

김치젓산균에 의한 당근 발효음료의 물리화학적 성질

조순자¹ · 오수명² · 장은경² · 황 기¹ · 이삼빈^{1,2*}

¹계명대학교 자연과학대학 식품공학과의

²계명대학교 전통미생물자원개발 및 산업화연구센터

Physicochemical Properties of Carrot Juice Fermented by *Leuconostoc mesenteroides* SM

Sun-Ja Jo¹, Soo-Myung Oh², Eun-Kyung Jang², Ki Hwang¹, and Sam-Pin Lee^{1,2*}

¹Dept. of Food Science and Technology, and

²Traditional Microorganism Resources Center, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

Abstract

Leuconostoc mesenteroides SM isolated from a raw carrot was used for the fermentation of carrot juice (CJ). Lactic acid fermentation of CJ was performed at 25°C for 24 hr with 0~20% sucrose concentration, resulting in the production of mucilage. The fermented CJ showed the complete conversion of sugar into dextran after fermentation for 24 hr in the presence of sucrose below 15% concentration. With 15% sucrose, the fermented CJ had pH 3.8, 0.9% acidity, consistency index of 3.5 Pa·sⁿ. After cold storage for 3 weeks, fermented CJ showed slight increase in acidity and relatively constant value in pH; however, the consistency index, red color value and viable cell counts were slightly decreased for 3 weeks. The β-carotene content in CJ was drastically decreased by lactic acid fermentation for 24 hr, indicating 72 μg/mL as compared to 142 μg/mL. The fermented CJ had improved body texture, red color and stability without sedimentation.

Key words: carrot juice, *Leuconostoc mesenteroides*, consistency index, sucrose, β-carotene

서 론

당근은 풍부한 식이섬유와 인체의 영양원으로 중요한 카로틴을 많이 함유하고 있으며, 당근의 카로틴은 색깔과 영양을 결정하는 주요 물질로 비타민 A의 전구체로서 항암작용 및 성인병 예방 등의 기능을 가지고 있다(1,2). 당근은 샐러드, 생식이나 라면스프로 많이 이용되었으나 최근에는 주스 원료로 활용이 크게 증가하고 있다(3). 특히 식생활의 다양한 변화와 함께 바쁜 생활 속에서 야채 생즙으로 제품화된 것을 섭취하는 경우가 늘고 있으며, 이에 따른 생즙의 재료로 그 수요가 빠르게 증가하고 있다(4,5). 일반적으로 당근주스는 생 당근에서 추출된 후 침전물이 생겨 주스 제품의 품질을 떨어뜨리며(6), 당도가 사과나 배 같은 과일보다 비교적 낮기 때문에 대중적인 주스 제품으로 한계점이 있다(7). 또한 당근은 중성에 가까운 pH를 가지고 있어 효소의 불활성화와 살균을 위하여 고온에서 가열 처리하거나 산성화시켜 저온살균한 후에 중성화시켜야 하는 어려움이 있다(8).

따라서 당근의 이와 같은 단점을 보완하고 영양적 가치를 향상시키는 방법으로 당근을 재료로 젓산 발효시키는 방법이 적용되고 있다(9,10). 지금까지 보고된 야채류 발효에 관

한 연구로는 젓산발효에 의한 혼합과채음료 제조방법(11), 혼합과채의 청징 및 품질(12) 등 기능성을 가진 젓산 발효식품을 개발함으로써 용도의 개발이 가능하다는 연구가 보고된 바 있고(13), 당근만을 소재로 한 연구로는 당근주스의 저장 안정화를 위한 전처리 방법(6), 당근의 가열처리 및 저장조건에 관한 연구(14), 색깔 측정에 의한 당근의 품질 평가 방법(15) 등이 있으며, 당근주스를 *Bifidobacterium* 균을 이용하여 발효시킴으로써 관능성과 영양적 가치를 높이는 연구가 수행되었다(8). 최근까지 발효음료의 소재로 혼합과채류를 이용한 연구는 많이 있으나, 당근주스의 젓산발효에 대한 연구는 미비한 실정이다. 또한 국내 생산량이 많은 과실 및 채소를 이용하여 고품질의 발효음료를 제조하고, 가공공정의 최적조건을 제시할 수 있다면, 급변하는 소비자의 기호를 충족하는 동시에 기능성이 향상된 신제품의 개발을 통해 국내산 과실 및 채소의 가공이용율과 소비를 증대시킬 수 있을 것으로 기대된다(16-18).

Probiotic인 젓산균 중에서 야채류 발효에 관여하는 *Leuconostoc* 균주는 김치의 숙성균으로 알려졌으며(19), 최근에는 여러 가지 식중독균에 대한 탁월한 항균작용을 가지고 있어 육류가공에 사용할 때에 병원균을 차단하는 기능성

*Corresponding author. E-mail: splee@kmu.ac.kr
Phone: 82-53-580-5554, Fax: 82-53-580-5554

을 갖고 있어서 기능성 소시지의 발효에 활용되고 있다(20). 특히, *Leuconostoc* 균주는 탄소원으로서 sucrose의 존재 하에서 세포외 효소인 dextransucrase에 의해서 고분자 다당류 dextran을 생산하는 특징을 가지고 있다(21). Dextran은 glucose의 중합체인 homopolysaccharides로 점착성, 흡수성 및 열안정성을 가지면서 식품의 물성조절에 중요하다(22-24).

따라서 본 연구에서는 당근으로부터 분리된 *Leuconostoc* sp.에 속하는 젓산균을 이용하여 당근주스의 젓산발효를 통한 생고분자 dextran생산을 최적화하였으며, 당근 발효음료의 점성증가에 따른 물성개선효과를 포함한 안정성 및 기호성이 향상된 당근 발효음료로 전환시키는 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 당근은 시중에서 유통되고 있는 (주)이룸 G&B(충북, 한국)의 제주 섬 당근 생즙을 구입하여 -20°C에서 보관하여 사용하였으며, 실험에 사용된 당은 식품용 정백당으로 백설탕을 (주)CJ(백설, 한국)에서 구입하여 50% 용액으로 제조하여 사용하였다. β-Carotene 분리에 사용된 ethyl-ether와 petroleum ether는 Junsei Chemical Co., Ltd.(Tokyo, Japan)의 제품을 사용하였다. β-Carotene은 Sigma(St. Louis, MO, USA)사에서 구입하였으며, HPLC 분석에 사용된 시약들은 HPLC grade 시약을 사용하였다.

사용균주

당근주스의 젓산발효에 이용된 균주는 당근주스에서 분리한 *Leuconostoc* sp.이며, 점질물 생성을 확인하기 위하여 탄소원으로 sucrose를 포함한 MRS agar plate를 사용하였으며, MRS 배양액에 접종한 후 아이혼관에서 gas생성을 확인하였다. MRS agar 배지에서 배양된 균주는 16S rDNA sequencing을 통하여 동정하였다. 젓산균은 Difco™ *Lactobacilli* MRS(Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD, USA) agar 배지를 이용하여 30°C에서 24시간 동안 배양하여 활성화시켰다.

Starter 배양액 제조

Difco™ *Lactobacilli* MRS(Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD, USA) 배지에 MRS agar plate에서 배양(30°C, 24 hr)시킨 *Leuconostoc* sp. 균주를 1회 MRS 액체배지에 접종한 후에 항온배양기(SI-900R, Jeio tech Co., Ltd, Korea)에서 30°C, 24시간 동안 정치배양한 후 스타터로 사용하였다. 생균수는 MRS agar배지에서 배양시킨 후 생균수를 측정하였다.

젓산발효액 제조

젓산발효액에 사용된 배지의 제조는 당근주스를 제외한

모든 재료를 멸균한 다음 250 mL 삼각플라스크에 당근주스 50 mL을 넣고, 50% sucrose 용액을 0~20%(w/v)의 범위로 첨가한 다음 멸균된 증류수를 이용하여 100 mL로 제조하였다. 제조된 배지에 *L. mesenteroides* SM starter 배양액을 원심 분리하여 균체를 회수한 후 각각 2% 수준(생균수 10⁸ cfu/mL)으로 접종하여 25°C 항온 배양기에서 12~48시간 동안 정치 배양하였다.

pH, 당도 및 적정산도 측정

pH는 pH meter(model 420A⁺, Thermo Orion, USA)를 이용하여 측정하였고, 적정산도는 시료 5 mL에 증류수 15 mL을 첨가하여 pH meter로 pH가 8.3에 도달할 때까지 0.1 N-NaOH로 적정에 사용된 소비량을 lactic acid 함량(% v/v)으로 환산하였다. 당도는 Pocket PAL-3(Atago Co., Ltd., Japan)로 측정하였다.

점조도 측정

점조도는 당근주스 발효액 13 mL을 취하여 Rheometer System(Haake Rheo Stress 1, Germany)에 spindle(DG43 DIN 53544 Titan)을 장착하여 measuring cup DG43을 사용하여 측정하였다. 측정온도는 20°C에서 전단속도($\dot{\gamma}$)는 1~100 s⁻¹의 범위에서 점도 측정을 통해서 유동특성을 알아보고, 점도지수와 유동지수 값은 Power law model로 측정하였다(25).

$$\text{Power law model: } \sigma = K \cdot \dot{\gamma}^n$$

σ 는 전단응력(Pa), K는 점조도 지수(consistency index, Pa·sⁿ), $\dot{\gamma}$ 는 전단속도(s⁻¹), n은 유동성 지수(flow behavior index)이다.

당 분석

당근 발효 시 첨가한 sucrose의 전환율 및 생성된 단당류 분석은 발효액 0.5 mL에 증류수 동량을 혼합한 후 15,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 상층액만을 회수하였다. 회수한 용액을 0.45 μm syringe filter(Minisart RC 15, Sartorius, Germany)로 여과한 다음, 여액 20 μL를 HPLC 분석용 시료로 사용하였다. HPLC 분석시 검출기는 RI(Waters 410, USA)를 이용하였으며, column은 Asahipak NH2P 50 column(Shodex, Japan)을 이용하여 이동상을 75% acetonitrile로 유속은 1.0 mL/min의 속도로 흘려주었다(26).

색도 분석

당근 발효음료의 색도는 발효액을 원통형 석영 cell(직경 2 cm, CR-450 Granular-materials Attachment)에 1 mL을 넣은 후 Chromameter(CR-400, Minolta, Japan)를 이용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값의 변화를 3회 반복 측정하여 평균치를 구하였다.

β-Carotene 분석

당근주스와 발효액을 각각 1 mL씩 취하여 증류수 5 mL을

가한 후 ethyl-ether와 petroleum ether 혼합용액(1:1) 10 mL를 가하여 강하게 흔들어진 후 상층액을 비이커에 취하였다. 잔류물에 다시 동일 용매를 가하여 같은 조작을 3회 반복한 후 추출된 용액을 모두 합하였다. 추출된 용액을 증류 flask에 넣은 후 감압 증류하여 용제를 제거시킨 후 acetone에 용해시켜 전량을 20 mL로 하였다. Acetone에 용해시킨 시료를 여과지로 여과한 후 0.45 µm syringe filter(Minisart RC 15, Sartorius, Germany)로 여과하여 시료로 사용하였으며, 같은 조작을 3회 반복하여 측정수치의 평균을 취하였다. 이때 HPLC 분석 조건은 C18 column(Hypersil Gold C18, Thermo, USA)을 이용하여 이동상을 95% acetone으로 유속 1.0 mL/min의 속도로 흘려주면서, 검출기는 UV detector를 이용하여 450 nm에서 측정하였다(27).

저장성 평가

15%(w/v)의 sucrose를 함유한 당근주스를 25°C 항온 배양기에서 24시간 동안 배양한 다음, 발효가 완료된 각각의 발효당근음료 시료를 4°C의 냉장고에 보관하면서 1주 간격으로 4주 동안 pH, 산도, 생균수, 색도, 점조도 및 β-carotene의 변화를 측정하였으며, 실험구당 3회 반복 측정하여 그 평균값을 나타내었다.

결과 및 고찰

균주 동정

당근주스에서 분리된 균은 sucrose를 포함하는 MRS agar배지에서 다량의 점질물을 생산하였으며, MRS배지를 포함한 아이혼관에서 배양액은 gas생성을 나타내었다. 이 균주는 25°C에서 최적생육을 보였으며, 40°C 이상에서는 생육이 억제되는 것으로 나타났다. 16S rDNA sequencing을 이용하여 동정한 결과 *Leuconostoc mesenteroides* AY675249와 99.0%의 상동성을 나타내었다. 따라서 당근주스로부터 분리한 본 균주는 *Leuconostoc mesenteroides* SM으로 명명하였다(GenBank Accession Number EU259610).

Sucrose 농도와 발효시간에 따른 당근발효 음료 변화

당근주스의 생균수를 포함한 물리화학적 성질은 Table 1에 나타내었다. 당근주스는 pH 6.64, 적정산도 0.04%, 당함량 8.4°Brix 및 적색의 고유한 색상을 띠면서 β-carotene 함량이 284 µg/mL이었다. 또한 당근주스의 MRS agar 배지에서 생육된 생균수는 5×10^3 cfu/mL 정도로 측정되었다. 이러한 당근주스를 25°C에서 72시간 동안 정치한 결과 pH는 6.3에서 3.9로, 산도는 0.57%로 변화하였으며, 생균수는 24시간 만에 2.1×10^8 cfu/mL로 증가하였다. 이는 당근생즙에 존재하는 미생물은 상온에 보관 시에 생육되어 당근 생즙을 변질시킬 수 있음을 예측할 수 있었다. 따라서 당근주스의 저장성 향상을 위한 젖산발효는 매우 유익한 저장수단으로 사료된다. 특히 이상발효 젖산균인 *Leuconostoc* 균주를 이

Table 1. Physicochemical properties and viable cell counts of carrot juice

Carrot juice	Value
pH	6.64
Titrateable acidity (%)	0.04
Sucrose (mg/mL)	15.72
Fructose (mg/mL)	7.02
Glucose (mg/mL)	7.36
β-Carotene (µg/mL)	284
Viable cell counts (cfu/mL)	5×10^3
Moisture content (%)	95.2
Color (L/a/b)	(31.7 / 16.5 / 24.4)
°Brix	8.4

용하여 일정량의 산생성과 점질물 생산을 통해서 발효 당근음료의 물성을 개량시키며, 동시에 probiotic으로서 젖산균에 기인한 기능성 부여가 가능하다고 사료된다.

당근주스에 sucrose를 농도별(0~20%(v/w))로 첨가하여 점질물의 생산과 당근발효 음료의 물리화학적 특성 및 생균수 변화를 알아보았다.

Table 2에서 보는 것처럼 sucrose의 농도가 증가할수록 점조도 값이 점차적으로 증가하였으며, 10% sucrose농도에서 24시간 배양된 발효물의 점도가 크게 증가되었다. 특히 15%일 때 점조도 값이 가장 높게 나타났으나 그 이상의 농도에서는 점조도 값이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 발효 당근에서 생성되는 점질물 즉, dextran의 생합성은 설탕의 농도에 영향을 받는 것으로 사료된다. 또한 *Leuconostoc* 균주를 이용하여 밀기울을 포함한 배지에서 sucrose 농도가 고농도일 때 분자량이 작은 텍스트란이 생합성된다는 보고가 있었다(28). 특히, 15% sucrose 농도에서 24시간 발효 시에 당근주스발효액은 최고의 점조도 값을 보인 반면에 20%의 농도에서는 48시간 발효시에 점조도 값이 최대치를 나타내었다. 이것은 텍스트란 생성효소인 dextransucrase의 활성이 첨가한 sucrose의 농도가 높을수록 sucrose의 전환율에 영향을 미치는 것으로 여겨진다. Sucrose 전환율의 경우에서 15% sucrose의 농도가 첨가된 당근주스는 발효 24시간 만에 100% 전환되는 반면, sucrose 20%일 때는 발효 48시간 만에 100% 전환되는 것으로 나타났다(Table 3). 당근주스를 제외한 다양한 야채 녹즙에 sucrose만을 첨가한 후 동일한 균주로 발효시킬 경우에 점질물 dextran의 생산이 매우 저조하여 발효액의 점조성이 매우 낮게 나타났다(unpublished data). 이는 특정 녹즙의 성분이 dextran 생합성 효소인 dextransucrase의 활성에 영향을 미치며, 또한 점질물 dextran을 생산하기 위해서는 이에 대한 조절이 필요함을 나타내고 있다. 15%의 sucrose를 첨가한 점조도 생성 최적 조건에서 *L. mesenteroides* SM을 접종하지 않은 당근주스의 경우 발효 24시간에 pH는 6.2에서 3.95로, 산도는 0.33%로 변화하였으나 점조도는 0.36 Pa·sⁿ을 나타내어 균주 접종구와 비 접종구 사이에 큰 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 발효 전의 당근주스의 생균수는 5×10^3 cfu/mL을 나타

Table 2. Changes in physicochemical properties of carrot juice fermented by *L. mesenteroides* SM according to different sucrose concentrations

Sucrose (%)	Fermentation time (hr)	pH	Titratable acidity (%)	Viable cell counts (cfu/mL, 10 ⁸)	Consistency index (Pa·s ⁿ)
0	0	6.4	0.00	0.5	0.0
	24	3.9	0.67	6.3	0.1
	48	3.8	0.92	3.4	0.1
	72	3.8	1.08	2.4	0.1
5	0	6.4	0.04	2.2	0.0
	24	5.8	0.90	56	0.1
	48	3.7	0.93	15	0.2
	72	3.7	1.09	12	0.3
10	0	6.2	0.05	0.6	0.0
	24	3.9	0.93	13	1.8
	48	3.8	0.94	8.1	1.8
	72	3.7	1.10	7.2	2.1
15	0	6.2	0.05	1.5	0.0
	24	3.9	0.85	12	3.5
	48	3.8	0.88	12	3.2
	72	3.8	0.90	11	3.2
20	0	6.2	0.05	0.4	0.0
	24	4.0	0.88	7.5	2.8
	48	3.9	0.94	7.0	3.3
	72	3.8	1.06	5.8	3.0

Data were presented as mean±SD (n=3).

Table 3. Effect of sucrose concentration on the conversion yield of sucrose in carrot juice fermented by *L. mesenteroides* SM

	Fermentation time (hr)	Sucrose concentration (%)			
		5	10	15	20
Conversion yield (%)	0	0	0	0	0
	24	100	100	100	88.4
	48	100	100	100	100

내나, 유용한 젓산균 스타터를 접종함으로써 단 시간에 젓산과 점질물 dextran을 생성하여 저장성과 기능성이 강화된 발효 당근음료를 생산하는 것이 가능한 것으로 나타났다. 발효 당근음료의 젓산균 생균수는 sucrose가 첨가되지 않은 균을 제외하고 발효 24시간 때에 최고값을 보이면서 그 이후에는 점차 감소하는 것으로 나타났다(Table 2).

당근발효음료에서의 pH 변화는 발효시간이 증가함에 따라 점차 감소하여 발효시간 48시간 이후로는 3.7~3.9를 유지하는 것으로 나타났다. 발효시간이 증가함에 따라 산생성도 완만하게 증가하였으며, 발효 48시간까지는 산도가 1.0% 이하, 발효 72시간까지는 1.1% 이하를 유지하였다(Table 2). Sucrose를 첨가한 당근주스 발효 시 산도가 1.1% 이하를 보이면서 산 생성이 완만함을 알 수 있었다. 특히 sucrose 15%를 첨가하여 발효시킨 당근 발효음료에서의 산도 변화는 발효 전 0.05%에서 발효 24시간에는 0.85%로 나타났다. 이러한 결과는 Jang 등(29)과 Lee 등(30)에서 한국인의 기호에 맞는 시중에 유통되고 있는 젓산 음료의 pH가 3.9~4.2라는 보고와 Lee 등(30)이 보고한 dextran의 성분을 포함하는

유산균 음료의 가장 적당한 산도는 1.0~1.1%라는 결과와 유사한 값을 보였다.

당근주스에 sucrose를 15% 첨가한 후 *L. mesenteroides* SM 균주를 접종하여 25°C에서 24시간 동안 배양하였을 때 발효 당근주스는 pH 3.9, 산도 0.85%, 생균수 1.2×10⁹ cfu/mL을 나타내었으며, 점조도 3.5 Pa·sⁿ로 가장 높은 값을 나타내었다. Sucrose의 첨가는 당근주스 발효 시에 pH와 산도에는 큰 영향을 주지 않지만, 점질물의 생성에는 큰 영향을 주는 것으로 나타났으며, 15%의 sucrose를 첨가하는 것이 점질물 생성의 최적인 것으로 나타났다(Table 2). 이는 발효음료에 당을 첨가하므로 발효음료의 풍미 향상에 도움을 준다는 Jang 등(29)의 보고와 같이, 본 연구에서 *L. mesenteroides* SM 균주를 이용하여 탄소원 sucrose로부터 점질물을 효과적으로 생성할 수 있었으며, 특히 생성된 젓산에 의한 풍미와 향이 부여됨과 동시에 밝고 선명한 적색의 색상을 띄는 당근 발효음료를 제조할 수 있을 것으로 여겨진다.

Sucrose 농도에 따른 전환율 변화

본 실험에 사용한 *L. mesenteroides* SM 균주는 sucrose를 기질로 하는 dextran 생성균주로서 sucrose를 첨가하였을 때 dextran 점질물 생산이 증가하였으며, 이때 첨가한 sucrose의 전환율 및 잔존량은 HPLC를 통하여 확인하였다. 당근발효 주스에서의 점조도 및 sucrose 전환율은 발효 24시간을 기준으로 sucrose 농도가 15%일 때 최적인 것으로 나타났다(Table 2, 3). 최적조건에서의 발효시간에 따른 sucrose 전환율 및 점조도의 변화를 보면 발효 18시간일 때

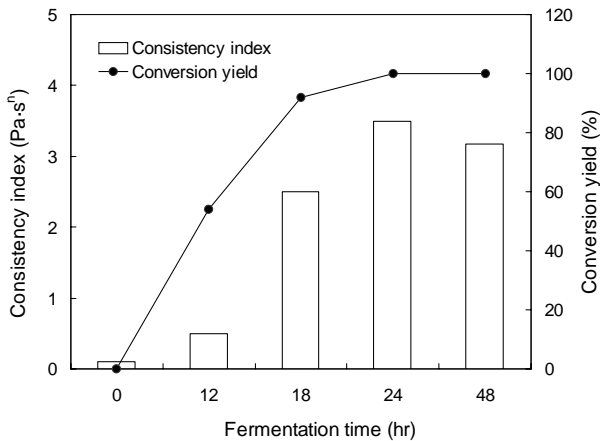


Fig. 1. Changes in consistency index and conversion yield of 15% sucrose in the carrot juice fermented by *L. mesenteroides* SM according to fermentation time.
The conversion yield of sucrose was determined by sugar analysis using HPLC.

90% 이상의 전환율을 나타내었고, 첨가한 sucrose는 발효 24시간 만에 100% 전환되는 것으로 나타났다. 이때의 점조도 값은 3.5 Pa·sⁿ으로 최고치를 나타내었다(Fig. 1).

저장기간에 따른 당근 발효음료의 특성 변화

유산균 음료는 상당기간 저온 유통되므로 저장기간내의 생균수를 포함한 품질 변화가 중요하다. 따라서 최적조건에서 발효된 당근 음료를 4°C 냉장고에 보관하면서 pH, 산도, 점조도, 색도 및 생균수의 변화를 일주일 간격으로 4주간 분석하였다. 저장기간 중의 pH는 3.8로 일정하게 유지되었으며, 산도의 경우 약간 증가하는 것으로 나타났다(Table 4). 저장 초기 점조도는 3.5 Pa·sⁿ의 값을 나타내었으나 냉장 저장 중에 완만하게 감소하여 저장 4주째에는 2.0 Pa·sⁿ으로

Table 4. Comparison of pH, acidity, consistency index, and viable cell counts in the carrot juice fermented by *L. mesenteroides* SM during cold storage at 4°C

Storage period (days)	pH	Titratable acidity (%)	Viable cell counts (10 ⁸ , cfu/mL)	Consistency index (Pa·s ⁿ)
0 ¹⁾	3.9	0.85	24.2	3.5
7	3.8	0.90	13.8	3.3
14	3.8	1.01	13.6	2.2
21	3.8	1.07	3.80	2.1
28	3.8	1.27	2.80	2.0

¹⁾CJ fermented at 25°C for 24 hr.

Table 5. Changes in Hunter color values in carrot juice fermented during cold storage at 4°C

	Storage period (days)						
	I	0	7	14	21	28	
L	31.7±0.02 ¹⁾	35.01±0.13	34.39±0.96	35.60±0.03	35.62±0.26	36.31±0.13	
a	16.5±0.03	16.86±0.63	16.06±0.63	13.32±0.20	15.56±0.63	14.90±0.00	
b	24.4±0.03	28.17±0.70	24.84±0.46	19.87±0.73	24.43±0.36	22.08±0.86	

¹⁾Data were presented as mean±SD (n=3).

나타났다. 생균수는 저장초기에 2.4×10⁹ cfu/mL의 값을 나타내었으나 냉장 저장 중에 점차적으로 감소하여 저장 4주째에는 2.8×10⁸ cfu/mL로 나타났다. 그러나 저장기간 중의 색도 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값의 변화는 거의 나타나지 않았다(Table 5). 따라서 당근 발효음료에 사용된 *L. mesenteroides* SM은 젖산을 생성하면서 약간의 신맛이 증가되는 당근 발효음료로 전환시키며, 저온에서도 다량의 점질물 생성에 기인한 점조성 증가를 비롯하여 우수한 맛과 향 및 풍미를 부여함으로써 당근 발효음료의 제품화 가능성을 보여주었다.

저장기간에 따른 당근 발효음료의 β-carotene 함량변화

Sucrose가 15%(w/v) 첨가된 당근 발효음료의 저장기간 중의 β-carotene의 함량 변화는 HPLC로 분석하였으며 그 결과는 Fig. 2와 같다. 당근주스의 발효전의 β-carotene 함량은 142 μg/mL이었으나, 젖산발효 24시간 후에는 72 μg/mL로 급격하게 감소하였다. 빛, 열, 산소에 매우 불안정한 물질인 β-carotene색소는 알칼리조건에서 안정한 반면에 산성조건에서 모든 carotenoids는 분해 등을 통해서 손실됨이 보고되었다(31). 따라서 당근주스의 젖산발효는 당근의 고유한 색소성분인 β-carotene의 손실을 초래하는 것으로 사료된다. Kim 등(32)에 의하면 β-carotene의 함량 변화는 산화가 주요인이 되고 가열과정으로 이성질화를 유도하는 것으로 알려져 있으며, 저장기간이 경과함에 따라 β-car-

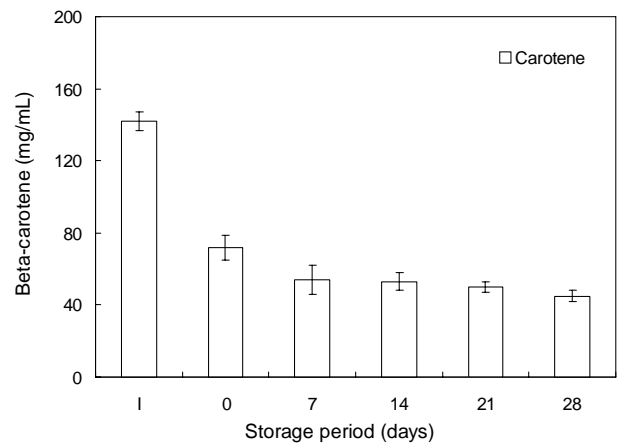


Fig. 2. Changes in β-carotene contents of the carrot juice fermented by *L. mesenteroides* SM during cold storage at 4°C.
I: Initial β-carotene content before fermentation, 142 μg/mL.

otene의 분해율이 증가된다고 하였다. Chen 등(33)의 보고에서도 β-carotene은 저장기간이 경과함에 따라 서서히 감소하였으며, 당근 즙을 냉장에서 12주간 저장했을 때 약간씩 감소하는 현상을 보였다. 본 실험에서의 β-carotene의 함량 변화는 최적조건에서 발효 시 72 µg/mL로 나타났으며, 저장 1주에는 54 µg/mL로 감소되었고, 그 후 저장 4주까지는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다(Fig. 2).

주스의 색소성분인 β-carotene은 Kim 등(32)의 보고에 의하면 공기 중에 노출 시 산소와 접촉하여 변화할 가능성이 가장 큰 성분들이라고 하였는데, 본 실험에서도 이와 일치하는 것으로 발효 전과 후를 비교해 볼 때, 공기 중의 산화로 인하여 변화를 보이는 것으로 나타났다.

요 약

본 연구에서는 당근을 이용하여 점질물 생성이 우수한 젖산균을 당근주스로부터 분리한 후 당근 발효음료 제조의 최적화를 수행하였으며, 발효 당근음료에 대한 물리화학적 성질 및 저장 안정성을 평가하였다. 당근 생즙으로부터 분리된 점질물 생성 젖산균은 16S rDNA sequencing에 의해 *Leuconostoc mesenteroides* SM으로 동정되었다. Dextran의 최적생산을 위하여 0~20%(w/v)의 sucrose를 첨가한 당근 주스를 25°C에서 24시간 발효한 결과, sucrose 농도 15% (w/v)일 때 발효 당근음료의 점조도가 3.5 Pa·sⁿ으로 최대치를 나타내었으며, pH 3.8, 산도 0.88%를 나타내었다. 최적 조건에서 발효한 당근발효음료의 저장성을 알아보기 위하여 4°C에서 4주 동안 저장한 결과 pH 및 산도는 변화가 없었으나, 점조도 값은 약간의 감소를 나타내었다. 발효 및 저장 기간 중의 β-carotene 함량의 변화는 발효 전에는 142 µg/mL에서 24시간 발효 후에는 72 µg/mL으로 49% 파괴율을 나타내었다. 냉장 저장 1주에는 54 µg/mL로 약간의 감소를 보였으나 그 이후에는 큰 변화가 없었다. 따라서 젖산균을 이용하여 당근주스의 젖산발효를 수행하는 경우 탄소원 sucrose를 첨가함으로써 dextran을 생성할 수 있고, 이는 당근 발효음료의 침전물 억제 및 물성 개선을 할 수 있었다. 특히, 당근발효음료는 냉장 저장 4주 동안에도 색, 맛, 풍미, 물성 및 기능성을 유지하는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지원 계명대학교 전통미생물자원 개발 및 산업화연구센터의 지원과 중소기업청의 중소기업 기술혁신개발사업의 연구결과로 수행되었음.

문 헌

1. Krinsky NI. 1988. The evidence for the role of carotenes in preventative health. *Am J Clin Nutr* 7: 107-110.

2. Kim SM, Cho YS, Sung SK. 2001. The antioxidant ability and nitrate scavenging ability of plant extracts. *Korean J Food Sci Technol* 33: 26-32.

3. Sohn KS, Seog EJ, Lee JH. 2006. Quality changes of carrot juice as influenced by clarification methods. *Food Engineering Progress* 10: 48-53.

4. Lee KH, Choi HS, Kim WJ. 1995. Effect of several factors on the characteristics of six-vegetable and fruit juice. *Korean J Food Sci Technol* 27: 439-444.

5. Jo JO, Jung IC. 2000. Changes in carotenoid contents of several green-yellow vegetables by blanching. *J Korean Soc Food Nutr* 16: 17-21.

6. Lim SB, Jwa MK. 1996. Effect of blanching condition on the quality of carrot juice. *J Korean Soc Food Nutr* 25: 680-686.

7. Lee HJ, Kim JG. 2000. The changes of components and texture out of carrot and radish pickles during the storage. *J Korean Soc Food Nutr* 13: 563-569.

8. Park SY, Ko YT, Lee JY, Mok CK, Park JH, Ji GE. 1997. Fermentation of carrot juice by *Bifidobacterium*. *Korean J Food Sci Technol* 29: 571-575.

9. Kim MH, Kim MC, Park JS, Park EJ, Lee JO. 1999. Determination of antioxidants contents in various plants used as tea materials. *Korean J Food Sci Technol* 31: 273-279.

10. Kim NM, Lee JW, Do JH, Yang JW. 2003. Effects of the fermentation periods on the qualities and functionalities of the fermentation broth of wild vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 35: 272-279.

11. Jung DS, Lee YK, Lim KW. 2000. Characteristics of fermented fruit and vegetable mixed broth using by bacteriocin-producing lactic acid bacteria and yeast. *Korean J Food Sci Technol* 32: 1358-1364.

12. Kim SY, Choi EH. 2002. Optimization for the lactic acid fermentation of mixed fruit and vegetable juices. *Korean J Food Sci Technol* 34: 303-310.

13. Lee KS, Park KH, Lee SH, Choe EO, Lee HG. 2003. The quality properties of dried carrots as affected by blanching and drying methods during storage. *Korean J Food Sci Technol* 35: 1086-1092.

14. Kim SY, Choi EH. 1998. Preparation and characteristics of mixed fruit and vegetable juices. *Korean J Food Sci Technol* 30: 90-96.

15. Shon KS, Seog EJ, Lee JH. 2006. Quality changes of carrot juice as influenced by clarification methods. *Food Engineering Progress* 10: 48-53.

16. Sohn KS, Lee JH. 2006. Clarification of mixed fruit and vegetable juices using various clarification methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 629-634.

17. Suh YK, Youn GH, Cho YH, Paek KY. 1999. Expression of some quantitative characters among breeding lines and their F₁ hybrids in carrot. *J Korean Soc Hort Sci* 40: 697-701.

18. Lee HJ, Kim JG. 2000. The changes of components and texture out of carrot and radish pickles during the storage. *J Korean Soc Food Nutr* 13: 563-569.

19. Park KY, Cheigh HS. 2004. *Kimchi: Handbook of food and beverage fermentation technology*. Hui YH, Meunier-Goddik L, Hansen AS, Josephsen J, Nip WK, Stanfield PS, Toldra F, eds. Marcel Dekker, Inc, New York. p 621-634.

20. Chang SK, Kim HJ. 2005. Studies on the development of sausage fermented by *Leuconostoc citreum*. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 33-39.

21. Vandamme EJ, De Baets S, Steinbüchel A. 2002. *Biopolymers*. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Vol 5,

- p 299-321.
22. Santos M, Teixeira J, Rodrigues A. 2000. Production of dextransucrase, dextran and fructose from sucrose using *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B412(f). *Biochem Eng* 4: 177-188.
 23. Kim D, Thomas S, Fogler H. 2000. Effects of pH and trace minerals on long-term starvation of *Leuconostoc mesenteroides*. *Appl Environ Microbiol* 66: 976-981.
 24. Son MJ, Jang EK, Kwon OS, Seo JH, Kim IJ, Lee IS, Park SC, Lee SP. 2008. Characterization of dextran produced from *Leuconostoc citreum* S5 strain isolated from Korean fermented vegetable. *Eur Food Res Technol* 226: 697-706.
 25. Genc M, Zorba M, Oza G. 2002. Determination of rheological properties of boza by using physical and sensory analysis. *J Food Eng* 52: 95-98.
 26. Kang TH, Jung SJ, Kang SA, Jang KH, Jang EK, Kim SH, Kim IH, Kim SH, Rhee SK, Chun UH. 2002. Preparation of levan oligosaccharides by acid hydrolysis and its application in growth of lactic acid-producing bacteria. *Korean J Biotechnol Bioeng* 17: 137-141.
 27. Park WB, Kim DS. 1995. Changes of contents of β -carotene and vitamin C and antioxidative activities of juice of *Angelica koidz* stored at different conditions. *Korean J Food Sci Technol* 27: 375-379.
 28. Shamala TR, Prasad MS. 1995. Preliminary studies on the production of high and low viscosity dextran by *Leuconostoc* spp. *Progress Biochem* 30: 237-241.
 29. Jang KH, Choi JH, Lee JM, Lee JH, Jang SY, Jeong YJ. 2002. Fermentation characteristic of kefir beverage added fruit juice. *Food Science and Industry* 7: 35-38.
 30. Lee JS, Han PJ, Suh KB. 1972. Studies on production of modified yogurt (soy cream) from soybean milk (I). *Korean J Food Sci Technol* 4: 194-199.
 31. Britton G. 1996. *Carotenoid: Natural food colorants*. Hendry GAF, Houghton JD, eds. Balckie Academic & Professional, New York. p 197-243.
 32. Kim HY, Lim YI, Russell RM. 2003. Changes in carotenoids contents in pureed and cooked carrot and spinach during storage. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 19: 83-95.
 33. Chen HE, Peng HY, Chen BH. 1996. Stability of carotenoids and vitamin A during storage of carrot juice. *Food Chem* 57: 497-503.

(2007년 9월 11일 접수; 2008년 1월 23일 채택)