

건조키위 제조를 위한 삼투건조공정의 최적화

홍주헌 · 윤광섭* · 최용희

경북대학교 식품공학과, *대구효성가톨릭대학교 식품공학과

Optimization for the Process of Osmotic Dehydration for the Manufacturing of Dried Kiwifruit

Joo-Hun Hong, Kwang-Seob Youn* and Yong-Hee Choi

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

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

Abstract

The developments of various processed foods and the high quality dried fruits, in particular, are urgently needed for the enhancement of fruit consumption and their competitive values. Therefore, in this study, three variables by three level factorial design and response surface methodology were used to determine optimum conditions for osmotic dehydration of kiwifruit. The relationships of moisture losses, solid gains, weight reductions, sugar contents, titratable acidities and vitamin C contents depending on changes with temperature, sugar concentration and immersion time were investigated. The moisture loss, solid gain, weight reduction 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. Sugar content was increased by increasing sugar concentration, temperature, immersion time during osmotic dehydration. Titratable acidity and vitamin C content were increased by decreasing temperature, immersion time and increasing concentration 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 . At the given conditions such as 66~69% moisture content, above 24°Brix sugar content and more than 23 mg% vitamin C, the optimum condition for osmotic dehydration was 37°C, 55°Brix and 1.5 hour.

Key words: kiwifruit, osmotic dehydration, RSM

서 론

양다래(Kiwi fruit: *Actinidia deliciosa* planch.)는 온대성 낙엽과수로서 우리나라에서는 1977년 뉴질랜드에서 종자를 도입하여 전라남도, 경상남도 등의 남해안 일대와 제주도에서 생산되고 있으며 그 생산량이 해마다 증가되고 있다⁽¹⁾. 키위에는 vitamin C 함량이 80~120 mg%로 한 개의 섭취로도 하루 요구량을 충족할 수 있으며, 또한 vitamin E와 각종 미네랄이 풍부하고, hexanal로 대표되는 독특한 향을 가지는 휘발성분은 약 90여종이 알려져 있으며⁽²⁾, 특히 단백질 분해효소가 들어 있어 가정이나 음식점에서 육류 요리에 키위를 몇조각 첨가하면 빛깔이 좋아지고 향기 또한 향

상되며 육류 과다섭취로 일어나는 여러 가지 질병을 예방할 수가 있다고 알려져 있다⁽³⁾. Climacteric fruit인 키위는 후숙에 따라 total sugar나 soluble solid가 증가하여 단맛이 증가하지만 펙틴질의 분해로 인하여 firmness가 감소하여 상처로 인한 상품가치 하락의 염려가 있다. 저장기술의 발달로 출하시기의 조절이나 저장기간의 연장은 가능하지만 climacteric rise 후 급격한 품질연화로 유통기간은 그리 길지 못하다⁽⁴⁾. 이런 이유로 국내에서는 키위의 저장성 향상에 관한 연구가 대부분을 차지하고 있으며⁽⁵⁻⁷⁾ 가공에 관한 연구는 거의 없다. 따라서 과숙한 키위를 건조하여 새로운 가공품으로 개발한다면 가공에 의한 수요를 높일 수 있으며 또한 과숙과를 이용할 수 있어 효율의 증대를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

건조 전처리 방법으로 채택할 수 있는 삼투건조는 Ponting 등⁽⁸⁾에 의해 개발된 방법으로 당류나 소금을

Corresponding author: Yong-Hee Choi, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

사용하여 삼투효과를 이용한 건조방법으로 열에 의한 색과 맛, 향기의 손상을 최소화하고 건조시 변색을 막아 줄 뿐만 아니라 신맛의 제거 및 단맛을 증가시킬 수 있어 기호성을 향상시킬수 있는 건조방법이다. 삼투용액으로는 설탕이나 소금이 많이 이용되며 이외 과당이나 포도당, 유당 등도 이용되는데, 소금은 채소에 있어서는 우수한 삼투용액이나 식품에 짠맛을 부여하므로 과일의 이용에는 적합하지 못하다⁽⁹⁾. 과일이나 채소에서 동결, 진공 그리고 열풍건조의 전처리 또는 새로운 제품개발의 목적으로 삼투건조가 많이 이용되고 있으며, 이에 따른 건조중 물질의 이동, 성분의 변화, 조직의 변화 등에 관한 연구가 보고되고 있다^(10,11). 건조 전처리로서 삼투 건조를 이용한 연구로는 동결건조 전처리로 green bean을 소금용액에 침지하여 온도에 따른 수분의 손실과 염의 흡수를 모델화한 보고⁽¹²⁾와 사과를 이용하여 진공건조 전처리로 삼투건조를 행하였을 때 당과 유기산의 함량을 조사한 보고⁽¹³⁾가 있었다. 이 등⁽¹⁴⁾은 열풍건조전 삼투건조를 행한 당근 후레이크가 무처리한 것보다 품질이 향상됨을 보고하였으며, Yang 등⁽¹⁵⁾은 4가지 건조방법을 이용하여 lowbush blueberry의 품질을 평가 비교하였다. 식품가공 공정상의 최적화를 이루기 위하여는 식품의 물리화학적 성질 및 이동현상에 대한 예측모델의 개발 등이 필요하며⁽¹⁶⁾, 최적조건을 설정하기 위한 최적화 기법중 도해적 방법은 실험 계획법⁽¹⁷⁾을 수립한 후 반응표면분석법⁽¹⁸⁾이라는 분석기법을 이용하여 최적화를 이루는 방법으로, 흔히 쓰이는 실험계획법으로는 중심합성법이나 회전계획법, 요인배치법, 일부실시법 등이 있다^(19,20).

따라서 본 연구에서는 본건조에 앞서 건조시 발생되는 문제점을 보완하기 위해 여러 가지 잇점을 줄 수 있는 삼투공정을 전처리로서 이용하여 최적조건을 반응표면분석기법의 최적화를 통하여 얻고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 키위는 일반 청과물시장에서 필요 시마다 구입하였으며, 0.5 cm 두께의 cylinder 형태로 무게는 8~10 g되게 절단하여 사용하였다.

삼투건조 방법

삼투건조시 agent로 sucrose를 이용하여 각기 그 농도를 20, 40, 60°Brix로 조성한 후 시료와 용액의 담금

비율을 1:5 (W/V)로 하여 20, 40, 60°C에서 1, 2, 3시간 침지시킨 후 수 초간 세척하여 시료 표면에 부착된 당을 제거한 후 여과지로 표면수분을 제거하여 분석을 행하였다.

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 reduction 및 moisture loss로 각각 아래의 식에 따라 나타내었다⁽²¹⁾.

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

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

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

여기에서, Initial Gross Weight: Initial weight of Kiwi (g)

Final Weight: Weight after osmotic dehydration (g)

Initial Solid: Initial solid of Kiwi (g)

Final Solid: Solid after Osmotic dehydration (g)

Initial Moisture: Initial moisture content of Kiwi (%)

Final Moisture: Moisture content after osmotic dehydration (%)

수분함량

진공건조기(OVL-570, Gallen Kamp Co., England)를 이용하여 70°C, 69 mmHg에서 24시간 건조시켜 수분함량으로 결정하였으며 대조구의 수분함량은 84.52%였다.

당농도 측정

당농도는 각 시료의 일정량을 취해 50 mL의 증류수를 가한후 마쇄하여 20°C에서 3시간 방치한 다음 굴절당도계로 측정하였다.

적정산도 측정

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

Vitamin C 함량

시료 일정량에 5% metaphosphoric acid 용액을 가하여 마쇄한 후 같은 용액으로 100 mL가 되게 정용한 다음 원심분리한 것을 측정용 시료로 하여 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNP) 비색법을 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다.

삼투건조공정의 최적화 실험계획

반응표면분석법을 이용하여 삼투건조공정의 최적화를 실시하였다. 즉, 삼투건조시 침지온도(immersion temperature; X_1)와 당농도(sugar concentration; X_2) 그리

고 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 reduction (Y_3), moisture loss (Y_4), 산도(Y_5), 당도(Y_6), vitamin-C (Y_7) 이었으며 3개의 요인변수를 3수준으로 하는 fractional factorial design에 의하여 실험영역을 설계하여 15개의 선정된 조건에서 실험을 실시하였다.

결과 및 고찰

삼투건조공정시 물질이동특성

삼투건조 후 물질이동의 특성은 moisture loss (M.L.), solid gain (S.G.) 및 weight reduction (W.R.)의 변화로 측정하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다. M.L.은 농도가 증가될수록 그 값이 커졌고 일정 농도에서 온도가 상승할수록 높은 값을 나타내어 온도와 농도가 동시에 증가할수록 높은 건조효과를 나타내는 것을 알 수 있었다. 그리고 시간의 증가보다는 농도와 온도 의 증가에 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며, 온도 보다는 농도에 보다 큰 영향을 받는 것으로 나타나, 당농도가 침지온도에 비해 크게 작용한다는 Kim⁽¹⁾의 보고와 유사하였다. Conway 등⁽²⁾의 설탕용액의 온도를 10°C 상승시키는 것은 10°Brix 농도 증가와 같다는 보고와는 달리 처리온도 보다는 농도에 의한 효과가 컸다. S.G.의 경우도 마찬가지로 온도보다 농도에 의한 영향이 더 큰 것으로 나타났는데, 이는 삼투건조에 있어서 농도가 증가할수록 설탕의 흡수가 많아져 S. G. 값이 증가했음을 보여주는 것으로 대부분의 보고

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

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

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

| Treatment No. | Temperature | Concentration | Time | M.C. | S.G. | W.R. | M.L. | Acidity | Sweetness | Vit-C |
|---------------|-------------|---------------|------|-------|------|-------|-------|---------|-----------|-------|
| 1 | 20 | 20 | 2 | 81.44 | 1.31 | -3.13 | 0.889 | 1.099 | 14.27 | 18.48 |
| 2 | 20 | 40 | 1 | 75.97 | 4.78 | 5.89 | 7.54 | 1.147 | 12.21 | 24.99 |
| 3 | 20 | 40 | 3 | 72.49 | 6.63 | 11.07 | 11.78 | 1.148 | 20.12 | 18.75 |
| 4 | 20 | 60 | 2 | 70.62 | 6.15 | 18.37 | 14.06 | 1.404 | 19.22 | 21.54 |
| 5 | 40 | 20 | 1 | 81.30 | 1.64 | -4.10 | 1.06 | 1.039 | 14.96 | 17.47 |
| 6 | 40 | 20 | 3 | 82.23 | 1.02 | -6.05 | -0.07 | 0.959 | 19.06 | 15.50 |
| 7 | 40 | 40 | 2 | 70.64 | 7.67 | 13.14 | 14.03 | 1.373 | 21.33 | 24.47 |
| 8 | 40 | 40 | 2 | 70.92 | 7.23 | 13.81 | 13.69 | 1.376 | 20.25 | 22.20 |
| 9 | 40 | 40 | 2 | 72.66 | 5.61 | 14.28 | 11.57 | 1.175 | 17.76 | 23.25 |
| 10 | 40 | 60 | 1 | 66.54 | 8.63 | 20.91 | 19.02 | 1.202 | 25.63 | 24.10 |
| 11 | 40 | 60 | 3 | 62.80 | 9.11 | 27.59 | 23.57 | 1.422 | 25.71 | 22.90 |
| 12 | 60 | 20 | 2 | 79.31 | 2.03 | 4.02 | 3.48 | 0.343 | 17.89 | 9.38 |
| 13 | 60 | 40 | 1 | 70.35 | 7.03 | 16.15 | 14.38 | 0.729 | 25.80 | 18.06 |
| 14 | 60 | 40 | 3 | 66.54 | 9.89 | 17.14 | 19.02 | 0.416 | 31.05 | 8.78 |
| 15 | 60 | 60 | 2 | 61.61 | 7.09 | 35.08 | 25.02 | 0.826 | 33.19 | 13.92 |

와 유사한 경향이였다. W.R.의 변화는 M.L.에서와 유사하였으며 침지온도, 농도, 시간이 길어질수록 증가하는 것으로 나타났다. 또, 일부 구간에서 -값이 나온 것은 삼투건조시 수분의 이동보다 당용액의 이동이 크기 때문에 나타나는 현상으로 생각된다.

삼투건조공정시 품질변화특성

삼투건조공정에서 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 60°C, 60°Brix에서 2시간 침지시 가장 적은 수분함량을 나타내어 농도 및 온도의 상호작용에 의해 삼투효과가 증가되었음을 확인 할 수 있었다. 이러한 결과는 사과와 삼투건조시 온도와 농도가 증가할수록 사과 내부의 수분확산이 향상된다는 Saurel 등⁽²³⁾의 보고와 유사하였으며, 삼투처리로서 건조가 이루어짐을 확인할수 있었다. 삼투건조후 당농도의 변화는 침지온도와 농도 및 시간이 증가함에 따라 증가하였는데, 이것은 삼투작용에 의한 solid gain의 증가때문으로 사료된다. 침지온도와 시간에 따른 경향을 살펴보면 온도가 더 큰 영향을 미쳤으나 온도와 시간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 온도와 농도는 비슷한 정도의 영향을 보여 시간보다는 농도에 더 영향을 받음을 알수있었으며 고농도에서 급격하게 당도가 증가하였다. 과일에 있어서 산은 당과 더불어 미각에 중요한 작용을 하는 성분으로 산도의 변화를 살펴보면고온(60°C)과 저농도(20°Brix)에서 처리한 구간이 산도가 낮았으며, 저온(20°C)과 고농도(60°Brix)에서 처리한

구간에서 높은 산도를 보여 침지온도나 시간보다는 당농도에 더 많은 영향을 받는 것으로 관찰되었으며, 온도가 높아질수록, 침지시간이 길어질수록 산의 손실이 많아지고 낮은 온도와 고농도의 처리에서 산의 손실이 적게 나타나 Lenart⁽²⁴⁾의 보고와 유사한 결과를 보였다. 삼투처리에 따른 vitamin C함량의 변화를 살펴보면 고온보다는 저온에서 처리한 경우에 더 많은 vitamin C 함량을 보였으며 농도가 높을수록 높은 함량을 보여 고농도에서 비타민의 손실이 적어 당의 보호작용에 의한 것으로 생각된다. 사과의 삼투건조시 vitamin C의 함량 변화를 조사한 윤 등⁽²⁵⁾의 보고에 의하면 fresh상태의 vitamin C 함량은 삼투처리를 거치면서 약 40%의 손실이 발생하였으며 저온, 고농도의 삼투처리가 고온, 저농도에서의 삼투처리보다 vitamin C의 손실을 억제하는데 효과적이었다고 보고하였는데, 이는 본 실험의 결과와 일치하였다.

반응표면분석에 의한 삼투건조공정의 최적화

삼투건조공정의 최적조건을 찾기 위하여 Table 2의 실험결과를 이용하여 반응표면분석법에 의해 수립된 2차회귀모형에 적합하여 얻은 회귀계수값들을 Table 3에 나타내었다. 최적 삼투건조조건을 얻기위해 침지온도 (X₁), 당농도 (X₂), 침지시간 (X₃)를 요인변수로 하고 삼투건조후 수분함량(Y₁), solid gain (Y₂), weight reduction (Y₃), moisture loss (Y₄), 적정산도(Y₅), 당도 (Y₆), vitamin-C함량(Y₇)을 반응변수로 하였다. 수립된 회귀식에 대하여 분산분석한 결과를 Table 4에 나타내었다. 삼투건조시 물질이동특성을 나타내는 Y₁, Y₂, Y₃, Y₄의 R₂는 각각 0.9833, 0.9130, 0.9932, 0.9853이었고, 유의성을 나타내는 p값은 각각 0.0005, 0.0333, 0.0001,

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. | Acidity | Sweetness | Vit-C |
|--------------|---------|---------|----------|----------|---------|-----------|---------|
| βk0 | 90.5667 | -8.3783 | -23.8217 | -10.2183 | -0.1985 | 10.0700 | -2.7183 |
| βk1 | 0.0425 | 0.0849 | -0.1647 | -0.0516 | 0.5643 | 0.01608 | 0.8113 |
| βk2 | -0.4750 | 0.5905 | 0.5536 | 0.5776 | 0.0063 | 0.0358 | 0.5919 |
| βk3 | 1.4308 | -2.8854 | 9.4992 | -1.7342 | 0.4065 | 0.0825 | 1.7971 |
| βk11 | 0.0000 | -0.0009 | 0.0035 | 0.0000 | -0.0009 | 0.0029 | -0.0123 |
| βk12 | -0.0043 | 0.0001 | 0.0060 | 0.0052 | 0.0001 | 0.0065 | 0.0009 |
| βk13 | -0.0041 | 0.0126 | -0.0524 | 0.0050 | -0.0039 | -0.0333 | -0.0380 |
| βk22 | 0.0046 | -0.0058 | -0.0039 | -0.0056 | -0.0001 | 0.0005 | -0.0064 |
| βk23 | -0.0584 | 0.0137 | 0.1079 | 0.0710 | 0.0037 | -0.0503 | 0.0096 |
| βk33 | -0.0483 | 0.6004 | -2.5892 | 0.0579 | -0.1052 | 1.3563 | -0.7496 |

^{a)}Y_n=β₀+∑_{i=1}^kβ_iX_i+∑_{i=1}^k∑_{j=1}^kβ_{ij}X_iX_j+ε.

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. | | Acidity | | Sweetness | | Vit-C | |
|---|----|--------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|-----------|---------|--------|---------|
| | | 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 | 599.78 | 0.0005 | 110.23 | 0.0333 | 1851.12 | 0.0001 | 887.04 | 0.0005 | 1.54 | 0.0046 | 479.19 | 0.0081 | 353.46 | 0.0206 |
| Linear | 3 | 568.79 | 0.0001 | 87.04 | 0.0074 | 1762.71 | 0.0000 | 842.24 | 0.0001 | 1.03 | 0.0014 | 435.68 | 0.0012 | 243.43 | 0.0061 |
| Quadratic | 3 | 12.98 | 0.1820 | 22.63 | 0.1013 | 42.55 | 0.0467 | 19.18 | 0.1826 | 0.46 | 0.0088 | 10.92 | 0.5615 | 107.02 | 0.0339 |
| Cross | 3 | 17.31 | 0.1199 | 0.60 | 0.9622 | 45.86 | 0.0406 | 25.62 | 0.1201 | 0.06 | 0.3134 | 32.59 | 0.1973 | 3.01 | 0.9010 |
| Residual | 5 | 8.95 | | 10.50 | | 12.64 | | 13.25 | | 0.0596 | | 23.86 | | 26.82 | |
| Lack of fit | 3 | 6.55 | 0.3734 | 8.15 | 0.3166 | 11.98 | 0.0769 | 9.70 | 0.3740 | 0.0265 | 0.5869 | 17.16 | 0.3903 | 24.24 | 0.1408 |
| Pure error | 2 | 2.40 | | 2.25 | | 0.66 | | 3.55 | | 0.0331 | | 6.70 | | 2.58 | |
| Variability explained (R ²) | | 0.9853 | | 0.9130 | | 0.9932 | | 0.9853 | | 0.9627 | | 0.9526 | | 0.9295 | |

S.S.: sum of squares

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

| Process variables | DF | Sum of squares | | | | | | |
|-------------------------|----|----------------|---------|-----------|----------|---------|----------|---------|
| | | M.C. | S.G. | W.R. | M.L. | Acidity | Sweet- | Vit-C |
| Immersion Temperature | 4 | 76.33* | 7.16 | 236.46** | 112.98* | 1.24** | 255.16** | 233.24* |
| Immersion Concentration | 4 | 521.62** | 98.48** | 1596.49** | 772.33** | 0.29* | 207.41* | 83.46 |
| Immersion Time | 4 | 18.24 | 4.50 | 62.61* | 27.03 | 0.09 | 50.18 | 48.20 |

*Significant at 5%.

**Significant at 1%.

0.0005로 solid gain을 제외하고는 1%이내의 유의수준을 나타내어 각 처리구에 대하여 높은 유의성이 인정되었다. 적정산도와 당도, vitamin C 함량에 대한 R²와 p값은 각각 0.9627, 0.9526, 0.9295와 0.0046, 0.0081, 0.0206으로 적정산도와 당도는 1%이내의 유의성을 보였으나, vitamin C는 5%수준에서의 유의성이 인정되었다. 이차모델식에 대한 적합성 결여분석 결과 반응변수 모두 유의성이 없어(P>0.05) 수립된 반응표면 모형이 통계적으로 유의하다고 할 수 있었다. 다중회귀분석 결과 일차항은 유의성이 인정되었으나 이차항은 weight reduction에 대해서만 유의성을 가지며 변수 상호간에는 유의성이 없는 것으로 나타났다. Table 5는 각 반응변수에 미치는 독립변수의 영향을 살펴본 결과로서 수분함량이나 solid gain, weight reduction, moisture loss에 대하여는 농도가 가장 중요한 변수로 작용하였으며 적정산도와 당도 그리고 vitamin-C 함량에 대하여는 온도가 농도보다 더 큰 영향을 끼쳤으며 침지시간에 대해서는 반응변수 모두 유의성이 인정되지 않았다. Mudahar 등⁽²⁶⁾은 당근의 건조시 건조온도와 건조시간이 그제 영향을 미치며 침지시간은 영향이 없다고 보고하여 본 실험과 같은 경향을 보였다. 이로써 삼투처리후 제품의 품질에 많은 영향을 끼친

다고 판단되면서 유의성이 있는 것으로 나타난 반응변수, 즉 삼투건조후 수분함량과 당도, 그리고 vitamin C 함량을 품질평가 기준으로 하였다. 따라서 본 삼투건조에서는 종속변수를 수분함량과 당도, 그리고 vitamin C 함량으로 하고 독립변수를 침지온도, 농도, 시간으로 하였을 때 그 변화 정도를 contour map으로 나타내고자 하였다.

최적삼투조건의 선정

삼투건조시 온도와 농도 그리고 시간에 따른 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. 예비실험결과 비교적 긴시간의 삼투처리는 수분함량은 낮아지지만 vitamin의 손실과 당도의 증가가 많아져 오히려 품질 열화요인으로 작용하므로 본건을 효율적으로 수행하기 위한 수분함량을 66~69%로 보았으며, 적절한 신맛과 단맛의 조화를 보이는 당도는 24°Brix로 결정하였고, vitamin C 함량은 약 60%의 잔존함량을 나타내는 23 mg% 이상을 제한조건으로 하였다. 온도와 농도

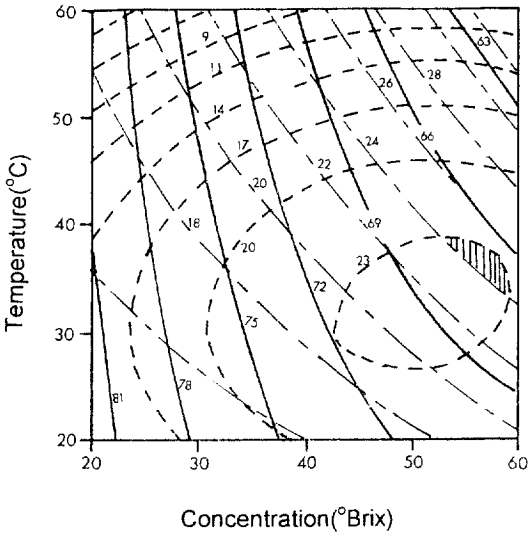


Fig. 1. Contour plots of moisture content (66~69%), sugar content >24°Brix, vitamin C content >23 mg/100 g, are superimposed for temperature and concentration during osmotic dehydration in kiwifruits=1.5 hour. —: Moisture content (%), ---: sugar content (°Brix), ···: Vitamin C content (mg/100 g)

를 함수로 하여 각 반응변수들의 제한조건을 만족하는 지역을 나타낸 결과 적정 온도와 농도는 34~37°C, 50~53°Brix로 나타낼 수 있었으며, 온도와 시간을 함수로 하였을 경우 위의 제한조건을 만족하는 지역을 나타내는 최적구간은 침지온도와 시간이 각각 41~44°C, 1.0~1.8시간으로 나타났다. 농도와 시간을 요인변수로 두었을 때 제한조건을 만족하는 지역의 농도와 시간은 각 52~60°Brix, 1.0~1.7시간이었다. 반응 변수

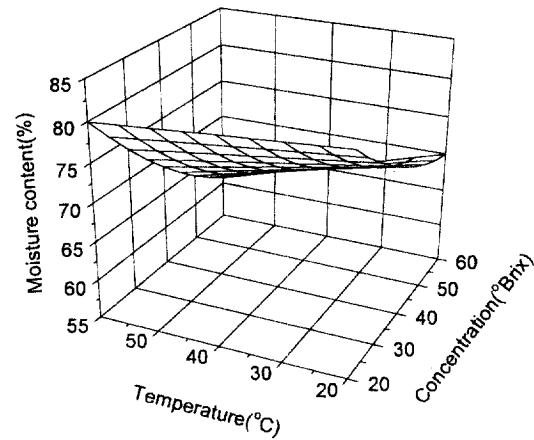


Fig. 2. Response surfaces for moisture content of temperature and concentration during osmotic dehydration at 1.5 hour of immersion time.

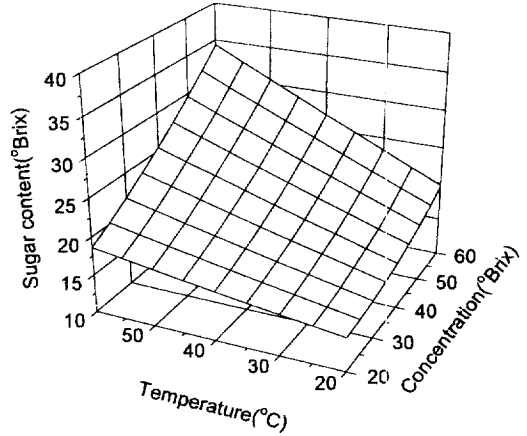


Fig. 3. Response surfaces for sugar content of temperature and concentration during osmotic dehydration at 1.5 hour of immersion time.

에 대하여 각 조건이 일치하지 않으므로 세가지의 실험변수 중 가장 영향이 적은 것으로 (Table 5) 나타난 시간을 고정한 다음, 온도와 농도에 대한 최적조건을 찾도록 하였다. 침지시간을 중심값인 1.5시간으로 고정하고 온도와 농도만을 변수로 하여 얻은 등고선도를 Fig. 1에 나타내었다. 수분함량을 66~69%로 하고, 당도와 vitamin C 함량을 각각 24°Brix, 23 mg% 이상으로 하는 온도와 농도는 34~39°C, 52~58°Brix로 결정할 수 있었다. 따라서 건조키위 제조를 위한 삼투처리의 최적조건을 중심값인 37°C, 55°Brix, 1.5시간으로 결정할 수 있었으며, 온도와 농도에 따른 수분함량, 당도 및 vitamin C 함량의 변화를 Fig. 2, 3, 4에 반응표면으로 나타내었다. 기울기와 방향으로서 각 독립변수의 영향

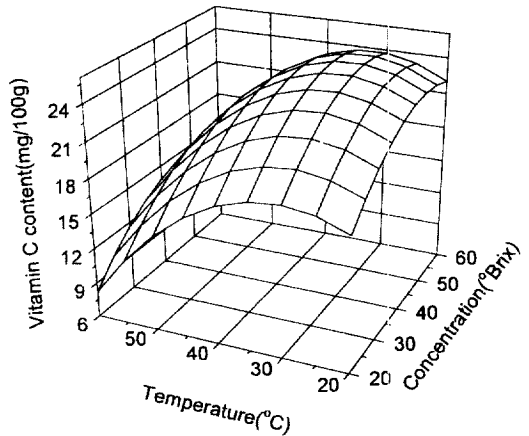


Fig. 4. Response surfaces for vitamin C content of temperature and concentration during osmotic dehydration at 1.5 hour of immersion time.

을 해석할 수 있는데 수분함량의 변화는 고온(60°C), 고농도(60°Brix)에서의 처리가 낮은 경향을 보여 삼투 효과가 큰 것으로 나타났으며 이는 삼투에 의하여 건조효과가 증대하는 것으로 온도와 농도의 증가에 따라 수분확산이 증대한다는 Saurel 등⁽²⁷⁾의 보고와 일치하였다. 당도 역시 온도와 농도가 증가됨에 따라 높아졌으며, 당도의 증가에 미치는 온도와 농도는 비슷한 정도의 영향을 끼침을 알 수 있었다. Vitamin C 함량의 변화는 고온(60°C)과 저농도(20°Brix)에서 처리가 가장 낮은 함량을 보였으며, 30°C, 55°Brix에서의 처리가 가장 높은 함량을 보여, 고농도에서의 처리가 vitamin C의 보존에 효과적임을 알 수 있었다.

요 약

건조키위의 제조시 건조에 의한 품질열화를 줄이기 위한 전처리공정으로서 삼투공정을 행하여 부분실시 계획법으로 실험계획을 수립한 후 반응표면분석법으로 최적화를 수행하여 최적조건을 얻고자 하였다. 삼투건조시 침지온도와 당농도 그리고 침지시간을 독립변수로 하고 수분함량, solid gain, weight reduction, moisture loss, 적정산도, 당도, vitamin C를 반응변수로 하였다. 삼투건조시 물질이동의 특성은 침지온도, 농도, 시간이 길어질수록 증가하는 것으로 나타났으며, 수분함량은 침지온도, 농도, 시간이 증가할수록 낮은 값을 보였고 당도는 침지온도와 농도 및 시간이 증가함에 따라 증가하였다. 적정산도와 vitamin C는 낮은 온도와 고농도의 처리에서 당의 보호작용으로 손실이 적게 나타났다. 수립된 회귀모형에 대한 적합성 결여분석 결과 반응변수 모두 유의성이 없어(P>0.05) 수립된 반응표면 모형이 통계적으로 유의하다고 할 수 있었으며 다중회귀분석 결과 일차항은 유의성이 인정되었다. 독립변수의 영향은 온도와 농도보다 유의성이 있었으나 시간에 대해서는 반응변수 모두 유의성이 인정되지 않았다. 독립변수중 가장 영향이 적은 침지시간인 1.5시간으로 고정하고 온도와 농도만을 변수로하여 수분함량을 66~69%로 하고, 당도와 vitamin C 함량을 각각 24°Brix, 23 mg% 이상으로 하는 온도와 농도는 34~39°C, 52~58°Brix로 나타나, 건조키위 제조를 위한 삼투처리의 최적조건을 37°C, 55°Brix, 1.5시간으로 결정할 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 1996년도 한국과학재단 핵심과제 연구비

(과제번호(961-0605-047-2)에 의한 결과이며, 이에 감사드립니다.

문 헌

1. 농림수산부 : 농림수산주요통계 (1995)
2. Lee, S.G., Lee, S.N. and Kim, H.Y.: Studies on the postharvest physiology of kiwifruit (*In Korean*). Office of Rural Development, 31-107 (1994)
3. 김지관 : 키위 과일나무 재배법. 이화출판사, p.11 (1985)
4. Han, E.S. : Fruits storage and processing technology in Korea. Agricultural Cooperative Development Institute. p. 143 (1993)
5. Lee, S.E., Kim, D.M., Kim, K.H. and Rhee, C.: Effect of CO₂ concentration of CA conditions on quality of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.) during storage (*In Korean*). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 869-875 (1989)
6. Kim, J.M. and Ko, Y.S.: Changes in chemical components of Korean kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) by storage temperature (*In Korean*). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**, 618-622 (1997)
7. Lee, S.E., Kim, D.M., Kim, K.H. and Rhee, C.: Several physico-chemical characteristics of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.) depended on cultivars and ripening stages (*In Korean*). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 863-868 (1989)
8. Ponting, J.D., Watters, G.G., Forrey, R.R., Jackson, R. and Stanley, W.R.: Osmotic dehydration of fruits. *Food Technol.*, **20**, 1365-1368 (1966)
9. Flink, J.M.: 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 (1986)
10. Lericci, C.R., Dinnavaia, G., Rosa, M.D. and Bartducci, L.: Osmotic dehydration of fruit: Influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. *J. Food Sci.*, **50**, 1217-1219 (1985)
11. Kim, M.H.: 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 (1990)
12. Biswal, R.N., Bozorgmehr, O.K., Tompkind, F.D. and Liu, X.: Osmotic concentration of green bean prior to freezing. *J. Food Sci.*, **56**, 1008-1012 (1991)
13. Dixon, G.M. and Jen, J.J.: Changes of sugars and acids of osmotic-dried apple slices. *J. Food Sci.*, **42**, 1126-1127 (1977)
14. Lee, B.W., Shin, G.J., Kim, M.H. and Choi, C.U.: Effects of pretreatment before air drying on the quality of carrot flake (*In Korean*). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 430-434 (1989)
15. Yang, C.S.T. and Atallah, W.A.: Effect of four drying methods on the quality of intermediate moisture lowbush blueberries. *J. Food Sci.*, **50**, 1233-1237 (1985)
16. Clark, J.P., Valentas, K.J. and Lund, D.B.: America's food research, Agenda for action. Food process engineering/automation. *Food Technol.*, **39**(6), 81-124, (1985)

17. 박성현 : 현대실험계획법. 민영사, 서울, p.575-625 (1991)
18. Mayers, R.H.: Response Surface Methodology (1975)
19. Mullen, K. and Ennis, D.: Rotatable designs product development. *Food Technol.*, **33**(7), 74-80 (1979)
20. Mullen, K. and Ennis, D.: Fractional factorial in product development. *Food Technol.*, **39**(5), 90-103 (1985)
21. Bolin, H.R., Huxsoll, C.C., Jackson, R. and NG, K.C.: Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. *J. Food Sci.*, **48**, 202-205 (1983)
22. Conway, J., Castaigne, F., Picard, G. and Vovan, X.: Mass transfer concentrations in the osmotic dehydration of apples. *Can. Inst. Food Sci. Technol.*, **16**, 25-29 (1983)
23. Saurel, R., Rios, G. and Guilbert, S.: Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple I. fresh plant tissue. *Inter. J. Food Sci. Technol.*, **29**, 531-542 (1994)
24. Lenart, A.: An interface osmotic dehydration of fruits before drying. In *Minimal Processing of Foods and Process Optimization*: CRC Press Inc., p.87-105 (1994)
25. Youn, K.S., Lee, J.H. and Choi, Y.H.: Changes of free sugar and organic acid in the osmotic dehydration process of apples (*In Korean*). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 1095-1103 (1996)
26. Mudahar, G.S., Toledo, R.T., Floros, J.D. and Jen, J.J.: Optimization of carrots dehydration process using response surface methodology. *J. Food Sci.*, **54**, 714-719 (1989)
27. Saurel, R., Anne-Lucie R.W., Rios, G. and Guilbert, S.: Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple II. frozen plant tissue. *Inter. J. Food Sci. Technol.*, **29**, 543-550 (1994)

(1997년 11월 25일 접수)