

건조바나나 제조를 위한 삼투건조공정의 최적화

윤광섭 · 장규섭* · 최용희**

대구효성가톨릭대학교 식품공학과, *충남대학교 식품공학과, **경북대학교 식품공학과

Optimization of Osmotic Dehydration for the Manufacturing of Dried Banana

Kwang-Seob Youn, Kyu-Seob Chang*, and Yong-Hee Choi**

Department of Food Science and Technology, Catholic University of University Taegu-Hyosung

*Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

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

Abstract

A three variables by three level factorial design and response surface methodology were used to determine optimum conditions for osmotic dehydration of banana. The moisture loss, solid gain, weight loss and reduction of moisture content after osmotic dehydration were increased as temperature, sugar concentration and immersion time increased. The effect of concentration was more significant than those of temperature and time on mass transfer. Color difference and titratable acidity were decreased by higher concentration. Sweetness was increased by increasing sugar concentration, temperature, immersion time during osmotic dehydration. The regression models showed a significant lack of fit ($P>0.05$) and were highly significant with satisfying values of R^2 . To optimize osmotic dehydration, based on surface response and contour plots, superimposing the individual contour plots for the response variables. The optimum conditions for this process were 26°C, 44 °brix and 2 hrs for moisture content, sweetness and color difference are less than 72%, 24 obrix and 10 degree.

Key words : banana, osmotic dehydration, RSM

서 론

최근 농산물의 부가가치 향상을 위한 노력이 다각도로 진행되고 있다. 해외시장이나 국내에서 국제경쟁력을 갖추기 위해서는 기능성을 부여하거나 고차 가공을 통한 고품질 가공식품의 개발이 요구되고 있다. 대표적인 climacteric fruit인 바나나는 열대과실로서 숙성중 climacteric rise라는 호흡량의 상승과정을 거쳐 숙성하게 된다. 수입바나나는 모두 미숙과를 수

확하여 운반이나 저장기간동안 숙성하여 식용하게 된다. 이러한 추숙과정을 거쳐 과육이 황색으로 되고 탄닌의 불용화로 떫은 맛이 없어지며 녹말이 당화되어 과육이 부드러워지고 향기가 짙어져 외관뿐만 아니라 방향을 증대시켜 상품가치를 높이게 된다(1). 바나나는 대부분이 생과로 이용되고 있으며 불과 1% 미만이 가공에 이용되고 있다. 가공품으로 직접 소비되는 것은 건조 스낵과 chip으로 제조된 것이며 부재료로 사용되어지는 가공품으로는 휘레나 분말, flake, flour 등으로서 주로 이유식이나 빵, 유제품, 음료등에 사용되고 있다(2).

과숙한 바나나를 건조하여 새로운 가공품으로 개

Corresponding author : Kwang-Seob Youn, Department of Food Science and Technology, Catholic University of Taegu-Hyosung, Kyungsan 712-702, Korea

발함으로써 가공에 의한 수요를 증대할 수 있으며 또한 과숙과를 이용할 수 있어 생산성의 증대를 기대할 수 있다. 일반적인 열풍건조에 의하여 건조바나나의 제조시에는 많은 영양성분의 손실과 아울러 열풍에 의한 외관과 색도가 저하되어 상품으로서의 가치가 하락한다. 따라서 삼투건조라는 전처리를 행하여 건조를 행함으로써 품질손상을 억제하고 삼투처리에 의한 단맛과 상큼한 맛의 조화로 기호성의 증대 등의 효과를 얻을 수 있다(3). 삼투건조는 설탕, 소금등의 삼투압 효과를 이용한 건조전처리 방법으로 열에 대한 색과 맛의 손상을 최소화하고 건조시 문제가 되는 변색을 막아 줄 뿐만 아니라 용매에 따라 상큼한 맛과 단맛을 조화시켜 기호성의 증대나 부가가치의 상승효과가 있다(4). 과일이나 채소의 경우 동결, 진공 그리고 열풍건조의 전처리로 혹은 새로운 제품개발의 목적으로 삼투건조가 많이 이용되고 있으며, 이에 따른 건조중 물질의 이동, 성분의 변화, 조직의 변화 등에 관한 연구가 보고되고 있다(5-7).

따라서 건조바나나 제조시 열풍건조에 의한 품질손상을 억제하고 효율적인 건조방법의 운용으로 삼투건조라는 전처리를 행하여 품질손상을 억제하고 단맛과 상큼한 신맛의 조화로 기호성을 높인 고품질의 제품을 얻을 수 있도록 삼투건조공정을 최적화하여 최적 건조 조건을 수립하고자 한다.

재료 및 방법

재료

바나나를 상온 보관 하면서 필요시마다 껍질을 제거한 후 0.5 cm의 두께로 절단하여 사용하였다.

삼투건조

용매로 sucrose와 산을 사용하여 농도를 20, 40, 60 °Brix로 조성한 후 시료와 용액의 담금비율을 1 : 5 (W/V)로 하여 20, 30, 40°C에서 1, 2, 3시간 침지시킨 후 수 초간 세척하여 시료 표면에 부착된 당을 제거한 후 여과지로 표면수분을 제거하여 분석을 행하였다.

수분함량

진공건조기(OVL-570, Gallen Kamp Co., England)를 이용하여 70°C 70 mmHg에서 24시간 건조시켜 수분함량으로 결정하였다.

색도변화

색도의 측정은 색차계(Chromameter, Minolta Co., CR200, Japan)를 사용하여 L값(lightness), a값(redness), b값(yellowness)과 전반적인 색차 ΔE 는 아래식으로 나타내었다. Standard plate의 L, a, b값은 각각 97.79, -0.38, 2.05이었다.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

삼투건조시 물질이동

삼투건조중 수분 손실과 용질의 이동은 시료 내부의 용질이 삼투압용액에 대하여 확산작용이 일어나지 않으며 삼투압용액의 농도는 균일하다는 가정하에서 구하였고, 삼투건조시 물질이동은 solid gain, weight loss 및 moisture loss로 각각 아래의 식에 따라 나타내었다(8).

$$\text{Solid Gain(\%)} = \frac{\text{Final Solid} - \text{Initial Solid}}{\text{Initial Gross Weight}} \times 100$$

$$\text{Weight Loss(\%)} = \frac{\text{Initial Gross Weight} - \text{Final Weight}}{\text{Initial Gross Weight}} \times 100$$

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

여기에서,

Initial Gross Weight : Initial weight of banana(g)

Final Weight : Weight after osmotic dehydration(g)

Initial Solid : Initial solid of banana(g)

Final Solid : Solid after Osmotic dehydration(g)

Initial Moisture : Initial moisture content of banana(%)

Final Moisture : Moisture content after osmotic dehydration(%)

적정산도 측정

시료의 일정량을 취해 50 ml의 증류수를 가한후 마쇄하여 20°C에서 3시간 방치한 다음 0.1N-NaOH로 적정하여 소비된 양을 citric acid로 환산하여 나타내었다.

당도 측정

당농도는 각 시료의 일정량을 취해 50ml의 증류수를 가한후 마쇄하여 20°C에서 2시간 방치한 다음 굴절당도계로 측정하였다.

삼투건조공정의 최적화 실험계획

반응표면분석법을 이용하여 삼투건조공정의 최적

화를 실시하였다. 즉, 삼투건조시 침지온도(immersion temperature ; X_1) 와 당농도(sugar concentration ; X_2) 그리고 침지시간(immersion time ; X_3)을 요인변수로 하여 Table 1과 같이 -1, 0, +1의 세단계로 부호화하였다. 또 삼투건조 후 품질특성에 관련된 반응변수(Y_n)로는 수분함량(Y_1), solid gain(Y_2), weight loss(Y_3), moisture loss(Y_4), 색차(Y_5), 산도(Y_6), 당도(Y_7)였으며 3개의 요인변수를 3수준으로 하는 fractional factorial design(9)에 의하여 실험영역을 설계하여 15개의 선정된 조건에서 실험을 실시하였다. SAS(Statistical Analysis System)의 RSREG procedure를 사용하여 삼투건조시 효율이 최대가 되게 하는 최적조건을 설정하는 최적화를 시도하였다.

Table 1. Coding of levels of independent variables used in developing experimental data for optimization of the process for osmotic dehydration

Independent variables	Symbols		Levels	
	Uncoded	Coded	Uncoded	Coded
Immersion Temperature(°C)	T	X1	20	-1
			30	0
			40	1
Immersion concentration(°Brix)	C	X2	20	-1
			40	0
			60	1
Immersion time(hr.)	t	X3	1	-1
			2	0
			3	1

결과 및 고찰

바나나의 조직특성을 고려하여 삼투건조시 공정조건인 온도와 농도 그리고 시간을 결정하고자 하였다. 농도는 sucrose를 이용하여 20, 40, 60 obrix로 결정하고 침지시간은 1, 2, 3시간으로 하였다. 침지온도 60°C에서는 외관상 조직이 허물어지고 삼투건조시 물질이동특성을 나타내는 solid gain이 음의 값을 보여 당의 흡수로 인한 증가보다는 고온에 의한 조직의 붕괴로 바나나의 고형성분이 용출됨을 알 수 있었다. 따라서 열손상의 우려가 없는 20, 30, 40°C를 침지온도로 결정하였다. 삼투처리한 바나나에 상큼한 맛을 부여하기 위한 citric acid의 농도는 예비실험 결과 1.0%가 가장 적절한 것으로 나타나 sucrose용매에 대하여 1.0% 농도비로 사용하였다. 바나나의 초기수분함량은 77.86%로 나타났다.

삼투건조시 물질이동특성

삼투건조 중 수분과 용질의 이동은 시료 내부의

용질이 삼투압용액에 대하여 확산작용이 일어나지 않으며 삼투압용액의 농도는 균일하다는 가정하에서 삼투건조시 물질이동특성을 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Experimental datas for moisture content, solid gain, weight reduction, acidity, color difference and sweetness for different coded values of treatment conditions

Treatment No.	Temp. T	Conc. C	Time t	M.C.	S.G.	W.R.	M.L.	ΔE	Acidity	Sweetness
1	-1	-1	0	77.62	0.94	-3.12	0.31	23.41	0.451	16.94
2	-1	0	-1	74.57	1.67	6.38	4.23	18.18	0.341	20.44
3	-1	0	1	69.82	4.15	12.87	10.33	12.60	0.416	21.46
4	-1	1	0	70.63	3.71	12.00	9.29	16.85	0.423	22.58
5	0	-1	-1	77.18	0.94	-4.46	0.87	8.51	0.437	18.94
6	0	-1	1	77.82	0.59	-2.51	0.05	10.42	0.465	21.11
7	0	0	0	71.90	2.39	12.71	7.65	4.08	0.405	22.29
8	0	0	0	71.29	2.56	13.96	8.44	6.65	0.448	26.82
9	0	0	0	71.20	2.74	13.61	8.55	12.93	0.492	23.20
10	0	1	-1	71.93	2.18	13.36	7.62	13.08	0.320	25.44
11	0	1	1	66.37	4.28	21.43	14.76	6.14	0.427	29.63
12	1	-1	0	76.84	1.25	-0.98	1.31	10.09	0.420	20.79
13	1	0	-1	71.38	3.56	10.21	8.32	14.68	0.387	27.08
14	1	0	1	69.51	3.92	14.53	10.72	10.04	0.451	23.29
15	1	1	0	61.66	5.89	26.90	20.81	20.24	0.474	31.04

M.C. : moisture content(%). M.L. : moisture loss(%). S.G. : solid gain(%). W.L. : weight loss(%).

삼투처리후 수분함량은 고온과 고농도에서의 처리에서 낮은 값을 보여 건조가 많이 이루어짐을 알 수 있으며 삼투처리로서 건조가 이루어짐을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 사과와 삼투건조시 온도와 농도가 증가할수록 사과 내부의 수분확산이 향상된다는 Saurel 등(10)의 보고와 유사하였다. 고온과 고농도의 처리에서 S.G.이 높은 값을 가져 삼투건조시 농도가 증가할수록 당의 흡수가 많아짐을 보여주는 것으로 대부분의 보고와 유사한 경향이었다. 또한 시간보다는 농도와 온도의 증가에 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며, 온도보다는 농도에 더 큰 영향을 받는 것으로 나타나 당농도가 침지온도에 비해 크게 작용한다는 Kim(11)의 보고와 유사하였다. 무게손실(W.L.)은 낮은 농도에서는 오히려 무게의 증가로 음의 값을 보였지만 고농도와 고온에서의 처리는 효과적인 무게감소를 보였다. 온도보다 농도에 의한 영향이 더 큰 것으로 나타났는데 이는 Hong 등(12)이 보고한 키위에서의 결과 유사하였다. 수분손실(M.L.) 또한 고온과 고농도에서의 처리에서 더 많은 손실을 보여 삼투작용이 활발했음을 확인할 수 있었는데 삼투건조시 물질이동 특성 모두 온도보다는 농도의 영향이 더 큰 것으로 나타나 삼투는 비교적 저온과 고농도에서 처리하는 것이 효율적인 것으로 나타났다.

삼투건조시 품질의 변화

건조에 따른 바나나의 색도 변화를 살펴본 결과 삼투처리 후에는 고농도에서의 처리가 색의 변화를 억제하였으며 낮은 온도에서 효과가 큰 것으로 나타났다. 온도가 증가함에 따라 더 큰 색차를 보였으나 시간의 영향은 크게 나타나지 않았다. 70℃에서 24시간 진공건조한 후의 색차를 보면 고농도에서의 처리가 낮은 농도에서 처리한 경우 보다 색의 변화를 억제함을 알 수 있었다. 이는 고농도에서 용질의 이동이 건조시 색의 변화를 억제하여 외관적인 품질손상을 억제하는 것으로 Ponting 등(4)은 고농도일수록 갈변의 원인이 되는 polyphenoloxidase 활성을 억제하는 효과가 있어 갈변이 억제된다고 보고하였다. 건조바나나의 맛을 개선하고자 처리한 산도의 변화를 살펴보면 고농도에서 처리한 구간에서 낮은 산도를 보여 당의 증가가 산의 침투를 저해하는 것으로 나타났다.

침지온도나 시간보다는 당농도에 더 많은 영향을 받는 것으로 관찰되었으며, 침지시간이 길어질수록 산의 흡수가 비교적 많아지고 온도에는 큰 영향이 없는 것으로 나타났다. 삼투건조 후 당도의 변화는 농도와 온도의 증가에 따라 높은 값을 보여 당의 흡수가 많아짐을 알 수 있고 시간의 증가에 따라 전반적으로 증가함을 보였다. 이는 삼투작용에 의한 solid gain의 증가때문으로 생각되어지며 온도보다는 농도에 의한 영향이 더 크게 작용하였다. 이는 키위에서의(12) 당도의 변화와 유사한 결과를 보여 주었다.

삼투건조공정의 최적화

삼투건조공정의 최적조건을 찾기 위하여 Table 2의 실험결과를 이용하여 반응표면분석법에 의해 수립된 2차회귀모형에 적합하여 얻은 회귀계수값들을 Table 3에 나타내었다. 이들 계수값을 이용하여 반응

Table 3. Regression coefficients of second order polynomials^{a)} representing relationships between indicated response variables(Y_n) and independent variables of immersion temperature(i or $j=1$), immersion concentration(i or $j=2$), immersion time(i or $j=3$)

Coefficients	M.C.	S.G.	W.R.	M.L.	ΔE	Acidity	Sweetness
β_{k0}	74.3025	4.2887	-28.3800	4.5975	104.3963	0.3261	-0.7900
β_{k1}	0.6341	-0.4491	-0.0426	-0.8160	-5.3119	0.0037	0.8632
β_{k2}	-0.0037	0.0400	0.7752	0.0045	-0.9234	-0.0066	0.0251
β_{k3}	-3.4908	1.3154	9.5196	4.4842	6.0571	0.1617	3.2329
β_{k11}	-0.0089	0.0086	-0.0034	0.0115	0.0705	0.0000	-0.0100
β_{k12}	-0.0102	0.0023	0.0160	0.0132	0.0209	0.0001	0.0058
β_{k13}	0.0720	-0.0530	-0.0542	-0.0925	0.0235	-0.0003	-0.1203
β_{k22}	0.0028	-0.0012	-0.0109	-0.0036	0.0068	0.0000	-0.0007
β_{k23}	-0.0775	0.0306	0.0765	0.0995	-0.1106	0.0010	0.0252
β_{k33}	0.7471	-0.0942	-2.0870	-0.9592	-1.0608	-0.0397	-0.0467

$$^a) Y_n = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j + \epsilon$$

Table 4. Analysis of variance showing effects of treatment variables as linear or quadratic terms and interaction(cross product) effects on response variables

Source	DF	M.C.		S.G.		W.R.		M.L.		ΔE		Acidity		Sweetness	
		S.S.	Prob>F	S.S.	Prob>F	S.S.	Prob>F	S.S.	Prob>F	S.S.	Prob>F	S.S.	Prob>F	S.S.	Prob>F
Model	9	266.02	0.0036	31.15	0.0034	1149.37	0.0005	438.95	0.0036	365.01	0.0637	0.0222	0.3483	190.90	0.0575
Linear	3	227.45	0.0006	23.82	0.0008	1015.72	0.0001	375.33	0.0006	62.91	0.2085	0.0127	0.1698	175.02	0.0097
Quadratic	3	10.12	0.2606	3.83	0.0412	82.41	0.0252	16.69	0.2611	212.49	0.0277	0.0062	0.3898	3.80	0.8493
Cross product	3	28.45	0.0554	3.50	0.0489	51.24	0.0619	46.93	0.0555	89.61	0.1269	0.0033	0.6145	12.11	0.5246
Residual	5	9.27		1.06		17.78		15.32		48.06		0.0083		23.84	
Lack of fit	3	8.98	0.0465	1.00	0.0851	16.95	0.0693	14.83	0.0468	6.60	0.9491	0.0046	0.5959	12.36	0.6269
Pure error	2	0.29		0.06		0.83		0.48		41.46		0.0038		11.48	
Variability explained (R ²)		0.9663		0.9670		0.9848		0.9663		0.8837		0.7266		0.8890	

S.S. : sum of squares.

변수의 예측은 물론 반응표면의 형성도 가능하다. 최적 삼투건조조건을 얻기위해 침지온도 (X_1), 당농도 (X_2), 침지시간 (X_3)를 요인변수로 하고 삼투건조 후 수분함량(Y_1), solid gain(Y_2), weight loss(Y_3), moisture loss(Y_4), 색차(Y_5), 적정산도(Y_6), 당도(Y_7)를 반응변수로 하였다. 수립된 회귀식에 대하여 분산분석한 결과를 Table 4에 나타내었다. 삼투건조시 물질이동특성에 대하여는 1%이내의 유의수준을 나타내어 각 처리구에 대하여 수립된 회귀식에 대하여 유의성이 인정되었다. 품질변화특성치도 산도를 제외하고는 유의성이 있는 것으로 나타났다. 수립된 이차회귀식에 대한 적합성 결여분석 결과 반응변수 모두 유의성이 없어($P>0.05$) 수립된 반응표면 모형이 통계적으로 유의하다고 할 수 있으나 대부분의 반응변수 모두 일치항만으로도 회귀식을 수립할 수 있을 것으로 생각한다. 각 반응변수에 미치는 독립변수의 영향을 살펴본 결과를 Table 5에 나타내었다. 물질이동특성에 대하여는 농도와 온도, 시간 모두 영향을 미쳤으나 농도가 가장 중요한 변수로 작용하였으며 색차에 대해서는 온도가, 당도에 대해서는 농도가 영향을 주는 것으로 나타났다. 산도에 대해서는 독립변수에 대한 유의성이 인정되지 않았다. 따라서 삼투처리후 제품의 품질에 많은 영향을 끼친다고 판단되면서 유의성이 있는 것으로 나타난 반응변수, 즉 삼투건조후 수분함량과 색차 그리고 당도를 품질평가 기준으로 하였다.

Table 5. Analysis of variance showing significance of effects of processing variables on moisture content, solid gain, weight reduction, acidity, color difference and sweetness

Process variables	DF	Sum of squares						
		M.C.	S.G.	W.R.	M.L.	ΔE	Acidity	Sweetness
Immersion Temperature	4	43.71*	6.85*	105.76*	72.06*	285.46*	0.0033	68.68
Immersion Concentration	4	219.83**	22.23**	1019.08**	362.80**	118.42	0.0054	126.04*
Immersion Time	4	30.39	5.29*	80.86*	50.11	53.03	0.0168	8.42

*Significant at 5%. ** Significant at 1%.

반응표면분석법은 그래프로서 최적화를 이루는 한 방법이므로 등고선도를 이용하여 최적조건을 결정할 수 있다. 그러나 각 변수들의 반응표면은 정확하게 일치하지 않으므로 적절한 제한조건을 필요로 하게 된다. 주어진 실험조건내에서 예비실험을 통해 얻어진 결과를 바탕으로 제한영역을 설정하고, 각 조건이 일치하는 지역을 중첩되는 contour map으로 구하고자 하였다. 본건조를 효율적으로 수행하기 위한 수분함

량을 72% 이하로 설정하였으며 적절한 신맛과 단맛의 조화를 보이는 당도는 24 °brix 이하, 건조후의 외관상 품질을 결정하는 색차는 10을 넘지 않도록 제한 조건을 설정하였다. 반응 변수에 대하여 각 조건이 일치하지 않아서 세개의 독립변수 중 가장 영향이 적은 것으로 나타난 침지시간을 2시간으로 온도와 농도만을 변수로하여 최적조건을 얻고자 하였다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 제한조건을 만족하는 영역의 온도와 농도범위는 24~28°C, 42~46 °brix로 결정할 수 있었다. 따라서 건조키의 제조를 위한 삼투처리의 최적조건을 중심값인 26°C, 44 °brix, 2시간으로 결정할 수 있었다.

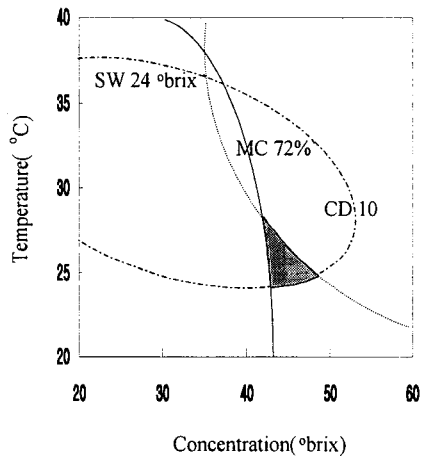


Fig. 1. Contour plots of moisture content<72%, sweetness<24° Brix and color difference<10 are superimposed on temperature and concentration at 2 hours.

요약

건조바나나 제조시 건조에 의한 품질열화를 줄이기 위한 한 방법으로서 삼투건조를 전처리공정으로 행하였다. 삼투처리공정의 최적조건을 얻기 위하여 부분실시법으로 실험계획을 수립한 후 반응표면분석법으로 최적화를 수행하였다. 삼투건조시 침지온도와 당농도 그리고 침지시간을 독립변수로 하고 수분함량, solid gain, weight loss, moisture loss, 색차, 적정산도, 당도를 반응변수로 하였다. 삼투건조시 물질이동의 특성은 침지온도, 농도, 처리시간이 길어질수록 증가하는 것으로 나타나 삼투작용이 활발했음을 확인할 수 있었으며 온도보다는 농도의 영향이 더 큰 것으로 나타나 삼투처리는 비교적 저온과 고농도에서 처리하는 것이 효율적인 것으로 나타났다. 전반적인 색의 변화는 고농도에서 처리가 색의 변화를 억

제하였으며 적정산도는 침지시간의 증가에 따라 증가하였으나 농도의 증가에 따라 낮은 값을 보여 당의 증가가 산의 침투를 저해하는 것으로 나타났다. 당도의 변화는 농도와 온도의 증가에 따라 높은 값을 보여 당의 흡수가 많아짐을 알 수 있었다. 수립된 회귀모형에 대한 적합성 결여분석 결과 반응변수 모두 유의성이 없어($P>0.05$) 수립된 반응표면 모형이 통계적으로 유의하다고 할 수 있었으며 다중회귀분석 결과 일차항이 유의성이 인정되었다. 독립변수의 영향은 온도와 농도에 대하여는 유의성이 있었으며 시간에 대해서는 유의성이 인정되지 않았다. 독립변수 중 가장 영향이 적은 것으로 나타난 침지시간을 2시간으로 고정하고 제한요건으로 수분함량을 72% 이하, 당도와 색차를 각각 24 °Brix, 10 이하로 하는 온도와 농도는 최적화 결과 24~28°C, 42~46 °Brix로 나타나, 건조바나나 제조를 위한 삼투처리의 최적조건을 26°C, 44 °Brix, 2시간으로 결정할 수 있었다.

참고문헌

1. Woodroof, J.G. and Luh, B.S. (1986) Commercial fruit processing. 2nd ed. Avi Publishing Inc., Westport, Connecticut, U.S.A.
2. Hui, Y.H. (1992) Encyclopedia of food science and technology. John Wiley & Sons Inc., U.S.A.
3. Lericci, C.R., Pinnavaia, G., Dalla, R.M. and Bartolucci, L. (1985) Influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. *J. Food Sci.*, **50**, 1217-1219
4. Ponting, J.D., Watters, G.G., Ferry, R.R., Jacson, R. and Stanley, W.L. (1966) Osmotic dehydration of fruits. *Food Technol.*, **20**, 1365-1368
5. Flink, J.M. (1980) Dehydrated Carrot Slices : Influence of Osmotic Concentration on Drying Behavior and Product Quality. In Food Process Engineering, Applied Science Publishers Ltd., London, p.412-418
6. Biswal, R.N., Bozorgmehr, O.K., Tompkind, F.D. and Liu, X. (1991) Osmotic concentration of green bean prior to freezing. *J. Food Sci.*, **56**, 1008-1012
7. Dixon, G.M. and Jen, J.J. (1977) Changes of sugar and acids of osmovac-dried apple slices. *J. Food Sci.*, **42**, 1126-1127
8. Bolin, H.R., Huxsoll, C.C., Jackson, R. and NG, K.C. (1983) Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. *J. Food Sci.*, **48**, 202-205
9. Floros, J.D. and Chinnan, M.S. (1987) Optimization of pimento pepper lye-peeling process using response surface methodology. *Trans. of ASAE.*, **30**, 560-565
10. Saurel, R., Rios, G. and Guilbert, S. (1994) Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple I. Fresh plant tissue. *Inter. J. Food Sci. Technol.*, **29**, 531-542
11. Kim, M.H. (1990) Mass transfer and optimum processing condition for osmotic concentration of potatoes prior to air dehydration. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **22**, 497-502
12. Hong, J.H., Youn, K.S. and Choi, Y.H. (1998) Optimization for the process of osmotic dehydration for the manufacturing of dried kiwifruit. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **30**, 348-355

(1999년 1월 5일 접수)