

비지첨가가 압출성형 분리대두 조직화 단백질의 품질에 미치는 영향

정상현 · 권경태¹ · 류기형*
공주대학교 식품공학과, ¹한가람gf

Effect of Biji Addition on Quality of Extruded Isolated Soy Protein

Sang-Hyun Cheong, Kyeong-Tae Kwon¹, and Gi-Hyung Ryu*

Department of Food Science and Technology, Kongju National University
¹Hangaram gf

Abstract

This study was carried out to determine the effect of biji addition on the quality of extruded isolated soy protein (ISP). ISP-based biji addition (0, 20, 40 and 60%) was extruded at die temperatures 140°C and 150°C and a screw speed of 250 rpm. The moisture contents were adjusted to 35% and 45%. As the content of biji increased from 0% to 60%, springiness, cohesiveness, and cutting strength of the extruded ISP were significantly decreased. When the die temperature increased from 140°C to 150°C and the water content increased from 35% to 45%, the nitrogen solubility index, cutting strength and integrity index decreased. When the biji addition was increased at a barrel temperature of 140°C and a moisture content of 45%, the integrity index of the ISP texture decreased. With an increase in the addition of biji to ISP, rough surface and irregular fiber structure were observed, but regular microfibrillar structure was not observed.

Key words: isolated soy protein, biji, nitrogen solubility index, integrity index

서 론

최근 식생활의 서구화 및 운동부족, 스트레스 등으로 성인병의 발병률이 급격히 증가하면서 식품의 기능성에 대한 일반인의 많은 관심이 고조되고 있다(Shin, 1997). 분리대두단백(isolated soybean protein)은 콩에서 단백질만 분리하여 탄수화물과 지방이 제거된 식물성 단백질원으로 무미, 무취이며, 조리, 저장, 가공 중 이취를 내지 않고, 단백질 함량이 탈지대두분의 2배 정도로 동량 사용 시 2배의 단백질 강화 효과를 낼 수 있다(Hong et al., 2008). 또한 우수한 수화력이 있어 식품의 증량제, 건강보조식품, 다이어트식품, 병원환자식, 이유식에 널리 이용되고 있다(Park & Lee, 2005).

압출성형공정은 다른 조직화공정에 비하여 공정과정과 경제적인 면에서 많은 장점이 있으며(Ryu, 2003), 압출성형공정 중에 발생하는 고온, 고압 및 고 전단력은 원료의

분자적 구조 특성을 효율적으로 변화 시킨다고 보고되었다(Kim & Ryu, 2013). 분리대두단백을 압출성형에 의해 조직화하여 함량을 증가시키면 압출 조직에 높은 전단력을 부여하여(Maurice & Stanley, 1978) 조직이 치밀하고 단단해지며, 대두 단백질에 탄수화물을 첨가하면 대두 단백질 압출성형물 구조의 조직화가 촉진된다고 알려져 있다(Hager, 1984). 또한 분리대두단백을 고 수분으로 압출성형하게 될 경우 섬유형태를 갖는 고기 유사체를 만들 수 있는 것으로 보고되어 있다(Liu & Hsieh, 2007).

현재 압출성형 공정을 이용한 인조육 생산기술은 비동물성 단백질 섭취를 요하는 사람들에게 대체식품으로 제안될 수 있으며, 이와 관련하여 전분을 첨가한 인조육(Cho & Ryu, 2017), 글루텐을 첨가한 인조육(Park et al., 2017), 쌀 가루를 첨가한 인조육(Lin et al., 2000)에 대한 연구가 진행되었다.

비지는 많은 양의 수용성 물질이 빠져나간 상태이나, 양질의 단백질과 풍부한 섬유소를 비롯한 인체에 필요한 영양성분들을 포함하고 있으며(Shurtliff & Aoyagi, 1995), 단백질 섭취량에 따른 체중 증가량의 비율을 나타내는 값인 단백질 효율비(protein efficiency ratio, PER)가 대두, 두유 및 두부 중에서 가장 높은 우수한 단백질 자원이다(Hackler et al., 1963).

*Corresponding author: Gi-Hyung Ryu, Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan, Choongnam, 32439. Korea.

Tel: +82-10-8880-0906

E-mail: ghryu@kongju.ac.kr

Received April 1, 2018; revised April 6, 2018; accepted April 23, 2018

그러나 이러한 비지를 이용한 압출성형에 대한 연구는 Ryu (1995)에 의한 압출성형공법을 이용하여 비지의 중간 소재 식품화에 관한 연구와 Han et al. (2002)에 의한 가나리 액젓 부산물과 비지를 혼합 압출성형한 소재의 식이효율 증가 등의 연구 결과 등이 발표 되었지만 분리대두단백에 비지를 첨가한 압출성형 조직화에 관한 연구는 없었다.

따라서 본 연구는 분리대두단백에 비지 첨가함량(0, 20, 40, 60%)을 달리한 압출성형 조직화 분리대두단백의 품질 특성에 관하여 연구하였다.

재료 및 방법

실험재료

실험에 사용한 분리대두단백(Wachsen Industry Co., Qingdao, China)의 단백질은 92.3%, 수분함량은 5.4% 이었다. 비지는 정식품(Jung's Food, Chungju, Korea)으로부터 제공 받아 사용하였고 단백질은 7.2%, 수분함량은 77.3%, 지방은 5.5%, 조화분 0.98%, 탄수화물 8.9% 이었다.

압출성형 공정

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 slit die로 길이는 44 mm 높이 4.5×너비 10.0 mm인 것을 사용하였으며, 스크루의 배열은 고전 단력 스크루를 사용하였다(Fig. 1). 사전에 측정된 원료의 수분함량을 기준으로 하여 부가할 수분의 양을 원료 사입구에 펌프로 조절하였다. 용융물의 온도는 전열기와 냉각수를 사용하여 조절하였으며 원료 사입량은 100 g/min, 스크루 회전 속도 250 rpm으로 고정하였다.

분리대두단백에 비지를 0-60% 각각 혼합하였다. 압출성형 조직화 분리대두단백의 공정변수에 따른 품질 특성을 알아보기 위해 배럴온도를 140°C, 150°C와 수분 함량을 35%, 45%로 조절하였다. 제조한 압출성형 조직화 분리대두단백 시료를 60°C에서 8시간 건조하여 물리적 특성을 측정하였고, 가정용 분쇄기(FM-909T, Hanil, Haman, Korea)로 분쇄 후 50 mesh 표준체(Testing seive, Chunggye Industry Mfg. Co., Gunpo, Korea)를 통과한 분말을 시료로 사용하였다.

수용성 질소지수

압출성형 조직화 분리대두단백의 수용성 질소지수(nitrogen solubility index, NSI) 실험은 Capritar et al. (2010)의 방법을 응용하여 사용하였다. 시료 1.5 g을 0.5%의 수산화칼륨(KOH) 용액 75 mL에 넣고 30°C의 진탕기(SI-300R, Jeiotech, Seoul, Korea)에 120 rpm으로 교반하였다. 그 중 50 mL를 취하여 2000 rpm에서 20분 동안 원심분리 한 후 0.5 mL의 상층액을 최종적으로 취하여 Ninhydrin (Starcher, 2011)법을 사용하여 수용성 질소함량(soluble nitrogen content)을 측정하였다. 총 질소 함량 값은 시료 1.5 g을 6 N의 염산 100°C에 24시간 동안 완전히 가수분해하여 75 mL의 증류수에 녹인 후 상층액 0.5 mL를 취하여 Ninhydrin (Starcher, 2011)법으로 측정하여 다음 식 (1)에 대입하였다.

$$NSI (\%) = \frac{\text{soluble nitrogen content}}{\text{total nitrogen content in sample}} \times 100 \quad (1)$$

수분용해지수

압출성형 조직화 분리대두단백과 무처리구의 수용성 성질을 분석하고자 AACC (1999) 방법을 응용하였다. 건량 기준의 시료 1 g에 증류수 25 mL를 가하여 30°C의 항온수조(BF-45SB, Biofree Co., Seoul, Korea)에서 30분간 교반한 후 원심분리기(H-1000-3, Hanil Science Industrial Co., Incheon, Korea)에서 3,000 rpm으로 30분간 원심분리 하였다. 상층액을 알루미늄 접시에 부은 후 침전물의 무게를 측정하고, 알루미늄 접시를 105°C 열풍건조기(HB-502MP, Han Beak Co., Yongin, Korea)에서 2시간 동안 건조한 후 상층액의 고형분 함량을 측정하여 수분용해지(water solubility index)를 식 (2)로 계산하였다.

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

수분흡수력

압출성형 조직화 분리대두단백의 수분 흡수량을 평가하기 위하여 수분 흡수율(hydration ratio)을 Lawton (1984)의 방법을 응용하여 다음과 같이 측정하였다. 압출성형 조직화 분리대두단백 10 g을 80°C에서 30분간 가열하여

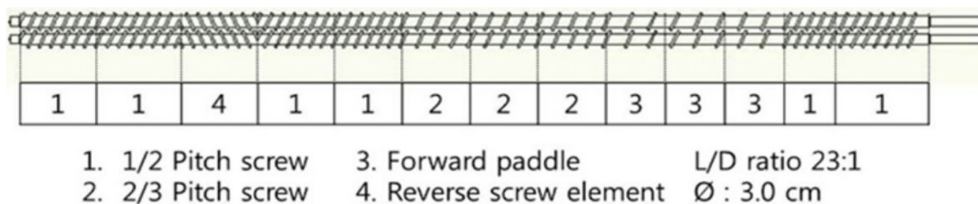


Fig. 1. Screw configuration used in this experiment (model THK 31T).

15분간 drain 후 무게를 측정하여 다음 식 (3)에 따라 산출하였다.

$$\text{Hydration ratio (\%)} = \frac{\text{Hydrated sample wt.} - \text{Sample wt.}}{\text{Sample wt.}} \times 100 \quad (3)$$

조직감

수화된 압출성형 조직화 분리대두단백의 조직특성은 Sun Rheo-meter (Co-mpac-100II, Sun Sci. Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 3회 측정 후 평균값을 산출하였다. 압출성형 조직화 분리대두단백이 probe에 닿는 단면이 1 cm×1 cm가 되게 성형 후 90°C에서 2시간 수화 후 15분간 물을 제거하였다. 측정조건은 probe angle type (65°), 최대응력 2 kg, 지지대 이동속도 100 mm/min이었다. 측정치로 탄성력(springiness)과 응집력(cohesiveness)을 Trinh & Glasgow (2012)가 제시한 방법을 이용하여 식 (4)과 식 (5)으로 계산하였고 절단력(cutting strength)을 식 (6)으로 계산하였다.

$$\text{Springiness (\%)} = \frac{D_2}{D_1} \times 100 \quad (4)$$

D_1 : distance when first occurred maximum stress

D_2 : distance when second occurred maximum stress

$$\text{Cohesiveness (\%)} = \frac{A_2}{A_1} \times 100 \quad (5)$$

A_1 : graph area when first occurred max weight

A_2 : graph area when second occurred max weight

$$\text{Cutting strenght (N/cm}^2\text{)} = \frac{F_m}{S} \quad (6)$$

F_m : maximum stress of extrudate (N)

S : cross-sectional area (cm²)

조직잔사지수

압출성형 조직화 분리대두단백의 조직형성 정도를 평가하기 위하여 조직잔사지수(integrity index)를 Cho et al. (2017)의 방법을 응용하여 다음과 같이 측정하였다. 압출성형 조직화 분리대두단백 5 g을 80°C의 물 100 mL에서 30분간 침지, 복원시킨 후 121°C에서 15분간 가압가열 하여 흐르는 물에 30초간 냉각시켰다. 냉각된 시료에 증류수를 부어 100 mL로 정용하고 homogenizer에서 9,500 rpm으로 1분간 균질화 시킨 후 20 mesh로 걸러내었다. 잔사는 흐르는 물로 30초간 씻어내어 105°C에서 2시간 건조 후 건조물량에 시료 무게를 나눠주어 다음 식 (7)에 따라 산출하였다.

$$\text{Integrity index (\%)} = \frac{\text{Dry residue wt.}}{\text{Sample wt.}} \times 100 \quad (7)$$

색도

압출성형물을 분쇄하여 50 mesh 표준체를 통과한 분말을 색도계(DP-400 Chroma meter, Minolta Konica, Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(lightness, L), 적색도(redness, a), 황색도(yellowness, b) 값을 3반복 측정하여 그 평균값을 사용하였다. 이 때 사용한 표준 백색 판의 값은 L=97.22, a=0.32, b=2.47 이었다.

미세구조

압출성형 조직화 분리대두단백을 80°C의 물에 2시간 수화시킨 후 종단면을 절단한 시료를 동결건조 시키고 단면을 백금으로 코팅 후 고분해능 주사전자현미경(MIRA LMH, Tescan Co. Ltd., Brno, Czech)으로 가속전력 20 kV에서 미세구조를 관찰하였다.

통계처리

결과의 통계처리는 SPSS (version 23.0, 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

수용성 질소지수

우리 몸을 구성하고 있는 단백질은 아미노산 질소 화합물로, 질소는 우리 몸의 면역 체계와 호르몬 조절 등을 담당하는 필수 구성 성분이다(Gu et al., 2017). 수용성 질소지수는 강한 수용성의 성질을 가지고 있는 아미노산을 선택적으로 검출할 수 있는 방법이다. 조직화 성형 시 단백질의 변성 정도를 나타내어 주는 지표로 사용되며(Yoo et al., 2014) 원료의 NSI 값이 높을수록 조직화가 용이한 것으로 알려져 있다(Han, 1989). 수분함량과 사출구 온도에 따른 수용성 질소지수를 Table 1에 나타내었다. 본 실험에서는 사출구 온도가 140°C에서 150°C, 수분함량이 35에서 45%로 증가함에 따라 NSI 값이 75.80±4.78%에서 62.60±2.38%로 감소하였으며 사출구 온도 140°C, 수분함량이 35% 일 때 비지의 함량이 0%에서 60%로 증가함에 따라 NSI 값이 75.80±4.78%에서 66.42±2.49%로 감소하였다. 이는 사출구 온도와 수분의 함량의 증가로 단백질이 열변성이 증가하여 수용성 질소가 감소한 것으로 생각되며 Han et al. (1992)에 의하면 수분함량이 증가할수록 습윤 가열로 인하여 분리대두단백의 불용성화가 촉진하여 수용성 질소지수가 감소하였다는 보고와 일치하였다.

Table 1. Nitrogen solubility index, water soluble index and hydration ratio of extruded ISP with different biji contents

Biji (%)	Barrel temperature (°C)	Moisture content (%)	Nitrogen solubility index (%)	Water soluble index (%)	Hydration ratio (%)
0	140	35	75.80±4.78 ^{b,c,d,e}	10.37±0.42 ^{f,g}	276.68±2.23 ^a
		45	66.15±4.89 ^{d,e}	8.93±0.15 ⁱ	264.14±4.11 ^b
	150	35	72.74±2.40 ^{c,d,e}	11.87±0.65 ^{d,e,f}	278.54±6.47 ^a
		45	62.60±2.38 ^e	10.20±0.40 ^{h,i}	268.02±2.20 ^b
20	140	35	72.70±3.07 ^{b,c}	9.87±0.55 ^{d,e,f}	242.52±3.80 ^{cd}
		45	63.36±2.77 ^{c,d,e}	8.23±0.31 ^{h,i}	237.44±4.26 ^d
	150	35	72.00±3.54 ^{b,c,d}	10.53±0.31 ^{c,d}	245.65±4.68 ^c
		45	62.04±3.53 ^{c,d,e}	9.10±0.20 ^{g,h}	239.95±1.09 ^{cd}
40	140	35	68.90±5.32 ^{a,b}	8.73±0.60 ^{b,c}	208.90±4.40 ^{ef}
		45	65.14±3.95 ^{c,d,e}	7.17±0.40 ^{e,f}	204.46±2.45 ^f
	150	35	67.82±3.24 ^{a,b}	9.20±0.40 ^b	211.85±4.16 ^c
		45	62.27±2.77 ^{c,d,e}	7.37±0.25 ^d	203.25±2.15 ^f
60	140	35	66.42±2.49 ^a	8.03±0.31 ^b	185.51±2.63 ^g
		45	60.90±3.59 ^{b,c,d,e}	6.53±0.40 ^{d,e}	179.93±0.41 ^g
	150	35	65.21±2.06 ^{a,b}	8.50±0.40 ^a	182.69±1.00 ^g
		45	60.16±4.89 ^{c,d,e}	6.63±0.70 ^b	180.48±0.89 ^g

* Means ±SD

*^{a-i} Values with different letters in column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

수분용해지수

비지 첨가량을 달리하여 제조한 압출성형 조직화 분리대 두단백의 수분용해지수(water soluble index)는 Table 1에 나타내었다. 수분용해지수는 호화도와 팽화율에 영향을 받으며 스낵 제품으로서 이들의 수치는 높을수록 좋은 품질로 인정된다(Ha et al., 2004). 압출성형 조직화 분리대두단백 처리구의 수분용해지수는 무처리구에 비해 증가하였으나 비지의 첨가량이 증가할수록 수분용해지수는 감소하였다. 수분용해지수는 전분과 단백질의 수화를 나타내는 지표로서 (Mason & Hosney, 1986) 수분흡착지수의 증가 요인은 단백질 용용물이 기계적 전단력이 취약해져 수분을 흡수하기 쉬운 기공이 많은 조직으로 변화되었기 때문이다. 본 실험에서 비지의 첨가량이 증가할수록 수분용해지수가 감소하였는데 이는 비지의 첨가로 인해 상대적으로 감소한 수용성 단백질의 양에 비례하여 감소한 것으로 판단된다. 압출성형 시 수분 함량이 높을수록 배럴 내 과열된 증기가 많아 사출되고 증기가 조직의 재결합을 방해하며 증발되어 다공성의 구조를 형성하여 수분 흡수율이 높아진 것으로 판단된다.

수분흡수력

수분흡수력은 압출성형 조직화 분리대두단백의 기공, 즉 다공질형태의 층과 관련이 있고 특히 수분함량과 용융 온도는 수분흡수력에 중요한 요소이다(Lin et al., 2000). 또한, 시료들이 팽창할수록 공기층이 커지기 때문에 수화할 때 물을 더 많이 흡수하게 되어 수분흡수력이 높다고 보고되어있다. 즉 수분흡수력은 수화시킨 압출성형 조직화 분리대두단백의 조직과 아주 밀접한 관계를 가지고 있다. 수

분흡수력은 수분함량이 35%, 사출구 온도 150°C, 비지 첨가량이 0% 일 때 시료의 조직이 가장 팽창하여 많은 공기층을 형성함으로써 수화시켰을 때 물을 많이 흡수하여 278.54±6.47%로 가장 높은 값을 나타내었다(Table 1).

조직감

수화된 압출성형 조직화 분리대두단백의 조직특성은 Table 2에 나타내었다. 비지의 함량이 감소할수록 탄성력, 응집력, 절단강도가 증가하였는데 수분함량 35%에서 비지의 첨가량이 60%에서 0%로 감소함에 따라 72.35±1.10에서 82.11±1.63%로 탄성력이 증가하였고, 63.50±3.70에서 68.81±5.99%로 응집력이 증가하였으며, 6.79E+04에서 1.11E+05 N/cm²로 절단강도가 증가하였다. 수분 함량이 증가할수록 탄성력, 응집력, 절단강도가 증가하였는데, 수분 함량이 35에서 45%로 증가함에 따라 탄성력과 응집력이 증가하였다. Guet et al. (2011)은 분리대두단백을 압출하였을 때, 수분함량과 스크루 회전속도에 따른 탄력성과 응집성 모두 수분흡수력과 양의 상관관계를 보였고, 또한 탄력성과 응집성도 수분흡수력과 마찬가지로 기공의 구조와 관련이 있다고 보고하였다. 본 실험에서는 비지를 첨가한 압출성형 조직화 분리대두단백의 탄력성과 응집성도 비슷한 경향을 보였다.

또한, 수분 함량이 35%에서 45%로 증가함에 따라 절단강도는 1.03E+05에서 7.61E+04 N/cm²로 감소하였는데, 이는 Lin et al. (2000)이 분리대두단백을 압출성형했을 때 수분 함량이 60%에서 70%로 증가할수록 강도가 감소하였다는 결과와 일치한다.

Table 2. Springiness, cohesiveness and cutting strength of extruded ISP with different biji contents

Biji (%)	Barrel temperature (°C)	Moisture content (%)	Texture		
			Springiness (%)	Cohesiveness (%)	Cutting strength (N/m ²)
0	140	35	76.87±1.21 ^f	65.64±0.68 ^h	6.19E+04 ^p
		45	81.24±1.49 ^c	67.58±0.92 ^{c,f,g}	5.93E+04 ^o
	150	35	76.47±1.17 ^e	66.21±1.27 ^{c,f,g,h}	6.37E+04 ⁿ
		45	81.96±1.36 ^c	68.72±0.67 ^{a,b,c,d}	5.99E+04 ^m
20	140	35	75.49±0.43 ^e	64.40±1.75 ^{g,h}	5.38E+04 ^l
		45	80.60±0.76 ^b	67.18±0.98 ^{b,c,d,e,f}	5.31E+04 ^k
	150	35	75.74±0.67 ^{d,e}	65.75±0.66 ^{c,f,g}	5.76E+04 ^j
		45	80.94±0.72 ^b	68.72±0.56 ^{a,b,c}	5.32E+04 ⁱ
40	140	35	74.05±0.83 ^{c,d,e}	63.77±0.28 ^{f,g,h}	5.11E+04 ^h
		45	79.33±0.72 ^{a,b}	65.90±0.91 ^{a,b,c,d}	4.97E+04 ^g
	150	35	74.78±0.64 ^{c,d,e}	65.25±0.57 ^{c,d,e,f}	5.27E+04 ^f
		45	79.12±0.81 ^{a,b}	67.52±0.93 ^a	4.93E+04 ^e
60	140	35	72.19±0.21 ^c	63.51±0.87 ^{d,e,f}	5.01E+04 ^d
		45	76.99±1.13 ^a	65.36±0.83 ^{a,b}	4.88E+04 ^c
	150	35	74.48±1.07 ^{c,d}	64.66±1.37 ^{b,c,d,e}	4.95E+04 ^b
		45	76.84±2.17 ^a	67.28±0.90 ^a	4.76E+04 ^a

* Means ±SD

^{a-p} Values with different letters in column are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.**Table 3. Color of extruded ISP with different biji contents**

Biji (%)	Barrel temperature (°C)	Moisture content (%)	Color		
			Lightness (L)	Redness (a)	Yellowness (b)
0	140	35	63.07±0.01 ^l	3.74±0.03 ^a	20.76±0.02 ^a
		45	66.84±0.01 ^k	2.83±0.03 ^b	18.90±0.02 ^f
	150	35	67.36±0.01 ⁱ	3.70±0.03 ^b	20.09±0.02 ^b
		45	68.23±0.01 ^g	2.43±0.03 ^c	17.85±0.01 ^f
20	140	35	62.86±0.03 ⁱ	5.20±0.03 ^c	23.08±0.02 ^c
		45	66.06±0.01 ^f	4.50±0.01 ^d	21.62±0.01 ^d
	150	35	65.43±0.02 ^c	4.87±0.01 ^d	22.26±0.03 ^c
		45	66.55±0.01 ^b	4.15±0.01 ⁱ	20.99±0.01 ^g
40	140	35	64.22±0.02 ^k	5.64±0.02 ^f	23.75±0.02 ^f
		45	66.14±0.03 ^f	4.98±0.01 ^j	23.67±0.03 ⁱ
	150	35	66.64±0.34 ^h	5.32±0.02 ^h	23.15±0.01 ^h
		45	67.75±0.01 ^e	4.55±0.01 ^k	22.49±0.01 ^j
60	140	35	60.91±0.02 ^j	6.91±0.02 ^l	24.37±0.01 ^k
		45	62.72±0.01 ^d	5.70±0.01 ⁿ	23.08±0.01 ^m
	150	35	64.25±0.01 ^c	5.72±0.03 ^m	23.92±0.01 ^l
		45	65.76±0.02 ^a	5.25±0.03 ^o	23.09±0.09 ⁿ

* Means ±SD

^{a-o} Values with different letters in column are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

조직잔사지수

조직잔사지수(integrity index)와 보수력, 조직감 분석은 수화시킨 조직화 분리 대두단백의 조직화 특성을 나타내주는 인자이다(Koh, 1996). 압출성형 조직화 분리대두단백의 조직화 정도를 가장 쉽게 평가할 수 있는 것은 관능평가지만 섬유상 조직감을 수치상으로 나타내기 어렵다. 각각의 조건에 따른 조직잔사지수는 Fig. 2에 표기하였다. 수분 함량이 증가할수록 조직잔사지수는 감소하였는데, 비지 첨

가량 60%, 사출구 온도 150°C 일 때 수분 함량이 35에서 45%로 증가함에 따라 16.24±2.34에서 15.60±4.20%로 조직 잔사지수가 감소하였다. 이는 분리대두단백을 압출성형 했을 때 수분 함량이 증가할수록 조직잔사지수가 감소한다는 Han et al. (1989)의 연구와 일치한다. 비지의 첨가량이 증가할수록 조직잔사지수는 증가하였는데, 수분 함량이 35%, 사출구 온도 150°C일 때 비지의 첨가량이 0%에서 60%로 증가함에 따라 9.63±3.87에서 16.24±2.34%로 조직잔사지수

가 증가하였다. 이는 압출성형 비지에 함유된 불용성 식이섬유의 주요 성분인 셀룰로오스와 리그닌의 조직 형성에 의해 압출성형물의 조직화가 촉진되어 조직잔사지수가 증가한 것으로 판단된다.

색도

색도는 압출성형 과정 중에 변하는 물리적 특성 중 하나이고, 압출성형 과정 중에서 높은 온도 때문에 색깔이 변하여 갈변 반응과 단백질 변성과 같은 변화가 일어난다. 또한, 색도가 어두운 물질일수록 영양소의 손실이 일어나고, 비효소적 갈변 반응은 단백질 구조상의 아미노산 결합이 파괴될 수 있다고 보고하였다(Ryu, 2006). 사출구 온도가 140°C에서 150°C로 증가함에 따라 팽창으로 인하여 밀도가 감소하여 명도가 증가하였다. 또한 사출구 온도가 증가할수록 팽창으로 인해 밀도가 감소하여 적색도 (a)와 황색도(b)는 증가 정도가 감소하거나 값이 감소하였다. 수분 함량이 낮을수록 갈변으로 인해 명도(L)가 감소하고 적색도(a)와 황색도(b)는 증가하는 경향을 보였다. 온도가 증가할수록, 수분 함량이 감소할수록 총 색도차는 증가하는 경

향을 보였다. 이는 압출성형 중 수분함량 증가로 인해 온도가 감소되고 수분이 수증기로 되어 사출구에서 빠져 나올 때 갈변화가 덜 일어났다(Miwa et al., 1990).

미세구조

비지함량과 배럴온도, 수분에 따른 압출성형 조직화 분리대두단백의 종단면(1000 x)의 미세구조는 Fig. 3과 같다. 비지함량 0%, 140°C 압출성형 조직화 분리대두단백의 종단면은 조직화가 완전하게 이루어져 많은 섬유조직이 관찰되었으나, 140°C 수분 45% 조건하에 비지 첨가량의 증가에 따라 단백질 조직화 정도가 감소되어 규칙적인 섬유조직을 관찰할 수 없었다. 140°C 수분 45%에서는 많은 기공을 관찰할 수 있었으며 팽화가 많이 일어났기 때문에 거친 표면과 불규칙한 섬유조직을 관찰할 수 있었다. 본 실험을 통해 많은 기공이 관찰된 시료일수록 수분흡수력이 높다는 것을 확인할 수 있었다. 이는 Lin et al. (2000)이 수분흡수력은 다공질 형태의 층과 관련이 있으며, 시료들이 팽창할수록 기공층이 커진다는 내용과 일치하였다. 그리고 동일한 온도에서 비지함량이 0%에서 60%로 증가하였을 때,

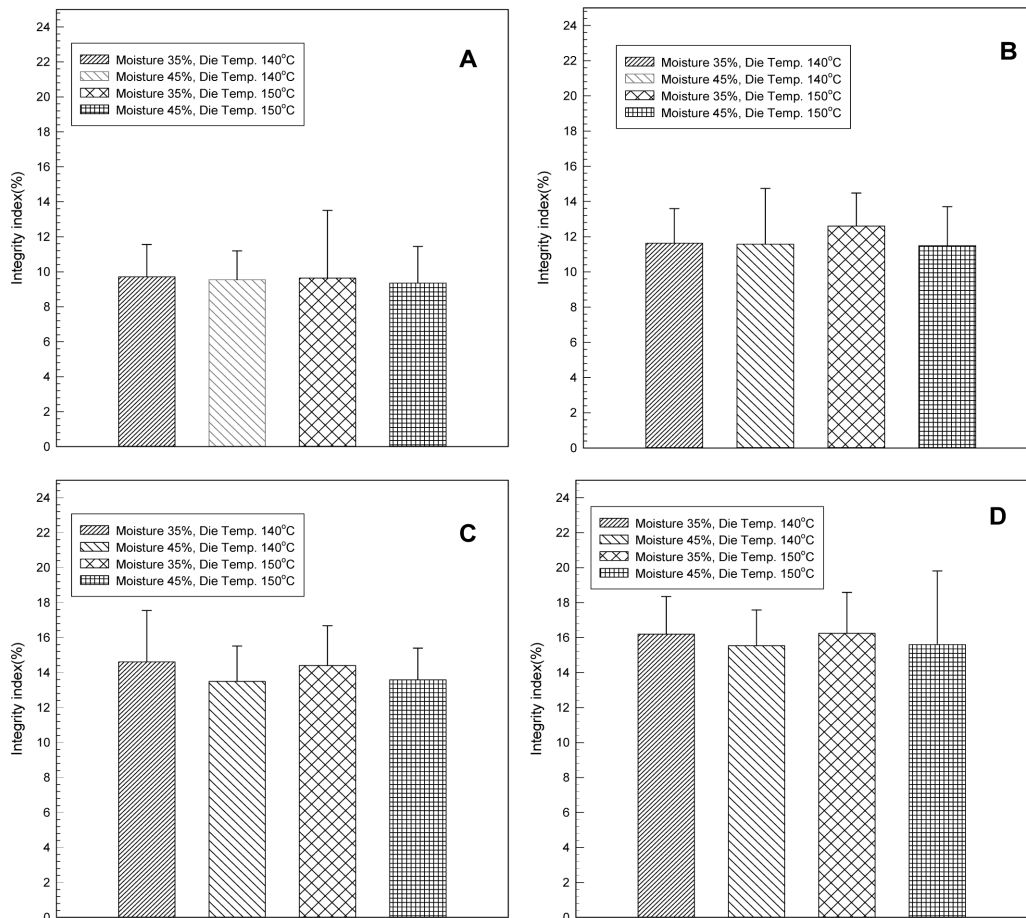


Fig. 2. Integrity index of extruded ISP with different koji (A: 0, B: 20, C: 40, D: 60%) contents, die temperature (140°C) and moisture (45%).

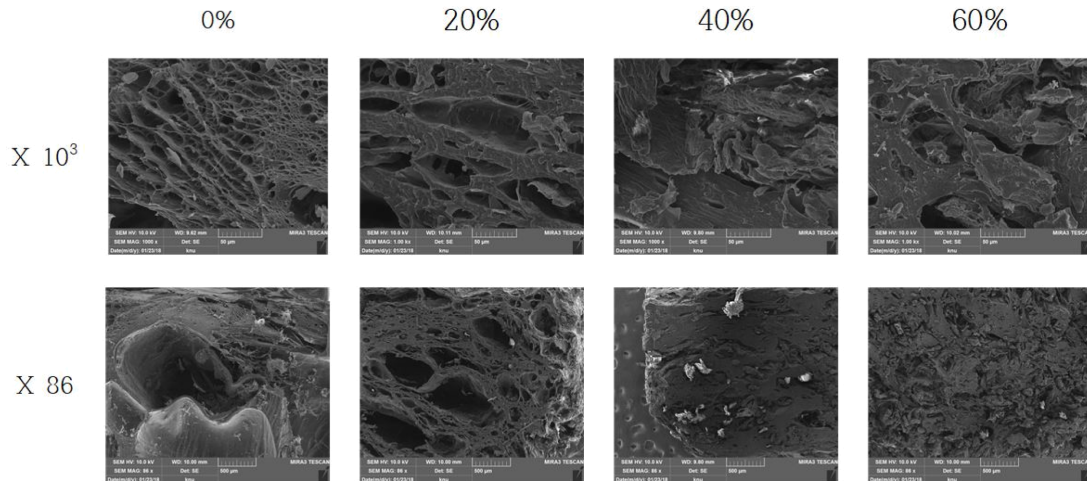


Fig. 3. Scanning electron micrographs of extruded ISP with different biji (0% to 60%) contents, temperature (140°C) and moisture (45%).

형성된 섬유조직을 통해 단백질의 조직화가 감소함을 확인할 수 있었다. 이는 비지의 첨가량이 조직을 형성하는 단백질의 양에 영향을 미치는 것이라 판단된다. 따라서 비지의 첨가비율을 적절하게 조절함으로써 강한 강도와 조직화가 우수한 품질을 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 비지의 단백질은 우수한 자원일 뿐 아니라, 섬유소 또한 풍부하게 함유하고 있어 인체에 유용하며, 비지의 첨가량을 적절하게 조절함으로써 강한 강도와 조직화가 우수한 품질을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

본 연구는 비지의 첨가와 사출구 온도(140°C, 150°C), 수분 함량(35, 45%)이 압출성형 조직화 분리대두단백의 조직화 및 물리적 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 스크루 회전속도는 250 rpm으로 고정시키고 분리대두단백에 비지 첨가량은 각각 0, 20, 40, 60%로 조절하였다.

압출성형 조직화 분리대두단백의 수용성 질소지수, 수분 용해지수, 수분흡수율은 비지 첨가량이 0에서 60%, 사출구 온도가 140에서 150°C, 수분 함량이 35에서 45%로 증가함에 따라 감소하였다. 탄성력, 응집력, 절단강도는 사출구 온도와 수분 함량이 증가할수록 조직이 팽창함에 따라 증가하였으며, 조직잔사지수는 비지 첨가량 40%, 사출구 온도 150°C, 수분 함량 45%에서 16.24±2.34%로 가장 높은 값을 보였다.

색도는 수분함량이 높아질수록 L값이 증가하고 a, b값이 감소하였으나 비지의 첨가량 및 사출구 온도에 따른 유의적 차이가 나타나지 않았는데 이는 비지와 분리대두단백의 원료가 동일한 점이라는 부분에서 기인하는 것으로 판단된다. 결론적으로 비지의 첨가량이 낮고 사출구 온도와 수분 함량이 높을수록 압출성형 조직화 분리대두단백의 조직감

과 품질은 증가 하였다.

감사의 글

본 연구는 한국재단의 2016년도 지역혁신창의인력양성사업(2016H1C1A-1035974)에 의하여 수행된 연구 결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- AACC 1999. Approved Method of the AACC (11th ed). Method 08-01, 30-25, 46-10, 56-20. American Association of Cereal Chemist, St. Paul, MN, USA.
- AOAC 2005. Official methods of Analysis. AOAC International 18th edition, Arlington, VA, USA.
- Altan A, McCarthy KL, Maskan M. 2008. Evaluation of snack foods from barley-tomato pomace blends by extrusion processing. *J. Food Eng. Prog.* 84: 231-242.
- Cabrera J, Zapata LE, Buckle TSde, Ben-Gera I, Sandoval AMde, Shomer I. 1979. Production of textured vegetable protein from cottonseed flours. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 826-830.
- Capraro R, Capraro A, Cretescu I. 2010. Protein solubility as quality index for processed soybean. *J. Animal Sci.* 43: 375-378.
- Cheftel JC, Kitagawa M, Queguiner C. 1992. New protein texturization process by extrusion cooking at high moisture levels. *Food Rev. Int.* 8: 235-275.
- Cho SH, Ryu GH. 2017. Effect on the Quality Characteristics of Extruded Meat Analog by The Addition of Tuna Sawdust. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 46: 465-472.
- Cho SY, Ryu GH. 2017. Effect on quality characteristics of extruded meat analog in addition of tuna sawdust. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 369-373.
- Gu BJ, Ryu GH. 2012. Effect of die geometry and carbon dioxide injection on physical properties of extruded corn flour. *J. Food Eng. Prog.* 16: 83-91.
- Gu BJ, Ryu GH. 2011. Effects of die geometry on expansion of

- corn flour extrudate. *J. Food Eng. Prog.* 15: 148-154.
- Gu BY and Ryu GH. 2017. Effects of Moisture Content and Screw Speed on Physical Properties of Extruded Soy Protein Isolate. *J. Korea Soc. Food Sci. Nutr.* 46: 751-758.
- Hager DF. 1984. Effects of extrusion upon soy concentrate solubility. *J. Agric. Food Chem.* 32: 293-296.
- Ha JO, Lee SC, Bac HD, Park OP. 2004. Food chemistry. Dooyangsa, Seoul, Korea, p 218-344.
- 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. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21: 772-779.
- Han O. 1992. Artificial meat texturization utilizing mixtures of soybean protein and rice. *Korea Soybean Digest.* 9: 15-39.
- Han O, Park YH, Lee SH, Lee HY, Min BL. 1989. The texturization properties of textured extrudate made by a mixture of rice flour and isolated soybean protein. *Korean J. Food. Sci. Technol.* 21: 780-786.
- Hong GJ, Kim MH, Kim KS. 2008. The effects of SPI (soybean protein isolate) on retrogradation in Jeung-pyun. *J. Food Cook. Sci.* 24: 304-311.
- Jia Z, Tang M, Wu J. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *J. Agric. Food Chem.* 64: 555-559.
- Koh BK. 1996. Effects of reducing agents on textural changes and protein modification in extruded wheat gluten. *J. East Asian Diet Life.* 6: 213-219.
- Lawton JW Jr. 1984. Influence of a process variable, temperature, and two ingredient variables, on extrusion texturization of wheat gluten. MS Thesis. Kansas State University, Manhattan, KS, USA.
- Lin S, Huff HE, Hsieh F. 2000. Texture and chemical characteristics of soy protein meat analog extruded at high moisture. *Korean J. Food Sci. Technol.* 65: 264-269.
- Lin S, Hsieh F, Huff HE. 1997. Effects of lipids and processing conditions on degree of starch gelatinization of extruded dry pet food. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 754-761.
- Lin S, Hsieh F, Huff HE. 2002. Extrusion process parameters, sensory characteristics, and structural properties of a high moisture soy protein meat analog. *Korean J. Food Sci. Technol.* 67: 1066-1072.
- Lin S., Huff, HE., and Hsieh, F. 2002. Extrusion process parameters, sensory characteristics, and structural properties of a high moisture soy protein meat analog. *Korean J. Food Sci. Technol.* 67: 1066-1072.
- Liu KS, Hsieh FH. 2007. Protein-protein interactions in high moisture-extruded meat analogs and heat-induced soy protein. *J. Am Oil Chem. Soc.* 84: 741-748.
- Mason WR, Hosney RC. 1986. Factors affecting the viscosity of extrusion-cooked wheat starch. *Cereal Chem.* 63: 436-441.
- Maurice TJ, Stanley DW. 1978. Texture-structure relationships in texturized soy protein IV. Influence of process variables on extrusion texturization. *J. Can Inst Food Sci. Technol.* 11: 1-6.
- Midden TM. 1989. Twin screw extrusion of corn flakes. *Cereal Food World.* 34: 941-943.
- Miwa M, Kong ZL, Shinihara K, Watanabe M. 1990. Macrophage stimulating activity of food. *J. Agric. Biol. Chem.* 54: 1863-1866.
- Ning L, Villota R. 1994. Influence of 7S and 11S globulins on the extrusion performance of soy protein concentrates. *J. Food Process. Preserv.* 18: 421-436.
- Pansawat N, Jangchud K, Jangchud A, Wuttijumnong P, Saalia FK, 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.
- Park HK, Lee HG. 2005. Characteristics and development of Rice Noodle Added with Isolate Soybean Protein. *Korea J. Food Cookery Sci.* 21: 326-338.
- Park JH, Chatpaisam A, Ryu GH. 2017. Effect of gluten and moisture contents on texturization of extruded soy protein isolate. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 46: 465-472.
- Park J, Ree KS, Kim BK, Rhee KC. 1993. Single-screw extrusion of defatted soy flour, corn starch and raw beef blends. *Korean J. Food Sci. Technol.* 58: 9-20.
- Park JH, Kang DI, Ryu GH. 2016. Effects of screw speed, moisture content, and die temperature on texturization of extruded soy protein isolate. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 1170-1176.
- Puski G, Konwinski AH. 1976. Process of making a soy-based meat substitute. US Patent. 3, 950, 564.
- Rokey GJ. 1995. RTE breakfast cereal flake extrusion. *Cereal Food World.* 40: 422-426.
- Ryu GH. 2003. Texturization of plant protein by using extrusion process. *J. Food Eng.* 7: 73-79.
- Starcher B. 2011. A Ninhydrin-based assay to quantitate the total protein content of tissue samples. *Anal. Biochem.* 292: 125-129.
- Shin HK, 1997. The trend of research and development of functional food. *Korea J. Food Sci. Technol.* 30: 2-13.
- Shin SJ, Seo JM, Bae KG, Ryu YK, Yeo IH, 2010. Present situation and action of soybean industry. *Korea Soybean Digest.* 27: 6-30.
- Shurtliff W, Aoyagi A. 1995. Tofu and Soymilk Production : New Age Food Study Center : Lafayette. CA. USA. 168-169.
- Singh N, Smith AC. 1997. A comparison of wheat starch, whole wheat meal and oat flour in the extrusion cooking process. *J. Food Eng.* 34: 15-32.
- Song DB, Koh HK, Kim YH. 1994. Analysis of the TPP(texturization of plant protein) production process using twin screw extruder. *J. Biosyst. Eng.* 19: 42-49.
- Starcher B. 2011. A ninhydrin-based assay to quantitate the total protein content of tissue samples. *Anal. Biochem.* 292: 125-129.
- Tie Jin, Lee ES, Hong ST, Ryu GH. 2007. Manufacturing of Goami flakes by using extrusion process. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 146-151.
- Trinh KT, Glasgow S. 2012. On the texture profile analysis test. *Qual Life Chem. Eng.* 23-26: 749-760.
- We GJ, Lee I, Cho YS, Yoon MR, Shin M, Ko S. 2010. Development of rice flour-based puffing snack for early childhood. *J. Food Eng.* 14: 322-327.
- Yoo G, Bai SC. 2014. Effects of different dietary protein sources on apparent digestibility and growth in juvenile river puffer *Takifugu obscurus*. *J. Korean Fish Aquat. Sci.* 47: 383-389.