

사출구 온도와 반복 압출성형이 백삼압출성형물의 물리적 특성에 미치는 영향

최관형 · 류기형

공주대학교 식품공학과

Influences of Die Temperature and Repeated Extrusion on Physical Properties of Extruded White Ginseng

Kwan-Hyung Choi and Gi-Hyung Ryu

Department of Food Science and Technology, Kongju National University

ABSTRACT The aim of this study was to investigate the effect of die temperature and repeated extrusion on physical properties of extruded white ginseng (EWG). The die temperature was adjusted to 100, 120, and 140°C, and extrusion was repeated under the same conditions with their corresponding samples. Specific mechanical energy input decreased as die temperature increased during extrusions. The secondary extruded white ginseng (SEWG) at a die temperature of 120°C showed a higher expansion index than other extrudates. Elevation of both die temperature and repeated extrusion increased the specific length of extrudates. The highest apparent elastic modulus, breaking strength, and water solubility index obtained from SEWG at a die temperature of 100°C were 7.53×10^8 N/m², 7.49×10^5 N/m², and 39.02%, respectively. When die temperature increased, water absorption index (WAI) decreased. The WAI of SEWG was higher than that of EWG. In conclusion, repeated extrusion affected physical properties of white ginseng and could be applied to produce improved quality of ginseng products.

Key words: repeated extrusion, extruded white ginseng, physical properties

서 론

인삼은 우리나라를 비롯하여 동양에서 건강증진 기능을 가진 전통적인 약재로 이용되고 있는 대표적인 식물로 오갈피 나무과 인삼 속의 다년생 초본류이며 그 뿌리를 인삼(ginseng radix)이라 명칭하고 약용으로 사용하였다. 현재 우리나라뿐만 아니라 중국, 일본 등에서도 재배되고 있으나, 특히 우리나라 인삼은 그 약효가 뛰어나기 때문에 고려인삼이라는 별칭으로 불리고 있다. 이러한 인삼의 화학성분은 배당체, 지용성 성분, 다당체, 합질소 화합물 및 펩타이드, 유리당 및 유기산, 비타민 및 무기성분으로 인삼의 약리효능은 주로 인삼 사포닌에 의한 것으로 해석된다(1).

압출성형 공정은 독립변수인 수분 함량, 스크루 회전속도, 배럴 온도, 시료 투입량, 사출구 크기 및 모양 등의 변화에 따라 종속변수인 압력, 점도, 비기계적 에너지 등을 제어하여 목적하는 제품을 다양한 특성의 제품으로 생산할 수 있으며(2) 압출성형 공정은 혼합, 분쇄, 가열, 성형 등의 단위 조작이 짧은 시간에 일어나는 효율적인 가열공정이다.

인삼의 압출성형에 대한 연구를 보면 압출성형 백삼 추출물의 화학적 조성 및 항산화 활성은 압출성형 후 사포닌, 산성다당체, 항산화 활성이 전반적으로 증가하였다고 보고하였다(3). 또한 인삼전분의 알코올 발효적성 및 발효인삼주의 특성 연구(4)에서 인삼약주는 전통주와 비교하여 향기성분이 우수하고 알코올 함량도 상대적으로 높았다고 보고하였다. 압출성형 백삼의 EtOH 추출 농도가 80%일 때 항균 활성이 높게 나타났고 백삼 추출물의 농도가 높아질수록 저해율도 증가하는 것을 보고하였다(5).

압출성형 수삼의 추출 수율과 추출물의 저온압출 구형과 팽화에 관한 연구(6)에서 인삼 추출액의 첨가량을 달리하여 저온압출공정으로 제조한 구형과립의 입자분포, 마모율, 용적밀도, 진동밀도, 압축지수와 용출 패턴을 결정하였으며, 수분 함량 감소와 함께 스크루 회전속도가 증가할수록 압출성형 수삼의 추출 수율이 크게 증가하였다고 보고하였다. 압출성형 온도가 백삼과 홍삼의 팽화에 미치는 영향에 관한 연구(7)에서는 팽화율, 미세구조 및 유동 특성을 분석하였는데 백삼분말과 홍삼분말은 사출구 온도 100°C에서 직경방향으로 팽화율이 높았다. 그러나 사출구 온도가 115°C로 증가하면서 직경 방향 팽화율은 감소하였고 가로 방향으로의 팽화율이 증가하면서 비연속적인 팽화가 일어나 압출성형물 표면은 기공의 파열에 의하여 거칠었다고 보고하였다.

백삼의 압출성형은 스크루 회전속도, 시료 투입량과 수분

Received 26 February 2015; Accepted 4 May 2015

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

E-mail: ghryu@kongju.ac.kr, Phone: +82-41-330-1484

함량보다 온도가 이화학적 성질과 당화 특성에 대하여 영향이 높다고 보고하였다(8). 압출성형 백삼 추출물의 화학적 조성 및 항산화 활성에 대한 연구(9)에서는 140°C 압출성형 백삼에서 모든 사포닌 성분의 증가를 확인할 수 있었고, 특히 Rg3s, Rg3r의 증가로 압출성형 공정을 통한 백삼의 홍산화 가능성을 확인할 수 있었다. 또한 1회 백삼압출성형물과 2회 백삼압출성형물의 화학적 특성에 대한 연구(10)에서 2회 백삼압출성형물의 사포닌, 산성다당체, 항산화 활성 등의 증가로 화학적 변화가 크게 나타났다. 1회 압출성형보다 2회 압출성형에서 고온, 고압, 전단력의 투입량이 인삼 내의 조직 파괴로 물리적 변화가 높을 것으로 예상된다.

따라서 사출구 온도와 반복 압출성형에 따른 백삼압출성형물의 물리적 특성인 비기계적 에너지, 팽화율, 조각밀도, 겔보기탄성계수, 파괴력, 수분용해지수, 수분흡착지수, 페이스트 점도, 색도, 미세구조 등의 물리적 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

실험재료

실험에 사용된 백삼분말은 5년근으로 동명인삼(Dongmyung Ginseng Co., Seoul, Korea)에서 구매하여 사용하였다.

압출성형

백삼압출성형은 실험용 쌍축 압출성형기(THK 31T, Incheon Machinery Co., Incheon, Korea)를 사용하였으며 압출성형기의 스크루 직경은 30.0 mm, 길이와 직경의 비(L/D ratio)는 23:1이고 사출구는 원형으로 직경이 3 mm인 것을 사용하였으며, 스크루배열은 Fig. 1과 같다. 수분 함량 20%, 스크루 회전속도 200 rpm, 원료투입량 100 g/min으로 고정하고 사출구 온도는 100°C, 120°C, 140°C로 압출성형한 후 동일한 압출성형 조건으로 반복 압출성형 하였으며, 압출성형 조건은 Table 1과 같다. 백삼압출성형물 시료는 열풍건조기(DS-FCPO250, DongSeo Sci. Co., Seoul, Korea)에서 50°C, 6시간 동안 건조하였으며, 건조된 압출성형물은 팽화율, 비길이, 겔보기탄성계수와 파괴력, 밀도를 측정하였고, 가정용 분쇄기(FM-681, Hanil, Haman, Korea)로 분쇄한 후 50 mesh 표준체(Testing sieve, Chung-gye Sang-gong Co., Seoul, Korea)를 통과한 분말을 시료로 사용하여 수분용해지수(WSD)와 수분흡착지수(WAI) 등을 측정하였다.

Table 1. Extrusion conditions

Sample ¹⁾	Die temp. (°C)	Moisture content (%)	Screw speed (rpm)
EWG	100	20	200
	120		
	140		
SEWG	100	20	200
	120		
	140		

¹⁾EWG: extruded white ginseng, SEWG: secondary extruded white ginseng.

비기계적 에너지

비기계적 에너지 투입량(SME input)은 Ryu와 Mulvaney (11)의 방법을 이용하여 압출성형기가 단위 질량당 소비된 전기에너지로 나타내었다. 즉 원료투입 시의 전력과 모터 공회전 시의 전력 차와 생산량과의 비로부터 실제 원료에 투입된 전력을 구하였다.

$$SME\ input = \frac{(E - E_0)}{P_R}$$

SME input: specific mechanical energy input (kJ/kg)

E: electric power when input to material (J/s)

E₀: electric power when idling (J/s)

P_R: production rate (kg/s)

팽화율

직경팽화율은 압출성형물의 직경을 캘리퍼스(CD-15C, Mitutoyo Co., Kanagawa, Japan)로 10회 측정하여 최대값과 최소값을 각각 1개씩 제외시키고 사출구의 직경과 압출성형물 직경비의 평균값으로 산출하였다. 비길이는 압출성형물의 무게와 길이를 10회 측정하여 최대값과 최소값을 각각 1개씩 제외시키고 단위 무게당 길이의 비로 평균치를 산출하였다(12).

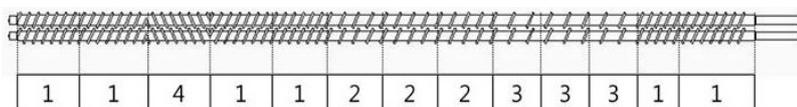
조각밀도

백삼압출성형물의 조각밀도는 차조를 이용한 종자 치환법으로 총 10회 반복하여 최대값과 최소값을 각각 1개씩 제외시키고 다음의 식을 이용하여 평균값을 계산하였다(13).

$$\rho_F = \frac{M_0}{M + M_0 - M_1} \rho$$

ρ_F: bulk density of flake

ρ: bulk density of waxy millet



- 1. ½ pitch screw
- 2. 2/3 pitch screw
- 3. full pitch screw
- 4. ½ reverse pitch screw
- L/D ratio 23:1
- ∅: 3.0 cm

Fig. 1. Screw configuration for extruding white ginseng (model THK 31T).

M: mass of waxy millet in 125 mL cup

M₀: mass of flake

M₁: mass of flake and waxy millet in 125 mL cup

겉보기탄성계수와 파괴력

압출성형물의 겉보기탄성계수와 파괴력은 Sun Rheometer(Compac-100II, Sun Sci. Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 10회 측정 후 최대값과 최소값을 각각 2개씩 제외시키고 평균값을 산출하였다. 측정조건은 probe angle type(65°), 최대응력 10 kg, 지지대 이동속도 60 mm/min, 지지대 간의 거리 3 cm였다. 측정치를 Ryu와 Ng(14)의 방법을 이용하여 겉보기탄성계수(E_{app})와 파괴력(F_{bs})을 각각 다음의 식으로 계산하였다.

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

E_{app}: apparent elastic modulus (N/m²)

dF/dl: slope of the linear section of the force-distance curve (N/m)

D: diameter of extrudate (m)

d: distance between two supports (m)

$$F_{bs} = F_s/S$$

F_{bs}: breaking strength (N/m²)

F_s: maximum stress of extrudate (N)

S: cross-sectional area (m²)

수분용해지수와 수분흡착지수

시료의 수용성 성질을 분석하기 위하여 AACC 방법(15)을 응용하여 건량 기준의 시료 1.5 g에 증류수 30 mL를 가하여 30°C의 항온수조(BF-45SB, Biofree Co., Seoul, Korea)에서 30분간 교반 후 원심분리기(H-1000-3, Hanil Science Industrial Co., Gangneung, Korea)에서 3,000 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 측정하고 수분용해지수(water soluble index, WSI)와 수분흡착지수(water absorption index, WAI)를 각각 다음의 식으로 계산하였다.

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

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

페이스트 점도

백삼압출성형물의 페이스트 점도는 Ryu 등(16)의 방법을 응용한 Rapid Visco Analyser(RVA-3D, Newport Scientific Inc., Sydney, Australia)를 사용하였다. 시료 3.73~3.84 g(7.85~11.29%, w.b)을 알루미늄캔에 넣은 후 24.73

~24.84 mL의 증류수를 가하고 유리막대기를 이용하여 1차 교반한 후 페이스트 점도를 측정하였다. 신속점도 측정기의 가열과 냉각조건은 초기 온도 25°C를 2분 동안 유지한 후 5분 동안 95°C까지 가열, 3분 동안 95°C로 유지, 5분 동안 25°C까지 냉각하였다. 시료의 분산을 증가시키기 위하여 10초간 960 rpm으로 페달을 회전시킨 후 160 rpm에서 최고점도(peak viscosity, PV), 최저점도(trough viscosity, TV), 최종점도(final viscosity, FV), 구조파괴점도(break-down viscosity, BV), 회복점도(setback, SV) 등의 페이스트 점도를 측정하였다.

색도

색도는 색차계(Chroma Meter CR-300, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 명도(lightness, L), 적색도(redness, a), 황색도(yellowness, b) 값을 10회 측정하여 최대값과 최소값을 각각 1개씩 제외시키고 평균값으로 나타내었다. 표준 색판의 값은 L=98.09, a=0.04, b=1.03이었다.

미세구조측정

압출성형물의 단면을 백금으로 코팅 후 고분해능 주사전자현미경(MIRA LMH, Tescan, Brno, Czech)으로 가속전력 10 kV에서 미세 구조를 관찰하였다.

통계처리

본 논문에서 결과의 통계처리는 SPSS(Ver 12.0K, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용한 Duncan's multiple range test로 사후분석 후 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

비기계적 에너지 투입량

비기계적 에너지 투입량은 사출구 온도 100°C에서 1회 압출성형물이 609.5 kJ/kg으로 가장 높게 측정되었으며, 사출구 온도 140°C에서 1회 압출성형물이 295.0 kJ/kg으로 가장 낮게 측정되었다(Table 2). 온도가 증가함에 따라 압출성형의 비기계적 에너지 투입량이 감소하였는데, 이는 Jin 등(17)이 고아미를 100°C 이상의 고온에서 압출성형 하였을 때 사출구 온도가 증가함에 따라 반죽의 점도가 감소하고 압출성형기 배럴 내부의 압력이 증가함에 따라 비기계적 에너지 투입량이 감소하였다는 연구 결과와 일치한다. 또한 같은 사출구 온도에서 1회, 2회 압출성형의 비기계적 에너지 투입량의 차이는 1회 압출성형을 거치면서 전분의 호화로 인해 비기계적 에너지 투입량이 증가한 것으로 사료된다. 비기계적 에너지 투입량은 압출성형 공정의 중요한 종속변수로서 전분의 호화와 전분사슬의 절단, 체류시간, 체류시간에 따른 압력의 변화 등에 영향을 미치며, 독립변수 중 배럴 온도, 스크루 회전속도, 수분 함량 등으로 비기계적 에너지

Table 2. Specific mechanical energy (SME) input and physical properties of extruded white ginsengs

Sample ¹⁾	Die temp. (°C)	SME input (kJ/kg)	Expansion ratio	Specific length (m/kg)	Piece density (g/cm ³)	Apparent elastic modulus (N/m ²)	Breaking strength (N/m ²)
EWG	100	609.5±0 ^{a2)}	2.100±0.145 ^d	60.489±0.833 ^f	0.248±0.008 ^a	4.28E+08 ^b	5.64E+05 ^b
	120	339.8±3.1 ^d	2.283±0.004 ^b	79.495±1.432 ^e	0.187±0.040 ^b	1.78E+08 ^d	2.48E+05 ^c
	140	295.0±4.4 ^e	1.708±0.006 ^e	123.790±0.886 ^a	0.182±0.003 ^b	3.26E+08 ^{bc}	2.47E+05 ^c
SEWG	100	476.2±8.2 ^b	1.598±0.007 ^f	97.040±0.437 ^c	0.263±0.008 ^a	7.53E+08 ^a	7.49E+05 ^a
	120	442.0±4.4 ^c	2.401±0.086 ^a	85.768±0.646 ^d	0.159±0.003 ^c	2.05E+08 ^{cd}	2.50E+05 ^c
	140	305.6±3.4 ^e	2.143±0.006 ^c	112.078±0.692 ^b	0.158±0.010 ^c	1.78E+08 ^d	1.33E+05 ^d

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Values with different letters in column are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

투입량의 예측이 가능하다.

팽화특성

압출성형물의 팽화 특성인 직경팽화율, 비길이, 조각밀도는 압출성형물의 조직감 특성인 파괴력, 탄성계수의 영향을 미치는 중요 인자이다(18). 백삼압출성형물의 팽화율, 비길이, 조각밀도는 Table 2와 같다.

직경팽화율은 사출구 온도가 120°C에서 2회 압출성형물이 가장 높은 2.401±0.086으로 측정되었으며, 사출구 온도 100°C에서 2회 압출성형물이 1.598±0.007로 가장 낮게 측정되었다. 온도가 증가함에 따라 비길이가 증가하는 경향이 나타났으며, 이는 Gui 등(19)의 홍삼의 압출성형 연구와 일치하였다. 비길이는 사출구 온도 140°C에서 1회 압출성형물이 123.790±0.886 m/kg으로 가장 높게 측정되었으며, 사출구 온도 100°C에서 1회 압출성형물이 60.489±0.833 m/kg으로 가장 낮게 측정되었고 팽화율과 비길이에서의 결과값이 반비례하였다. 이는 현미, 야채류 압출성형물의 팽화율에 대하여 Gil과 Ryu(20)의 연구와 결과가 일치하였다.

조각밀도에서는 사출구 온도 140°C에서 2회 백삼압출성형물이 0.158±0.010 g/cm³로 가장 낮게 측정되었으며, 사출구 온도 100°C에서 2회 백삼압출성형물이 가장 높은 0.263±0.008 g/cm³로 측정되었다. 압출성형의 온도가 증가될수록 조각밀도가 감소하였고 1회 압출성형보다 2회 압출성형에서 조각밀도가 감소하였다.

조직감

사출구 온도와 반복 압출성형에 따른 백삼압출성형물의 조직감은 온도가 증가함에 따라 파괴력과 탄성계수 모두 감소하는 경향을 보였다(Table 2). 탄성계수는 사출구 온도 100°C에서 2회 압출성형물이 7.53×10⁸ N/m²로 가장 높게 측정되었으며, 사출구 온도 120°C에서 1회 압출성형물이 1.78×10⁸ N/m²로 가장 낮은 결과값을 나타냈다. 파괴력은 사출구 온도 100°C에서 2회 압출성형물이 7.49×10⁵ N/m²로 가장 높게 측정되었으며, 사출구 온도 140°C에서 2회 압출성형물이 1.33×10⁵ N/m²로 가장 낮게 측정되었다. Chinnaswamy와 Hanna(21)는 옥수수전분 압출성형물의 팽화율이 증가하면 파괴력은 감소한다고 했는데 본 실험은

5년근 백삼의 압출성형물으로써 전분뿐만 아니라 함질소 성분, 폴리아세틸렌계 화합물 등의 다른 성분도 함유하며, 백삼의 경우 압출성형 공정 중 일정온도 이상에서 비연속적인 팽화와 함께 표면이 거칠어진다고 Kim과 Ryu(7)의 연구에서 보고되었다. 또한 백삼분말과 압출성형 백삼분말은 의가 소성 유체였으며 사출구 온도가 일정온도 이상에서 백삼전분의 구조가 파괴되어 분자량이 감소되기 때문에 사출구 온도 120°C 이상의 백삼압출성형물에서 다른 결과가 나타난 것으로 판단된다.

수분흡착지수와 수분용해지수

사출구 온도와 반복 압출성형을 통한 백삼압출성형물의 수분흡착지수(WAI)와 수분용해지수(WSI)는 Table 3에 나타내었다. WAI는 1회 압출성형물과 비교하면 2회 압출성형물이 감소하였다. 또한 사출구 온도가 증가할수록 WAI도 증가하여 140°C에서 1회 백삼압출성형물이 4.34 g/g으로 가장 높게 측정되었으며, 100°C에서 2회 백삼압출성형물이 2.84 g/g으로 가장 낮게 측정되었다. Han 등(22)에 따르면 옥수수전분 압출성형물의 온도가 증가하면 WAI도 증가한다는 연구와 일치하였다.

WSI의 경우 WAI와 반대로 사출구 온도가 증가하면 감소하는 경향이 나타났으며, 100°C에서 2회 백삼압출성형물이 39.02%로 가장 높게 측정되었고 140°C에서 1회 백삼압출성형물이 33.52%로 가장 낮게 측정되었다. Gil과 Ryu(20)의 연구 결과에 따르면 사출구 온도가 증가할수록 WSI가 감소한다고 하였는데 본 실험 결과와 일치하는 경향을 보였다. 곡류전분의 경우 압출성형 공정 중 고온, 고압, 전단력으로 인해 전분의 사슬이 절단되고 변성 전분의 생성으로 무처리구에 비해 압출성형을 하였을 경우 WSI가 증가하는 것으로 사료된다.

페이스트 점도

백삼압출성형물의 페이스트 점도를 비교 분석한 결과는 Table 3과 같다. 최고점도는 원료백삼분말이 백삼압출성형물보다 높았으며, 140°C에서 2회 백삼압출성형물이 가장 낮게 측정되었다. 최저점도에서도 백삼분말이 가장 높게 측정되었으며, 백삼압출성형물 간의 차이는 없었다. 구조파괴

Table 3. Water absorption index (WAI), water solubility index (WSI) and paste viscosity of extruded white ginsengs

Sample ¹⁾	Die temp. (°C)	WAI (g/g)	WSI (%)	Paste viscosity (CP)				
				PV ³⁾	TV	FV	BV	SV
WG	—	3.20±0.05 ^{d2)}	27.34±0.10 ^e	825	508.3	1,312	316.7	803.7
EWG	100	3.50±0.03 ^c	38.93±0.08 ^a	569	0	175.3	569	175.3
	120	3.85±0.01 ^b	36.05±0.41 ^c	237.7	1.7	113.7	236	112
	140	4.34±0.04 ^a	33.52±0.30 ^d	347	0	98	347	98
SEWG	100	2.84±0.04 ^e	39.02±0.45 ^a	253	0	37	253	37
	120	3.21±0.03 ^d	38.48±0.26 ^a	317.7	0.7	49.7	317	49
	140	3.55±0.02 ^b	37.01±0.90 ^b	204	3	55.3	201	52.3

¹⁾WG: white ginseng, refer to Table 1.

²⁾Values with different letters in column are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

³⁾PV: peak viscosity, TV: trough viscosity, FV: final viscosity, SV: setback viscosity, BV: breakdown viscosity.

점도는 최고점도와 최저점도의 차이로 사출구 온도 100°C에서 1회 백삼압출성형물이 가장 높게 측정되었다. 온도에 따라 일정한 경향이 나타나지 않고 최고점도, 최저점도와 구조과피점도가 변화하는 것은 압출성형 공정에서 전단력으로 인해 전분의 사슬이 분해 또는 변형되었기 때문으로 사료된다.

최종점도와 회복점도는 백삼분말에서 가장 높게 측정되었고, 백삼압출성형물은 감소하였다. 최종점도는 일반적으로 노화도의 지표로 사용되는데, Grant(23)는 최종점도가 낮을수록 노화도가 감소한다고 보고하였다. 식품에서 노화는 식품의 물성특징, 맛, 소화도 등의 품질 저하를 야기하는데 위 실험에서 백삼의 압출성형을 통하여 백삼압출성형물의 최종점도가 감소하여 노화가 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

색도

백삼압출성형물의 색도 값은 Table 4에 나타내었다. 명도(L)값은 백삼에서 86.81로 가장 높게 측정되었으며, 140°C에서 2회 백삼압출성형물이 59.54로 가장 낮게 측정되었고 온도와 압출성형 횟수의 증가에 따라 L값은 감소하였다. 적색도와 황색도는 140°C에서 2회 백삼압출성형물이 각각 10.65, 30.54로 가장 높게 측정되었으며, 백삼에서는 각각 0.28, 15.63으로 가장 낮게 측정되었다. 적색도(a)와 황색도(b)는 사출구 온도와 압출성형 횟수의 증가에 따라 a값과 b값이 증가하였는데, 이는 백삼이 압출성형 공정 시 고온, 고압의 영향으로 인한 갈변화 때문인 것으로 사료된다(24).

미세구조

사출구 온도와 반복 압출성형에 따른 백삼압출성형물의 기공의 구조는 50배로 확대하여 Fig. 2에 나타내었으며, 100, 120, 140°C의 사출구 온도와 1, 2회 압출성형 공정변

Table 4. Color of extruded white ginsengs

Sample ¹⁾	Die temp. (°C)	L	a	b
WG	—	86.81±0.267 ^{a2)}	0.28±0.023 ^f	15.63±0.026 ^d
EWG	100	75.94±0.169 ^b	3.76±0.093 ^e	26.87±0.159 ^e
	120	72.71±0.191 ^c	5.77±0.122 ^d	28.04±0.354 ^b
	140	66.92±0.179 ^e	8.14±0.121 ^b	30.47±0.274 ^a
SEWG	100	72.40±0.250 ^c	5.55±0.110 ^d	28.25±0.432 ^b
	120	68.43±0.285 ^d	7.65±0.149 ^c	29.89±0.388 ^a
	140	59.54±0.293 ^f	10.65±0.252 ^a	30.54±0.517 ^a

¹⁾WG: white ginseng, refer to Table 1.

²⁾Values with different letters in column are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test

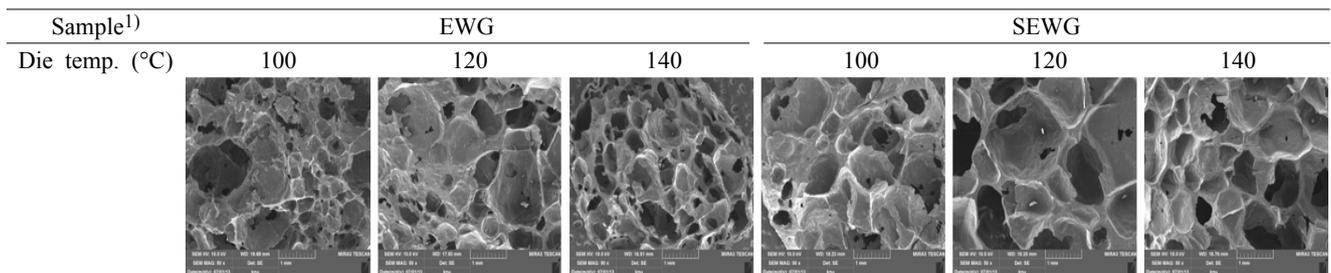


Fig. 2. SEM of extruded white ginsengs (×50). ¹⁾Refer to Table 1.

수에 상관없이 모두 기공을 형성하는 물의 상변화가 일어나 기공의 형성이 많았다. 사출구 온도 120°C에서 2회 백삼압출성형물의 기공이 가장 크게 나타났으며, 사출구 온도 140°C에서 1회 백삼압출성형물의 기공이 가장 작게 나타났다. 특히 140°C 2회 백삼압출성형물의 경우 140°C 1회 백삼압출성형물에 비해 기공의 크기와 전체적인 단면적도 증가한 것으로 나타났다.

요 약

본 실험은 사출구 온도와 반복 압출성형이 백삼압출성형물의 물리적 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 압출성형 조건은 수분 함량 20%와 스크루 회전속도 200 rpm을 고정시키고 독립변수로서 사출구 온도 100°C, 120°C, 140°C로 1회, 2회 반복 압출성형 실험을 하였다. 비기계적 에너지 투입량은 사출구 온도 140°C에서 1회 압출성형물이 295.0 kJ/kg으로 가장 낮게 측정되었다. 조직감 특성 중 탄성계수에서는 사출구 온도 100°C에서 2회 압출성형물이 7.53×10^8 N/m²로 가장 높게 측정되었으며, 사출구 온도 120°C에서 1회 압출성형물이 1.78×10^8 N/m²로 가장 낮은 결과값을 나타냈다. 또한 파괴력은 사출구 온도 100°C에서 2회 압출성형물이 7.49×10^5 N/m²로 가장 높게 측정되었으며, 사출구 온도 140°C에서 2회 압출성형물이 1.33×10^5 N/m²로 가장 낮게 측정되었다. 팽화 특성에서 120°C 1회 백삼압출성형물의 직경팽화율이 2.283 ± 0.011 로 가장 높게 측정되었으며, 비질이 체적밀도에서는 사출구 온도 140°C에서 1회 압출성형물과 사출구 온도 100°C에서 2회 백삼압출성형물이 각각 123.790 ± 2.802 m/kg, 0.260 ± 0.020 g/cm³로 가장 높게 측정되었다. 수분흡착지수(WAI)와 수분용해지수(WSI)는 백삼압출성형물 모두 백삼분말보다 증가하였다. WAI는 1회 압출성형을 하였을 때 증가하였으며, 2회 압출성형을 하였을 때는 감소하였다. 또한 사출구 온도가 증가할수록 WAI도 증가하였다. WSI의 경우 WAI와 반대로 사출구 온도가 증가하면 감소하는 경향이 나타났다. 위 연구를 통하여 백삼의 압출성형 조건을 달리하여 물리적 특성의 향상과 새로운 백삼제품 및 소재의 개발 가능성을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청의 2014년도 압출성형 전처리 공정을 도입한 발효 인삼 과립차의 개발(CO219598)에 의하여 수행된 연구 결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Kim YM, Han YH, Paek NS. 2002. Studies on the ginseng tea using spore-forming lactic acid bacteria. *Korean J Food Sci Technol* 34: 661-665.
- Gu BJ, Ryu GH. 2011. Effect of die geometry on expansion of corn flour extrudate. *Food Eng Prog* 15: 148-154.
- Kim ST, Jang JH, Kwon JH, Moon KD. 2009. Changes in the chemical components of red and white ginseng after puffing. *Korean J Food Preserv* 16: 335-361.
- Roh SK, Song JS, Park KH. 2001. Alcohol fermentability of *Insam* starch and characteristics of *Insam* wine. *Food Eng Prog* 5: 43-51.
- Son HJ, Han MS, Ryu GH. 2009. Antibacterial of Et-OH extract from extruded white ginseng on tooth decay bacteria. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 951-957.
- Ryu GH, Remon JP. 2004. Extraction yield of extruded ginseng and granulation of its extracts by cold extrusion-spheronization. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 899-904.
- Kim BS, Ryu GH. 2005. Effect of extrusion temperature on puffing of white and red ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1109-1113.
- Han JY, Lee YS, Ryu GH. 2008. Studies on characteristics of physicochemical properties and saccharification of extruded white ginseng. *Food Eng Prog* 12: 36-43.
- 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.
- Choi KH, Gui Y, Ryu GH. 2014. Effects of die temperature and repeated extrusion on chemical components and antioxidant properties of extruded white ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 258-264.
- Ryu GH, Mulvaney SJ. 1997. Analysis of physical properties and mechanical energy input of cornmeal extrudates fortified with dairy products by carbon dioxide injection. *Korean J Food Sci Technol* 29: 947-954.
- Alvarez-Martinez L, Kondury KP, Harper JM. 1988. A general model for expansion of extruded products. *J Food Sci* 53: 609-615.
- Jin T, Gu BJ, Ryu GH. 2010. Manufacturing of hemp seed flake by using extrusion process. *Food Eng Prog* 14: 99-105.
- Ryu GH, Ng PKW. 2001. Effects of selected process parameters on expansion and mechanical properties of wheat flour and whole cornmeal extrudates. *Starch-Stärke* 53: 147-154.
- AACC. 1983. *Approved method of the AACC*. 8th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. Method 56-20.
- Ryu GH, Neumann PE, Walker CE. 1993. Pasting of wheat flour extrudates containing conventional baking ingredients. *J Food Sci* 58: 567-573.
- Jin T, Lee ES, Hong ST, Ryu GH. 2007. Manufacturing of Goami flakes by using extrusion process. *Korean J Food Sci Technol* 39: 146-151.
- 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.
- Gui Y, Gil SK, Ryu GH. 2012. Effects of extrusion condition on the physicochemical properties of extruded red ginseng. *Prev Nutr Food Sci* 17: 203-209.
- Gil SK, Ryu GH. 2013. Effects of die temperature and CO₂ gas injection on physical properties of extruded brown rice-vegetable mix. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1848-1856.
- Chinnaswamy R, Hanna MA. 1999. Macromolecular and functional properties of native and extrusion cooked cornstarch. *Cereal Chem* 67: 490-499.
- Han JY, Kim MH, Jin T, 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.

23. Grant LA. 1998. Effects of starch isolation, drying, and grinding techniques on its gelatinization and retrogradation properties. *Cereal Chem* 75: 590-594.
24. Han JY, Chung KH, Ryu GH. 2008. Comparison of physicochemical properties and release characteristics of extruded tissue cultured mountain ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1018-1024.