

## 압출성형 옥수수 전분 매트릭스 내부의 비타민 C 함량에 미치는 압출성형 공정변수와 포장방법의 영향

한재윤 · 김미환 · 박종환 · 김석중 · 박희용 · Hamit Koksel<sup>1</sup> · 류기형<sup>†</sup>  
공주대학교 식품공학과

## Effect of Process Variables and Packaging on Vitamin C Content of Extruded Cornstarch Matrix

Jae-Yoon Han, Mi-Hwan Kim, Jong-Hwan Park, Seok-Joong Kim, Hee-Yong Park,  
Hamit Koksel<sup>1</sup> and Gi-Hyung Ryu<sup>†</sup>

*Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan 340-800, Korea*

<sup>1</sup>*Department of Food Engineering, Hacettepe University, 06532 Beytepe, Ankara, Turkey*

### Abstract

The vitamin C content in extruded cornstarch matrix was shown to depend on extrusion process variables (barrel temperature and water content), the packaging method, and the storage period. In addition, loss rates of vitamin C under different processing conditions were calculated. Extrusion process variables were barrel temperature (80°C, 90°C, 100°C and 110°C), and water content (25%, 30%, both w/w). The vitamin C content decreased as barrel temperature increased from 80°C to 110°C and water content increased from 25% to 30% when either LDPE plastic film packaging or ON film vacuum packaging were employed. As barrel temperature and water content increased, vitamin C decreased in cornstarch packed in either LDPE film or ON film. As temperature increased, vitamin C loss rate increased under both packaging conditions, but the loss rate was only 50% of the LDPE film packaging rate when ON film vacuum packaging was used. In conclusion, the higher the temperature, and the greater the water content, the less vitamin C was inactivated during extrusion cooking, although the loss rate of vitamin C became faster as temperature and water content rose. In conclusion, extrusion process could be applied for making vitamin C matrix to extend vitamin C preservation.

**Key words** : vitamin C, extruded cornstarch matrix, extrusion process, loss rate

### 서 론

비타민 C는 필수영양소로서 항산화, 콜라겐 생성에 중요한 역할을 한다. 또한 체내에서 철분의 장내흡수를 촉진시켜 철분의 장내에 저장하게 도와준다. 식품산업에서 산화억제, 육색소의 고정, 반죽의 품질향상 등에 사용되고 있다. 비타민 C의 파괴에 영향을 미치는 인자는 열, 산소, 수분, pH 등이 있다. 식품가공에서 방사선 조사나 마이크로웨이브처리와 같은 가열에 의한 파괴와 빛과 습기 등 여러 외부환경요인에 민감하여 쉽게 산화되는 경우가 많다(1).

식품산업에서 감미료, 색소, 산류, 소금, 항산화제, 향미생물성분, 보존제의 마이크로캡슐화와 같이 비타민 C를 마이크로 캡슐화 하여 방출을 제어하는 기술이 식품산업에 응용되고 있다. 식품에서 방출제어의 장점은 활성이 강한 성분의 용출시간을 제어하여 용출하는 시간을 연장할 수 있고, 조리 중 비타민, 무기성분과 같은 성분들의 파괴를 피하거나 줄일 수 있다. 마이크로캡슐을 만들 수 있는 방법으로 압출성형을 들 수 있다. 압출성형을 이용한 캡슐화의 매트릭스 소재는 중합체인 전분을 많이 사용한다. 전분은 화학적, 생화학적 수단이나 발효에 의해 쉽게 물질의 변환이 가능하므로 이용가치가 크다. 식품가공분야에서 전분의 팽윤, 호화, 겔화, 노화 또는 팽화 등의 성질을 이용하여 식품의 식미와 조직감이 우수한 제품이 개발되고 있다(2).

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

압출성형 공정은 1930년대에 노동 집약적인 기술의 해결 방안으로 산업에 응용되기 시작하여, 고분자 플라스틱성형에 가장 먼저 적용되었다(3). 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 갈색화반응 등이 단기간에 일어나는데 이는 압출성형 독립변수의 조절을 통해 조절할 수 있다(4). 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(5).

이러한 압출성형 공정의 특성을 이용하여 곡류를 팽화시킨 스낵제품(6-10), 탄산가스나 초임계 탄산을 주입을 통해 100°C 이하의 비교적 저온에서 호화된 곡류용융반죽을 팽화시켜 열에 불안정한 영양소나 기능성 성분을 강화하기 위한 저온 압출성형, 호화전분, 식물성 단백질의 전환(11), 고분자 물질의 전환(12, 13) 등의 연구결과와 함께 다양하게 적용되고 있다. 또한 압출성형 처리에 의한 rice brain 내부의 비타민 함량의 변화에 대한 연구(14)는 진행되었지만 압출성형공정으로 제조한 압출성형 매트릭스 내부의 비타민의 안정성 즉, 비타민의 함량변화에 대한 실험이 진행되지 않았다.

따라서 본 연구는 압출성형 공정변수(배럴온도, 수분함량)를 달리하여 제조한 비타민 C 매트릭스의 포장법과 저장기간에 따른 매트릭스 내부 비타민 C 함량 변화와 손실속도를 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 옥수수전분은 삼양제넥스(인천, 2004)에서 구입하여 사용하였으며, 수분함량은 12.2%이었다. 비타민 C는 특급의 L-Ascorbic acid(99.5%, 삼전화학)를 구입하여 사용하였다.

### 압출성형공정

본 실험은 옥수수전분 중량 기준으로 5% 비타민 C를 첨가한 시료를 수분함량 25%와 30%로 조절한 후 24시간 동안 냉장 보관하여 수분을 고르게 분포시킨 다음, 압출성형시료를 제조하였다. 본 실험에 사용된 동방향쌍축압출성형기(THK 31T, Incheon Machinery, Korea)는 국내에서 제작된 실험용 압출성형기로 스크루 직경은 29 mm, 길이와

직경비(L/D ratio)는 25:1 이었으며 스크루 배열은 Fig. 1과 같다. 사출구의 직경은 3 mm인 것을 사용하였고 배럴의 온도 조절은 전열기와 냉각수를 사용하여 조절하였다.

압출성형 공정변수는 배럴온도와 수분함량이며 사출구 부위 배럴의 온도는 80, 90, 100, 110°C, 수분함량은 25, 30%로 하였다. 스크루 회전속도는 250 rpm, 원료사입량은 115.9 g/min으로 고정하였다. 압출성형시료는 50°C에서 8시간 건조하고 후드 믹서(FM-680 Hanil)로 분쇄한 후 400 µm체로 친 분말을 실험에 사용하였다.

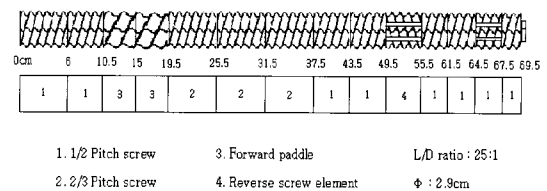


Fig. 1. Screw configuration for extruding cornstarch(Model THK 31T).

### 포장방법

압출성형 시료의 포장은 ON(Oriented Nylon : 두께 0.08 mm, 산소투과도 11~30 cc/day\*m<sup>2</sup>)필름과 LDPE(Low Density Polyethylene : 두께 0.05 mm, 산소투과도 1500~10000 cc/day\*m<sup>2</sup>)플라스틱필름을 적용하였다. ON필름진공포장은 직열식 진공 포장기(AZJ-SERIES)를 사용하였다. 시료의 보관은 필름을 크기 18×22 cm로 제작하여 시료를 각각 100 g씩 담고 빈 공간을 최소화하여 밀봉하여 2°C에서 냉장 보관 하였다.

### 비타민 C의 측정

압출성형 시료 1 g를 12.5% trichloroacetic acid 수용액 10 mL에 녹여 vortex mixer를 사용하여 혼합한 후 용액을 3,000 rpm에서 30분간 원심분리한 후 상층액을 수용성 여과지(0.45 µm membrane filter)로 여과하여 Sep-pak C<sub>18</sub>에 methanol 10 mL와 탈 염수 10 mL를 사용하여 차례대로 세척하고, 여과한 용액을 Sep-pak(C<sub>18</sub>)에 통과시켜 물로 10배 희석하여 분석하였다.

HPLC(Waters, USA) 분석조건은 칼럼은 Symmetry C18(4.6×250 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 µm로 하여 254 nm에서 분석하였다.

### 손실속도상수

포장방법을 달리한 저장기간에 따른 압출성형 매트릭스의 비타민 C 손실속도상수를 측정하기 위하여 저장기간에

다른 압출성형 매트릭스의 비타민 C 함량(C<sub>i</sub>)과 압출성형 후 2일 경과한 압출성형 매트릭스의 비타민 C 함량(C<sub>0</sub>)의 비에 자연로그를 취하였다. 저장기간과 자연로그 값과의 일차식의 기울기로부터 손실속도상수를 구하였다(15).

$$\ln(C_i/C_0) = -kt$$

C<sub>i</sub>: Vitamin C content in extruded matrix during storage period(%)

C<sub>0</sub>: Vitamin C content in extruded matrix at 2 day storage(%)

k: Inactivation rate constant(week<sup>-1</sup>)

t: Storage period(week)

### 결과 및 고찰

#### 압출성형 공정변수에 따른 비타민 C의 함량

압출성형 원료의 비타민 C 함량, 압출성형 공정변수 배럴온도와 수분함량에 따른 압출성형 매트릭스 내부의 비타민 C 함량 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 압출성형 원료의 비타민 C 함량은 3.981 g%이었다. 배럴온도에 따른 압출성형 매트릭스의 비타민 C 함량은 수분함량 25%일 때 배럴온도 80, 90, 100 및 110°C에서 각각 3.57, 3.35, 3.24 및 2.97 g%로 압출성형 후 각각 10.3, 15.8, 18.6 및 25.4% 손실되었다. 수분함량 30%일 때 배럴온도 80, 90, 100 및 110°C에서 비타민 C 함량은 각각 3.36, 3.26, 3.03 및 2.91 g%로 압출성형 후 15.6, 18.1, 23.9 및 26.9% 손실되었다.

배럴온도 구간별 비타민 C의 손실양을 보면 배럴온도 80°C와 90°C의 저온구간에서 10°C 상승할 때보다는 100°C와 110°C의 고온구간에서 10°C 상승할 때 비타민 C의 손실양이 많았다.

Byun 등(1)은 비타민 C 수용액과 비타민 C 함량이 높은 꿀을 water bath상에서 LTLT(63°C, 30분), HTST(72°C, 15초), 멸균(121°C, 15분)조건의 가열처리 및 마이크로웨이브 처리(1, 2, 3분)후 비타민 C 함량 변화를 측정하였는데

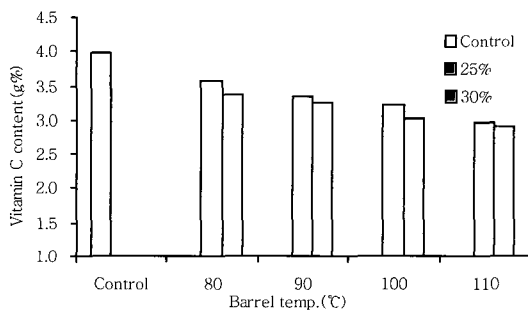


Fig. 2. Changes in vitamin C contents at various barrel temperature and moisture content.

비타민 C 수용액 및 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 고온단시간 가열처리공정인 압출성형을 이용하여 제조한 매트릭스의 비타민 C 손실율은 10.3~26.9%이었는데, 공정상의 차이는 있지만 비타민 C 수용액의 손실율보다는 낮고 꿀의 비타민 C 손실율보다는 높은 결과를 보였다. 이로부터 압출성형 매트릭스의 비타민 C 안정성이 비타민 C 수용액보다는 높고, 식품자체 즉 식품 성분 간 상호보호작용에 의해 손실이 적은 꿀보다는 낮다는 것을 알 수 있었다(16).

Plunkett와 Ainsworth(17)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 C 잔존율 73.1~89.7%보다 약간 낮은 결과이었다.

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

Lim(18)은 데치기, 찌기 및 압력 조리법에 의한 열처리 시 양배추, 시금치와 실파는 소량의 물을 사용했을 때 그 잔존율이 높은 경향을 나타내었다고 보고하였다. 이는 본 실험에서 동일한 배럴온도에서 수분함량 25%가 30%보다 손실률이 낮은 결과와 유사한 결과이었다.

#### 포장방법과 저장기간에 따른 비타민 C 함량 변화

포장방법(ON필름진공포장, LDPE플라스틱필름포장)과 저장기간에 따른 비타민 C 함량 변화는 Table 1과 같고 압출성형 원료와 수분함량 25%일 때 배럴온도 80, 90, 100 및 110°C에서 비타민 C 함량 변화는 Fig. 3과 같다. 압출성형 원료에서 1주일 후 비타민 C 함량은 ON필름진공포장과 LDPE플라스틱필름포장의 경우 각각 3.96, 3.27 g%로 1주일 전에 비하여 각각 0.43, 17.86% 감소하였다. 수분함량 25%일 때 배럴온도 80, 90, 100 및 110°C에서 ON필름진공포장의 경우 1주일 후 압출성형 매트릭스 내부의 비타민 C 함량은 3.57, 3.35, 3.24 및 2.96 g%로 1주일 전에 비하여 각각 0.06, 0.21, 0.12 및 0.17% 감소하였다. LDPE플라스틱 필름포장의 경우 비타민 C 함량은 각각 3.12, 2.96, 2.71 및 2.12 g%로 각각 12.72, 11.81, 16.27 및 28.33% 감소하였다.

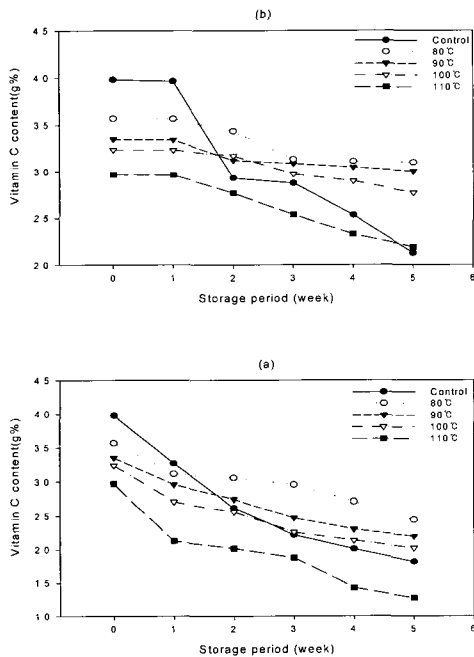
**Table 1. Effect of packaging type and storage period on vitamin C content in extruded matrix**

Extrusion process variables		Storage period (week)										
		0		1		2		3		4		5
Barrel temperature (°C)	Mixture content (%)	L <sup>1)</sup>	O <sup>2)</sup>	L	O	L	O	L	O	L	O	
Control <sup>3)</sup>		3.981	3.270	3.964	2.623	2.930	2.221	2.872	2.009	2.532	1.814	1.215
80	25	3.569	3.115	3.567	3.056	3.437	2.954	3.135	2.712	3.112	2.439	3.100
	30	3.358	3.062	3.357	2.926	3.271	2.782	3.125	2.568	3.103	2.314	3.062
90	25	3.352	2.956	3.345	2.748	3.123	2.469	3.087	2.302	3.046	2.196	3.002
	30	3.260	2.854	3.259	2.685	3.102	2.365	3.035	2.212	3.012	2.100	2.992
100	25	3.239	2.712	3.235	2.561	3.173	2.263	2.975	2.134	2.894	2.021	2.765
	30	3.031	2.547	3.023	2.347	3.002	2.115	2.931	2.014	2.874	1.857	2.667
110	25	2.969	2.128	2.964	2.017	2.765	1.875	2.536	1.425	2.326	1.269	2.189
	30	2.912	2.042	2.905	1.952	2.875	1.635	2.526	1.217	2.135	1.065	2.016

<sup>1)</sup>LDPE(Low density Polyethylene) plastic film packaging.

<sup>2)</sup>ON(Oriented Nylon) film vacuum packaging.

<sup>3)</sup>Unextruded corn starch with 5 g% vitamin C.



**Fig. 3. Change in vitamin C content in extruded matrix at different packaging type and moisture content at 25%.**

(a)LDPE plastic film packaging.

(b)ON film vacuum packaging.

수분함량 30%일 때 배럴온도 80, 90, 100 및 110°C에서 ON필름진공포장의 경우 1주일 후 압출성형 매트릭스 내부의 비타민 C 함량은 3.36, 3.26, 3.02 및 2.91 g%로 1주일 전에 비하여 각각 0.03, 0.03, 0.26 및 0.24% 감소하였다. LDPE플라스틱필름포장(0.05 mm)의 경우 비타민 C 함량

은 각각 3.06, 2.85, 2.55 및 2.04 g%로 각각 8.81, 12.45, 15.97 및 29.88% 감소하였다. 배럴온도 110°C와 비교하여 80°C가 ON필름진공포장과 LDPE플라스틱필름포장에서 1주일 후 비타민 C의 손실률은 낮았다.

배럴온도 80°C, 수분함량 25%에서 저장기간이 5주치의 ON필름진공포장과 LDPE플라스틱필름포장의 비타민 C 함량은 ON필름진공포장이 3.1 g%이었고 LDPE플라스틱 필름포장은 2.44 g%로 손실률은 각각 13.14%와 31.66%이었다. 배럴온도 110°C, 수분함량 30%일 때 저장 5주 후 ON필름진공포장에서 비타민 C 함량은 2.02 g%, LDPE플라 스틱필름포장에서 1.07 g%로 각각 30.77%와 63.43% 감소 하였다.

저장기간의 증가와 함께 압출성형 매트릭스 내부의 비타 민 C 함량은 ON필름진공포장과 LDPE플라스틱필름포장 모두 감소하였다. 배럴온도 80°C보다 110°C에서 제조한 압 출성형 매트릭스의 비타민 C의 손실률이 높게 나타났다. 압출성형 원료와 압출성형 매트릭스에서 1~5주일 저장한 비타민 C 함량은 ON필름진공포장이 LDPE플라스틱필름 포장보다 손실률이 크게 낮았고 ON필름진공포장에서 압 출성형 매트릭스가 압출성형 원료보다 손실률이 낮게 나타 났다. LDPE플라스틱필름포장에서 배럴온도 110°C, 수분함 량 25, 30%일 때 매트릭스를 제외하고 압출성형 매트릭스 가 압출성형 원료보다 손실률이 낮았다.

Margaret Barth와 Zhuang(19)은 broccoli florets를 수확 후 5°C에서 0~6일간 저장하면서 포장방법에 따른 비타민 C 함량을 측정하였는데 LDPE플라스틱필름포장의 경우 14~46%의 잔존율을 나타내었다고 보고하였다. 이는 본 실험의 LDPE플라스틱필름포장의 일주일 후 매트릭스의 비 타민 C 잔존율과 비슷한 결과이었다.

Lee 등(20)은 pH 5.0의 acetate buffer에서의 비타민 C는 7일 경과 후 대부분이 산화되지만 같은 조건에서 liposome 에 비타민 C를 미세캡슐화할 경우 40일이 경과하여도 22.8%의 비타민 C가 잔존하여 비타민 C를 미세캡슐화하면 저장기간을 향상시킬 수 있다고 보고하였다. 이는 본 실험 에서 저장기간이 경과 할수록 원료나 압출성형 매트릭스의 비타민 C 함량이 감소한 결과와 일치한 결과이며 압출성형 공정을 이용한 비타민 C 첨가 압출성형 매트릭스의 제조방 법 역시 미세캡슐화와 같이 비타민의 저장기간을 향상시키 는 보호수단임을 알 수 있었다.

배럴온도 80°C에서 110°C로 증가하고 수분함량 25%에 서 30%로 증가한 조건에서 압출성형한 매트릭스의 저장기 간에 따른 비타민 C 손실양의 증가한 이유는 110°C와 30% 에서 매트릭스 내부 기공의 증가와 기공 벽의 두께 감소 때문에 표면적이 증가하기 때문으로 판단되었다.

**손실속도상수**

저장기간 0~5주에서 압출성형 원료와 압출성형 매트릭

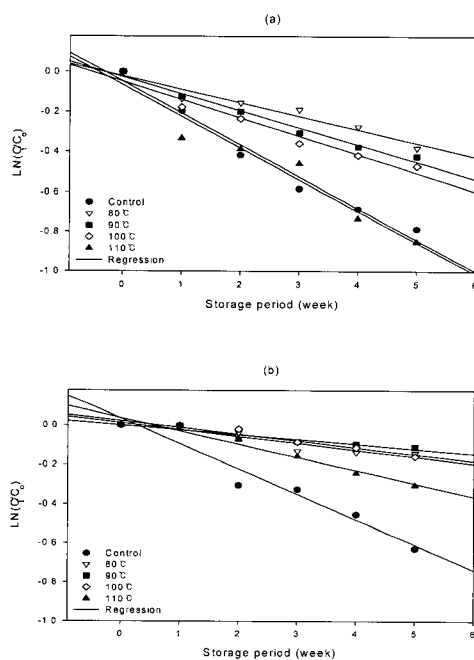
스의 포장방법에 따른 비타민 C 손실속도상수는 Table 2와 같고 포장방법에 따른 압출성형 원료, 수분함량 25%일 때 압출성형 매트릭스의 저장기간과  $LN(C_t/C_0)$ 의 1차 선형 회귀직선은 Fig. 4와 같다. LDPE플라스틱필름포장과 ON필름진공포장 모두 온도가 증가할수록 손실속도상수는 증가하는 경향을 나타내었다.

**Table 2. Effect of extrusion process variable and packaging type on inactivation rate constant of vitamin C in extruded matrix**

Extrusion process variables		LDPE plastic film packaging		ON film packaging	
Barrel temp.(°C)	Moisture content(%)	k <sup>1)</sup> (week <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	k(week <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
Control <sup>2)</sup>		0.1588	0.97	0.1287	0.94
80	25	0.0672	0.94	0.0345	0.88
	30	0.0697	0.98	0.0212	0.93
90	25	0.0849	0.98	0.0241	0.89
	30	0.0883	0.98	0.0196	0.90
100	25	0.0915	0.96	0.0340	0.94
	30	0.0931	0.96	0.0233	0.80
110	25	0.1579	0.95	0.0668	0.96
	30	0.1931	0.97	0.0826	0.88

<sup>1)</sup>Inactivation rate constant.

<sup>2)</sup>Unextruded corn starch with 5 g% vitamin C.



**Fig. 4. Regression between storage period and  $ln(C_t/C_0)$  at moisture content 25%.**

(a)LDPE plastic film packaging.  
(b)ON film vacuum packaging.

압출성형 원료는 LDPE플라스틱필름포장일 때 0.16 week<sup>-1</sup>, ON필름진공포장일 때 0.13 week<sup>-1</sup>로 ON필름진공포장이 손실속도가 낮았으며 배럴온도 110°C, 수분함량 30% 매트릭스를 제외하고 압출성형 매트릭스가 압출성형 원료보다는 손실속도상수가 낮은 값을 나타내었다.

LDPE플라스틱필름포장에서 배럴온도가 80°C에서 110°C로 증가함에 따라 수분함량 25%일 때 손실속도상수는 각각 0.07 week<sup>-1</sup>과 0.16 week<sup>-1</sup>이었고 30%일 때 각각 0.07 week<sup>-1</sup>과 0.19 week<sup>-1</sup>로 증가하였다. ON필름진공포장에서 배럴온도가 80°C에서 110°C로 증가함에 따라 수분함량 25%일 때 손실속도상수는 각각 0.03 week<sup>-1</sup>과 0.07 week<sup>-1</sup>이었고 30%일 때 각각 0.02 week<sup>-1</sup>과 0.08 week<sup>-1</sup>이었다. LDPE플라스틱필름포장 보다 ON필름진공포장이 손실속도상수가 2배 이상 낮은 것을 볼 수 있다. 이것은 ON필름진공포장이 LDPE플라스틱필름포장보다 공기 중의 산소의 영향을 적게 받은 것으로 사료된다.

수분함량 25%일 때 배럴온도가 100°C에 110°C로 증가함에 따라 손실속도상수는 ON필름진공포장의 경우 0.03 week<sup>-1</sup>에서 0.07 week<sup>-1</sup>로 증가하였고 LDPE플라스틱필름포장의 경우 0.09 week<sup>-1</sup>에서 0.16 week<sup>-1</sup>로 증가하는 것으로 보아 배럴온도가 고온으로 증가할수록 손실속도는 2배 가까이 증가하는 것을 볼 수 있다.

Assiry 등(21)은 회분식 등은 저장 전열기에 스테인리스 쌍전자극이 장착된 chamber에 8% 비타민 용액을 첨가하여 전열기온도(40, 60, 80°C), 전기전도도(0.25, 0.5, 1% NaCl), power(0, 100, 150, 300 W), pH 5.7 조건에서 0~40분 동안 비타민 C의 손실속도상수를 각각 측정하였는데 power 0, 전기전도도 NaCl 0.5%에서 온도가 40, 60, 80°C일 때 비타민 C의 손실속도상수가 각각 0.0086, 0.0096, 0.0121 min<sup>-1</sup>이었고 NaCl 1%에서는 각각 0.0052, 0.0065, 0.0075 min<sup>-1</sup>이었다고 보고하였다. 이는 본 실험에서 배럴온도가 80°C에서 110°C로 증가함에 따라 매트릭스의 비타민 C의 손실속도상수가 증가한 결과와 일치한 결과이었다.

배럴온도가 고온으로 증가할수록 손실속도상수가 높은 값을 나타내는 것은 매트릭스 내부 기공의 증가로 인한 표면적이 증가했다는 Mok 등(22)의 결과로 미루어 보아 표면적의 증가로 인한 공기와 접촉면이 증가하여 압출성형 매트릭스 내부의 비타민 C 손실속도를 증가시키는 것으로 판단되었다.

## 요 약

압출성형 공정변수(배럴온도, 수분함량) 및 포장방법과 저장기간에 따른 압출성형 매트릭스 내부 비타민 C 함량 변화와 손실속도상수를 분석하였다. 압출성형 매트릭스는 배럴온도(80, 90, 100 및 110°C)와 수분함량(25, 30%)을 각각 조절하여 제조하였다. 비타민 C 함량은 배럴온도가 80°C에서 110°C로 증가할수록 감소하였고 수분함량이 25%에서 30%로 증가할수록 감소하였다. ON필름진공포장과 LDPE플라스틱필름포장 모두 배럴온도와 수분함량이 증가할수록 비타민 C는 감소하였고 LDPE플라스틱필

름포장 보다는 ON필름진공포장의 비타민 C 함량이 높았다. 저장기간이 5주차로 증가함에 따라 비타민 C 함량은 감소하였다. 압출성형 원료가 압출성형 매트릭스보다 비타민 C 함량의 차이가 더 큰 것을 볼 수 있었으며 압출성형 매트릭스가 파괴율도 낮았다. ON필름진공포장과 LDPE 플라스틱필름포장 모두 온도가 증가할수록 손실속도상수는 증가하는 경향을 나타내었고 LDPE플라스틱필름포장보다 ON필름진공포장이 손실속도상수가 2배 이상 낮게 나타났으며 온도가 100℃로 증가할수록 손실속도상수는 2배 이상 증가하는 것으로 나타났다. 온도가 높을수록 수분 함량이 많을수록 비타민 C 함량이 감소하는 것은 균일한 기공의 분포와 셀 벽의 두께 감소에 의한 표면적의 증가 때문에 매트릭스 내부의 비타민 C의 손실속도가 증가한 것으로 판단되었다.

### 감사의 글

이 논문은 2007년도 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구(KRF-2007-F00003)로 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Byun, M.W., Lee, I.S. and Kang, K.O. (1999) Change of ascorbic acid contents induced from gamma irradiation, heating and microwave treatments. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 28, 954-957
2. Kim, D.S. (2004) Effect of extrusion conditions on release of ingredients in normal and high-amylose cornstarch extrudates. MS Thesis. Kongju National University, Yesan
3. Rauwendaal, C. (1996) *Polymer Extrusion*. Hanser Publishers, New York. p.20-55
4. Lee, C.H., Kim, D.C., Kim, C.J., Jeon, J.H., Kim, J.B., Kim, J.D. and Son, J.C. (1987) *Food Extrusion Technology*, Yu Lim Sa Co., Seoul. p.167-178
5. Meuser, F. and Wiedmann, W. (1989) Extrusion plant design. In: *Extrusion Cooking*. AACC. St. Paul, MN. p.91-155
6. Ryu, G.H., Neumann, P.E. and Walker, C.E. (1994) Effects of emulsifiers on physical properties of wheat flour extrudates with/without sucrose and shortening. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 27, 425-431
7. Ryu, G.H. and Walker, C.E. (1994) Cell structure of wheat flour extrudates produced with various emulsifiers. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 21, 432-436
8. Ryu, G.H. and Walker, C.E. (1994) The effects of extrusion conditions on the physical properties of flour extrudate. *Starch/Starke*, 47, 33-36
9. Ryu, G.H. and Ng, P.K.W. (2001) Effects of selected process parameters on expansion and mechanical properties of wheat flour and whole cornmeal extrudates. *Starch/Starke*, 53, 147-154
10. Kee, H.J., Ryu, G.H. and Park, Y.K. (2001) Physical properties of extruded snack made of dried onion and onion pomace. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 30, 64-69
11. Ryu, G.H. (2003) Texturization of plant protein by using extrusion process. *Food Eng. Progress*, 7, 73-79
12. Grafelman, D.D. and Meagher, M.M. (1995) Liquefaction of starch by a single-screw extruder and post-extrusion static-mixer reactor. *J. Food Eng.*, 24, 529-542
13. Solichien, B.W., Ryu, G.H. and Kim, D.S. (2003) Preliminary study of enzymatic hydrolysis of corn starch in twin-screw extruder. Paper presented at 70th Annual Conference in Korea Society of Food Science and Technol. October 20, Kyungju, Korea
14. Kim, K.N., Cheigh, H.S. and Lee, K. H. (1986) Vitamin retention in rice bran during extrusion cooking. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 18, 187-191
15. Esteve, M.J., Frigola, A., Martorell, L. and Rodrigo, C. (1999) Kinetics of green asparagus ascorbic acid heated in a high-temperature thermoresistometer. *Z. Leberm. Unters. Forsch. A.*, 208, 144-147
16. Diehl, J.F. (1982) Radiolytic effects in foods. In: *Preservation of Food Ionizing Radiation* (1st ed). Edward, S.J. and Martin, S.P.(Editor), CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA. p.280-357
17. 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
18. Lim, S.J. (1992) Retention of ascorbic acid in vegetables as influenced by various blanching methods. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 8, 411-419
19. Margaret, B.M. and Zhuang, H. (1996) Packaging design affects antioxidant vitamin retention and quality of broccoli florets during postharvest storage. *Postharvest Biol. Technol.*, 9, 141-150
20. Lee, Y.W., Hwang, Y.I. and Lee, S.C. (1999) Effect of Liposome on the Stabilization of Ascorbic Acid. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 31, 280-284
21. Assiry, A.M., Sastry, S.K. and Samaranayake, C.P. (2006) Influence of temperature, electrical conductivity, power and pH on ascorbic acid degradation kinetics during ohmic heating using stainless steel electrodes. *Bioelectrochem.*, 68, 7-13
22. Mok, C.K., Pyler, R.E., McDonald, C.E., Nam, Y. and Min, B.Y. (1984) Extrusion process of barley flour for snack processing. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 16, 429-436