

동결건조 고섬유질 야채 조직감 향상 전처리 방법 연구

최준봉 · 정명수¹ · 조원일^{2*}

수원대학교 호텔관광대학원, ¹이화여자대학교 식품공학과, ²씨제이제일제당(주) 식품연구소

Pretreatment Method of Texture Improvement on High Fiber Vegetables of Freeze Drying

Jun-Bong Choi, Myong-Soo Chung¹, and Won-Il Cho^{2*}

Graduate School of Hotel & Tourism, The University of Suwon

¹Department of Food Science and Engineering, Ewha Womans University

²CJ Foods R&D, CJ Cheiljedang Corporation

Abstract

In order to minimize the tissue shrinkage related to tough texture on freeze dried vegetables, the study of pretreatment method was conducted. The bean sprout with excessive contraction of the tissue after freeze drying was selected sample as a typical high-fiber vegetable. Soaking of bean sprout in 0.5% (w/w) sodium alginate, 1.0% sucrose, 0.5% pectin and 0.5% cellulose for 60 min at room temperature after blanching in 0.5% NaCl solution at 100°C for 2 min significantly improved its texture of rehydration in 80°C water for 2 min after freeze drying. The improvement of the firmness by pre-treatment on gel solution was related to the increasing of porous structure due to formation of microscopic ice crystals during freezing. And also, the combination of sodium alginate and calcium in cell water drove a firm cell structure to minimize the destruction of tissue during freeze drying. When applying such a pre-treatment in a variety of freeze dried high-fiber vegetables as green onion, crown daisy and bracken crown etc., improvement of organoleptic qualities were expected.

Key words: freeze dried bean sprout, sodium alginate, porous structure, ice crystal, freezing

서 론

식품의 장기 저장법 중 가장 안전한 방법 중의 하나가 자연 및 인공 건조법으로 대량으로 식품류를 위생적으로 건조시키기 위해서 열에너지를 공급하여 건조하는 인공 건조법을 공장에서는 사용하고 있다. 가장 경제적인 인공 건조법은 상압에서의 열풍건조(hot air drying)로서 저렴한 비용으로 다량의 물량을 처리할 수 있지만 야채류 건조시 휘발성 성분과 조직감 등의 관능적 요소의 손상이 심해 고품질의 건조 가공식품의 생산이 어렵다(Hwang & Rhim, 1994; Kim et al., 2013).

상압 고온 열풍 건조법의 단점인 향 성분의 휘발, 분해, 산화 작용에 의한 갈변 및 단백질, 펙틴, 콜로이드 물질의 분해, 응고결합 등의 화학적, 물리적 변화를 최소화시켜 맛, 색, 외관 등의 관능적 품질이 우수한 건조 식품을 제조할

수 있는 가장 좋은 방법이 동결건조법(freeze drying)이다. 동결건조법은 식품 재료를 빙점 이하의 온도(-45°C 내외)에서 급속 동결하고 수분이 액상 이동 되지 않은 상태에서 직접 얼음을 승화시켜 건조 제품을 얻는 방법으로 우수한 복원력과 표면경화 현상의 최소화를 통해 원물의 관능적 요소를 최대한 유지할 수 있다(Ko et al., 2001; Ko & Kang, 2003). 이러한 장점으로 동결건조법으로 제조한 육, 해물, 야채류는 기존의 상압 건조법 적용 경우 보다 우수한 품질을 확보할 수 있어 현재 다양한 즉석 가공식품에 소재로 사용되고 있다.

그러나 대파, 콩나물, 시금치, 배추 등의 고섬유질 야채류는 조직 및 성분상의 특징으로 인해 동결건조를 해도 조직의 수축, 질김 현상이 심해져 물성의 저하가 필연적이다. 고섬유질 야채류를 동결건조하게 되면 세포액의 동결에 의해 세포벽 구성물질인 펙틴, 리그닌, 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스 등이 팽압을 받게 되어 치밀한 망상구조를 일차적으로 이루게 되며, 망상 구조의 섬유질 들은 승화열에 의해 수분이 증발함에 따라 점점 더 치밀하고 질긴 텍스처를 가지게 된다. 또한 쇠고기와 같은 단백질 식품도 동결시 생성되는 얼음 결정에 의한 팽압으로 근원 섬유 단백질이

*Corresponding author: Won-Il Cho, CJ Foods R&D, CJ Cheiljedang Corporation, Seoul 152-050, Korea
Tel: +82-2-2629-5401; Fax: +82-2-2676-8023
E-mail: chowonil@cj.net
Received June 17, 2015; revised August 1, 2015; accepted August 15, 2015

상호 결합하여 질긴 조직감을 만들며, 건조가 진행될수록 조직은 더 수축하게 된다(Ko et al., 2001; Ko & Kang, 2003; Park et al., 2014).

이와 같이 동결건조 식품류는 열풍, 진공 건조에 의해 제조한 식품에 비해 전반적으로 물성이 좋은 편이지만 고섬유질 야채의 경우 단순 동결건조만으로는 고품질을 확보하기 어렵다. 이러한 단점을 극복하기 위해 급속동결(rapid freezing)로 미세 얼음결정을 형성시켜 복원력 향상을 가져오는 미세 다공질을 조직 내부에 생성시키는 시도가 있었으나 처리 비용 대비 개선 효과가 크지 않은 것으로 나타났다. 또 다른 방법으로 빙점 상승 및 급속동결 효과를 가져올 수 있는 빙핵결정단백질 이용법에 대한 연구가 진행되고 있으나 실용화 연구가 많이 진행되지 않아 당장 상용화 하기는 어려운 상황이다(Watanabe et al., 1993; Li et al., 1997).

본 연구에서는 동결건조 고섬유 야채류의 단점인 조직의 수축과 질김성을 개선하기 위한 전처리 방법에 대한 연구를 건조 후 품질 저하가 가장 심한 콩나물을 대상으로 하여 실시하였다. 최종 연구 목표는 예비 열처리와 조직 구조에 영향을 줄 수 있는 다양한 식품 첨가물을 조합한 전처리 방법의 개발을 통해 가정에서 조리한 콩나물의 물성에 근접하는 수준을 확보하는 것으로 수립하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 연구에서 고섬유질 야채 시료로 동결건조 후 조직 수축이 너무 심하여 건조 가공 식소재로서 사용이 거의 어려운 콩나물을 선정하였다. 본 실험에 사용한 콩나물은 재래 시장에서 구입하여 5-10°C의 냉장고에 보관하여 조직의 연부현상이 없는 신선 상태를 유지하여 사용하였다. 시료용 콩나물은 예비실험으로 조직감(firmness) 측정을 통해 조직감이 유사하게 나오는 부위를 미리 정하여 사용함으로써 분석시 실험 오차를 최소화하였다

전처리 및 동결건조

고섬유질 야채류인 콩나물을 먼저 0.5% (w/w) 구연산(citric acid, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 용액에서 세척하여 표면의 이물 및 균을 제거한 다음 100°C, 0.5-1.0% 염화나트륨(NaCl, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 용액에서 2분간 예비 열처리(blanching) 하여 단백질 분해, 지질의 산화, 퇴색 등을 유발하는 각종 품질 저해 효소를 불활성화 시키고 부패 미생물을 사멸 시킨다. 예비 열처리한 콩나물은 냉수 침지한 후 상온의 0.5-1.0% 농도의 알긴산나트륨(sodium alginate), 펙틴(pectin), 셀룰로오스(cellulose) 등(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 다양한 젤 용액에 30-60분간 교반, 침지시킨다. 침지한 시

료는 -20°C 냉동고에서 12시간 동안 1차 동결 시킨 후 파일 로트 동결건조기(Freeze Dryer Lyoph-Pride, Ilshin, Dongducheon, Korea)에서 -50°C 까지 2차 동결한 다음 35-40°C 온도에서 24시간 감압 건조하여 분석용 동결건조 콩나물 시료를 준비한다.

대조구로 사용한 동결건조 콩나물은 100°C의 정제수에서 2분간 예비 열처리 한 다음 동일한 동결건조 조건을 적용하여 제조하였다. 그리고 목표 수준의 콩나물 조직감은 가정 조리 조건인 90°C의 물에서 7분간 가열 했을 때의 관능적 식감 및 기계적 측정치로 셋팅하였다.

조직감 측정

동결건조한 콩나물 조직감(firmness)은 80°C의 열수에서 2분간 복원시킨 후 Fudoh Rheometer (FUDHO Rheo Meter NRM-3005D, Fudoukogyou, Tokyo, Japan)를 사용하여 knife로 table speed 30 cm/min, 최대응력 0.5 kg, 하에서의 콩나물 표면으로부터의 시료당 15회의 절단 응력 실험을 통해 측정된 평균 파괴에너지를 이용하여 분석하였다. 측정치의 정확도를 기하기 위해 Chauvent 이상치 판정법에 의해 이상치를 제외한 평균값과 표준편차를 산출하여 결과 데이터로 활용하였다.

내부 조직 관찰

동결건조 콩나물의 건조 상태의 내부 조직은 유리칼과 ultramicrotome로 무처리 및 전처리 시료를 2-3 µm 두께로 각각 절단하여 0.05% 톨루이딘블루(toluidine blue, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)로 염색한 다음 광학 현미경을 이용하여 관찰하고 사진 촬영하였다.

관능평가

동결건조 콩나물의 질긴 조직감 개선을 위해 예비 열처리와 젤용액 침지를 실시한 실험구와 무처리 대조구의 관능적 특성을 평가하였다. 식품 연구개발 업무를 하는 훈련된 패널 10명을 검사원으로 선정하여 80°C의 물에 넣어 복원시킨 콩나물을 시식한 후 전반맛, 조직감, 외관, 색상을 5점 척도법으로 3회 반복 평가하였으며, 각 항목 평가 점수는 통계 처리하여 유의성 검증을 실시하였다.

가장 중요한 관능적 특징 파악을 위해 조직감은 아삭한 식감(crispness), 씹힘성(chewiness) 으로 구분하여 평가하였으며, 척도가 높을수록 특성 강도가 강한 것을 나타낸다. 각 시료의 평가가 끝나면 물로 입안을 헹구게 하고 2분 후 다음 평가를 하여 결과에 대한 정확도를 최대한 높였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복 하였으며, 실험 데이터에 대해서는 통계패키지 SAS (Statistical Analysis System Ver. 9.0, SAS Institute, Cary, NC, USA)로 분산분석(Analysis of

variance)을 실시하였다. 또한 시료간의 유의적 차이 검증을 위하여 Duncan's multiple range test를 실시하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

젤용액 침지 효과

열풍건조시 품질 저하를 가져오는 식물 조직 수축을 개선하기 위해 하이드로콜로이드 성분 침지를 통해 건조 초기 수분의 확산을 늦추어 섬유질 조직의 급격한 수축을 최소화하는 방법이 연구되고 있다(Hwang & Rhim, 1994; Kim et al., 2013). 본 연구에서도 하이드로 콜로이드 성분인 알긴산나트륨을 이용하여 동결건조의 조직감 향상을 도모하였다. 알긴산나트륨은 미역, 다시마 등과 같은 갈조류의 주성분으로 주로 안정제, 점도 증진제로 사용되어 왔으며, 칼슘과 반응하여 알긴산칼슘의 균일한 젤리를 생성함으로써 제품의 형태 유지성을 대단히 좋게 하는 장점을 가지고 있다.

물에서 예비 열처리한 콩나물을 냉수 침지 후 0.5-1.0% (w/w) 알긴산나트륨 용액에 1시간 침지시킨 다음 동결건조하여 무처리 시료 대비 조직감 개선 효과를 80°C 열수에서 2분간 복원시킨 후 고찰하였다. 실험 결과 Fig. 1에서와 같이 최적 식감을 가진 가정 조리식 콩나물 시료(control)의 줄기(stem) 조직감 0.26 kg/cm² 대비 0.5% 알긴산나트륨 용액에 침지한 경우 0.21 kg/cm² 값을 보여 가장 유사한 값을 보였으며, 아삭한 식감, 씹힘성과 같은 조직감의 관능평가에서도 가장 우수한 결과를 보였다.

알긴산나트륨의 동결건조 후 조직감과 외관 개선 효과는 얼음결정의 미세화에 따른 것이다. 고섬유질 야채류를 100°C에서 예비 열처리하면 야채의 세포벽 구조가 느슨해지거나 일부 파괴되는데, 이러한 손상된 세포벽 사이로 알긴산나트륨이 다량 침투하여 동결시 미세한 얼음 결정의 생성을 가져와 다공성 구조의 형성이 용이하게 된다.

또한 일부 알긴산나트륨은 세포액 내의 칼슘과 결합하여 단단한 세포구조를 만들어 동결건조시 승화열 건조에 의한 물분자 이동시 일어나는 세포조직의 파괴를 최소화시켜 조직의 형태를 잘 유지시킬 수 있다(Rho et al., 2000). 칼슘은 양파를 비롯한 각종 고섬유질 야채 조직의 가열에 따른 연화 현상을 최소화하는 작용을 한다. 가열 연화는 식물세포벽 구성물질인 펙틴질의 분해에 기인하는 것으로 즉 조리, 가열 살균되는 동안에 총 펙틴질이 손실되고, 불용성 프로토펙틴(protopectin)이 감소하는데 반해 수용성 펙틴이 증가하는 것이다. 이와 같은 인터라멜라 레이어(interlamella layer)의 화학적 성질의 변화가 가열에 의한 조직연화의 주 원인으로 밝혀져 있다(Kim et al., 1997; Li et al., 2005). 이를 방지하기 위해 현재 공업적으로 사용되고 있는 방법이 칼슘 용액에서 예비 열처리를 통해 펙틴의 α -1,4 결합을 불규칙적으로 가수분해하는 폴리갈락투로나제(polygalacturonase, PG)의 활성을 최대한 억제시키고, 대신 펙틴에스테라제(pectinesterase, PE)를 활성화시켜 펙틴과 칼슘이온 사이에 가교결합(cross-linkage)을 형성시켜 조직의 연화를 방지하는 방법으로 칼슘이 핵심 역할을 하고 있다.

예비 열처리 효과

100°C의 순수한 물에서 수분간 블렌칭을 하게 되면 일반적으로 급격한 탈수에 의한 세포벽 및 세포내 조직 손상 현상이 두드러져 동결건조 후의 물성에도 악영향을 미치게 되므로 가급적 조직 구조의 왜해가 완만히 일어나게 만들어야 한다. 이를 위해서 콩나물을 세포액내의 염농도와 유사한 0.5-1.0% (w/w)의 염화나트륨 용액에서 2분간 예비 열처리하고 0.5% 알긴산나트륨 용액에 침지 후 동결건조하여 개선 효과를 관능평가를 통해 살펴 보았다. 실험 결과 0.5% 염 농도가 세포액과 침지 용액의 농도를 등장 상태에 가깝게 하여 급격한 탈수를 방지시켜 완만한 조직 연화 효과가 일어나 아삭한 식감의 관능평가 결과 조직감이

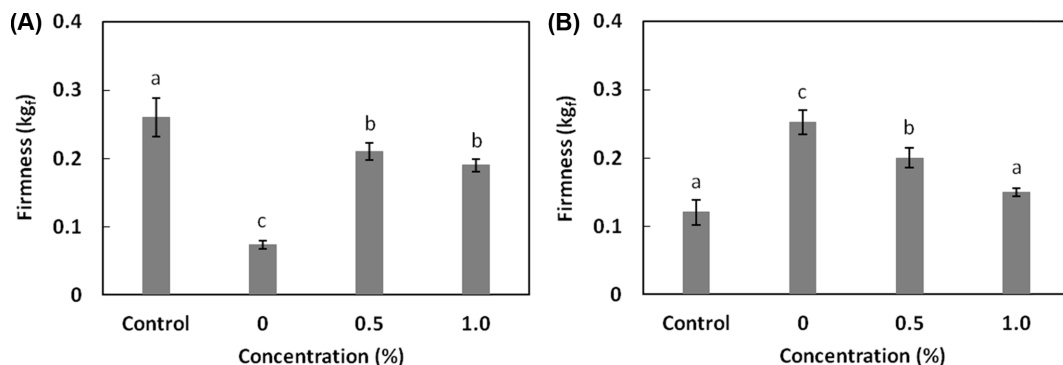


Fig. 1. The comparison of texture firmness of rehydration in 80°C water for 2 min with concentration of sodium alginate after soaking during 60 min in freeze dried bean sprout ((A): stem, (B): head, Control: home cooking type). Vertical bar represents standard deviation. Values marked above the bar with different letters are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

Table 1. Comparisons of sensory evaluation with pre heating in various concentration of NaCl solution on freeze dried sprout bean

Concentration NaCl (%)	Preference score (5-point hedonic scale) ¹⁾				
	Overall taste	Texture		Appearance	Color
		Crispness	Chewiness		
0	2.4±0.4 ^a	2.0±0.5 ^a	2.3±0.5 ^a	2.8±0.4 ^a	3.0±0.3 ^a
0.5	3.7±0.2 ^b	3.6±0.3 ^b	3.7±0.3 ^b	3.7±0.3 ^b	3.4±0.4 ^a
1.0	3.5±0.2 ^b	3.5±0.3 ^b	3.6±0.2 ^b	3.5±0.3 ^b	3.3±0.4 ^a
3.0	3.3±0.3 ^b	3.4±0.2 ^b	3.4±0.3 ^b	3.3±0.2 ^b	3.3±0.3 ^a

¹⁾Values are expressed as mean±standard deviation (n=10).

Values marked above mean±standard deviation with different letters are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

Table 2. Comparisons of sensory evaluation with various pretreatment methods on freeze dried sprout bean

Pretreatment methods	Preference score (5-point hedonic scale) ¹⁾				
	Overall taste	Texture		Appearance	Color
		Crispness	Chewiness		
Control	4.1±0.3 ^a	4.0±0.2 ^a	4.1±0.3 ^a	4.1±0.2 ^a	3.9±0.2 ^a
A	3.4±0.3 ^b	3.4±0.3 ^b	3.4±0.3 ^b	3.5±0.4 ^b	3.3±0.3 ^b
AS	3.9±0.2 ^a	3.7±0.2 ^b	3.9±0.2 ^a	3.8±0.2 ^b	3.8±0.2 ^a
ACP	3.6±0.2 ^b	3.5±0.2 ^b	3.5±0.2 ^b	3.6±0.3 ^b	3.7±0.2 ^a

Control: Home cooking style, A: 0.5% Alginate-Na solution, AS: 0.5% Alginate-Na + 1.0% Sucrose solution, ACP: 0.5% Alginate-Na + 0.5% Cellulose + 0.5% Pectin solution.

¹⁾Values are expressed as mean±standard deviation (n=10).

Values marked above mean±standard deviation with different letters are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

가장 우수하게 평가되었다(Table 1). 그에 반해 1.0% 염 농도에서는 큰 삼투압차 발생에 따른 세포액 탈수 현상으로 조직 변화가 급격해져 관능평가에서 더 낮은 점수를 받았다. 무처리구에 비해 0.5-3.0% NaCl 용액에서 예비 열처리한 모든 시료구에서 전반맛, 조직감, 외관 항목에 대한 관능평가 결과가 유의차 있게 나타나($p<0.05$) 동결건조시 삼투압에 의한 사전 탈수가 품질향상에 효과적인 것으로 나타났다.

당용액 시너지 효과

동결건조시 식물 조직의 수축을 최소화 하는 기작은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 젤 또는 당 성분 에 의한 열 응결정 미세화에 따른 조직 수축 감소 효과를 낼 수 있는 미세 다공성 구조 형성 기작과 삼투압 탈수 효과가 있는 당용액 침지를 통해 초기 수분 보유량을 감소시켜 건조시 조직 변형에 가장 큰 영향을 주는 인자를 제어하는 또 다른 기작이 있다(Jeung & Yeung, 2003; Kim et al., 2012). 열풍을 이용한 건조에서는 건조 초기 내부 수분의 외부 확산으로 조직 수축이 급격히 일어나지만 동결건조의 경우 승화에 의해 수분이 제거되므로 미세 다공성 구조 형성의 영향이 사전 탈수 기작 보다 더 크게 건조 후 조직 상태에 영향을 미친다고 할 수 있다(Choi & Choi, 1995).

알긴산나트륨 침지 효과를 더 증진시키기 위해 탈수 기능을 가진 당성분과 수분 확산에 영향 줄 수 있는 하이드

로 콜로이드 성분을 혼합하여 상승 효과를 살펴보았다. 실험 결과 1.5% 슈크로오스를 1.0% 알긴산나트륨에 혼합하여 사용한 결과 알긴산나트륨 단독 사용시 보다 전반맛, 식감, 외관 등의 관능품질이 증가하여 실험구에서 가장 우수한 결과를 보였다(Table 2). 줄기 부위 조직감의 기기 측정 결과에서도 컨트롤로 사용한 가정 조리식의 수치와 가장 근접하게 나와 동일한 경향을 보였다(Fig. 2). 0.5% 펙틴과 셀룰로오스를 혼합한 경우도 조직감 개선 효과는 있었으며, 통계적으로 유의차는 없는 범위에서 슈크로오스 첨가에 비해 그 효과가 다소 떨어졌다. 머리 부위를 비교한 결과에서는 펙틴과 셀룰로오스를 알긴산나트륨에 혼합한 경우가 가장 가정 조리식과 가까웠는데 이는 부위별 주요 성분의 함량 차이에 따른 것으로 생각된다. 콩나물 머리 부위에는 상대적으로 단백질 함량이 높은 편이며, 줄기에는 섬유소와 당분 성분이 더 많아 당류와 하이드로콜로이드의 조직구조에 대한 탈수 및 동결시 미세구조 생성 효과가 부위별로 다르게 나타나는 것으로 추정된다.

본 연구에서 동결건조 콩나물의 전반맛, 외관, 색상 등의 관능품질 평가와 조직감의 기기 측정 결과 등을 종합 분석하여 가장 효과적인 방법으로 나타난 0.5% 염화나트륨 용액에서 100°C, 2분간 예비 열처리한 후 0.5% 알긴산나트륨과 1.0% 슈크로오스를 혼합한 25°C 용액에 1시간 침지하는 전처리 방법을 적용한 시료의 건조 후 조직 상태를 Fig. 3에 나타내었다. 전처리 방법을 적용한 동결건조 콩나

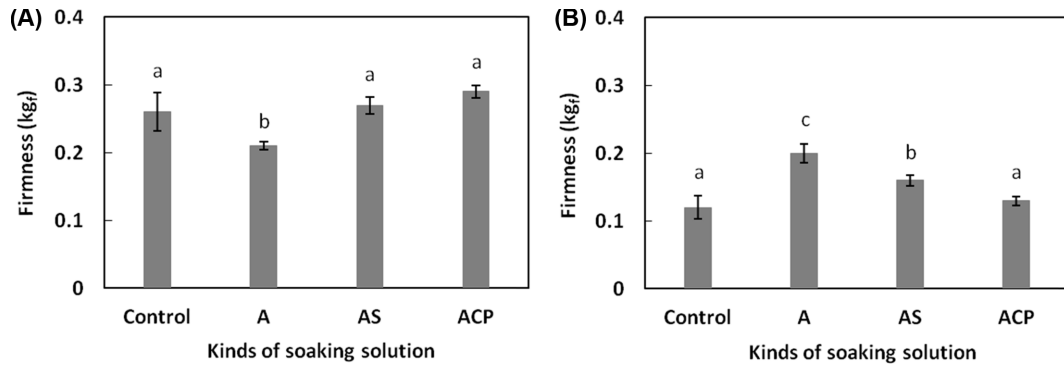


Fig. 2. The comparison of texture firmness of rehydration in 80°C water for 2 min with soaking of various solution consist of hydrocolloid and sucrose during 60 min in freeze dried bean sprout ((A): stem, (B): head). Control: Home cooking style, A: 0.5% Alginate-Na solution, AS: 0.5% Alginate-Na + 1.0% Sucrose solution, ACP : 0.5% Alginate-Na + 0.5% Cellulose + 0.5% Pectin solution. Vertical bar represents standard deviation. Values marked above the bar with different letters are significantly different by ANOVA with Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

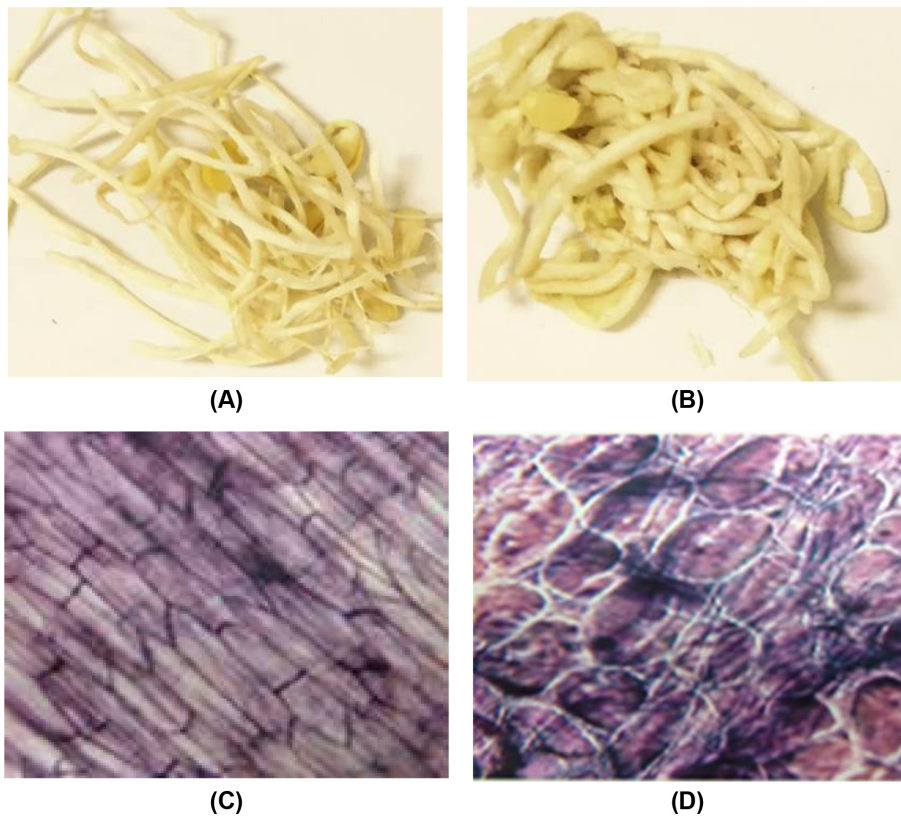


Fig. 3. The comparison of appearance and cell structure with and without pretreatment as soaking of 0.5% alginate-Na and 1.0% sucrose solution for 60 min after heating for 2 min at 100°C in 0.5% NaCl solution on freeze dried bean sprout ((A), (C): appearance and cell structure of dried condition without pretreatment, (B), (D): appearance and cell structure of dried condition with pretreatment).

물의 조직 수축 정도가 현저하게 개선된 점을 육안으로 확인이 가능하였으며(Fig. 3A, 3B), 건조 조직을 광학 현미경으로 관찰한 결과에서도 무처리구에 비해 동결건조 과정에서의 조직 수축이 적어 세포 구조가 온전히 남아 있음을 알 수 있었다(Fig. 3C, 3D).

요 약

콩나물과 같은 고섬유질 야채류의 동결건조 후 조직감 개선을 위한 전처리 방법을 연구한 결과 예비 열처리와 하이드로콜로이드 및 당 용액 침지를 조합, 적용시 건조 후 조직수축이 개선되고 복원력이 향상 되었다. 100°C의 0.5%

(w/w) 염화나트륨 용액에서 2분간 예비열처리한 다음 0.5% 알긴산나트륨과 1.0% 슈크로오스를 첨가한 상온의 용액에서 60분 교반 침지시 열수 복원 후 전반맛, 식감, 외관 등의 관능 품질이 100°C 물에서 1분간 예비 열처리한 시료 보다 1.6점이나 더 우수하여 큰 개선 효과를 나타내었으며, 기계적 측정치에서는 전처리 콩나물 줄기의 경도값이 0.27 kg_f로 가정 조리식의 0.26 kg_f와 거의 근접한 수치를 보였다. 이러한 전처리 공정을 대파, 썩갓, 고사리 등의 다양한 고섬유질 동결건조 야채류에 적용시 관능품질 및 복원력이 향상될 것으로 기대되므로 산업화에서 적용 가능성이 높다고 할 수 있다.

References

- Choi KS, Choi YH. 1995. Mass transfer characteristics in the osmotic dehydration process of carrots. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 387-393.
- Hwang KT, Rhim JW. 1994. Effect of various pretreatments and drying methods on the quality of dried vegetables. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 805-813.
- Jeung SL, Yeung JH. 2003. A study of rheology with cooking methods of potato. *Korean J Culinary Res.* 9: 85-97.
- Kim BC, Hwang JY, Wu HJ, Lee SM, Cho HY, Yoo YM, Shin HH, Cho EK. 2012. Quality changes of vegetables by different cooking methods. *Korean J Culinary Res.* 18: 40-53.
- Kim JG, Jeong ST, Jang HS, Kim YB. 1997. Quality properties of dried melon with different pretreatments. *Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products* 4: 147-153.
- Kim JW, Lee SH, No HK, Hong JH, Park CS, Youn KS. 2013. Effects of pretreatment and drying methods on quality and anti-oxidant activities of dried jujube (*Zizyphus jujuba*) fruit. *J Korean Soc. Food Sci Nutr.* 42: 1242-1248.
- Ko YT, Kang JH, Kim TE. 2001. Quality of freeze dried kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 100-106.
- Ko YT, Kang JH. 2003. Quality of freeze-dried Yulmoo-kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 254-259.
- Li J, Izquierdo MP, Lee TC. 1997. Effects of ice-nucleation active bacteria on the freezing of some model food systems. *Int. J. Food Sci. Technol.* 32: 41-49.
- Li N, Lin D, Barrett DM. 2005. Pectin methylesterase catalyzed firmness effects on low temperature blanching vegetables. *J. Food Eng.* 70: 546-556.
- Park SJ, Choi YB, Ko JR, Rha YA, Lee HY. 2014. Effects of drying methods on the quality and physiological activities of blueberry (*Vaccinium ashei*). *Korean J Culinary Res.* 20: 55-64.
- Rho JH, Lee SH, Kwon HY. 2000. The quality change of fruits containing proteolytic activity during storage and lyophilization. *J. Korean Soc. Food Sci Nutr.* 29: 1057-1061.
- Watanabe S, Abe K, Hirata A, Emori Y, Watanabe M, Arai S. 1993. Large-scale production and purification of an *Erwinia ananas* ice nucleation protein and evaluation of its ice nucleation activity. *Biosci. Biotech. Biochem.* 57: 603-606.