

삼투탈수 공정에 의한 Aloe vera gel의 농축과 이의 동력학적 특성

김성아, 백진홍, 이신영^{1,*}

주) 김정문 알로에 과학연구소, ¹강원대학교 생물공학과

Concentration of Aloe vera Gel by DIS (Dewatering Impregnation Soaking) Process and Process Kinetics of DIS Concentration

Sung-A Kim, Jin-Hong Baek, Shin-Young Lee^{1,*}

KJM Aloe R&D Center

¹Department of Bioengineering and Technology, Kangwon National University

Abstract

For the development of an effective concentration process which keeps the high-quality of *Aloe vera* gel with a significant unstability during the processing, the aloe concentration by DIS (Dewatering Impregnation Soaking) process was investigated. The proper processing conditions using a glucose solution as a osmotic agent were examined as a function of concentration, contacting time, thickness/shape (fileted or not-fileted) of sliced aloe and temperature. The results of kinetic experiments showed that both the water loss (WL)/solid gain (SG) ratio and water loss (%) were the effective indices for DIS processing of Aloe. Under the osmotic solution / sliced aloe ratio of 5 (w/w), the not-fileted aloe with peel of leaf was suitable for application of DIS processing in the view of water loss and cell membrane damage. However, the fileted aloe without peel of leaf was more suitable compared with not-fileted aloe when the WL/SG ratio was used for the index of DIS processing. Optimum conditions for DIS processing of the fileted aloe were obtained at 30°C of contacting temperature, 50%(w/v) of glucose concentration, 2~3 hours of contacting time and 1 cm of slice thickness. Maximum WL/SG ratio and WL (%) were approximately 10.4 and 60.4, respectively. Final aloe concentrate by optimized DIS process were negative for anthraquinones detection by Borntrager test. Also, bioactive polysaccharide content of 2,952±134 mg/L was about 3.6 times higher than that of fresh aloe (817.5±49.1 mg/L). We concluded that DIS process for an effective aloe concentration could be applied on maintaining of rich polysaccharide content, an index of biological and therapeutic efficacy, to overcome the disadvantages of currently used concentration methods.

Key words: DIS process (osmotic dehydration), Aloe vera gel, polysaccharide, process kinetics

서 론

백합과의 상록 다년초에 속하는 알로에는 다육질의 잎을 갖는 다즙성의 CAM(Crassulacean Acid Metabolism) 식물로, 3500년 이상이나 광범위하고도 다목적적인 민간치료제로 널리 이용되어 왔다(Grindlay & Reynolds, 1986; Reynolds & Dweck, 1999).

알로에는 다양한 생리기능성에 기인하여 현재 기능성 식품은 물론, 제약이나 화장품에 가장 널리 이용되는 대표적인 천연소재로서, 전 세계적으로 제품수는 1,557종에 이르는 최다 이용 소재이다(www.iasc.org).

400여종 이상의 알로에 중 가장 널리 사용되는 종은 알

로에 베라(*Aloe vera* L.)인데, 이의 gel은 매우 불안정하여 그대로는 장기간의 저장이 불가능하므로, 각종 가공공정을 거쳐 제품화 되고 있다(Grindlay & Reynolds, 1986; Le Maguer, 1988). 특히, 알로에 베라는 98.5~99.5%의 높은 수분함량을 지니므로 고형분 함량이 매우 낮아서 최근 기능성 식품법의 건강기능식품의 기능 및 규격 제정(2004.1; 식품의약품안전청)에 따른 기능성 제품화를 위해서는 고형분 함량을 높이고, 저장, 포장, 취급 및 수송 비용을 줄이기 위해 농축의 필요성이 매우 높은 특징을 지닌다(McAnalley, 1993). 하지만 다당류를 중심으로 한 일반적 품질 및 치료적 성질의 지표 성분들은 과잉의 열에 매우 민감한 특징을 지니며, 또 고 점성으로 인하여 통상의 증발 농축법에 의해서는 효능의 소실이 현저하고 장치 및 경제성 측면에서의 한계를 지닌다(Agarwala, 1997; Femenia et al., 2003; Ebarandu et al., 2005; Bozzi et al., 2007).

따라서 알로에 겔의 성분을 유지하고 저장 안정성을 확

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

보할 수 있는 보다 새로운 유효 농축방법을 확립하는 것이 산업적인 중요 관심사항이 되고 있다.

일반적으로 열에 의한 물의 증발 농축법은 80%까지의 고도 농축이 가능하지만 열을 가해 과잉의 물을 증발시키므로 에너지 집약적이고, 열에 민감한 관능 및 영양성분의 열변성을 초래한다. 또 높은 조작비용을 필요로 하며, 열변성을 피하기 위해 낮은 온도에서 농축하는 진공농축의 경우는 고가의 진공장치를 필요로 하므로 비경제적 공정이라 할 수 있다(Petrotos & Lazarides, 2001).

따라서 증발은 가공 중 열의 노출이 최소화되어야 하는 알로에에는 적합하지 못하며, 이의 대체 방법으로 막을 이용한 역삼투법도 알로에의 높은 점성에 기인한 낮은 투과 속도나 막의 오염 및 낮은 농축률 등으로 바람직하다고 볼 수 없다(Petrotos & Lazarides, 2001).

이와 관련하여 새로운 대체법으로 직접적인 삼투탈수법(OD; osmotic dehydration 혹은 DIS; dewatering and impregnation soaking)이 최근 관심을 끌게 되었으며, 알로에에서의 검토 필요성이 충분하다(Forni et al., 1987; Alzamora et al., 1997; Garcia-Martinez et al., 2001; Uddin et al., 2004).

DIS 혹은 삼투 탈수(건조)로 불리우는 공정은 삼투현상을 이용하여 고체 식품 물질을 매우 농축된 높은 삼투압의 용액에 담구어 부분적으로 탈수시키는 방법이다(Raoult-Wack et al., 1991; Lazarides et al., 1995).

따라서 이 공정은 삼투현상에 의한 물의 제거 및 용질의 침투에 의해 제품으로부터 식품의 화학적(조성, 구조) 또는 물리적(다공성, 밀도) 성질 등 원료물질의 기능성 개량 또는 향상을 부여하는 중요 기술로서, 그 인식이 점차 증가되고 있는 실정이다(Torreggiani & Bertolo, 2001; Lazarides et al., 1995; Raoult-Wack, 1994; Raoult-Wack et al., 1992, 1991).

이는 식품공업에서 삼투 탈수공정이 선택, 향 및 조직감 등의 품질 향상, 에너지 효율 향상, 포장 및 유통비용의 감소, 화학적 처리의 불필요 및 저장 중 제품 안정성 및 영양분의 보유 등의 잠재적 장점을 갖기 때문이다(Rahman & Perera, 1999). 특히, 다른 건조과정과 비교되는 삼투탈수의 두드러진 특징은 용질이 식품 물질로 투과된다는 점이며, 어느 정도 식품계의 조합을 변화시키는 것이 가능하다는 것이다. 또, 수분 함량의 감소 혹은 수분활성을 감소시키는 물질의 첨가에 의해서 식품의 물리화학적 조성의 조정이 가능하고, 향산화제 혹은 보존제 등의 물질을 식품에 주입하거나 영양 또는 관능 관점의 용질 첨가와 같은 방법으로 새로운 가공 적합성을 부여할 수도 있다(Torreggiani & Bertolo, 2001; Raoult-Wack, 1994; Raoult-Wack et al., 1992, 1991).

더구나 이 공정은 제품으로부터 상(phase)의 변화없이 물이 유리되며, 50°C 이하의 온화한 온도 조건하에서 수행되므로 열에 의한 변성이 비교적 적다(Forni et al., 1987; Alzamora et al., 1997; Garcia-Martinez et al., 2001; Uddin

et al., 2004). 특히, 실온에서 까지도 효과적이어서 식품의 향, 조직 및 선택에의 열손상이 최소화되며, 또, 식품의 integrity를 변화시키지 않고 식품의 영양, 관능 및 기능성을 향상시킬 수 있다(Ragtogi & Raghavarao, 1997).

따라서 알로에와 같이 열에 민감한 물질의 농축에 적합하지만 그 동안 삼투건조의 기본 원리에 대한 이해의 부족이나 결과 부산물인 osmotic syrup의 관리에 대한 난점으로 관심을 끌지 못하였다(Garcia-Martinez et al., 2002; Romero Barranco et al., 2001). 특히, 삼투처리 후 사용된 삼투 시럽을 드물게 제품과 함께 판매하기도 하지만, 재사용하지 않고 그대로 폐기할 경우 비용의 증가 및 산업폐기물로서의 가능성이 있어 용액의 순환 및 재사용의 대안이 큰 문제점으로 대두되어 왔다(Garcia-Martinez et al., 2001; Romero Barranco et al., 2001). 하지만 물의 제거를 위한 에너지 소비가 열풍건조에 비해 매우 낮아 경제적이다. 시럽의 재농축시설을 갖춘 삼투탈수공정은 대류 건조에 비해 단위 장치 당 2~3배의 에너지 소비가 적다. 장치의 투자 비용은 역삼투막 농축법 등에 비해서는 더욱 저렴하다(Lenart & Lewicki, 1988).

따라서 최근에 와서는 삼투탈수가 식품의 건조기술로서 재인식되고 있으며(well-advanced yet progressing technology), 각종 채소, 과일 및 육류의 예비건조법으로 재검토되고 있는 바, 알로에에의 적용 검토 필요성은 충분하다.

국내에서는 Kim의 당근 및 감자(1989, 1990)의 삼투건조 연구, Yoon et al.(1997)의 방울토마토의 삼투건조연구가 있었고, Choi et al.(1997)에 의한 삼투탈수 공정의 고찰이 있었지만, 아직 국내외적으로 알로에의 삼투탈수 공정 검토에 대한 보고는 찾아볼 수 없다.

본 연구에서는 이상과 같은 사실을 고려하여 알로에의 효율적 농축을 목표로 수분 소실에 대한 삼투탈수 공정의 주요 변수인 삼투 용액의 종류와 농도, 침지 온도와 시간, 고형 시료의 크기(두께)와 형태 등에 따른 총 질량, 수분, 고형분의 변화를 검토하였으며, 이에 따른 물질 이동의 동력학적 특성을 분석하여 알로에의 새로운 농축 공정으로서의 가능성을 판단하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 알로에는 (주) K사의 제주농장에서 수확한 것으로, 신선한 알로에 생잎을 4°C의 저온실에 보존하면서 실험에 사용하였다. 완전히 성숙된 3년산의 신선한 알로에를 사용하였으며, 부착 토양 및 기타 부스러기를 제거하기 위해 물로 철저히 세척하였고, aloin을 제거한 후 잎의 껍질을 포함하거나 껍질을 제거한 후 두께 0.5~4 cm의 슬라이스로 절단하여 삼투탈수 시료로 하였다. 삼투탈수 전 시료의 평균 수분 함량은 습량 기준으로 약 99%이

었고, 삼투제는 glucose, anhydrous(Dae Jung Chemicals & Metals, Korea)를 사용하였다.

삼투 탈수 실험

삼투탈수는 밀폐된 유리제 용기를 온도조절 항온수조 내에 넣어 수행하였다. 알로에와 삼투용액의 비는 삼투처리 중 현저한 희석을 피하기 위해 1:5 w/v로 하였고, 무게를 달은 잎의 껍질을 포함하거나 제거한 aloe 슬라이스를 30~70% (w/v)의 삼투 용액을 포함한 용기에 넣었다. 용기를 일정온도(20~50°C)로 유지시킨 순환수조에 넣어 삼투처리하면서 알로에 슬라이스(0.5~4 cm)를 전체적으로 삼투용액을 침적시켰다. 각 시료 채취시간(0.5~6 hr)에 알로에 조각을 취하고 배수 후 가볍게 흡수 종이로 표면수를 제거한 후 칭량하였다.

수분 및 고형분 함량

시료의 평균 수분함량과 건조 고형분량은 70°C의 오븐에서 24시간 건조하여 결정하였으며, 삼투 당 용액의 농도는 당 농도를 측정하여 결정하였다. 각 실험에서 신선한 시료가 사용되었으며, 모든 실험은 3회 수행되었고, 평균값을 계산에 사용하였다.

삼투 탈수의 계산 및 동력학적 특성

삼투탈수하면서 주어진 시간 구간에서 시료를 각 용액으로부터 취하였고, 다음 식을 사용하여 무게감소(WR: weight reduction), 수분소실(WL), 고형분 획득(SG) 및 탈수지표값(dehydration regime)을 분석하였다(Le Marguer, 1988; 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_i 와 M_o 는 각각 초기 및 각 시간의 시료 무게(g), S_i 와 S_o 는 각각 시료에서 초기 및 임의 시간에서의 고형분의 질량(g)이다. 이 때, 각 시료의 수분함량은 70°C의 오븐에서 24시간 동안 건조하여 측정하였다.

한편, 물과 용질의 총괄 물질 전달 계수(K_w 와 K_s)는 서로 다른 기하학적 형태를 갖는 시료의 삼투탈수에 포함되는 물질 흐름의 확산분석에 기초하여, 침적시간의 제곱근에 대한 수분 손실 및 고형분 획득의 직선적 의존성을 적용한 NMC(normalized moisture content)와 NSC(normalized solid content)의 다음 관계로부터 구하였다(Lazarides et al.,

1994; Sereno et al., 2001).

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

$$\text{NSC} = 1 + K_s \theta^{0.5}$$

여기서 K_w 및 K_s 는 각각 수분 및 용질의 총괄 물질 이동 상수이고, θ 는 탈수 시간이다.

또, NMC는 규정화된 수분함량으로 초기 및 임의시간에서의 수분 함량비(M_o/M_i), NSC는 규정화된 고형분 함량으로 초기 및 임의시간에서의 고형분 함량비(S_o/S_i)에 의해 구하였다(Sereno et al., 2001).

정색반응

Polyhydroxy anthraquinone 복합체(aloin, aloe-emodin, isobarbaloin et al.)의 존재 유무를 판단하는 Borntrager 시험은 Aloe Lab. of Texas의 지침(1983)에 따라 시료 용액 5 mL에 5N KOH용액 0.2 mL를 넣고 잘 흔든 다음 적갈색의 전개유무로 판단하였다.

유효 다당의 측정

유효 다당류의 농도는 Ebarandu et al.(2005)이 glucomannan의 결정을 위해 개발한 빠르고 정량적인 Congo red 비색법에 따라 측정하였다. 즉 400 μ l의 시료를 1회용 유리 배양관에 옮기고, 각 관에 4 mL의 Congo red(sodium 4,4'-diphenyl-2,2'-diazo-bis-1-baphthalamino-4-sulfonate) 시약을 첨가하여 온화하게 vortexing하여 혼합하였다. 이 혼합물을 실온에서 20분간 방치한 후, 이의 흡광도를 540 nm에서 측정하였다.

결과 및 고찰

Aloe 삼투탈수의 동력학적 특성

삼투탈수 과정은 사용되는 삼투 용질의 물리 화학적 성질에 의해 영향을 받으므로 적정 용질의 선정이 중요하다(Rahman & Perera, 1999; Qui et al., 1998).

일반적으로 가장 널리 사용되는 삼투용질은 과일에서는 설탕이고 야채류, 어류 및 육류에서는 소금이지만(Lenart & Flink 1984a; Lenart & Flink, 1984b; Saurel et al., 1994; Sereno et al., 2001; Alves et al., 2005; Mandala et al., 2005), 본 실험에서는 삼투탈수 시 고형분의 획득에 의한 삼투 용질의 알로에 농축액으로의 혼입을 고려하여 알로에 성분으로 존재하는 glucose를 사용하였고, 이의 농도 및 침적시간에 따른 삼투탈수 농축의 효과를 검토하였다.

아울러, aloe의 삼투 처리 시에 전처리로서 잎의 껍질 벗김 여부는 장치설계 및 공정의 중요 변수가 될 수 있으므로 두 시료를 비교하면서 실험하였다. 즉, 잎의 껍질을 벗기지 않은 알로에(not-fileted aloe) 및 껍질을 벗긴 알로에(fileted aloe)의 슬라이스(0.5 cm)를 시료로 서로 다른 농도

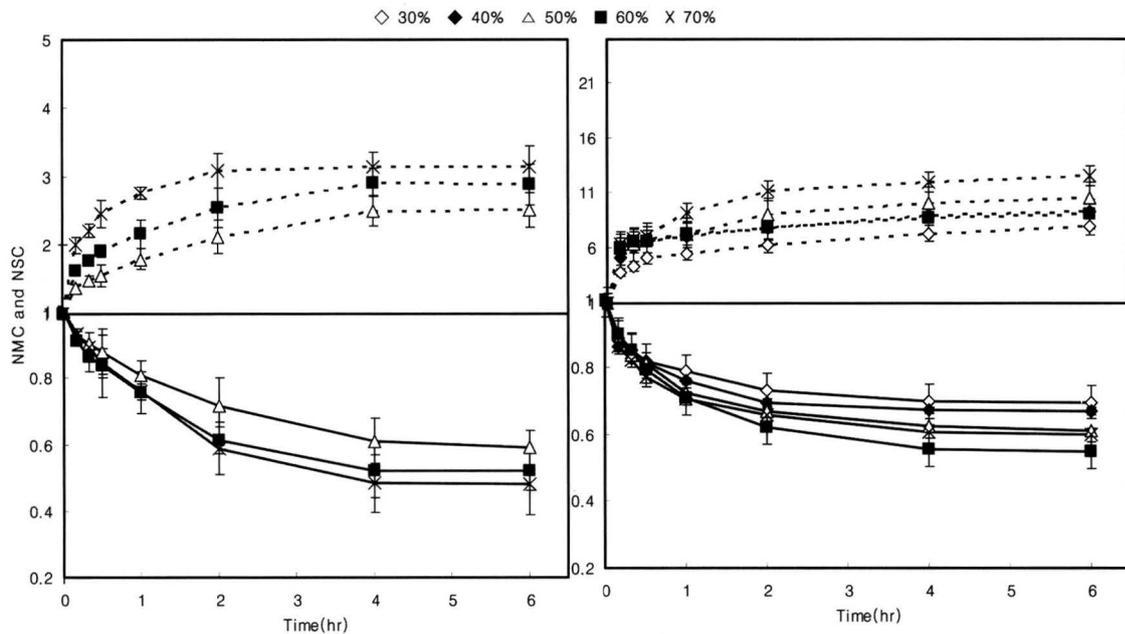


Fig. 1. Normalized moisture and solids content of not-filed (left) and filed (right) aloes during osmotic dehydration in different concentrations of glucose solution at room temperature.

---- Normalized solid content (NSC), — Normalized moisture content (NMC)

의 glucose (30~70%, w/v) 용액을 사용하여 실온에서 6시간 동안 삼투탈수 처리하면서 적정시간 간격으로 고형분 획득(SG) 및 수분 소실(WL)의 경시변화를 조사하였다. 그 결과는 동력학적 변수 계산을 위해 규정화된 수분함량(NMC) 및 고형분 함량(NSC)으로 변환하였고, Fig. 1과 같다.

Not-filed aloe의 경우, 50~70%(w/v)의 glucose 용액에서 NMC는 농도에 상관없이 탈수 초기 2시간에 비교적 빠르게 감소하였고, 이후 더 낮은 속도로 서서히 감소하여 4시간 이후에는 거의 평형에 도달하였다. 이 때, NMC 값은 약 0.48~0.61로 삼투탈수 4시간 이후 초기 수분함량은 대략 39~52%까지 감소하는 탈수효과를 보였으며, 그 효과는 glucose 농도의 증가에 따라 커졌다.

NSC의 경우도 1시간까지 급격히 증가한 후 약 2~3시간 이후에 거의 평형값에 도달하였으며, 그 값은 2.12~3.08로 역시 농도 증가에 따라 증가하여 고형분 함량이 8~11%까지 증가함을 보였다. 따라서 당 용액의 농도 증가에 따라 수분소실(WL)의 증가와 더불어 고형분 획득(SG) 역시 증가하는 일반적 경향과 잘 일치하였다.

Filed aloe의 경우도 not-filed aloe와 마찬가지로, 초기 1시간까지 빠르게 NMC 값이 감소한 후 서서히 감소하여 4시간 이후 거의 평형 값에 도달하였으며, 그 값은 약 0.70~0.55로 약 30~45%의 탈수효과를 보였다. 또 glucose 농도 30~60%에서 농도가 증가할수록 삼투 전 기간을 통해 NMC 값의 감소, 즉 수분소실이 증가하여 더 높은 농도에서 더 높은 탈수효과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

그러나 not-filed aloe 보다는 탈수효과가 다소 낮았으며, 포도당 농도가 70%인 경우는 오히려 감소하였다. 이는 알로에 슬라이스의 껍질이 지지체 역할을 하여 세포손상이 더 적었기 때문이라 생각된다. NSC값도 2시간 기준에서 약 7.3에서 12까지 증가하여 고형분의 증가가 not-filed aloe인 경우보다 훨씬 더 증가하는 경향을 보였다.

한편, Fig. 2는 NMC와 시간의 제곱근에 대한 관계를 도시한 결과로, 시료에 상관없이 기울기가 서로 다른 두 개의 직선관계를 보였다. 즉, not-filed aloe의 경우, glucose 농도에 상관없이 약 $2 \text{ hr}^{0.5}$ 를 전후로 기울기가 다른 두 개의 직선을 보였는데, 그 기울기 값은 물의 이동계수 값으로 50%에서는 $2 \text{ hr}^{0.5}$ 이전에서의 기울기 값(kw_1)이 $0.207 \text{ hr}^{0.5}$ 이었으나 농도증가에 따라 증가하여 60 및 70%에서는 각각 약 0.255 및 $0.269 \text{ hr}^{0.5}$ 로 다소 증가하였다. 반면, $2 \text{ hr}^{0.5}$ 이후의 기울기 값(kw_2)은 glucose 농도에 상관없이 $0.042 \sim 0.002 \text{ hr}^{0.5}$ 로 거의 물의 이동이 없고 탈수효과를 나타내지 않았다. 또, 대체로 기울기가 변하는 변곡점의 시간은 삼투용액의 농도가 증가할수록 단축되는 경향을 보여서 농도가 높아질수록 초기의 탈수 속도가 커지는 것으로 나타났다.

또, Fig. 2에서 역시 볼 수 있는 바와 같이, NSC와 시간의 제곱근에 대한 결과에서도 NMC와 마찬가지로의 경향을 보여 초기 $1.5 \sim 2 \text{ hr}^{0.5}$ 이내에 용질이 대부분 이동되고($ks_1 = 0.719 \sim 1.063 \text{ hr}^{0.5}$), 그 이후는 거의 평형에 다다른 것으로 보였다($ks_2 = 0.022 \sim 0.087 \text{ hr}^{0.5}$).

이는 탈수 및 고형분(용질) 획득이 초기 $2 \text{ hr}^{0.5}$ 이내에

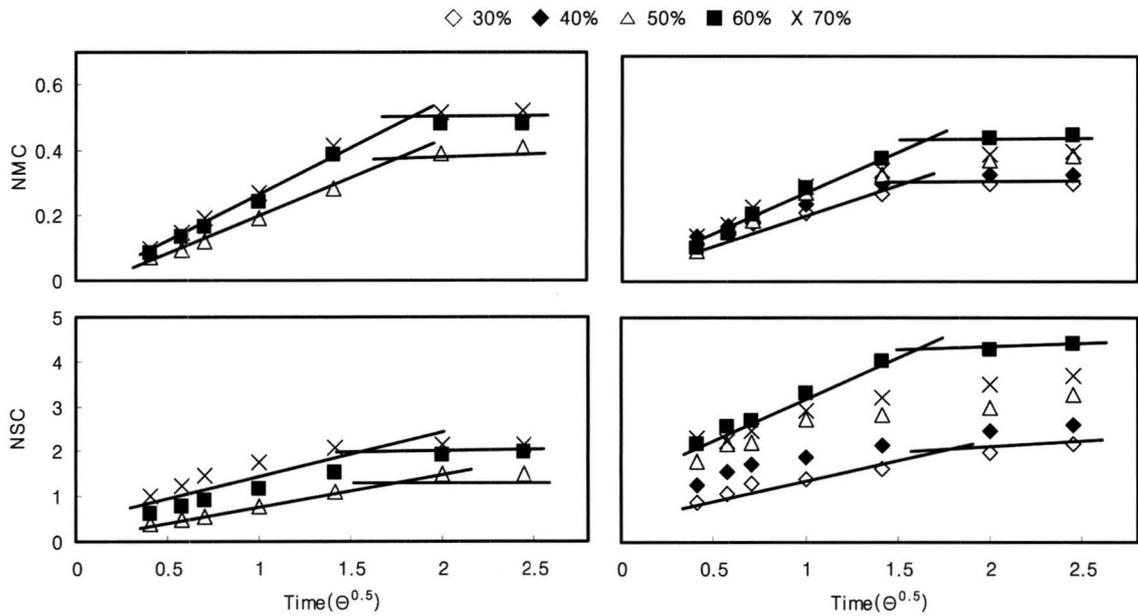


Fig. 2. Relationship between normalized moisture and solids content from not-filed (left) and filed (right) aloe and square root of contacting time during osmotic dehydration in different concentrations of glucose solution at room temperature.

급격히 이루어짐을 보여주는 것으로 따라서 삼투 탈수시간은 4시간 정도가 적합한 것으로 판단하였다.

반면, filed aloe의 경우는 not-filed의 경우와 거의 유사한 경향을 보였으나 탈수시간이 짧아졌고, 또, 두 시료에 대한 물의 이동계수 값은 서로 비슷함에도 불구하고 용질이동계수값은 filed aloe가 not-filed aloe의 경우보다 매우 컸다. 아마도 이는 알로에 껍질이 지지체로 작용하여 세포막의 변형을 적게 하였기 때문이라 생각된다. 이와 같이 not-filed 경우가 더 적은 고형분 획득하에서 비슷한 탈수효과를 얻을 수 있음을 보여, filed aloe와는 차이를 보였으므로 이하에서는 이러한 차이를 밝히고자 하였다.

WL과 SG 관계의 검토

대부분의 삼투탈수 응용에서는 수분소실(WL)을 최대화하고, 고형분 함량의 증가(SG)가 최소로 하는 것이 크게 바람직하며, 특히, WL/SG 비는 삼투탈수 공정에서 이러한 목표 달성의 정도를 나타낼 수 있는 양호한 지표가 된다 (Lazarides et al., 1995).

따라서 filed 및 not-filed aloe의 동력학적 특성차이를 규명하기 위해 서로 다른 glucose 농도하에서 not-filed 및 filed aloe의 슬라이스(0.5 cm)를 20°C로 4시간 삼투 처리한 다음, WL과 SG의 관계를 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 3과 같다.

모든 농도 조합에서 수분소실과 고형분 증가는 삼투처리를 통해 서로 단일(not-filed) 또는 두 개(filed)의 선형적인 증가를 보였다. 즉, 수분 소실은 고형분 증가와 병행하여 진행함을 보였고, 기울기 값이 1보다 커서 수분의 제

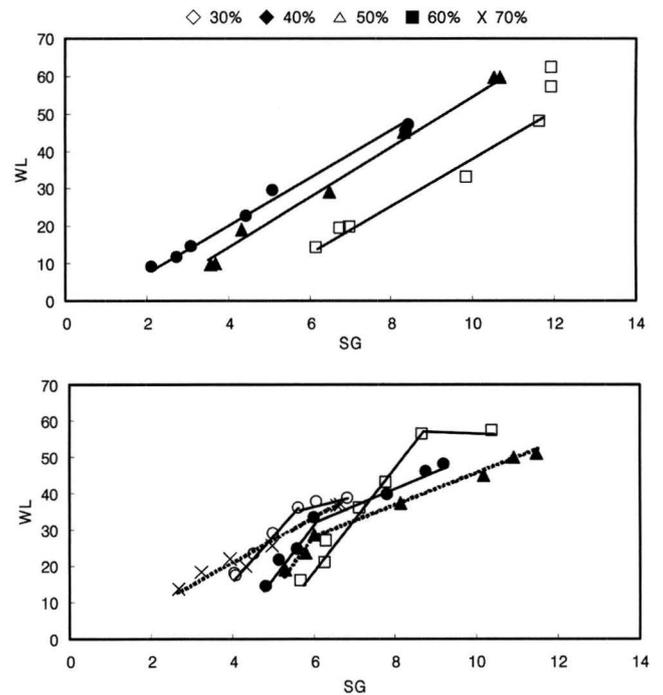


Fig. 3. Relationship between water loss (WL) and solid gain (SG) of not-filed (top) and filed (bottom) aloe in different concentrations of glucose solution at room temperature.

거속도가 삼투제인 용질의 침투속도보다 더 높음을 보였으며, 이는 다른 연구자들의 결과와 잘 일치한다(Lazarides et al., 1995; Lenart & Lewicki, 1988). 하지만 filed aloe에 인 경우는 SG 값이 어느 이상이 되면 기울기 값이 크게 낮아져서 더 이상 탈수되지 않고 고형분 획득만 증가하는

특징을 보였다. 따라서 fileted aloe의 경우, 어느 시간점 이상에서 높은 탈수 속도를 유지하는 방법이 강구되지 않는 한 오랜 시간(2~3시간)의 산업공정을 유지할 필요가 없는 것으로 생각되었으며, 이는 Fig. 2의 결과와도 잘 일치한다.

또, 두 전달과정의 WL과 SG의 기울기 값으로 구한 WL/SG 비는 not-fileted 및 fileted aloe에서 각각 6.16~8.81 및 5.46~10.39로 농도에 따라 다소 차이를 보였으며, fileted aloe에서는 농도변화에 따른 WL/SG 비 값의 차이가 커서 더 큰 농도의존성을 나타내었다.

Rauolt-Wack(1991)에 의하면 WL/SG 비는 탈수 지표(dehydrated regime)로, 1보다 큰 값은 고형분 획득보다 물 제거가 더 우세함을 지적한다. 따라서 물의 제거효율은 WL/SG 비, 즉 Fig. 3의 직선 기울기의 가파르기가 클수록 유리하다고 볼 수 있다.

이상으로부터 수분소실과 당 흡수는 항상 WL의 속도가 SG보다 더 크게 병행 양상으로 일어나며, WL/SG 비는 시료 형태나 당 용액의 농도에 따라 정량화되어 최소 고형분 흡수를 갖는 강력한 물 제거의 측면에서 공정 효율의 지표로 볼 수 있음을 확인할 수 있었다.

특히, 이 WL/SG 값은 삼투용질의 종류, 용액농도, 온도, 시료 두께, 공정의 기간 등에 의존하므로 이하에서는 이들 WL/SG비 값을 지표로 fileting 여부, 농도, 온도 및 시료 두께의 영향을 조사, 검토하였다.

Fileting 여부에 따른 glucose 농도의 영향

일반적으로 평형 수준까지의 물 소실속도는 삼투 용질의 증가에 따라 증가한다(Biswal et al., 1991; Marcotte & Le Maguer, 1991).

따라서 20°C에서 삼투 탈수한 not-fileted 및 fileted aloe 슬라이스(0.5 cm) 시료에 대해 glucose 농도에 따른 WL/SG 비 및 수분소실(%)의 변화를 살펴보았으며, 그 결과는 Fig. 4와 같다.

두 시료 모두 glucose 농도 60%까지는 농도 증가에 따라 물의 소실율이 증가하였으나 농도 70%에서는 오히려 60% 수준을 유지하거나 다소 감소하였다. 이는 어느 한계 이상의 더 높은 당 농도의 경우에 대량의 당 흡수가 시료-용액 경막에 축적되기 때문인 것으로 보인다. 또, WL/SG 비는 고농도 당 용액(not-filetd의 경우 70% 또는 filedted의 경우 60 및 70%)에서 오히려 감소하였다. 특히, fileted 시료의 경우는 60 또는 70% 용질 농도에서 더 빠른 수분 소실에도 불구하고 WL/SG 비가 감소하였는데, 이는 고형분 획득의 심각한 손실이 있음을 지적한다. 아마도 이는 높은 삼투압으로 세포조직의 변형을 일으키기 때문이라 생각된다. 따라서 용질의 농도가 너무 높을 경우, 껍질을 벗긴 알로에는 세포막의 변형으로 인해 WL/SG 비가 크게 감소를 하게 되지만, 껍질을 벗기지 않은 알로에는 껍질이 세포막에 대해 어느 정도의 보호 효과를 가져와 껍질을 벗

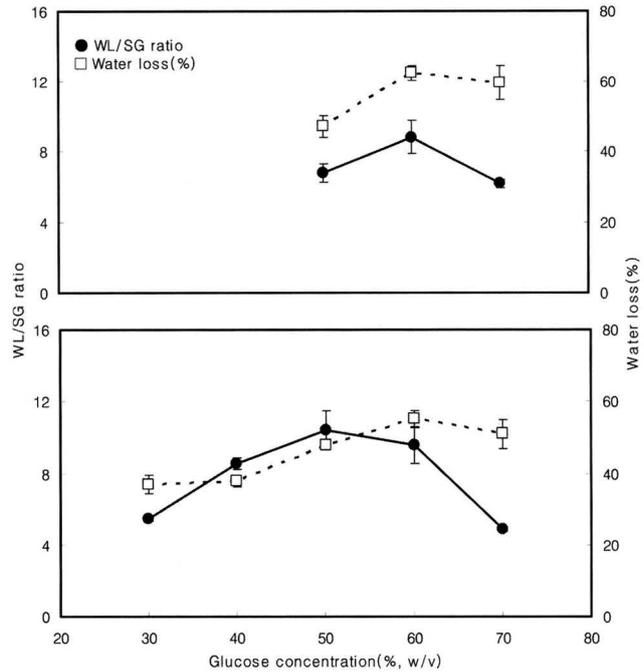


Fig. 4. Effect of glucose concentration on WL/SG ratio and water loss (WL) of not-fileted (top) and fileted (bottom) aloes during osmotic treatment at room temperature.

긴 알로에에 비해 감소가 적게 일어난 것으로 보인다.

이러한 결과들로부터 수분 탈수 및 세포막 손상 관점으로 보면 껍질을 벗기지 않은 알로에가 적합하나 적정 공정 농도에서 WL/SG 비를 고려하였을 때는 껍질을 벗긴 알로에가 적합하다고 판단하였고, 그 중에서도 glucose 50(w/v)%에서 WL/SG 비가 10.39로 가장 높기 때문에 삼투탈수 공정에 더 적합하다고 판단하였다. 그러나 fileted 시료에서의 최대 WL/SG 비(=10.39)가 not-fileted 시료의 최대 WL/SG 비(=8.81)보다 다소 높은 편이었음에도 불구하고 탈수 정도는 각각 약 48% 및 약 62%로 fileted aloe가 훨씬 더 낮았으므로 어느 시료가 더 적정한가에 대해서는 바라는 탈수 정도, 공정시간 및 작업 공정상의 간편성 측면을 고려하여 선택하는 것이 바람직하다고 생각되었다.

결론적으로 WL/SG 비에 근거하면 알로에의 삼투처리시 glucose의 농도와 삼투처리시간은 fileted인 경우는 각각 50% 및 2~3시간, not-fileted인 경우는 60% 및 3~4시간 정도가 적합한 것으로 판단되었다.

시료 두께의 영향

삼투농축의 거동은 단위부피 또는 질량당의 표면적 변화 및 물질 전달에 포함되는 물과 용질의 확산거리 때문에 시료 조각의 형태에 의존한다. Leric et al.(1985)은 신선한 과일의 경우, 같은 조작 조건에서도 서로 다른 크기와 형태를 갖게 되면 매우 다른 특성을 갖는 최종 제품이 될 수도 있다고 하였다.

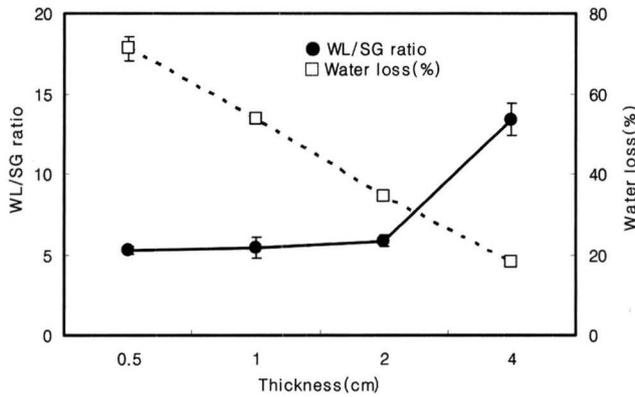


Fig. 5. Effect of thickness on WL/SG ratio and water loss (WL) of not-fileted aloe during osmotic treatment in 50% glucose concentration at room temperature.

Contreras와 Smyrl(1981)은 사과 슬라이스 두께가 10 mm에서 5 mm로 감소했을 때, 질량소실이 약 1.3배 더 높았다고 보고하였다. Lerici et al.(1985)도 용질 증가는 표면적/ 두께비가 증가하는 반면, 수분소실은 최대로 된 다음 감소한다고 하였으며, 수분 소실에 있어 이러한 감소는 아마도 표면에서 높은 고형분 획득에 의해 일어나는 확산의 감소 및 지속적인 용질 층의 형성에 기인한다고 하였다.

이러한 점에 착안하여 두께 조절이 용이한 껍질을 벗기지 않은 알로에의 두께를 각각 0.5, 1, 2 및 4 cm로 다르게 하여 앞서 최적의 농도로 확인된 glucose 60%(w/v) 용액에서 삼투 처리하고 두께에 따른 WL/SG 비 및 수분소실(WL)의 변화를 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 5와 같다.

그림에서 보는 바와 같이, 두께 4 cm에서 WL/SG 비는 13.38로 가장 높았고, 그 이하 두께에서는 두께에 따른 큰 차이 없이 훨씬 더 낮은 5.25~5.87 범위의 WL/SG 비 값을 나타내었다. 반면, 수분 손실은 두께에 반비례하여 0.5 cm에서는 71.23%이었으나 4 cm에서는 18.35%에 불과하였다. 따라서 WL/SG 비가 수분 탈수 효율을 알아보기 위한 가장 좋은 지표임에도 불구하고(Lazarides et al., 1995; Sereno et al., 2001), 수분소실(WL%)을 함께 고려할 필요가 있음을 보였다. 따라서 4 cm에서는 바라는 높은 수분소실을 달성할 수 없어 높은 WL/SG 비가 최적의 조건이 아님을 확인할 수 있었다.

결국, 본 연구에서와 같이, 최소 고형분 획득하에서 빠르고 강력한 수분 소실에 적합한 공정조건의 선정이 목적일 때는 WL/SG 비와 더불어 수분소실(WL%)을 함께 고려하여야 한다. 본 실험의 경우 이를 고려하면, 2 cm인 경우는 수분손실이 낮았으므로 60%의 수분손실을 얻기 위해서는 1 cm의 두께가 적합한 것으로 판단되었다. 따라서 이하에서는 슬라이스의 두께를 1 cm로 하여 실험하였다.

온도의 영향

삼투 속도는 온도에 의해 현저하게 영향을 받으므로 온

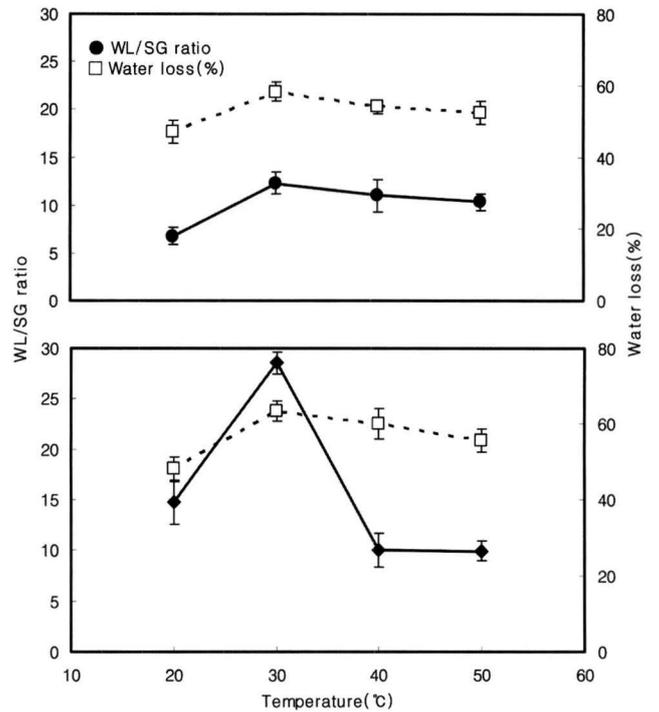


Fig. 6. Effect of temperature on WL/SG ratio and water loss (WL) of not-fileted (top) and fileted (bottom) aloes during osmotic treatment in 50% glucose concentration.

도는 수분손실과 용질 증가의 동력학에 영향을 주는 가장 중요한 매개변수이다(Beristain et al., 1990).

따라서 일정 glucose 농도(50%, w/v)의 삼투 용액에서 껍질을 벗긴(fileted) 알로에 및 glucose 농도(60%, w/v)하의 껍질을 벗기지 않은(not-fileted) 알로에의 슬라이스(두께 =1 cm) 시료의 WL/SG 비 및 수분소실에 대한 온도(20~50 °C)의 효과를 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 6과 같다.

Fileted aloe의 경우, 삼투처리 중 WL/SG 비는 30°C에서 28.56으로 가장 높았고, 20, 40 및 50°C에서는 이 보다 현저하게 낮았다. 가장 낮은 값을 보인 40 또는 50°C와 가장 높은 값을 나타낸 30°C의 값 차이는 약 3배나 되어 공정 조건에 의존하여 물 제거 효율(최소 당흡수를 갖는 물 제거)에서 아주 큰 차이가 있음을 보였다. 반면, not-fileted aloe의 경우는 WL/SG 비가 4.85~6.44로 온도 변화에 큰 차이는 없었으나 역시 30°C에서 가장 높았다.

Fileted aloe의 경우 WL/SG 비가 온도에 따라 크게 변한 것은 고온에서의 더 높은 고형분 흡수와 관계되는 것으로 보인다. 즉, 그림에서 보는 바와 같이, 고온에서(40~50°C) 더 큰 수분의 소실은 없었다. 하지만 별도 자료로 나타내지는 않았으나 온도 증가로 고형분 획득은 고온에서 훨씬 더 높았고, 따라서 상대적으로 WL/SG 비가 크게 감소한 것으로 보인다. 결국, 20°C에서는 낮은 수분의 소실 때문에, 그리고 40°C 이상에서의 WL/SG비의 감소는 아마도 세포막 투과성의 변화에 다른 더 높은 고형분 획득에 기인

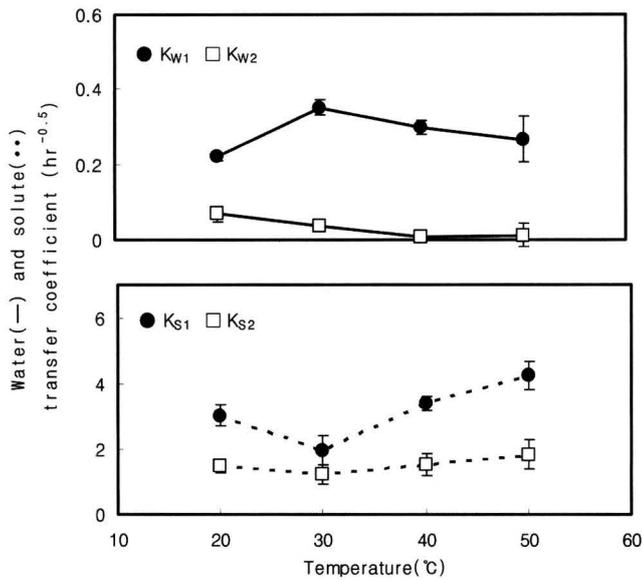


Fig. 7. Overall mass transfer coefficients of fileted aloe during osmotic dehydration in 50% glucose solution at different temperatures.

하는 것으로 생각된다. Saurel et al.(1994)도 침지 용액의 효율은 적당한 온도에서 그들의 삼투 능력에 의해 측정할 수 있지만 온도가 너무 높을 경우, 세포막의 구조적 변화가 야기되어 선택적 투과 능력을 잃어버리게 된다고 하였다. 수분탈수가 일어나는 동안 높은 온도 및 긴 공정시간은 자발적인 용질 침투를 증가시키며, 이러한 온도 특이적 영향은 용질의 확산 및 세포막의 선택적 투과손실을 가져오며, 이에 따라 세포 안으로 많은 용질 침투 현상을 가져오게 한다(Toupin et al., 1989). 따라서 이러한 현상에 의해 급격하게 증가하는 용질 침투 현상은 세포막에 장벽을 형성하여 오히려 수분 탈수를 감소시키는 것으로 생각된다.

한편, Fig. 7은 NMC 및 NSC와 침적시간의 제곱근에 대한 결과(data not shown)로부터 수분 및 용질의 총괄 물질 이동 계수 값을 구하고, 온도에 대해 도식한 결과이다.

대부분의 물질이동이 일어나는 초기의 수분 및 용질의 총괄 물질 이동 계수(k_{w1} 및 k_{s1})는 30°C 이하의 온도범위에서는 k_{w1} 이 증가하는 반면, k_{s1} 은 감소하여 수분 소실은 온도증가에 따라 증가하는 반면, 용질의 증가는 상대적으로 온도에 덜 영향을 받는다고 한 Beristain et al.(1990)의 보고와 비교적 일치하였다. 하지만 30°C 보다 높은 고온측에서는 반대의 경향을 나타내어 최적 온도가 존재함을 보였고, 따라서 30°C에서 각각 최대 및 최소값을 보여 최적 온도임을 보였는데, 이는 WL/SG 비의 결과와 잘 일치하였다.

온도의존성에 대한 보다 정량적인 해석을 위해 온도에 따른 삼투 초기의 k_{w1} 및 k_{s1} 에 대해 Arrhenius plot을 하였으며, 그 결과는 Fig. 8과 같다.

k_{w1} 및 k_{s1} 은 둘 다 30°C를 중심으로 서로 다른 반대의

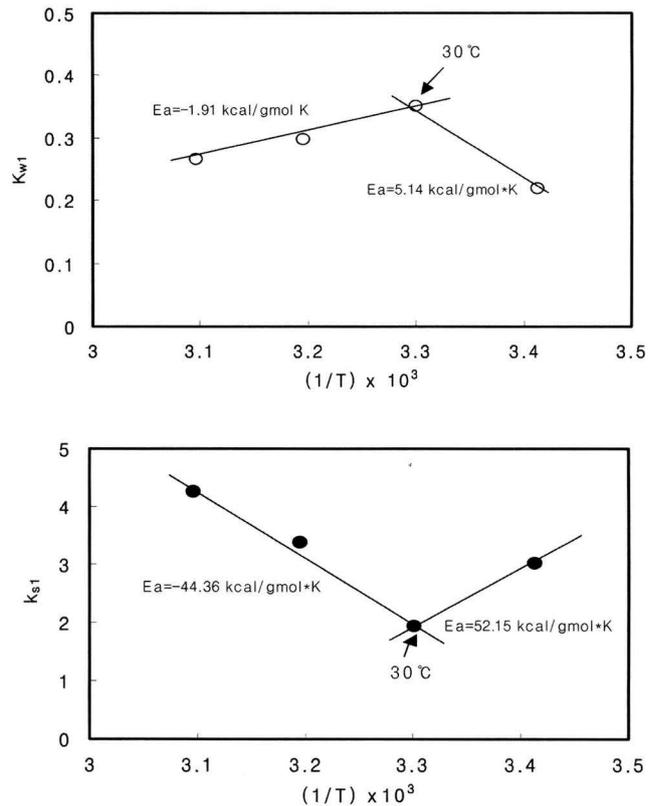


Fig. 8. An Arrhenius plot of overall water (K_{w1}) and solute (k_{s1}) transfer coefficients.

직선관계를 나타내었다. 이는 물질 이동의 기작이 변화됨을 의미하며, 따라서 수분 이동의 경우 30°C 이하의 온도 범위에서는 수분이동이 온도 상승에 따라 증가하지만 30°C 이상에서는 수분이동이 감소함을 나타내었다. 반면, 용질의 경우는 수분이동과는 반대의 경향을 나타냄을 알 수 있다. 각 기물기로부터 활성화 에너지를 구한 결과, 30°C 이하의 온도범위에서는 5.14 kcal/gmol·K이었고, 이 이상의 온도범위에서는 1.91 kcal/gmol·K로 수분이동은 고온측보다 저온측에서 온도변화에 더 민감함을 알 수 있었다. 또 용질의 경우는 수분이동과는 반대의 경향을 나타내어 30°C 전후에서 활성화 에너지 값은 44.36~52.15 kcal/gmol·K나 되어 수분 이동의 활성화 에너지보다 매우 높았고, 따라서 30°C를 전후로 수분 이동에 비해 매우 높은 온도 의존성을 나타냄을 알 수 있었다. 이상으로부터 앞서 실험한 20°C 보다도 30°C가 알로에 특히, fileted aloe의 삼투처리에 더 적합한 온도로 판단하였다.

삼투처리 알로에의 품질 평가

알로에 베라의 유효성분은 지금까지 200여종이 알려져 있으나 제조 가공 상 중요 성분은 anthraquinone류와 다당류이다(Quian et al., 2005; Lachenmeier et al., 2005; Esua & Rauwald, 2006).

알로에의 anthraquinone류 성분은 녹색의 두터운 외피

바로 밑에 위치한 유관속의 유 세포에 존재하는 노란색의 액즙(sap)으로, aloin, isobarbaloin 및 aloe-emodin 등이 주이다. 이들은 인체의 복부 경련 등 부작용을 나타내는 하제작용이 강하고, 또 anthraquinone류의 농도에 따라 제품을 적색-갈색-흑색으로 변색시키므로 알로에의 외용 및 내복용 모두에 바람직하지 못한 성분이다(Lachenmeier et al., 2005). 그러므로 가공 중 반드시 제거되어야 하는 성분지표인데, 이들 알로인과 같은 negative 성분의 잔존 수준은 최소 5 ppm 이하로 하는 것이 우수한 알로에 제품의 품질 요건이다.

반면, 알로에 다당류는 3가지 형태가 있지만 주 생물활성 물질로서의 다당은 알로에 베라 유세포의 원형질 내에 위치해 있는 저장 다당류인 glucomannan이다(Femenia et al., 1999). 이 다당은 β -1,4 결합 mannosyl 잔기에 의해 구성된 선형 고분자로 C2 또는 C3가 acetyl화 되어 있고, galactose에 의해 형성된 몇몇 가지 사슬이 C6에 부착되어 있다(Manna & McAnalley, 1993). 특히, 다당의 수준이 중요하여 알로에 기능성 식품의 품질규격으로 정해져 있는데, 이는 이들 다당이 일반적 품질 및 치료적 성질의 지표로서 과잉의 열이나 가공 시간 및 세균 오염 등 가혹한 또는 불량한 공정에 의해 단순당으로 분해되어 다당의 생물활성을 잃어버리게 되기 때문이다. 결국, 낮은 다당류 수준은 알로에 제품이 가혹하게(harshly) 조작되었음을 의미한다. 통상, 다당류의 함량은 생의학적 활성성분으로 유효농도 이상의 함량(650 mg/L)을 유지하도록 하며, 분자크기를 크게 높일 수 있는 수준(50,000~2,000,000 dalton)으로 향상시킨 제품을 얻는 것이 매우 중요하다.

따라서 본 실험을 통해 최적 조건하에서 얻어진 삼투탈수 알로에의 anthraquinone 류에 대한 정색 반응과 유효 다당인 glucomannan의 함량을 정량하고 fresh aloe gel 및 상품화된 알로에 동결건조 제품과 비교하였다.

별도로 자료화하지는 않았으나 Bortrager 시험에 의한 조사 결과, 본 삼투 탈수 알로에 제품은 시판용의 aloin free aloe와 마찬가지로 거의 정색반응을 보이지 않았다. 이는 전처리에 의해 알로인을 미리 제거하였기 때문이며, 현재 알로에의 aloin 함량은 5 ppm 미만이다. European Council(1988)에서는 알로에 베라 제품 중 최대 0.1 mg/L를 초과하지 않을 경우에 aloin-free로 취급하고 있다.

한편, Fig. 9는 삼투처리 알로에 시료의 Congo red 비색 반응으로 540 nm에서의 흡광도로 나타낸 다당 함량의 측정 결과이다.

그림에서 보는 바와 같이, fresh aloe 및 이의 동결 건조 제품(FD 1%, w/v)에서 각각 0.331 ± 0.05 및 0.449 ± 0.02 이었다. 반면, 삼투 탈수 제품 DIS(Glucose)는 1.185 ± 0.06 으로 이들보다 약 2.5~3.6배나 높았다.

알로에 다당 표준품을 시료로 하여 Congo red법으로 작성한 표준곡선에 의해 540 nm에서의 흡광도를 다당 함량

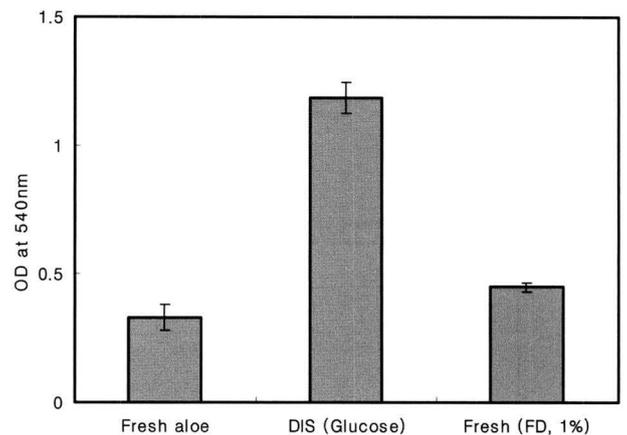


Fig. 9. Polysaccharide contents of fresh aloe, freeze dried aloe and osmotic dehydrated (DIS) aloe.

으로 환산하면 fresh aloe의 유효 다당 함량은 817.5 ± 49.1 mg/L이다. 또, 1%(w/w) fresh aloe의 동결건조 제품은 1112.5 ± 49.6 mg/L이었으며, 가장 높은 흡광도 값을 나타낸 DIS(Glucose)의 경우는 2952 ± 134 mg/L에 달하였다. 이 값은 통상 생의학적 활성성분으로서 다당의 유효농도가 650 mg/L 이상임을 고려하면 fresh aloe의 경우도 이의 약 1.3배 함량이며, DIS(Glucose)의 경우는 약 4.5배나 되는 높은 함량이다. 따라서 DIS 공정은 증발농축법의 결점을 극복할 수 있는 알로에의 유효 다당 함량의 향상을 위한 효율적인 농축법인 것으로 판단하였으며, 차후 검토의 필요성이 매우 높다고 생각되었다.

결론

가공 중 실활이 현저한 *Aloe vera*의 신선도를 유지하는 고농도 농축공정 개발 연구의 일환으로 삼투탈수 공정(Osmotic dehydration 또는 DIS; Dewatering Impregnation Soaking Process)을 동력학적 관점에서 조사, 분석하였다. 삼투 실험은 삼투 용질로 glucose 용액을 사용하여 여러 농도와 처리 시간, 시료 형태(fileted or not-fileted), 두께 및 온도 등을 변수로 하여 수행하였다.

그 결과, WL/SG 비와 WL이 알로에 DIS 공정의 주요 지표로 나타났다. 삼투용액과 시료의 비 5:1(w:v)에서 수분탈수 및 세포막 손상 관점으로 보면 껍질을 벗기지 않은 알로에가 적합하였으나 WL/SG 비를 고려하였을 때는 껍질을 벗긴 알로에가 더 적합한 것으로 나타났다.

껍질을 벗긴 알로에의 경우 용질은 50% glucose 용액에서 높은 수분손실(WL60%)과 낮은 용질 획득(SG6%)으로 높은 WL/SG 비(10)가 가능하였다. 처리온도는 30°C가 최적이었으며, 두께는 1 cm가 적합하였으며, 처리 시간은 2~3시간이었다. 최적 조건하의 삼투 탈수 알로에는 aloin의 음성반응을 나타내었고, 생의학적 지표가 되는 유효 다당 함

량이 2952 ± 134 mg/L로 표준 조제법으로 조제한 fresh aloe (817.5 ± 49.1 mg/L)보다 높았으며, 통상 상업용 알로에의 우수한 다당 함량 수준(650 mg/L 이상)보다 약 4.5배 까지 높았다. 따라서 DIS가 유효 다당 함량을 유지할 수 있는 알로에 농축의 매우 효과적인 대체 공정인 것으로 판단하였다.

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*, 22-4.
- Aloe Lab. of Texas. 1983. Test for identity of polyhydroxy anthraquinone complexes in Aloe vera liquid.
- Alves DG, Barbosa Jr JL, Antonio GC, Murr FEX. 2004. Osmotic dehydration of acerola fruit (*Malpighia punicifolia* L.). *Journal of Food Engineering*, 68(1): 99-103
- Alzamora SM, Gerschenson LN, Vidales S, Nieto A. 1997. Structural changes in the minimal processing of fruits: Some effects of blanching and sugar impregnation. In P. Fito, Ortega-Rodriguez E, Barbosa-Canovas GV(eds). *Food Engineering 2000* (pp.117-140), Chapman & Hall, New York
- Azoubel PM, Murr FEX. 2004. Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *Journal of Food Engineering*, 61: 291-295
- Beristain CI, Azuara E, Cortes R, Garcia HS. 1990. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. *International Journal of Food Science and Technology*, 25: 576-582
- Biswal RN, Bozorgmehr K, Tompkins FD, Liu X, 1991. Osmotic concentration of green beans prior to freezing. *Journal of Food Science*, 56(4): 1008-1012
- Bozzi A, Perrin C, Austin S, Arce Vera F. 2007. Quality and authenticity of commercial aloe vera gel powders. *Food Chemistry* 103: 22-30.
- Choi DW, Shin HH, Choi HT. 1997. Study on dewatering and impregnation soaking process. *Korean Journal of Food and Nutrition*, 10: 462-467
- Contreras JM, Smyrl TG. 1988. An evaluation of osmotic concentration of apple rings using corn syrup solids solutions. *Canadian Institute of Food Science and Technology*, 14: 301-314
- 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. *Journal of AOAC International*, 88(3): 684-691
- Esua MF, Rauwald JW. 2006. Novel bioactive maloyl glucans from Aloe vera gel: Isolation, structure elucidation and in vitro bioassays. *Carbohydrate Research* 341: 355-364
- European Council. 1988. Council directive (EEC) No. 88/388 on the approximation of the laws of the member states relating to flavorings for use in foodstuffs and to source materials for their production. *Off. J.Europ. Comm. L184*: 61-66
- Femenia A, Sanchez ES, Simal S, Rossello C. 1999. Compositional features of polysaccharides from aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) plant tissues. *Carbohydrate Polymers*, 39: 109-117
- Femenia A, Garcia-Pascual P, Simal S, Rossello C. 2003. Effects of heat treatment and dehydration on bioactive polysaccharide acemannan and cell wall polymers from *Aloe barbadensis* Miller. *Carbohydrate Polymers*, 51: 397-405
- Forni E, Torreggiani D, Crevelli G, Mastrelli A, Bertolo G, Santelli, F. 1987. Influence of osmosis time on the quality of dehydrofrozen kiwifruit. *Acta Horticulturae*, 282: 425-433
- Garcia-Martinez, E, Martinez-Monzo, J, Chamacho, MM, Martinez-Navarrete, N. 2002. Characterization of reused osmotic solution as ingredient in new product formulation. *Food Research International*, 35: 307-313
- Grindlay D, Reynolds T. 1986. The aloe vera phenomena: a review of the properties and uses of the leaf parenchyma gel. *Journal of Ethnopharmacology*, 16: 117-151
- Kim MH. 1989. Mass transfer during osmotic dehydration of carrots and its effect on browning reaction. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 21(2): 307-312
- Kim MH. 1989. Mass transfer and optimum processing conditions for osmotic concentration of potatoes prior to air dehydration. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 22(5): 497-502
- 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. *Journal of Food Engineering*, 25: 151-166
- Le Maguer M. 1988. Osmotic dehydration: review and future directions, In: *Proceedings of symposium on Progress in Food Preservation Processes*, Brussels, Ceria, p. 283-309
- 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. Spacial distribution of the osmotic agent. *J. Food Technol.*, 19: 65-89
- Lenart A, Lewicki PP. 1988. Energy consumption during osmotic and convective drying of plant tissue. *Acta Alimentaria Polonica*, XIV(1): 65-72
- Lerici CR, Pinnavia TG, Dalla Rosa M, Bartolucci L. 1985. Osmotic dehydration of fruit: influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. *Journal of Food Science*, 50: 1217-1219
- McAnalley BH. 1993. Process for preparation of aloe products. *European Patent WO89/06539*
- Mandala IG, Anagnostaras EF, Oikonomou CK. 2005. Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. *Journal of Food Engineering*, 69: 307-316
- Manna S, McAnalley BH. 1993. Determination of the position of the O-acetyl group in a β -(1-4)-mannan(acemannan) from *Aloe barbadensis* Miller. *Carbohydr. Res.*, 241: 317-319
- Marcotte M, LeMaguer M. 1991. Repartition of water in plant tissue subjected to osmotic processes. *J. Food Process Eng.*, 13: 297-320

- Mauro MA, Menegalli FC. 2003. Evaluation of water and sucrose diffusion coefficients in potato tissue during osmotic concentration. *Journal of Food Engineering*, 57: 367-374
- Petrots KB, Lazarides HH. 2001. Osmotic concentration of liquid foods. *J. Food Eng.*, 49: 201-206
- Qui H, LeMaguer M, Sharma SK. 1998. Design and selection of processing conditions of a pilot scale contactor for continuous osmotic dehydration of carrots. *J. Food Process Eng.*, 21: 75-88
- 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
- Rahman MS, Perera CO. 1999. Drying and Food Preservation. In *Handbook of Food Preservation* M.S. Rahman(ed.), Marcel Dekker, Inc., New York, p.173-216
- Raoult-Wack AL, Guilbert S, Lenart A. 1992. Recent advances in dewatering through immersion concentrated solutions. In: *Drying of solids*, Mujumdar A.S.(Ed.), International Science publisher, New York, pp. 21-51
- Raoult-Wack AL, Guilbert S, Le Maguer M, Rios G. 1991. Simultaneous water and solute transport in shrinking media Part1: application to dewatering and impregnation soaking process analysis (osmotic dehydration). *Drying Technology*, 9: 589-612
- Raoult-Wack AL. 1994. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Science & Technology*, 5: 255-260
- Rastogi NK, Raghavarao KS. 1997. Water and solute diffusion coefficients of carrot as a function of temperature and concentration during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 34: 429-440
- Reynolds T, Dweck AC. 1999. Aloe vera leaf gel: a review update. *Journal of Ethnopharmacology*, 68: 3-37
- Barranco R, Brenes Balbuena CM, Garcia Garcia P, Garrido Fernandez A. 2001. Management of spent brines or osmotic solutions. *J. Food Eng.*, 49: 237-246
- Saurel R, Raoult-Wack AL, Rios G, Guilbert S. 1994. Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple I. Fresh plant tissue. *International Journal of Food Science and Technology*, 29: 531-542
- Sereno AM, Moreira R, Martinez E. 2001. Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. *Journal of Food Engineering*, 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 Research International*, 30(9): 669-674
- Silveira ETF, Rahman MS, Buckle KA. 1996. Osmotic dehydration of pineapple: kinetics and product quality. *Food Research International*, 29(3): 227-233
- Torreggiani D, Bertolo G. 2001. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. *Journal of Food Engineering*, 49: 247-253
- Toupin CJ, Marcotte M, Le Magure M. 1989. Osmotically induced mass transfer in plant storage tissues: a mathematical model. Part 1. *Journal of Food Engineering*, 10: 13-38
- Uddin MB, Ainsworth P, Ibanoglu S. 2004. Evaluation of mass exchange during osmotic dehydration of carrots using response surface methodology. *J. Food Eng.*, 65: 473-477
- Yoon KY, Youn KS, Lee KH, Shin SR, Kim KS. 1997. Changes of quality in the osmotic dehydration of cherry-tomatoes and optimization for the process. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 26(5): 866-871
- The International Aloe Science Council, 26 May, 2008, <www.iasc.org>
(접수 2008년 6월 11일, 수정 2008년 7월 28일, 채택 2008년 8월 7일)