

Effect of shelf-life extension of birch sap using high pressure processing

Kyung Hwa Choi, Sun Im Kim, Dong Uk lee, Jung Tae Jeon*
R&D Center, Wooyang Frozen Food Co., Ltd., Cheongyang 33315, Korea

초고압 기술이 자작나무 수액의 저장성 향상에 미치는 영향

최경화 · 김순임 · 이동욱 · 전정태*
(주)우양냉동식품 중앙연구소

Abstract

Effects of high pressure processing on physicochemical and microorganisms properties in birch sap were investigated using variable high pressure processing conditions. The viable cell counts of untreated birch sap was 4.0 log CFU, whereas high pressure processed sap were not detected. In birch sap was treated with 450 to 550 MPa, microorganisms were not detected during storage period, and physicochemical properties as well as color were slightly changed. The more processing time and pressure, its quality variations were more stable and then its optimum processing condition was determined with 120 sec at 550 MPa. The microorganisms and physicochemical properties of treated birch sap were investigated during storage at 5°C and 10°C for 45 and 28 days. Changes of physicochemical properties of treated birch sap were smaller than those of the untreated, but viable cell count were not detected during storage period. As for pH, °Brix, and turbidity result of birch sap, quality shelf life of control and treatment were 4 and 24 days, respectively. Especially, ΔE value of instrumental color was untreated birch sap 4 days similar with the high pressure processed it for 28 days. These results indicated that the high pressure processing can be used as an effective method to improve the shelf life of birch sap.

Key words : high pressure processing, birch sap, physicochemical, microorganisms, shelf-life

서 론

수액은 수목의 도관이나 사부를 통해 이동하는 액체로서 우리나라를 비롯한 여러 나라에서 음용하고 있으며(1), 우리나라에서 음용되고 있는 대표적인 수종은 단풍나무과의 고로쇠나무와 당단풍나무, 자작나무과의 자작나무, 박달나무, 물박달나무, 거제수나무, 사스래나무 등으로 대별할 수 있다(2,3). 일반적으로 음용하는 수액은 목부수액을 뜻하며, 이것은 무기염, 질소화합물, 탄수화물, 효소, 식물호르몬 등이 용해되어있는 비교적 묽은 용액이다(4,5).

자작나무(*Betula platyphylla*)는 내한성이 강한 나무로 우리나라에서는 중부이북지방의 산록에서 자라는 나무이다. 잎이 넓고 흰색인 나무껍질이 얇게 벗겨지기 때문에 나무를 모르는 사람들도 쉽게 알아 볼 수 있다(6). 자작나무는 자일리톨 등의 원료로 사용되며, 청량감을 주며 치주질환을 예방하고 당뇨병 치료제의 혈당치를 조절하거나 식품에 첨가하고 있으며, 한방에서는 황달, 신장염, 폐결핵, 신경통, 위염, 이뇨, 간경화 등에 요긴하게 사용되며, 수피에서부터 수액, 나무, 목질 및 그 수액을 먹고 기생하는 차가버섯까지 버릴 것이 없는 이로운 나무로 알려져 있다(7,8). 대체로 수액의 이동이 빠른 이름 봄에 한시적으로 채취하여 음용하고 있으나, 자작나무 수액은 굳이 변식하기 쉬운 영양 물질을 함유하고 있기 때문에 쉽게 갈변되거나 세균오염 등의 문제로 신선한 상태의 수액을 소비자들에게 공급하는데 많은 어려움이 있어 저장기간을 늘리기 위해 채취 후 냉동 보관하고 있는 실정이다(9-11). 따라서 수액의 저장기간을

*Corresponding author. E-mail : jtjeon@foodkorea.com
Phone : 82-70-8859-5624, Fax : 82-41-944-1629
Received 30 August 2016; Revised 4 October 2016; Accepted 1 May 2017.
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

연장하기 위한 적합한 가공 및 살균공정과 연구가 필요하다고 판단된다. 가열 공정은 가장 일반적인 식품의 살균방법이지만 영양성분 손실, 향미 변화 등의 근본적인 문제점이 있기 때문에 비가열 가공(non-thermal process)기술이 적용되어야 한다(12). 비가열 가공에는 고전압 펄스 전기장(pulsed electric field, PEF), ultraviolet(UV), irradiation, ultrasound, ozone, ohmic heating, high pressure processing (HPP) 등의 비가열처리 기술이 응용되고 있다(13). 그 중 최근 주목을 받고 있는 비가열 가공으로는 HPP 기술이 있는데(14), 이는 높은 압력을 이용하여 압력매체로 순간적인 압력을 균일하게 전달시키는 정수압의 원리로 식품 살균 효과 뿐만 아니라 식품의 영양성분, 색, 향과 연관된 화학적 반응의 영향이 최소화 되어 제품의 품질변화가 거의 없어 식품의 특성을 살리며, 유통기한 연장의 이점을 볼 수 있는 기술로 근래 상업적으로 각광받고 있다(15,16). 2000년대 이후로 신선함과 천연을 강조하는 보존료 무첨가 육가공품, 과채가공품 및 프리미엄 과채주스 중심으로 적용이 확산되고 있으며 고품질 구현을 위한 보편화된 기술로 사용되고 있지만(17), 수액의 저장성 증진을 위한 HPP 연구는 아직 보고된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 자작나무 수액의 저장성을 향상시키기 위한 방법으로 HPP 기술을 이용하여 HPP 처리 전후의 이화학적 변화를 관찰하고, 수액을 상업적으로 이용할 경우 가장 중요한 지표인 저장기간 및 온도에 따른 미생물 및 품질특성 변화를 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에서 사용된 자작나무수액(birch sap)은 SK임업(충북 충주시 산천면 명성리 인등산 자작나무 조림지)으로부터 제공받아 연구를 진행하였고, 자작나무 수액은 채취하여 1 µm 1차 여과, 0.45 µm 2차 여과, UV 살균 처리 후 -20℃에서 냉동 보관된 것을 해동하여 실험에 사용하였다.

High pressure processing(HPP) 조건 설정

저장성 시험에 들어가기 전 HPP(Hyperbaric 135, N.C. Hyperbaric, S.A., Burgos, Spain) 처리 기준을 설정하기 위해 아래 Table 1과 같이 5가지의 처리방법을 통해 5℃의 저장고에서 1차 예비 실험을 실시하고 그 결과에 따라 본 저장성 실험은 HPP 처리 전후 자작나무 수액을 130 mL씩 멸균용기에 담아 밀봉한 후 약 10℃의 물을 유입시켜 550 MPa, 120 sec로 초고압 처리를 하여 5℃와 10℃의 저장고에 저장하면서 저장기간에 따른 이화학 및 미생물학적 특성을 측정하였다.

Table 1. Preliminary experimental test for set HPP conditions

Sample ¹⁾	Pressure (MPa)	Time (sec)
Control	-	-
BS-1	550	30
BS-2	550	60
BS-3	500	60
BS-4	500	120
BS-5	450	120

¹⁾Control, non-treated birch sap; BS-1, birch sap treated with 550 MPa pressure for 30 sec; BS-2, birch sap treated with 550 MPa pressure for 60 sec; BS-3, birch sap treated with 500 MPa pressure for 60 sec; BS-4, birch sap treated with 500 MPa pressure for 120 sec; BS-5, birch sap treated with 450 MPa pressure for 120 sec.

당도(°Brix), pH 및 산도 측정

자작나무 수액의 저장조건에 따른 당도(°Brix) 변화는 refractometer(RX-5000a, Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 20℃에서 측정하였다. pH는 pH meter(SevencompactTM pH/Ion S220, Mettler Toledo AG, China)를 이용하여 3회 반복 측정하였다. 총 산도는 수액 1 mL를 취하여 1% 페놀프탈레인 용액을 지시약으로 하여 자동 적정기(Titroline[®] 5000, SI Analytics FmbH, Germany)를 이용하여 0.1 N NaOH 용액으로 자동 적정하였다. 소비된 NaOH용액의 적정량(mL)을 수액의 주요 유기산인 malic acid로 환산하여 나타내었다.

갈변도 및 탁도 측정

자작나무 수액의 저장조건에 따른 갈변도 및 탁도 변화는 UV-spectrophotometer(UV-1800 240V, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 갈변도(browning index)는 420 nm에서 그리고 탁도(turbidity)는 590 nm에서 각각의 흡광도를 측정하였다(1).

색도

자작나무 수액의 저장조건에 따른 색도는 표준색판(L=0.00, a=0.10, b=-0.05)으로 보정된 색차계(CM-5, Konica Minolta, Ink, Japan)를 이용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness) 및 황색도(b, yellowness)값으로 나타내었다. HPP 처리전 시료를 기준으로하여 처리후의 변화로 나타내었고, 표준색판의 L, a 및 b 값은 각각 100.0, -0.01, 0.00이었다. 한편 시료간의 색도차이를 나타내는 ΔE(total color difference) 값은 다음의 식을 이용하여 계산하였다(23).

일반세균, 대장균군, 대장균, 진균 측정

자작나무수액의 저장조건에 따른 일반세균, 대장균군, 진균 측정에 사용된 검체의 채취 및 취급은 식품공전법에 따라 실시하였다. 자작나무 수액을 원액 또는 멸균된 0.85% saline을 가하여 연속적으로 희석을 하여 plate count agar

(PCA, Difco, Franklin Lakes, NJ, USA), desoxycholate lactose agar(DCLA, Difco, Franklin Lakes, NJ, USA), potato dextrose agar(PDA, Difco) 배지에 pour plate법으로 접종하여 36°C에서 약 48시간 배양한 후 15-300개의 집락을 생성한 평판을 택하여 colony 수를 계측하여 측정하여 colony forming unit(log CFU)으로 표시하였고, 대장균은 정성시험으로 EC broth 배지를 이용하여 24시간 배양 후 gas가 생성된 것을 확인하여 균의 생육 여부를 확인하여 음성(negative)/양성(positive)으로 표시하였다.

통계분석

실험 결과는 통계 프로그램 SPSS(18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 평균값과 표준오차를 산출하였고, 저장기간에 따른 이화학적 변화의 유의적 차이비교를 위해 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

자작나무 수액의 품질 변화에 따른 최적 조건 설정

압력 450-550 MPa, 처리 시간 30-120 sec 등의 다양한 조건으로 HPP 처리한 자작나무수액을 5°C의 냉장조건에서 63일 동안 저장하면서 살펴본 이화학적 변화는 Table 2와 Fig. 1과 같다. 당도는 저장기간 중 control 및 HPP 조건에서 1.2-1.4 °Brix의 범위로 큰 변화가 없었지만, HPP 미처리군의 pH는 5.86에서 4.39로 감소하는 경향을 보였고 산도는 0.042%에서 0.121%까지 증가하는 경향을 보였다. 수액을 저장하면서 15일간 pH 변화를 살펴본 결과 control군은 그 변화폭이 0.3-0.5인데 반하여 HPP 처리군은 0.04-0.1로 그 변화폭이 미세하게 나타났다. Kim 등(19)은 저장성 향상을 위해 열처리를 하는 경우보다 HPP 처리를 하였을 때 화학적인 변화가 크게 일어나지 않는다고 하였다. 특히 control군의 pH는 초기 5.86에서 63일간 저장 후 4.39로 매우 큰 변화를 보였으나 500 MPa에서 120 sec 실시한 HPP 처리군은 처리 직후 6.04에서 63일간 저장 후 5.70으로 pH 변화가 적게 나타났다. 이러한 경향은 Shin 등(10)의 한외여과방법을 이용한 자작나무 수액의 저장성 연구에서 한외여과 처리군과 미처리군의 정도의 차이는 있었지만 같은 현상을 나타내었는데 자작나무 수액을 저장하는 동안 pH 감소 현상이 있었다는 보고와 일치하는 결과를 보였다. 이는 음용수와는 달리 자작나무 수액에 존재하는 유기산 및 단백질 등의 영양 성분 등이 많아 미생물의 증식으로 인한 유기산 증가로 pH가 낮아지고 산도가 증가하는 결과가 나타나는 것으로 사료된다.

자작나무 수액의 HPP 처리 후 저장 기간 동안 pH, 갈변도 및 탁도의 변화 양상은 Fig. 1과 같다. 다양한 HPP 처리

조건 중 BS-3군이 다른 조건에 비해 pH, 갈변도 및 탁도의 변화가 가장 적게 나타나 자작나무 수액을 500 MPa, 120 sec의 처리 조건에서 처리하는 것이 이화학적 변화를 최소화하는 적정 조건으로 평가하였다.

또한, 다양한 영양물질을 함유한 수액의 저장유통상 단점은 미생물 증식이라고 할 수 있는데 다양한 HPP 조건에 따른 미생물을 확인한 결과를 Table 3에 나타내었다. Control의 경우 초기 미생물이 4.19 log CFU에서 6일 후에는 6.34 log CFU까지 증가되었다. 일반세균의 경우 15일까지 약 1 log CFU의 수준에서는 검출되지 않았으며, HPP 처리 후 초반에는 세포 미세구조의 변화를 일으켜 기능적 손실을 야기하여 사멸되고(12), 저장일이 길어질수록 손상된 세포막을 회복하는 일반세균이 발생함에 따라 상이하게

Table 2. Changes in physicochemical properties of birch sap treated under various HPP conditions during cold storage at 5°C

Sample ¹⁾	Storage period (day)	Sugar contents (°Brix)	Total acidity (%)	pH
Control	1	1.4±0.1 ^{ab}	0.042±0.004 ^a	5.86±0.00 ^d
	6	1.4±0.0 ^b	0.045±0.004 ^a	5.53±0.00 ^c
	15	1.3±0.1 ^{ab}	0.062±0.004 ^b	4.99±0.00 ^b
	63	1.3±0.0 ^a	0.121±0.007 ^c	4.39±0.00 ^a
BS-1	1	1.3±0.0 ^b	0.042±0.004 ^a	6.04±0.00 ^d
	6	1.3±0.1 ^b	0.040±0.000 ^a	5.98±0.01 ^c
	15	1.3±0.1 ^b	0.045±0.004 ^a	5.85±0.01 ^b
	63	1.2±0.1 ^a	0.045±0.004 ^a	5.38±0.00 ^a
BS-2	1	1.3±0.0 ^b	0.025±0.004 ^a	6.04±0.00 ^d
	6	1.4±0.1 ^b	0.027±0.000 ^a	5.98±0.01 ^c
	15	1.3±0.0 ^b	0.029±0.004 ^a	5.86±0.00 ^b
	63	1.2±0.1 ^a	0.038±0.003 ^b	5.65±0.00 ^a
BS-3	1	1.3±0.1 ^b	0.027±0.004 ^a	6.04±0.00 ^d
	6	1.4±0.1 ^c	0.027±0.004 ^a	5.98±0.02 ^c
	15	1.4±0.1 ^{bc}	0.042±0.000 ^b	5.86±0.02 ^b
	63	1.2±0.1 ^a	0.058±0.000 ^c	5.04±0.03 ^a
BS-4	1	1.3±0.1 ^a	0.025±0.004 ^a	6.04±0.00 ^d
	6	1.3±0.1 ^a	0.025±0.004 ^a	5.98±0.02 ^c
	15	1.3±0.1 ^a	0.027±0.000 ^a	5.86±0.02 ^b
	63	1.2±0.1 ^a	0.040±0.000 ^b	5.70±0.01 ^a
BS-5	1	1.3±0.1 ^{ab}	0.025±0.004 ^a	6.05±0.01 ^d
	6	1.3±0.1 ^b	0.040±0.000 ^b	6.00±0.01 ^c
	15	1.4±0.1 ^{ab}	0.040±0.000 ^b	5.87±0.01 ^b
	63	1.2±0.0 ^a	0.065±0.004 ^c	4.88±0.02 ^a

¹⁾Control, non-treated birch sap; BS-1, birch sap treated with 550 MPa pressure for 30 sec; BS-2, birch sap treated with 550 MPa pressure for 60 sec; BS-3, birch sap treated with 500 MPa pressure for 60 sec; BS-4, birch sap treated with 500 MPa pressure for 120 sec; BS-5, birch sap treated with 450 MPa pressure for 120 sec.

²⁾Means±SD (n=3) with different superscript in the each column (HPP condition group) are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

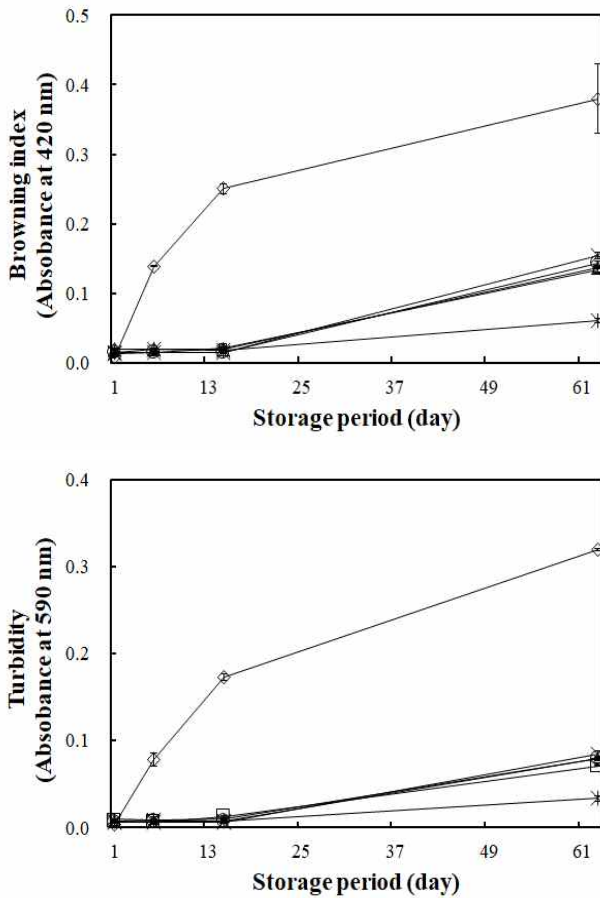


Fig. 1. Changes in browning index and turbidity of birch sap treated under various HPP conditions during cold storage at 5°C.

◇-◇, Control, non-treated birch sap; □-□, BS-1, birch sap treated with 550 MPa pressure for 30 sec; △-△, BS-2, birch sap treated with 550 MPa pressure for 60 sec; ×-×, BS-3, birch sap treated with 500 MPa pressure for 60 sec; *-*, BS-4, birch sap treated with 500 MPa pressure for 120 sec; ○-○, BS-5, Birch sap treated with 450 MPa pressure for 120 sec. Values are means±SD of triplicate determinations.

측정되는 것으로 판단된다. 대장균의 오염은 없었지만 대장균군이 검출되었고 저장기간이 증가될수록 더 증식되는 것을 확인 할 수 있었다. 반면에 HPP 처리군의 처리 직후 일반세균은 1 log CFU 이하로 나타났으며, 대장균군은 검출되지 않아 완전하게 제어된 것으로 나타났다. 다양한 HPP 처리군 중 5°C의 냉장보관 조건에서의 일반세균에 대한 제어능력은 63일간 저장 후의 결과를 볼 때 BS-4와 BS-5가 미생물학적으로 매우 안정한 값을 보였다.

자작나무수액은 식품공전의 식품별 기준 및 규격(고시 제2016-64호)에서 기타음료로써 일반세균수 2 log CFU 이하로 규정되어 있으며(18) 상업적으로 이용되기 위해서는 일반세균이 가장 큰 지표 기준이 되어야한다. BS-1, BS-2, BS-3의 일반세균 값은 2 log CFU 이상으로 기준을 초과하여 규격에 맞지 않아 조건이 적합하지 않고, BS-4, BS-5 두 조건은 각각 500 MPa와 450 MPa로 압력은 다르지만 동일한 처리 시간인 120 sec 에서 일반세균 g log CFU 이하

로 식품별 규격에 적합한 결과를 보였다.

종합적으로 예비실험에서는 500 MPa에서 120 sec, 450 MPa에서 120 sec 의 두 조건에서 이화학 및 미생물의 제어에서 가장 큰 효과가 나타났지만, Chen 등(21)에서 초고압 처리 조건을 달리한 과파야 음료의 품질변화를 살펴보았을 때 HPP 처리시간이 길어질수록, 그리고 압력이 높을수록 미생물의 세포막 구조의 손상이 커짐으로써 제어능력이 높다는 연구결과에 따라 자작나무 수액의 이화학적 및 미생물학적 안전성에 최대의 효과를 보기 위하여 550 MPa, 120 sec 의 최대 압력으로 다음 실험을 실시하였다.

Table 3. Changes in microorganism of birch sap treated under various HPP conditions during storage at 5°C

Micro-organism	Sample ¹⁾	Storage period (day)			
		1	6	15	63
Total bacteria	Control	4.19±0.01 ²⁾	6.34±0.04	-	-
	BS-1	0.54±0.06	ND ³⁾	ND	3.89±0.01
	BS-2	0.50±0.20	0.69±0.09	ND	3.47±0.02
	BS-3	0.30±0.00	ND	0.24±0.24	3.50±0.07
	BS-4	0.45±0.15	0.98±0.02	0.30±0.00	ND
	BS-5	0.77±0.07	1.15±0.11	ND	1.24±0.01
Coliform group	Control	0.80±0.10	1.47±0.01	-	-
	BS-1	ND	ND	ND	ND
	BS-2	ND	ND	ND	ND
	BS-3	ND	ND	ND	ND
	BS-4	ND	ND	ND	ND
	BS-5	ND	ND	ND	ND
E.coli	Control	Negative	Negative	-	-
	BS-1	Negative	Negative	Negative	Negative
	BS-2	Negative	Negative	Negative	Negative
	BS-3	Negative	Negative	Negative	Negative
	BS-4	Negative	Negative	Negative	Negative
	BS-5	Negative	Negative	Negative	Negative

¹⁾Control, non-treated birch sap; BS-1, birch sap treated with 550 MPa pressure for 30 sec; BS-2, birch sap treated with 550 MPa pressure for 60 sec; BS-3, birch sap treated with 500 MPa pressure for 60 sec; BS-4, birch sap treated with 500 MPa pressure for 120 sec; BS-5, birch sap treated with 450 MPa pressure for 120 sec.

²⁾All results are expressed as means for three replicates.

³⁾ND, Not detected.

저장온도에 따른 수액의 이화학적 변화

최적 조건 설정 결과로 설정된 HPP 조건인 550 MPa, 120 sec으로 자작나무 수액을 처리하였고, 5°C와 10°C 각각의 조건에서 저장하면서 이화학 변화를 관찰하였다(Table 4, 5). 5°C에 저장한 HPP 미처리군 C-5의 pH는 초기 5.69에서 13일간 저장 후에는 4.96으로 급격히 감소되었고, 산도

는 13일간 저장하는 동안 0.013%에서 0.085%로 증가하는 추세를 보였다. 탁도는 초기에 0.014에서 저장 13일째에는 10배인 0.140까지 증가하였고, 갈변도 또한 초기에 0.031에서 저장 13일째에는 0.238까지 급격히 증가되는 것을 확인할 수 있었다. 하지만, HPP 처리군인 H-5는 초기에 pH 5.59에서 13일까지 5.55으로 거의 변화가 없었고 그래프에 나타내지 않았지만 45일 저장일까지 5.49로 pH의 변화가 크지 않았다. 산도 1일차 0.022%에서 13일차 0.042%으로 처리군보다 완만한 증가를 보였다. 탁도 및 갈변도 또한 HPP 미처리 군은 0.014에서 0.140, 0.031에서 0.238로 급격히 증가하였지만, HPP 처리군은 1일차 탁도 0.024에서 0.020, 갈변도

Table 4. Changes in physicochemical properties of birch sap treated under HPP conditions during cold storage at 5 and 10°C

Sample ¹⁾	Storage period (day)	Sugar contents (^o Brix)	Total acidity (%)	pH
C-5	1	1.35±0.00 ²⁾³⁾	0.013±0.000 ^a	5.69±0.03 ^d
	13	1.24±0.00 ^a	0.085±0.003 ^d	4.96±0.03 ^a
H-5	1	1.26±0.00 ^{ab}	0.022±0.003 ^b	5.59±0.00 ^e
	13	1.27±0.01 ^b	0.045±0.003 ^c	5.55±0.00 ^b
C-10	1	1.33±0.02 ^c	0.015±0.003 ^a	5.69±0.00 ^d
	13	1.14±0.01 ^a	0.121±0.004 ^c	4.17±0.03 ^a
H-10	1	1.27±0.01 ^b	0.025±0.004 ^a	5.60±0.00 ^e
	13	1.25±0.02 ^b	0.045±0.007 ^b	5.54±0.00 ^b

¹⁾C-5, non-treated birch sap during storage at 5°C; H-5, birch sap treated with 550 MPa pressure for 120 sec during storage at 5°C; C-10, non-treated birch sap during storage at 10°C; H-10, birch sap treated with 550 MPa pressure for 120 sec during storage at 10°C.

²⁾Values are means±SD of triplicate determinations.

³⁾Different superscripts within the each column (storage temperature groups) indicate significant differences (p<0.05).

Table 5. Changes in browning index and turbidity of birch sap treated under HPP conditions during cold storage at 5 and 10°C

Sample ¹⁾	Storage period (day)	Browning index	Turbidity
C-5	1	0.031±0.00 ²⁾³⁾	0.014±0.002 ^a
	13	0.238±0.005 ^b	0.140±0.005 ^c
H-5	1	0.039±0.001 ^a	0.024±0.001 ^b
	13	0.039±0.005 ^a	0.020±0.001 ^{ab}
C-10	1	0.031±0.002 ^a	0.014±0.002 ^a
	13	0.332±0.001 ^c	0.191±0.004 ^b
H-10	1	0.056±0.006 ^b	0.021±0.004 ^a
	13	0.033±0.002 ^a	0.015±0.006 ^a

¹⁾C-5, non-treated birch sap during storage at 5°C; H-5, birch sap treated with 550 MPa pressure for 120 sec during storage at 5°C; C-10, non-treated birch sap during storage at 10°C; H-10, birch sap treated with 550 MPa pressure for 120 sec during storage at 10°C.

²⁾Values are means±SD of triplicate determinations.

³⁾Different superscripts within the each column (storage temperature groups) indicate significant differences (p<0.05).

1일차 0.039에서 18일차 0.040으로 거의 변화가 없었다.

이러한 결과는 Park 등(22)이 초고압 처리한 대추술을 60일간 저장하면서 품질변화를 살펴본 결과 무처리 및 냉동 처리한 술의 경우 pH 및 산도의 변화가 크게 일어났으나 HPP 처리한 술의 경우 이화학적 변화가 거의 일어나지 않았다는 결과와도 일치하는 내용이다.

10°C에 저장한 control군인 C-10도 5°C에서 저장한 경우와 동일하게 초기 pH 5.69에서 13일간 저장 후에는 pH 4.17까지 감소되어 5°C에서 저장하였을 때보다 변화폭이 더 크게 감소하는 경향을 보였다. 그에 따라 산도, 탁도, 갈변도 또한 5°C보다 더 큰 변화를 보였으며, 산도는 0.015%에서 0.121%까지 증가되고, 탁도는 초기 0.014에서 13일 저장 후 0.191까지 증가되었다. 갈변도도 0.031에서 0.332까지 약 10배 이상으로 급격하게 높아졌다. 데이터를 나타내지 않았지만 HPP 처리군인 H-10은 10°C의 저장조건에서 24일 동안 pH는 5.60-5.50, 탁도 0.015-0.021, 갈변도 0.033-0.056으로 큰 변화 없이 안정된 값을 보여 이화학적으로는 안정적인 값을 보였으나, 저장 28일에는 °Brix를 제외한 항목 중 pH는 4.96으로 감소되고, 산도가 0.078%, 탁도 0.064, 갈변도 0.122으로 증가하였다. 수액의 저장기간 증가에 따른 pH 감소 및 총 산도, 탁도, 갈변도의 증가는 수액 내에 존재하는 미생물이 증식하면서 유기산 및 대사물이 생성되었기 때문으로 판단된다(1).

저장온도에 따른 수액의 색도 변화

식품의 색 변화는 식품을 저장하거나 가공할 때 일어나는 일반적인 현상으로 식품의 품질에 상당한 영향을 미친다. 저장일 및 저장온도에 따른 색도를 측정된 결과는 Table 6과 같다. 자작나무 수액의 명도는 평균 99.34, 99.70, 적색도는 평균 -0.15, -0.03, 황색도는 평균 0.79, 1.13 범위로 측정되었다. HPP 처리군인 H-5, H-10 두 조건 모두 저장기간까지 큰 변화가 없었지만, control군은 저장일이 길어질수록 명도는 감소하고, 적색도와 황색도는 증가하는 경향이 나타났다. 특히 b 값의 변화가 가장 크게 나타났는데 5°C에 저장한 C-5는 초기에 0.79에서 저장 7일째에는 0.83, 저장 13일째에는 1.56으로 점차 증가되었고, 10°C에 저장한 C-10은 초기에 0.61이었고, 저장 4일째에는 0.83, 8일째에는 1.67, 13일째에는 2.22로 전자보다 큰 변화의 폭을 보였다. 반면, HPP 처리로 인해 전반적으로 수액의 L 값은 5°C에서 99.22-99.43, 10°C에서 99.19-99.37, a 값은 5°C에서 -0.03-0.00, 10°C -0.03-0.03으로 큰 변화가 없었고 다만, b 값이 1일차 1.18에서 28동안 저장기간이 길어짐에 따라 1.36으로 약간 증가하였다. 전체적으로 5°C와 10°C에 저장하는 동안 색도의 차이는 크지 않아 품질에 큰 영향을 끼치지 않았다. Park 등(22)은 대추술을 저장하였을 때의 색변화의 원인 중 살균 부족으로 인한 잔존 미생물의 대사물이 색도의 영향을 미친다고 하였는데 HPP 처리 미생물 증

Table 6. Effect of HPP on color in birch sap during storage at 5 and 10°C

Sample ¹⁾	Storage period (day)	Hunter's parameter			
		L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)	ΔE
C-5	1	99.70±0.02 ^{2)c3)}	-0.15±0.04 ^a	0.79±0.02 ^a	-
	7	99.63±0.02 ^b	-0.03±0.02 ^b	0.83±0.05 ^a	0.14
	13	99.49±0.02 ^a	0.13±0.02 ^c	1.56±0.01 ^b	0.85
H-5	1	99.34±0.01 ^{bcd}	-0.03±0.02 ^{ab}	1.13±0.02 ^a	-
	7	99.32±0.03 ^{abc}	-0.03±0.02 ^{ab}	1.14±0.02 ^a	0.03
	13	99.29±0.06 ^{abc}	-0.04±0.01 ^a	1.15±0.03 ^{ab}	0.06
	18	99.28±0.03 ^{abc}	0.00±0.01 ^b	1.20±0.02 ^{bc}	0.10
	24	99.26±0.05 ^{abc}	-0.03±0.02 ^{ab}	1.15±0.02 ^{ab}	0.09
	30	99.22±0.11 ^a	-0.03±0.01 ^{ab}	1.20±0.03 ^{bc}	0.14
	36	99.37±0.04 ^{cd}	-0.01±0.02 ^{ab}	1.23±0.06 ^{cd}	0.11
	42	99.43±0.08 ^d	-0.01±0.02 ^{ab}	1.22±0.03 ^c	0.13
C-10	1	99.75±0.03 ^{2)c3)}	-0.13±0.03 ^a	0.61±0.03 ^a	-
	4	99.69±0.01 ^c	-0.06±0.01 ^b	0.83±0.02 ^b	0.24
	8	99.26±0.04 ^b	0.14±0.03 ^c	1.67±0.01 ^c	1.20
	13	98.70±0.18 ^a	0.30±0.02 ^d	2.22±0.01 ^d	1.97
H-10	1	99.26±0.05 ^{ab}	-0.03±0.02 ^{ab}	1.18±0.06 ^a	-
	4	99.19±0.05 ^a	-0.04±0.01 ^{ab}	1.19±0.01 ^a	0.07
	8	99.20±0.05 ^a	-0.05±0.02 ^a	1.15±0.02 ^a	0.07
	13	99.33±0.08 ^{bc}	-0.03±0.02 ^{ab}	1.08±0.03 ^a	0.12
	16	99.37±0.06 ^c	-0.02±0.03 ^{abc}	1.12±0.10 ^a	0.13
	21	99.32±0.06 ^{bc}	0.01±0.02 ^{bc}	1.07±0.04 ^a	0.13
	24	99.36±0.05 ^{bc}	0.03±0.04 ^c	1.04±0.03 ^a	0.18
28	99.27±0.03 ^{abc}	-0.02±0.06 ^d	1.36±0.16 ^b	0.26	

¹⁾C-5, non-treated birch sap during storage at 5°C; H-5, birch sap treated with 550 MPa pressure for 120 sec during storage at 5°C; C-10, non-treated birch sap during storage at 10°C; H-10, birch sap treated with 550 MPa pressure for 120 sec during storage at 10°C.

²⁾Values are means±SD of triplicate determinations.

³⁾Different superscripts within the each column (storage temperature groups) indicate significant differences (p<0.05).

색이 제어되어 대사물이 생성되지 않아 색도의 안정성을 기대할 수 있다고 판단된다. 전체적인 색도의 변화를 나타내는 ΔE 값 또한 HPP 처리한 수액의 변화폭이 적게 나타나 수액을 HPP 처리함으로써 색도의 안전성이 확보됨을 확인할 수 있었다.

저장온도에 따른 수액의 미생물 변화

자작나무 수액을 5°C에서 저장했을 때, control군과 HPP 처리군의 미생물 증식 변화는 Table 7과 같다. Control군은 초기 미생물 1.54 log CFU 에서 7일, 13일에서 3 log CFU 이상으로 기타음료의 규격에 적합하지 않았다. 반면, HPP 처리군은 저장 45일까지 일반세균, 대장균군, 진균 등 모두 증식되지 않았고, 대장균 또한 음성으로 나타나 HPP처리로 일반세균 및 대장균군, 진균이 제어되어 미생물학적으로도 안전한 수준이라고 판단된다.

10°C에서 저장한 처리군도 위와 동일하게 control군 초기 미생물 1.54 log CFU 으로 나타났지만 4일후부터 3 log CFU 이상으로 규격을 초과하였다. 그러나, HPP처리군은 28일간 저장하는 동안 일반세균, 대장균군, 진균은 모두 증식되지 않았고, 대장균 또한 음성으로 나타났다. Rajan 등(24)은 10⁶ CFU 의 *Bacillus stearthermophilus* 포자를 egg patties에 접종하여 가열조건(121°C, 15 min)에서 1.5 log CFU, 초고압과 가열 병행조건(700 Mpa, 105°C, 5 min)에서 4 log CFU 감균되는 결과가 나타나고, deionized water에 접종한 경우 가열 초고압은 6 log CFU 이상의 큰 감균 효과가 있음을 알 수 있다. 이러한 연구결과는 고체보다 액체의 형태의 시료에 더 큰 효과를 보이는 것으로 판단된다. Table 3에서 control군의 초기 일반세균이 약 4 log CFU, 대장균군이 1 log CFU로 초기 살균방법인 여과, UV 살균으로도 충분히 제어하지 못하는 것을 확인할 수 있었고, HPP 처리

후에는 초기 미생물을 제어하는 것으로 파악되었기 때문에 HPP는 자작나무 수액의 안전성을 확보하고 그로 인해 저장성을 증가시킬 수 있는 방법이라고 사료된다.

Table 7. Effect of HPP on microorganism in birch sap during storage at 5 and 10°C

(unit: log CFU)

Sample ¹⁾	Storage period (days)	Total bacteria	Coliform	<i>E.coli</i>	Fungi
C-5	1	1.54±0.70 ²⁾	ND	Negative	0.60±0.30
	7	TNTC ³⁾	TNTC	Negative	0.48±0.00
	13	TNTC	TNTC	Negative	0.60±0.00
H-5	1	ND ⁴⁾	ND	Negative	ND
	7	ND	ND	Negative	ND
	13	ND	ND	Negative	ND
	18	ND	ND	Negative	ND
	24	ND	ND	Negative	ND
	30	ND	ND	Negative	ND
	36	ND	ND	Negative	ND
	45	ND	ND	Negative	ND
C-10	1	1.54±1.18	ND	Negative	0.65±0.18
	4	TNTC	TNTC	Negative	1.28±0.78
	8	TNTC	TNTC	Negative	ND
	13	TNTC	TNTC	Negative	ND
H-10	1	ND	ND	Negative	ND
	4	ND	ND	Negative	ND
	8	ND	ND	Negative	ND
	13	ND	ND	Negative	ND
	24	ND	ND	Negative	ND

¹⁾C-5, non-treated birch sap during storage at 5°C; H-5, birch sap treated with 550 MPa pressure for 120 sec during storage at 5°C; C-10, non-treated birch sap during storage at 10°C; H-10, birch sap treated with 550 MPa pressure for 120 sec during storage at 10°C.

²⁾All results are expressed as means for three replicates.

³⁾TNTC, Too numerous to count ($>1.0 \times 10^3$ CFU/mL).

⁴⁾ND, Not detected.

요 약

초고압 공정(HPP)은 비가열 공정 중 하나로 식품 중의 세균 증식을 억제하는 방법으로 근래 들어 상업적으로 각광 받고 있다. 자작나무 수액은 여과 및 UV 살균과정을 거쳐 유통되지만 상업적으로 사용하기에는 식품공전 미생물 규격에 적합하지 않아 추가 살균처리 없이 유통을 하기에는

적합하지 않은 단점이 있었다. 본 연구에서는 그 단점을 보완하고 저장유통기한을 연장하기 위해 비가열가공 살균 방법으로 최근 주목받고 있는 HPP를 적용하고자 하였다. 최적 조건을 설정하기 위해 HPP 조건을 달리 하여 63일 동안 저장하여 변화를 관찰하였고, 그 결과 압력이 높고 처리시간이 길어질수록 미생물제어에 효과적이었다. 설정된 550 MPa, 120 sec의 조건으로 HPP 처리한 후 5°C와 10°C에 저장하며 미생물 및 품질변화를 관찰하였다. HPP 미처리군의 경우에는 4-7일차에 급격한 미생물 증식 및 이화학 변화가 일어났지만 HPP 처리군의 경우 5°C에서 45일, 10°C에서 28일간 저장하는 동안 일반세균, 대장균, 대장균군, 진균 모두 증식이 없어 미생물학적으로 안전한 것으로 나타났다. 또한, pH, 산도, 당도, 탁도 및 갈변도의 변화를 살펴본 결과 5°C에서는 45일까지 변화가 없었고, 10°C에서는 28일차에서 pH 감소, 산도, 갈변도, 탁도의 증가로 급격한 변화로 24일 저장하는 것이 이화학적으로도 안정하다고 평가하였다. 이상의 결과로 볼 때 자작나무 수액은 효과적인 살균 처리를 하지 않으면 미생물증식, 탁도 및 갈변도 변화, 산도 증가로 유통기한이 4일 이하로 저장성이 많이 낮지만, HPP 처리함으로 인해 미생물 증식을 막고 그에 따른 수액의 이화학적 안정성을 확보하여 수액의 품질수명을 기존 미처리군에 비해 6배 연장시킬 수 있을 것으로 판단된다.

References

- Lee CH, Nho JW, Hwang IG, Shin CS, Lee JS, Jeong HS (2010) Shelf-life extension of *Acer mono* sap using ultra filtration. J Korean Soc Food Sci Nutr, 39, 455-460
- Chung MJ, Lee SJ, Shin JH, Jo JS, Sung NJ (1995) The components of the sap from birches, bamboos and darae. J Korean Soc Food Nutr, 24, 727-733
- Jeong SJ, Lee CH, Kim HY, Hwang IG, Shin CS, Park ES, Lee JS, Jeong HS (2011) Characteristics of *Goroshoe* (*Acer mono* Max.) sap with different collection times after ultra filtration. J Korean Soc Food Sci Nutr, 40, 753-758
- Kim JH, Lee WJ, Cho YW, Kim KY (2009) Storage-life and palatability extension of *Betula platyphylla* sap using lactic acid bacteria fermentation. J Korean Soc Food Sci Nutr, 38, 787-794
- Gansert D, Burgdorf M (2005) Effects of xylem sap flow on carbon dioxide efflux from stems of birch (*Betula pendula* Roth). Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 200, 444-455
- Jeong SJ, Lee CH, Kim HY, Lee SH, Hwang IG, Shin CS, Lee JS, Jeong HS (2012) Quality characteristics of

- the white birch sap with varying collection periods. J Korean Soc Food Sci Nutr, 41, 143-148
7. Lee CH, Cho YM, Park ES, Shin CS, Lee JY, Jeong HS (2009) *In vivo* immune activity of sap of the white birch (*Betula platyphylla* var. *japonica*). Korean J Food Sci Technol, 41, 413-416
 8. Harju L, Hulden S (1990) Birch sap as a tool for biogeochemical prospecting. J Geochem Explor, 37, 351-365
 9. Choe SB, Han SJ, Han OH, Kim HS, Kang ST (2013) Effects of UV sterilization on quality of *Acer mono* sap. J Korean Soc Food Sci Nutr, 42, 148-152
 10. Shin CS, Jeong HS, Lee CH (2011) Effects on shelf-life of *Betula platyphylla* var. *japonica* sap using ultra filtration and UV sterilization system. Paper presented at Annual Meeting of The plant Resources Society of Korea, October 21, Jinan, Korea
 11. Lee CH, Cho GS, Woo SY, Park ES (2006) Changes in antioxidant and immune activity of the research component of the storage conditions of birch sap. Paper presented at International symposium and annual meeting of The Korean Society of Food Science and Nutrition, October 18, Korea
 12. Mok CK, Song KT, Lee SK, Park JH, Woo GJ, Lim SB (2000) Microbial changes of salted and fermented shrimp by high hydrostatic pressure treatment. Korean J Food Sci Technol, 32, 349-355
 13. Ahn SI, Chung IA, Chung WS, Jhoo JW, Kim GY, Jeon JT (2016) Changes in lactic acid bacteria and physicochemical properties of yogurt made with high pressure processing treated milk. J Korean Soc Food Sci Nutr, 45, 889-893
 14. Park SJ, Choi YB, Ko JR, Rha YA, Lee HY (2014) Quality characteristics of citrus fruit by cyclic low pressure drying and high hydrostatic pressure extraction. Korean Culinary Res, 20, 13-21
 15. Sim JB (2016) Effect of combined high pressure processing and freezing technique on physicochemical properties of abalone (*Haliotis discus hannai*). MS Thesis, Konkuk University, Korea, p 1-5
 16. Park WJ, Jwa MK, Hyun SH, Lim SB, Song DJ (2006) Microbial and quality changes during storage of raw oyster treated with high hydrostatic pressure. J Korean Soc Food Sci Nutr, 35, 1449-1455
 17. Lee SH (2013) Advances in food preservation technology using high pressure. Food Science and Industry, 46, 42-48
 18. KFDA (2016) Korea Food Code. Korea Food & Drug Administration, Seoul, Korea, p 103-121
 19. Kim CH, Kwon MC, Qadir SA, Hwang B, Nam JH, Lee HY (2007) Toxicity reduction and improvement of anticancer activities from *Rhodiola sachalinensis* A. Bor by ultra high pressure extracts process. Korean J Medicinal Crop Sci, 15, 411-416
 20. Lim SB, Jwa MK, Mok CK, Park YS (2001) Quality changes in *Kochujang* treated with high hydrostatic pressure. Korean J Food Sci Technol, 33, 444-450
 21. Chen D, Pang X, Zhao J, Gao L, Liao X, Wu J, Li Q (2015) Comparing the effects of high hydrostatic pressure and high temperature short time on papaya beverage. Innovative Food Sci Emerging Technol, 32, 16-28
 22. Park HJ, Kim KY, Jeong HS (2009) Quality changes of jujube wine by hydrostatic pressure and freezing treatment during storage. J Korean Soc Food Sci Nutr, 38, 89-97
 23. Oliveria ACM, Balaban MO (2006) Comparison of a colorimeter with a machine vision system in measuring color of gulf of mexico sturgeon fillets. Appl Eng Agric, 22, 583-587
 24. Rajan S, Pandrangi S, Balasubramaniam VM, Yousef AE (2006) Inactivation of *Bacillus stearothermophilus* spores in egg patties by pressure-assisted thermal processing. LWT-Food Sci Technol, 39, 844-851