

## 유산균 발효를 이용한 자작나무 수액의 저장성 및 기호성 증진 기술

김종호 · 이운종 · 조운원 · 김광엽<sup>†</sup>  
충북대학교 식품공학과

### Storage-life and Palatability Extension of *Betula platyphylla* Sap Using Lactic Acid Bacteria Fermentation

Jong-Ho Kim, Woon-Jong Lee, Youn-Won Cho, and Kwang-Yup Kim<sup>†</sup>

Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

#### Abstract

In this study, a new method for extending storage-life and palatability of *Betula platyphylla* sap by applying lactic acid bacteria fermentation was developed. The fluids of saps were filtered through 0.22  $\mu\text{m}$  membrane filter and each fermented by 8 different lactic acid bacteria which are *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus brevis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc lactis*, *Lactococcus lactis*, *Pediococcus pentosaceus*, *Pediococcus dextrinicus*, *Streptococcus thermophilus*. All the tested lactic acid bacteria except *P. dextrinicus* grew fast up to  $10^6\sim 10^7$  cfu/mL levels and lowered pH down to about pH 4 levels in 48 hours in both saps. The produced organic acids and lowered pH level inhibited the growth of spoilage microorganisms almost completely for 2 weeks during storage at room temperature. Addition of xylitol in the saps before fermentation accelerated the growth of lactic acid bacteria and increased the sweetness and overall taste of final product. The filtration process did not affect the mineral compositions of *Betula platyphylla* saps. Also the compositions and amounts of minerals showed very minor differences before and after fermentation in *Betula platyphylla* saps inoculated with *L. acidophilus*. By applying lactic acid fermentation to extend storage-life of tree saps instead of heat treatment, it was possible to keep natural minerals in active forms without any modifications.

**Key words:** *Betula platyphylla* sap, shelf-life, lactic acid bacteria, fermentation

#### 서 론

수액이란 도관이나 사부를 통해 이동하는 액체로써 목부의 도관이나 가도관을 통하여 상승하는 액체, 내 수피에 있는 사부조직의 도관을 통하여 내려오는 액체, 방사유세포를 통하여 흐르는 액체, 목질부 또는 가지의 손상 때 흐르는 액체, 생활조직 세포의 세포질 내에 있는 액체를 총칭하며, 크게 목부수액(xylem sap)과 사부수액(phloem sap)으로 나눌 수 있다(1). 목부수액이란 토양으로부터 증산류를 타고 상승하는 도관내의 수액을 말하며, 사부수액은 사부를 통한 탄수화물의 이동액을 말한다. 그러나 일반적으로 목부수액을 '수액'이라고 부르며, 이것은 무기염, 질소화합물, 탄수화물, 효소, 식물호르몬 등이 용해되어 있는 비교적 묽은 용액이다.

이들 수종과 동속식물의 수액을 건강음료로서 마시는 풍습은 구소련, 중국, 일본 등에서도 오랜 역사를 가지고 있으며 민간약으로써는 이뇨, 변비, 통풍, 류머티즘, 습진, 괴혈병, 신경통, 산후통 등에 효험이 있다고 하여 이들 수액 성분

에 대한 관심이 높다(2-4). 국내에서는 수액을 단순히 건강음료로서 이용하고 있고, 단풍나무과 및 자작나무과 일부 수종의 수액 성분에 대해서는 되고 있으나(5-7) 약리작용에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있으며, 또한 이들 연구 내용은 단순한 수액성분 분석에 국한되어 있다. 우리나라와 마찬가지로 수액을 음용하고 있는 일본에서는 자작나무(*Betula platyphylla*)에 대해(7,8) 미국과 캐나다에서는 사탕단풍나무(*Acer saccharum*)의 수액성분에 관한 연구(9,10)가 활발하게 이루어지고 있다. 국외에서는 수액을 단순한 건강음료로서가 아니라 약용으로 이용하려는 약리학적 활성에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다(11).

자작나무(*Betula platyphylla*)는 추위에 강한 나무로 우리나라에서는 중부이북지방의 산록에서 자라는 나무이다. 잎이 넓적하고 회색의 나무껍질이 잘 벗겨지기 때문에 나무를 모르는 사람들도 쉽게 알아 볼 수 있다. 한방에서는 나무껍질을 거담, 황달, 폐렴, 치주염에 효과가 있어 약으로 사용하고 있다(12). 현재 우리나라에서 음용되고 있는 나무 수액의 대표적인 수종을 분류하면 단풍나무류와 자작나무류로 전

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: kimky@chungbuk.ac.kr  
Phone: 82-43-261-2568, Fax: 82-43-271-4412

자는 고로쇠나무와 당단풍나무, 후자는 자작나무, 박달나무, 거제수나무, 사스래나무 등이며 그 외에도 대나무 및 다래나무 등이 있다(13).

자작나무류 수액은 건위, 이뇨, 식욕촉진, 신경안정, 위장병 및 여성 산후증 등에 효과가 있다하여(14,15) 이 수액을 '약수'라 하며 민간요법으로 널리 애용되고 있다(16,17). 자작나무 수액은 상기한 바와 같은 약리 작용이 있다하여 민간요법으로 널리 이용되어 왔으며, 특히 중국에서는 자작나무 수액이 거담제, 위장병, 괴혈병 치료제 및 청열 해독제로 오래전부터 응용되어 왔다고 전해지고 있다(18). 하지만 이 수액 성분에 관한 연구 결과는 전무한 상태이며, 막연히 이들 수액 중에 약리작용에 영향을 미치는 특수 성분이 함유되어 있을 것으로 추정되고 있다. 특히 우리나라의 경우 산지에 많은 수액 자원이 있음에도 불구하고 그 채취방법이나 포장, 가공기술 등이 아직 원시적이므로 소득원이 되지 못하고 있는 실정이다(19).

2001년 농림부에서 실시한 실험에 따르면 고로쇠나무 수액을 membrane filter kit(pore size 0.45  $\mu$ L)와 자외선(UV) 소독을 거친 후 4°C 저온 저장하는 중 미생물은 *Bacillus*, *Enterobacter*, *Microbacterium*이 가장 흔히 발견되는 세균이며, 총 14종의 세균을 동정하였는데, 이들 세균은 일반적으로 음료수에서 발견되는 세균과 유사한 종류로 판정되었다고 한다(20,21). 미생물에는 식품의 부패나 변패의 원인이 되는 것이 있는데 *Bacillus*균이 관여하는 것으로 알려져 있다. 미생물은 발육에 필요한 조건으로 영양소, 수분, 온도, pH, 산소 등으로 발육조건이 맞으면 급격히 증식된다. 자작나무 등의 수액에는 영양소와 무기물, 수분, 무기물 등이 많이 함유되어 있고, 세균이 잘 자랄 수 있는 최적 pH 6.5와 동일하여 부패의 원인이 되는 세균이 증식할 수 있는 최적 조건을 갖고 있다(22).

유산균은 인간이 이용할 수 있는 가장 유익한 미생물의 한 종류로서 오래 전부터 발효 유제품(발효유, 치즈 등)을 중심으로 각종 장류, 김치, 발효소시지, 의약품 및 가축의 사료 첨가제에 이르기까지 그 특성에 따라 인류생활에 광범위하게 활용되면서 인류의 생활에 직·간접적으로 밀접한 관계를 맺고 있으며, 지금까지 유산균은 300~400여종이 있는 것으로 알려져 있다. 유산균의 주요 대사물질은 lactic acid로 이것에 의한 pH의 저하가 발효식품의 보존성을 향상시키는 제 1의 요인이다. 그러나 유산은 pH를 저하시킴으로써 미생물의 생육을 억제하는 것만이 아니라 비 해리형의 유산염은 전기적 proton force(구배)를 파괴함으로써 항균적인 작용을 나타낸다. 또한, 유산균 중에는 미량이지만 acetic acid와 propionic acid를 생성하는 것이 많다. 이러한 산은 유산보다 pKa치가 높고 따라서 같은 pH영역에서는 유산보다 acetic acid와 propionic acid가 해리도가 낮기 때문에 항균활성이 유산보다도 높다. 유산과 함께 이러한 산이 존재하는 경우에는 항균작용에 더하여 상승효과가 난다. 이러한

유산균의 기능으로 정장 효과, 장내 개선, 유해균의 억제 작용이 있으며, 비타민을 생성하는 등 미네랄 흡수 촉진 효과도 있다(23).

본 연구에서는 길항작용 특성을 나타내는 유산균을 우점화시켜 *Bacillus*균과 같은 변패 미생물의 생육을 억제하고 여과과정과 유산균발효만을 이용하여 유익한 성분인 미네랄, 성분변화를 최소화하면서 저장성을 증진시키는 기술을 개발하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 수액 시료

본 실험에 사용된 자작나무 수액은 충북 월악산 부근의 농가에서 채취되어 냉동 보관된 것을 4°C에서 완전히 해동시킨 뒤 사용하였다.

### 사용 균주

본 실험에 사용된 유산균은 보건복지부에서 *L. acidophilus* ATCC 3111을 분양받아 3회 계대 배양하여 사용하였고, 한국생명공학연구원 생물자원센터에서 분양받아 3회 계대 배양하여 사용한 균주는 다음과 같다. *L. brevis* KCTC 3498, *Leu. mesenteroides* KCTC 3733, *Leu. lactis* KCTC 3528, *L. lactis* KCTC 3926, *P. pentosaceus* KCTC 3507, *P. dextrinicus* KCTC 3506, *S. thermophilus* KCTC 33658 유산균의 3회 계대 배양은 MRS(DeMan, Rogosa, Sharpe Broth) 액체배지를 이용하였다.

### 시약 및 기기

유기산 측정을 위해서 페놀프탈레인(phenolphthalein)시약과 0.01 N NaOH 용액을 사용하여 적정하였고, 자작나무 수액의 여과는 1리터 멤브레인 필터키트(membrane filter kit; pore size 0.22  $\mu$ m, Corning, NY, USA)를 사용하였고, pH는 pH meter(istek, Inc)를 사용하였다. 또한, 미네랄 성분 분석은 ICP-AES(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry, Thermo XDL)를 사용하여 측정하였다.

### 자작나무 수액을 이용한 유산균 발효에 적합한 균주의 선별

자작나무 수액을 4°C에서 완전히 해빙시킨 뒤 1리터 멤브레인 필터키트를 이용하여 여과한 후 수액의 유산균 발효를 위해 *L. acidophilus* ATCC 3111, *L. brevis* KCTC 3498, *Leu. mesenteroides* KCTC 3733, *Leu. lactis* KCTC 3528, *L. lactis* KCTC 3926, *P. pentosaceus* KCTC 3507, *P. dextrinicus* KCTC 3506, *S. thermophilus* KCTC 33658 균주를 접종하였다. 즉, 자작나무 수액의 주 발효에 앞서서 상기 균주를 MRS 액체배지에 접종하여 24시간 동안 37°C 배양기에서 배양하고, 이를 3회 계대 배양하는 종균배양을 실시하였

다. 이렇게 얻어진 유산균에서 초기균을  $10^4 \sim 10^5$ 으로 일정하게 맞춘 후 그 현탁액 0.1 mL을 300 mL의 여과된 자작나무 수액에 접종하여 37°C에서 정지 배양하는 동안 0 hr, 12 hr, 24 hr, 48 hr, 72 hr에서 균수, pH 및 유기산을 측정하였다. 균수는 발효 원액을 단계적인 십진 희석한 후 MRS 평판배지에 도말하여 이를 37°C 배양기에 배양되어 나오는 콜로니 수로 측정하였고, pH는 pH meter(25°C 보정)를 사용하여 측정하였으며, 유기산은 시료 10 mL을 취하여 0.01 N NaOH 용액으로 적정하여 측정하였다. 실험은 3 반복 실시하였으며 이를 토대로 배양 시 생균수 증진, 유기산 생성능 등이 가장 뛰어난 균주를 선발하였다.

### 당을 첨가한 자작나무 수액 속에서의 유산균 발효 및 관능검사

자작나무 수액을 4°C에서 완전히 해빙시킨 뒤, 300 mL의 자작나무 수액에 각각 자일리톨 3%(9 g), 스테비오사이드 0.02%(stevioside 0.06 g)를 용해하여 1리터 멤브레인 필터 키트를 이용하여 여과한 후, 자작나무 수액을 이용한 유산균 발효에 적합한 균주의 선발 실험을 통해 선발된 균주(*L. acidophilus* ATCC 3111, *Leu. mesenteroides* KCTC 3733, *P. pentosaceus* KCTC 3507)를 접종하여 발효하였다. 발효하는 과정에서 0 hr, 12 hr, 24 hr, 48 hr, 72 hr의 균수, pH 및 유기산을 측정하였다. 세부 실험 방법은 자작나무 수액을 이용한 유산균 발효에 적합한 균주의 선발 실험의 방법과 동일하다. 상기 실험을 토대로 선발된 당을 첨가하여 유산균 발효시킨 자작나무 수액에 대해 관능시험을 실시하였다.

### 시음료 제조 및 실온(20°C) 저장 실험

당을 첨가한 자작나무 수액 속에서의 유산균 발효와 동일한 방법으로 자작나무 수액을 4°C에서 완전히 해빙시킨 뒤, 1000 mL의 자작나무 수액에 각각 자일리톨 3%(30 g), 솔삭향 0.2%(2 mL)를 용해하여 1리터 멤브레인 필터 키트를 이용하여 여과한 후 *L. acidophilus* ATCC 3111 균주를 3회 계대 후 접종하여 37°C에서 24시간 동안 정지 배양하여 시음료를 제조하였다. 만들어진 시음료를 멸균된 유리병에 각각 100 mL씩 나누어 담아 실온(20°C)에서 16일 동안 저장 중 0 day, 1 day, 4 day, 7 day, 10 day, 13 day, 16 day에서 유산균수와 일반세균수를 알아보고, pH 및 유기산을 측정한다. 세부 실험 방법은 자작나무 수액을 이용한 유산균 발효에 적합한 균주의 선발 실험과 동일하며, 한번 실험에 사용된 유리병 샘플은 잡균의 오염을 의심하여 다시 사용하지 않고 폐기하였다.

### 미네랄 분석

여과 전후의 미네랄 성분과 발효 전후의 미네랄 성분을 확인하여 유효성분인 미네랄의 성분 변화 유무를 조사하였다. 즉, 순수 수액 25 mL과 멤브레인 필터 키트(pore size 0.22 μm)를 통하여 여과된 수액 25 mL, 여과된 수액에 *L. acid-*

*ophilus* ATCC 3111을 접종하여 24시간 및 48시간 발효시킨 수액 각각 25 mL씩을 취한 후 ICP-AES(Thermo XDL)를 통하여 Pb, Se, Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, As, Al, B, Ca, Mg, Na, Sr, Ba의 성분 분석을 하였다.

## 결과 및 고찰

### 자작나무 수액을 이용한 유산균 발효에 적합한 균주의 선발

자작나무 수액에 *Lactobacillus* spp.를 접종한 경우 나타나는 생균수 측정 결과는 Fig. 1에, *Leuconostoc* spp. 및 *Lactococcus* spp.을 접종한 결과는 Fig. 2에, *Pediococcus* spp. 및 *Streptococcus* spp.을 접종한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 또한 각각의 유산균들을 발효 시 자작나무 수액내의 pH 변화는 Table 1에, 그리고 각 유산균들이 발효 시 생성하는 유기산 생성은 Table 2에 나타내었다. *Lactobacillus* spp.의 경우 발효가 진행됨에 따라 유산균의 수가 완만히 증가함을 보이고 있고 비교적 많은 유기산 생성으로 인하여 pH가 4.41 이하로 떨어져 잡균의 오염을 방지할 수 있다(24). 또 Table 1에서 보듯이 대조구에 있어서도 pH가 일부 감소하기는 하나 이는 미생물의 유기물 분해 시 발생하는 적은 양

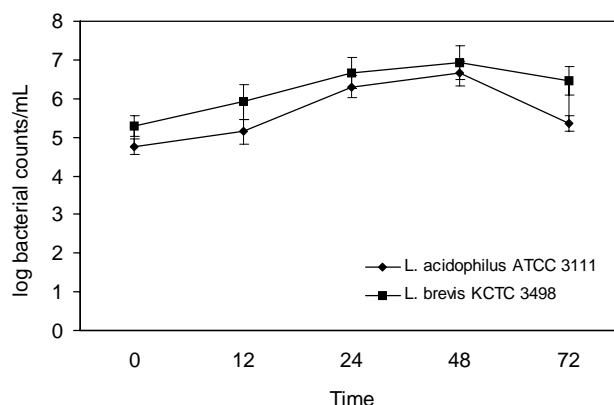


Fig. 1. Growth of *Lactobacillus* spp. in *Betula platyphylla* sap.

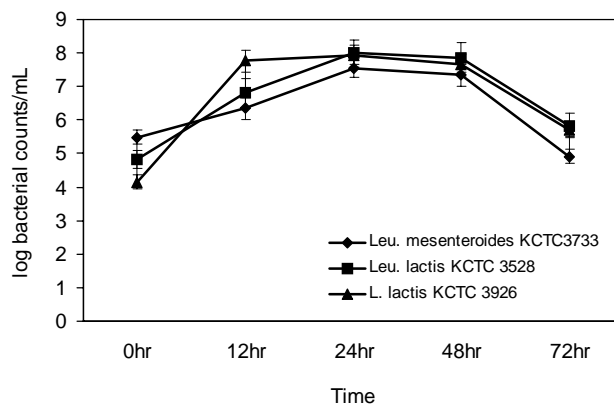


Fig. 2. Growth of *Leuconostoc* spp. and *Lactococcus* spp. in *Betula platyphylla* sap.

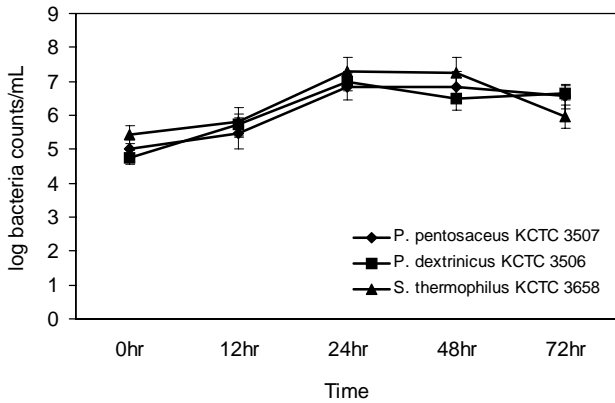


Fig. 3. Growth of *Pediococcus* spp. and *Streptococcus* spp. in *Betula platyphylla* sap.

의 옥살산, 젖산, 아세트산, 포름산이 생성되기 때문이다 (22). *Leuconostoc*속의 균주가 접종되어 발효가 진행되어도 *Lactobacillus*속의 균주를 접종하여 발효시킨 것과 마찬가지로 그 수가 완만히 증가함을 보이고 있다. 또, 유기산의 생성으로 인하여 pH 역시 3.77 이하로 떨어지는 것이 나타난다. *Lactococcus*속을 이용한 유산균 발효도 마찬가지로 그 수가 완만히 증가함을 보이고 있고, pH가 3.92 이하로 떨어지며 유기산의 생성량도 상당하여, 상기 *Lactobacillus*속과 마찬가지로 유기산생성으로 인한 pH의 저하로 잡균의 오염을 방지할 수 있다(24,25). *Pediococcus*속 및 *Streptococcus*속의 균주를 접종하여 발효시킨 자작나무 수액에서도 Fig.

3과 같이 대부분의 실험군은 시간이 지남에 따라 균수가 증가함을 볼 수 있고 pH도 4.27 이하로 떨어졌으며, 유기산의 상당량이 증가됨을 볼 수 있다. 특이한 점은 *P. dextrinicus* KCTC 3506은 균수는 증가하고 있지만, pH의 변화가 다른 균주에 비해 현저히 적고, 유기산 생성량도 적음을 확인할 수 있다. 이 결과로 *P. dextrinicus* KCTC 3506은 유기산을 생성하여 충분한 pH의 저하가 없기 때문에 자작나무 수액 속에서 잡균의 오염방지를 위한 유산균발효에 적합하지 않음을 알 수 있었다(22).

상기 실험 결과를 토대로 배양 시 생균수 증진, 유기산 생성능 등이 가장 뛰어난 *L. acidophilus* ATCC 3111, *Leu. mesenteroides* KCTC 3733, *P. pentosaceus* KCTC 3507을 자작나무 수액을 이용한 유산균 발효에 적합한 균주로 1차 선발하였다.

당을 첨가한 자작나무 수액 속에서의 유산균 발효 및 관능검사

시음료 제조를 위하여 당을 첨가하였을 때, 유산균 발효에 미치는 영향을 보고 유산균 발효에 더 효과적인 당을 선발하기 위한 생균수 측정 결과는 Fig. 4에 나타내었으며, 자작나무 수액을 이용한 유산균 발효에 적합한 균주의 선발 실험 통해서 선발된 세 가지 균주(*L. acidophilus* ATCC 3111, *Leu. mesenteroides* KCTC 3733, *P. pentosaceus* KCTC 3507)를 각각 자작나무 수액에 자일리톨과 스테비오사이드

Table 1. pH changes of *Betula platyphylla* sap during the fermentation using lactic acid bacteria

	pH				
	0 hr	12 hr	24 hr	48 hr	72 hr
Control	6.35	6.60	5.15	4.91	5.01
<i>L. acidophilus</i> ATCC 3111	6.31	6.42	4.49	4.43	4.41
<i>L. brevis</i> KCTC 3498	6.68	6.54	5.48	4.69	4.21
<i>Leu. mesenteroides</i> KCTC3733	6.56	6.44	4.13	3.82	3.73
<i>Leu. lactis</i> KCTC 3528	6.40	5.40	3.76	3.91	3.89
<i>L. lactis</i> KCTC 3926	6.64	4.58	4.07	3.92	3.92
<i>P. pentosaceus</i> KCTC 3507	6.65	6.02	6.77	5.19	4.01
<i>P. dextrinicus</i> KCTC 3506	6.57	6.90	6.01	6.08	5.02
<i>S. thermophilus</i> KCTC 3658	6.64	6.49	5.24	4.04	3.85

Table 2. Lactic acid production in *Betula platyphylla* sap during the fermentation using lactic acid bacteria

	Lactic acid production (%)				
	0 hr	12 hr	24 hr	48 hr	72 hr
Control	0.045	0.072	0.064	0.090	0.090
<i>L. acidophilus</i> ATCC 3111	0.036	0.054	0.081	0.117	0.126
<i>L. brevis</i> KCTC 3498	0.063	0.117	0.117	0.144	0.162
<i>Leu. mesenteroides</i> KCTC3733	0.072	0.072	0.117	0.241	0.450
<i>Leu. lactis</i> KCTC 3528	0.054	0.081	0.241	0.396	0.446
<i>L. lactis</i> KCTC 3926	0.063	0.126	0.189	0.342	0.279
<i>P. pentosaceus</i> KCTC 3507	0.054	0.054	0.081	0.090	0.279
<i>P. dextrinicus</i> KCTC 3506	0.054	0.045	0.063	0.045	0.090
<i>S. thermophilus</i> KCTC 3658	0.072	0.054	0.099	0.234	0.297

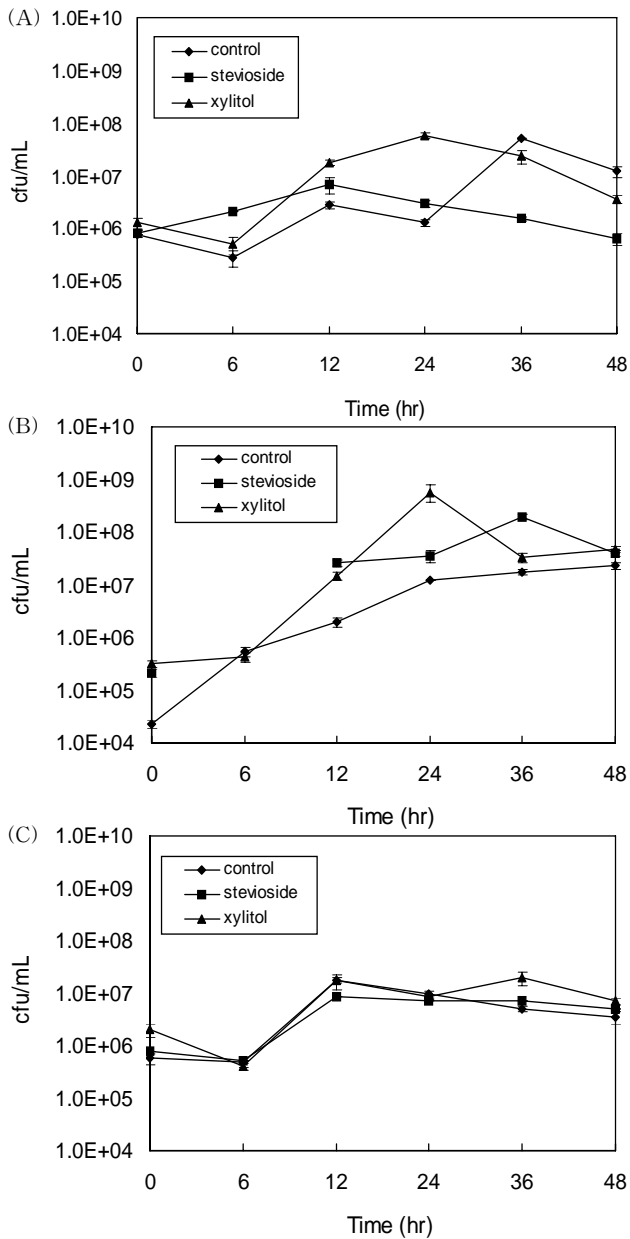


Fig. 4. Growth of lactic acid bacteria in the *Betula platyphylla* sap containing sugars. A: *L. acidophilus*, B: *Leu. mesenteriode*, C: *P. pentosaceus*.

를 첨가하고, 상기 균주를 접종하여 발효시킨 실험군과, 당을 첨가하지 않고 상기 균주를 접종하여 발효시킨 대조군의 균수를 알아보고 pH 및 유기산을 측정 한 결과는 각각 Fig. 5, 6에 나타내었다. 자일리톨첨가 실험군이 대조군 및 스테비오사이드첨가 실험군과 비교하여 균수의 증가가 대체로 월등히 빠름을 보이고 있고 스테비오사이드첨가 실험군과 비교하여도 비교적 우위에 있다. pH의 변화를 나타낸 Fig. 5에서도 자일리톨첨가 실험군은 pH 4.0 이하로 내려감을 보이고, 유기산 역시 상당량이 생성됨을 확인할 수 있다. 반면에 스테비오사이드첨가 실험군의 경우, 자일리톨첨가 실험군에 비교하여 균수의 증가 폭이 완만하고, Fig. 5에서 나타

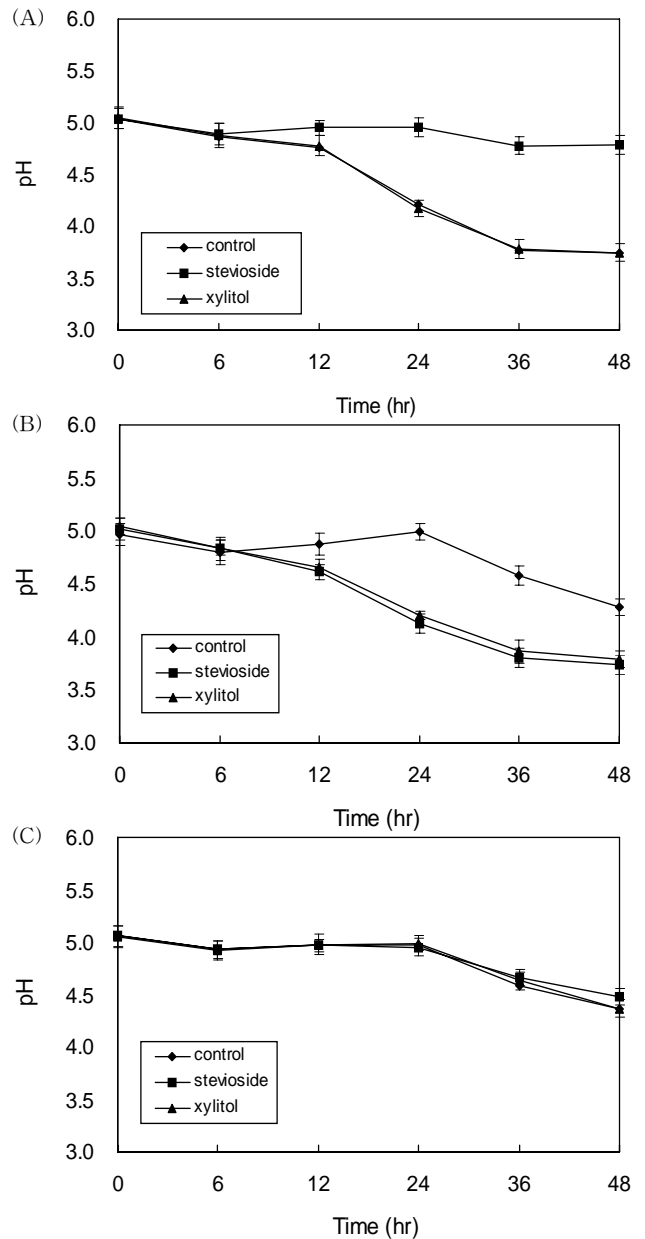


Fig. 5. pH changes of *Betula platyphylla* sap containing sugars by lactic acid bacteria. A: *L. acidophilus*, B: *Leu. mesenteriode*, C: *P. pentosaceus*.

나듯 오히려 pH가 대조군보다 높게 나타났다. 유기산 함량도 마찬가지로 Fig. 3과 같이 거의 생성되지 않는 것을 발견할 수 있다. 이와 같은 결과로 유산균 발효를 위해 자일리톨을 첨가하는 것은 스테비오사이드를 첨가하는 것보다 *L. acidophilus* ATCC 3111, *Leu. mesenteriodes* KCTC 3733, *P.pentosaceus* KCTC 3507 균주 모두에게 유산균 발효의 촉진효과를 주며, 유산균 발효의 방해 요인을 내지 않는 것으로 나타났다. 즉, 유산균 발효에 의한 수액의 오염방지 효과를 도와주는 결과를 내었다(22). 따라서 자작나무 수액의 유산균 발효를 이용한 음료를 제작하기 위해서 첨가하는 당은 자일리톨이 가장 적합하다고 사료된다. 상기 실험을 토대

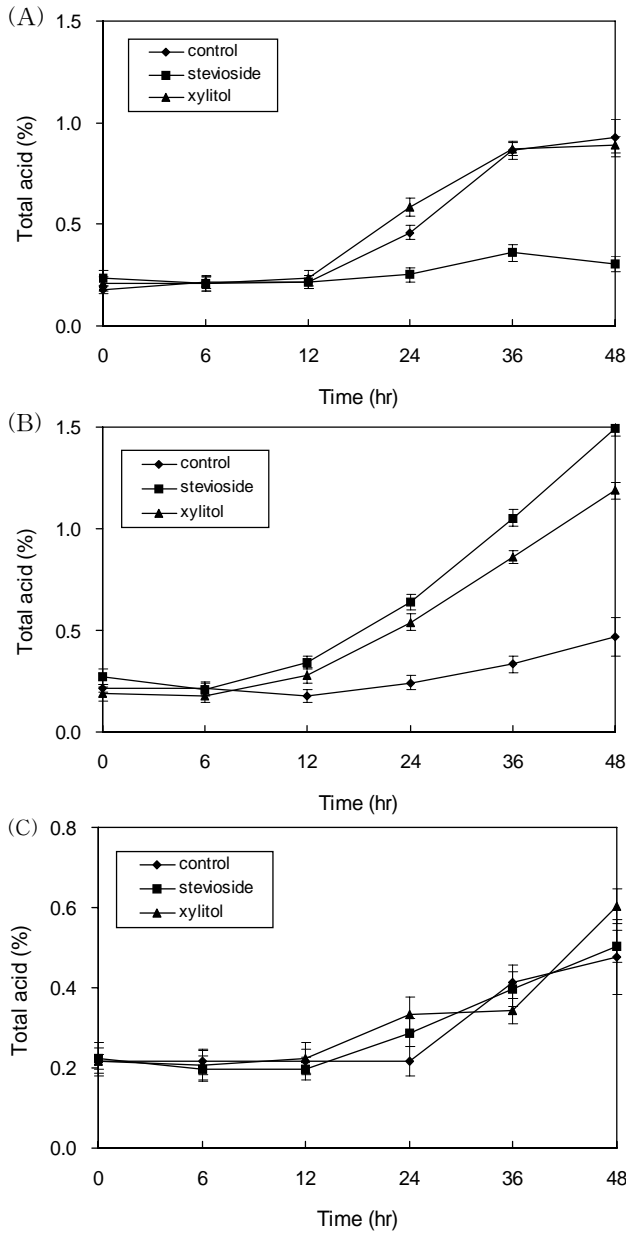


Fig. 6. Lactic acid production in *Betula platyphylla* sap containing sugars by lactic acid bacteria. A: *L. acidophilus*, B: *Leu. mesenterioide*, C: *P. pentosaceus*.

로 자일리톨 3%를 첨가하여 유산균 발효시킨 자작나무 수액의 관능 시험을 하였고, 그에 따른 결과는 Table 3과 같다.

구체적으로, *Leu. mesenterioides* KCTC 3733의 첨가균은 미생물 특유의 이취로 음용하기에 적합하지 않았으며 *P. pentosaceus* KCTC 3507균주의 첨가균의 경우는 아주 적은 신맛과 감미가 있고, 이취가 심하진 않으나 맛의 기호도 면에서 많이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 반면에 요구르트 제조에 많이 쓰이는 균인 *L. acidophilus* ATCC 3111과 자일리톨 첨가균은 비교적 청량감이 좋아 관능평가 결과로 시음료 제조 시 가장 적합하다는 결론을 얻었다. 한편으로, 상기 실험에서 자일리톨이 *Lactobacillus*속의 유산균 발효에 상승효과를 나타낸 것과 관능적으로 우수하다는 두 가지 측면에서 잘 부합되어 가장 우수함을 보였다.

시음료 제조 및 실온에서의 저장 실험

자일리톨 3%, 솔싹향 0.2 mL을 첨가하여 여과를 거친 자작나무 수액에 *Lactobacillus acidophilus* ATCC 3111을 첨가하여 시음료를 만들기 위해 24시간 동안 유산균 발효를 실시하였다. 이것을 16일 동안 실온(20°C)에서 저장하면서 일반 세균 및 유산균 수를 알아보고 pH와 유기산을 측정 한 결과 Fig. 7~9와 같이 나타내었다. 24시간 동안의 발효를 거치면서 유산균은  $1.5 \times 10^7$ (cfu/mL)로 증가하였고, 상온에서 16일 동안 시간이 지나도 이 수가 계속 유지되었다. 또한, 일반 세균은 16일 지났음에도 검출되지 않았다. 유기산의 생성량도 1.2% 이상으로 늘고 있으며, 그로 인한 pH 역시 4.0 이하를 유지하여 잡균에 대한 억제 가능성이 가능하다(24). 반

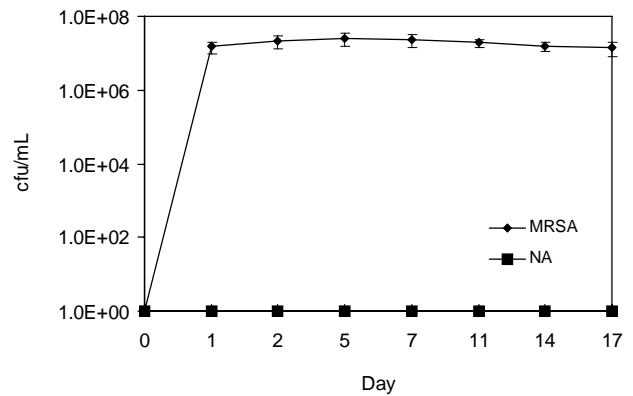


Fig. 7. Microbial changes of fermented *Betula platyphylla* sap during storage at room temperature. MRSA: Colony forming units of lactic acid bacteria, NA: No target bacteria.

Table 3. Sensory evaluation of fermented *Betula platyphylla* sap containing sugars

(panel: 9)

spp.	3% xylitol	Sensory evaluation		
		Flavor	Taste	Preferences
<i>L. acidophilus</i>	no	1.5±0.5	1.1±0.1	1.1±0.1
<i>L. acidophilus</i>	yes	2.0±0.4	3.9±0.6	3.7±0.4
<i>Leu. mesenterioides</i>	no	1.0±0.0	1.1±0.1	1.0±0.0
<i>Leu. mesenterioides</i>	yes	1.0±0.0	2.8±0.3	2.4±0.3
<i>P. pentosaceus</i>	no	2.0±0.5	1.1±0.1	1.3±0.4
<i>P. pentosaceus</i>	yes	1.8±0.2	2.5±0.3	2.2±0.4

1: very bad, 2: bad, 3: middle, 4: good, 5: very good.

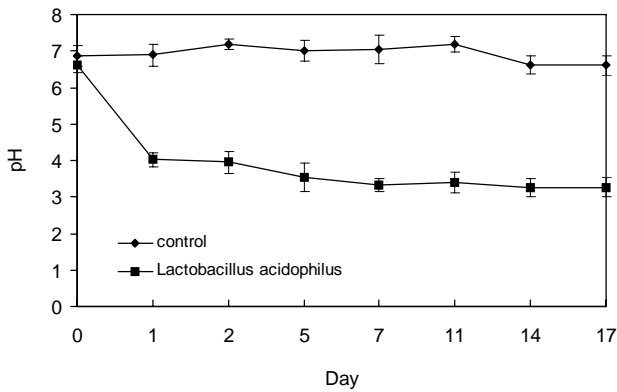


Fig. 8. pH changes of fermented *Betula platyphylla* sap during storage at room temperature. Control: pH from *Betula platyphylla* sap bacteria isn't inoculated.

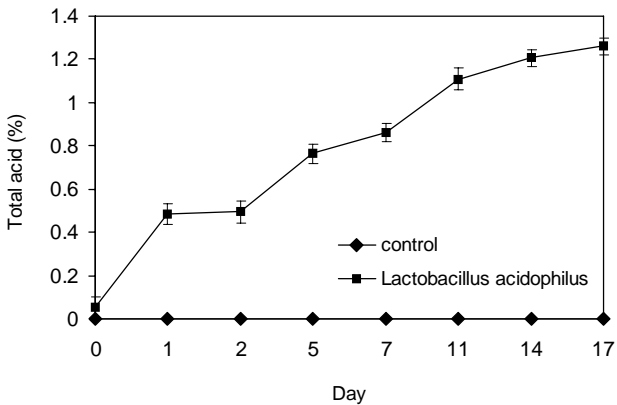


Fig. 9. Changes of lactic acid concentrations of fermented *Betula platyphylla* sap during storage at room temperature. Control: total acid from *Betula platyphylla* sap bacteria isn't inoculated.

면, Table 2에서 나타나듯이 대조구의 경우 pH 변화가 거의 없고, 유기산의 생성량도 미비하여 잡균에 노출되어 적당한 온도 조건이 갖추어질 경우 오염은 불가피하다(22).

미네랄 성분 분석

여과를 통하여 손실되는 미네랄 성분의 조사와, 24시간 및 48시간 동안의 발효에 의한 미네랄 성분의 변화를 알아보기 위하여 ICP-AES를 이용한 미네랄 분석을 실시한 결과는 각각 Table 4, 5에 나타내었다. Table 4에서 나타나는 것처럼 여과과정이 미네랄 성분의 손실을 주지 않고 그대로 유지됨을 확인할 수 있다. 유산균 발효 전후의 미네랄 성분을 비교한 Table 5에서는 대부분 미네랄이 변화가 없지만, Na 과 Se는 발효 후의 함량이 늘어남을 보이고 있다. 이는 스타터로 사용된 유산균 희석액 중의 배지 성분에 들어있는 미네랄 성분이며, 특히 Se의 경우, MRS중에 포함되어 있는 beef extract에서 비롯되었다(26). 상기 내용으로 비추어 보아 여과를 실시하는 것과 유산균 발효를 실시하는 공정은 미네랄 성분에 큰 손실을 가져오지 않으므로, 성분변화를 최소화한다는 본 실험의 취지에 어긋나지 않는 것으로 사료되며, 양

Table 4. The mineral compositions of *Betula platyphylla* sap before and after filtration (unit: ppm)

Minerals	Before filtration	After filtration
Pb	0.0329	0.0118
Se	0.0598	0.0458
Mn	5.156	5.131
Fe	0.2445	0.2240
Cu	0.0442	0.0390
Zn	0.7320	0.7262
Cd	0.0045	0.0025
As	ND	ND
Al	0.0522	0.0416
B	0.0752	0.0731
Ca	44.84	43.09
Mg	11.75	11.36
Na	ND	ND
Sr	0.1761	0.1641
Ba	0.7877	0.7490

Table 5. The mineral compositions of *Betula platyphylla* sap before and after fermentation by lactic acid bacteria (unit: ppm)

Minerals	Before fermentation	24 hr fermentation	48 hr fermentation
Pb	0.0154	0.0157	0.0186
Se	0.0638	0.1922	0.1902
Mn	5.637	5.832	5.818
Fe	0.1092	0.1160	0.1014
Cu	0.0529	0.0478	0.0486
Zn	0.7931	0.8354	0.8325
Cd	0.0029	0.0018	0.0018
As	ND	ND	ND
Al	0.0851	0.0814	0.0889
B	0.0726	0.0808	0.0776
Ca	50.16	49.67	49.88
Mg	13.26	11.35	11.37
Na	0.0664	3.284	3.276
Sr	0.3289	0.3477	0.3470
Ba	0.8855	0.9427	0.9403

은 적으나 흡수이용률이 좋은 식물성 유기태 미네랄을 응용할 수 있다는 점에서 큰 의미가 있다(26).

요 약

자작나무 수액을 이용한 유산균 발효에 적합한 균주의 선발 실험을 통하여 선발된 *Lactobacillus*균을 이용하여 발효시킨 수액을 실온에서 2주일 이상의 장시간 동안 저장한 결과  $10^7$  cfu/mL 이상의 유산균수를 유지하며, 유기산의 생성으로 pH 4.0 이하를 유지하였고 일반세균은 검출되지 않았다. 또, 여과하여 제균을 실시할 시의 미네랄성분의 변화와 유산균에 의한 미네랄의 변화를 분석한 결과 손실량이 극히 적은 것으로 나왔다. 이것으로 보아 유산균 발효에 의한 저장성 증진의 효능이 입증되었다.

## 감사의 글

본 연구는 2007년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

## 문헌

1. Cho NS, Kim HE, Min DS, Park CH. 1998. *Mokchae Konghak* 26: 93-99.
2. Chung MJ, Kim YS, Lee IS, Jo JS, Sung NJ. 1995. The component of the sap from Gorosoe (*Acer mono* Max.) and sugar maple (*Pseudo-sieboldianum* Kom.). *J Korean Soc Food Nutr* 24: 911-916.
3. Haski M, Takeshita T. 1973. Hypocholesterolemic effect of wood hemicellulose on cholesterol fed rats. *J Jap Wood Res Soc* 19: 101-109.
4. 윤승락. 1995. 자작나무류, 단풍나무류 수액의 음료 이용. 산림 4: 102-105.
5. 이상식. 1985. 자작나무. 산림 292: 70-76.
6. Kim CS, Kwak AK. 1994. Studies on the environmental factors for sap exudation of *Acer mono* and resource development of its community: habit at environment and community structure. *J Korean Ecol* 17: 333-344.
7. 이창경. 1982. 대한식물도감. 향문사, 서울. p 266-296.
8. Moon HS, Kwon SD, Pack SB, Goo JW. 2004. Sap collection and major composition of *Acer mono* in Mt. Jiri. *J Korean Ecol* 27: 263-267.
9. 박명규, 박태식, 박인협. 1984. 백운산지역 고로쇠나무의 분포에 관한 연구. 서울대 농대 연습림보고 20: 1-12.
10. Cortes PM, Sinclair TR. 1985. The role of osmotic potential in spring sap flow of nature sugar maple trees. *J Exp Bot* 36: 12-24.
11. Ferguson AR, Elsenman JA, Leonard JA. 1983. Xylen sap from *Actinidia chinensis*: seasonal changes in composition. *Ann Bot* 51: 823-833.
12. Drozdova G, Demerow E, Bakkilov V, Frolov V. 1995. Some aspects of pharmacological activity of birch sap and birch drug-preparations. In *Tree Sap*. Terazawa M, Christopher AM, Tamai Y, eds. Hokkaido University Press, Sapporo, Japan. p 85-90.
13. 박영하. 2004. 우리나라 나무 이야기. 이비컴, 서울. p 164.
14. 임경빈. 1988. 나무백과(3). 일지사, 서울. p 39-48.
15. 정성호. 1993. 특용수액의 채취 이용. 산림 327: 85-89.
16. Kim CM, Jung DL, Sheo HJ. 1991. A study on the ingredients in the sap of *Acer mono* MAX, and *Betula costata* T. in Mt. Jiri area—on the components of mineral and sugar. *J Korean Soc Food Nutr* 20: 479-482.
17. Yoon SL, Jo JS, Kim TO. 1992. Utilization and tapping of the sap from birches and maples. *Mokchae Konghak* 20: 15-20.
18. 박형순, 송원섭, 나천수. 1989. 백운산지역 고로쇠나무의 수액 채취량과 생장 및 온도와의 관계. 임업육종연구보고 25: 30-34.
19. 박명규. 1985. 고로쇠수액의 약용관행에 관한 고찰. 서울대 농대연습림보고 21: 20-31.
20. Chung MJ, Lee SJ, Shin JH, Jo JS, Sung NJ. 1995. The component of the sap from birches, bamboos and Darae. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 727-733.
21. 이경준. 2001. 고로쇠나무 수액채취기술 및 조림경영관리체계 개선에 관한 연구. 농림부 보고서. p 7-8.
22. Kim GH, Bae EK. 1999. Lactic acid bacteria for the preservation of fruit and vegetable. *J Korean Postharvest Sci Technol* 6: 245-254.
23. Kim JH, Oh MK, Rhee YH, Choi KC, Lee YK, Shin SY. 1999. Selection and physico-chemical characteristics of lactic acid bacteria which had cholesterol lowering activities. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 42: 83-90.
24. 정동효. 2004. 유산균의 과학. 신일상사, 서울. p 3-189.
25. Lee JY, Park YS, Kim YS, Shin DH. 2002. Antimicrobial characteristics of metabolites of lactic acid bacteria isolated from feces of newborn baby and from Dongchimi. *J Korean Food Sci Technol* 34: 472-479.
26. 오창환. 2004. 식품 중 셀레늄 분석 연구 및 모니터링. 식품의약품안전청 보고서. p 1-5.

(2009년 1월 8일 접수; 2009년 6월 5일 채택)