

## 수분함량과 배럴온도에 따른 압출성형 비타민 C 매트릭스의 특성변화

한재운 · 김미환 · 김철 · 김석중 · 김명희\* · 류기형  
공주대학교 식품공학과, \*공주대학교 식품영양학과

### Change in Characteristics of Extruded Vitamin C Cornstarch Matrix by Moisture Content and Barrel Temperature

Jae-Yoon Han, Mi-Hwan Kim, Jin Tie, Seok-Joong Kim, Myung Hee Kim\* and Gi-Hyung Ryu

*Department of Food Science and Technology, Kongju National University*

*\*Department of Food and Nutrition, Kongju National University*

#### Abstract

The effect of moisture content and barrel temperature on characteristics of extruded vitamin C matrix was determined by analyzing vitamin C content in matrix, water absorption and solubility, paste viscosity, gelatinization degree, color, and breaking strength. Vitamin C content in cornstarch was fixed to 5%(cornstarch weight base). Extrusion process variables were barrel temperature(80, 90, 100, and 110°C), and water content(25 and 30%). Vitamin C content in matrix decreased with the increase in barrel temperature and moisture content. Breaking strength of vitamin C matrix decreased with the increase in barrel temperature. The whiteness(L) of extrudate powder increased as water increased, while redness(a) increased as barrel temperature increased, and yellowness(b) was not significantly influenced by water content and barrel temperature. Water absorption and water solubility were increased with increase in barrel temperature. The degree of gelatinization increased as barrel temperature and water content increased. Paste viscosity was significantly influenced by water content and barrel temperature.

**Keywords:** Vitamin C, extruded cornstarch matrix, moisture content, barrel temperature

#### 서론

최근 비만, 성인병, 암 등 만성병이 급증하면서 건강에 대한 관심의 증가와 함께 질병예방과 건강에 대한 욕구로 비타민 C의 섭취가 점차 증가되고 있다. 비타민 C는 필수영양소의 하나로 ascorbic acid라고 불리기도 하며, 항산화, 환원제, 콜라겐 생성에 중요한 역할을 한다. 또한 체내에서 철분의 장내흡수를 촉진시켜 철분을 장에 저장하게 도와준다. 식품산업에서는 산화억제, 육색소의 고정, 반죽의 품질향상 등에 사용되고 있다.

비타민 C의 파괴에 영향을 미치는 인자로는 열,

산소, 수분, pH 등이 있으며 특히 비타민 C는 방사선 조사나 가열에 의해 파괴되며 마이크로웨이브 처리는 비타민 C의 파괴에 큰 영향을 미친다. 이와 같이 비타민 C는 조리 및 저장 중 크게 영향을 받기 때문에 식품의 품질을 평가하는 지표로 이용된다(Byun et al., 1999).

식품성분의 마이크로캡슐화 기술은 조리나 가공 공정 중 일어나는 식품성분의 파괴를 최소화할 수 있다. 또한 반응성이 강한 성분을 분리할 수 있으며 비타민 C의 마이크로캡슐화를 통해 비타민 C의 방출을 제어할 수 있으므로 식품산업에 많이 응용되고 있다. 식품성분의 캡슐화 방법으로 압출성형 공정이 응용될 수 있다. 캡슐화의 매트릭스 소재로는 중합체인 전분을 많이 사용하고 있는데 전분은 화학적, 생화학적 수단이나 발효에 의해 쉽게 물질의 변환이 가능하므로 이용가치가 크다. 또한 전분은 여러 가지 식품과 기호품의 제조, 가공이나 조

Corresponding author: Gi-Hyung Ryu, Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan, Choongnam 340-800, Korea.  
Phone: +82-41-330-1484, Fax: +82-41-335-5944  
E-mail: ghryu@kongju.ac.kr

리 등에 널리 이용되고 있으며, 전분을 팽윤, 호화 시키거나 젤화나 노화 또는 팽화 등의 성질을 이용하여 식품의 식미나 기호성을 높이고 점도나 조직감이 보다 우수한 제품이 되도록 하고 있다(Kim, 2004).

압출성형 공정은 1930년대에 노동 집약적인 기술의 해결 방안으로 산업에 응용되기 시작하여, 고분자 플라스틱성형에 가장 먼저 적용되었다(Rauwendaal, 1996). 식품에 압출성형공정이 적용된 것은 1930년대 중반에 파스타 생산이며 최근에 고분자 플라스틱, 식품, 사료, 생물 산업, 의약품 산업 등 다양한 산업분야에 적용되고 있다.

압출성형은 전분의 수화, 팽윤, 호화, 무정형화 및 텍스트린화, 단백질의 변성, 분자간의 결합과 조직화, 효소의 불활성화, 미생물의 사멸과 살균, 독물질의 파괴, 냄새 제거, 조직 팽창, 밀도조절 및 갈색화 반응 등이 단기간에 일어나는데 이는 압출성형 독립변수의 조절을 통해 조절할 수 있다(Lee et al., 1987). 압출성형 독립변수는 원료 사입속도와 수분함량, 사출구 온도, 스크루 회전속도, 사출구 구조와 스크루 배열에 따라 조절이 가능하며 독립변수의 조절을 통하여 다양한 특성의 압출성형물을 제조할 수 있다(Meuser & Wiedmann, 1989). 이러한 압출성형 공정의 특성을 이용하여 팽화스낵제품(Ryu et al., 1994; Ryu & Walker, 1994a; Ryu & Walker, 1994b; Ryu & Ng, 2001; Kee et al., 2001), 호화전분, 식물성 단백질의 전환(Ryu, 2003), 고분자 물질의 전환(Grafelman & Meagher, 1995; Solichien et al., 2003), 압출성형 공정변수에 따른 쌀겨의 비타민함량의 변화(Cheigh, 1986) 등에 대한 다양한 연구가 수행되었지만 압출성형 처리에 의한 압출성형 매트릭스 내부의 비타민의 안정성과 매트릭스의

특성에 대한 실험은 진행되지 않았다.

따라서 본 연구는 압출성형 공정변수(배럴온도, 수분함량)에 따른 압출성형 매트릭스 내부의 비타민 C 함량 변화, 파괴력, 색도, 호화도, 수분흡착지수와 수분용해지수, 페이스트점도의 변화를 살펴본다.

**재료 및 방법**

**재료**

옥수수전분은 삼양제넥스(인천)에서 구입하여 사용하였으며, 수분함량은 12.2%였다. 비타민 C는 L(+)-Ascorbic acid, 99.5%(Samchun Pure Chemical Co., LTD., Korea)를 구입하여 사용하였다.

**압출성형공정**

옥수수전분 중량 기준으로 5% 비타민 C를 첨가한 시료를 수분함량 25%와 30%로 조절한 후 24시간 동안 냉장 보관하여 수분을 고르게 분포시킨 다음, 압출성형원료로 사용하였다. 실험에 사용된 동방향쌍축압출성형기(THK 31T, Incheon Machinery Co., Incheon)는 국내에서 제작된 실험용 압출성형기로 길이와 직경비(L/D ratio)는 25:1 이었으며 스크루 배열은 Fig. 1과 같으며 사출구의 직경은 3 mm 인 원형을 사용하였다. 배럴온도는 전열기와 냉각수를 사용하여 조절하였다.

배럴온도는 80, 90, 100, 110°C, 수분함량은 25, 30%로 각각 조절하였으며 스크루 회전속도는 250 rpm, 원료사입량은 115.9 g/min으로 고정하였다. 압출성형시료는 50°C에서 8시간 건조하고 후드 믹서(FM-680 Hanil, Korea)로 분쇄한 후 400 μm 이하의 분말을 실험에 사용하였다.

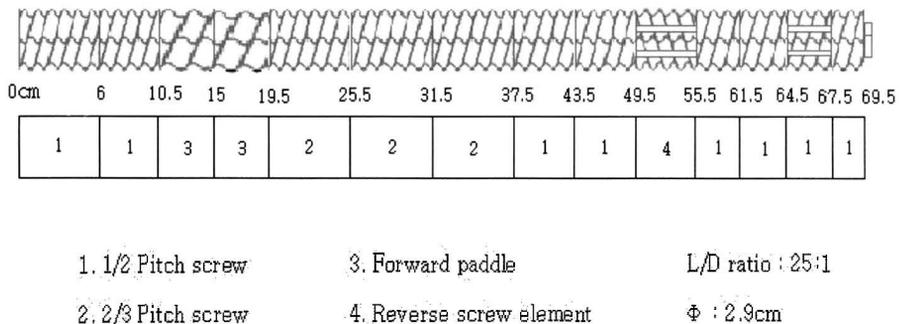


Fig. 1. Screw configuration for extruding corn starch(Model THK 31T).

### 비타민 C 함량

압출성형 비타민 C 매트릭스 시료 1 g을 12.5% trichloroacetic acid 수용액 10 mL에 녹여 vortex mixer를 사용하여 혼합한 후 용액을 3,000 rpm에서 30분간 원심분리한 다음 상층액을 수용성 여과지 (0.45  $\mu$ m membrane filter)로 여과하여 Sep-pak C18에 methanol 10 mL과 탈염수 10 mL를 사용하여 세척하고, 여과한 용액을 Sep-pak C18에 통과시켜 물로 10배 희석하여 분석하였다.

HPLC(Waters, USA) 분석조건은 칼럼은 Symmetry C18 (4.6 $\times$ 250 mm), 이동상은 0.23% KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>(pH 4.6): MeOH의 비(20:80, v/v), flow rate 1 mL/min, 칼럼온도 25°C, injection volumes는 50  $\mu$ m로 하여 254 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 파괴력

압출성형 매트릭스를 5 cm의 일정한 크기로 절단하여 Sun Rheometer(Cr-100D, Japan)로 파괴력을 측정하였으며 측정조건은 probe는 angle type(65°), 진입길이 0.5 cm, probe speed 60 mm/min, maximum strength 2 kg으로 조절하였다. 지지대간의 거리 1.5 cm인 지지대에서 압출성형 매트릭스 시료를 올려놓고 probe를 아래로 이동시켜 힘-거리 곡선의 최대 피크로부터 파괴력을 측정하였다.

### 색도

압출성형 비타민 C 매트릭스 분말의 색도를 색차계(Chroma Meter CR-300, Minolta, Japan)를 이용하여 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)값을 측정하였다. 압출성형 매트릭스 분말 2.2 g을 색도 측정용 용기에 넣은 후 L, a, 및 b를 3회씩 측정한 평균값으로 나타내었다.

### 호화도

시료분말 20 mg에 5 mL의 증류수와 25 mL의 sodium acetate buffer(pH 4.5)를 첨가한 다음, amyloglucosidase 0.05 mL을 넣고 항온수조에서 15분간 55°C에서 반응시켰다. 반응 후 25% TCA 2 mL을 첨가한 다음 20분간 4,200 rpm으로 원심분리한 후 상등액 0.5 mL에 o-toluidine 4.5 mL을 첨가하였다. 이 용액을 10분간 가열하여 냉각한 다음 acetic acid 5 mL을 첨가하여 630 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다.

호화도는 위와 같이 측정한 시료의 흡광도와 완전하게 호화된 시료를 동일한 방법으로 반응시킨

다음 630 nm에서 흡광도의 비(식 1)로 계산하였다.

$$\text{Gelatinization degree(\%)} = \frac{\text{Absorbance of sample at 630nm}}{\text{Absorbance of completely gelatinized at sample at 630nm}} \times 100 \quad (1)$$

### 수분용해지수와 수분흡착지수

압출성형 매트릭스의 수용성 성질을 분석하기 위하여 AACC방법(1983)을 응용하여 시료 1 g에 증류수 25 mL를 가하여 30°C의 항온수조(SWB 10, Jeio Tech, Korea)에서 30분간 교반한 후 원심분리기(H-1000-3, Hanil Science Industrial Co. Korea)에서 2,500 rpm으로 20분간 원심분리 하였다. 상등액을 알루미늄접시에 부어 105°C의 열풍건조기(HB-502MP, Han Beak Co. Korea)에서 2시간 동안 건조하여 고형분 함량을 측정한 다음 수분용해지수(water soluble index, WSI)와 수분흡착지수(water absorption index, WAI)를 각각 식(2)과 식(3)으로 계산하였다.

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

$$\text{WAI(g/g)} = \frac{\text{Hydrated sample wt.} - \text{Dry sample wt.}}{\text{Dry sample wt.}} \quad (3)$$

### 페이스트 점도

압출성형 매트릭스 분말의 페이스트 점도를 측정하기 위하여 신속점도측정기(RVA, Rapid visco analyser, Newport Scientific Inc., RVA3D, Australia)를 사용하였다. 시료 4 g(14%, w.b.기준)을 알루미늄캔에 넣은 후 25 mL의 증류수를 가한 다음 잘 분산시킨 현탁액의 페이스트 점도를 측정하였다.

신속점도기의 가열과 냉각조건은 초기온도 25°C에서 2분 동안 유지, 5분 동안 25°C에서 95°C로 가열, 3분 동안 95°C로 유지, 5분 동안 95°C에서 25°C로 냉각하였다. 시료의 분산을 증가시키기 위하여 10초간 960 rpm으로 페달을 회전시킨 후 160 rpm에서 점도를 측정 하였다. Fig. 2의 페이스트 점도곡선으로부터 저온최고점도(cold peak viscosity, CPV), 최저점도(trough viscosity, TV), 최종점도(final

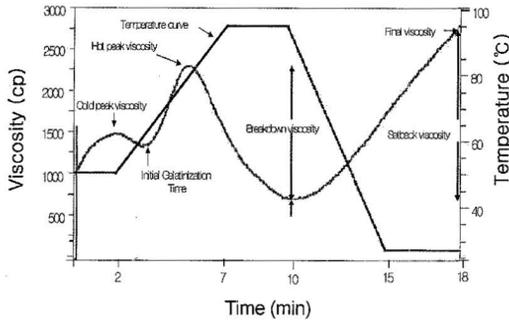


Fig. 2. RVA temperature profile and pasting parameters.

viscosity, FV), 구조파괴점도(breakdown viscosity, BV)와 회복점도(setback viscosity, SV) 등의 페이스 트점도 지표를 각각 계산하였다.

### 결과 및 고찰

#### 비타민 C 함량의 변화

배럴온도와 수분함량에 따른 압출성형 매트릭스 내부의 비타민 C 함량변화를 Fig. 3에 나타내었다. 압출성형 원료의 비타민 C 함량은 3.981 g/g였지만 배럴온도에 따른 압출성형 매트릭스의 비타민 C 함량은 수분함량 25%일 때 배럴온도 80, 90, 100, 110°C에서 각각 3.569, 3.352, 3.239, 2.969 g/g로 압출성형 후 각각 10.3, 15.8, 18.6, 25.4% 손실되었다. 수분함량 30%일 때 배럴온도 80, 90, 100, 110°C에서 비타민 C 함량은 각각 3.358, 3.260, 3.031, 2.912 g/g로 압출성형 후 15.6, 18.1, 23.9, 26.9% 손실되었다.

배럴온도 구간별 비타민 C의 손실량을 보면 배

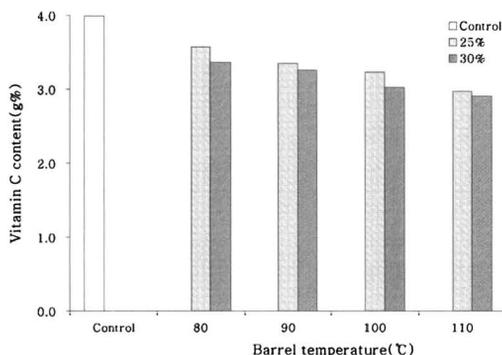


Fig. 3. Changes of vitamin C contents in extruded matrix at various barrel temperature and moisture content.

럴온도 80°C에서 90°C로 10°C 상승할 때보다 100°C와 110°C의 고온구간에서 10°C 상승할 때 비타민 C의 손실량이 많았다.

Byun et al.(1999)은 비타민 C 수용액과 비타민 C 함량이 높은 꿀을 water bath상에서 LTLT(63°C, 30분), HTST(72°C, 15초), 멸균(15 lb, 121°C, 15분) 조건의 가열처리 및 마이크로웨이브 처리(1, 2, 3분) 후 비타민 C 함량변화를 측정하였는데 비타민 C 수용액과 꿀에서 각각 가열처리는 22.5~36.8% 및 4.5~18.1%, 1~3분 동안 마이크로웨이브처리 시에는 23.1~47.4% 및 6.5~22.6%의 손실율을 나타내었다고 보고하였다. 본 실험에서 압출성형 매트릭스의 비타민 C 손실율은 10.3~26.9%이었는데 이는 비타민 C 수용액의 손실을 보다는 낮은 결과이었고 꿀의 비타민 C 손실을 보다는 높은 결과이었다. 이로부터 압출성형 매트릭스의 비타민 C 안정성이 비타민 C 수용액보다는 높고, 식품자체 즉 식품 성분 간 상호보호작용에 의해 손실이 적은 꿀보다는 낮은 것(Diehl, 1982)을 알 수 있었다.

Plunkett & Ainsworth(2007)는 쌀가루에 0.5% 비타민 C를 첨가하여 수분함량 15%, 배럴온도 75, 100, 125, 150°C, 스크루 회전속도 100, 200, 300 rpm에서 압출성형 후 비타민 C 함량을 측정하였는데 배럴온도의 증가에 따라 비타민 C 함량은 감소하였고 비타민 C의 잔존율은 56.4~79.2%라고 보고하였다. 이는 본 실험의 압출성형 공정변수와 동일한 조건은 아니지만 본 실험에서 배럴온도가 80°C에서 110°C로 증가함에 따라 비타민 C가 감소하는 결과와 일치한 결과이며 본 실험의 비타민 잔존율 73.1~89.7%보다는 약간 낮은 결과이었다.

수분함량에 따른 비타민 C 함량은 동일한 배럴온도에서 수분함량 25%가 30%일 때보다 높은 비타민 C 함량을 보여 수분함량이 25%에서 30%로 증가할수록 손실율은 증가하는 경향을 보였다. 따라서 압출성형 매트릭스 내부 비타민 C 함량에 배럴온도와 마찬가지로 수분함량 또한 많은 영향을 주는 것으로 판단되었다.

Eheart & Gott(1965)는 완두를 가열처리할 때 많은 양의 물 및 소량의 물로 데치기를 했을 때 소량의 물을 이용한 데치기에서 그 잔존율이 높았다고 보고하였다. 또한 Lim(1992)은 데치기, 찌기 및 압력 조리법에 의한 열처리 시 양배추, 시금치와 싹파는 소량의 물을 사용했을 때 그 잔존율이 높은 경향을 나타내었다고 보고하였다. 이는 본 실험에서 동일한 배럴온도에서 수분함량 25%가 30%보다

손실률이 낮은 결과와 같은 결과였다.

**파괴력**

배럴온도와 수분함량의 변화에 따른 압출성형 비타민 C 매트릭스의 파괴력을 Fig. 4에 나타내었다. 배럴온도가 80°C에서 110°C로 증가할수록 파괴력은 감소하였지만 수분함량이 25%에서 30%로 증가할수록 파괴력이 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 비타민 C가 첨가되지 않은 압출성형물의 경우 배럴온도의 증가와 수분함량의 감소에 따라 파괴력이 감소하는 경향과 동일한 결과를 보였다.

파괴력은 압출성형물의 품질을 결정하는 중요한 인자가 되며 팽화율, 밀도, 기공구조에 영향을 받는다. Chinnawamy & Hanna(1999)는 팽화율이 증가할수록 파괴력이 감소하였다고 하였다. 또한 Bhattacharya et al.(1986)은 수분함량이 증가할수록 밀도가 증가하므로 파괴력이 증가하였다고 하였다. 본 실험에서 비타민 C가 첨가되지 않은 옥수수전분 압출성형물과 동일하게 비타민 C가 첨가된 압

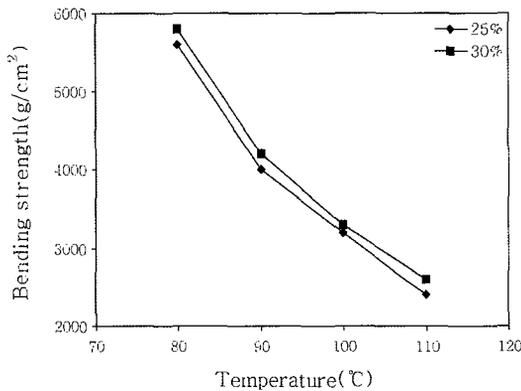


Fig. 4. Effect of barrel temperature and moisture content on breaking strength of extruded vitamin C matrix.

출성형 매트릭스의 파괴력도 수분함량의 증가와 함께 증가하는 경향을 보였다.

**색도**

비타민 C 첨가 압출성형 매트릭스 분말의 색도를 측정된 결과를 Table 1에 나타내었다. 명도(L)는 수분함량 30%, 배럴온도 110°C에서 68.26으로 가장 높았고 수분함량 25%, 배럴온도 80°C에서 58.76으로 가장 낮았다. 한편 적색도(a)는 수분함량 30%, 배럴온도 110°C에서 3.25로 가장 높았고 수분함량 25%, 배럴온도 80°C에서 0.23으로 가장 낮았다. 즉 수분함량과 배럴온도가 증가할수록 적색도는 증가하는 경향을 나타내었다.

황색도(b)는 배럴온도와 수분함량에 유의적으로 영향을 받지 않았다. 명도의 증가는 전분의 압출성형에 의한 용융과 재결정화가 높아짐에 따라 높은 값을 나타내므로 배럴온도와 수분함량의 증가에 따라 증가한 것으로 판단되었다. 비타민 C 첨가 압출성형 매트릭스의 경우 무첨가 옥수수전분 압출성형물과 동일하게 수분함량과 배럴온도에 따라 황색도보다 적색도가 영향을 많이 받았다.

**호화도**

수분함량과 배럴온도에 따른 비타민 C 첨가 압출성형 매트릭스의 호화도를 Fig. 5에 나타내었다. 수분함량이 25%일 때 배럴온도가 80°C에서 110°C로 증가함에 따라 호화도는 79%에서 93%로 증가하였으며, 30%일 때 배럴온도가 80°C에서 110°C로 증가함에 따라 호화도는 82%에서 96%로 증가하였다. 또한 배럴온도 100°C에서 수분함량이 25%에서 30%로 증가할수록 호화도는 88%에서 92%로 증가하였다.

전분의 호화도는 수분함량에 영향을 받게 되고

Table 1. Change in color of extruded vitamin C matrix powder at different moisture content and barrel temperature

Extrusion process variable		Lightness	Redness	Yellowness
Barrel temperature(°C)	Moisture content(%)	(L)	(a)	(b)
80	25	58.76	0.23	32.24
	30	59.12	1.24	32.76
90	25	59.36	2.27	33.12
	30	61.21	2.32	34.00
100	25	66.49	2.96	33.96
	30	66.54	2.74	34.12
110	25	67.43	3.12	34.41
	30	68.26	3.25	34.86

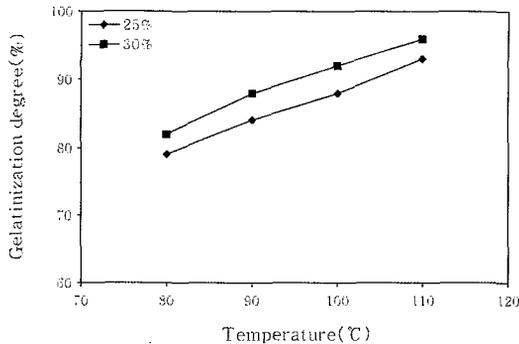


Fig. 5. Effect of barrel temperature and moisture content on gelatinization degree of extruded vitamin C matrix.

일정 수분 이상에서는 호화도의 변화가 없게 되는데 이는 전분입자 내의 결정이 용융되어 호화가 완료되기 때문이다. 압출성형 비타민 C 매트릭스의 경우 옥수수전분 압출성형물의 호화도와 같이 배럴온도가 증가하고 수분함량이 증가할수록 호화도는 증가하는 경향을 보였다.

#### 수분용해지수와 수분흡착지수

압출성형 매트릭스 내부의 수분용해지수와 수분흡착지수를 Table 2에 나타내었다. 압출성형 처리구의 수분용해지수와 수분흡착지수가 무 처리구에 비해 증가하였다.

배럴온도에 따른 수분용해지수와 수분흡착지수의 변화는 수분함량 25%와 30%에서 배럴온도가 80°C에서 110°C로 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 수분함량에 따른 수분용해지수와 수분흡착지수의 변화는 수분함량이 25%에서 30%로 증가함에 따라 수분용해지수는 감소하고, 수분흡착지수는 증가

Table 2. Change in water absorption index(WAI) and water solubility index(WSI) of extruded vitamin C matrix at different moisture content and barrel temperature

Extrusion process variable		WAI	WSI(%)
Barrel temperature(°C)	Moisture content(%)		
80	25	6.59	12.53
	30	6.78	9.86
90	25	6.93	13.17
	30	7.23	10.23
100	25	7.54	14.25
	30	8.12	11.21
110	25	8.24	16.17
	30	8.86	13.25
Non-extruded cornstarch		5.81	7.10

하는 경향을 보였다.

압출성형시료에서 수분용해지수는 수분함량 25%에서 배럴온도가 80°C에서 110°C로 증가함에 따라 12.53%에서 16.17%로 증가하였고, 수분함량 30%에서 배럴온도가 80°C에서 110°C로 증가함에 따라 9.86%에서 13.25%로 증가하였다. 수분용해지수는 수분함량이 25%에서 30%로 증가함에 감소하였다.

배럴온도 변화에 따른 수분흡착지수는 수분함량 25%에서 배럴온도가 80°C에서 110°C로 증가함에 따라 6.59에서 8.24로 증가하였고 수분함량 30%에서 80°C에서 110°C로 증가함에 따라 6.78에서 8.86로 증가하였다. 즉 수분함량에 따른 수분흡착지수의 변화는 수분함량이 25%에서 30%로 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다.

이상의 결과 압출성형공정을 통해 매트릭스의 수분용해지수와 수분흡착지수가 증가하였는데 Chinnaswamy & Hanna(1999)는 옥수수전분으로 실험한 압출성형물은 아밀로펙틴이 아밀로오스보다 분획이 잘 이루어진다고 하였고, Jackson et al.(1990)은 압출성형에 의해 아밀로오스함량이 증가하여 수분용해지수가 증가한다고 하였다. 본 실험에서 옥수수전분의 아밀로펙틴사슬이 압출성형공정 중에 강한 증밀림에 의해 절단되어 수분용해지수와 수분흡착지수가 증가한 것으로 판단되었다.

#### 페이스트 점도

신속점도측정기를 사용하여 측정된 압출성형 매트릭스 분말의 페이스트 점도지표를 Table 3에 나타내었다. 압출성형 처리구의 저온최고점도, 최저점도, 최종점도, 회복점도는 무 처리구에 비해 크게 감소하였다.

저온최고점도는 압출성형 매트릭스가 무 처리구에 비해 현저히 감소하였고, 압출성형 매트릭스의 저온최고점도는 배럴온도가 80°C에서 90°C로 증가함에 따라 증가하였고 수분함량이 25%에서 30%로 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다.

최저점도는 압출성형 처리구가 무 처리구에 비해 현저히 감소하였고 수분함량이 증가할수록 최저점도는 증가하였다. 최저점도는 배럴온도 110°C, 수분함량 25%일 때 가장 낮게 나타났고 배럴온도 90°C, 수분함량 30%일 때 가장 높았다.

최종점도와 회복점도는 수분함량이 25%에서 30%로 증가함에 따라 증가하였다. 최종점도는 온도가 80°C에서 110°C로 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 최종점도는 일반적으로 겔 형성능력과

**Table 3. Change in paste viscosity of extruded vitamin C matrix at different moisture content and barrel temperature**

Extrusion process variables		Paste viscosity(cp)				
Barrel temperature(°C)	Moisture content(%)	CPV	TV	FV	BV	SV
80	25	812	76	370	736	283
	30	898	92	457	806	346
90	25	904	46	302	851	279
	30	982	53	335	935	298
100	25	967	43	310	924	288
	30	1073	45	326	1028	321
110	25	997	24	300	973	293
	30	1215	27	315	1188	336
Non-extruded cornstarch		1627	763	2321	864	1732

CPV : cold peak viscosity

TV : trough viscosity

FV : final viscosity

BV : breakdown viscosity

SV : setback viscosity

노화도 등의 지표로 사용되며 수분함량이 높아질수록 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 수분함량이 높아질수록 배럴내부 반죽에 가해지는 전단력이 낮아져 파괴되는 전분사슬이 감소하며, 배럴온도의 영향은 낮은 온도에서 전분사슬의 파괴도가 낮아짐에 기인한 것으로 판단되었다.

구조파괴점도는 최고점도와 최저점도의 차이로서 호화과정 중에서 RVA paddle이 페이스트에 작용하는 물리적 힘에 의한 호화전분입자의 파괴와 전분사슬의 절단정도를 나타낸다. 일반적인 전분입자의 파괴도와 점도는 전분의 호화가 진행되는 동안에 전분의 종류, 기계적 전단응력의 영향을 받는다. Ryu (2002)은 밀가루 압출성형물과 옥수수전분 압출성형물에서 수분함량이 증가하면 수분이 압출성형물의 호화에 영향을 주어 최고점도를 증가시켜 구조파괴점도를 증가시킨다고 하였다.

## 요 약

압출성형 공정변수(배럴온도, 수분함량)를 달리하여 제조한 압출성형 비타민 C 매트릭스의 비타민 C 함량변화, 파괴력, 색도, 호화도, 수분흡착지수와 수분용해지수, 페이스트점도의 변화를 살펴보았다. 압출성형 공정변수는 원료(비타민 C 5%)와 배럴온도(80, 90, 100, 110°C), 수분함량(25, 30%), 사출구 직경 3.0 mm로 하여 압출성형을 하였다. 매트릭스 내부의 비타민 C 함량은 배럴온도와 수분함량이 증가할수록 감소하였다. 파괴력은 배럴온도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 압출성형 매트릭스

분말의 명도(L)값은 수분의 증가에 따라 증가하였으며 적색도(a)값은 배럴온도가 증가할수록 증가하였고, 황색도(b)값은 수분함량과 배럴온도에 유의적으로 영향을 받지 않았다. 수분흡착지수와 수분용해지수는 압출성형을 통하여 증가하였으며 배럴온도가 증가할수록 증가하였다. 호화도는 배럴온도와 수분함량이 증가할수록 높게 나타났다. 페이스트점도는 수분함량과 배럴온도에 유의적으로 영향을 받았다.

## 감사의 글

이 논문은 2007년도 정부재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-614-F00003(I00084)).

## 참고문헌

- AACC. 1983. Approved Method of the AACC(10th ed). Method 56-20. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA
- Byun MW, Lee IS and Kang KO. 1999. Change of ascorbic acid contents induced from gamma irradiation, heating and microwave treatments. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **28(4)**: 954-957
- Bhattacharya M, Hanna MA and Kaufman RE. 1986. Textural properties of extruded plant protein blends. *J. Food Sci.* **51(4)**: 988-993
- Cheigh HS. 1986. Vitamin retention in rice bran during extrusion cooking. *Korean J. Food Sci. Technol.* 3-10
- Chinnaswamy R, Hanna MA. 1999. Macromolecular and

- functional properties of native and extrusion cooked corn starch. *Cereal Chem.* **6**: 490-498
- Diehl JF. 1982. Radiolytic effects in foods. In: *Preservation of Food Ionizing Radiation*(1st ed). Edward SJ and Martin SP(eds.). CRC Press Inc. Boca Raton, Florida, USA. p280-357
- Eheart MS and Gott C. 1965. Chlorophyll, ascorbic acid and pH change in green vegetables cooked by stri-fry, microwave and conventional methods and a comparison of chlorophyll methods. *Food Tech.* **19**: 867-869
- Grafelman DD and Meagher MM. 1995. Liquefaction of starch by a single-screw extruder and post-extrusion static-mixer reactor. *J. Food Eng.* **24**: 529-542
- Jackson DS, Gomez MH, Waniska RD and Rooney LW. 1990. Effects of single-screw extrusion cooking on starch as measured by aqueous high-performance size-exclusion chromatography. *Cereal Chem.* **67**: 529-535
- Kee HJ, Ryu GH and Park YK. 2001. Physical properties of extruded snack made of dried onion and onion pomace. *J. Korean Soc. Food Sic. Nutr.* **30(1)**: 64-69
- Kim DS. 2004. Effect of extrusion conditions on release of ingredients in normal and high-amylose cornstarch extrudates. MS Thesis. Kongju National University, Yesan
- Lee CH, Kim DC, Kim CJ, Jeon JH, Kim JB, Kim JD and Son JC. 1987. *Food Extrusion Technology*. Yu-Lim Sa, Seoul. p167-178
- Lim SJ. 1992. Retention of ascorbic acid in vegetables as influenced by various blanching methods. *Korean J. Soc. Food Sci.* **8(4)**: 411-419
- Meuser F and Wiedmann W. 1989. Extrusion plant design. In: *Extrusion Cooking*. AACC. St. Paul, MN. p91-155
- Plunkett A and Ainsworth P. 2007. The influence of barrel temperature and screw speed on the retention of L-ascorbic acid in an extruded rice based snack product. *J. Food Eng.* **78**: 1127-1133
- Rauwendaal C. 1996. *Polymer extrusion*. Hanser Publishers, New York. p20-55
- Ryu GC. 2002. Effect of melt moisture and post-extrusion variables on pasting and thermal properties of corn starch extrudates. MS Thesis. Kongju National University, Yesan
- Ryu GH, Neumann PE and Walker CE. 1994. Effects of emulsifiers on physical properties of wheat flour extrudates with/without sucrose and shortening. *Lebensm. Wiss. Technol.* **27**: 425-431
- Ryu GH and Walker CE. 1994. Cell structure of wheat flour extrudates produced with various emulsifiers. *Lebensm. Wiss. Technol.* **21**: 432-436
- Ryu GH and Walker CE. 1994. The effects of extrusion conditions on the physical properties of flour extrudate. *Starch/Starke* **47**: 33-36
- Ryu GH and 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
- Ryu GH. 2003. Texturization of plant protein by using extrusion process. *Food Engineering Progress* **7(2)**: 73-79
- Solichien BW, Ryu GH and Kim DS. 2003. Preliminary study of enzymatic hydrolysis of corn starch in twin-screw extruder. 70th Annual Conference in Korea Society of Food Science and Technology, June 27-29, Kyungju, Korea. p204

---

(접수 2007년 7월 26일, 채택 2007년 10월 18일)