

## 반응표면분석법에 의한 늙은 호박 추출조건의 모니터링

정 용 진

계명대학교 식품가공학과

### Monitoring on Extraction Conditions of Old Pumpkin Using Response Surface Methodology

Yong-Jin Jeong

Dept. of Food Science and Technology, Keimyung University, Taegu 704-701, Korea

#### Abstract

Response surface methodology was used for monitoring extraction conditions, based on quality properties of old pumpkin extracts. Hunter's color L value of extracts was maximized at 101°C, 2.6 hr and decreased gradually after the maximum point. The polynomial equation for Hunter's color L value showed 10% of significance level and 0.8799 of R<sup>2</sup>. Hunter's color a value was minimized at 117°C, 3.9 hr and R<sup>2</sup> of polynomial equation was 0.9852 within 1% significance level. Hunter's color b value and ΔE value increased as the extracting temperature and time increased. Extraction yield of old pumpkin was maximized at 110°C, 4 hr and increased in proportional to the extracting temperature and time, but decreased after 113°C and 2 hr. Viscosity of pumpkin extracts was maximized at 120°C, nearly 3 hr. R<sup>2</sup> of polynomial equations for yield, viscosity and sugar content were 0.9532, 0.9812 and 0.8869, respectively. Optimum ranges of extraction conditions for quality properties of old pumpkin were 102~109°C, 2.5~3.5 hr, respectively. Predicted values at the optimum extraction condition agreed with experimental values.

**Key words:** pumpkin, extraction condition, response surface methodology

#### 서 론

호박(*Cucurbita* spp.)은 박과에 속하는 일년생의 덩굴식물로 크게 동양계 호박(*C. moschata* Duch), 서양계 호박(*C. maxima* Duch) 및 페루계 호박(*C. pepo* L.)으로 구분한다(1). 우리나라에서는 여러 품종이 있지만 동양계 품종이 주류를 이루며, 미숙상태의 애호박과 완숙 후 늙은 호박이 가장 많이 이용되고 있다. 이러한 호박은 전국 각지의 유흥지에서 별다른 시비나 농약의 사용 없이 재배 가능한 농산물로 비타민 A, C 및 비타민 A의 전구체인 carotene과 무기물, 식이섬유, 전분, 자당, 포도당 등이 풍부하다(2,3). 특히 호박은 이노산과 산후부중에 대한 효과가 인정되어 민간의약으로 널리 이용되어 왔으며, 이밖에 당뇨병, 야맹증, 각막건조증 등에도 효과가 있는 것으로 알려지고 있다(4).

최근 들어 국민의 생활수준이 향상되고 사회구조가 변화함에 따라 식품의 소비양상도 크게 변화하여 간편식과 건강지향적인 추세를 나타내고 있다. 현재 호박에 관한 연구로 Wills 등(5)의 호주산 호박의 화학성분, Hidaka 등(6)의 호박의 carotenoids 조성에 관한 연구와 Chung과 Youn(7)의 제라종 호박 완숙과의 성분과 품질평가, 호박씨의 성분 조성에 관

한 연구(8,9), Choo와 Shin(10)의 호박을 첨가한 고추장, Yun과 Ahn(11)의 호박을 첨가한 케익, Han과 Lee(12)의 호박을 첨가한 요구르트의 제조방법에 관한 연구 등이 보고되었다. 그러나 호박은 일시적으로 출하되고 저장성이 낮아서 다양한 식품 소재로 활용하기 위해서는 분말, 퓨레 및 농축액 등으로 가공하여 대량생산에 따른 일정한 품질의 원료 공급이 요구되며, 이에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 식품제조 공정의 최적화 기법에 주로 이용되고 있는 반응표면분석법(13,14)을 응용하여, 늙은 호박의 효율적 활용방안으로 각 가정에서 전해 내려오는 호박의 열수 추출조건에 따른 주요 성분 변화를 모니터링하여, 대량생산에 따른 품질을 예측함으로써 늙은 호박의 부가가치 향상 및 다양한 제품 개발의 기초자료를 확립하고자 한다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

본 실험에 사용된 늙은 호박은 1999년에 수확된 것으로 경북 영천시 농가에서 구입하여, 절단 후 씨를 제거하고 -60°C 이하에서 저장하면서 실험재료로 하였다.

### 실험계획

늙은 호박의 열수 추출을 위하여 호박 3 kg에 각각 500 mL의 물을 첨가하고 밀봉 후 고온추출장치(model G006, Eujin Co., Korea)를 이용하여 추출하였다. 추출조건은 추출온도(80, 90, 100, 110, 120°C)와 시간(1, 2, 3, 4, 5시간)에 따라 -2, -1, 0, 1, 2의 다섯 단계로 부호화 하여 10가지의 중심합성계획(15)에 의해 실험을 설계하였다(Table 1). 또한 이들 독립변수(추출온도:  $X_1$ , 추출시간:  $X_2$ )에 영향을 받는 종속변수( $Y_n$ )는 색도, 수율, 점도 및 당도로 설정하였으며, 회귀분석에 의한 모델식의 예측에는 SAS program(16)이 사용되었다.

### 색도 및 수율 측정

호박의 품질 특성으로 색도는 색차계(Chromameter CR-300, Minolta Co., Japan)를 사용하여 표면 색도 값인 명도(lightness, L), 적색도(redness, a), 황색도(yellowness, b) 및 색차( $\Delta E$ )를 3회 반복 측정하였으며, SAS(16)에 의한 분산분석과 Duncan's multiple range test(17)를 이용하여 유의성을 검정하였다. 이때 표준백색판의 L, a, b값은 각각 96.92, 0.02, 1.31이었다. 수율은 추출 후 압착 여과하여 단위 원료 무게당 추출된 여액의 무게 백분율로 환산하였다.

### 점도 및 당도 측정

점도는 Brookfield DV-I Viscometer, Helipath stand, RVT-D spindle을 이용하여 실온 25°C±1에서 path를 왕복 2분거리로 조정하고 spindle의 회전속도 4와 5 rpm에서 내경 8 cm의 유리용기에 담은 250 mL 시료에 대해서 각각 10초 간격으로 측정하여 측정수치의 평균값을 취하였다. 또한 당도는 hand refractometer(model 507-1, Brix 0-32%, Nippon optical works Co., Japan)를 이용하여 측정하였다(18).

## 결과 및 고찰

### 색도 및 수율 변화

늙은 호박을 열수 추출하여 다양한 제품 개발을 위한 원료

로 가공하기 위하여 추출조건에 따른 주요 성분 변화를 모니터링 하였다. 중심합성계획에 의해 여러 추출조건에 따른 호박의 색도 변화는 Table 1과 같다. 시료의 명도를 나타내는 L값은 56.46~75.95로 나타났으며 적색도를 나타내는 a값은 1.27~15.84로 범위가 넓게 나타났다. 이와 같은 결과는 Chung과 Youn(7)의 보고에서 재래종 호박의 과육에 대한 L값(67.0~78.1)과 a값(2.1~25.4)에 비해 낮은 경향을 나타내었다. 또한 b값은 24.41~40.99,  $\Delta E$ 값은 59.41~90.74의 범위로 나타났다. 반응표면분석에 의한 L값의 변화는 추출온도 101°C, 추출시간 2.6시간에서 최대점에 도달한 후 점차 감소하는 경향을 나타내었으며(Fig. 1), 색도 L값에 대한 회귀식의  $R^2$ 는 0.8799이고 유의성은 0.0557으로서 유의수준 10% 내에서 인정되었다(Table 2). a값은 추출온도와 시간이 증가할수록 감소하여 117°C, 3.9시간에서 최소점을 나타내었고 이후로 증가하는 경향이었으며, 색도 a값에 대한 회귀식의  $R^2$ 는 0.9852으로서 유의수준 1% 이내에서 인정되었다.  $\Delta E$ 값과 b값은 추출온도와 시간이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내어 Chung과 Youn(7)의 보고와 유사한 경향이였다. 이와 같이 b값의 증가는 호박에 함유된 carotenoids계 색소에 기인한다는 Yun(19)의 호박케이크 특성과 유사하였으며, 박 등(20)에 따르면 특히 적색도(a값)와 황색도(b값)는 열수추출할 때 carotenoids계 색소가 지용성이므로 추출이 잘 되지 않으며 자체의 색 뿐만 아니라 수용성 추출성분에 의한 영향이 큰 것으로 추정하였다. 호박의 추출 수율은 각각의 추출조건 중 110°C, 4시간에서 가장 높게 나타났으며, 추출온도와 시간이 증가할수록 증가하다가 일정시점(113°C, 2시간) 이후에는 감소하는 경향이였으며(Fig. 2) 회귀식의  $R^2$ 는 0.9532으로서 유의수준 1% 이내에서 인정되었다(Table 2). 이는 박 등(20)이 늙은 호박의 열수 추출은 68.2% 수율을 나타내어 다른 용매 추출물의 수율(아세톤 63.7, 메탄올 64.6%)보다 높다는 보고와 유사한 경향으로, 이는 호박에 함유되어 있는 수용성 색소류와 당류가 많이 추출된 것으로 추측되었다. 한편 호박 퓨레에 대한 연구에서 121°C에서 40분간 처리할 때 수율이

Table 1. Experimental data for yield, color, viscosity and sugar content under different extraction temperature and time of old pumpkin

Exp no.	Extraction conditions <sup>1)</sup>		Hunter's color value				Yield (%)	Viscosity (Pa s)	Sugar (°Brix)
	Temp. (°C)	Time (min)	L	a	b	$\Delta E$ <sup>2)</sup>			
1	110( 1)	4( 1)	75.95 <sup>adj</sup>	8.89 <sup>b</sup>	40.99 <sup>a</sup>	86.24 <sup>bc</sup>	89.73 <sup>a</sup>	2.32 <sup>gh</sup>	4.6 <sup>bc</sup>
2	110( 1)	2(-1)	66.35 <sup>f</sup>	2.64 <sup>d</sup>	39.09 <sup>a</sup>	87.85 <sup>o</sup>	88.04 <sup>ab</sup>	2.73 <sup>ef</sup>	4.8 <sup>ab</sup>
3	90(-1)	4( 1)	65.76 <sup>cd</sup>	4.88 <sup>c</sup>	24.41 <sup>c</sup>	67.59 <sup>e</sup>	75.43 <sup>c</sup>	5.00 <sup>b</sup>	4.0 <sup>d</sup>
4	90(-1)	2(-1)	65.09 <sup>cd</sup>	2.58 <sup>d</sup>	29.88 <sup>d</sup>	64.51 <sup>l</sup>	73.84 <sup>c</sup>	3.70 <sup>c</sup>	4.4 <sup>c</sup>
5	100( 0)	3( 0)	72.81 <sup>b</sup>	1.35 <sup>c</sup>	35.39 <sup>bc</sup>	90.74 <sup>n</sup>	87.64 <sup>ab</sup>	3.01 <sup>de</sup>	4.8 <sup>ab</sup>
6	100( 0)	3( 0)	74.40 <sup>ab</sup>	1.27 <sup>c</sup>	35.41 <sup>bc</sup>	87.34 <sup>bc</sup>	87.97 <sup>ab</sup>	3.19 <sup>d</sup>	4.8 <sup>ab</sup>
7	120( 2)	3( 0)	56.46 <sup>e</sup>	15.84 <sup>d</sup>	36.10 <sup>b</sup>	85.24 <sup>e</sup>	88.13 <sup>ab</sup>	1.93 <sup>h</sup>	5.0 <sup>a</sup>
8	80(-2)	3( 0)	58.67 <sup>e</sup>	8.26 <sup>b</sup>	25.00 <sup>c</sup>	59.41 <sup>g</sup>	66.03 <sup>d</sup>	6.15 <sup>a</sup>	4.4 <sup>c</sup>
9	100( 0)	5( 2)	63.39 <sup>d</sup>	8.76 <sup>b</sup>	33.50 <sup>c</sup>	80.23 <sup>d</sup>	86.49 <sup>b</sup>	2.08 <sup>h</sup>	4.6 <sup>bc</sup>
10	100( 0)	1(-2)	66.04 <sup>cd</sup>	4.24 <sup>c</sup>	28.63 <sup>d</sup>	72.91 <sup>e</sup>	86.49 <sup>b</sup>	2.48 <sup>fg</sup>	4.0 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>The number of experimental conditions by central composite design.

<sup>2)</sup> $\Delta E$  : Overall color difference ( $\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ ).

<sup>3)</sup>Means in the same row with different superscripts are significantly different ( $p < 0.01$ ).

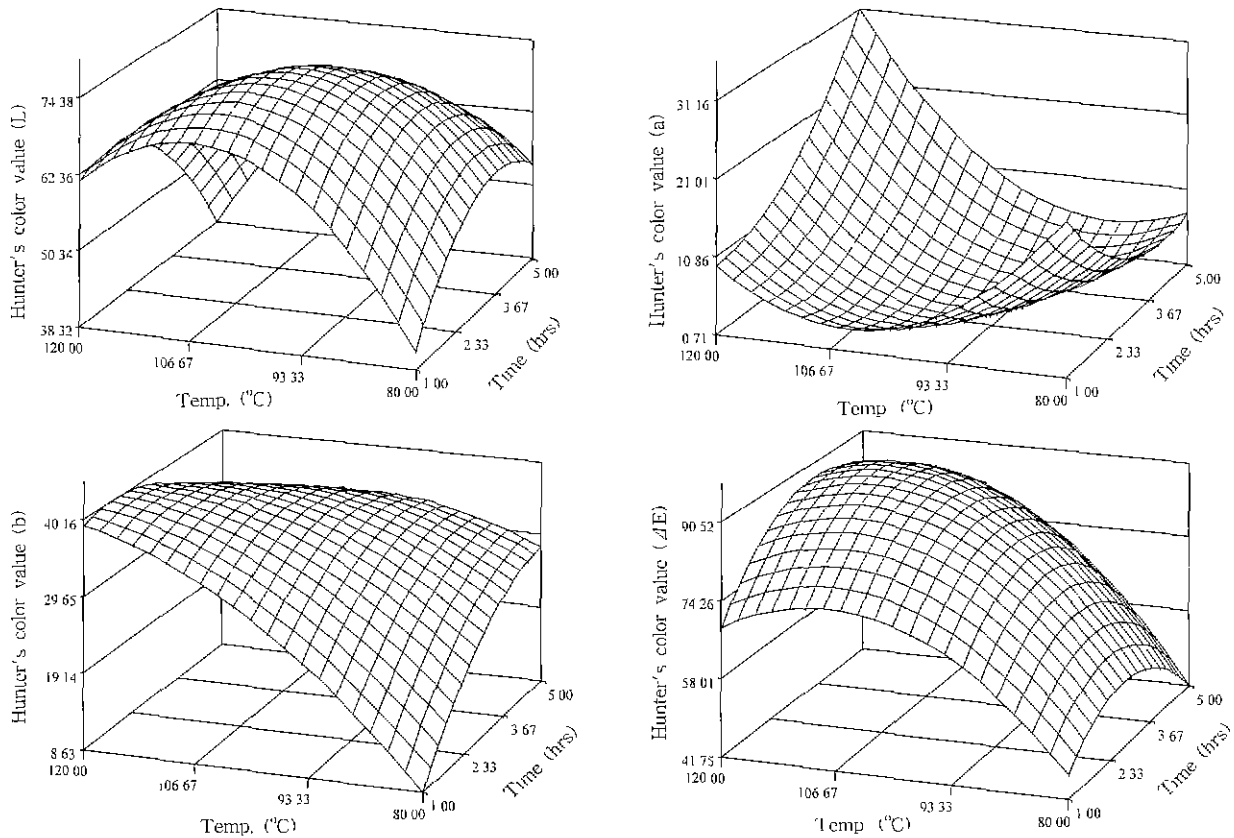


Fig. 1. Response surface for the effects of extraction conditions on Hunter's color values of old pumpkin extracts.

Table 2. Polynomial equation calculated by RSM program for extracting old pumpkin

Response	Second order polynomials	R <sup>2</sup>	Pro>F
Hunter's color value L (Y <sub>1</sub> )	$Y_1 = -422.9394 + 8.8790X_1 + 34.746X_2 - 0.0407X_1^2 - 0.2232X_1X_2 - 2.2878X_2^2$	0.8799	0.0557
Hunter's color value a (Y <sub>2</sub> )	$Y_2 = 330.2717 - 5.9288X_1 - 28.3110X_2 + 0.0272X_1^2 + 0.2137X_1X_2 + 1.3364X_2^2$	0.9852	0.0009
Hunter's color value b (Y <sub>3</sub> )	$Y_3 = -197.7238 + 3.4474X_1 + 26.2461X_2 - 0.0124X_1^2 - 0.1842X_1X_2 - 1.1186X_2^2$	0.8725	0.0622
Hunter's color value ΔE (Y <sub>4</sub> )	$Y_4 = -365.5644 + 8.0438X_1 + 5.8505X_2 - 0.0380X_1^2 - 0.1172X_1X_2 - 2.7463X_2^2$	0.8907	0.0467
Yield (Y <sub>5</sub> )	$Y_5 = -246.5417 - 5.7807X_1 + 8.8634X_2 - 0.0246X_1^2 - 0.0820X_1X_2 - 0.1119X_2^2$	0.9532	0.0091
Viscosity (Y <sub>6</sub> )	$Y_6 = 46.0568 - 0.6574X_1 - 3.1045X_2 + 0.0021X_1^2 + 0.0432X_1X_2 - 0.2266X_2^2$	0.9812	0.0015
Sugar (Y <sub>7</sub> )	$Y_7 = -1.1654 + 0.0547X_1 + 1.3142X_2 - 0.0001X_1^2 - 0.0050X_1X_2 - 0.1107X_2^2$	0.8869	0.0498

X<sub>1</sub>: Extraction temperature, X<sub>2</sub>: Extraction time.

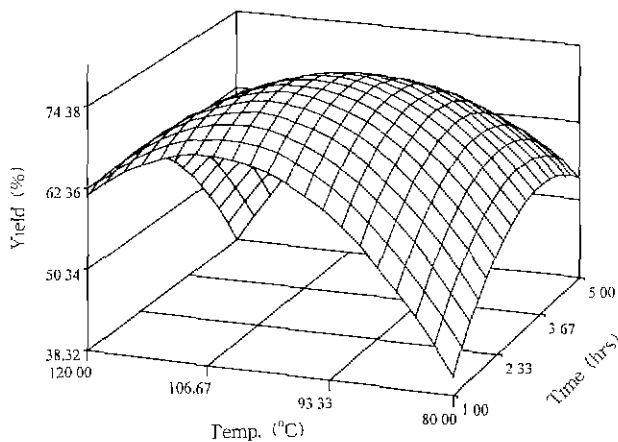


Fig. 2. Response surface for the effects of extraction conditions on yield of old pumpkin extracts.

53%이고, 단호박의 경우 40분에서 75%, 60분에서 78%이었다는 Heo(21)의 보고와는 다소 차이가 있었다.

점도 및 당도 변화

각각의 추출조건에 따른 호박의 점도 변화는 Fig. 3과 같이 높은 온도에서는 추출시간이 증가할수록 증가하였으나, 낮은 온도에서는 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 호박의 점도는 추출온도 81°C, 추출시간 2시간에서 최대점을 나타내었으며 회귀식의 R<sup>2</sup>는 0.9812로서 유의수준 5% 이내에서 인정되었다 이는 단호박의 경우 열처리를 하지 않고 추출하였을 때 점도가 높게 나타나고 가열시간이 증가함에 따라 급격히 감소한다는 결과(21)와는 다소 상이하였으며, Park 등(22)과 El-Tinay 등(23)에 따르면 늙은 호박은 다른 과채류에 비해 수용성 펙틴함량이 현저히 높아서, 점도에 대한 펙틴질의 영향이 클 것으로 추측하였다.

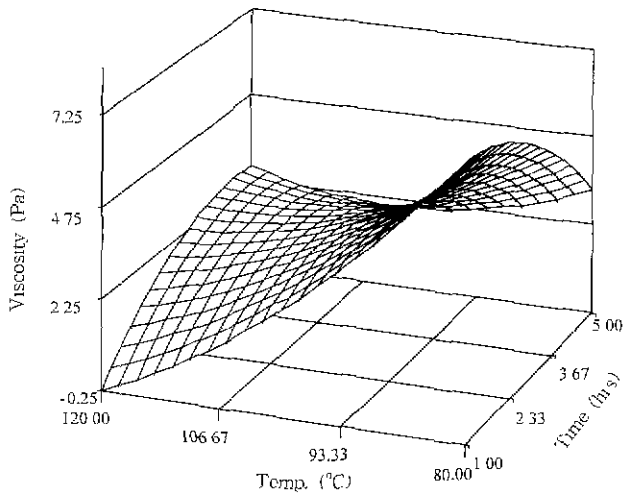


Fig. 3. Response surface for the effects of extraction conditions on viscosity of old pumpkin extracts.

호박 추출물의 당도 변화는 추출온도와 시간이 증가할수록 증가하는 경향으로, 120°C, 3시간 이상에서 최대값을 나타내었으며 회귀식의 R<sup>2</sup>는 0.8869로서 유의수준 5% 이내에서 인정되었다(Fig. 4). 이때 호박 추출물의 당도는 4.0~5.0°Brix 범위로, Chung과 Youn(7)이 보고한 재래종 호박 과육의 당도(3.4~7.9°Brix)에 비해서 낮은 경향이였다. Fig 5는 앞서 얻은 각 종속변수들의 contour map을 superimposing하여 최적 추출조건 범위를 나타내었다. 그 결과 예측된 호박의 최적 추출범위는 추출온도 102~109°C, 추출시간 2.5~3.5시간이었다(Table 3). 또한 예측 모델을 검증하기 위하여 최적 조건 범위내의 임의의 최적점 즉, 추출온도 105.5°C, 추출시간 3시간으로 추출조건을 설정하여 실제 추출실험을 실시한 결과 각각의 분석수치(색도, 수율, 당도, 점도)는 예측된 값들과 유사하였다(Table 4). 이상의 결과로 반응표면분석을 이용하여 호박의 열수 추출조건에 따른 주요성분의 변화를 모니터

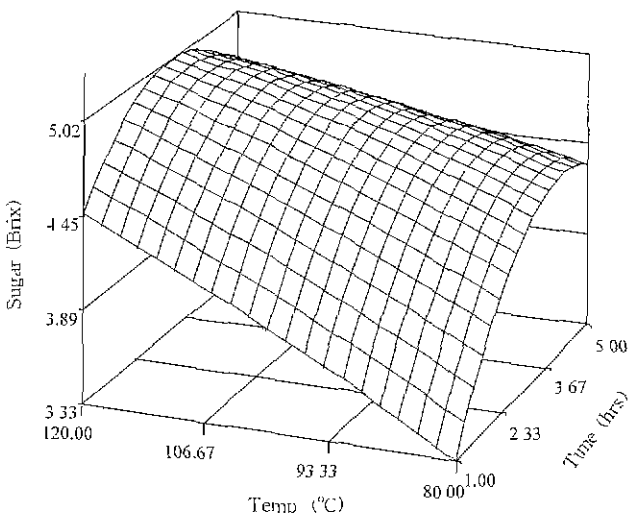


Fig. 4. Response surface for the effects of extraction conditions on sugar contents of old pumpkin extracts.

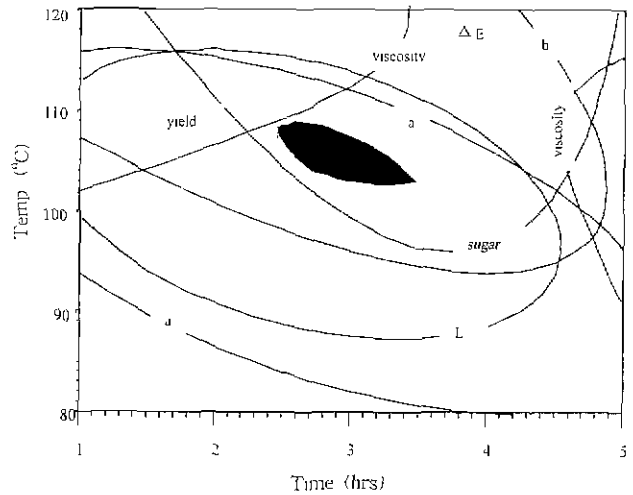


Fig. 5. Superimposed contour map for optimization of response variables in old pumpkin extracts.

Table 3. Optimum range of old pumpkin extraction conditions for optimum response by superimposing of contour maps

Extraction conditions	Temperature (°C)	Time (hrs)
Optimum range	102~109	2.5~3.5

Table 4. Predicted and experimental values of response variables of old pumpkin extracts at optimum extraction conditions

Response variables	Predicted values	Experimental values
Hunter's color L value	73.80	72.28
Hunter's color a value	2.25	2.81
Hunter's color b value	38.35	34.25
Hunter's color ΔE value	90.05	89.08
Yield (%)	89.15	87.65
Viscosity	2.40	2.34
Sugar (°Brix)	4.86	5.01

링할 수 있었다.

### 요 약

반응표면분석법을 이용하여 호박의 추출조건에 따른 품질 특성을 모니터링 하였다. L값의 변화는 101°C, 2.6시간 최대점에서 점차 감소하는 경향을 나타내었으며 회귀식의 R<sup>2</sup>는 0.8799로서 유의수준 10% 내에서 인정되었다. a값은 추출온도와 시간이 증가할수록 감소하여 117°C, 3.9시간에서 최소점을 나타낸 이후 증가하는 경향이였으며, 회귀식의 R<sup>2</sup>는 0.9852로서 유의수준 1% 내에서 인정되었다. ΔE값과 b값은 추출온도와 시간이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 호박의 추출 수율은 110°C, 4시간에서 가장 높게 나타났으며, 수율은 추출온도와 시간이 증가할수록 증가하다가 일정시점(113°C, 2시간) 이후로 감소하는 경향을 나타내었으며 R<sup>2</sup>는 0.9532로서 유의수준 1% 이내에서 인정되었다. 호박추출물

의 점도는 81°C, 2시간에서 최대점을 나타내었으며, R<sup>2</sup>는 0.9812로서 유의수준 5% 내에서 인정되었다. 추출조건에 따른 당도의 변화는 추출온도와 시간이 증가할수록 증가하는 경향으로 120°C, 3시간 정도에서 최대점을 나타내었으며 R<sup>2</sup>는 0.8869로서 유의수준 5% 내에서 인정되었다. 이상의 결과 호박의 최적 추출범위는 102~109°C, 2.5~3.5시간으로 예측되었으며, 최적조건에서 실제 추출한 결과 예측된 값들과 유사하게 나타났다

### 감사의 글

본 연구는 2000년도 계명대학교 비사 신진연구과제 '반응표면분석에 의한 호박 추출조건의 최적화' 수행결과이며, 연구지원에 감사드립니다.

### 문 헌

1. 동아출판사편 : 동아원색백과사전. 동아출판사, 서울, p263 (1983)
2. Sharma, B.R., Saimbhi, N.S., Bawa, A.S. and Shukla, F.C. : Varietal variation in the chemical composition of summer squash *Indian J. Agri. Sci.*, **49**, 30-34 (1979)
3. 농촌진흥청 농촌영양개선연구실 : 식품분석표. 제3개정판(1986)
4. 안희수 · 가지, 오이, 호박의 영양과 조리법. 식품과 영양, **7**, 38 (1986)
5. Wills, R.B.H., Lim, J.S.K. and Greenfield, H. : Composition of Australian foods, 39 vegetable fruits. *Food Technol Australia*, **39**, 488-493 (1987)
6. Hidaka, T., Anno, T. and Nakatsu, S. : The composition and vitamin A value of the carotenoids of pumpkins of different colors. *J. Food Biochem.*, **11**, 59-63 (1987)
7. Chung, H.D. and Youn, S.J. : Chemical composition and quality evaluation of ripe fruit of the Korean native squash. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, **39**, 510-516 (1998)
8. Kim, J.P., Lee, Y.J. and Namkung, S. : Studies on the composition of fatty acid and protein in pumpkin seeds. *Kor J. Food Sci Technol.*, **10**, 83-87 (1978)
9. 권용주, 송근섭, 이태교 : 호박씨의 지방성분에 관한 연구. 천북대학교 농대 논문집, **16**, 107-114 (1985)
10. Choo, J.J. and Shun, H.J. : Sensory evaluation and changes in physicochemical properties, and microflora and enzyme activities of pumpkin-added *kochujang*. *Kor J. Food Sci. Technol.*, **32**, 851-859 (2000)
11. Yun, S.J. and Ahn, H.J. : Quality characteristics of pumpkin rice cake prepared by different cooking methods. *Kor J. Soc. Food Sci.*, **16**, 36-39 (2000)
12. Han, M.J. and Lee, Y.K. : Development of yogurt containing pumpkin. *Kor. J. Food Hygiene*, **8**, 63-68 (1993)
13. Lee, G.D., Jeong, Y.J., Seo, J.H. and Lee, J.M. : Monitoring on alcohol and acetic acid fermentation of potatoes using response surface methodology. *J. Kor. Soc. Food Sci Nutr.*, **29**, 1062-1067 (2000)
14. Jeong, Y.J., Lee, G.D. and Kim, K.S. : Optimization for the fermentation condition of persimmon vinegar using response surface methodology. *Kor. J. Food Sci Technol.*, **30**, 1203-1208 (1998)
15. Kang, K.C., Park, J.H., Baek, S.B., Jhun, H.S. and Rhee, K.S. : Optimization of beverage preparation from *Schzandra chinensis* bailon by response surface methodology. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **24**, 74-81 (1992)
16. SAS : SAS/STAT : User's Guide version 6, 4th ed., SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, ch. 37, Vol. 2, p.1457 (1992)
17. Lee, C.H., Chai, B.G., Lee, S.G. and Park, B.S. : *Quality control of food industry*. Yulim Moonhwasa, Seoul, Korea p 296-300 (1982)
18. Kim, Y.S., Cha, J., Jung, S.W., Park, E.J. and Kim, J.O. : Changes of physicochemical characteristics and development of new quality indices for industry-produced *Kaji-Kochujang*. *Kor J. Food Sci Technol.*, **26**, 453-458 (1994)
19. Yun, S.J. : Sensory and quality characteristics of pumpkin rice cake prepared with different amounts of pumpkin. *Kor J Soc Food Sci.*, **15**, 586-590 (1999)
20. 박용근, 강윤환, 석호문, 김홍만, 차환수, 박무현, 박정선, 박미원 : 높은 호박의 가공기술 개발에 관한 연구. 한국식품개발연구원, 최종연구보고서 (1997)
21. Heo, S.J. : Preparation of purees from pumpkin and sweet-pumpkin. *M.S. Thesis*, Kyungpook University, Korea (1996)
22. Park, Y.K., Cha, H.S., Park, M.W., Kang, Y.H. and Seog, H.M. : Chemical components in different parts of pumpkin. *J. Kor. Soc. Food Sci Nutr.*, **26**, 639-645 (1997)
23. Ei-Tinay, A.H., Ei-Shafie, A.S. and Nour, A.A. : A chemical study of pumpkin pectic substances. *Tropical Science*, **24**, 173-176 (1982)

(2001년 3월 13일 접수)