

건조방울토마토 제조와 품질 특성

윤경영[†] · 김미현* · 이광희* · 신승렬** · 김광수

영남대학교 식품영양학과

*대구과학대학 식품영양과

**경산대학교 생명자원공학부

Development and Quality of Dried Cherry-Tomatoes

Kyung-Young Yoon[†], Mi-Hyun Kim*, Kwang-Hee Lee*,
Seung-Ryeul Shin** and Kwang-Soo Kim

Dept. of Food and Nutrition, Yeungnam University, Kyungsan 712-749, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Taegu Science College, Taegu 702-260, Korea

**Faculty of Life Resource Engineering, Kyungsan University, Kyungsan 712-715, Korea

Abstract

This study was carried out to develop new processed food from cherry-tomatoes. The dried cherry-tomatoes were prepared by using a sequence of osmotic dehydration, air drying, vacuum drying and freeze drying. The moisture contents of dried cherry-tomato products by nontreatment and osmosis treatment were about 11~13% and 7.5~10%, respectively. The vitamin C contents of the dried product after osmotic dehydration were higher than those of the dried products by nontreatment. The vitamin C content of the freezing-dried product was the highest of the others. The vacuum-dried product by nontreatment was retained color of fresh fruit in the change of color. The ΔE value of the air-dried product was lower than those of the others. As a result to microscopic analysis, fresh cherry-tomato was observed regular tissue, while cherry-tomato treated by osmosis was observed a cell collapse following the loss of water. The dried product had cell shrinkage and dense tissue. And the cell wall of dried products after osmotic dehydration were much more damage than those of nontreatment-dried product. The palatability of the air dried product was the best of three drying methods. The dried cherry-tomatoes treated by osmosis were superior to the dried cherry-tomatoes by nontreatment.

Key words: tomatoes, osmosis, dehydration, dry

서 론

토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill.)는 가지과의 식물로서 비타민 A와 C, 무기질, 당 및 유기산의 함량이 높고, 독특한 풍미와 색소를 함유하고 있어 생식용 뿐만 아니라 음료와 조미료 등 가공품의 원료로 널리 이용되고 있으며, 그 소비량은 매년 증가추세에 있다(1,2). 일반적으로 토마토는 퓨레, 케첩, 소오스와 통조림, 주스 등으로 다양하게 가공되고 있으나 식품에 있어서 단지 조미료나 장식의 역할이 대부분이며 토마토 고유의 맛, 질감, 형태를 가진 제품은 없다. 한편 방울토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill. var. *cerasiforme*)는 1990년도부터 본격적으로 선을 보이기 시작하였으며, 먹기에 간편하고 일반 토마토에 비해 당도가 2~3도 정도 높아서 현대인의 소비 성향에 맞아 폭발적인 생산과 소비증가를 보이고 있다

(3). 1994년 이후 국내 방울토마토의 생산량은 영농기술의 발달과 재배면적의 증가로 급증하고 있는 추세여서 머지 않아 가격폭락이 예상된다. 그리고 출하시기가 일정치 않아 가격변동이 잦을 뿐만 아니라 대부분이 생과로 소비·유통되고 있어서, 유통과정중 변질과 부패로 인한 품질저하로 많은 경제적 손실이 초래되고 있다(4). 이에 향후 과잉공급에 따른 가격폭락이 예상되는 방울토마토의 수요확대를 유발하고 저장성을 부여한 고부가가치의 가공제품의 개발이 요구된다.

식품에 있어서 건조는 수분함량이 많은 식품에서 수분을 제거하여 미생물 및 효소에 의한 부패나 변질을 방지하여 저장성이나 수송성을 부여함은 물론 새로운 식품개발에 있어서도 그 이용성이 확대되었다. 건조방법으로는 천일건조를 비롯하여 열풍건조가 있으며, 최근들어 건조제품의 산업화로 동결건조, 진공건조, 마이크로파 및 원

[†]To whom all correspondence should be addressed

적외선 등 방법이 다양화 되고 있다(5). 그러나 이러한 건조방법은 기후에의 의존, 긴 건조시간, 색상, 조직감 및 영양가의 저하, 높은 건조비용 등 여러 가지 문제점이 있다(6-9). 이와 같이 건조시 발생하는 문제점을 보완하기 위하여 물이나 스팀을 이용한 블랜칭(10), sulfiting agent를 이용한 화학처리(11) 및 ascorbic acid, citric acid, 설탕이나 소금용액 등에 침지하는 삼투건조(12,13)와 같은 전처리 방법 등이 개발되어 그 이용성이 증대되고 있다. 삼투건조는 채소나 과일과 같은 식품을 고농도의 용액으로 침지함으로써 식품속에 존재하는 수분을 제거하는 과정이다(14,15). 삼투건조는 열에 의한 맛과 색의 손상을 최소화 시키고, 효소적 산화갈변에 의한 변색을 억제하며 신맛을 제거시키고 동시에 단맛을 증가시킨다(16,17).

따라서 본 연구는 삼투건조 및 열풍, 진공, 동결건조를 행함으로써 기호성 높은 건조방울토마토 가공식품을 개발하고자 하였으며, 본건조(이차건조)에 앞서 건조에 따른 문제점을 보완하고 여러가지 잇점을 줄 수 있는 삼투건조를 전처리로 이용하고 삼투처리 및 무처리 방울토마토를 각각 열풍, 진공, 동결건조하여 이들의 성분변화, 물리적 특성 그리고 조직변화 등을 비교·관찰하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 방울토마토는 경북 김천시에서 재배된 산체리엑스트라 품종으로 경산시장에서 필요시마다 구입하였으며, 끓는 물에 30초간 blanching하여 박피한 것을 실험재료로 사용하였다. 건조후 품질평가용 시료는 건조처리후 냉동보관하면서 필요시마다 상온에서 해동하여 사용하였다.

제조방법

삼투건조는 시료와 삼투용액(40°Brix sucrose용액)의 담금비율을 1:3으로 하였고, 50°C에서 7시간 침지시켰다. 열풍건조는 삼투건조 그리고 무처리 방울토마토 각각을 dry oven을 이용하여 75°C에서 10시간 건조하였으며, 진공 건조는 vacuum dry oven으로 65°C에서 삼투처리 및 무처리 방울토마토를 일정한 수분함량이 될 때까지 건조하였다. 동결건조는 삼투건조 및 무처리 방울토마토를 deep freezer를 이용하여 -34°C에서 12시간 동결한 다음, 동결건조기를 사용하여 4×10^{-3} torr에서 시료의 양에 따라 일정한 수분함량이 되도록 건조하였다.

수분정량

수분함량은 75°C에서 진공건조하여 그 함량값을 측정하였다.

비타민 C 정량

비타민 C 함량은 시료 5g에 등량의 10% metaphosphoric acid 용액을 가하여 마쇄한 후 일정량의 5% metaphosphoric acid 용액을 가하여 추출한 다음, 원심분리한 것을 측정용 시료로 하여 2,4-dinitrophenol hydrazine (DNP) 비색법(18)으로 측정하였다.

색상측정

색상의 변화는 색차계를 사용하여 L, a, b값으로 나타내었으며, 전반적인 색차 ΔE는 방울토마토 생과를 기준으로 Hunter식으로 계산하였다.

조직검경

생과, 삼투처리 및 이차 건조된 방울토마토의 조직검경은 주사형 전자현미경(SEM)으로 행하였다. 관찰용 시료는 방울토마토의 중간부분을 적당한 크기로 잘라 2.5% glutaraldehyde와 1% OsO₄에 이종고정하여 알코올로 단계적으로 탈수한 다음(19), isoamylacetate로 치환시키고 CO₂를 이용한 임계점건조기로 건조시킨 후 백금중착하여 사용하였다.

관능적 기호도 검사

관능검사는 대학원생 중 본 시험에 흥미를 가진 15명의 검사요원들에게 시험의 목적과 평가방법을 주지시킨 다음 5점 척도법 즉, 5점 아주 좋다(very good), 4점 좋다(good), 3점 보통이다(fair), 2점 나쁘다(poor), 1점 대단히 나쁘다(very poor)로 건조방법을 달리하여 제조된 건조방울토마토의 맛, 외관, 색상 등에 대한 기호도를 평가하였다.

통계처리

시료의 전처리방법 및 건조방법간의 유의성 검정은 SPSS/ANOVA procedure로써 실시하였으며, data간의 유의성은 Duncan's multiple range test에 의하였다.

결과 및 고찰

수분과 비타민 C 함량

Table 1은 방울토마토 생과와 삼투건조후, 그리고 열풍, 진공, 동결건조 후의 수분과 비타민 C의 함량을 나타내었다. 생과에 있어서 수분함량은 91.41%이었으며, 삼투건조 후 수분함량은 81.10%로 생과에 비해 약 12%의 수분감소가 일어났다. 일정한 시간동안 열풍, 진공, 동결건조 후의 수분함량은 삼투처리를 하지 않고 건조한 경우는 11~13%, 삼투처리하여 건조한 경우는 7.5~10%를 나타내었다. 그 결과 삼투처리를 행한 방울토마토가 무처리 방울토마토에 비해 건조효율이 높음을 알 수 있었다. 이

Table 1. Moisture and vitamin C contents of fresh and dried cherry-tomatoes prepared by different pretreatments and drying methods

Treatments	Moisture (%)	Vitamin C contents (mg %, wet basis)
Fresh	91.41	2.97
O.D. ¹⁾	81.10	3.28
A.D.	10.93	15.18
O-A.D.	7.72	8.31
V.D.	11.64	23.34
O-V.D.	8.30	14.91
F.D.	12.94	28.34
O-F.D.	9.89	26.98

¹⁾O.D. : Osmotic-dehydration, A.D. : Air drying by nontreatment, O-A.D. : Air drying after osmotic-dehydration, V.D. : Vacuum drying by nontreatment, O-V.D. : Vacuum drying after osmotic-dehydration, F.D. : Freeze drying by nontreatment, O-F.D. : Freeze drying after osmotic-dehydration.

것은 식품을 설탕용액에 침지하였을 때 설탕이 식품속으로 침투되거나 표면의 설탕코팅으로 인하여 건조속도를 저하시킨다는 Kim과 Toledo(7)의 보고와는 상반된 결과를 나타내었다.

비타민 C의 함량은 방울토마토 생과의 경우 2.97mg/100g으로 낮은 값을 보인 반면, 삼투처리를 한 경우에는 3.28mg%로 높은 값을 보였는데 이는 삼투처리에 의한 건조효과로 방울토마토의 수분함량이 감소되었기 때문이다. 삼투처리 유무에 의한 비타민 C 함량은 삼투처리를 하지 않고 건조된 방울토마토가 삼투처리된 방울토마토에 비해 높은 함량을 보였는데 이것은 삼투처리중 설탕용액과 침지온도에 의한 비타민 C의 용출 및 산화에 기인한다. 건조방법에 따른 비타민 C의 함량은 동결건조시 무처리, 삼투처리 각각 28.34, 26.98mg%로 높은 값을 나타냈으며, 열풍건조시 무처리, 삼투처리 각각 15.18, 8.31mg%로 가장 낮은 값을 나타내었다.

색도 변화

Table 2는 방울토마토의 건조 방법에 의한 색도의 변화를 L, a, b값 그리고 전반적인 색도 ΔE로 나타내었다. L값은 생과와 비교하여 삼투처리시 높은 값을 보였고, 이차건조 방법에 있어서 진공과 동결건조시 높은 값을 보였으나 열풍건조시 그 값이 감소하였다. 이것은 식품중 당의 caramel화와 당과 아미노산의 maillard 반응에 의한 갈색화반응에 의한 것으로 생각된다. a값은 각 건조방법 모두에서 생과 16.73에 비해 높은 값을 나타내었으며, 열풍과 진공건조시 두 방법간에 뚜렷한 차이가 없었으나 동결건조시 열풍 및 진공건조와는 큰 차이를 보였다. b값은 생과 18.92에 비해 열풍건조를 제외한 모든 구간에서 높게 나타났다. 전반적인 색도 ΔE는 생과와 비교하여 삼투처리를 하지 않고 진공건조한 방울토마토가 7.70로 가장 낮은 값을 보였으며 삼투처리를 하지 않고 동결건조한 경우 27.51로 가장 높은 값을 보였다. 삼투처리시 열풍, 진

Table 2. L, a, b values and ΔE of fresh and dried cherry-tomatoes prepared by different pretreatments and drying methods

Treatments	Color vlaues			ΔE
	L vlaue	a value	b value	
Fresh	34.93	16.73	18.92	-
O.D. ¹⁾	40.31	17.70	19.12	5.47
A.D.	30.46	24.24	14.03	10.01
O-A.D.	30.19	23.34	15.05	8.96
V.D.	37.14	23.83	21.23	7.79
O-V.D.	44.00	24.13	22.92	13.37
F.D.	48.42	38.02	29.83	27.51
O-F.D.	41.59	35.31	23.21	20.20

¹⁾See the legend in Table 1.

공, 동결건조 각각 8.96, 13.37, 20.20으로 열풍건조가 생과 고유의 색을 가장 많이 유지했음을 알 수 있었다.

조직의 현미경적 관찰

생과, 삼투처리 및 건조방울토마토를 주사형 전자현미경을 이용하여 300배로 관찰한 결과를 Fig. 1과 2에 나타내었다. 신선한 방울토마토의 조직은 규칙적으로 결합되어 있는 반면, 삼투처리된 방울토마토의 조직은 무질서함을 보였으며 고온, 장시간 침지에 의한 세포의 붕괴현상이 관찰되었다. 건조방울토마토의 경우 세포가 아주 조밀하게 결합되어 있었으며, 무처리 건조방울토마토에 비해 삼투처리 건조된 경우 조직의 손상이 크게 나타났다. Saurel 등(20)은 삼투처리시 건조에 의해 세포벽의 수축이 일어났는데 이것은 세포수분의 손실에 기인한다고 보고하였다. 열풍건조시 조직은 아주 치밀하고 세포 전체에 주름이 관찰되었으며 삼투처리 건조된 경우 심한 주름을 나타내었다. 이와 같은 현상은 높은 온도에서 장시간 침지시

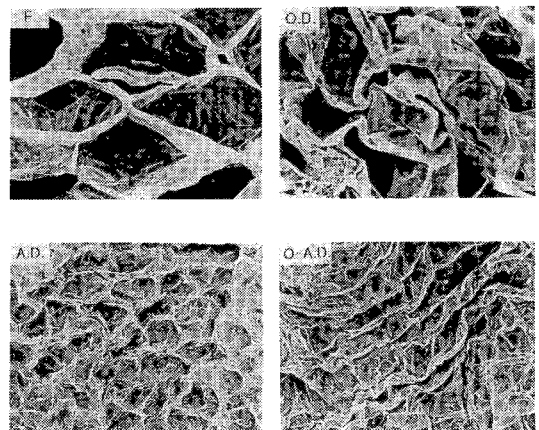


Fig. 1. Structure of fresh and dried cherry-tomatoes prepared by different pretreatments and drying methods($\times 300$).

Stage symbol: F, Fresh; O.D., Osmotic-dehydration; A.D., Air drying by nontreatment; O-A.D., Air drying after osmotic-dehydration.

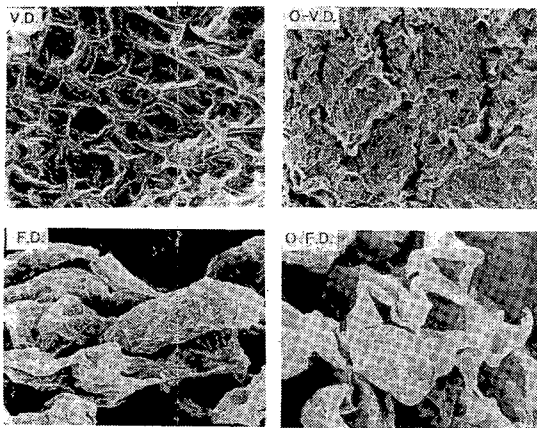


Fig. 2. Structure of the dried cherry-tomatoes prepared by different pretreatments and drying methods ($\times 300$).

Stage symbol: V.D., Vacuum drying by nontreatment; O-V.D., Vacuum drying after osmotic-dehydration; F.D., Freeze drying by nontreatment; O-F.D., Freeze drying after osmotic-dehydration.

수분손실에 의한 원형질분리와 함께 열풍에 의해 조직의 손상이 증가된 것으로 사료된다. 진공건조시 열풍건조와 유사한 형태를 보이나 열풍건조에 비해 다소 주름이 적었으며, 삼투처리 건조된 경우 조직의 심한 손상으로 세포가 파괴되어 세포의 형태를 관찰할 수 없었다. 동결건조시 방울토마토의 조직은 본래의 세포와 가장 유사한 형태를 보였으나 세포가 다소 분리되어 독립적으로 존재함이 관찰되었고 조직사이에 다공성을 나타내었다. Saurel 등(21)은 동결건조시 동결은 조직의 다공성을 증가시키고 열음결정이 외부로 배출됨으로써 세포벽의 파괴를 유발한다고 보고하였다.

관능적 기호도

건조방울토마토에 대한 관능평가 결과는 Table 3과 같았다. 신맛은 삼투처리하여 열풍 및 진공건조했을 때 가장 높은 값을 나타내었고, 단맛은 삼투처리 건조방울토마토가 무처리 건조방울토마토에 비해 높은 값을 나타내어 삼투건조시 당의 함량을 증가시켜 과실의 단맛을 증가시

킨다는 Kim과 Toledo(7)의 보고와 일치함을 보였다. 질감은 삼투처리를 한 경우가 삼투처리를 하지 않은 것에 비해 높은 값을 나타내었으며, 열풍, 진공건조시 가장 높은 값을 나타내었다. 외관의 경우, 색은 삼투처리하여 열풍건조한 경우가 높은 값을 얻었는데, 이것은 표면의 설탕이 열에 의해 약간의 갈색화를 일으켜 기호성을 높이고 토마토 고유의 색을 가장 많이 유지했기 때문이라고 사료된다. 방울토마토의 모양은 삼투처리 유무에 관계없이 진공건조한 방울토마토가 가장 높은 값을 얻어 진공건조가 본래의 형태 유지에 가장 효과적임을 알 수 있었다. 전체적인 기호도는 삼투처리 열풍건조시 가장 높았으며 다음으로 진공건조, 동결건조 순이었고, 삼투처리를 한 경우가 무처리 경우보다 높은 값을 나타내었다. 토마토와 같은 느낌은 전체적 기호도와 같은 경향으로 나타나 전처리로 삼투건조를 행함으로써 본건조시 과실의 색과 향의 손상을 최소화한다는 Lericci 등(22)의 보고와 일치하였다. 따라서 전처리로 삼투건조를 행함으로써 제품의 맛을 증진시킬 뿐만 아니라 과실 특유의 색과 모양에 유지하는데 그 효과가 큰 것으로 나타나, 방울토마토를 이용한 건조제품 제조시 열풍, 진공건조와 함께 이를 활용함으로써 과실의 기호성 향상에 기여할 것으로 판단된다.

Table 4는 건조방법과 전처리방법에 따른 관능검사 결과 각 측정항목간의 유의성을 상관계수로 나타내었다. 전체적인 기호도에 있어서 신맛, 단맛, 질감, 색 및 모양 모두가 높은 유의성을 나타냄으로써 기호성에 대해 각 항목이 많은 영향을 끼침을 볼 수 있었다. 반면, 토마토와 같은 느낌에 있어서는 신맛이 유의성을 보였고 또한 질감이 높은 유의성을 보였지만 이외 측정항목과는 유의성이 낮아 각 항목에 대한 연관성이 적음을 보였고, 전체적으로 각 측정항목간에 높은 유의성을 나타내었다.

결론

방울토마토를 이용한 새로운 가공제품을 개발하고자 여러 가지 잇점을 줄 수 있는 삼투건조를 전처리로 행하고 열풍, 진공 및 동결건조를 본건조로 하여 건조방울토마토를 제조하였다. 건조된 제품의 품질을 평가하고자 성

Table 3. Sensory evaluation of dried cherry-tomatoes prepared by different pretreatments and drying methods

Treatments	Sourness	Sweetness	Texture	Color	Appearance	Overall acceptability	Tomato-like
A.D.	2.778 ^{2ab}	2.333 ^a	2.778 ^{bc}	2.500 ^b	2.444 ^{ab}	2.722 ^{ab}	2.444 ^a
O-A.D.	3.222 ^{b3)}	3.833 ^c	3.111 ^c	3.611 ^d	3.111 ^{bc}	3.111 ^b	2.667 ^a
V.D.	2.111 ^a	2.056 ^a	2.667 ^{abc}	2.722 ^{bc}	3.111 ^{bc}	2.111 ^a	2.167 ^a
O-V.D.	3.167 ^b	3.667 ^c	3.167 ^c	3.222 ^{cd}	3.889 ^c	2.889 ^{ab}	2.667 ^a
F.D.	2.611 ^{ab}	1.778 ^a	2.000 ^a	1.889 ^a	1.778 ^a	2.111 ^a	2.556 ^a
O-F.D.	2.500 ^{ab}	2.944 ^a	2.333 ^{ab}	2.722 ^{bc}	2.389 ^{ab}	2.500 ^{ab}	2.944 ^b

See the legend in Table 1.

²⁾Each values represents the mean of the rating by 18 judges using 5-point scale (1: very poor, 5: very good).

³⁾Means in a column followed by the different letter are significantly different at $p < 0.05$ level by Duncan's multiple range test.

Table 4. Correlation coefficients of descriptive sensory of dried cherry-tomatoes prepared by different pretreatments and drying methods

Items	Sourness	Sweetness	Texture	Color	Appearance	Overall acceptability	Tomato-like
Sourness	-	.4297**	.3864**	.1319	.0581	.3876**	.2616*
Sweetness		-	.4495**	.3642**	.2566*	.4319**	.1897
Texture			-	.3033**	.2999**	.4377**	.2467**
Color				-	.7167**	.3546**	.0276
Appearance					-	.3105**	.0363
Overall acceptability						-	.2495*
Tomato-like							-

분과 조직의 변화, 물리적 특성을 측정하고 관능평가를 행하였다. 건조방울토마토의 수분함량은 삼투처리를 하지 않고 건조한 경우 11~13%, 삼투처리하여 건조한 경우 7.5~10%로 나타났다. 비타민 C의 함량은 삼투처리 건조된 방울토마토가 무처리 건조방울토마토에 비해 낮은 값을 나타내었으며, 건조방법에 따른 비타민 C 함량은 동결건조시 가장 높은 값을 보였다. 건조방울토마토의 색도는 삼투처리를 하지 않고 진공건조한 방울토마토가 생과와 가장 유사한 값을 보였으며, 삼투처리한 경우 열풍 건조된 방울토마토가 생과 본래의 색을 가장 많이 유지하였다. 조직은 건조방울토마토의 경우 세포가 조밀하게 결합되어 있었으며, 무처리 건조된 방울토마토에 비해 삼투처리된 방울토마토의 조직이 크게 손상됨을 보였다. 삼투처리후 열풍건조된 건조방울토마토의 관능적 기호도가 가장 높았고 다음으로 진공건조, 동결건조 순이었으며, 전처리로 삼투처리를 한 건조방울토마토가 무처리 건조방울토마토보다 높은 값을 나타내었다. 이로써 방울토마토를 이용한 건조제품 제조시 전처리로 삼투건조를 행함으로써 과실성분의 손실을 감소시킬 뿐만 아니라 제품의 맛을 증진시키고 생과 본래의 특성을 유지함을 알 수 있었다. 또한 열풍 및 진공건조를 행할 경우 동결건조에 비해 다소 품질의 우수함을 보였다. 따라서 삼투건조와 함께 열풍 및 진공건조를 행함으로써 과실의 기호성 향상에 기여할 것으로 기대된다.

문헌

1. 學英社編輯局：園藝大百科. 學英社, p.944(1975)
2. Moon, K. D., Lee, C. H., Kim, J. K. and Sohn, T. H. : Storage of tomatoes by polyethylene film packaging and CO₂ treatment. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **24**, 603-609(1992)
3. 안재균 : 완숙토마토, 방울토마토와 도태량 재배기술. 한국화훼기술연구소출판부, 광주, p.15(1995)
4. 박무현 : 과실·채소류의 생산 이용실태 및 연구개발 현황. *식품기술*, **6**, 3-11(1993)
5. 정문철 : 건조식품의 시장동향과 급후의 전망. *식품기술*, **5**, 80-84(1992)
6. Angela, P. P., Yong, C. W. and Tom, C. S. Y. : Use of combination process of osmotic dehydration and freeze drying to produce a raisin-type lowbush blueberry product. *J. Food Sci.*, **52**, 1651-1664(1987)
7. Kim, M. M. and Toledo, R. T. : Effect of osmotic dehydration and high temperature fluidized bed drying on properties of dehydrated rabbiteye blueberries. *J. Food sci.*, **52**, 980-984(1987)
8. Mazza, G. : Dehydration of carrots. Effects of pre-drying treatments on moisture transport and product quality. *J. Food Technol.*, **18**, 113-123(1983)
9. Baek, H. H., Kim, D. M. and Kim, K. H. : Changes in quality of Shiitake mushroom(*Lentinus edodes*) by different drying methods. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 145-148(1989)
10. Baloch, A. K., Buckle, K. A. and Edwards, R. A. : Effects of processing variable on the quality of dehydrated carrot. I. Leaching losses and carotenoid content. *J. Food Technol.*, **12**, 285-293(1977)
11. Langdon, T. T. : Preventing of browning in fresh prepared potatoes without the use of sulfiting agents. *Food Technol.*, **41**, 64-67(1987)
12. Ponting, J. D., Watters, G. G., Forrey, R. D., Jackson, R. and Stanley, W. L. : Osmotic dehydration of fruits. *J. Food Sci.*, **20**, 1365-1368(1966)
13. Lee, B. W., Shin, G. J., Kim, M. H. and Choi, C. U. : Effect of pretreatment before air drying on the quality of carrot flake. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 430-434(1989)
14. Lenart, A. and Flink, J. M. : Osmotic concentration of potato. I. Criteria for the end-point of the osmosis process. *J. Food Technol.*, **19**, 45-63(1984)
15. Lenart, A. and Flink, J. M. : Osmotic concentration of potato. II. Spatial distribution of the osmotic effect. *J. Food Technol.*, **19**, 65-89(1984)
16. Farkas, D. F. and Lazar, M. E. : Osmotic dehydration of apple pieces : Effect of temperature and syrup concentration on rate. *Food Technol.*, **23**, 688-690(1969)
17. Dixon, G. M. and Jen, J. J. : A research note : Changes of sugar and apple slices. *J. Food Sci.*, **42**, 1126-1127(1977)
18. AOAC : *Official methods of analysis*. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., p774(1970)
19. Luft, J. H. : Improvements in epoxy resin embedding methods. *J. Biochem. Cytol.*, **9**, 409(1961)
20. Saurel, R., Raoult-Wack, A. L., 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)
21. Saurel, R., Raoult-Wack, A. L., 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)
22. Leric, 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)