소 높은 값을 나타내었다. 이는 갈색거저리가 쌀가루보다 높은 단백질 소화율 수치를 지니고 있으며 낮은 온도에서 더 높은 수치를 보인 수용성 질소의 패턴과 거의 일치하여 상승한 것으로 보아 수용성 성질을 지닌 아미노산 질소는 인체에 모두 흡수되는 것으로 생각된다(Table 3).

DPPH radical 소거 활성

압출성형 쌀가루와 갈색거저리 첨가 쌀 압출성형물의 DPPH radical 소거 활성의 값은 Fig. 2에 나타내었다. 갈

색거저리 첨가 함량 0%, 5%, 10%에서 모두 사출구 온도 130°C, 수분함량 35%의 시료가 각각 2.94±0.035%, 8.76±0.15%, 13.05±0.07%로 가장 높은 값을 나타내었다. 이는 사출구 온도가 120°C에서 130°C로, 수분함량이 30%에서 35%로 증가할수록 DPPH radical 소거 활성 값도 증가함을 보여주는 결과로 수분 함량은 항산화 성질과 밀접한 관계를 가지며 이는 수분함량이 증가할수록 DPPH radical 소거 활성 값도 비례하여 증가하였다는 Yang & Choi (2016)의 보고와도 일치하였다.

또한, 온도 증가로 인해 압출성형물에 함유되어 있는 단백질 펩타이드가 가수분해 되면서 항산화 활성능력도 비례하여 향상된 것으로 생각된다(Choi et al., 2011). 이는 열처리가 항산화 활성 효과를 증진시킨다는 Lee et al. (2014)의 보고와도 일치하는 것이다. 주목할 만한 것은 갈색거저리의 첨가함량이 증가할수록 DPPH radical 소거 활성의 값이 유의적으로 증가한 것인데 이는 갈색거저리에 함유되어 있는 항산화 미네랄 성분 셀레늄이 과산화물의 농도를 낮추어 활성산소 자유 라디칼의 생성을 억제하는 작용을 한 것으로 생각된다(Rumpold & Schluter, 2013).

산패도

압출성형 당일 냉장 보관하였던 시료의 산패도 값은 갈색거저리 첨가 함량 0%에 사출구 온도 120°C, 수분함량 30%의 시료(AMO)가 79.43±1.25 mg/kg로 가장 높았으며 갈색거저리 첨가 함량 10%에 사출구 온도 130°C, 수분함량 35%의 시료(CJP)가 39.21±3.23 mg/kg로 가장 낮았다. (Fig. 3) 사출구 온도나 수분함량과의 상관관계는 없었으나 갈색거저리의 첨가 함량이 높을수록 산패도는 감소하는 경향을 보였다. 이는 DPPH radical 소거 활성 실험 결과(Fig. 2)에서 알 수 있듯이 갈색거저리에 함유된 항산화 성분이

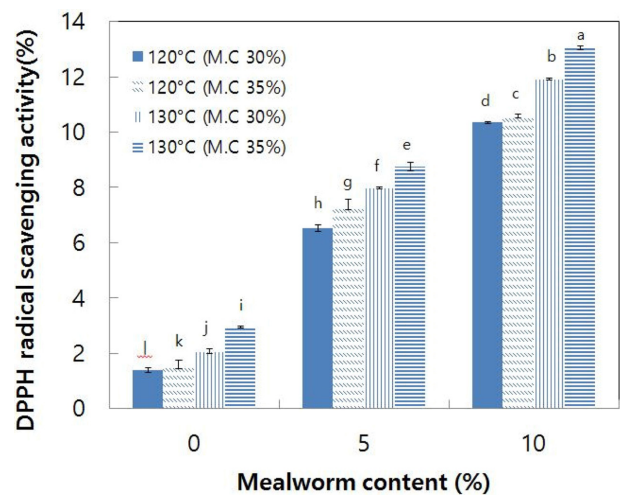


Fig. 2. DPPH radical scavenging activity of extruded rice with mealworm. ^{a-l}Values with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

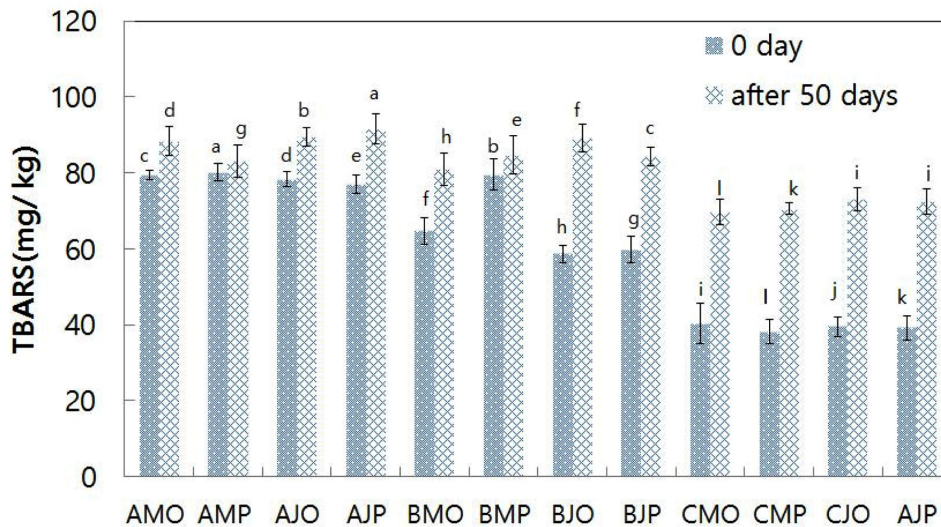


Fig. 3. Change of TBARS (2-thiobarbituric acid reactive substances) of extruded rice with mealworm during storage periods. A: mealworm content 0%, B: mealworm content 5%, C: mealworm content 10%, M: die temperature 120°C, J: die temperature 130°C, O: moisture content 30%, P: moisture content 35%. ^{a-k}Values with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

과산화 지질의 형성을 막아 산패도를 감소시켰기 때문인 것으로 생각된다. 이는 항산화력과 과산화물과 사이에는 역상관계가 있다는 Kim et al. (2009) 등의 보고와도 일치하였다.

저장 기간 50일 후의 산패도 값은 갈색거저리 첨가 함량 0%에 사출구 온도 130°C, 수분함량 35% (AJP)인 시료가 91.63±3.92 mg/kg로 가장 높았고 갈색거저리 첨가 함량 10%에 사출구 온도 120°C, 수분함량 30% (CJO)가 69.75±3.28 mg/kg로 가장 낮았다. 50일 이후에도 역시 갈색거저리 첨가 함량이 높을수록 값이 감소하였으나 압출성형 당일 시료와 비교하여 볼 때 갈색거저리 첨가 함량 0%에서는 평균 10정도 증가하였고, 5%에서는 평균 20, 10%에서는 평균 30이상의 증가하여 갈색거저리 첨가 함량이 높을수록 산패도의 증가 폭이 커지는 경향을 보였다. 이는 갈색거저리에 함유되어 있는 지방 성분이 산패를 촉진하여 저장 기간이 길어지면서 상대적으로 지방 함량이 적은 쌀 압출성형물보다 산패도의 증가가 크게 일어난 것으로 생각된다 (Lee et al., 2012). 또한 사출구 온도가 증가할수록 산패도 값도 상승하는 패턴을 보였는데 이는 압출 온도 상승으로 인하여 시료가 함유하고 있는 지질의 상태가 불안정해져 산패가 촉진되었기 때문인 것으로 생각된다(Koh & Kwon, 1989).

요 약

본 연구는 조직감과 영양적으로 뛰어난 쌀 팽화 스낵 제조를 위하여 쌀가루에 부족한 단백질과 불포화 지방산이 풍부하며 미래식량 자원으로써의 가치를 지닌 갈색거저리 (mealworm)를 첨가한 쌀 압출성형물의 이화학적 특성에

대하여 살펴보았다. 압출성형 원료배합비는 쌀가루 100%, 쌀가루 95%에 갈색거저리 5%, 쌀가루 90%에 갈색거저리 10%를 첨가한 것으로, 압출성형 공정변수는 사출구 온도를 120°C와 130°C, 수분함량을 30%와 35%로 조절하였고 압출성형한 후 직경 팽화율, 비길이, 밀도, 파괴력 및 겉보기탄성계수, 조직감 분석, 색도, 수분용해지수 및 수분흡착지수, 수용성질소지수, 단백질 소화율, DPPH radical 소거 활성, 산패도를 측정하였다. 갈색거저리 첨가 함량이 증가할수록 비길이는 증가하였으며 밀도는 감소하였고 팽화율은 다소 증가하였으나 유의적 차이가 없었다. 온도와 수분함량에 따른 변화에서는 사출구 온도가 증가하고 수분함량이 감소할수록 직경팽화율, 비길이는 증가하였으며 밀도는 감소하는 경향을 보였다. 또한, 갈색거저리 첨가 함량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으며 사출구 온도가 감소하고 수분함량이 증가할수록 값은 증가하였다. 수분용해지수는 갈색거저리 첨가 함량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며 사출구 온도와 수분함량이 증가할수록 값이 상승하였다. 수분흡착지수는 갈색거저리 첨가 함량이 높을수록 증가하였으며 사출구 온도가 증가할수록 높은 값을 나타내었다. DPPH radical 소거 활성에서는 갈색거저리의 첨가 함량이 높을수록 값이 유의적으로 증가하였고 사출구 온도와 수분함량이 증가할수록 값이 증가하였다. 산패도는 갈색거저리의 첨가 함량이 높을수록 감소하였고 50일 이후에는 갈색거저리 첨가 함량이 높을수록 높은 상승 폭을 나타내었다. 쌀가루에 갈색거저리의 첨가는 쌀 팽화 스낵의 조직감과 영양적인 면을 개선하고 항산화성을 부여하였으며 사출구 온도와 수분함량도 압출성형 쌀 팽화 스낵의 품질에 영향을 미치는 것을 확인하였다.

감사의 글

한국연구재단의 2014년도 일반 연구자 지원 사업(NRF-2014R1A1A4A03004018)에 의하여 수행된 연구 결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Alvarez-Marinez L, Kondury KP, Harper JM. 1988. A general model for expansion of extruded products. *J. Food Sci.* 53: 609-615.
- Altan A, Mccarthy KL, Maskan M. 2008. Extrusion cooking of barley flour and process parameter optimization by using response surface methodology. *J. Korean Soc. Food Sci. Agric.* 88: 1648-1659.
- AACC International. 1999. Approved Methods of Analysis. 11th ed. Method 08-01, 30-25, 46-10, 56-20. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
- AACC International. 1983. Approved method of the AACC. 10th ed, Method 56-20. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci. Technol.* 28: 25-30.
- Capritar R, Caprita A, Cretescu I. 2010. Protein solubility as quality index for processed soybean. *J. Animal Sci. Biotechnol.* 43: 375-378.
- Chang WP, Hong GE, Jang SH, Kim J, Kim SK, Lee CH. 2012. A method for measuring lipid peroxidation of freeze-dried egg yolk by using chemiluminescence analyzer. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 1: 98-102.
- Chinaswamy R, Hanna MA. 1999. Macromolecular and functional properties of native and extrusion cooked corn-starch. *Cereal Chem.* 6: 490-498.
- Choi J, Kim JH, Lee JW. 2011. Physiological properties of tuna cooking drips hydrolysate prepared with gamma irradiation. *Process Biochem.* 46: 1875-1878.
- DeFoliart GR. 1999. Insect as food: Annual review of entomology. *Framtidens Lantbruk* 44: 21-50.
- Finke MD, Defoliat GR, Benevenga NJ. 1989. Use of a four-parameter logistic model to evaluate the quality of the protein from three insect species when fed to rats. *J. Nutr.* 119: 864-871.
- 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.
- Gil SK, Ryu GH. 2013. Effects of die temperature and gas injection on physical properties of extruded brown rice-vegetable mix. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 1848-1856.
- Huis A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *J. Annual Rev. Ento.* 58: 563-583.
- Hagenimana A, Ding X, Fang T. 2006. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 38-46.
- Han O, Lee SH, Lee HY, Oh SL, Lee CH. 1989. The effects of screw speeds and moisture contents on soy protein under texturization using a single-screw extruder. *J. Korean Food Sci. Technol.* 21: 772-779.
- Han O, Park YH, Lee SH, Lee HY, Min BL. 1989. The texturization properties of textured extudate made by a mixture of rice flour and isolated soybean protein. *J. Korean Food Sci. Technol.* 6: 780-787.
- Jeong SH, Kang WS, Shin M. 2011. Physicochemical properties of high yielding non-waxy rice flours extruded with different moisture contents. *J. Korean Soc. Food Cookery Sci.* 746-754.
- Jung BM, Park DK, Kim ES, Rhee KS, Rhee KC. 2000. Single-screw extrusion putting of rice flour defatted soy flour squid blends. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 412-419.
- Jin T, Gu BJ, Ryu GH. 2010. Manufacturing of hemp seed flake by using extrusion process. *Food Eng. Prog.* 14: 99-105.
- Jin T, Gu BJ, Ryu GH. 2010. Manufacturing of hemp seed flake by using extrusion and mechanical properties of wheat flour and whole commmeal extrudates. *Food Eng. Prog.* 53: 147-154.
- Jin T, Park HY, Ryu GH. 2005. Characteristics of cereals prepared by extrusion-cooking and freeze-drying. *J. Korean Soc. Food Sci. Thchnol.* 37: 757-762.
- Jin T, Yu JH, Ryu, GH. 2012. Effect of moisture content and temperature on physical properties of instant puffed rice snacks. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 846-852
- Koh HY, Kwon YJ. 1989. Effect of storage temperature and humidity on water adsorption and rancidity of peanuts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 18: 216-222.
- Kim MR. 2011. The status of Korea's rice industry and the rice processing industry. *J. Korean Food Sci. Nutr.* 16: 22-26.
- Kim JH, Ryu GH. 2001. Effects of extrusion process parameters on puffing of extruded pellets. *J. Korean Soc. Food Sci. Technol.* 33: 55-59.
- Kim CH, Tie J, Rye GH. 2012. Effects of moisture content on physical properties of extruded cereal flours. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 1603-1610.
- Kim DE, Lee BG, Park CH, Kang WS. 2012. Effect screw speed and temperature of twin screw extruder on physical properties of ginseng. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 17: 203-209.
- Kim AR, Lee JJ, Lee MY. 2009. Antioxidative effect of angelica acutiloba kitagawa ethanol extract. *J. Life Sci.* 19: 501-759
- Kim SW, Kim DS, Kim BY, Baik MY. 2008. Physicochemical properties of waxy rice, waxy rice flour and waxy rice starch during steeping. *J. Appl. Biol. Chem.* 51: 277-284.
- Lee GC, Kim JE, Kim YS. 2006. Enzyme-resistant starch content, physical and sensory properties of tarakjuk(milk-rice porridge) with different amylose content. *J. Korean Food Sci.* 21: 171-178.
- Lee C. 2004. Optimization for extrusion-cooking of rice-isp-file fish mixture by response surface methodology. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 1742-1747.
- Lee SH, Kim CK. 1994. Optimization for extrusion cooking conditions of rice extrudate by response surface methodology. *J. Korea Soc. Food Sci. Nutr.* 7: 137-143.
- Lee KC, Kim YS, Ryu GH. 2011. Saccharification characteristics of extruded corn starch at different process parameters. *Food Eng. Prog.* 15: 155-161.
- Lee KH, Kim MJ, Kim AJ. 2014. Physicochemical composition and antioxidative activities of phynchosia nulubilis according to roasting temperature. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 675-

- 681.
- Lee S, Kang SH, Kim MK, Song SR, Lee MW, Kang HJ. 2012. Degree of rancidity and sensory characteristics of frying oils with reuse and storage at home. *J. Korean Soc. Food Cookery Sci.* 28: 265-273
- Miwa M, Kong ZL, Shinihara K, Watanabe M. 1990. Macrophage stimulating activity of food. *Agri. Biol. Chem.* 54: 1863-1866.
- Mertz ET, Hassen MM, Carins-Whittem C, Kirleis AW, Tu L, Axtell JD. 1984. Pepsin digestibility of proteins in sorghum and other major cereals. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 81: 1-2.
- Mattews DE. 1999. Proteins and amino acids. *Modern nutrition in health and disease*, 9th ed. Lippicott Williams & Wilkins, Baltimore, MD, USA. p 11-19.
- Pansawat N, Eitenmiller RR, Phillips RD. 2008. Effects of extrusion conditions on secondary extrusion variables and physical properties of fish, rice-based snacks. *LWT-Food Sci. Technol.* 41: 632-641.
- Rumpold BA, Schluter OK. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *J. Molecular Nutr.* 57: 802-823.
- Ryu GH, Ng PKW. 2001. Effects of selected process parameters on expansion and mechanical properties of wheat flour and whole cornmeal extrudates. *Starch-Starke* 53: 147-154.
- Starcher B. 2011. A Ninhydrin-based assay to quantitate the total protein content of tissue samples. *Anal. Biochem.* 292: 125-129.
- Song JY, Shin M. 2007. Effects of soaking and particle sizes on the properties of rice flour and gluten-free rice bread. *J. Korean Soc. Food Sci. Biotechnol.* 16: 759-764.
- Saio K. 1987. Expansion and texturization mechanisms of soybean proteins relating to the microstructures. *Nippon Shokuhin Kogyo Garraishi* 34: 407-408.
- Youssef MK, Barbut S. 2010. Effects of two types of soy protein isolates, native, and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels. *Meat Sci.* 87: 54-60.
- Yoo GY, Bai SC. 2014. Effects of different dietary protein sources on apparent digestibility and growth in juvenile river puffer *Takifugu obscurus*. *Kor. J Fish Aquat. Sci.* 47: 383-389.
- Yang JY, Choi SI. 2016. The physicochemical characteristic and antioxidant properties of commercial nurungji product in Korea. *J. Korean Soc. Food Cookery Sci.* 32: 575-584.
- Yoon SJ. 1999. Tteok, snack, beverages of Korea. Ji-Gu Publishing Co., Seoul, Korea. pp 10-14.