

## 건조단호박 제조를 위한 삼투건조공정의 최적화

나경민<sup>1</sup> · 홍주현<sup>2</sup> · 차원섭<sup>1</sup> · 박준희<sup>1</sup> · 오상룡<sup>1</sup> · 조영제<sup>1</sup> · 이원영<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>상주대학교 식품공학과

<sup>2</sup>경북대학교 식품공학과

## Optimization of Osmotic Dehydration Process for Manufacturing a Dried Sweet Pumpkin

Kyung-Min Na<sup>1</sup>, Joo-Heon Hong<sup>2</sup>, Woen-Suep Cha<sup>1</sup>, Joon-Hee Park<sup>1</sup>,  
Sang-Lyong Oh<sup>1</sup>, Young-Je Cho<sup>1</sup> and Won-Young Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Engineering, Sangju National University, Sangju 742-711, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

### Abstract

This study was conducted to develop a sweet pumpkin to intermediate materials for various processed foods and dried food having high quality. Factorial experiment design with three variables having three levels was adapted and response surface methodology was used to determine optimum conditions for osmotic dehydration of sweet pumpkin. The moisture content, weight reduction, moisture loss and solid gain after osmotic dehydration increased according to increasement of immersion temperature, concentration and time. The effect of concentration was more significant than that of temperature and time at given conditions. Sugar concentration and vitamin C content increased in accordance with increasement of immersion temperature, concentration and time during osmotic dehydration. Hardness was increased by increasing immersion time. The regression models showed very significant values and high correlation coefficients ( $R^2$ ) above 0.91, excepting hardness. The optimum condition for osmotic dehydration was 23°C, 52°Brix and 80 min at the constricted conditions such as 60~70% moisture content, above 3 mg/100 g vitamin C and more than 10 kg/cm<sup>2</sup> hardness.

**Key words:** sweet pumpkin, osmotic dehydration, RSM

### 서 론

단호박(*Cucurbita* spp.)은 박과에 속하는 1년생 덩굴성 초본으로 남아메리카 페루가 원산지인 서양계 호박이다. 단호박은 호박 특유의 향 성분인 cucurbitacin이 적고, 당과 전분 함량이 높으며, 비타민 A가 풍부하여 영양 가치가 높을 뿐만 아니라 맛이 독특하여 기호성이 높은 작물이다(1). 단호박은 남부지방에 한정 생산되었으나, 최근 전국각지에서 재배되고 있다. 단호박의 수확시기는 6월말에서 8월 초순이며, 저장에 힘들고 또 오래 저장하면 당도가 떨어지므로 일년 내내 공급될 수 없는 문제점이 있어 2월부터 5월까지 수입하여 유통시키고 있다. 특히, 단호박은 맛이 좋아 부식으로 많이 소비되고 있어, 단호박을 가공하여 저장성을 높이면 식품가공용 중간소재로의 이용을 늘릴 수 있을 것으로 고려되고 있다(2).

단호박은 성분의 대부분이 수분으로 이루어져 있어 미생물의 생육(3), 생화학적 변화(4), 화학반응(5) 등 식품변질의

요인과 밀접한 관련이 있으며, 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 건조가 많이 이용되고 있다. 건조 전처리 방법으로 채택할 수 있는 삼투건조는 Ponting 등(6)에 의해 개발된 방법으로 당류나 소금을 사용하여 삼투효과를 이용한 건조방법으로 열에 의한 색과 맛, 향기의 손상을 최소화하고 건조시 변색을 막아 줄뿐만 아니라 신맛의 제거 및 단맛을 증가시킬 수 있어 기호성을 향상시킬 수 있는 건조방법이다. 삼투용액으로는 설탕이나 소금이 많이 이용되며 이외 과당이나 포도당, 유당 등도 이용되는데, 소금은 채소에 있어서는 우수한 삼투용액이나 식품에 짠맛을 부여하므로 과일이나 단맛을 이용하는 제품에는 적합하지 않다(7). 과일이나 채소에서 동결, 진공 그리고 열풍건조 등의 전처리로 혹은 새로운 제품개발의 목적으로 삼투건조가 많이 이용되고 있으며, 이에 따른 건조중 물질의 이동, 성분의 변화와 조직의 변화 등에 관한 연구가 보고되고 있다(8,9). 건조 전처리로서 삼투건조를 이용한 연구로는 사과를 이용하여 진공건조 전처리로 삼투건조를 하였을 때 유리당과 유기산의 함량을 비교

\*Corresponding author. E-mail: wylee@sangju.ac.kr  
Phone: 82-54-530-5261, Fax: 82-54-530-5269

평가한 보고(10)가 있으며 Lee 등(11)은 열풍건조 전처리로 삼투건조를 행한 당근 후레이크가 무처리한 것보다 품질이 향상됨을 보고하였다. 지금까지 호박에 관련된 연구로는 호박의 이화학적 특성, 호박 꿀차의 개발에 관한 연구 및 호박죽의 개발 등이 대부분으로 기호성이 높은 가공 식품으로의 개발이 시도되지 않고 있다(12,13). 따라서 본 연구에서는 단호박의 소비 확대를 위하여 건조 형태의 식품개발의 일환으로서 본건조에 앞서 건조시 발생하는 문제점을 보완하기 위해 여러 가지 이점을 줄 수 있는 삼투공정을 전처리로서 이용하였으며 최적조건을 반응표면분석으로 최적화를 통하여 얻고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 단호박은 경북북부 지역에서 재배된 것으로 일반 재래시장에서 구입했으며, 2.5×2.5×0.5 cm 크기의 slab 형태로 무게가 1.7±0.1 g 되게 절단하여 사용하였다.

### 삼투건조 방법

삼투건조시 agent로 sucrose를 이용하여 농도를 20, 30, 40, 50, 60%로 조성한 후 시료와 용액의 담금비율을 1:10 (W/V)으로 하여 20, 30, 40, 50, 60°C에서 30, 60, 90, 120, 150분 동안 침지시킨 후 몇 초간 세척하여 시료 표면에 부착된 당을 제거하고 여과지를 이용하여 표면수분을 제거한 후 분석 및 건조실험을 행하였다.

### 삼투건조시 물질이동

삼투건조 중 수분 손실량과 용질의 이동량은 시료 내부의 용질이 삼투압용액에 대하여 확산작용이 일어나지 않으며 삼투용액의 농도는 균일하다는 가정 하에서 구하였고, 삼투건조시 물질이동은 고형분증가량(solid gain), 무게감소량(weight reduction), 수분감소량(moisture loss)로서 각각 아래의 식에 따라 나타내었다(14).

$$\text{Solid gain (\%)} = \frac{\text{Final solid} - \text{Initial solid}}{\text{Initial gross weight}} \times 100$$

$$\text{Weight reduction (\%)} = \frac{\text{Initial gross weight} - \text{Final weight}}{\text{Initial gross weight}} \times 100$$

$$\text{Moisture loss (\%)} = \frac{\text{Initial moisture} - \text{Final moisture}}{\text{Initial moisture}} \times 100$$

여기에서, Initial gross weight: Initial weight of sweet pumpkin (g)

Final weight: Weight after osmotic dehydration (g)

Initial solid: Initial solid of sweet pumpkin (g)

Final solid: Solid after osmotic dehydration (g)

Initial moisture: Initial moisture content of sweet pumpkin (g)

Final moisture: Moisture content after osmotic dehydration (g)

### 수분함량

대류형 열풍건조기(Model EDO-L, Dae rim Ins., CO., Ltd. Japan)를 이용하여 105°C에서 향량이 될 때까지 건조하여 수분함량으로 결정하였고 대조구의 수분함량은 74.41%였다.

### 당농도 측정

당농도는 각 시료의 일정량을 취해 50 mL의 증류수를 가한 후 homogenizer(Model. ED-7 Nihonseiki Kaisa CO., Ltd. Japan)를 이용해 20,000 rpm으로 1분간 마쇄하여 20°C에서 3시간 동안 추출하고 여과한 여액을 refractometer(Model. PR-100 Atago CO., Ltd. Japan)를 이용하여 측정하였다.

### Vitamin C 함량

시료 일정량에 5% metaphosphoric acid 용액을 가하여 마쇄한 후 같은 용액으로 100 mL가 되게 정용한 다음 원심분리한 것을 측정용시료로 하여 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNP) 비색법을 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였으며, vitamin C(ascorbic acid)의 검량선에 의해 정량하였다.

### 경도측정

Rheometer(CR-100D Sun Scientific Co., Ltd. Japan)를 이용하여 각 삼투처리별 시료를 무작위로 5개를 선택하여 hardness를 측정하여 나타내었다. Rheometer의 측정조건은 직경 5 mm의 원형 adapter(No. 5)를 사용하였고, 진입깊이는 2 mm, 테이블 이동속도는 60 mm/min로 하여 진입깊이까지 가해지는 compressive force(kg/cm<sup>2</sup>)를 측정하였다.

### 삼투건조공정의 최적화 실험계획

단호박에 대한 최적의 삼투건조 조건을 얻기 위한 건조 조건에 대한 실험계획을 설계하고 SAS(Statistical Analysis system)을 이용하여 반응표면분석을 하였다. 즉, 삼투건조시 침지온도(immersion temperature: X<sub>1</sub>)와 당농도(sugar concentration: X<sub>2</sub>) 그리고 침지시간(immersion time: X<sub>3</sub>)을 요인변수로 하여 Table 1과 같이 -2, -1, 0, +1, +2의 다섯단계로 부호화하였다. 또한 삼투건조 후 품질특성에 관련된 반응변수(Y<sub>n</sub>)로는 수분함량(Y<sub>1</sub>), 고형분증가량(Y<sub>2</sub>), 무게감소량(Y<sub>3</sub>), 수분감소량(Y<sub>4</sub>), 당농도(Y<sub>5</sub>), vitamin C 함량(Y<sub>6</sub>),

Table 1. The fractional factorial design by RSM for optimization of osmotic dehydration of sweet pumpkin

Independent variables	Levels				
	-2	-1	0	1	2
X <sub>1</sub> (Immersion temperature, °C)	20	30	40	50	60
X <sub>2</sub> (Sugar concentration, °Brix)	20	30	40	50	60
X <sub>3</sub> (Immersion time, min)	30	60	90	120	150

경도(Y<sub>7</sub>)에 의하여 실험영역을 설계하여 16개의 선정된 조건에서 실험을 실시하였다.

### 결과 및 고찰

#### 삼투건조 공정시 물질이동 특성

삼투건조 후 물질이동의 특성은 수분함량, 무게감소량, 고형분증가량 및 수분감소량의 변화로 측정하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다. 삼투건조 공정에서 수분함량의 변화는 침지온도, 농도, 시간이 증가할수록 낮은 값을 보여주었으며, 특히 시간에 따른 수분함량의 변화는 적는데 반하여 침지온도나 농도의 증가에 따라 수분함량이 급속히 낮아져 삼투효과가 큰 것으로 나타났다. 그리고 40°C, 60°Brix에서 90분 침지시 가장 적은 수분함량을 나타내어 농도 및 온도의 상호작용에 의해 삼투효과가 증가되었음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 사과와 삼투건조시 온도와 농도가 증가할수록 사과 내부의 수분확산이 향상된다는 Saurel 등(15)의 보고와 유사하였으며, 삼투처리로도 건조가 이루어짐을 알 수 있었다. 무게감소량의 변화는 삼투용액의 농도가 증가될수록 그 값이 커졌고 일정 농도에서 온도와 시간이 증가할수록 높은 값을 나타내었으며 시간이나 온도의 증가보다는 농도의 증가에 많은 영향을 받음을 알 수 있었다. 일부 구간에서 (-)값이 나온 것은 삼투건조시 수분의 이동보다 당용액의 이동이 크기 때문이다. 고형분증가량은 온도보다 농도에 의한 영향이 더 큰 것으로 나타났는데, 이는 삼투건조에 있어서 농도가 증가할수록 당의 흡수가 많아져 고형분이 증가했음을 보여주는 것으로 대부분의 보고에서도 이와 유사한 경향이었다(6-9). 수분감소량의 변화는 무게감소량과 유사하였는데, 농도가 증가될수록 그 값이 커졌고 일정 농도에서 침지 시간

이 증가할수록 높은 값을 나타내어 농도와 시간이 동시에 증가할수록 높은 건조효과를 나타내는 것을 알 수 있었다. 또한, 온도의 증가보다는 농도와 시간의 증가에 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며 시간보다는 농도에 따라 보다 큰 영향을 받는 것으로 나타나, 당농도가 침지온도 및 시간에 비해 크게 작용한다는 Kim(9)의 보고와 일치하였다. Conway 등(16)의 설탕용액의 온도를 10°C 상승시키는 것은 10°Brix의 농도 증가와 같다는 보고와는 달리 처리온도보다는 농도에 의한 효과가 컸다.

#### 삼투건조 공정시 품질변화 특성

삼투건조후 품질변화 특성은 Table 2에 나타내었다. 삼투건조후 당 농도의 변화는 침지온도와 농도 및 시간이 증가함에 따라 증가하였는데, 이것은 삼투작용에 의한 고형분의 증가 때문으로 사료된다. 침지온도와 시간에 따른 경향을 살펴보면 온도가 더 큰 영향을 미쳤으나 온도와 시간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 온도와 시간보다는 농도에 더 큰 영향을 받음을 알 수 있었다. 삼투처리에 따른 비타민 C 함량의 변화를 살펴보면 고온보다는 저온에서 처리한 경우에 더 높은 함량을 보였으며 농도가 증가할수록 높은 함량이었다. 이러한 결과는 고농도에서 비타민 C의 손실이 적어 당에 의한 보호작용(10)으로 생각된다. 키위의 삼투건조시 비타민 C의 함량 변화를 조사한 Hong 등(17)의 보고에 의하면 fresh상태의 비타민 C 함량은 삼투처리를 거치면서 약 30%의 손실이 발생하였으며 저온, 고농도의 삼투처리가 비타민 C의 손실을 억제하는데 효과적이었다고 보고하였는데, 본 실험의 결과와 일치하였다. 삼투건조에 따른 경도의 변화는 전반적으로 농도와 온도가 증가할수록 측정값이 낮아졌으며, 침지 시간이 증가할수록 값이 높아지는 것으로 나타났다. 그러나 시간에 따른 변화에서는 같은 농도와 온도에서

Table 2. Experimental data for moisture content, weight reduction, moisture loss, solid gain, sugar concentration, vitamin C content and hardness for different coded values of treatment conditions

Treatment No.	Temp. <sup>1)</sup> (°C)	Conc. <sup>2)</sup> (%)	Time (hr)	MC <sup>3)</sup> (%)	WR <sup>4)</sup> (%)	ML <sup>5)</sup> (%)	SG <sup>6)</sup> (%)	SC <sup>7)</sup>	Vit. C <sup>8)</sup>	Hardness (kg/cm <sup>2</sup> )
1	30	30	60	71.02	3.39	4.55	4.14	7.6	7.02	35.51
2	30	50	60	61.99	12.42	16.69	8.62	12.4	7.56	24.64
3	30	30	120	68.09	6.32	8.49	4.56	8.0	6.93	24.80
4	30	50	120	57.03	17.39	23.36	9.04	13.5	7.10	25.25
5	50	30	60	69.16	5.25	7.06	4.20	8.6	3.79	35.83
6	50	50	60	57.68	16.73	22.48	8.93	16.3	3.78	22.60
7	50	30	120	64.56	9.85	13.23	4.68	10.6	3.56	36.92
8	50	50	120	52.57	22.90	30.77	10.16	19.2	3.59	24.79
9	40	40	90	61.26	13.15	17.67	5.62	14.7	4.81	33.08
10	40	40	90	60.48	13.93	18.71	5.65	15.0	4.76	37.67
11	60	40	90	64.62	9.79	13.16	6.50	14.2	3.05	28.65
12	20	40	90	63.92	10.49	14.09	5.21	11.4	8.23	42.70
13	40	40	150	61.71	12.70	17.06	6.84	15.6	3.23	24.62
14	40	40	30	67.62	6.79	9.12	5.16	12.7	5.02	22.07
15	40	60	90	51.51	21.84	29.35	11.87	22.1	5.13	12.75
16	40	20	90	76.24	-1.83	-2.46	1.45	7.4	4.12	45.78

<sup>1)</sup>Temp.: temperature (°C), <sup>2)</sup>Conc.: concentration (%), <sup>3)</sup>MC: moisture content (%), <sup>4)</sup>WR: weight reduction (%).

<sup>5)</sup>ML: moisture loss (%), <sup>6)</sup>SG: solid gain (%), <sup>7)</sup>SC: sugar concentration (°Brix), <sup>8)</sup>Vit. C: vitamin C content (mg/100 g).

침지시간이 증가할수록 값이 커지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 온도와 농도가 증가할수록 수분의 손실과 당의 침투로 인한 과육의 연화가 수축보다 빨리 진행되어 경도가 낮았지만, 시간이 지날수록 과육이 수축되어 경도가 높아지는 것으로 생각된다.

#### 삼투건조공정의 최적화

삼투건조 공정의 최적조건을 찾고자 Table 2의 실험결과를 SAS program을 이용하여 회귀분석하였다(Table 3). 삼투건조시 물질이동특성을 나타내는 수분함량( $Y_1$ ), 무게감소량( $Y_2$ ), 수분감소량( $Y_3$ ), 고형분증가량( $Y_4$ )의  $R^2$ 는 각각 0.9676, 0.9623, 0.9624, 0.9756이었고 유의성은 각각 0.0008, 0.0013, 0.0013, 0.0004로 1% 이내의 유의수준을 나타내어 각 처리구에 대하여 높은 유의성이 인정되었다. 삼투공정에서 품질변화 인자로 선정된 당농도( $Y_5$ ), 비타민 C함량( $Y_6$ ) 및 경도( $Y_7$ )에 대한  $R^2$ 는 0.9156, 0.9343, 0.8264였으며 유의성은 hardness를 제외하고 당농도 및 비타민 C함량에서 각각 5%와 1%의 유의성을 보였다. Yoon 등(18)의 연구보고에서  $R^2$ 값이 1에 가까울수록 반응 모형이 자료에 적합함을 알 수 있고, p값은 0.05보다 작으면 반응 모형이 자료에 적합하다고 하였다. Table 4는 각 반응변수에 대한 독립변수의 영향을 살펴본 결과로서 비타민 C 함량을 제외하고 침지 농도가 가장

중요한 변수로 작용하였으며 수분함량, 무게감소량 및 수분감소량은 침지시간이 온도보다 더 큰 영향을 끼쳤다. 비타민 C함량은 침지온도에 가장 영향을 많이 받아 삼투건조시 적당한 온도의 선정이 요구된다 하겠다. Mudahar 등(19)은 당근의 삼투건조시 침지온도와 농도가 크게 영향을 미치며 침지시간은 영향이 없다고 보고하였는데, 본 실험 결과와는 다른 경향이었다. 삼투처리후 제품 품질에 많은 영향을 끼친다고 판단되면서 유의성이 있는 것으로 나타난 반응변수인 수분함량과 비타민 C함량 및 식감에 영향을 주는 인자인 경도를 품질평가 기준으로 하였다. 따라서 본 삼투건조에서는 종속변수를 수분함량, 비타민 C 함량 및 경도로 하고 독립변수를 침지온도, 농도, 시간으로 하였을 때의 변화 정도를 contour map으로 나타내었다.

#### 최적삼투 조건의 선정

삼투건조시 침지온도와 농도 및 시간에 따른 각 변수들의 반응표현은 정확하게 일치하지 않으므로 적절한 제한 조건을 필요로 하게된다. 주어진 실험조건 내에서 예비실험을 통해 얻어진 결과를 바탕으로 제한 영역을 설정하고, 각 조건이 일치하는 지역을 중첩되는 contour map으로 구하고자 하였다. 예비실험결과 비타민 C의 함량을 최소 3 mg/100 g 이상으로 하고, 수분함량은 삼투건조효율과 건조시 효율에 영향

Table 3. Polynomial equations calculated by RSM program for sucrose osmotic dehydration of sweet pumpkin regression

Responses	Polynomial equation	$R^2$	Significance
Moisture content	$Y = 112.836250 - 0.494375X_1 - 0.916250X_2 - 0.179000X_3 + 0.008500X_1^2 - 0.004600X_1X_2 + 0.007512X_2^2 - 0.000883X_1X_3 - 0.000933X_2X_3 + 0.001054X_3^2$	0.9676	0.0008
Weight reduction	$Y = -35.858750 + 0.437188X_1 + 0.924938X_2 + 0.145271X_3 - 0.008500X_1^2 + 0.005538X_1X_2 - 0.008838X_2^2 + 0.001196X_1X_3 + 0.001504X_2X_3 - 0.001054X_3^2$	0.9623	0.0013
Moisture loss	$Y = -48.104375 + 0.587313X_1 + 1.238688X_2 + 0.195313X_3 - 0.011413X_1^2 + 0.007438X_1X_2 - 0.011825X_2^2 + 0.001604X_1X_3 + 0.002021X_2X_3 - 0.001417X_3^2$	0.9624	0.0013
Solid gain	$Y = 4.585000 - 0.112938X_1 - 0.045562X_2 - 0.032937X_3 + 0.000550X_1^2 + 0.001563X_1X_2 + 0.002562X_2^2 + 0.000362X_1X_3 + 0.000313X_2X_3 + 0.000101X_3^2$	0.9756	0.0004
Sugar content	$Y = 2.131250 + 0.100000X_1 + 0.010000X_2 - 0.022917X_3 - 0.005125X_1^2 + 0.007500X_1X_2 - 0.000250X_2^2 + 0.001427X_1X_3 + 0.000667X_2X_3 - 0.000194X_3^2$	0.9156	0.0128
Vitamin C content	$Y = 10.939375 - 0.292938X_1 + 0.096062X_2 + 0.026854X_3 + 0.002138X_1^2 - 0.000863X_1X_2 - 0.000400X_2^2 + 0.000054167X_1X_3 - 0.000138X_2X_3 - 0.000183X_3^2$	0.9343	0.0064
Hardness	$Y_7 = 23.148750 + 0.071750X_1 + 0.866750X_2 + 0.167917X_3 + 0.000750X_1^2 - 0.018675X_1X_2 - 0.015275X_2^2 + 0.005575X_1X_3 + 0.005175X_2X_3 - 0.003342X_3^2$	0.8264	0.0867

Table 4. Analysis of variance showing significance for effects of processing variables on various properties of sweet pumpkin

Process variables	DF	Sum of squares						
		Moisture content	Weight reduction	Moisture loss	Solid gain	Sugar content	Vitamin C content	Hardness
Immersion temperature	4	23.52	26.96	48.72	1.44	32.24	37.55**	70.98
Immersion concentration	4	555.64**	545.23**	983.47**	101.37**	200.83**	0.57	732.73*
Immersion time	4	70.80*	75.16*	135.61*	2.48	11.56	1.75	186.57

\*Significant at 5%, \*\*Significant at 1%.

을 미치므로 70% 이하로 설정하였으나, 실제 삼투건조시 대략 60% 이하의 수분함량을 보이지 않아 제한조건을 60~70%로 하였다. 경도는 건조시 10 kg/cm<sup>2</sup> 이하는 과육 모형의 수축과 변형이 심하여 10 kg/cm<sup>2</sup> 이상을 제한조건으로 하였다. 시간과 농도를 함수로 하여 각 반응변수들의 제한조건을 만족시키는 최적구간을 나타낸 결과 최적 시간과 농도는 40~110분, 30~37%이었으며, 온도와 농도를 함수로 하였을 경우 위의 제한조건을 만족하는 지역을 나타내는 최적구간은 침지온도와 농도가 각각 20~23°C, 48~56%로 나타났다. 온도와 시간을 요인변수로 두었을 때 제한조건을 만족하는 지역의 온도와 시간은 각각 20~27°C, 65~120분이었다. 반응변수에 대하여 각 조건이 일치하지 않으므로 세가지의 실험변수 중 가장 영향이 적은 것(Table 4)으로 나타난 침지시간을 고정하고, 온도와 농도에 대한 최적조건을 찾고자 하였다. 침지시간을 중심값인 80분으로 고정하고 온도와 농도만을 변수로 하여 얻은 contour map을 Fig. 1에 나타내었다. 수분함량을 60~70%로 하고 비타민 C 함량과 경도를 각각 3 mg/100 g, 10 kg/cm<sup>2</sup> 이상으로 하는 온도와 농도는 20~25°C, 48~56%Brix로 결정할 수 있었다. 따라서 건조 단호박 제조를 위한 삼투건조처리의 최적조건은 중심값인 23°C, 52%Brix, 80분으로 결정할 수 있었으며, 온도와 농도에 따른 수분함량, 비타민 C 함량 및 경도의 변화를 Fig. 2, 3, 4에 반응표면으로 나타내었다. 각각의 독립변수의 영향은 기울기와 방향으로서 해석할 수 있는데 수분함량의 변화(Fig. 2)는 온도와 농도가 증가할수록 삼투효과가 증대하는 것으로 나타나 Saurel 등(20)의 보고와 일치하였다. 비타민 C 함량의 변화(Fig. 3)는 고온(60°C), 저농도(20%Brix)에서의 처리가 가장 낮은 함량이었으며 20°C, 60%Brix에서 가장 높은 함량을 보여 고농도에서의 처리가 비타민 C 보존에 효과적임을

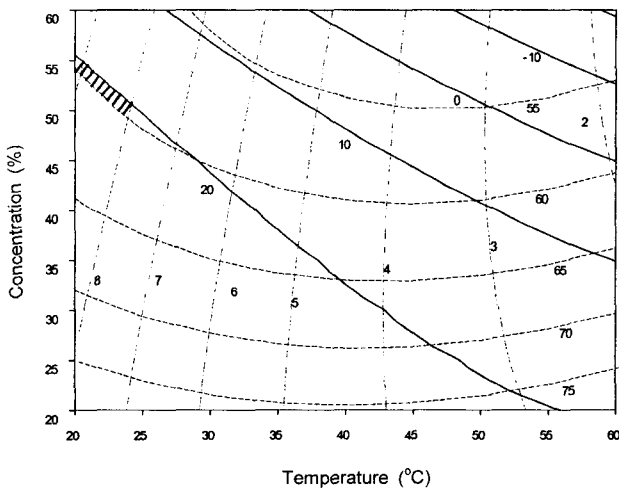


Fig. 1. Contour plots of moisture content (60~70%), vitamin C content (>3 mg/100g) and hardness (10 kg/cm<sup>2</sup>) are superimposed for temperature and concentration during osmotic dehydration in sweet pumpkin at 80 min of immersion time. —: hardness (kg/cm<sup>2</sup>), .....: vitamin C content (mg/100 g), - - -: moisture content (%).

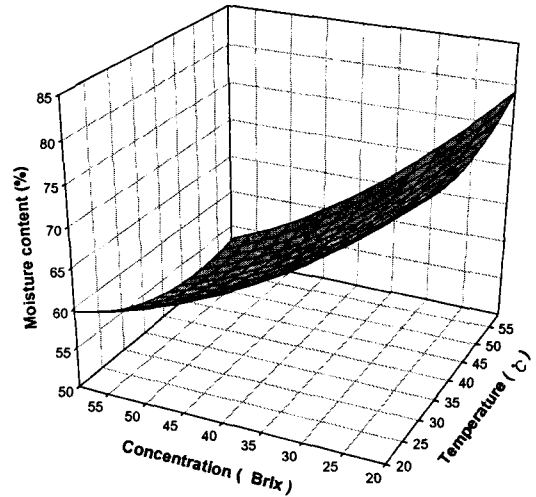


Fig. 2. Response surfaces for moisture content of temperature and concentration during osmotic dehydration at 80 min of immersion time.

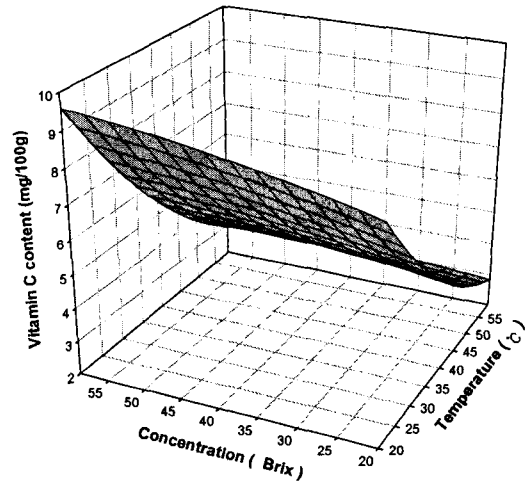


Fig. 3. Response surfaces for vitamin C content of temperature and concentration during osmotic dehydration at 80 min of immersion time.

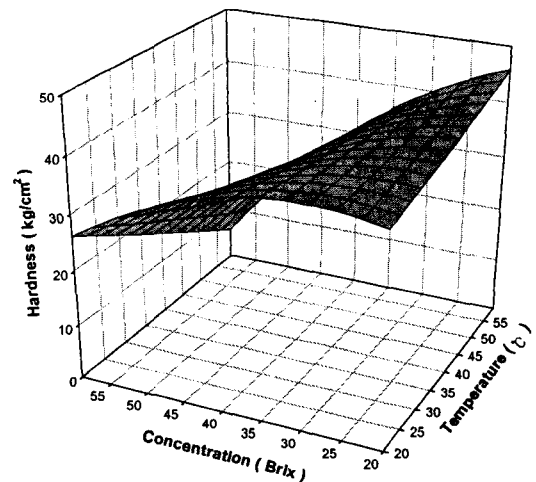


Fig. 4. Response surfaces for hardness of temperature and concentration during osmotic dehydration at 80 min of immersion time.

알 수 있었다. Fig. 4는 경도의 변화를 나타낸 것으로 침지 온도와 농도가 증가할수록 경도는 감소하였고 오히려 저농도에서 높은 값을 보였다. 또한, 온도보다는 농도의 영향을 많이 받아 침지 농도의 조절을 통해 다양한 조직감을 얻을 수 있음을 확인하였다.

## 요 약

건조단호박의 제조시 건조공정에 의한 품질열화를 줄이기 위한 전처리 공정으로서 삼투공정을 행하였으며 반응표면분석법으로 최적화를 수행하여 최적조건을 얻고자 하였다. 삼투건조시 침지온도와 농도 및 시간을 독립변수로 하고 수분함량, 무게감소량, 수분감소량, 고형분증가량, 당농도, 비타민 C 함량 및 경도를 반응변수로 하였다. 삼투건조시 물질이동 특성은 침지온도, 농도, 시간이 증가할수록 변화가 많이 일어났으며, 농도와 온도의 상호작용에 의해 삼투효과가 증가되었다. 당농도의 변화는 침지온도, 농도, 시간이 증가함에 따라 증가하였으며, 농도의 증가에 더 큰 영향을 받음을 알 수 있었다. 비타민 C 함량은 낮은 온도와 고농도의 처리에서 당의 보호작용으로 손실이 적게 나타났고 경도의 변화는 전반적으로 농도와 온도가 증가할수록 측정값이 낮아졌으며, 침지 시간이 증가할수록 값이 높아지는 것으로 나타났다. 회귀모형에 대한 적합성은 경도를 제외하고 대부분이 1% 이내의 유의성을 보여 수립된 반응표면 모형이 통계적으로 유의하다고 할 수 있었다. 독립변수의 영향은 침지온도와 시간보다 농도에서 1%의 유의성이 인정되어 농도의 영향을 가장 많이 받음을 확인하였다. 독립변수중 가장 영향이 적은 침지시간을 80분으로 고정하고 수분함량을 60~70%로 하고 비타민 C 함량과 경도를 각각 3 mg/100 g, 10 kg/cm<sup>2</sup> 이상으로 하는 온도와 농도는 20~25°C, 48~56°Brix로 나타나, 건조 단호박 제조를 위한 삼투건조처리의 최적조건은 중심값인 23°C, 52°Brix, 80분으로 결정할 수 있었다.

## 문 헌

1. Wils RBH, Lim JSK, Greenfield H. 1987. Composition of Australian, 39 vegetable fruits. *Food Technol Australia* 39: 488-498.
2. Heo SJ, Kim JH, Kim JK, Moon KD. 1998. Processing of purees from pumpkin and sweet-pumpkin. *Korean J Post-harvest Sci Technol* 5: 172-176.
3. Pedrosa JF, Casali VWD, Cheng SS, Chitarra MIF, Carvalho VD. 1983. Changes in composition of squashes and pumpkins during storage. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 18: 29-35.
4. Akhmedov O. 1982. Pumpkin storage. *Kartofel'i Ovoshchi* 9: 34-39.
5. Korhec G, Veljkovic S, Vucetic J. 1982. Nutritive and dietetic value of pumpkin (*Cucurbita pepo L.*) and the possibilities of its use by the food industry. *Hrana Ishrana* 23: 19-26.
6. Ponting JD, Watters GG, Forrey RR, Jackson R, Stanley WR. 1966. Osmotic dehydration of fruits. *Food Technol* 20: 1365-1368.
7. Flink JM. 1980. Dehydrated carrot slices: Influence of osmotic concentration on drying behavior and product quality. In *Food Process Engineering*. Applied Sci Publishers Ltd, London. p 412-418.
8. Leric CR, Dinnavaria G, Rosa MD, Bartducci L. 1985. Osmotic dehydration of fruit: Influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. *J Food Sci* 50: 1217-1219.
9. Kim MH. 1990. Mass transfer and optimum processing condition for osmotic concentration of potatoes prior to air dehydration (in Korean). *Korean J Food Sci Technol* 22: 497-502.
10. Dixon GM, Jen JJ. 1977. Changes of sugars and acids of osmotic-dried apple slices. *J Food Sci* 42: 1126-1127.
11. Lee BW, Shin GJ, Kim MH, Choi CU. 1989. Effects of pretreatment before air drying on the quality of carrot flake (in Korean). *Korean J Food Sci Technol* 21: 430-434.
12. Kiziriya KP, Kaisauri GN. 1983. Technological characteristics of pumpkin varieties. *Carotofel'i Ovoshchi* 1: 37-41.
13. Sazanova NM. 1984. New pumpkin varieties. *Carotofel'i Ovoshchi* 2: 35-42.
14. Bolin HR, Huxsoll CC, Jackson R. 1983. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. *J Food Sci* 48: 202-205.
15. Saurel R, Rios G, Guilbert S. 1994. Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple I. fresh plant tissue. *Inter J Food Sci Technol* 29: 531-542.
16. Conway J, Castaigne F, Picard G, Vovan X. 1983. Mass transfer concentrations in the osmotic dehydration of apples. *Can Inst Food Sci Technol* 16: 25-29.
17. Hong JH, Youn KS, Choi YH. 1998. Optimization for the process of osmotic dehydration for the manufacturing of dried kiwifruit. *Korean J Food Sci Technol* 30: 348-355.
18. Yoon KY, Youn KS, Lee KH, Shin SR, Kim KS. 1997. Changes of quality in the osmotic dehydration of cherry-tomatoes and optimization for the process. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 866-871.
19. Mudahar GS, Toledo RT, Floros JD, Jen JJ. 1989. Optimization of carrots dehydration process using response surface methodology. *J Food Sci* 54: 714-719.
20. Saurel R, Anne-Lucie RW, Rios G, Guilbert S. 1994. Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple II. frozen plant tissue. *Inter J Food Sci Technol* 29: 543-550.

(2003년 9월 17일 접수; 2004년 1월 9일 채택)