Food Engineering Progress
Vol. 12, No. 4. pp. 275~283 (2008.11)

산업식품공학
Food Engineering Progress

삼투용질종류, 압력 및 교반공정이 Aloe vera gel의 삼투탈수공정에 미치는 효과

김성아, 백진홍, 이철원[1], 이신영[2*]
주) 김정문 알로에 과학연구소, [1]국방기술품질원, [2*]강원대학교 생물공학과

Effects of Osmotic Agents, Operating Pressure and Agitation Processings on Osmotic Dehydration Process of Aloe vera Gel

Sung-A Kim, Jin-Hong Baek, Chul-Won Lee[1], Shin-Young Lee[2*]
KJM Aloe R&D Center
[1] Defense Agency for Technology and Quality
[2] Department of Bioengineering and Technology, Kangwon National University*

Abstract

The objective of this study was to obtain experimental data on optimum conditions of aloe vera gel concentration by DIS (Dewatering Impregnation Soaking) or osmotic dehydration process under different osmotic agents and processing factors such as operating pressure and agitation treatment in contactor. Dehydration regime (water loss/solid gain; WL/SG) and water loss (WL) were determined as main objective variables of DIS process. As the result, polyethylene glycol (PEG) solution as a single osmotic agent was more excellent dewatering property than binary solution of sugars (glucose, sucrose and high fructose syrup) and sodium chloride. However, ternary solution (sugar plus sodium chloride) showed higher WL/SG ratio and WL(%) than those of binary solutions, and these results were similar to that of PEG solution. Also, processing factors such as operating pressure and agitation treatment showed only a very little effect, and thus either no operating pressure and agitation or slow agitation was found to be considered in such of processing design. From the DIS processing of fileted aloe using ternary solution (50% glucose plus 0.5% NaCl) without operating pressure and agitation treatment, the WL/SG ratio and WL(%) of 19.37 and 66.24 were obtained, and these values were about 2 and 1.3 folds higher than that of binary solution (50% glucose), respectively. Also, the highest polysaccharide content of 3,543±152 mg/L was about 1.2 and 4.3 folds higher than that of each binary solution (50% glucose) and fresh aloe gel, respectively.

Key words: Aloe vera gel, osmotic dehydration, concentration, osmotic agent, pressure and agitation effect

서 론

알로에의 제품품질에 영향을 주는 인자들은 매우 많지만 가공공법은 대표적인 중요인자의 하나이다(O'Brien, 2005; www.nancykbrown.com). 따라서 알로에의 많은 가공공법이 개발되었지만 최종제품의 효능 및 품질수준은 현저하게 다르며, 아직도 알로에의 일반적 품질 및 치료적 성질의 지표가 되는 다당류의 양과 분자량 수준을 향상시키는 효율적인 가공법에 대한연구는 매우 미흡한 실정이다(Ramachandra & Rao, 2008; Quian et al., 2005; Lachenmeier et al., 2005; Atherton, 1998; Agarwala, 1997).

Corresponding author: Shin-Young Lee, Department of Bioengineering and Technology, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea
Tel: +82-33-250-6273; Fax: +82-33-243-6350
E-mail: sylee@kangwon.ac.kr

알로에 가공 중에는 특히, 열에 대한 노출이 최소화되는 것이 불가피하므로 (Quian et al., 2005; Lachenmeier et al., 2005) 이점에 착안하여 저자 등은 알로에의 효율적 농축을 목표로 삼투탈수(DIS; Dewatering Impregnation Soaking) 공정의 적용을 보고한 바 있다. 즉, glucose 용액을 삼투용질로 수분소실에 대한 삼투탈수 공정의 주요 변수인 삼투용액의 농도, 침지온도와 시간, 고형시료의 크기(두께)와 형태 (slice with or without peel of leaf) 등에 따른 총 질량, 수분 및 고형분의 변화를 검토하였으며, 이에 따른 물질이동의 동력학적 특징을 분석하여 삼투탈수가 현존하는 알로에 농축방법의 결점을 극복할 수 있는 새로운 농축공정으로서의 대체 가능성이 있음을 보고한 바 있다 (Kim et al., 2008).

지금까지의 보고에 의하면, 삼투탈수(DIS) 공정에서 최종 제품의 성질에 영향을 주는 중요 공정 매개변수로는 삼투용액조성(2성분, 3성분, 분자량 등)과 농도, 온도, 압력(

대기, 진공) 및 제품용액과의 접촉(교반, 제품/용액 비) 등이다 (Chiralt & Talens, 2005). 하지만 전보(Kim et al., 2008)에서는 삼투제로 glucose만을 사용하였으므로 보다 적정한 삼투용질의 선정에 대한 추가검토의 필요성이 있었다. 또 장치설계를 위해서 압력이나 교반의 효과에 대한 검토가 필요하였다(Chiralt & Talens, 2005; Marouze et al., 1994).

이는 삼투탈수의 삼투과정이 사용되는 용질의 물리화학적 성질에 의해 영향을 받으며, 이들의 차이는 주로 분자량, 이온상태 및 물에 대한 용질의 용해도의 차이로부터 생성되므로 적정용질의 선정이 중요하기 때문이다(Rahman & Perera, 1999). 통상, 삼투제의 선택과 농도는 관능품질에의 효과, 용질 용해도, 세포막 투과성과 이의 안정성 및 비용 등에 의존한다(Qui et al., 1998).

그동안의 연구에서 가장 널리 사용되는 삼투탈수의 삼투용질로는 과일에서는 설탕이었고 (Lenart & Flink, 1984; Silveira et al., 1996; Panagiotou et al., 1998; Kowalska et al., 2001; Sereno et al., 2001; Mauro & Menegalli, 2003; Alves et al., 2005; Tsamo et al., 2005), 야채류, 어류 및 육류에서는 소금이었다(Lenart & Flink, 1984; Biswal et al., 1991; Sereno et al., 2001; Azoubel & Murr, 2004). 하지만 포도당, 과당, 유당, 말토오스, 다당류, maltodextrin, 옥수수전분시럽, polyethylene glycol 등이 사용되었으며, 이들 삼투제를 조합한 혼합물도 사용하였다(Lenart & Flink 1984a; Lenart & Flink, 1984b; Biswal et al., 1991; Sereno et al., 2001; Saurel et al., 1994; Mandala et al., 2005). 기타 수분활성도를 낮추는 용질도 많이 사용되었는데, 이 때 용질의 분자량이 클수록 탈수량은 증가하고 용질의 침투량은 감소하는 것으로 보고되었다(Choi, et. al., 1997).

한편, 삼투탈수는 고-액 추출공정과 관련되는 공정이지만 삼투탈수접촉기(DIS contactor)의 특이적 양상은 이들이 부서지기 쉬우며, 가볍고, 분할되기 쉬운 고체상이 더 점성이 있고, 밀한 액상과 접촉한다는 점에서 차이를 보인다. 따라서 삼투탈수 장치에 요구되는 특성은 기능요구도 분석에 의해 나타낼 수 있는 것으로 보고되었는데(Marouze et al., 2001), 농축용액인 액상과 고체상(식품)이 접촉하는 접촉기는 식품-용액 접촉의 원리에 의해 사용되며, 다음과 같은 몇 가지 범주로 분류된다. 즉, 용액이 연속적 또는 간헐적 교반되거나 식품주위에서 침적용액필름의 흐름에 대한 유무여부를 포함하여 식품바깥 쪽 부위에 있는 공정, 용액이 식품으로 도입되는 공정, 고체의 용질이 식품의 표면에 적용되는 공정 및 지속적으로 물질전달을 촉진시키기 위해 압력을 사용하는 공정 등이 있다(Marouze et al., 1994).

이는 삼투탈수 장치가 크게 교반의 유무나 그 정도, 그리고 조작 압력(대기압, 진공)에 따라 다름을 지적하며, 이 점에서 실제 삼투탈수 공정의 적용을 위해서는 이의 검토가 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 이상과 같은 점을 고려하여 알로에의 삼투탈수에 미치는 몇몇 삼투제 및 이의 혼합사용의 영향을 비교, 검토하여 적정 용질을 선정하고자 하였고, 또 조작 압력과 침지용액의 교반조건에 대해 검토하여 적정장치 설계요건을 밝힘으로써 알로에 삼투탈수의 실제적용을 위한 기초자료를 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 알로에는 (주) K사의 제주농장에서 수확한 것으로, 신선한 알로에 생잎을 4°C의 저온실에 보존하면서 실험에 사용하였다.

전보(Kim et al., 2008)에서와 마찬가지의 완전히 성숙된 3년산의 신선한 알로에를 사용하였으며, 부착 토양 및 기타 부스러기는 물로 철저히 세척하여 제거하였다. 또, aloin을 제거한 후 잎의 껍질을 포함한 그대로 또는 껍질을 제거한 후 두께 1 cm의 슬라이스로 절단하여 삼투탈수시료로 하였다. 한편, 삼투탈수 공정의 침적용 삼투제는 sucrose (Yakuri Pure Chemicals, Japan), glucose, anhydrous (Dae Jung Chemicals & Metals, Korea), high fructose syrup (Samyang Genex, Korea), NaCl (Dae Jung Chemicals & Metals, Korea), $CaCl_2$ (Junsei Chemicals, Japan) 및 polyethylene glycol 400 (clear viscous liquid: Sigma, USA)를 사용하였다.

삼투 탈수 실험

삼투탈수는 밀폐된 유리제 용기를 온도조절 항온수조 내에 넣어 수행하였다. 전보(Kim et al., 2008)에서와 마찬가지로 알로에: 삼투용액의 비는 1: 5 (w/v)로 하였다. 무게를 달은 잎의 껍질을 포함하거나 제거한 aloe 슬라이스(1 cm)를 여러 농도의 각종 삼투용액을 포함한 용기에 넣었다. 용기를 일정온도(30°C)의 순환수조에 넣어 삼투처리하면서 알로에 슬라이스를 전체적으로 삼투용액에 0.5~4 hr 동안 침적시켰으며, 적정시간간격으로 시료를 채취하고 배수한 다음, 흡수종이로 가볍게 표면수를 제거한 후 칭량하였다.

이 때, 압력의 효과는 압력 용기에서 연속 또는 초기 10분간의 진공에 의해, 그리고 교반은 교반장치가 부착된 용기에서 0, 25, 50 및 100 rpm으로 연속 또는 간헐적 교반에 의해 수율을 측정하여 조사하였다. 이 때, 수율은 삼투처리된 각 시료를 균질화한 다음 원심분리 (8000 rpm, 30분)하였고, 얻어진 상징액의 중량을 측정하여 구하였다.

수분함량과 고형분 함량

모든 시료의 평균 수분함량과 건조고형분량은 70°C의 진공오븐에서 24 시간 건조하여 결정하였으며, 삼투 당 용액

의 농도는 당 농도를 측정하여 결정하였다. 각 실험에서 신선한 시럽이 사용되었으며, 실험은 3회 반복 수행하였고, 평균값을 계산에 사용하였다.

삼투 탈수의 동력학적 해석

전보(Kim et al., 2008)에서 마찬가지로 삼투탈수의 계산은 주어진 시간 구간에서 시료를 각 용액으로부터 취하고, 무게감소 (WR: weight reduction), 수분소실(WL), 고형분 증가(SG) 및 dehydration regime을 다음 식에 의해 구하였다 (Biswal et al., 1991; Silveira et al., 1996; Shi et al., 1997; Sereno et al., 2001; Azoubel & Murr, 2004; Alves et al., 2005).

$$\text{Weight reduction (\%)} = \left(\frac{M_i - M_o}{M_i}\right) \times 100$$

$$\text{Solid gain (\%)} = \left(\frac{S_o - S_i}{M_i}\right) \times 100$$

$$\text{Water loss (\%)} = \text{Weight reduction (\%)} + \text{Solid gain (\%)}$$

$$\text{Dehydration regime} = \text{Water loss(\%)} / \text{Solid gain(\%)}$$

여기서 M_i과 M_o는 각각 초기 및 처리 후의 시료무게(g), S_i와 S_o는 각각 시료에서 초기 및 처리 후의 고형분의 질량(g)이며, 이 때, 각 시료의 수분함량은 70°C의 진공오븐에서 24 시간 동안 건조하여 측정하였다.

한편, 물과 용질의 총괄물질전달계수(K_w와 K_s)는 역시 전보(Kim et al., 2008)에서와 마찬가지로 체류시간의 제곱근에 대한 수분소실 및 고형분 증가의 직선적 의존성을 적용한 NMC(normalized moisture content)와 NSC(normalized solid content)의 다음 관계로부터 구하였다(Lazarides et al., 1994; Sereno et al., 2001).

$$NMC = 1 - K_w \theta^{0.5}$$

$$NSC = 1 + K_S \theta^{0.5}$$

여기서 K_w 및 K_S는 각각 수분 및 용질의 총괄물질이동상수이고, θ는 탈수시간이다.

이 때, NMC는 규정화된 수분함량으로 초기 및 임의시간에서의 수분함량비(M_0/M_i), NSC는 규정화된 고형분 함량으로 초기 및 임의시간에서의 고형분함량비(S_0/S_i)에 의해 구하였다(Sereno et al., 2001).

분석

유효 다당류의 농도는 Ebarandu et al.(2005)의 비색법에 따라 측정하였다. 즉 400 μl의 시료를 1회용 유리 배양관에 옮기고, 각 관에 4 mL의 Congo red(sodium 4,4'-diphenyl-2,2'-diazo-bis-1-baphthalamino-4-sulonate) 시약을 첨가하여 온화하게 vortexing하면서 혼합하였다. 이 혼합물을 실온에서 20 분간 방치한 후, 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

결과 및 고찰

서로 다른 각종 삼투제하의 삼투 탈수 특성 비교

서로 다른 삼투용질 및 이의 농도가 삼투탈수에 미치는 영향을 비교하기 위해 전보에서 최적조건으로 얻은 두께(1 cm) 및 용액온도(30°C)하에서 filleted 알로에 시료를 대상으로 삼투탈수시험을 수행하였다. 즉, 30~70%(w/w) 농도

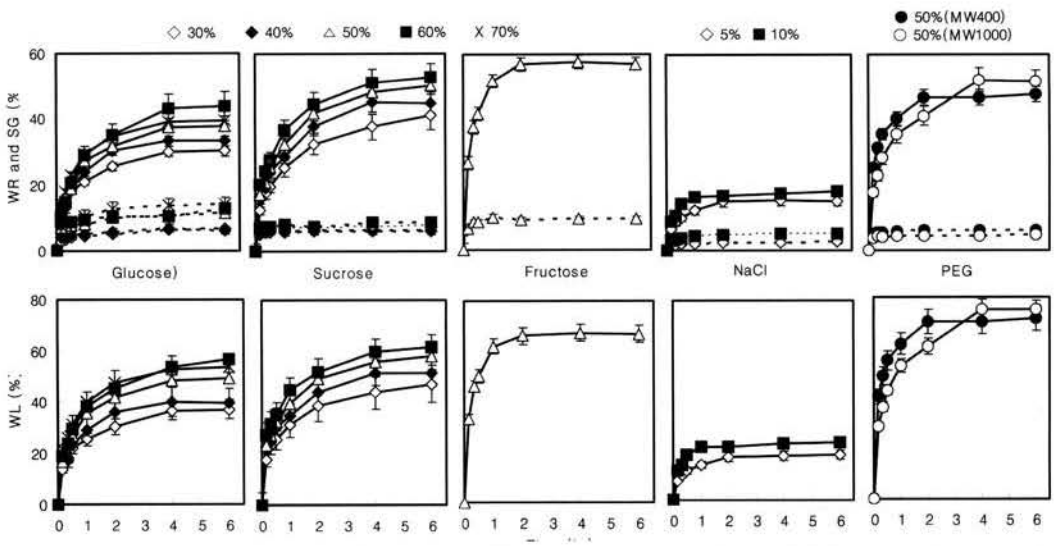


Fig. 1. Time changes of weight reduction (WR), solid gain (SG) and water loss (WL) of fileted aloes during DIS processing in different concentrations of glucose, sucrose, fructose, NaCl and PEG solutions at 30°C
Data are the mean±S.E (n=3).

범위의 3 종 당류(glucose, sucrose, high fructose syrup), 1 종의 염류(NaCl) 및 2 종의 고분자(PEG MW400, MW1000) 용액하의 삼투 탈수 중 무게감소(WR), 수분소실(WL) 및 고형분(용질) 증가의 경시변화를 살펴보았으며, 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다.

시료 및 용질의 종류에 상관없이 모두 처리시간경과에 따라 무게감소, 용질침투 및 수분 손실 모두 hyperbolic하게 증가함을 보였으며, 삼투용액의 농도가 증가함에 따라 무게감소, 용질 침투 및 수분 소실 또한 증가하였다. Fileted 알로에는 삼투탈수 3~4 시간 이후 수분 손실 및 고형분 증가에 변화를 보이지 않는 것을 확인할 수 있었으나 용질의 종류 및 농도에 따라 그 변화정도는 크게 달랐다.

전보(Kim et al.; 2008)에서 보고한 바와 같이, 최소 당흡수를 가지면서 동시에 높은 탈수가 목표일 때는 WL/SG 비가 크고 동시에 WL(%)가 큰 것이 지표가 되므로, Fig. 1의 자료로부터 최대의 평형값을 나타내는 각 대응시간에서의 시료별 WL/SG 비와 WL(%)을 구하였으며, 그 결과를 종합하여 Table 1에 나타내었다.

Fileted 알로에는 5 및 10%의 NaCl을 삼투용질로 한 경우 WL/SG 비(5.40 및 8.489)는 크게 낮지 않았으나 이때의 수분소실이 매우 낮아(17.22 및 21.41%) 알로에의 삼투용질로서는 본 실험의 사용 용질 및 농도범위에서 가장 적합하지 못함을 보였다.

Glucose의 경우는 50 및 60%에서 WL/SG 비 값이 10.39 및 9.54로 비교적 높은 최대값을 보였고, 이때의 수분소실도 각각 47.97 및 55.30%로 역시 높은 편이었다. 또한, sucrose의 경우는 60%농도에서 최대의 WL/SG 비 및 수분소실을 보였으며, 그 값들은 glucose와 비교하여 큰 차이는 없었다. 반면, high fructose syrup (50%, w/v)인 경우는 WL/SG 비 값이 8.19로 glucose나 sucrose에 비해 다소 낮았으나 수분소실이 66.01%로 더 높아서 높은 탈수를 목표로 하는 경우 실험한 3종 당류 중에서 더 적합한 것으로 나타났다.

한편, 50% 농도의 polyethylene glycol (PEG)인 경우는 분자량 400인 경우에 WL/SG 비 값이 21.68로 당류에 비해 약 2 배 이상 높았으며, 수분소실도 70.23%로 가장 높았다. 반면, 분자량 1000인 경우는 수분소실이 60.05%로 분자량 400인 경우보다 낮아졌으나 WL/SG 비 값이 28.91로 가장 높은 값을 보여 매우 우수한 용질적성을 나타내었다.

이는 저분자 용질은 빠르게 과일로 침투되는 반면, 고분자 용질은 느리게 안쪽으로 이용되며, 또 고분자 용질이 제품 표면과 내부사이의 용질 농도의 현저한 차이에서 탈수를 향상시켰다는 보고(Saurel et al., 1994)와 잘 일치한다. 이러한 거동은 주로 분자량이 증가함에 따라 용질의 확산도가 감소되는 것과 관계되는데(Stokes-Einstein law), Muhr & Blanshard(1982)는 세포벽 구물구조(식물세포벽에서 유리 공간의 만곡과 직경)는 용질분자량이 증가할 때 겉보기 확산도의 감소를 도우며, 이들 효과가 조직수축에 기인하여 제품의 탈수를 향상시킨다고 하였다. 또, Saurel et al.(1994)은 삼투탈수효과가 제품표면에서 밀한 용질 장벽(laminar layer)의 형성과 밀접한 관련을 가지며, 고분자 용질이나 더 많은 용질 함량에서 촉진된다고 보고하였다.

따라서 본 실험의 결과는 다른 연구자들의 보고된 사실과 잘 일치하며, PEG가 고형분이 낮은 당 흡수와 높은 WL/SG가 목표인 경우, 저분자 당류나 염류에 비해 매우 우수한 삼투매체임을 지적하며, 특히, PEG 400은 탈수율이 매우 높아 PEG 1000보다도 더 적합한 용질인 것으로 판단되었다.

염류 첨가의 영향

삼투용질의 선정에서 얻은 PEG는 높은 WL/SG 비 및 WL(%)로 보았을 때 매우 우수한 삼투용질임을 확인할 수 있었다. 하지만 PEG의 가격은 당류에 비해 훨씬 더 고가이므로 경제성 측면에서는 한계가 있으므로 삼투효율을 향상시키기 위한 다른 방법을 모색하고자 하였다.

그동안 많은 연구자들은 용질비용을 감소시키고 삼투효능을 향상시키는 수단으로서 당을 갖는 용질의 2종 혼합물의 사용을 보고하였다(Hawkes & Flink, 1978; Islam & Flink, 1982).

Tsamo et al.(2005)은 양파와 토마토에서 당과 염의 혼합

Table 1. Dehydration regime through DIS processing of fileted aloes in different osmotic solutions at 30°

	Variety of osmotic solution													
	Glucose (%)					Sucrose (%)				Highfructose syrup (%)	NaCl (%)		PEG (50%)	
	30	40	50	60	70	30	40	50	60	50	5	10	MW400	MW1000
WL/SG ratio	5.46 ±0.11	8.53 ±0.31	10.39 ±1.10	9.54 ±1.02	4.87 ±0.09	5.33 ±0.81	6.88 ±0.33	8.00 ±0.95	9.68 ±1.05	8.19 ±0.95	8.49 ±0.96	5.40 ±0.88	21.68 ±2.56	28.91 ±1.88
WL (%)	36.97 ±2.67	37.78 ±1.59	47.97 ±0.99	55.30 ±2.36	51.04 ±3.99	38.52 ±2.53	43.96 ±3.52	49.09 ±3.44	52.01 ±1.85	66.01 ±3.69	17.22 ±2.85	21.41 ±3.31	70.23 ±3.52	60.65 ±2.82

Data are the mean±S.E (n=3).

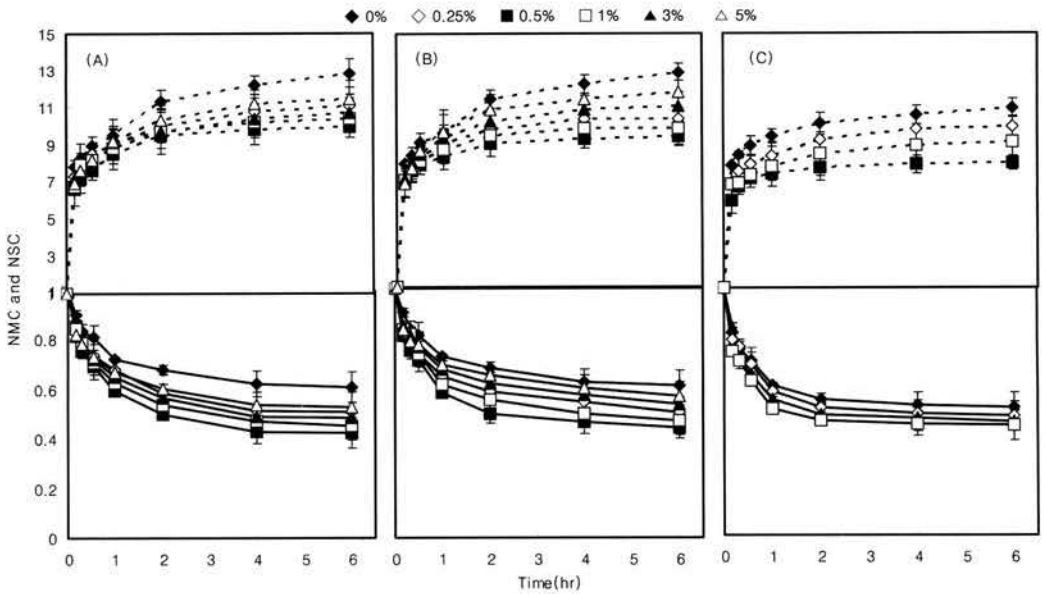


Fig. 2. Effect of salts addition on normalized moisture (bottom) and solids content (top) during DIS processing of fileted aloes in sugar solutions at 30°C Data are the mean±S.E (n=3).
(A) Glucose 50% + NaCl, (B) Glucose 50% + $CaCl_2$, (C) Sucrose 60% + NaCl

물이 고형분 획득에 비해 수분의 제거 속도가 우세한 가장 높은 탈수능력을 갖는다고 하였다. 또, Sereno et al.(2001)은 사과에서 50% 설탕/10% 소금의 혼합물이 40°C의 온도에서 가장 높은 WL/SG 비를 나타내었다고 보고하였다. Lerici et al.(1985)도 사과 건조에서 서로 다른 설탕농도에 소량의 소금첨가(최대 2%, w/w)가 고형분증가없이 더 높은 탈수 속도를 나타냄을 보고하였다.

따라서 값이 싸고 비교적 우수한 결과를 보였던 glucose, sucrose 등의 당류와 NaCl, $CaCl_2$ 등 염류의 혼합물 용액에서 fileted aloe의 삼투 탈수실험을 실시하였고, 그 결과를 NMC와 NSC의 경시변화로서 Fig. 2에 나타내었다.

모든 시료는 초기 1~2 시간에서 급격히 탈수되면서 고형분도 급격히 증가하였으나 이후 서서히 탈수되면서 비례하여 고형분이 증가하고 3~4 시간 이후 평형 값에 도달하

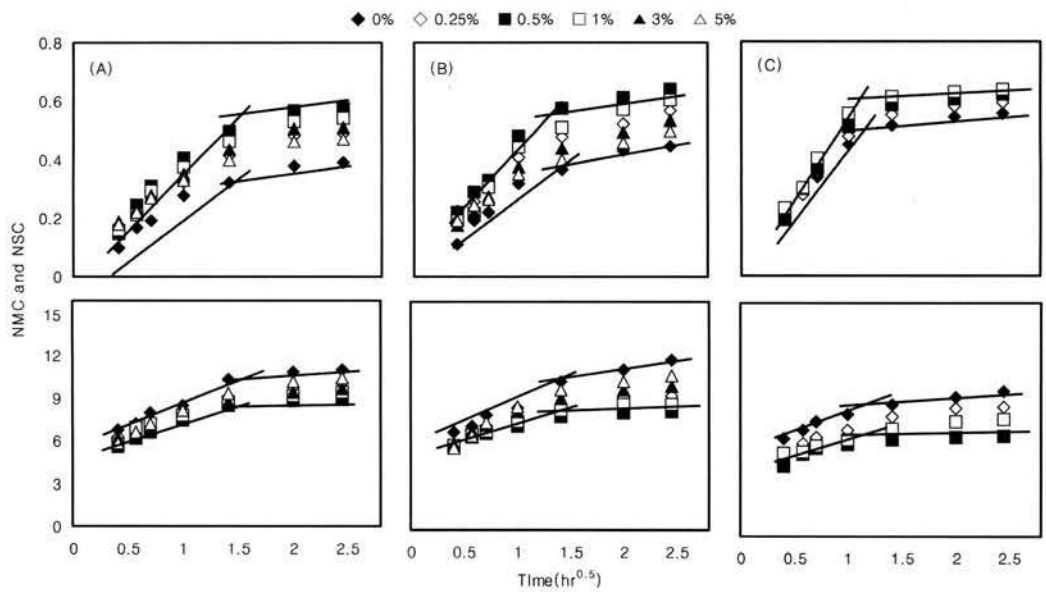


Fig. 3. Relationships between normalized moisture (top) and solid content (bottom) from fileted aloes and square root of contacting time during DIS processing in sugar solutions with salts at 30°C
(A) Glucose 50% + NaCl, (B) Glucose 50% + $CaCl_2$, (C) Sucrose 60% + NaCl

Table 2. Dehydration regime through DIS processing of fileted aloes in mixed solutions of sugar and salt at 30°

	Variety of osmotic solution															
	Glucose 50%+NaCl (%)						Glucose 50% +$CaCl_2$ (%)						Sucrose 60%+ NaCl (%)			
	0	0.25	0.50	1	3	5	0	0.25	0.50	1	3	5	0	0.25	0.50	1
WL/SG ratio	10.39 ±1.10	10.15 ±0.91	19.37 ±1.25	18.61 ±1.51	17.17 ±0.91	11.73 ±2.15	10.39 ±1.10	12.73 ±1.45	15.01 ±1.05	13.22 ±0.53	7.61 ±0.46	6.29 ±0.23	9.68 ±1.05	18.03 ±2.15	15.69 ±0.95	15.06 ±1.54
WL (%)	47.97 ±0.99	59.33 ±2.64	66.24 ±5.25	59.52 ±6.15	60.11 ±7.24	46.39 ±2.64	47.97 ±0.99	58.27 ±4.12	64.01 ±2.51	60.08 ±5.13	53.48 ±3.12	53.05 ±5.84	52.01 ±1.85	55.33 ±3.96	54.68 ±4.64	60.41 ±6.15

Data are the mean±S.E (n=3).

는 경향을 보였다. 당류용액에 염류용액을 첨가한 경우는 삼투탈수시간에는 영향을 주지 않았으나 염류의 첨가로 규정화한 탈수율 및 고형분 함량에 영향을 주어 탈수율의 증가와 고형분 함량의 감소경향을 보였다. 하지만 염류첨가농도에 따른 뚜렷한 경향은 볼 수 없었으므로 염류 첨가의 효과를 보다 더 명확히 조사하기 위해 NMC 및 MSC와 시간의 제곱근의 관계를 살펴보았으며, 그 결과는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이, NaCl이나 $CaCl_2$와 같은 염류의 병용시 시간의 제곱근에 따른 NMC 및 NSC는 glucose 용액 단독일 때와 마찬가지로 기울기가 서로 다른 두개의 직선관계를 보였다. 염류의 첨가로 각 대응시간에서 NMC는 증가하였고, 이와는 반대로 NSC는 감소하였다. 또, 이러한 NMC의 증가 및 NSC의 감소는 염류의 농도에 따라 달랐으므로 염류 첨가의 최적농도를 구하기 위해 Fig. 3의 첫 번째 직선의 기울기 값으로부터 물 및 고형분 이동계수인 kw와 ks를 각각 구하였고, 이를 농도에 대해 도시하여 Fig. 4에 나타내었다.

(cytoplasmic membrane)을 통과함을 보였다. 따라서 상기와 같은 당과 염류의 병용 효과는 glucose 용액은 세포질 표면에서 당 분자를 축적하게 되어 수분 이동 차단막을 형성하게 되고, 이에 따라 수분탈수에 제한을 주게 되지만 NaCl은 세포 내막 안쪽까지 들어가 수분을 탈수시키므로 glucose 용액에 NaCl을 첨가하게 되면 더 많은 수분 탈수가 일어나기 때문이라 생각된다.

하지만 Lenart & Flink(1984)는 염의 존재가 당 분자에 의한 crust의 형성을 방해하여 탈수 현상을 증가시킨다고 언급하였다. 또 평형수준까지의 수분소실 및 탈수속도는 물질전달의 추진력이 되는 시럽의 수분활성의 감소(또는 시럽 농도의 증가)에 따라 증가하므로(Biswal et al., 1991), NaCl의 잘 알려진 높은 수분활성 저하 능에 의해 탈수과정의 추진력이 증가되었기 때문이라고도 볼 수 있다(Lerici et al., 1985).

이상의 결과로부터 fileted aloe를 50%의 glucose 용액에 0.5%의 NaCl을 첨가하여 병용하는 것이 삼투탈수 공정에 가장 적합한 것으로 판단하였다.

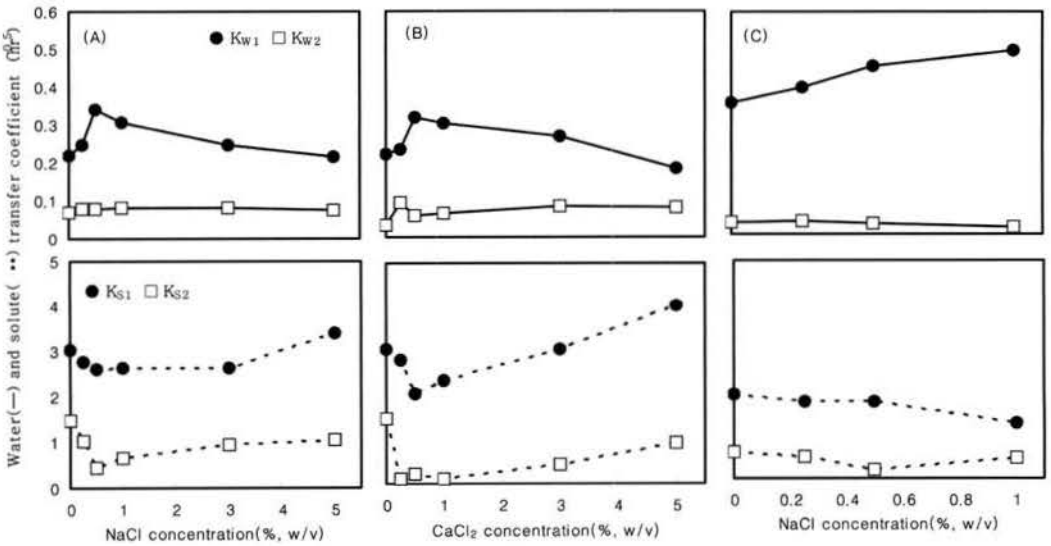
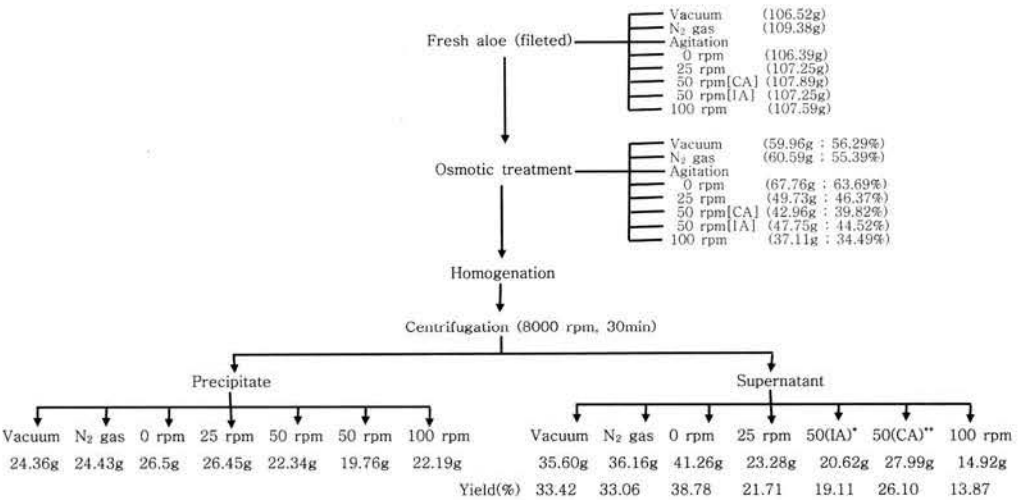


Fig. 4. Changes of overall mass transfer coefficients during DIS processing of filleted aloes in sugar solutions with various salt concentrations at 30°C

(A) Glucose 50% + NaCl, (B) Glucose 50% + $CaCl_2$, (C) Sucrose 60% + NaCl



Fg. 5. Yields of the concentrated aloe gels prepared by various DIS processing conditions.
*50 (IA): Intermittent agitation at 50 rpm,**50 (CA): Continuous agitation at 50 rpm,

기 10 분간) 및 교반(0, 25, 50, 100 rpm의 연속 또는 간헐적 교반)의 효과를 수율을 측정하여 조사하였으며, 진공의 효과가 산화와 연관되는지를 보기 위해 N_2 가스 치환의 결과와 함께 그 결과를 Fig. 5에 나타내었다.

초기 중량 107.25~107.89 g의 fillet으로부터 교반하여 얻은 삼투처리 시료의 수율은 34.49~ 46.37%이었으며, 이는 교반하지 않은 경우의 수율 63.69%에 비하면 탈수로 인하여 매우 크게 감소한 값 범위이었다. 균질화 및 원심분리 후의 상징액으로부터 얻은 최종 농축액의 수율 감소는 교반속도가 증가할수록 더욱 증가하는 경향을 보여서 교반하지 않은 경우는 최종 수율이 38.78%이었으나 100 rpm으로 교반한 경우는 수율이 13.87%로 교반이 없는 경우의 1/3에 불과하였다. 또, 50 rpm에서 간헐적으로 교반(50IA)한 경우는 연속교반(50CA)한 경우보다 수율이 더 높았지만 교반이 없는 경우에 비하면 2/3수준에 불과하였다.

한편, 진공 또는 N_2가스 치환의 경우도 교반처리 없는 경우에 비해 약 12% 정도의 수율 감소가 있었다. 따라서 수율측면에서 보면 교반없이 삼투 처리하는 경우가 가장 경제적인 것으로 생각되었다.

그러므로 알로에의 삼투탈수장치는 교반이나 압력의 조작이 필요하지 않거나 간헐적인 느린 교반을 갖는 장치가 적합하다고 판단되었으며, 용액의 재순환을 위한 부대시설을 갖추는 것이 경제적이라 생각되었다. 하지만 경제성 측면의 수율뿐만이 아니고 품질 측면에서는 유효 성분의 함량이 더 중요하므로 이하에서는 상기처리로 얻어진 각종 DIS 농축액의 유효 성분의 함량을 조사하였다.

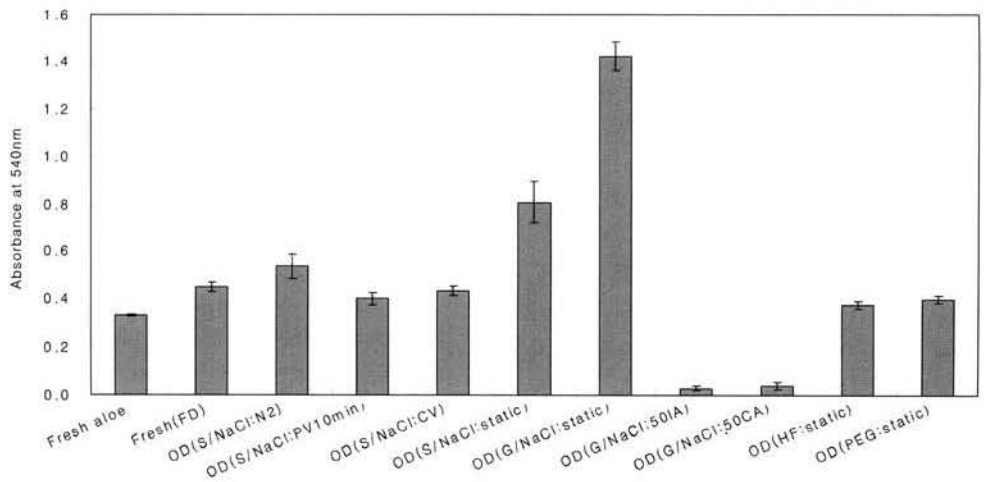


Fig. 6. Polysaccharide content of concentrated aloe products by different osmotic dehydration conditions.
PV: pulsed vacuum (10min), CV: continuous vacuum, 50IA: Intermittent agitation(50 rpm), 50CA: Continuous agitation(50 rpm)

알로에 삼투탈수 농축액의 유효 다당 함량

전보(Kim et al., 2008)에서 보고한 바와 같이 알로에의 대표적인 일반적 및 치료적 성분지표는 다당류의 함량이므로 본 실험의 각종 처리조건하에서 얻어진 알로에 삼투탈수 제품들의 다당 함량을 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 6과 같다.

540 nm에서의 흡광도로 나타낸 다당 함량은 그림에서 보는 바와 같이, fresh aloe 및 이의 동결건조 제품(Fresh, FD 1%)에서 각각 0.331 및 0.449이었다. 반면, 각종 삼투탈수제품은 OD(HF), OD(PEG), OD(S/NaCl:PV), OD(S/NaCl:CV)에서는 0.373~0.433으로 fresh aloe나 이의 동결건조제품과 비슷한 값의 범위이었으나 OD(S/NaCl:N_2), OD(S/NaCl) 및 OD(G/NaCl)은 0.532-1.85로 이들 보다 훨씬 더 높았으며, 특히 OD(G/NaCl)와 OD(S/NaCl)는 매우 높아서 fresh aloe의 약 2.5~4.3 배나 되었다.

전보(Kim et al., 2008)에서 보고한 알로에 다당 표준품을 시료로 하여 Congo red법으로 표준곡선을 작성하고, 이 표준곡선에 의해 540 nm에서의 흡광도를 다당 함량으로 환산하면 fresh aloe의 유효 다당 함량은 817.5 mg/L이다. 또, 1% fresh aloe의 동결건조 제품은 1112.5 mg/L인 반면, 가 높은 흡광도 값을 나타낸 OD(G/NaCl)의 경우는 약 3,543±152 mg/L에 달하였다. 이 값은 염류 첨가가 없이 당용액 만의 OD(glucose)보다 약 1.2 배 향상된 값이며, fresh aloe와 비교하면 약 4.3 배나 되는 매우 높은 함량이다.

따라서 0.5% NaCl을 함유한 50% glucose 용액을 삼투용질로 fileted aloe를 교반이나 압력의 조절없이 삼투탈수 처리함으로써 fresh aloe에 비해 유효 다당 농도가 4.3 배나 높은 농축액(농축배수=약 3.3 배)을 얻을 수 있음을 확인하였으며, 차후 산업적 생산을 위한 scale-up의 검토 필요성이 충분한 것으로 판단하였다.

결 론

탈수공정(Dewatering & Impregnation Soaking Process)에 의한 *Aloe vera* gel의 농축공정 개발 연구의 일환으로 각종 삼투제 및 이의 혼합사용의 영향을 검토하였고, 아울러 식품-침지 용액 접촉기 내의 조작압력과 교반의 효과를 조사하였다.

알로에 DIS 공정의 주요지표로 WL/SG 비와 WL을 사용하였을 때, PEG는 당류(glucose, sucrose 및 high fructose syrup)나 염류 (NaCl)의 단독 사용 시에 비해 훨씬 더 우수한 삼투제이었다. 반면, 당류 (glucose 및 sucrose)에 0.5 또는 1%(w/v)의 NaCl을 첨가하여 병용하였을 때는 각 단독의 경우보다 WL/SG 비와 WL(%)의 현저한 향상을 나타내었고, polyethylene glycol (PEG)과 비슷한 수준으로 향상되었다. 한편, 고형분 수율에 근거한 알로에의 삼투탈수에 미치는 교반 및 조작 압력의 효과는 매우 미미하였고, 따라서 장치 설계 시 압력의 제어가 불필요하며, 교반이 필요하지 않거나 간헐적인 느린 교반만을 필요로 하는 것으로 판단되었다. 알로에의 유효 성분지표인 다당(glucomannan) 함량은 fileted aloe에서 50%(w/w) glucose/ 0.5%(w/w) NaCl 혼합 용액에서 교반 및 압력의 조절없이 삼투처리한 경우에서 가장 높았다. 이때의 함량은 50%(w/w) glucose 용액의 약 1.2 배인 3,543±152 mg/L로 fresh aloe의 약 4.3 배이었으며, WL/SG 비 및 WL(%)는 각각 19.37 및 66.24로 50% glucose 단독사용시보다 각각 약 2 배 및 1.3 배 향상되었다.

감사의 글

본 연구는 (주) 김정문 알로에의 연구비 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

Agarwala OP. 1997. Whole leaf Aloe gel vs. standard Aloe gel. Drug Com Ind, pp.22-24.

Aloe Lab. of Texas. 1983. Test for identity of polyhydroxy anthraquinone complexes in Aloe vera liquid.

Alves DG, Barbosa Jr JL, Antonio GC, Mur FEX. 2004, Osmotic dehydration of acerola fruit (*Malpighia punicifolia* L.). J. Food Eng. 68(1): 99-103

Atherton P. 1998. Aloe vera revisited. British J. Phytotherapy 4(4): 176-183

Azoubel PM, Murr FEX. 2004, Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. J. Food Eng. 61: 291-295

Biswal RN, Bozorgmehr K, Tompkins FD, Liu X. 1991, Osmotic concentration of green beans prior to freezing. J Food Sci. 56(4): 1008-1012

Chiralt A, Talens P. 2005, Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues. J. Food Eng. 67: 167-177

Choi DW, Shin HH, Choi HT. 1997, Study on dewatering and impregnation soaking process. Korean J. Food Nutr. 10: 462-467

Ebarandu AR, Luta G, Edwards JA, McAnalley BH, Davis B. 2005. Quantitative colorimetric analysis of aloe polysaccharides as a measure of *Aloe vera* quality in commercial products. JAOAC 88(3): 684-691

Fito P. 1994. Modelling of vacuum osmotic dehydration of food. *J. Food Eng*. 22: 313

Fito P. Pastor R. 1994. Non-diffusional mechanism occurring during vacuum osmotic dehydration. J. Food Eng. 21: 513

Hawkes J, Flink JM. 1978. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. J. Food Proc. Pres. 2: 265

Islam MN, Flink JM. 1982, Dehydration of potato. II. Osmotic concentration and its effect on air drying behaviour. J. Food Technol. 17: 387-403

Isse MG, Schubert H. 1992. Osmotic dehydration of mango: mass transfer between mango and syrup. *In* Proceedings of Fourth World Congress of Chemical Engineering, D. Behrens(ed.),

Frankfurt, Bechema, pp.728-745

Kim SA, JH Baek, Lee SY. 2008. Concentration of Aloe vera gel by DIS (Dewatering Impregnation Soaking) process and process kinetics of DIS concentration. Food Engineering Progress, 12(3): 198-208

Kowalska H, Lenart A. 2001, Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. J. Food Eng. 49: 137-140

Lachenmeier K, Kuepper U, Musshof F, Madea B, Reusch H, Lachenmeier DW. 2005. Quality control of Aloe vera beverages. Electron. J. Environ. Agric. Food Chem. 4(4): 1033-1041

Lazarides HN, Katsanidis E, Nickolaidis A. 1995, Mass transfer kinetics during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake. J. Food Eng. 25: 151-166

Lenart A, Flink JM. 1984a. Osmotic dehydration of potato. I. Criteria for the end point of the osmosis process. J. Food Technol., 19: 45-63

Lenart A, Flink JM. 1984b. Osmotic dehydration of potato. II. Spactial distribution of the osmotic agent. J. Food Technol., 19: 65-89

Lerici CR, Pinnavia TG, Dalla Rosa M, Bartolucci L. 1985, Osmotic dehydration of fruit: influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. J. Food Sci. 50: 1217-1219

Mandala IG, Anagnostaras EF, Oikonomou CK. 2005, Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. J. Food Eng. 69: 307-316

Marouze C, Giroux F, Bonicel JF, Rivier M. 1994. Equipments de traitment de deshydration par immersion pour produits alimentaires. Cahier de l'AFSIA(FRA), 10: 43-48

Marouze C, Giroux F, Collignan A, Rivier M. 2001. Equipment design for osmotic treatments. J. Food Eng. 49: 207-221

Mauro MA, Menegall, FC. 2003, Evaluation of water and sucrose diffusion coefficients in potato tissue during osmotic concentration. J. Food Eng. 57: 367-374

Muhr AH, Blanshard MVJ. 1982. Diffusion in gels. *Polymer*, 23: 1012-1026

O'Brien C. 2005. Physical and chemical characteristics of Aloe gels. Ph.D. dissertation, University of Johannesburg, Johannesburg

Panagiotou NM, Karathanos VT, Maroulis ZB. 1998, Mass transfer modelling of the osmotic dehydration of some fruits, Int. J. Food Sci. Technol. 33: 267-284

Quian H, Liu C Eshun K, Zhang T. 2005. Quality and safety assurance in the processing of Aloe vera gel juice. Food Control, 16: 95-104

Ramachandra CT, Rao PS. 2008. Processing of Aloe vera leaf gel: A review. American J. Agric. Biol. Sci. 3(2): 502-510

Raoult-Wack AL, Guilbert S, Le Mague, M, Rios G. 1991, Simultaneous water and solute transport in shrinking media Part1: application to dewatering and impregnation soaking process analysis (osmotic dehydration). Drying Technol. 9: 589-612

Saurel R, Raoult-Wack AL, Rios G, Guilbert, S. 1994, Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple I. Fresh plant tissue. Int. J. Food Sci. Technol. 29: 531-542

Seren, AM, Moreia R, Martinez E. 2001, Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. J. Food Eng. 47: 43-49

Shi JX, Maguer ML, Wang SL, Liptay A. 1997, Application of osmotic treatment in tomato processing-effect of skin treatments on mass transfer in osmotic dehydration of tomatoes. Food Res. Int. 30(9): 669-674

Silveira ETF, Rahman M.S, Buckle KA. 1996, Osmotic dehydration of pineapple: kinetics and product quality. Food Res. Int. 29(3): 227-233

Tsamo CVP, Bilame AF, Ndjouenkeu R, Nono YJ. 2005. Syudy of material transfer ring osmotic dehydration of onion slices (*Allium cepa*) and tomato fruit (*Lycopersicon esculentum*) Lebensm-Wiss.u.- Technol., 38: 495-500

(접수 2008년 9월 22일, 수정 2008년 11월 3일, 채택 2008년 11월 7일)