

## 압출성형 온도가 백삼과 홍삼의 팽화에 미치는 영향

김봉수 · 류기형<sup>†</sup>

공주대학교 식품공학과 · 한약재연구센터

### Effect of Extrusion Temperature on Puffing of White and Red Ginseng

Bong-Su Kim and Gi-Hyung Ryu<sup>†</sup>

Dept. of Food Science and Technology, and Herbal Resource Research Center,  
Kongju National University, Chungnam 340-802, Korea

#### Abstract

The objective of this study was to determine the effect of extrusion temperature on puffing of white and red ginseng powder. The extrusion variables were feed material (red and white ginseng powder) and die temperature (100 and 115°C). The analyzed characteristics of ginseng extrudates were sectional expansion index, microstructure and rheological properties. Most of biopolymer was highly puffed at higher extrusion temperature, but the cross-sectional expansion of white and red ginseng powder was higher at 100°C and longitudinal expansion seems to higher at 115°C. White and red ginseng powder were puffed inconsistently and discontinuously at 115°C. The scanning electron microphotograph of extruded white ginseng was uniform air cell distribution at 100°C, but pore size increased at 115°C and had fine uniformity due to pore explosion. White ginseng and its extrudate were pseudoplastic. Intrinsic viscosity was lower as a result of increased die temperature. The cross-sectional expansion seems to be inconsistent and decreased due to decrease in melt viscosity at 115°C.

**Key words:** extrusion temperature, ginseng powder, puffing, microstructure

#### 서 론

인삼은 가공방법에 따라 수삼, 홍삼, 백삼 등으로 나뉘어진다. 수삼은 밭에서 수확한 생인삼으로 70~80%의 수분을 함유하고 있어 장기 저장이 어렵다. 홍삼은 원료 수삼의 표피를 벗기지 않은 채로 세삼 후 증숙·건조 가공 공정을 거쳐 제조되며 담황갈색 또는 감적갈색의 색상을 띤다. 백삼은 수삼의 표피를 벗기거나, 수삼 그대로를 일광건조 또는 열풍건조하여 제조하며 유백색 또는 담황색의 색상을 가진다(1).

압출성형공정은 1930년대에 노동집약적인 기술의 해결방안으로 산업에 응용되기 시작하여(2), 고분자 플라스틱성형에 가장 먼저 적용되었다. 식품에 압출성형공정이 적용된 것은 1930년대 중반에 파스타 생산이며(3) 최근에는 고분자 플라스틱, 식품, 사료, 생물 산업, 의약품 산업 등 다양한 산업분야에 적용되고 있다.

압출성형은 전분의 수화, 팽윤, 호화, 무정형화 및 텍스트린화, 단백질의 변성, 분자간 결합 및 조직화, 효소의 불활성화, 미생물의 사멸 및 살균, 독성물질의 파괴, 냄새의 제거,

조직 팽창, 밀도조절 및 갈색화 반응 등이 단시간에 일어나는데 이는 압출성형 독립변수의 조절을 통해 조절할 수 있다(4). 압출성형 독립변수는 원료 사입속도와 수분함량, 사출구 온도, 스크루 회전속도, 사출구, 스크루 배열에 따라 조절이 가능하며 독립변수의 조절을 통하여 다양한 특성의 압출성형물을 제조할 수 있다(5).

압출성형 공정 중 발생하는 고온, 고압, 고전단력에 의해 수용성 성분의 추출이 용이해져 용해도가 증가한다. Ryu와 Remon(6)은 압출성형공정을 적용하여 사출구 온도 130°C와 수분함량 15%, 스크루 회전속도 250 rpm에서 압출성형한 수삼의 추출수율은 원료 백삼과 비교하여 추출수율이 약 2배 정도 향상되었다고 보고하였다. 또한 압출성형공정은 고온, 고압에서의 가공공정이며 스크루 회전에 의한 전단력이 원료에 작용하여 세포벽의 파괴와 함께 전분의 호화가 일어나 추출속도가 증가한다는 연구결과는 발표되었지만 압출성형에 따른 인삼의 팽화에 대한 연구는 수행되지 않았다.

그러므로 본 연구는 압출성형 온도에 따른 인삼의 팽화현상을 규명하기 위하여 팽화인삼의 미세구조와 유동특성을 살펴보고자 한다.

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: ghryu@kongju.ac.kr  
Phone: 82-41-330-1484, Fax: 82-41-335-5944

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 백삼분말과 홍삼분말은 동진제약(충남, 금산)에서 구입하여 사용하였으며 수분함량은 각각 13.4%와 13.2%이었다.

### 압출성형

압출성형 백삼과 홍삼의 제조에 사용된 압출성형기는 자체 제작한 실험용 쌍축압출성형기(THK21T, Incheon Machinery Co., Korea)를 사용하였으며 압출성형기의 스크루 직경은 29.0mm, 직경과 길이의 비(L/D ratio)는 25:1이며 스크루 배열은 Ha와 Ryu(7)의 실험과 동일한 배열을 사용하였다.

인삼 압출성형물의 사출구 온도에 따른 백삼과 홍삼의 팽화특성과 추출수율을 알아보기 위한 실험에서 원료는 백삼분말과 홍삼분말을 사용하였으며 사출구 온도는 100/100/70/40°C와 115/115/70/40°C(배열순서 1/2/3/4)로 조절하였다. 스크루 회전속도는 300 rpm, 수분함량은 20%, 원료 사입량은 147.6 g/min, 사출구의 직경은 3.0 mm로 고정하였다.

압출성형 백삼과 홍삼은 80°C에서 4시간 건조 후 분쇄기(FM-681, Hanil, Korea)로 분쇄 후 체를 사용하여 입자크기 35 mesh(Testing sieve, Chunggye Sanggong Co., Korea) 이하의 입자로 실험을 수행하였다.

### 직경 팽화율

인삼 압출성형물의 직경은 버니어 캘리퍼스(CD-15C, Mitutoyo Co., Japan)로 50회 측정하였으며 팽화율은 사출구 직경과 압출성형물 직경비의 평균값으로 계산하였다.

### 미세구조

사출구 온도 100°C와 115°C에서 압출성형한 백삼압출성형물을 80°C에서 4시간 건조시킨 후 알루미늄 판에 접착하여 gold-palladium mix로 1분간 코팅한 다음 주사현미경(JSM 5500LV, JEOL, Japan)의 가속전력 20 kV에서 ×100 배율로 미세구조를 관찰하였다.

### 유동특성과 고유점도

원료 백삼과 압출성형 백삼분말을 15, 18, 20, 23% 농도의 현탁액으로 제조하여 항온진탕기를 사용하여 30°C에서 1시간 동안 교반하여 시료를 팽윤시켰다. 회전형 레오미터(Gemini 150, Bohlin Instruments, England)를 사용하여 전단속도의 변화에 따른 전단응력과 점도를 구하였다.

Measuring system은 p-p type, 20 mm를 사용하였고 온도는 25°C로 고정하였으며 gap은 3 mm로 조절하였다. 전단속도의 범위는 100~283 s<sup>-1</sup>의 범위에서 100개의 전단응력 값을 측정하였다. 지수법칙(power-law)모델을 적용하기 위하여 예비작동을 실시하였으며 예비 작동조건은 25°C에서 100 s<sup>-1</sup>으로 1분간 하였다.

점조도지수와 유동지수를 구하기 위해 지수법칙(power-

law) 모델(식 1)을 사용하였다.

$$\sigma = k \cdot \dot{\gamma}^n \quad (1)$$

$\sigma$  = shear stress (Pa)

$k$  = consistency coefficient (Pa · s<sup>n</sup>)

$\dot{\gamma}$  = shear rate (s<sup>-1</sup>)

$n$  = flow behavior index

점조도지수와 유동지수를 구하기 위하여 식 (1)을 자연로그를 취해 1차식으로 정리하면 식 (2)와 같다.

$$\ln \sigma = \ln k + n \ln \dot{\gamma} \quad (2)$$

고유점도( $[\eta]$ )는 농도가 0%에서의 비점도로 정의되지만 농도는 0%가 될 수 없으므로 농도가 0%라고 가정하였을 때의 비점도를 뜻한다(식 3).

$$[\eta] = \lim_{C \rightarrow 0} \frac{\eta_{sp}}{C} \quad (3)$$

$[\eta]$  = intrinsic viscosity (Pa · s)

$\eta_{sp}$  = specific viscosity

$C$  = concentration

고유점도와 용질의 분자량과의 관계는 Mark-Houwink의 방법(8)(식 4)으로 확인하였다.

$$[\eta] = kM^\alpha \quad (4)$$

$[\eta]$  = intrinsic viscosity (Pa · s)

$M$  = molecular weight of solute

$\alpha$  = index in Mark-Houwink's viscosity equation

$k$  = coefficient in Mark-Houwink's viscosity equation

## 결과 및 고찰

### 직경 팽화율

인삼을 팽화하게 되면 압출성형물 내부에 기공이 형성되어 부드러운 조직을 가지며 표면적이 증가하여 인삼유효성분의 추출률 증가와 압출성형과정 동안 사포닌이 변형되어 홍삼화가 가능하다(9,10). 전분을 비롯한 대부분의 생물고분자물질은 압출성형 공정변수인 수분함량과 사출구온도, 스크루 회전속도에 따라 팽화율과 밀도가 변화한다.

백삼분말과 홍삼분말을 수분함량 20%, 사출구 부위온도 100°C와 115°C로 달리하여 압출성형한 백삼과 홍삼 압출물의 직경 팽화율(SEI)을 Table 1에 나타내었다. 사출구 온도 100°C에서 압출성형한 백삼과 홍삼의 팽화율은 각각 1.97과 1.96으로 유의적인 차이는 없었지만 사출구 온도 115°C에서 압출성형한 백삼과 홍삼의 팽화율은 각각 1.08과 0.73으로 홍삼 압출물의 팽화율이 크게 감소하였다(Table 1). 사출구 온도 증가에 따라 직경 팽화율의 감소와 함께 압출성형물이

Table 1. Effects of die temperature on characteristics of white and red ginseng

Raw material	Die temp. (°C)	Expansion ratio	WSI (%)	WAI
White ginseng	-	-	27.3	1.66
	100	1.97	33.3	4.31
	115	1.08	37.0	4.44
Red ginseng	-	-	39.6	2.30
	100	1.96	49.2	2.28
	115	0.73	52.8	1.96

사출구를 통과하여 대기 중으로 배출될 때 압출물의 표면이 파열되어 불연속적으로 팽화되는 현상이 일어나 팽화된 입자를 얻었을 수 있었다(Fig. 1).

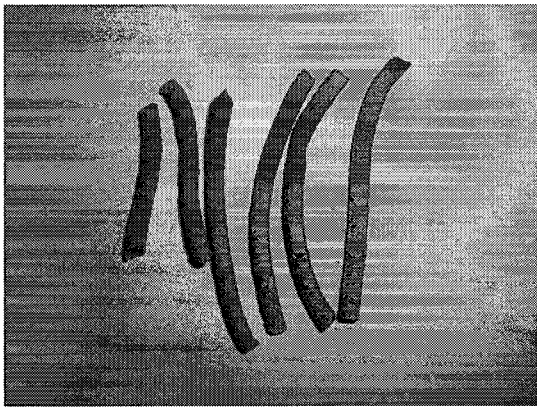
백삼과 홍삼의 경우 사출구 온도 증가에 따른 팽화율의 감소와 115°C에서 홍삼 압출성형물의 직경팽화율의 급격한 감소는 온도증가에 따른 점도의 감소에 기인하는 것으로 판단되었다. 이러한 결과는 압출성형공정에서 반죽점도가 감소할수록 사출구를 통과할 때 평균유속의 증가에 따라 사출

구 방향 직경팽화율이 감소하고 길이방향팽화율(LEI)이 증가한다는 연구결과(11)에서 알 수 있었다. 또한 사출구 온도 115°C에서 홍삼 압출물 직경팽화율의 급격한 감소도 증자공정을 거치면서 호화된 홍삼전분이 압출성형공정에서 재호화되는 홍삼반죽점도가 백삼전분의 반죽점도와 비교하여 급격하게 감소되는데 원인이 있는 것으로 판단되었다.

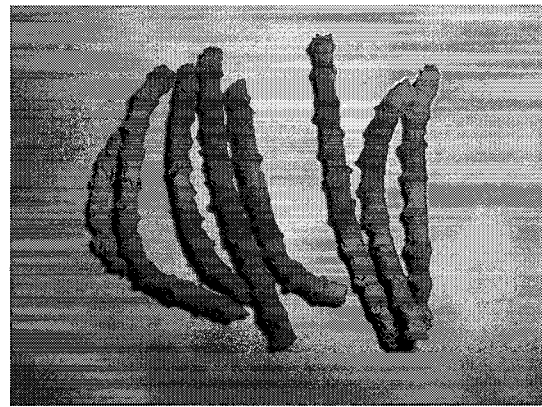
사출구 온도의 증가에 따라 직경팽화율이 크게 감소하지 않은 곡류의 팽화와 다르게 사출구를 통과할 때 백삼과 홍삼의 용융반죽 점도감소에 따른 압출성형물의 직경팽화율 감소와 불연속 팽화의 원인을 밝히기 위하여 미세구조와 유동 특성을 분석하였다.

미세구조

사출구 온도 100°C와 115°C에서 압출성형한 백삼 압출물 입자의 미세구조를 100 배율에서 관찰한 주사현미경 사진을 Fig. 2에 나타내었다. 사출구 온도 100°C에서 압출성형한 백삼의 경우 팽화가 완전하게 일어나 작은 크기의 기공이 균일하게 분포되어 조직이 부서지기 쉬운 다공질 구조를 보

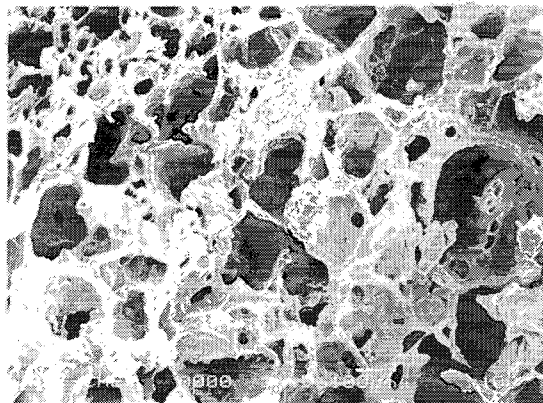


(a)

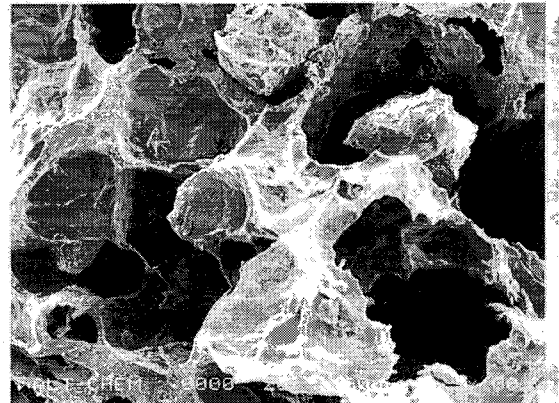


(b)

Fig. 1. Photograph of appearance of extruded white ginseng at die temperature 100°C (a) and 115°C (b).



(a)



(b)

Fig. 2. Scanning electron microphotograph of extruded white ginseng at die temperature 100°C (a) and 115°C (b) (×100).

였다(Fig. 2a).

한편 사출구 온도 115°C에서 압출성형한 백삼의 경우 팽화와 함께 파열된 기공벽의 확인과 함께 기공의 크기가 크고 불균일하게 분포되어 있었다(Fig. 2b). 기공벽의 두께는 사출구 온도 100°C에서 압출성형한 압출물과 비교할 때 115°C의 백삼 압출물이 얇은 것 같았다. 사출구 온도 115°C에서 불균일하고 파열된 기공 구조도 사출구를 통과할 때 용융반죽점도 감소와 온도증가에 의한 기공 내부 수증기압의 증가에 의한 것으로 판단되었다.

**유동특성**

원료 백삼분말과 사출구 온도 100°C와 115°C에서 압출성형한 백삼분말의 농도에 따른 유동지수와 점조도지수는 Table 2에 나타내었다. 원료 백삼분말 현탁액의 농도가 18%에서 23%로 증가하면 유동지수가 0.419에서 0.460으로 증가하였으며 점조도지수도 9.01 Pa·s<sup>n</sup>에서 11.53 Pa·s<sup>n</sup>으로 증가하였다. 사출구 온도 100°C에서 연속적으로 팽화된 압출성형 백삼분말 현탁액의 농도가 15%에서 20%로 증가할수록 유동지수는 0.356에서 0.253으로 감소하였으며 점조도지수는 16.29 Pa·s<sup>n</sup>에서 92.81 Pa·s<sup>n</sup>로 증가하였다. 사출구 온도 115°C에서 압출성형한 백삼분말 현탁액의 농도가 15%에서 20%로 증가할수록 유동지수는 0.573에서 0.241로 감소하였으며 점조도지수는 6.18 Pa·s<sup>n</sup>에서 97.77 Pa·s<sup>n</sup>로 증가하였다.

즉 압출성형온도가 100°C에서 115°C로 증가함에 따라 15~20% 농도에서 점조도지수는 감소하였으므로 115°C에서 백삼과 홍삼의 용융반죽 점도감소에 따른 압출성형물의 직경팽화를 감소와 함께 불연속 팽화가 일어나는 것으로 판단되었다.

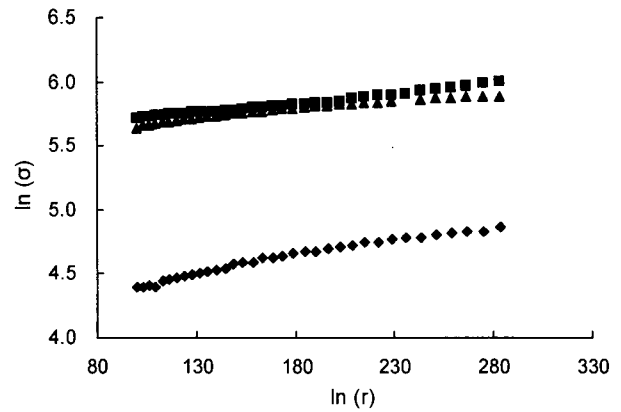
Fig. 3은 원료 백삼분말과 압출성형온도 100°C와 115°C에서 압출성형한 백삼분말 20% 현탁액의 전단속도와 전단응력에 자연로그를 취해 1차식으로 나타낸 그래프이다. 기울기가 1보다 작아 비뉴턴성 유체이며 의가소성 유체임을 보

**Table 2. Flow behavior index and consistency index at different temperature and concentration of white ginseng and extruded white ginseng**

Die temp. (°C)	Concentration (%)	n <sup>1)</sup>	k (Pa·s <sup>n</sup> ) <sup>2)</sup>	R <sup>2</sup>
-	18	0.419	9.01	0.989
	20	0.458	9.38	0.997
	23	0.460	11.53	0.988
100	15	0.356	16.29	0.992
	18	0.273	61.86	0.958
	20	0.253	92.81	0.948
115	15	0.573	6.18	0.999
	18	0.330	47.90	0.998
	20	0.241	97.77	0.996

<sup>1)</sup>n: flow behavior index.

<sup>2)</sup>k: consistency coefficient.



**Fig. 3. Shear stress versus shear rate of 20% suspension for white ginseng (◆), extruded white ginseng at 100°C (■) and extruded white ginseng at 115°C (▲).**

여주었다. ln( $\sigma$ )의 절편은 ln( $k$ )를 나타내며 사출구 온도 110°C에서 압출성형한 백삼이 사출구 온도 115°C에서 압출성형한 백삼보다 점조도지수가 큰 것을 알 수 있었다. 압출성형 백삼이 원료 백삼분말보다 점도가 높은 것은 압출성형을 통하여 인산전분의 호화가 일어났기 때문으로 사료되었다.

밀가루 전분은 압출성형공정과 드럼 건조했을 때 전분 일차구조의 변화는 없었지만 아밀로스와 아밀로펙틴이 분해되어 저분자화되는 경향이 있다(12). 또한 압출성형 시 전분 입자는 기계적 손상을 입어 일부 전분입자의 파괴와 전분사슬이 절단되어 호정화(dextrinization)되므로 점도가 감소한다고 보고되었다(13). 이는 압출성형 백삼의 경우, 압출성형 공정 동안 백삼전분 입자의 파괴와 사슬의 절단에 의하여 점조도지수가 감소한 것으로 판단되었다. 또한 사출구 온도가 100°C에서 115°C로 증가함에 따라 백삼의 직경팽화를 감소 및 기공크기의 증가와 기공의 두께가 얇아진 것은 백삼 전분입자의 파괴와 전분사슬의 절단에 의하여 점도가 감소하여 사출구 내부유속이 증가에 의한 기공파열 때문으로 사료되었다.

Fig. 4는 유동지수를 1로 가정한 다음 25°C에서 전단속도를 100 s<sup>-1</sup>로 고정시켰을 때의 겔보기점도를 나타낸 그래프이다. 그래프 상에서의 y절편은 고유점도를 나타낸다. 백삼분말의 고유점도는 2.829 Pa·s이지만 사출구 온도 100°C와 115°C에서 압출성형한 백삼분말의 고유점도는 각각 2.591 Pa·s와 0.899 Pa·s로 감소하였다. 고유점도와 분자량과의 관계를 나타낸 Mark-Houwink 식은 고유점도와 분자량이 비례함을 나타낸다. 그러므로 백삼분말의 분자량보다 사출구 온도 100°C에서 압출성형한 백삼분말, 사출구 온도 115°C에서 압출성형한 백삼분말 순으로 분자량이 작은 것으로 판단되었다.

본 실험에서 미세구조, 현탁액의 점도 및 고유점도의 분석을 통해 압출성형 온도 110°C와 비교할 때, 115°C에서 압출성형한 백삼분말의 분자량 감소로 인한 사출구 내부 용융반죽점도의 감소 및 평균유속의 증가 때문에 사출구 직경방향

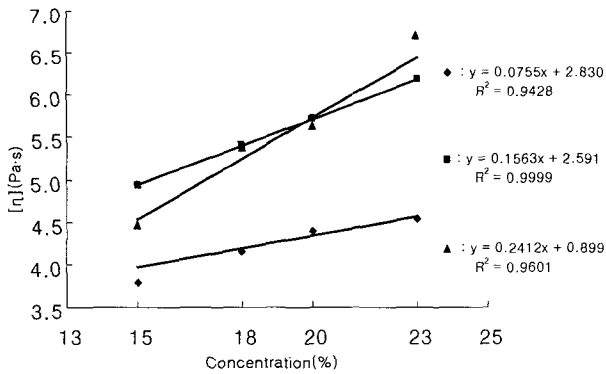


Fig. 4. Intrinsic viscosity of white ginseng (◆), extruded white ginseng at 100°C (■) and extruded white ginseng at 115°C (▲).

보다 길이방향으로 팽화되고 불연속적으로 일어나는 것으로 판단되었다.

요 약

압출성형 온도에 따른 백삼과 홍삼분말의 팽화현상을 살펴보기 위해 팽화율, 미세구조 및 유동특성을 분석하였다. 압출성형 공정변수는 원료(백삼과 홍삼가루)와 사출구 부위 온도(100°C와 115°C)로 설정하였다. 사출구 부위온도가 120°C 이상의 고온에서 잘 팽화되지만, 백삼분말과 홍삼분말은 100°C에서 사출구 직경방향으로 팽화율이 높았으나 115°C로 증가와 함께 사출구 직경방향 팽화율은 감소하였으나 가로 방향으로 팽화율이 증가하여 비연속적인 팽화가 일어나 압출성형물 표면은 기공의 파열에 거칠었다. 또한 백삼 압출물의 미세구조는 사출구 온도 100°C에서 기공이 작고 균일하였지만 115°C로 증가와 함께 기공의 파열에 의해 기공의 크기가 불균일하고 크기도 증가한 것을 관찰하였다. 백삼분말과 압출성형 백삼분말은 의가소성유체였으며 고유점도는 사출구 부위온도가 증가함에 따라 감소하여 사출구 부위온도의 증가와 함께 백삼전분의 구조가 파괴되어 분자량이 감소하는 것으로 판단되었다. 분자량의 감소와 함께 용융반죽의 점도가 낮아져 압출성형온도 115°C에서 직경팽화율의 감소와 함께 불연속적인 팽화가 일어난 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구의 일부는 2004년 한국과학재단 지원 지역대학 우수연구자 사업으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. The Society for Korean Ginseng. 1995. Understanding of Korean Ginseng. The Society for Korean Ginseng, Seoul. p 35-54.
2. Rauwendaal C. 1986. *Polymer extrusion*. Hanser Publishers, New York. p 20-55.
3. Harper JM. 1981. *Extrusion of foods*. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL. p 3-6.
4. Lee CH, Kim DC, Kim CJ, Jeon JH, Kim JB, Kim JD, Son JC. 1987. *Food extrusion technology*. Yu-Lim Publishing Co., Seoul. p 167-178.
5. Meuser F, Wiedmann W. 1989. Extrusion plant design. In *Extrusion Cooking*. Mercier C, Linko P, Harper JM, eds. AACC, St. Paul, MN. p 91-155.
6. 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.
7. Ha DC, Ryu GH. 2005. Chemical components of red, white and extruded root ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 247-254.
8. Mitchell JR, Ledward DA. 1986. *Functional properties of food macromolecules*. Elsevier Applied Science Pub., London. p 1-78.
9. Ryu GH, Lee JW. 2003. Development of extrusion process on red ginseng from raw ginseng and its products. Final Report of Venture Research. Ministry of Health and Welfare, Seoul.
10. Kim HG, Son HJ. 1997. Comparison of thermal properties and surface structures of unmodified, spray-dried, and extrusion-dried agar. *Korean J Food Nutr* 10: 234-240.
11. Martinez LA, Kondury KP, Harper JM. 1988. A general model for expansion of extruded products. *J Food Sci* 53: 609-612.
12. Gomez MH, Aguilera JM. 1984. A physicochemical model for extrusion of corn starch. *J Food Sci* 49: 40-48.
13. Ryu GH, Lee CH. 1988. Effects of moisture content and particle size of rice flour on the physical properties of the extrudate. *Korean J Food Sci Technol* 20: 463-469.

(2005년 4월 21일 접수; 2005년 6월 1일 채택)