

건조 감귤의 제조조건 최적화

이기동[†] · 윤성란*

경북과학기술대학교 발효건강식품과
*경북과학기술대학교 전통식품연구소

Optimization on Preparation Conditions of Dried *Citrus*

Gee-Dong Lee[†] and Sung-Ran Yoon*

Department of Fermentation and Health Food, Kyongbuk College of Science, Chilgok 718-850, Korea

*Traditional Food Institute, Kyongbuk College of Science, Chilgok 718-850, Korea

Abstract

The response surface methodology was performed by central composite design based on drying temperature and time of *Citrus*, to monitor quality property change caused by drying and make dried products with a good overall palatability. In result, water activity, hardness and softness were affected by drying temperature; water activity decreased and hardness increased with increase of drying temperature. Softness was also high at low temperature and short time of drying. In the range of overall palatability having high score, hardness was shown in $2.01\sim 3.20\times 10^6$ dyn/cm² and softness was 62.54~146.37 cm/kg. Drying conditions satisfying this range were predicted as 66~75°C of drying temperature and 8~14 hr of drying time.

Key words: dried *Citrus*, drying condition, water activity, overall palatability, optimization

서 론

우리나라의 감귤은 세계의 감귤나무 재배지 중 기상적, 지리적으로 최북단에 위치하고 있어 기온의 영향을 많이 받므로, 그 품종도 감귤 중 가장 낮은 온도에서 견딜 수 있는 mandarin계인 온주밀감(*Citrus reticula*)이 주종을 이루고 있다(1). 1960년부터 급성장하기 시작한 제주도 감귤 산업은 수량 및 재배면적의 증가와 재배기술의 향상으로 생산량도 매년 증가하고 있다. 그러나 생산량 증가에 비하여 소비량은 그에 미치지 못하고 대부분 생과 소비에 한정되어 있으며, 가공기술과 저장성 부족으로 인한 단기간의 다량출하 때문에 가격이 떨어지는 원인이 되고 있다(2).

감귤은 우리나라 신선과실류 중에서 중요한 위치를 차지하고 있으며, 최근에는 국민 모두가 손쉽게 구입하여 식용화할 수 있는 과일이다. 또한 비타민 및 미네랄 급원은 물론 운동 중이나 휴식중에도 간단히 먹을 수 있기 때문에 피로회복 등에 효능이 있어 국민 건강증진에도 기여를 하고 있다(3). 감귤의 식품학적 가치를 보면 비타민, 식이섬유, 유기산 및 유리당 공급원으로서 중요하며, 기능성 성분으로는 플라보노이드 성분이 함유되어 감기 저항성, 항암 및 동맥경화 예방 등의 약용으로도 가치가 높은 것으로 최근 발표되고 있다(4). 최근 농산물의 국제화, 개방화가 현실적인 문제로 대두되면서 감귤 가공기술의 개발에 관심이 모아지고 있다. 또

한 농산물 개방화에 따라 감귤 및 다른 과실의 수입증가를 고려할 때 품질향상이 이루어지지 않을 경우, 생식용 감귤의 소비에 한계가 있을 것으로 판단된다(5). 특히 미국 등 선진국에서는 냉동농축주스 소비증가로 생과 소비와 다른 과실 주스의 소비가 줄어드는 점을 감안할 때(6), 감귤가공에 대한 새로운 기술개발 필요성이 커지고 있다.

건조과실은 과실을 적당한 방법으로 건조하여 수분을 제거한 다음 단맛을 더하게 하는 동시에 특수한 풍미와 저장성을 갖도록 만든 것이다. 식품 건조는 오랫동안 사용되어져온 저장의 가장 오래된 방법중의 하나이며, 건조는 제품의 품질에 변화를 일으키는 열 및 물질이동과 관련된 복잡한 작용이다. 건조에 의해 발생되어질 수 있는 물리적 변화는 수축, 팽창 및 결정화를 포함하며, 원하거나 원하지 않는 화학적 또는 생화학적 반응은 색상, 조직감, 냄새 및 제품의 다른 변화를 일으킬 수 있다(7). 따라서 본 연구에서는 감귤의 건조조건에 따른 품질 특성변화를 반응표면분석을 이용하여 살펴보고 감귤의 건조조건을 최적화하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

감귤(*Citrus reticula*)은 제주도산 감귤로 껍질결과 속껍질을 제거하고 무게 7.14 ± 0.55 g의 감귤조각을 사용하였

[†]Corresponding author. E-mail: kdlee@kbcs.ac.kr
Phone: 82-54-972-9583, Fax: 82-54-979-9210

다. 감귤조각의 당도는 $10.2 \pm 1.2^\circ\text{Brix}$ 였으며, 수분활성도는 0.997 ± 0.002 로 나타났다.

건조방법

감귤 건조는 열풍건조기(HB-502L, Hanbaek Co., Korea)를 사용하여 온도($50 \sim 90^\circ\text{C}$) 및 시간($8 \sim 24$ hr)을 달리하여 건조하였다. 각 독립변수인 건조온도 및 건조시간을 동등하게 상호비교하기 위해서 요인의 중심을 전부 같은 값으로 만들고 척도도 동일하게 만들기 위해서 요인 변수에 대한 표준화 변환을 위해 부호화 하였다. 즉 단일 최적해가 있는 반응표면으로 부호화 처리는 각 독립 변수에 대한 다섯 개 수준값들 중 가운데 세값을 기준으로 하여 다음과 같은 식으로 부호화 하였다.

$$\text{부호화된 값} = \frac{(\text{원래 값}) - M}{S}$$

M: 최대값과 최소값의 평균, S: 최대값에서 최소값을 뺀 값에 2로 나눈 값

실험계획은 중심합성실험계획(8)에 따랐고, 반응표면 회귀분석은 SAS(statistical analysis system) 프로그램을 사용하였다(9).

수분활성도 측정

수분활성도는 수분활성측정기(Novasina TH200, Swiss)를 사용하여 25°C 에서 측정하였다(10).

물성측정

건조 감귤의 물성은 Rheometer(RT-3010D, FUDOH, Japan)를 이용하여 경도(hardness) 및 부드러움성(softness)를 측정하였다. 물성측정시 사용된 기기의 load head는 2 kg, table speed는 6 cm/min으로 하여 건조 감귤의 물성을 측정하였다.

건조 감귤에 대한 기호도 측정 및 최적 건조조건 설정

건조 감귤에 대한 기호도 측정은 20~30대를 대상으로 하

여 시료에 대한 충분한 지식과 평가기준 등을 숙지시킨 후, 동일한 건조감귤 시료를 5회 반복하여 관능검사를 행한 후 F-검정으로 차이식별 능력이 우수한 10명을 선발하여 기호도를 측정하였다. 기호도 측정은 건조된 감귤을 씹어먹은 후 그때의 전반적인 기호도를 9점 채점법(11)으로 9점 매우 좋다, 1점 매우 나쁘다로 나타내었다. 관능검사는 한번에 3 종류의 시료를 제시하여 균형 불완전블록계획법(7)으로 실시하였다. 건조 감귤의 최적 건조조건은 감귤의 건조온도 및 건조시간에 따른 수분활성도, 물성 및 기호도에 대한 contour maps를 superimposing하여 겹치는 범위를 선택하여 최적 조건범위로 나타내었다.

결과 및 고찰

건조 감귤 제조에 따른 수분활성도 변화

감귤의 건조에 따른 관능적인 조직감, 미생물의 생육 및 번식과 관계가 있는 수분활성도를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 즉 수분활성도는 건조온도와 시간의 변화에 따라 $0.336 \sim 0.961$ 의 범위로 나타났으며, 건조온도와 건조시간에 따라 많은 차이가 남을 볼 수 있었다. 또한 중심합성실험계획에 의해 설계된 실험조건으로 건조 감귤을 제조하면서 반응표면 회귀분석을 실시해 본 결과, 수분활성도에 대한 회귀식의 R^2 는 0.9834로 나타났으며, 유의성은 1% 이내의 유의수준에서 인정되었다(Table 2). 수분활성도에 대한 반응표면의 경우 Fig. 1에서 보는 바와 같이 건조온도가 증가할수록 수분활성도는 감소하는 것으로 나타났다. 또한 조건변수의 영향도 분석에서도 수분활성도의 경우 건조온도에 영향을 많이 받는 것으로 나타났다(Table 4). 수분활성도의 최대값은 건조온도 50.68°C 및 건조시간 13.94 hr으로 예측되었으며, 최소값은 건조온도 76.08°C 및 건조시간 23.62 hr으로 예측되었다. 미생물의 성장 및 증식에는 일정량 이상의 수분이 필요하며, 수분활성도는 미생물의 성장과 증식에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(12). 일반적으로 보통 세균이 자랄

Table 1. Experiment data on water activity, hardness, softness and overall palatability of dried *Citrus* under different conditions based on central composite design for response surface analysis

Experiment No. ¹⁾	Drying condition		Quality properties			
	Temp. ($^\circ\text{C}$)	Time (hr)	Water activity	Hardness ($\times 10^6$ dyn/cm ²)	Softness (cm/kg)	Overall palatability
1	80 (1) ²⁾	20 (1)	0.338	6.29	4.38	4.55
2	80 (1)	12 (-1)	0.371	4.79	5.58	6.10
3	60 (-1)	20 (1)	0.508	1.06	25.97	5.66
4	60 (-1)	12 (-1)	0.678	0.12	204.80	6.77
5	70 (0)	16 (0)	0.429	1.36	18.65	4.99
6	70 (0)	16 (0)	0.379	2.56	9.85	4.55
7	90 (2)	16 (0)	0.336	3.26	7.67	2.33
8	50 (-2)	16 (0)	0.961	0.12	202.64	5.88
9	70 (0)	24 (2)	0.343	3.73	7.16	3.88
10	70 (0)	8 (-2)	0.474	2.98	129.71	7.66

¹⁾The number of experiment conditions by central composite design.

²⁾Coded level of independent variables for experimental design.

Table 2. Polynomial equations calculated by RSM program for processing dried *Citrus*

Response	Polynomial equation ¹⁾	R ²	Significance
Water activity	$Y_{WA} = 5.508006 - 0.112917X_1 - 0.070804X_2 + 0.000606X_1^2 + 0.000856X_{12} + 0.000036830X_2^2$	0.9834	0.0012
Hardness	$Y_H = -5.953006 + 0.255708X_1 - 0.742738X_2 - 0.001263X_1^2 + 0.003500X_{12} + 0.018119X_2^2$	0.7159	0.2584
Softness	$Y_S = 3046.637083 - 53.703333X_1 - 112.282500X_2 + 0.220362X_1^2 + 1.110188X_{12} + 0.803516X_2^2$	0.9855	0.0009
Overall palatability	$Y_{OP} = 2.399970 + 0.294375X_1 - 0.389524X_2 - 0.002317X_1^2 - 0.002750X_{12} + 0.011535X_2^2$	0.8683	0.0662

¹⁾X₁: Drying temperature (°C), X₂: Drying time (hr).

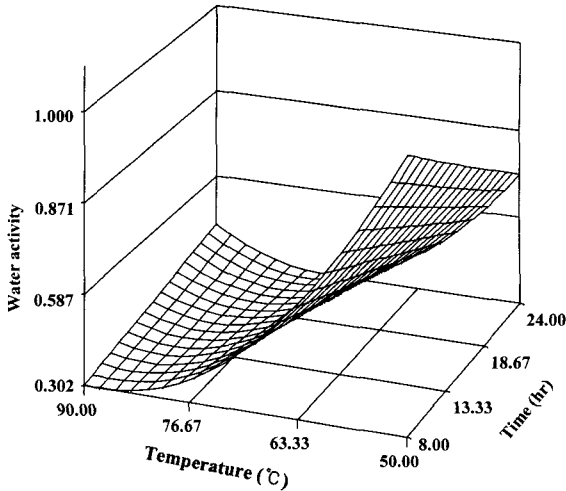


Fig. 1. Response surface for water activity of dried *Citrus* as a function of temperature and time.

수 있는 최저한의 수분활성도는 0.91이며 효모와 곰팡이의 최저한의 생육 수분활성도는 각각 0.88, 0.80이다. 한편 내건성 곰팡이는 0.65 정도의 수분활성에서도 성장이 가능하며, 내삼투압성 효모는 0.60 정도의 수분활성도에서도 성장이 가능하다(13). 따라서 건조감귤의 경우 65°C 이상일 때 수분활성도가 0.60 이하로 떨어지는 것으로 나타나, 건조 온도가 65°C 이상에서 8시간 건조할 경우에는 미생물의 성장과 번식이 어려울 것으로 판단된다.

건궤제조에 따른 물성의 변화

건조온도 및 건조시간에 따른 물성, 즉 경도(hardness) 및 부드러움 정도(softness)를 조사하였다. 중심합성계획에 의해 실험된 각 조건에 따라 경도는 0.12~6.29×10⁶ dyn/cm²의 범위로 나타났으며, 부드러움 정도의 경우 4.38~204.80 cm/kg의 범위로 나타났다(Table 1). 반응표면분석 결과, 회귀식은 Table 2에 나타내었으며 경도 및 부드러움 정도의 R²는 각각 0.7159, 0.9855로 나타났다. 경도의 경우는 5%이내의 유의수준에서 유의성이 인정되지 않았으나, 부드러움 정도는 1% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 건조 감귤의 경도에 대한 반응표면분석 결과 얻어진 반응표면은 Fig. 2에 나타내었다. 즉 건조시간보다는 건조온도에 영향을 많이 받는 것으로 나타났으며, 건조온도가 증가할수록 경도가 증가하는 것으로 나타났다. 이는 수분활성도의 반응표면인 Fig. 1과 반대되는 현상으로, 즉 건조온도가 높아질

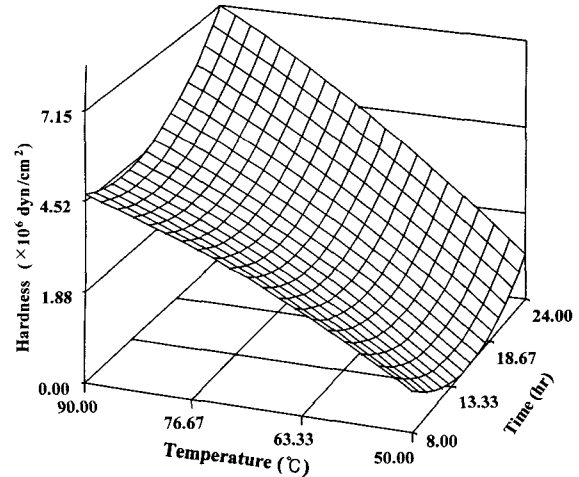


Fig. 2. Response surface for hardness of dried *Citrus* as a function of temperature and time.

에 따라 감귤의 수분이 빠져나감으로 인하여 조직이 단단하게 되어 경도가 증가한 것으로 사료된다. 또한 Mok 등(14)은 보리 flake의 경우 수분활성도가 증가할수록 crispness와 brittleness가 감소한다고 보고하였다. 건조 감귤의 부드러움 정도에 대한 반응표면은 Fig. 3에 나타내었으며, 부드러움 정도는 건조온도가 낮고 건조시간이 짧을수록 높게 나타났다. 이는 감귤의 수분이 많이 남아 있으므로 인해 수분이 완충 역할을 하여 부드러움 정도가 많이 남아 있는 것으로 사료된다.

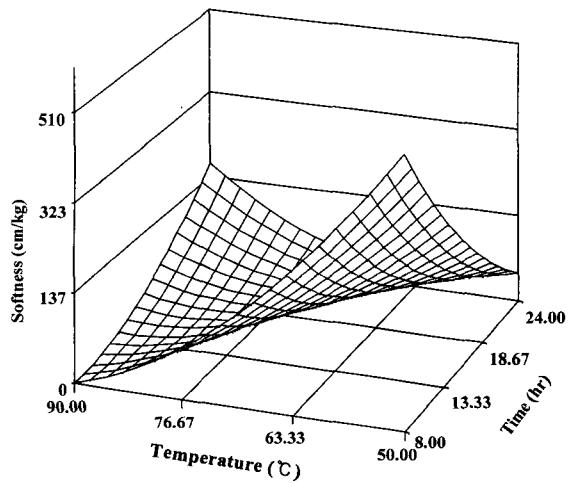


Fig. 3. Response surface for softness of dried *Citrus* as a function of temperature and time.

경도 및 부드러움 정도는 건조온도에 영향을 많이 받는 것으로 나타났다(Table 4). 경도에 대한 예측된 최대값은 건조온도 83.25°C 및 건조시간 21.99 hr으로 나타났으며, 최소값은 건조온도 56.02°C 및 건조시간 15.70 hr으로 나타났으며, 부드러움 정도에 대한 예측된 최대값은 건조온도 56.78°C 및 건조시간 11.07 hr으로 나타났으며, 최소값은 건조온도 73.50°C 및 건조시간 54.25 hr으로 나타났다(Table 3).

건조 감귤의 전반적인 기호도 및 최적 건조조건 설정

각 조건별로 건조한 건조 감귤의 전반적인 기호도에 대한 관능검사 결과는 Table 1에서 보는 바와 같이, 건조 온도 및 건조시간에 따라 2.33~7.66의 범위로 나타났다. 전반적인 기호도에 대한 회귀식은 Table 2에 나타내었으며 R²는 0.8683이며 10% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 씹었을 때의 전반적인 기호도에 대한 반응표면분석 결과 얻어진 반응표면은 Fig. 4에 나타내었으며, 그 결과 감귤의 건조온도가 낮을수록 높은 기호도를 가지는 것으로 나타났다. 이는 건조 감귤의 경도(hardness)의 반응표면과 반대되는 경향이다. 즉 씹었을 때의 전반적인 기호도는 경도가 높은 것보다는 알맞은 정도의 수분활성도를 지니고, 딱딱하지 않으면서 부드러운 것을 선호하는 것으로 나타났다. 따라서 건조 감귤의 최적 건조조건을 설정하고자 contour maps를 겹쳐 그려 미생물 증식이 억제되고 관능적으로 우수한 범위를 설정해 보았다. 건조 감귤을 씹었을 때의 전반적인 기호도에서 좋다(5점) 이상의 점수를 얻고, 수분활성도에 있어서 0.6 이하인 범위를 설정하였을 때 Fig. 5에서 보는 바와 같이 건조 온도는 61°C 이상, 건조시간은 17 hr 이하의 범위로 나타났다. 또한 이 범위에서의 경도(hardness) 및 부드러움 정

Table 3. Predicted level of optimum drying conditions for preparation of dried *Citrus* by the ridge analysis

Responses	Temperature (°C)	Time (hr)	Estimated responses	Morphology
Water activity	50.68	13.94	0.97 (Max)	Saddle point
	76.08	23.62	0.31 (Min)	
Hardness	83.25	21.99	5.42 (Max)	Saddle point
	56.02	15.70	0.29 (Min)	
Softness	56.78	11.07	304.01 (Max)	Saddle point
	73.50	54.25	1.29 (Min)	
Overall palatability	65.78	8.18	7.84 (Max)	Saddle point
	88.25	19.57	2.43 (Min)	

Table 4. Analysis of variables for regression model of quality properties in drying conditions of dried *Citrus*

Drying condition ¹⁾	F-Ratio			
	Water activity	Hardness (×10 ⁶ dyn/cm ²)	Softness (cm/kg)	Overall palatability
Temperature	71.08**	2.85	68.61**	3.65
Time	5.14*	0.36	37.48**	4.52*

*Significant at 1% level.
**Significant at 10% level.

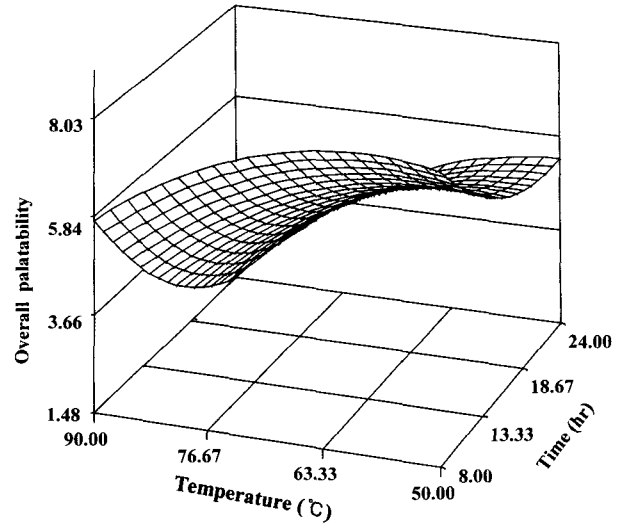


Fig. 4. Response surface for overall palatability of dried *Citrus* as a function of temperature and time.

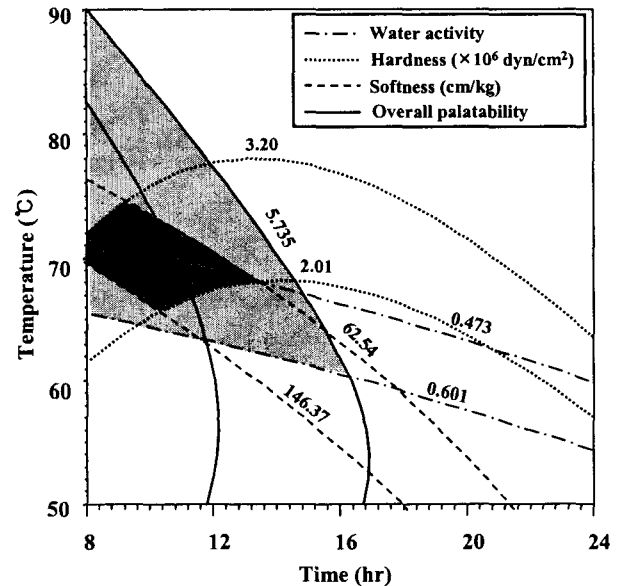


Fig. 5. Superimposed contour map of optimized condition for water activity, hardness, softness and overall palatability of the dried *Citrus* as a function of drying temperature and time.

도(softness)의 범위를 살펴보면 경도(hardness)의 경우 2.01~3.20(×10⁶ dyn/cm²)범위를 선호하는 것으로 나타나며, 부드러움 정도(softness)는 62.54~146.37(cm/kg)의 범위에서 선호하는 것으로 나타났다. 이러한 물리적 특성의 범위는 건조 감귤을 상품화하는데 소비자가 선호하는 물성의 조건으로 사용되어질 수 있을 것으로 사료된다. 이러한 경도(hardness)와 부드러움 정도(softness)를 모두 만족하면서 씹었을 때의 전반적인 기호도가 높게 나오고 수분활성도가 0.6 이하를 만족하는 경도(hardness)와 부드러움의 정도(softness)의 범위(Fig. 5 어두운 부분)는 건조온도 66~75°C 및 건조시간 8~14 hr 범위인 것으로 나타났다(Fig. 5).

요 약

감귤의 건조에 따른 품질 특성을 모니터링하고 기호도가 우수한 건조 감귤을 제조하고자 건조온도 및 건조시간에 대한 중심합성실험계획으로 반응표면분석을 실시하였다. 그 결과 수분활성도, 경도(hardness) 및 부드러움 정도(softness)는 건조온도에 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 건조 감귤의 건조온도가 증가할수록 수분활성도는 감소하는 것으로 나타났으며, 경도는 증가하는 것으로 나타났다. 부드러움 정도는 건조온도가 낮고 건조시간이 짧을수록 높게 나타났다. 건조감귤의 전반적인 기호도는 건조온도가 낮을수록 높은 기호도를 가지는 것으로 나타났다. 높은 기호도를 가지는 범위에서의 경도는 $2.01 \sim 3.20 \times 10^6 \text{ dyn/cm}^2$, 부드러움 정도는 $62.54 \sim 146.37 \text{ cm/kg}$ 의 범위로 나타났다. 이러한 범위를 만족시켜주는 건조 조건범위는 건조온도 $66 \sim 75^\circ\text{C}$ 및 건조시간 8~14 hr범위였다.

문 헌

1. Lee HY, Seog HM, Nam YJ, Chung DH. 1987. Physico-chemical properties of Korean Mandarin (*Citrus reticula*) orange juices. *Korean J Food Sci Technol* 19: 338-345.
2. Kim BJ, Kim HS, Kang YJ. 1995. Comparison of physico-chemical components on *Citrus* varieties. *Korean J Post-Harvest Sci Technol Agri* 2: 259-268.
3. Song EY, Choi YH, Kang KH, Koh JS. 1998. Free sugar, organic acid, hesperidin, naringin and inorganic elements changes of Cheju *Citrus* fruits according to harvest date. *Korean J Food Sci Technol* 30: 306-312.
4. Chung SK, Kim SH, Choi YH, Song EY, Kim SH. 2000. Status of *Citrus* fruit production and view of utilization in Cheju. *Food Industry and Nutrition* 5: 42-52.
5. Rhee CO, Shin DH, Yoon IH, Han PJ. 1979. Studies on the processing quality of Korean *Citrus* fruits. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 22: 28-32.
6. Rouseff RL, Nagy S. 1994. Health and nutritional benefits of *Citrus* fruit components. *Food Technol* 10: 125.
7. Maskan A, Kaya S, Maskan M. 2002. Hot air and sun drying of grape leather (pestil). *J Food Engineering* 54: 81-88.
8. Park SH. 1991. *Modern Experimental Design*. Minyongsa, Seoul, Korea.
9. SAS. 1994. SAS/STAT. User's Guide version 6. 4th ed. SAS Institute Inc., Cary, NC. Vol 2, Ch 37, p 1457-1478.
10. Shin DH, Kim DH, Choi U, Lim DK, Lim MS. 1996. Studies on the physicochemical characteristics of traditional Kochujang. *Korean J Food Sci Technol* 28: 157-161.
11. Lee GD, Kwon JH, Kim JG, Kim HK. 1997. Optimization for the preparation conditions of instant rice gruel using oyster mushroom and brown rice. *Korean J Food Sci Technol* 29: 737-744.
12. Choi HY, Mim MN, Lee KH. 1973. Non-enzymatic browning reactions in dried squid stored at different water activities. *Bull Korean Fish Soc* 6: 97-100.
13. Han SB, Lee JH, Lee KH. 1973. Non-enzymatic browning reactions in dried anchovy when stored at different water activities. *Bull Korean Fish Soc* 6: 37-43.
14. Mok CK, Lee HY, Nam YJ, Suh KB. 1981. Effects of water activity on crispness and brittleness, and determination of shelf-life of barley flake. *Korean J Food Sci Technol* 13: 289-298.

(2003년 7월 3일 접수; 2003년 10월 6일 채택)