

삼투탈수 알로에 건조제품의 구조적 및 물리화학적 특성

김성아 · 백진홍 · 이신영*

(주)김정문 알로에 과학연구소, *강원대학교 생물공학과

Structural and Physicochemical Properties of Dried Aloe Vera Gel Using DIS (Dewatering & Impregnation Soaking) Process

Sung-A Kim, Jin-Hong Baek, and Shin-Young Lee*

KJM Aloe R&D Center

*Department of Bioengineering and Technology, Kangwon National University

Abstract

The structural and physicochemical properties of dried aloe vera gel by DIS (dewatering impregnation soaking) process under optimum conditions were investigated. FT-IR spectra for dried samples of DIS aloes showed the typical patterns of standard aloe polysaccharide, and surface structures by SEM (scanning electron microscopy) were similar to a gel-like structure. In case of physicochemical properties of dried aloe samples by DIS process, solubilities and swelling powers of control (not osmotic treated aloe), DIS (S) and DIS (G), samples treated by osmotic solution of 60% sucrose/0.25% NaCl and 50% glucose/0.5% NaCl, were 48.3-57.3% and 8.3-11.7%, respectively, showing no significant differences among samples, but swelling power of DIS (PEG), sample treated by using 50% polyethylene glycol as an osmotic agent was about 5 times higher that of control. Also, water holding capacities of control, DIS (S) and DIS (G) were similar to each other, but that of DIS (PEG) was about 5 times higher that of control. Oil holding capacities of control and DIS aloes maintained the 50.9-86.4% levels of water holding capacities showing no significant differences among samples. Rehydration ratio of DIS (PEG) aloes were significantly dependent on the temperature of rehydrated solvent (water), and rehydration ratio of not-fileted aloe was about two folds higher than that of fileted aloe.

Key words: dewatering impregnation soaking, Aloe vera gel, rehydration, structural/physicochemical property, Fourier transform infrared spectroscopy, scanning electron microscopy

서 론

알로에는 지난 20년 동안 각종 식품 및 화장품 배합에서 전세계적으로 top 10의 위치를 지속적으로 유지하는 대표적인 원료성분이었으며, 최근 들어 이의 사용이 더욱 증가되어 알로에를 함유한 최종 제품의 수는 1500개 이상이나 되고 있다.

그동안 개발된 알로에 잎의 가공법은 소비자가 원하는 유효성분의 농도와 수율, 가공 경비의 효율성, 고형분 함량, 바람직한 특성(맛, 유효인자의 농도 증가) 등에서 큰 차이를 보이며, 따라서 얻어진 최종 제품의 효능 및 품질 수준이 현저하게 다르다. 이는 알로에의 대표적인 유효성분인

glucomannan이 매우 불안정하여 가공 중 파괴되기 때문이다(Femenia et al., 1999; Reynolds & Dweck, 1999).

삼투탈수공정(dewatering & impregnation soaking, DIS)은 현재 식품 최소화 공정(minimal process)의 중요도로서 고려되고 있으므로(Nowakunda et al., 2004), 저자 등은 전보(Kim et al., 2008a)에서 효율적 알로에 생산 공정 개발 연구의 일환으로 알로에 gel의 유효성분 파괴를 최소화할 수 있는 삼투탈수공정을 검토, 보고하였고, 이의 품질평가를 위해 알로에의 대표적인 치료 성분지표인 다당류의 함량을 측정하여 삼투탈수 공정의 적합성을 평가하였다.

하지만 전보에서는 삼투탈수에 의한 농축이 주목적이었고, 건조에 대해서는 검토하지 않았다. 통상, 삼투탈수는 야채류의 세포구조 파괴를 최소화하면서 수분 함량을 감소시키고 고형분 함량을 증가시키는 효율적 방법이지만 얻어진 최종 제품은 보존의 관점에서 안정하지 못하다(Matusek & Meresz, 2002). 따라서 삼투탈수는 냉동, 탈수냉동 및 건조의 전처리 수단으로 널리 이용된다. 특히, 건조의 전처리 수단으로서의 삼투탈수는 건조공정의 단축은 물론, 열

*Corresponding author: Shin-Young Lee, Department of Bioengineering and Technology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

Tel: +82-33-250-6273; Fax: +82-33-243-6350

E-mail: sylee@kangwon.ac.kr

Received November 1, 2008; revised December 6, 2008; accepted December 21, 2008

풍건조(60-80°C)보다 더 낮은 온도(<30°C)에서 도입되므로 색, 향, 풍미, 영양성분 등의 보유율을 높이고, 갈변을 억제한다(Kamewada, 1997; Sunjka & Raghavan, 2004; Marani et al., 2007).

알로에의 경우 일반적인 열풍건조법을 적용하면 알로에의 대표적인 유효성분인 다당이 비가역적으로 수식(modification)을 일으키며, 이에 따라 이들 고분자에 의해 나타나는 생리적 및 약리적 성질의 중요 변화를 촉진하는 원래 구조에 영향을 줄 수 있다(Femenia et al., 2003). 하지만 알로에의 삼투탈수건조에 대해서는 보고된 바 없어 검토의 필요성이 충분하다.

본 연구에서는 삼투탈수 알로에를 동결건조 또는 열풍건조(70°C) 하였고, 이들의 구조 및 물리화학적 특성을 삼투탈수 처리없이 건조한 제품과 비교하면서 조사하였다. 즉, 삼투탈수 건조한 알로에의 구조적 변화를 SEM 및 FT-IR 분석을 통해 살펴보고, 아울러, 알로에 건조제품의 기능적 성질 변화와 밀접한 관련을 갖는 것으로 알려진 용해도, 팽윤력, 수분 보유능, 지방흡수능 및 재수화 특성과 같은 수화 특성 등의 물리화학적 성질(Femenia et al., 2003)을 비교, 평가하였다.

재료 및 방법

재료

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

전보(Kim et al., 2008a; kim et al., 2008b)에서와 마찬가지로 완전히 성숙된 신선한 알로에를 사용하였으며, 부착 토양 및 기타 부스러기를 제거하기 위해 물로 철저히 세척하였다. 알로인 및 껍질을 제거한 후 두께 1 cm의 슬라이스로 절단하였고, saccharose(Yakuri Pure Chemicals, Japan), dextrose anhydrous, NaCl(Dae Jung Chemicals & Metals, Korea) 및 polyethylene glycol 400(clear viscous liquid : Sigma Chemical Co., USA)을 사용하였다.

한편, 비교 표준품으로 사용한 알로에 다당은 전보(Cha et al., 2007)의 방법으로 조제한 것을 사용하였으며, 실온에서 밀폐된 플라스틱 용기에 넣어 desiccator에서 저장하면서 사용하였다.

삼투탈수 알로에 시료의 조제

삼투탈수 시료는 Fig. 1에서와 같이 조제하였다. 즉, 삼투용액과 시료의 비를 5:1(w/v)로 하여 1 cm 두께의 알로에 슬라이스를 전보(Kim et al., 2008b)에서 양호한 WL(water loss)/SG(solid gain) 비 및 WL(water loss) %를 나타내었던 60% sucrose와 0.25% NaCl 혼합용액, 50% glucose와 0.5% NaCl 혼합용액 및 50% polyethylene

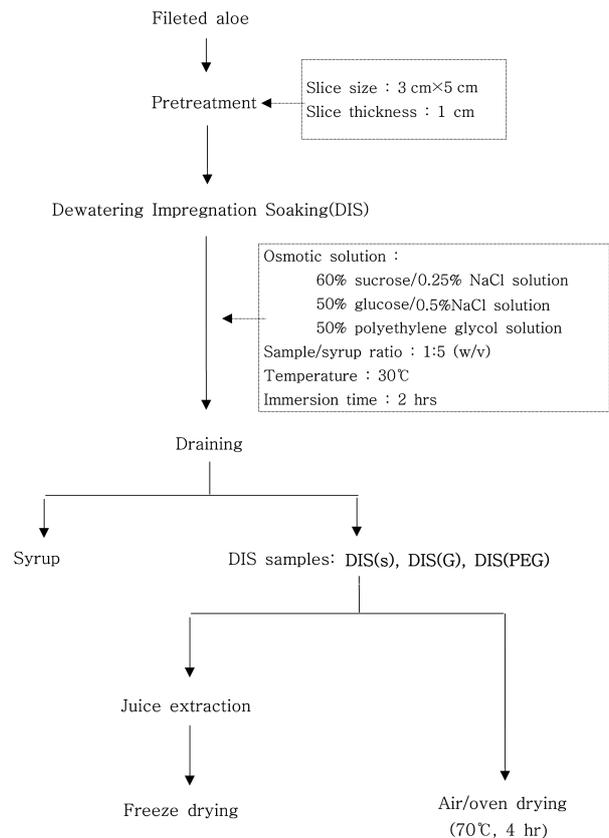


Fig. 1. Flow diagram for drying and dewatering & impregnation of soaking (DIS) from *Aloe vera*.

DIS (G), DIS (S) and DIS (PEG) present sample treated by using osmotic solution of sucrose/NaCl, glucose/NaCl and polyethylene glycol, respectively.

glycol 용액의 3종 삼투용액에 넣고 온도 30°C에서 2시간 동안 삼투처리하였으며, 각각 DIS(S), DIS(G) 및 DIS(PEG) 시료로 하였다. 각 삼투 탈수된 알로에 슬라이스는 삼투탈수하지 않은 알로에(대조구)와 함께 동결건조 또는 70°C 오븐에서 4시간 동안 열풍건조하였으며, 이를 건조시료로 하였다.

삼투탈수 알로에의 구조적 특성

FT-IR(Fourier Transform Infrared Spectroscopy) spectra는 삼투탈수 알로에 건조시료 2 mg을 함유한 KBr disc를 조제하고 3 cm⁻¹의 해상도로 Bio-Rad Model EXCALIBER(Cambridge, USA) 기기를 사용하여 얻었다.

표면구조 관찰

표면 구조는 주사형 전자현미경(JSM-541, JEOL, Japan)으로 관찰하였다. 즉, 시료를 양면 접착테이프에 얇게 분산시킨 후, Au로 진공증착(100 Å 두께)하고 전압 5 kV, 시료 경사 30°의 조건에서 500-5000배로 촬영하여 관찰하였다.

삼투탈수 알로에의 물리화학적 특성

용해도는 Schoch 방법(1964)을 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 즉, 시료 0.5 g을 10 mL의 증류수에 녹여 0.5%(w/v)의 시료 용액을 만들고, 이를 항온수조에서 교반하면서 일정온도(20-50°C)에서 30분간 가열한 후 10°C로 냉각하였다. 10°C에서 5,000×g로 10분 그리고 이어서 10,000×g에서 10분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 증발접시에 취하여 105°C에서 건조하였다. 증발접시에 남아있는 시료의 무게(S) 및 원심분리 후의 침전물 무게(P)를 측정하고 다음 식으로 용해도(%) 및 팽윤력을 각각 구하였다.

$$\text{Solubility}(\%) = \frac{S}{\text{Sample weight (d.b.)}} \times 100$$

$$\text{Swelling power} = \frac{P}{\text{Sample w.t(d.b.)} \times (100 - \% \text{ solubility})} \times 100$$

보수능(water holding capacity, WHC)

Sosulski & Cadden(1982)의 방법에 따라 시료 1 g을 50 mL 원심분리용 cell에 넣고 증류수 10 mL을 첨가하였다. 혼합물이 완전히 젖게한 후 2,000×g에서 10분간 원심분리하고 상등액을 제거한 다음 무게를 측정하였다. 보수능(WHC)은 다음 식에 대입하여 계산하였다.

$$\text{WHC (g/g)} = \frac{(W_2 - W_1)}{W_0}$$

여기서 W_0 는 건조시료의 중량(g), W_1 는 원심분리관과 시료 무게(g) 및 W_2 는 원심분리관과 침전물 무게(g)이다.

보유능(oil holding capacity, OHC)

Lin et al.(1974)의 방법에 따라 시료 0.5 g을 미리 항량을 구해놓은 원심분리용 cell에 넣고 soybean oil ((주) 해표) 10 mL를 첨가하였다. 5분 간격으로 30초씩 30분간 교반한 다음, 10,000 rpm에서 25분간 원심분리하고 상등액을 제거한 다음 무게를 측정하였다. 보유능은 위의 보수능과 같은 식에 대입하여 계산하였다.

재수화 특성

70°C에서 4시간 열풍 건조시킨 삼투탈수 알로에를 증류수에 담가 일정시간(0-30분)이 지난 후 꺼내어 무게를 측정하여 재수화 특성을 확인하였다. 이 때, 재수화비 (rehydration ratio)는 다음 식으로 구하였다(Pappas et al., 1999).

$$\text{Rehydration ratio} = \frac{W_1}{W_0}$$

여기서 W_0 는 열풍 건조시킨 알로에의 초기 무게(g)이고, W_1 은 건조 알로에를 증류수에 일정시간 동안 담근 후의 무게(g)이다.

결과 및 고찰

FT-IR 특성

IR 분광분석법은 알로에 다당(Carrisyntm)의 품질을 조사하는 대표적 기술의 하나로, 알로에 다당의 분석에 매우 중요한 것으로 알려져 있다. IR 분석에 기초하여 살펴보면 알로에 수용성 다당(Carrisyntm)은 몇몇 산, 에스터(O-acyl/N-acyl) 관능기 측쇄사슬을 갖는 다분산성의 불균질 다당으로, 다당의 methylation 분석은 2,3,6-trimethyl mannose(84%)와 2,3,6-trimethyl glucose(4%)를 나타내었고, 4%의 galactose를 함유한다. 주요 구조는 β -1,4-결합 glucose 잔기와 치환되며, 단일의 α -1,6-결합 galactose 잔기를 갖는 β -1,4-결합의 mannose 골격의 glucomannan인데, mannose는 아세틸화되어 있다. Acetyl기는 mannose 단위의 C3에서 검지되며, galactose 단위는 mannose의 C6에 부착된다(Manna & McAnalley, 1993).

따라서 알로에 다당은 탈수에 의해 acetylation의 정도에 영향을 주고, 또 galactose 가지사슬의 부재에 영향을 줄 수 있는데, 주사슬을 통한 acetyl기 및 galactosyl 단위의 분포는 mannan의 상호작용의 성질에 중요한 효과를 줄 수 있다(Dea et al., 1986).

그러므로 3종의 삼투탈수 알로에 건조시료 즉, 60% sucrose/0.25% NaCl, 50% glucose/0.5% NaCl 및 50% polyethylene glycol 용액을 삼투용액으로 하여 각각 얻은 DIS(S), DIS(G) 및 DIS(PEG)의 FT-IR 스펙트럼을 조사하였으며, 그 결과를 삼투탈수하지 않고 건조한 알로에(대조구)와 함께 Fig. 2에 나타내었다.

삼투탈수 알로에 건조시료의 FT-IR 스펙트럼은 4,000-400 cm^{-1} 로 주사되었을 때, 수소결합의 O-H stretching frequency에 기인한 3,600-3,200 cm^{-1} 및 관련 bending vibration의 1,100-1,050 cm^{-1} , 2,950-2,800 cm^{-1} 에서의 stretching vibration 및 대응하는 bending frequency인 1,470-1,460 cm^{-1} 의 C-H 기능이 관찰되어 전형적인 다당의 특성을 나타냄을 보였다.

하지만 삼투탈수 알로에의 건조 시료들의 FT-IR은 acetyl기의 C=O 및 C-O-C stretching에 대응하는 1,740 및 1,250 cm^{-1} band의 중요 감소를 나타내었는데, 이는 이들 시료의 deacetylation 과정과 관계되는 것으로 보인다. Manna & McAnalley(1993)는 정제 acemannan(Carrisyntm)에서 carbonyl 관능기 및 아세틸화 시료의 C-O-C stretch가 각각 1,748-1,735 및 1,246-1,235 cm^{-1} 에서 관찰된 반면, 탈아세틸화된 시료의 carboxylate와 carbonyl stretch는 1,600-1,550 및 1,450-1,400 cm^{-1} 사이에서 각각 위치하였다고 하였다. 또 Carrisyntm이 탈아세틸화되었을 때, 1,248-1,235 cm^{-1} 사이의 에스터 C-O-C stretch의 부재가 관찰되며, 스펙트럼의 가장 큰 peak는 1,431 cm^{-1} 에서 집중되었다고 하였다.

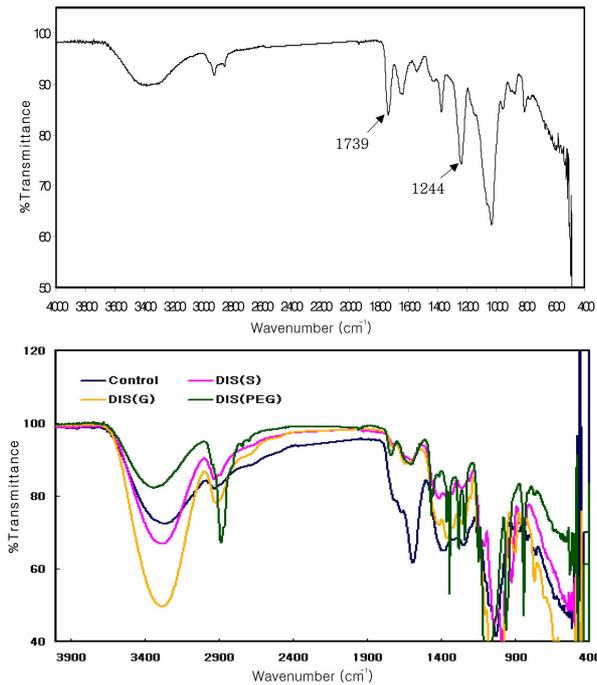


Fig. 2. FT-IR spectra of DIS aloes (bottom) and standard aloe polysaccharide (top).

For illustrations for samples, refer to Fig. 1.

따라서 아세틸화 시료의 IR 스펙트럼은 특성적인 강한 ester carbonyl 흡수 peak를 보이는 반면, 탈아세틸화 다당은 이러한 peak가 없음을 볼 수 있는데, 실제로 역시 Fig. 2에서 보는 바와 같이 표준 알로에 다당의 FT-IR 스펙트럼은 1,739 및 1,244 cm^{-1} 에서 band가 잘 관찰되어 아세틸화되어있음을 관찰할 수 있다.

DIS(PEG)는 비교적 carbonyl 관능기 및 아세틸화 시료의 C-O-C stretch가 각각 1,748-1,735 및 1,246-1,235 cm^{-1} 에서 관찰되어 표준 알로에 다당과 가장 유사한 스펙트럼을 보였으며, 따라서 아세틸화가 유지된 것으로 생각되었다.

표면구조 특성

표준 알로에 다당 시료의 표면구조를 주사형 전자현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 3과 같다. 500배 및 5,000배 배율로 관찰하였을 때, 알로에 다당 표준품은 미세 섬유상 구조를 나타내었다. 그러나 삼투탈수하지 않고 건조한 알로에(대조구) 및 삼투 탈수하여 건조한 알로에(처리구) 시료들은 역시 Fig. 3에서 볼 수 있는 바와 같이, 표면에 불규칙한 다공성을 갖는 모자이크 유사구조로서의 젤 유사구조를 보여 알로에 다당의 섬유상 구조를 관찰할 수 없었다.

이는 알로에 다당 표준품과는 달리, 삼투탈수 혹은 비탈수 알로에 시료는 다당의 이외의 타 성분의 혼합물 시료이기 때문인 것으로 보인다. 아울러, 알로에 다당 표준품의 조제 시에는 여과포를 사용함으로써 전단력의 작용이 없었

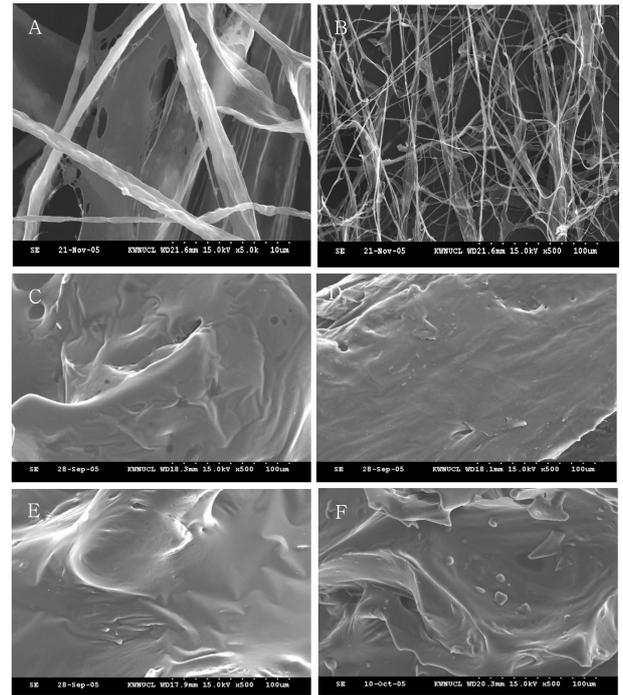


Fig. 3. Scanning electron microscopic views of standard aloe polysaccharide and DIS aloes.

A: Standard aloe polysaccharide ($\times 5000$), B: Standard aloe polysaccharide ($\times 500$), C: Control ($\times 5000$), D: DIS(PEG) ($\times 5000$), E: DIS(G) ($\times 5000$), and F: DIS(S) ($\times 5000$)

For illustrations for samples, refer to Fig. 1.

으나, 본 시료의 조제 시는 여과없이 균질화 등의 전단력을 적용한 것도 한 요인이라 생각된다.

Lee et al.(2005)은 biocellulose의 경우는 섬유상 구조를 가지는 반면, α -cellulose는 젤 유사 구조를 갖는다고 하였는데, 이러한 표면구조의 형태는 biocellulose의 경우 서로 다른 배양계에 기초하여 정치 배양에서는 공기/액체 계면에서 세균 셀룰로오스의 젤라틴성 막이 형성되는 반면, 교반배양에서는 높은 전단력에 기인하여 섬유 형태가 얻어지는 것으로 보고되었다(Chao et al., 2000; Chao et al., 2001).

따라서 섬유상 알로에 다당의 형태는 전단력과 밀접한 관련을 갖는 것으로 생각되었으나, 그 원인을 더 이상 조사하지는 않았다.

용해도 및 팽윤력

알로에 건조시료의 용해도(solubility) 및 팽윤력(swelling power)은 건조 알로에의 기능적 성질을 나타내는 대표적 지표의 하나이다(Femenia et al., 2003). 따라서 삼투탈수 알로에 건조시료의 용해도와 팽윤력을 삼투탈수 처리없이 건조한 알로에와 비교하면서 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 4와 같다.

삼투탈수 처리하지 않은 알로에 건조시료는 20°C에서

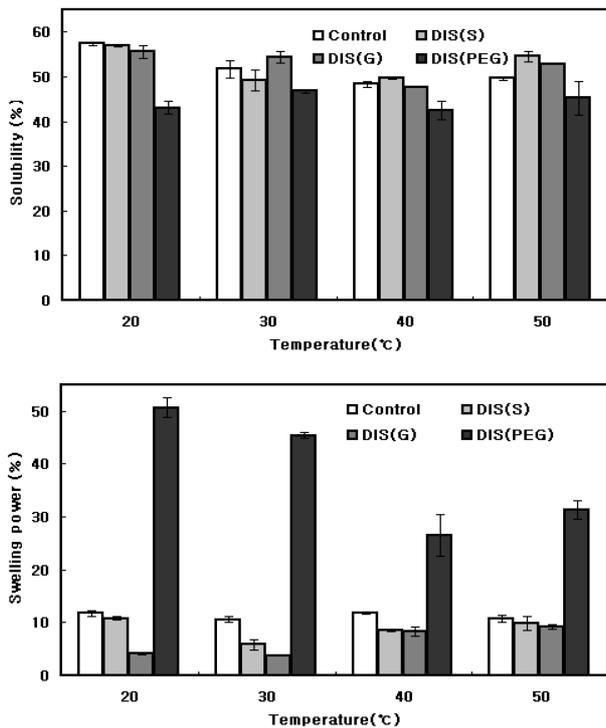


Fig. 4. Solubility and swelling power of osmotic dehydrated aloe powders (0.5%, w/v) at various temperatures. For illustrations for samples, refer to Fig. 1.

57.4%의 용해도를 보였으며, DIS(S)와 DIS(G)도 각각 57.0% 및 55.6%로 비슷한 용해도를 보여 삼투처리의 영향이 없음을 보였으며, 온도가 증가할수록 7.3-9.1%의 감소를 보였다. 이는 강낭콩 앙금 3.8%(Cho & Park, 1997), 찹옥수수 전분 16.8%(Mun et al., 1997)와 비교하였을 때 매우 높은 결과로 용해력 및 팽윤력이 우수함을 보였다.

또한 팽윤력의 경우, DIS(G)가 온도 증가에 따라 팽윤력이 2배 상승하는 것을 제외하고 나머지 시료는 온도의 영향을 크게 받지 않음을 확인할 수 있었다. 특히, 50°C에서의 팽윤력은 삼투탈수 비처리 알로에가 10.7%, DIS(S)가 9.8%, DIS(G)가 9.2%로 큰 차이가 없는 결과를 보임을 확인할 수 있었다. 이들 값은 찹옥수수 전분 27.1%(Mun et al., 1997)보다는 매우 낮은 팽윤력값 범위이었으나 밀전분 8.17%(Lee et al., 1997), 강낭콩 앙금 5.93%(Cho & Park, 1997)보다는 높은 값이었다.

보수능 및 보유능

알로에의 함유 다당은 수용성(67%) 및 불용성(33%) 식이섬유의 특성을 나타낸다(Beak, 2008). 특히, pectin, gum, mucilage, hemicellulose와 같은 수용성 식이섬유는 보수력이 커서 위에서의 포만감을 제공하고 당뇨병 환자에게 glucose tolerance를 증진시키는 효과를 가지며 혈청 cholesterol 함량을 저하시키는 것으로 보고되었는데

(Schneeman, 1987), 특히, 보수력은 알로에 건조제품의 기능적 성질과 밀접한 관련을 갖는 것으로 알려지고 있다(Simal et al., 2000). 따라서 삼투탈수 알로에 건조시료의 보수능을 비 삼투탈수 알로에 건조 시료와 비교하면서 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 5와 같다.

DIS(S) 및 DIS(G)의 보수능은 각각 6.86 및 8.63 g water retained/g solid로, 삼투처리하지 않은 건조 알로에가 6.97g water retained/g solid인 것과 비교하면 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 DIS(PEG)의 경우는 보수능이 대조군과 비교해 약 5배나 향상되었음을 확인할 수 있었다. DIS(PEG)의 높은 보수능은 세포벽 그물구조(식물세포벽에서 유리공간의 만곡과 직경)의 변화와 관계되는 것으로 보인다. Muhr & Blanshard(1982)는 세포벽 그물구조가 용질 분자량의 증가에 따라 겔보기 확산도의 감소를 도우며 이들 효과가 조직수축에 기인하여 제품의 탈수를 촉진시킨다고 하였는데, Spiazzi & Mascheroni (1997)는 PEG 200이 저분자 용질에 비해 세포부피는 감소시키고 세포의 부피를 증가시킨다고 하였다. 따라서 DIS(PEG) 시료는 sucrose나 glucose와 같은 저분자 용질처리 시료와는 다른 세포벽 그물구조를 가지며 이들 효과에 의해 더 높은 보수능을 나타내는 것으로 보이나 타 연구 결과는 찾아 볼 수 없었다.

이상의 결과는 보리 가루에서 분리한 β -glucan의 6.0 g water retained/g solid (Oh & Lee, 1996), 보리쌀 식이섬유의 1.0 g water retained/g solid(Lee, 1993) 및 미강 식이섬유추출물의 3.6 g water retained/g solid(Kim et al., 1997)와 비교하였을 때 높은 보수력을 보임을 알 수 있다. 식이섬유가 일반적으로 자기무게의 4배량의 물을 흡착(Lee et al., 1995)하는 것과 비교하면 건조알로에는 약 7-8배 이상의 물을 흡착하며, 식이섬유함량이 높아 새로운 식이섬유 소재로서의 가능성이 있는 것으로 생각된다.

한편, 삼투탈수 알로에 건조시료의 보유능을 삼투처리없이 건조한 알로에와 비교한 결과는 역시 Fig. 5에서 볼 수

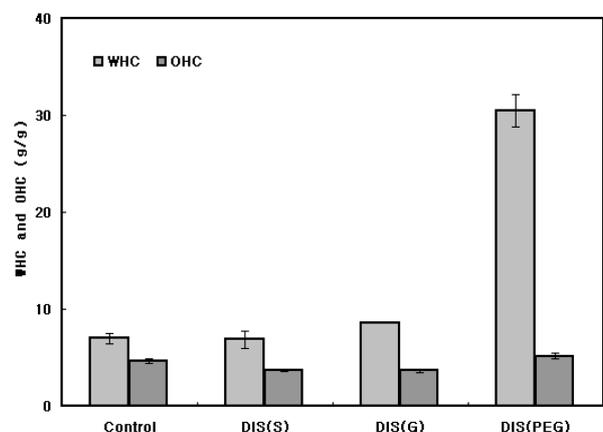


Fig. 5. Changes in the water and oil holding capacity of DIS aloe powders.

For illustrations for samples, refer to Fig. 1.

있는 바와 같이, DIS(S), DIS(G) 및 비삼투처리 알로에의 보유능은 각각 3.68, 3.65 및 4.62 g oil retained/g solid로, 삼투처리로 보유능이 감소함을 보였다. 대략 보유능 값은 보수력의 50.9-86.4% 범위를 보였는데, 이는 일반적으로 보유능이 보수력에 비하여 상대적으로 낮게 나타나며, 그 범위는 30-80%라는 보고사실과도 잘 일치하였다(Lee et al., 1995).

재수화 특성

일반적으로 식품의 열풍건조 제품은 건조과정 중 표면경화 및 수축현상 때문에 재수화특성이 좋지 못하므로 우수한 재수화 특성은 주요 품질요인으로 인식되고 있다 (Torrino et al., 2001). 그동안 식품의 재수화에 대하여 많은 연구가 진행되어 왔으며, 삼투탈수 건조는 재수화능을 향상 시키는 것으로 보고되었다 (Jayaraman et al., 1990).

따라서, 가장 우수한 용해도 및 보유능을 나타낸 DIS(PEG) 시료를 70°C에서 열풍건조시키고, 이를 25, 60 및 90°C의 물에 담가 재수화능을 확인하였으며, 그 결과는 Fig. 6과 같다.

25°C에서 재수화한 경우, 삼투처리한 건조 알로에의 재수화능은 시간경과에 따라 초기 15분 정도까지 비교적 급격히 증가한 후 서서히 증가하여 거의 평형에 도달하였다. 반면, 삼투처리하지 않은 건조알로에의 경우는 1시간까지도 평형에 도달하지 않아 삼투처리 건조 알로에의 재수화 특성이 매우 우수함을 보였다. 재수화 온도가 증가함에 따라 평형값이 다소 상승하였고, 특히, 평형에 도달하는 시간이 급격히 단축되었다. 90°C에서는 물에 담근 후 3분이 지났을 때 거의 평형값에 도달하였으므로 재수화 3분 후의 25, 60 및 90°C에서의 평형 재수화비 값을 살펴보면 각각 3.60, 6.15 및 10.16을 나타내어 온도가 높아짐에 따라 재수화비가 높아지는 경향을 보였다. 이러한 결과는 sucrose (46°Brix)로 삼투처리한 당근, 배추 및 무를 100°C에서 재수화하였을 때의 재수화비 3.04, 2.56 및 2.86(Youn et al.,

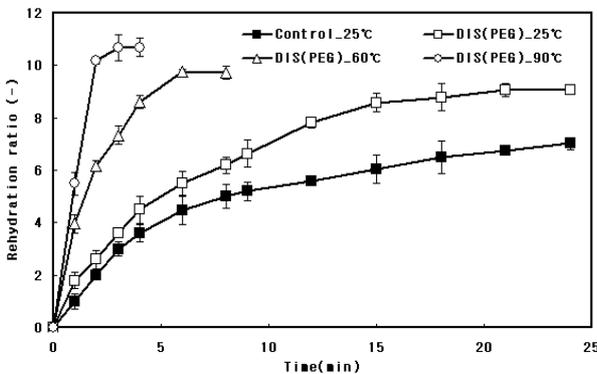


Fig. 6. Effects of temperature on rehydration ratio of DIS(PEG) sample.
*Aloe sample was DIS(PEG).
For illustrations for samples, refer to Fig. 1.

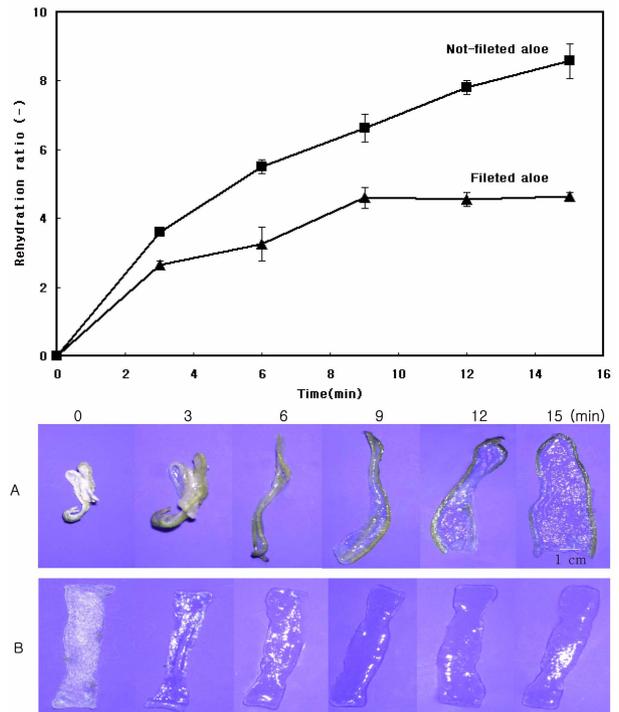


Fig. 7. Effects of filing on rehydration ratio and morphological variations of DIS(PEG) aloe sample(A : Not-fileted, B : Fileted).
For illustrations for samples, refer to Fig. 1.

1997), 동결건조한 양송이 버섯의 4.2-7.8 (Ha et al., 2001) 및 sucrose 20%로 삼투 처리한 감자의 8.2(Aktas et al., 2004)과 비교하여 비슷하거나 더 높은 값 범위로 삼투탈수 알로에의 재수화능이 우수함을 보였다. 특히, 온도증가에 따라 원래 알로에 잎으로의 복원력이 빠르게 진행되어 평형 재수화비에 도달하는 시간은 25°C에서는 15분이 소요 되었으나 60°C에서는 6분, 90°C에서는 3분밖에 소요되지 않았다.

한편, 껍질 함유의 유무에 따라 재수화능의 변화가 예측 되었으므로 껍질을 함유한 삼투처리 건조 알로에 슬라이스를 조제하여 껍질을 함유하지 않은 삼투처리 건조 알로에 슬라이스의 재수화능 및 이에 따른 알로에 형태 변화를 비교 조사하였으며, 그 결과는 각각 Fig. 7과 같다.

Fig. 7에서 보는 바와 같이 두 시료 모두 hyperbolic한 재수화비의 경시변화를 보였으나 알로에의 껍질을 벗기지 않은 알로에 슬라이스의 재수화비는 껍질을 벗긴 알로에 슬라이스보다 더 높은 재수화비를 나타내었으며, 재수화 종료시점인 15분 후의 재수화비는 약 두 배정도 차이를 보이고 껍질을 함유한 경우가 재수화능이 더 우수함을 보였다. 또 역시 Fig. 7에서 볼 수 있는 바와 같이, 원래 잎 형태로 복원됨을 확인할 수 있었다. 특히, 삼투처리된 not-fileted aloe의 경우 초기의 형태는 생잎의 형태를 찾아볼 수 없는 매우 만곡과 수축이 심한 형태이었으나 재수화되면서

비삼투처리된 시료에서는 관찰되지 않는 원래의 완전한 잎 형태로 복원되는 형태상의 우수한 재수화 특성을 나타내었다. 이는 아마도 껍질을 함유한 슬라이스의 경우는 껍질이 세포구조의 지지 역할을 하여 세포손상이 적었기 때문이라고 생각되었다(Choi et al., 1997; Chiralt & Talens, 2005). 따라서 껍질을 함유한 알로에 슬라이스의 삼투탈수 시료를 사용함으로써 매우 우수한 재수화 특성을 갖는 알로에 건조 제품을 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

결 론

새로운 알로에 생산 공정개발 연구의 일환으로 3종 삼투제를 사용하여 삼투탈수 공정(dewatering impregnation soaking process)을 적용하였고, 70°C에서 4시간 동안 열풍 건조 한 다음 이들 건조제품의 구조적 및 물리 화학적 특성을 비교, 검토하였다. 삼투 탈수 알로에 건조시료의 구조적 특성을 살펴본 결과, 삼투탈수 알로에 건조시료의 FT-IR 흡수스펙트럼은 표준 알로에 다당과 유사한 스펙트럼을 보였으며, 표면구조는 젤 유사구조를 갖는 것으로 관찰되었다. 한편, 삼투 탈수 알로에 건조제품의 물리화학적 특성을 살펴본 결과, 삼투탈수처리하지 않은 알로에 및 삼투탈수 알로에 건조시료의 용해도는 삼투처리의 유무에 큰 차이없이 48.3-57.3%이었다. 팽윤력도 삼투탈수처리하지 않은 알로에와 삼투처리한 DIS(S) 및 DIS(G)는 8.3-11.7%의 값 범위로 큰 차이가 없었으나, DIS(PEG)는 20°C에서 대조구보다 약 5배의 높은 값을 나타내었고, 온도 증가에 따라 다소 감소하는 경향을 보였다. 또한, 보수능의 경우는 DIS(PEG)에서 삼투처리없이 건조한 대조구의 알로에보다 5배나 높은 우수한 값을 보였다. 하지만 보수능의 경우는 보수력의 50.9-86.4% 범위로 삼투처리에 따른 유의성 있는 차이를 보이지 않았다. 아울러, 가장 우수한 용해도와 보수능을 나타낸 삼투탈수 알로에 건조제품인 DIS(PEG)의 재수화 특성을 조사한 결과, DIS(PEG)는 삼투처리하지 않은 알로에 건조시료보다 재수화능이 매우 높았고, 삼투처리 알로에 건조시료의 재수화능은 온도가 높아짐에 따라 증가하여 신선한 알로에 잎으로의 재수화가 빠르게 진행됨을 확인할 수 있었다. 또 껍질을 함유한 알로에는 아마도 껍질에 의한 세포구조의 지지 역할에 기인하여 껍질을 함유하지 않은 알로에보다 약 2배 정도 우수한 재수화능을 나타내었고, 원래의 잎 형태로 잘 복원되었다.

참고문헌

- Aktas T, Yamamoto S, Fuji S. 2004. Effects of pre-treatments on rehydration properties and microscopic structure changes of dried vegetables. *Japan J. Food Eng.* 5: 267-272.
- Beak JH. 2008. Development of functional materials from aloe vera gel fractions with different molecular sizes and their functionality characterization. Ph.D. thesis, Department of Bioengineering and Technology, Kangwon National University, Chunchon.
- Cha TY, Baek JH, Lee SY. 2007. Comparative study on chemical composition of Korean aloes of three species according to different portions. *Food Eng. Prog.* 11: 175-184.
- Chao Y, Ishida T, Sugano Y, Shoda M. 2000. Bacterial cellulose production by *Acetobacter xylinum* in a 50-L internal-loop airlift reactor. *Biotechnol. Bioeng.* 68: 345-352.
- Chao Y, Sugano Y, Shoda M. 2001. Bacterial cellulose production under oxygen-enriched air at different fructose concentrations in a 50-L internal-loop airlift reactor. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 55: 673-679.
- Chiralt A, Talens P. 2005. Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues. *J. Food Eng.* 67: 167-177.
- Cho EJ, Park SH. 1997. Comparison of physicochemical properties of Korean kidney bean sediment according to classification. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 13: 585-591.
- Choi DW, Shin HH, Choi HT. 1997. Study on dewatering and impregnation soaking process. *Korean J. Food Nutr.* 10: 462-467.
- Dea ICM, Clark AM, McCleary BV. 1986. Effect of galactose-substitution-patterns on the interaction properties of galactomannans. *Carbohydr. Res.* 147: 275-274.
- Femenia A, Garcia-Pascual P, Simal S, Rossello C. 2003. Effects of heat treatment and dehydration on bioactive polysaccharide acemanan and cell wall polymers from *Aloe barbadensis* Miller. *Carbohydr. Polym.* 51: 397-405.
- Femenia A, Sanchez ES, Simal S, Rossello C. 1999. Compositional features of polysaccharides from aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) plant tissues. *Carbohydr. Polym.* 39: 109-117.
- Ha YS, Park JW, Lee JH. 2001. Physical characteristics of mushroom (*Agaricus bisporus*) as influenced by different drying methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 245-251.
- Jayaraman KS, Das Gupta DK, Babu Rao N. 1990. Effects of pre-treatment with salt and sucrose on the quality and stability of dried cauliflower. *Int. J. Food Sci. Technol.* 25: 47-51.
- Kamewada M. 1997. Kansousyokuhin no seizou no jissai (in Japanese). In: Kansousyokuhin No Kiso to Ouyou. Kamewada M, Hayashi H, Tutida S (ed). Saiwaisyobo, Tokyo, Japan, pp. 111-118.
- Kim SA, Baek JH, Lee SY. 2008a. Concentration of aloe vera gel by DIS process and process kinetics of DIS concentration. *Food Eng. Prog.* 12: 198-208.
- Kim SA, Baek JH, Lee CW, Lee SY. 2008b. Effects of osmotic agents, operating pressure and agitation on osmotic dehydration process of aloe vera gel. *Food Eng. Prog.* 12: 275-283.
- Kim YS, Ha TY, Lee SH, Lee HY. 1997. Properties of dietary fiber extract from rice bran and application in bread-making. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 502-508.
- Lee KS. 1993. Content analysis, intake estimation and physiological function of dietary fibers in Korean foods. M.S. thesis, Department of Food Science and Nutrition, Ewha Womans University, Seoul.
- Lee SY, Jeon JR, Yang YK. 2005. Characteristics of the physical function of biocellulose from *Acetobacter xylinum*. *Food Eng. Prog.* 9: 182-191.

- Lee SY, Min BJ, Kang TS. 1995. Flocculating activity of the mucilage extracted from *Aloe vera* Linne. Korean J. Biotechnol. Bioeng. 13: 540-546.
- Lee YS, Kim CS, Song YS. 1997. Effect of oligosaccharides and sugar alcohols on swelling and gelatinization of wheat starch. Res. Institute Human Life Sci. 1: 103-111.
- Lin MJY, Humbert ES, Sosulski FW. 1974. Certain functional properties of sunflower meal products. J. Food Sci. 39: 368-370.
- Manna S, McAnylley 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.
- Marani CM, Agnelli ME, Mascheroni RH. 2007. Osmo-frozen fruits: mass transfer and quality evaluation. J. Food Eng. 79: 1122-1130.
- Matussek A, Meresz P. 2002. Modeling of sugar transfer during osmotic dehydration of carrots. Periodica Polytechnica Ser. Chem. Eng. 46: 83-92.
- Muhr AH, Blanshard MVJ. 1982. Diffusion in gels. Polymer 23: 1012-1016.
- Mun SH, Kim WS, Shin MS. 1997. Formation and properties of gel from maize starches with different amylose content. Korea J. Food Cookery Sci. 13: 379-383.
- Nowakunda K, Andres A, Fito P. 2004. Osmotic dehydration of banana slices as pretreatment for drying processes. In: Proceeding of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004). August 22-25, Sao Paulo, Brazil, Vol. C, pp. 2077-2083.
- Oh HJ, Lee SR. 1996. Physiological function *in vitro* of β -glucan isolated from barley. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 689-695.
- Pappas C, Tsami E, Marinos-Kouris D. 1999. The effect of process conditions on the drying kinetics and rehydration characteristics of some microwave-vacuum dehydrated fruits. Dry. Technol. 17: 157-174.
- Reynolds T, Deweck AC. 1999. Aloe vera leaf gel: a review update. J. Ethnopharmacol. 68: 3-37.
- Schneeman BO. 1987. Soluble vs. insoluble fiber-different physiological responses. Food Technol. 41: 81-82.
- Schoch TJ. 1964. Swelling power and solubility of granular starch. In: Methods in Carbohydrate Chemistry (Vol 4). Whistler RL (ed). Academic Press, New York, USA, pp. 106-108.
- Simal S, Fementai A, Llull P, Rosello C. 2000. Dehydration of aloe vera: simulation of drying curves and evaluation of functional properties. J. Food Eng. 43: 109-114.
- Sosulski FW, Cadden AM. 1982. Composition and physiological properties of several sources of dietary fiber. J. Food Sci. 47: 1472-1477.
- Spiazzi E, Mascheroni R. 1997. Mass transfer model for osmotic dehydration of fruits and vegetables-I. Development of the simulation model. J. Food Eng. 34: 387-410.
- Sunjka PS, Raghavan GSV. 2004. Assessment of pretreatment methods and osmotic dehydration for cranberries. Can. Biosys. Eng. 46: 3.35-3.40.
- Torringo E, Esveld E, Scheewe I, VanDen Berg R, Bartels P. 2001. Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave-hot-air drying of mushrooms. J. Food Eng. 49: 185-191.
- Youn KS, Bae DH, Choi YH. 1997. Effect of pre-treatments on the drying characteristics of dried vegetables. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 292-301.