

당근을 첨가한 신다리의 발효 특성

김소연·박은진[†]

제주대학교 식품생명공학과

Fermentation Characteristics of *Shindari* Added with Carrot

Soyeon Kim · Eun-Jin Park[†]

Department of Food Bioengineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

Abstract

Shindari is a traditional fermented drink of Jeju in Korea, which is made with boiled barley and nuruk for short fermentation periods. This study determined chemical, microbiological, and sensory characteristics of the modified *Shindari* with 15% carrots as an additive (carrot *Shindari*), and this study compared it with a traditional *Shindari* as a control. After fermentation at 30°C for a day, the pHs of the carrot *Shindari* and traditional *Shindari* largely decreased, and the total acidities increased in both of the *Shindari*. The significantly higher scores of Hunter's color values were observed more in carrot *Shindari* than in traditional *Shindari*. Also, carrot *Shindari* (0.4954 g/100 g) had a significantly higher content of vitamin C than traditional *Shindari* (0.0030 g/100 g). The most abundant free sugar and organic acid were glucose and lactic acid, respectively, in both of the *Shindari*. The total numbers of bacteria, fungi and lactic-acid bacteria in both samples increased by log 3 CFU/mL after fermentation. Based on 16S ribosomal RNA gene analysis, the dominant lactic-acid bacteria was *Pediococcus acidilactici* in both samples. The DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical scavenging activity of carrot *Shindari* (60.13%) was higher than that of traditional *Shindari* (23.70%). In sensory evaluations (taste, flavor, color, and overall acceptance), the carrot *Shindari* had higher scores in all these values. In this study, the modified *Shindari* with carrot presenting high sensory characteristic as well as chemical and microbiologic characteristics provide an opportunity to improve the application of a traditional fermented drink of Jeju, *Shindari*.

Key words: *Shindari*, carrot, fermentation, barley, lactic acid bacteria

I. 서론

신다리란 제주지역의 전통 식품 중 하나로 순달이 또는 단술로 불린다. 제주는 예로부터 토양이 척박하여 벼농사가 어려웠기 때문에 쌀보다는 보리를 주식으로 하였는데, 먹다 남은 보리밥의 보관이 어려울 때 이를 이용하는데서 유래하였다(Oh YJ 2009). 신다리는 찬 보리밥에 누룩을 첨가하여 단기간 발효시킨 후 체에 걸러 끓이거나 그대로 단맛을 첨가하여 음용하였다. 짧은 발효기간으로 인해 도수가 1% 내외로 낮고 신맛과 단맛이 강하여 주로 여름철 음료로 이용하였다(Oh YJ 2009). 신다리는 그 원료가 보리, 누룩, 그리고 물로 막걸리와 유사하지만 발효시간이 짧고 알코올 함량이 낮아 막걸리보다는 요구르트와 비슷하다고 할 수 있다.

최근 들어 막걸리에 대한 연구는 활발하게 이루어졌으나, 막걸리와 유사하면서도 독특한 특성을 가지는 신다리에 대한 연구는 미비한 실정이다(Kim SC 1998). 현재까지 보고된 바로는 신다리 제조 중 성분변화(Kim SC 1998), 누룩을 이용한 쌀죽 발효액의 성분변화(Kim SC 등 1998), 감귤을 첨가하여 제조한 신다리 특성을 분석한 연구(Kim HS 2011) 등이 있다. 특히 감귤을 첨가한 신다리의 연구(Kim HS 2011)에서는 감귤주스를 33% 첨가하여 발효시킨 신다리의 젖산균수가 10^3 CFU/g으로 막걸리와 비슷한 수준으로 확인되어 알코올은 없지만 젖산균 음료로의 신다리 이용 가능성을 확인하였다.

곡류를 이용한 탁주(濁酒)인 막걸리는 다양한 부재료를 첨가하여 제조함으로써 대중에 대한 관심과 인지도를 높여왔다. 전통적인 막걸리 원료에 건조유과피(Yang HS 등 2011), 고구마(Cheon JE 등 2013), 당귀(Lee JM 등 2013), 블루베리(Jeon MH와 Lee WJ 2011), 석류(Kim BH와 Eun JB 2012), 오디(Kim EK 등 2013a), 자색고구마(Jo HK 등 2012), 유자즙(Yang HS와 Eun JB 2011), 크랜베리(Lee HN 등 2013), 키위(Kim EK 등 2013b), 파프리카(Kim SH

[†]Corresponding author: Eun-Jin Park, Department of Food Bioengineering, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea
Tel: +82-64-754-3612
Fax: +82-64-755-3601
E-mail: ejpark@jeju.ac.kr

등 2013), 포도(Kim GW 등 2012), 그리고 홍삼(Kim DK 등 2012) 등을 첨가하여 그 이용 가능성을 확인하였다. 특히 막걸리는 미생물이 발효과정에서 만들어내는 비타민과 필수 아미노산, 유기산 등의 다양한 영양성분이 함유되어 있고, 그 외에 항산화물질과 다양한 생리활성 물질을 섭취할 수 있다는 장점이 있다(Lee JS 등 1996). 순다리는 막걸리와 그 원료가 비슷하고, 단기간이지만 발효를 이용한다는 점에서 막걸리와 유사한 영양성분을 가질 것으로 추측할 수 있다.

또한 막걸리는 대부분 백미를 주재료로 하여 만들고 있지만, 최근에는 현미와 보리를 이용한 막걸리 제조를 시도한 연구가 있다(Lee HC 등 1988, Kim BS 등 2010, Lee HS 등 2014). 실제로 보리를 이용한 보리막걸리가 시판되었으나 현재는 생산이 중단된 상황이다. 보리에는 다당류의 일종인 β -glucan이 5% 정도 함유되어 있으며, 이들이 체내에서 면역증진과 콜레스테롤 저하 작용에 역할을 한다는 것이 밝혀지면서 보리의 섭취 및 이용이 증대되었다(Aman P와 Graham H 1987, Barbara O와 Schneeman BO 1989).

제주에서는 다양한 발작물이 재배되는데, 브로콜리와 당근이 대표적이다. 특히 당근은 제주가 전체 재배면적의 59%와 생산량의 68%를 차지하고 있다(Ko SB와 Kang KS 2010). 당근은 미나리과(Apiaceae) 당근속(Daucus)으로 전 세계에서 재배되고 있으며, 식이섬유와 비타민 A, 그리고 비타민 C 등이 풍부하다(Lee SH 2005). 현재까지 당근은 대부분이 생식과 요리 부재료로 이용되어 왔으며, 최근 들어서 가공식품과 화장품 등의 원료로 사용되고 있다(Lee MJ 등 2012). 당근은 전국에서 그 생산량이 꾸준히 증가하고 있는 실정이지만 그 이용 폭이 좁아서 새로운 분야로의 적용에 대한 고민이 필요하다. 당근을 이용한 가공식품은 주로 즙을 이용한 음료가 대부분이다. 또한 과거에는 당근 즙을 그대로 살균하거나 다른 과채류 즙과 혼합하여 주스를 만들었지만, 최근에는 당근 즙과 다른 과채류 즙을 혼합한 후 발효시킨 연구가 수행되어 새로운 가능성을 확인하였다(Kim YK 등 1990, Son SJ 등 2008). 당근과 감귤을 혼합하여 그 특성을 확인한 연구(Oh YS 등 2012)로부터 시작되어, *Bifidobacterium*(Park SY 등 1997) 또는 김치에서 분리한 젖산균(Jo SJ 등 2008)을 스타터(starter) 미생물로 사용한 당근 발효음료를 제조하였고, 당근 즙에 상황버섯 추출물과 비트 즙을 혼합한 후 젖산 발효시킨 음료(Son MJ 등 2008)에 대한 연구까지 수행되었다.

따라서 본 연구에서는 제주 전통 음료인 순다리의 기본 제조법을 바탕으로 하고 여기에 부재료로 당근을 첨가하여 발효시킨 당근 순다리를 제조하고자 하였다. 당근 순다리는 알코올 함량이 거의 없으면서도 발효 과정을 통하여 증식한 젖산균이 풍부하게 함유되어 남녀노소 누

구나 요구르트처럼 섭취할 수 있는 발효 음료로의 제조 가능성을 확인하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 사용한 순다리 제조용 재료는 보리 압맥과 당근(Hanaro Mart, Jeju, Korea), 누룩(Jeju, Korea), 그리고 생수(SamDaSoo, Jeju, Korea)를 사용하였다. 두 번째로 선택한 보리에 1.5배의 물을 넣어 가정용 압력밥솥(CRP-HSXT0610FB, CUCKOO, Yangsan, Korea)을 이용하여 고두밥을 짓고 이를 식혀서 사용하였다. 당근은 가정용 분쇄기(SMX-13FM, SHINIL, Seoul, Korea)로 12 mesh 이하로 곱게 마쇄하여 사용하였다. 누룩은 구입 즉시 냉동보관(-16°C)을 하면서 필요할 때마다 소분하여 막자사발로 적당한 크기로 뺀 후 사용하였다.

2. 순다리 담금 및 분석을 위한 시료 채취 방법

일반 순다리와 당근 순다리는 당근 첨가 유무를 제외하고는 같은 배합 비율로 제조하였다(Table 1). 배합 비율은 예비 실험을 통하여 결정하였다. 보리밥 양 100 g을 기준으로 생수와 누룩 비율을 다르게 하여 제조한 후 전통적인 순다리와 가장 유사한 관능적 특성을 나타내는 배합 비율을 결정하였다. 결정된 일반 순다리 배합 비율을 기본으로 하고 당근 함량은 일반 순다리에 첨가한 생수 함량 기준 10%, 15%, 그리고 20%를 각각 첨가하여 발효시킨 후 관능검사를 통하여 가장 기호도가 높은 15%를 결정하였다. 일반 순다리는 당근 함량만큼의 생수를 첨가하였다. 순다리 제조 용기로 2 L의 멸균 듀란병을 이용하였으며, 30°C에서 24시간 발효하였다. 순다리는 10번 이상 제조하여 pH, 미생물수 변화, 그리고 관능평가를 통하여 일관된 발효 과정을 확인하였으며, 분석 항목에 따라 이 중에서 각각 3~10개의 시료를 사용하였다.

발효가 완료된 순다리를 6겹의 거즈(Daehan, Seoul, Korea)로 1차 여과한 시료는 발효 전과 후의 미생물 계수 및 분리, pH, 색도, 그리고 관능검사에 사용하였다. 이를 다시 0.45와 0.20 μ m syringe filter로 2차 여과한 시료는 비타민 C, 항산화 활성, 총 유리당, 그리고 유기산 분석에

Table 1. Ingredients of preparation of *Shindari* (g)

	Traditional <i>Shindari</i>	Carrot <i>Shindari</i>
Boiled barley	400	400
Nuruk	8	8
Carrot	0	90
Water	592	502
Total	1,000	1,000

사용하였다. 모든 실험은 3~10회 반복하여 수행하였다.

3. 총 산도와 pH 측정

총 산도와 pH는 발효 전과 후에 각각 측정하였다. pH는 pH meter(Docu-PH, Sartorius, Goettingen, Germany)를 사용하였고, 총 산도는 5배로 희석한 시료 20 mL에 phenolphthalein 지시약 2-3방울 떨어뜨린 후 0.1 N NaOH로 적색이 나타날 때 까지 적정하여 이때의 NaOH 소비량을 lactic acid로 환산하여 계산하였다. 계산식은 다음과 같다.

$$\text{총 산도(\%)} = \text{산도}\{V(\text{적정량}) \times F(0.1N \text{ NaOH 역가})\} \times 0.009 \times \text{희석배수/시료채취량} \times 100$$

4. 색도

색도는 색차계(UltraScan VIS, HunterLab, Reston, VA, USA)를 사용하여 1차 여과한 신다리 시료를 각각 10회 측정하였다. 색도는 명도(L, lightness)와 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)로 나타내었다.

5. 비타민 C 함량

총 비타민 C 함량은 Hadrazine 비색법(Hamilton IMJ 등 2000)을 바탕으로 540 nm에서 흡광도를 측정하여 계산하였다. 표준물질로는 L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. 계산법은 다음과 같다.

$$\text{총 비타민 C(mg/100 mL)} = D \times F \times (E - E_0)$$

D; 희석배수, F; 표준용액의 농도/(표준용액의 흡광도-공시험의 흡광도), E; 측정시료의 흡광도, E₀; 공시험의 흡광도

6. 항산화 활성

항산화 활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 자유 라디칼 소거능(free radical scavenging capacity)을 이용하여 측정하였다. 빛을 차단시키기 위하여 1.5 mL 갈색 시험관에 시료 200 μL와 DPPH용액 800 μL를 혼합하여 실온에서 10분간 방치 후 색차계(UltraScan VIS, HunterLab, Reston, VA, USA)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 BHA(butylated hydroxyanisole, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)와 L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하였으며, DPPH 자유 라디칼 소거능의 계산 방법은 아래와 같다.

$$\text{DPPH free radical scavenging capacity (RSC, \%)} = [(A - B)/A] \times 100$$

A; Absorbance of the control, B; Absorbance of the sample

Table 2. Operating conditions of HPLC for the analysis of free sugars

Item	Condition
Instrument	alliance 2695, Waters
Column	Prevail Carbohydrate ES, 4.6×250 mm, 5 μm, Grace
Column temperature	25°C
Mobile phase	70% acetonitrile
Flow rate	0.8 mL/min
Detector	ELSD

7. 총 유리당 함량

유리당 함량은 HPLC(Alliance e2695, Waters, Milford, CT, USA)를 이용하여 분석하였으며, 표준물질은 maltose, glucose, fructose, sucrose(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 이용하였고, 분석조건은 Table 2와 같다.

8. 유기산 분석

유기산 함량은 HPLC(Alliance e2695, Waters, Milford, CT, USA)를 이용하여 분석하였으며, 표준물질은 lactic acid, malic acid, acetic acid, citric acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 이용하였고, 분석 조건은 Table 3과 같다.

9. 미생물 계수 및 분리

발효 전과 후의 미생물 수는 Peptone(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)으로 만든 0.1% BPW(Buffered Peptone Water)로 십진 희석 한 시료를 각각 배지에 도달하는 plate count method를 이용하여 측정하였다. 총 호기성 세균 수, 총 젖산균 수, 그리고 총 진균(효모와 곰팡이) 수는 각각 TSA(Trypticase Soy Agar), MRS agar, 그리고 PDA(Potato Dextrose Agar)(BD, Franklin Lakes, NJ, USA)에 배양하였다. 총 호기성 세균과 젖산균은 37°C에서 24~72 시간, 진균은 30°C에서 72~120시간 배양한 후 형성된 전

Table 3. Operating conditions of HPLC for the analysis of organic acids

Item	Condition
Instrument	alliance e2695, Waters
Column	Prevail Organic Acid Col, 150×4.6 mm 5 μm
Column temperature	25°C
Mobile phase	25 mM KH ₂ PO ₄ , pH 2.5 with Phosphoric Acid
Flow rate	1.0 mL/min
Detector	UV at 210 nm

형적인 colony를 계수하였다. 미생물 수는 시료 단위 mL 당 colony수(log CFU/mL)로 나타내었다. 특히 발효 후에 MRS 배지에 증식한 colony 중 전형적인 젖산균 형태를 보이는 것 16~20개를 선택하여 계대배양한 후 colony PCR(Polymerase Chain Reaction) 분석에 사용하였다.

10. 분리미생물의 16s rRNA 염기서열 분석

발효가 완료된 일반 쉰다리와 당근 쉰다리로 부터 각각 분리한 16개와 20개 colony를 분석하였다. 세균의 16S rRNA(ribosomal RNA) 유전자를 증폭하기 위하여 널리 알려진 universal primer를 사용하였고, 유전자 증폭기(GenePro Thermal Cycler, BIOER, Hangzhou, China)로 colony PCR을 수행하였다. PCR-premix(iNtRON Biotechnology, Seongnam, Korea)에 각각의 colony를 1 toothpick 넣고, 27F(5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCA-3') forward primer (10 pmol, 1 µL)와 1492R(5'-TACGGYTACCTTGTTACGACTT-3') reverse primer(10 pmol, 1 µL)를 섞은 후 증류수를 이용하여 최종 용량을 20 µL로 맞췄다. 세균의 16S rRNA 유전자 증폭은 94°C에서 5분간 예비가열, 94°C에서 20초간 변성, 55°C에서 유전자 재결합, 72°C에서 1분 30초 증합반응의 과정을 24회 반복한 후 72°C에서 5분간 처리하였다. 증폭된 DNA는 1.5% agarose gel을 이용하여 100 V에서 15분간 전기영동을 실시한 후 UV 투영기(Gel documentation, Bio Free, Seoul, Korea)로 DNA 크기와 증폭여부를 확인하였다. Sanger sequencing을 이용하여 분석한 분리 세균의 16S rRNA 유전자 염기서열은 GenBank database(NCBI database)를 통하여 기존에 보고된 세균의 16S rRNA 유전자 염기서열과 그 상동성(similarity)을 비교하였다.

11. 관능검사

관능검사는 숙련된 제주대학교 식품생명공학과 학부생과 대학원생 12명을 대상으로 하였다. 일반 쉰다리와 당근 쉰다리의 맛(신 맛, 단 맛, 누룩 맛, 알코올 맛, 상큼한 맛), 향(신 향, 누룩 향), 그 외(색, 목 넘김, 씹기), 그리고 전체적인 기호도를 9점 척도법(매우 좋음-9점, 매우 싫음-1점)으로 실시하였으며, 기타 의견을 적을 수 있도록 하였다. 일반쉰다리와 당근쉰다리의 관능적 특성을 평가하기 위하여 정량적 묘사분석(QDA, Quantitative Descriptive Analysis) 방법을 사용하였다.

12. 통계처리

관찰된 모든 실험결과는 SPSS 통계분석 프로그램(SPSS 12.0K for window, SPSS Inc., Armonk, NY, USA)의 분산분석(Analysis of Variance)을 실시하고 Duncan's multiple range test에 의해 평균값의 유의차($p < 0.05$)를 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 발효 전후의 pH 및 총산 함량 변화

발효 전과 후의 pH와 산도의 측정결과는 Table 4와 같다. 쉰다리는 발효시간이 짧기 때문에 누룩에 들어있는 미생물들은 알코올 발효가 이루어지기 전에 먼저 유기산을 생성한다. 이로 인하여 발효 전 일반 쉰다리와 당근 쉰다리는 각각 6.78과 6.94로 중성에 가까운 pH가 발효 후 3.84와 3.93으로 급격하게 낮아졌다. 키위를 첨가한 막걸리는 발효 전 대조군과 시험군 각각 5.31과 5.68에서 발효 후 1일에 4.03과 3.98로 낮아졌으나, 이후 막걸리가 완성될 때까지 완만한 pH 변화를 나타내었다(Kim EK 등 2013b). 발효 초기에는 원료인 누룩으로 인한 젖산 발효가 주로 이루어지기 때문에 생성된 총산의 함량은 pH에 크게 저하시키지만, 발효 2일 이후에는 알콜 발효가 진행되어 생성물인 이산화탄소가 대기 중으로 배출되므로 pH에 영향을 주지 않는다(Mill MB 등 1949). 따라서 1일의 발효를 진행한 쉰다리에서 pH의 급격한 감소는 생성된 젖산에 기인한다.

산도는 발효의 정도와 이상발효를 추측해 볼 수 있는 지표이자 함량에 따라 보존성과 풍미에 영향을 주는 성분이다(Lee TJ 등 2009). 발효 전 일반 쉰다리와 당근 쉰다리의 총 산도는 모두 0.03%였고 발효 후에는 0.08%와 0.18%로 각각 증가하였다. 또한 당근 쉰다리의 총 산 함량이 일반 쉰다리보다 발효 후에 약 2배 정도 더 높은 것을 알 수 있었다. 키위를 첨가한 막걸리에서도 술덧 제조 직후에는 키위를 첨가한 시험군이 대조군보다 총산의 함량이 낮았지만 초기 1일째 대조군과 시험군 각각 1.7배, 5배 증가로 시험군이 대조군보다 총 산도의 증가폭이 높았다는 결과와 유사하다(Kim EK 등 2013b). 발효액의 총

Table 4. pH, total acidities, color values (L, a and b), and vitamin C contents of *Shindari*

		Traditional <i>Shindari</i>	Carrot <i>Shindari</i>
pH	0 hr fermentation	6.78±0.04 ¹⁾	6.94±0.04
	24 hr fermentation	3.84±0.21	3.93±0.03
Total acidity (%)	0 hr fermentation	0.03±0.00 ^{a2)}	0.03±0.00 ^b
	24 hr fermentation	0.08±0.01 ^a	0.18±0.00 ^b
Color values	L	47.89±0.01 ^a	69.22±3.01 ^b
	a	10.65±0.01 ^a	27.75±7.38 ^b
	b	14.12±0.01 ^a	69.04±2.28 ^b
Vitamin C (mg/100 mL)		0.0024±0.0006 ^a	0.4437±0.4960 ^b

¹⁾Values are Means±SD

²⁾Means with the different letter in row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

산 함량이 급격하게 증가하였음에도 불구하고 pH의 감소가 미미한 이유는 미생물의 발효작용으로 단백질이 분해되어 생성된 아미노산 등이 완충능력을 상승시켜 pH에 변화가 나타나지 않는 것으로 판단된다(Jeon MH와 Lee WJ 2011, Yang HS 등 2011).

2. 쉰다리 발효 후 색도 비교

당근 쉰다리가 일반 쉰다리보다 명도(L), 적색도(a), 그리고 황색도(b) 모두 높게 나타났다. 당근 쉰다리의 명도와 적색도는 일반 쉰다리에 비하여 그 수치가 각각 21.33과 17.1 높았고, 황색도는 두 시료의 차이가 54.91로 가장 뚜렷하게 대비되었다. 이러한 결과는 당근 쉰다리에 첨가한 당근의 영향으로 보인다. 당근의 카로티노이드 색소인 β-carotene은 비타민 A의 전구물질이며, 등황색 색소로 낮은 온도와 pH 4~5의 산성의 조건에서 그 색이 안정하다(Lee SH 2005). 따라서 pH가 4 정도인 당근 쉰다리에서도 당근 고유의 색소가 안정하게 유지된 것으로 판단된다. 당근에 함유된 β-carotene은 항암작용, 항산화효과, 그리고 성인병 예방 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Lee SH 2005).

3. 쉰다리 발효 후 비타민 C 함량

비타민 C는 β-carotene과 같은 항산화 물질로서 체내의 활성산소 발생을 억제시켜 활성산소로 인한 체내 손상을 차단시키는 기능을 가지고 있다(Fotherby MD 등 2000). 두 쉰다리에 함유된 비타민 C 함량은 Table 4에 나타났다. 발효 후 비타민 C 함량이 일반 쉰다리와 당근 쉰다리에서 각각 0.0030과 0.4954 mg/100 mL로 당근이 포함되었을 때 유의적으로 비타민 C 함량이 높았다(p<0.05). 이는 제주산 당근의 비타민 C 함량이 8.53 mg/100 g이라는 보고에서처럼 당근에 함유된 비타민 C가 당근 쉰다리에서 그대로 측정된 것으로 보인다. 비타민 C는 β-carotene과 같은 항산화 물질로서 섭취 시 인체 내 유익한 효과를 얻을 수 있다.

4. 쉰다리 발효 후 항산화 활성

DPPH는 화학적으로 안정된 자유 라디칼을 가지고 있으며 항산화 물질과 작용하면 전자를 내어 주면서 라디칼이 소멸되어 색이 변하는 원리를 이용한 것이다(Lee KD 등 1997). 두 쉰다리의 항산화 활성은 Table 5와 같다. DPPH 자유 라디칼 소거능은 일반 쉰다리와 당근 쉰다리에서 각각 23.7%와 60.1%로 당근 쉰다리에서 약 2배 정도 높은 항산화 활성을 확인하였다. 당근 쉰다리 제조에 사용한 당근 마쇄액의 라디칼 소거능을 확인한 결과 36.9%로 확인되었다. 따라서 당근 쉰다리에서 확인된 항산화 활성은 일반 쉰다리와 당근 자체의 항산화력이 합

Table 5. Free radical scavenging activity of *Shindari*

Sample	DPPH free radical scavenging activity (%)
Traditional <i>Shindari</i>	23.70±12.40 ¹⁾
Carrot <i>Shindari</i>	60.13±3.45
Carrot juice	36.90±0.55
Ascorbic acid (10 mg/mL)	94.83±2.11
BHA (10 mg/mL)	94.36±1.64

¹⁾Values are Means±SD

해져서 나타난 것으로 판단된다. 그러나 당근 쉰다리의 항산화 활성 정도는 항산화 활성 표준물질인 ascorbic acid와 BHA의 활성보다는 낮다. 자색 고구마를 첨가한 막걸리에 관한 연구 결과에서도 항산화 활성이 확인된 자색 고구마를 첨가한 막걸리가 일반 막걸리보다 높은 수준의 항산화 활성을 가지는 것으로 확인되었다(Jo HK 등 2012).

5. 쉰다리 발효 후 유리당 함량

발효가 완료된 쉰다리의 유리당 함량을 분석한 결과는 Table 6에 나타내었다. 유리당 중 maltose가 일반 쉰다리 (1.67 g/100 g)와 당근 쉰다리(1.74 g/100 g)에서 대부분을 차지하는 것으로 확인되었으며, glucose는 당근 쉰다리에 서만 0.53 g/100 g 검출되었다. 보리의 maltose 함량은 적지만 누룩의 효모와 곰팡이, 세균 등의 미생물에 의해 전분이 당화되어 발효 후 그 함량이 증가한 것으로 판단된다(Yook C 등 1990). 누룩에 의한 쌀죽 발효액 중의 성분 변화를 관찰한 연구에서도 발효가 진행되면서 생성된 유리당 성분의 대부분은 maltose와 glucose임을 보고하였다(Kim SC 등 1998). 효모는 이당류인 maltose와 sucrose 등을 분해하여 glucose와 fructose 등의 단당류를 생성하고, 이렇게 생성된 단당류는 다양한 세균의 생육에 이용된다. 당근 쉰다리에서 검출된 glucose는 원료인 당근에서 비롯된 것으로 보이며, 당 함량은 당근의 맛에 가장 큰 영향을 주는 성분이다(Baranski R 등 2012). 관능평가에서도 시험군이 대조군보다 단맛의 기호도가 높게 나타났는데 이는 glucose의 함량으로 인한 것으로 추측된다.

6. 쉰다리 발효 후 유기산 함량

곡류를 발효시켜 만든 탁주는 발효과정 중에서 다양한 유기산을 생성하는데, 이는 특유의 신맛과 향을 나타내며, 산도를 조절하므로 유해 미생물의 생육을 억제하는 작용을 한다(Jeong JW 등 2006, Lee TJ 등 2009). 쉰다리의 발효 후 유기산 함량을 HPLC로 분석한 결과는 Table 6에 나타내었다. 유기산 중 lactic acid의 함량이 일반 쉰

Table 6. Free sugar and organic acid contents of *Shindari*

		Traditional <i>Shindari</i>	Carrot <i>Shindari</i>
Free sugar contents (g/100g)	Maltose	1.67±0.07 ¹⁾	1.75±0.11
	Glucose	- ²⁾	0.53±0.74
	Fructose	-	-
	Sucrose	-	-
Organic acid contents (μL/mL)	Lactic acid	2.46±0.04 ³⁾	2.86±0.02 ^b
	Malic acid	-	-
	Acetic acid	-	-
	Citric acid	-	-

¹⁾Values are Means±SD

²⁾-: Not detected.

³⁾Means with the different letter in row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

다리와 당근 쉰다리에서 각각 2.46과 2.86 μg/mL로 검출되었으며, 그 외 다른 유기산은 검출되지 않았다. 쉰다리는 막걸리와 달리 발효기간이 짧기 때문에 발효 초기에 증식한 젖산균의 영향으로 lactic acid만 검출된 것으로 보인다.

7. 발효 전후의 미생물 수 변화

쉰다리는 누룩에 함유된 여러 미생물을 통한 발효라는 과정을 거치기 때문에 발효 전에 비하여 발효 후에 미생물 수가 급격히 증가한다. 총 호기성 세균 수, 총 진균(효모와 곰팡이) 수, 그리고 총 젖산균 수를 분석한 결과를 Table 7에 나타내었다. 총 호기성 세균 수와 총 진균 수는 일반 쉰다리와 당근 쉰다리에서 모두 발효 전에 비하여 발효 후에 약 3 log CFU/mL 정도의 증가를 확인할 수 있었지만 두 시료간의 유의적인 차이는 확인할 수 없었다($p < 0.05$). 실험에 사용된 당근과 누룩에 함유된 젖산균 수는 각각 6.6과 6.0 log CFU/g을 나타내어 당근에도 젖산균이 상당수 포함된 것으로 확인되었다. 그러나 부재료로 사용된 당근의 첨가량이 적고 발효과정을 거치면서 젖산균이 급격히 증식하기 때문에 두 시료 간에 미생물 차이는 유의적이지 않은 것으로 판단된다. 또한 발효가 진행됨에 따라 온도와 발효에 관여하는 미생물 수의 증식으로 pH가 저하되는 등의 생육조건 변화 역시 두 시

료 간의 미생물 수 차이를 미미하게 만든 것으로 보인다 (Kim EK 등 2013a). 키위를 첨가한 막걸리의 발효 기간 동안 미생물 수를 분석한 결과, 초기에는 총 세균 수, 총 젖산균 수, 그리고 총 효모 수 모두 5 log CFU/mL 정도에서 발효 6일에 7 log CFU/mL로 증가하였다(KIM EK 등 2013b). 오디를 첨가한 막걸리에서도 6 log CFU/mL에서 발효를 시작하여 7일이 되어야 7 log CFU/mL까지 증가하였다(Kim EK 등 2013a). 그러나 자색고구마를 첨가한 막걸리에서는 누룩 첨가량에 따라 6~7 log CFU/mL의 젖산균과 효모 수에서 발효 1일 후 모두 8 log CFU/mL로 증가하여 본 연구 결과와 유사하였다(Cho HK 등 2012). 시판 생 막걸리에 대한 연구에서는 발효가 완료된 60여 종류의 막걸리에서 3~7 log CFU/mL의 젖산균 수를 확인하여 재료와 배합비율, 그리고 발효시간 등에 따라 미생물 수에 차이가 있음을 알 수 있었다(Kim YH 등 2012). 따라서 발효 후에 pH가 감소하고, 총 산도가 증가하였으며, 미생물 수는 증가한다는 본 연구의 결과는 기존에 보고된 막걸리의 연구 결과들과 일치하였다.

8. 쉰다리로부터 분리한 젖산균의 동정

일반 쉰다리와 당근 쉰다리로부터 각각 16개와 20개의 젖산균 16S rRNA 유전자 염기서열을 얻었다. 동정 결과 모두 NCBI database와 비교했을 때 보고된 젖산균과 99~100%의 염기서열 상동성을 나타내었다. 두 쉰다리 모두 공통적으로 *Pediococcus acidilactici*가 가장 높은 비율을 차지하여 쉰다리 발효를 주도하는 우점종을 확인하였다(Fig. 1). 일반 쉰다리에서는 44%, 그리고 당근 쉰다리에서는 80%가 *P. acidilactici*로 나타났다. 공통적으로 검출된 젖산균은 *P. acidilactici*가 유일하다. 일반 쉰다리의 경우 *P. acidilactici*보다 *Weisella confusa*가 50%의 가장 높은 비율로 확인되어, 일반 쉰다리는 *P. acidilactici*와 *W. confusa* 두 종(species)이 94%를 차지하였다. 그 외에 *Weisella cibaria*이 6% 검출되었다. 당근 쉰다리는 80%를 차지하는 *P. acidilactici* 다음으로 *Lactococcus lactis*가 15%, 그리고 *Leuconostoc citreum*이 5% 확인되어 일반 쉰다리와 젖산균 군집에서 차이를 나타내었다. Seung JK 등(2012)이 막걸리의 미생물 군집을 PCR-DGGE로 분석한 결과에서도 *P. acidilactici*가 우점으로 확인되어 본 연구결과와 유사함을 확인하였다. 막걸리는 발효가 진행되

Table 7. Changes of total number of microorganisms after fermentation of *Shindari*

Fermentation time (hr)	Total number of aerobic bacteria (log CFU/mL)		Total number of fungi (log CFU/mL)		Total number of lactic acid bacteria (log CFU/mL)	
	0	24	0	24	0	24
Traditional <i>Shindari</i>	5.32±0.29	8.51±0.13	4.58±0.63	8.59±0.30	5.61±0.09	8.46±0.12
Carrot <i>Shindari</i>	5.96±0.14	8.53±0.13	4.75±0.60	8.35±0.32	5.99±0.01	8.52±0.14

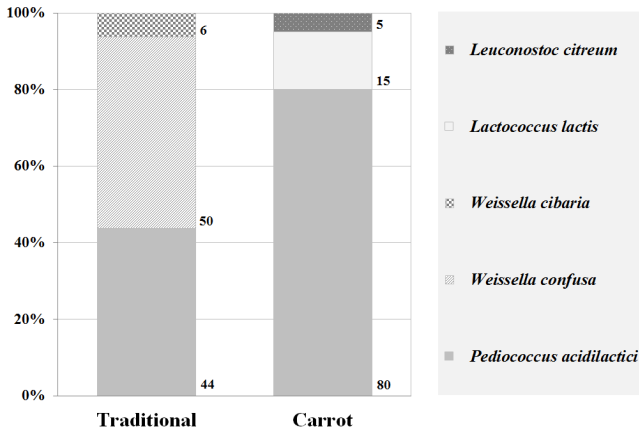


Fig. 1. Relative abundance of each species isolated from traditional and carrot *Shindari*

면서 *Lactobacillus*속에 속하는 젖산균이 우점을 형성하여 *P. acidilactici*의 생육을 저해하는 것으로 보고되어 있으며(Kim SK 등 1998), 본 연구에서도 발효 1일째인 신다리에서 *P. acidilactici*가 우점하는 것으로 확인되었으나, 발효가 더 진행된다면 일반 막걸리와 유사한 미생물 군집을 나타낼 것으로 추측할 수 있다. 따라서 일반 신다리와 당근 신다리는 젖산균 수에서의 유의적인 차이는 없지만 그 군집에서는 우점종에 차이가 있음을 확인하였다. 우점종인 *P. acidilactici*는 probiotics로 사람의 장에서 생존이 가능하여 집락을 형성할 수 있음이 알려졌다(Borges S 등 2013). 또한 막걸리에서 분리한 *P. acidilactici*가 bacteriocin이라는 천연 항생물질을 생산한다는 보고도 있다(Jang DB 등 2013). 따라서 보리를 주재료로 한 신다리는 보리의 영양성분과 발효를 주도하는 젖산균, 그리고 부재료이지만 당근의 영양성분까지 섭취할 수 있다는 장점이 있는 식품이다. 보리와 당근에 관한 연구는 많이 수행되었지만, 신다리의 발효를 주도하는 젖산균 이외의 미생물 군집에 관한 연구는 전무하며, 본 연구에서 사용한 배양 의존적인 방법이 아닌 배양 비의존적인 방법을 이용한 미생물 군집 분석에 관한 연구도 추후 수행되어 신다리에 관한 과학적인 접근이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

9. 관능검사

일반 신다리와 당근 신다리의 관능검사 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 일반 신다리에 비하여 당근 신다리가 신맛(sour taste)과 알코올 맛(alcoholic taste)을 제외하고 단맛(sweet taste), 상큼한 맛(fruity taste), 시큼한 향(sour flavor), 누룩 향(yeast flavor), 색(color), 그리고 전체적인 기호도(overall acceptability)에서 유의적으로 높은 값을 나타내었다($p < 0.05$). 또한 누룩 맛(yeast taste)은 당근 신

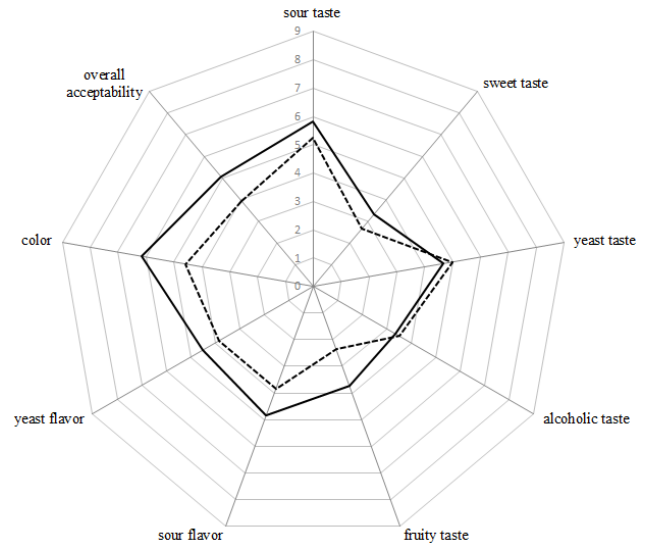


Fig. 2. The quantitative descriptive analysis (QDA) profiles for taste and odor of *Shindari* conducted on the hedonic scale of 1 (dislike very much) to 9 (like very much). ----, Traditional *Shindari*; —, Carrot *Shindari*

다리가 일반 신다리보다 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.05$). 일반 신다리의 경우 누룩의 향이 강하여 먹기 어렵다는 의견이 있었고, 이로 인해 기호도가 낮게 평가된 것으로 판단된다. 일반신다리와 당근신다리의 농도에 대한 기호도는 비슷하게 나타났으며 당근신다리에서 탄산으로 인한 툭 쏘는 맛의 기호도가 더 높게 나타났다. 특히 색의 관능적 평가에서는 당근 신다리 점수(6.17)가 일반 신다리 점수(4.58)가 상대적으로 높게 나타나 다른 항목에 비하여 큰 차이를 보였는데, 이는 당근에서 유래된 연한 살구색이 패널의 평가에서 높은 기호도를 이끌어 낸 것으로 판단된다. 본 관능검사에 사용된 신다리는 설탕을 비롯한 당을 첨가하지 않은 발효액 그 자체를 섭취한 후 특성을 비교한 것이다. 실제 제주 가정과 업소에서 신다리를 음용할 때는 설탕을 첨가하여 그대로 섭취하거나 곱게 마쇄하여 죽과 같은 형태로 섭취한다. 따라서 추후 당근 신다리에 설탕이나 올리고당 등의 당을 첨가하면 신맛과 누룩의 향을 상쇄시키는 효과가 나타나 전체적인 기호도가 높아질 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서는 생 당근을 마쇄하여 그대로 발효시켰지만, 추후에는 저온으로 가열한 당근 즙이나 당근 농축액을 사용하는 등의 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

IV. 결론

신다리는 발효시간이 하루 정도로 짧은 것이 특징인 제주의 전통 발효음료이다. 본 연구에서는 전통 신다리를 바탕으로 하고 여기에 당근을 첨가한 당근 신다리를 제

조한 후 발효 전 후의 이화학적, 미생물학적, 그리고 관능적 특성을 조사하여 그 이용 가능성을 확인하고자 하였다. 30°C에서 24시간 발효 후 pH는 발효 전 일반 쉰다리와 당근 쉰다리의 각각 6.78과 6.94에서 발효 후 3.84와 3.94로 두 시료가 유사하게 감소하였으며, 총 산도는 두 쉰다리에서 모두 발효 후 급격하게 증가하였다. 색도(L, a, b)는 일반 쉰다리에 비해 당근 쉰다리가 모든 항목에서 높게 나타났다. 비타민 C는 당근 쉰다리에서 0.4954 mg/100 mL으로 나타나 일반 쉰다리의 0.0030 mg/100 mL보다 유의적으로 높게 나타났다. 쉰다리에 가장 풍부한 유리당과 유기산은 각각 maltose와 lactic acid로 확인되었다. 총 호기성 세균 수, 총 효모 및 곰팡이 수 그리고 총 젖산균 수는 모두 발효 후에 3 log CFU/mL 증가하였으며, 두 시료 간의 유의적인 차이가 없었다. 16S rRNA 유전자 염기서열을 이용한 젖산균의 계통분류학적 분석 결과 일반 쉰다리와 당근 쉰다리에서 공통적으로 *Pediococcus acidilactici*가 발효를 주도하는 우점종임을 확인하였다. DPPH 자유 라디칼 소거능으로 측정된 항산화 활성은 일반 쉰다리와 당근 쉰다리 각각 23.70%와 60.13%로 당근 쉰다리가 2배 이상 높게 나타났다. 관능검사 결과 전체적인 항목(맛, 향, 색, 전반적 기호도)에서 당근 쉰다리가 높은 기호도를 보였다. 따라서 제주전통 음료인 쉰다리에 당근을 첨가한 당근 쉰다리는 이화학적, 미생물학적, 그리고 관능적 특성에서 비교적 우수한 것으로 나타나 제주 전통발효 음료인 쉰다리의 이용 가능성을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2014R1A1A1003104).

References

- Aman P, Graham H. 1987. Analysis of total and insoluble mixed-linked (1→3), (1→4)-β-glucans in barley and oats. *J Agr Food Chem* 35(5):704-709
- Baranski R, Allender C, and Klimek-Chodacka M. 2012. Towards better tasting and more nutritious carrots: Carotenoid and sugar content variation in carrot genetic resources. *Food Res Int* 47(2):182-187
- Barbara O, Schneeman BO. 1989. Dietary fiber. *Food Technol* 43:133
- Borges S, Barbosa J, Silva J, Teixeira P. Evaluation of characteristics of *Pediococcus* spp. to be used as a vaginal probiotic. *J Appl Microbiol* 115(2):527-538
- Cheon JE, Baik MY, Choi SW, Kim CN, Kim BY. 2013. Optimization of *Makgeolli* manufacture using several sweet potatoes. *Korean J Food Nutr* 26(1):29-34
- Cho HK, Lee JY, Seo WT, Kim MK, Cho KM. 2012. Quality characteristics and antioxidant effects during *Makgeolli* fermentation by purple sweet potato-rice Nuruk. *Korean J Food Sci Technol* 44(6):728-735
- Fotherby MD, Williams JC, Forster LA, Craner P, Ferns GA. 2000. Effect of vitamin C on ambulatory blood pressure and plasma lipids in older persons. *J Hypertens* 18(4):411-415
- Hamilton IMJ, Gilmore WS, Benzie IFF, Mulholland CW, Strain JJ. 2000. Interactions between vitamins C and E in human subjects. *Brit J Nutr* 84(3):261-267
- Jang DB, Park SK, Lee HJ, Pyo SE, Lee HS. 2013. Isolation of the alcohol-tolerant lactic acid bacteria *Pediococcus acidilactici* K3 and S1 and their physiological characterization. *Korean J Microbiol Biotechnol* 41(4):442-448
- Jeon MH, Lee WJ. 2011. Characteristics of blueberry added *Makgeolli*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40(3):444-449
- Jeong JW, Park KJ, Kim MH, Kim DS. 2006. Quality characteristics of Takju fermentation by addition of chestnut peel powder. *Korean J Food Marketing Economics* 12(3):329-336
- Jo HK, Lee JY, Seo WT, Kim MK, Jo KM. 2012. Quality characteristics and antioxidant effects during *Makgeolli* fermentation by purple Sweet Potato-rice Nuruk. *Korean J Food Sci Technol* 44(6):728-735
- Jo SJ, Oh SM, Jang EK, Hwang K, Lee SP. 2008. Physicochemical properties of carrot juice fermented by *Leuconostoc mesenteroides* SM. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37(2):210-216
- Kim BH, Eun JB. 2012. Physicochemical and sensory characteristics of *Makgeolli* with Pomegranate (*Punica granatum* L.) juice concentrate added. *Korean J Food Sci Technol* 44(4):417-421
- Kim BS, Kang SK, Park NH, Oh MS, Oh S, Ko DO, Park YK. 2010. Development and quality characteristics of *Makgeolli* using sweetbarley. 2010 International symposium and annual meeting. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 10:268
- Kim DK, Baik MY, Kim HK, Hahm YT, Kim BY. 2012. Manufacture of the red ginseng vinegar fermented with red ginseng concentrate and rice wine, and its quality evaluation. *Korean J Food Sci Technol* 44(2):179-184
- Kim EK, Chang YH, Ko JY, Jeong YH. 2013a. Physicochemical and microbial properties of korean traditional rice wine, *Makgeolli*, supplemented with mulberry during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(10):1682-1689
- Kim EK, Chang YH, Ko JY, Jeong YH. 2013b. Quality characteristics of *Makgeolli* added with kiwifruit. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(11):1821-1828
- Kim GW, Lee JH, Lee SA, Shim JY. 2012. Brewing characteristics of Grape-Makgeolli. *Food Eng Prog* 16(3):263-269
- Kim HS. 2011. Quality properties of saccharified schindari added with citrus juice. Master thesis. Jeju National University of

- Korea, p 40
- Kim SC. 1998. Changes in components of the porridge with rice flour, *Shuindari*, during fermentation. Master thesis. Jeju National University of Korea. pp 3-5
- Kim SC, Kim HS, Kang YJ. 1998. Changes of components in the rice-porridge fermented by *Nuruk*. J Korean Soc Food Sci Nutr 28(5):1017-1021
- Kim SH, Park JM, Yoon HS, Song DN, Song IG, Eom HJ. 2013. Physiological and sensory characteristics of *Makgeolli* with added Paprika. Korean J Food Sci Technol 45(5):578-582
- Kim SK, Lee EJ, Park KY, Jun HK. 1998. Bacteriocin produced by *Lactobacillus curvatus* SE1 isolated from *Kimchi*. J Microbiol Biotechnol 8(6):588-594
- Kim YK, Bai YH, Yoon S. 1990. A study on the preparation and characteristics of fermented fruit-vegetable juice. Korean J Soc Food Sci 6(4):59-68
- Kim YH, Min JH, Kang MG, Kim JH, Ahn BH, Kim HK, Lee JS. 2012. Physicochemical properties, lactic acid bacteria content and physiological functionalities of korean commercial *Makgeolli*. Korean J Microbiol Biotechnol 40(4):325-332
- Ko SB, Kang KS. 2010. Problems in Cheju carrot marketing and suggestions for improvement. Korean J Food Marketing Economics 17(4):133-159
- Lee HC, Koo YJ, Shin DH. 1988. Mixed culture fermentation of steamed barley by a tri-culture system. Korean J Food Nutr 1(2):56-63
- Lee HN, Lee JM, Chang YH. 2013. Quality characteristics of *Makgeolli* supplemented with cranberries. J East Asian Soc Dietary Life 23(1):85-91
- Lee HS, Park YS, Bai DH. 2014. Quality characteristics of *Makgeolli* (Rice Wine) fermented with *Koji* by starch types. Food Eng Prog 18(3):214-221
- Lee JM, Lee HN, Chang YH. 2013. Quality characteristics of *Makgeolli* using *Angelica gigas* nakai water Extracts. J East Asian Soc Dietary Life 23(3):332-340
- Lee JS, Lee TS, Park SO, Noh BS. 1996. Flavor components in mash of *Takju* prepared. Korean J Food Sci Technol 28(2):316-323
- Lee KD, Chang HG, Kim HK. 1997. Antioxidative and nitrite-scavenging activities of edible mushrooms. Korean J Food Sci Technol 29(3):432-436
- Lee MJ, Jang BS, Jeong NH. 2012. Application as a functional cosmetic ingredient of carrot glycoprotein. J Korean Oil Chemists Soc 29(2):257-267
- Lee SH. 2005. Optimization of processing conditions for improving the carotenoid stability of carrot. J Sci Culture 2(1):399-410
- Lee TJ, Hwang DY, Lee CY, Son HJ. 2009. Changes in yeast cell number, total acid and organic acid during production and distribution processes of *Makgeolli*, traditional alcohol of Korea. Korean J Microbiol 45(4):391-396
- Mill MB, Daron CM, Roe JH. 1949. Ascorbic acid, dehydroascorbic acid and diketogluconic acid in fresh and processed foods. Anal Chem 29:707-710
- Oh YJ. 2009. Jeju Traditional Food Fermentation culture in environment of east asia. J Cheju Studies 32:157-203
- Oh YS, Hwang JH, Oh HJ, Lim SB. 2012. Physicochemical properties and antioxidative activities of mixed citrus and carrot juice. J Korean Soc Food Sci Nutr 41(5):598-604
- 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(3):571-575
- Seung JK, Ahn TY, Sohn JH. 2012. Analysis of microbial diversity in *Makgeolli* fermentation using PCR-DGGE. J Life Sci 22(2):232-238
- Son MJ, Son SJ, Lee SP. 2008. Physicochemical properties of carrot juice containing *Phellinus linteus* extract and beet extract fermented by *Leuconostoc mesenteroides* SM. J Korean Soc Food Sci Nutr 37(6):798-804
- Son SJ, Son MJ, Lee SP. 2008. An application of fermented carrot juice as a food material. 2008 International symposium and annual meeting. J Korean Soc Food Sci Nutr
- Yang HS, Eun JB. 2011. Fermentation and sensory characteristics of Korean traditional fermented liquor (*Makgeolli*) added with citron juice. Korean J Food Sci Technol 43(4):438-445
- Yang HS, Hwang SJ, Lee SH, Eun JB. 2011. Fermentation characteristics and sensory characteristics of *Makgeolli* with dried citron peel. Korean J Food Sci Technol 43(5):603-610
- Yook C, Whang YH, Pek UH, Park KH. 1990. Preparation of Shikhae with starch hydrolysing enzymes/Malt mixture in Tea-bag. Korean J Food Technol 22(3):296-299

Received on Oct.7, 2014/ Revised on Nov.18, 2014/ Accepted on Dec.1, 2014