

자색고구마-쌀누룩으로 제조된 막걸리 발효 중 품질 특성과 항산화 효과

조현국 · 이주영 · 서원택¹ · 김명규² · 조계만^{1*}

영농조합법인 으뜸주가, ¹경남과학기술대학교 식품과학부, ²경남기술과학대학교 기계공학과

Quality Characteristics and Antioxidant Effects during *Makgeolli* Fermentation by Purple Sweet Potato-rice *Nuruk*

Hyeon Kook Cho, Ju Young Lee, Weon Taek Seo¹, Myung Kyu Kim², and Kye Man Cho^{1*}

Farming Corporation OrumJooga Winery

¹Department of Food Science, Gyeongsang National University of Science and Technology

²Department of Mechanical Engineering, Gyeongsang National University of Science and Technology

Abstract *Makgeolli* is the oldest Korean traditional wine made from rice, and contains 6-8% alcohol. Also, *nuruk* is traditionally prepared by exposing moistened ground wheat or rice to the air, and there contained airborne microorganism. In this study, purple sweet potato (PSP) was used as a raw material in the rice *nuruk*- and *makgeolli*-making processes. PSP rice *nuruk* (RN) was made with rice and 0-10% (w/w) PSP, and the characteristics of *makgeolli* were studied during fermentation. The pH during fermentation decreased from 4.27 (0% PSP-RN), 4.59 (2.5%), 4.50 (5.0%), 4.46 (7.5%), and 4.43 (10.0%) of initial fermentation day to 4.12, 3.82, 3.67, 3.71, and 3.66, respectively, at day 7. The sugar contents increased from 0.4°Bx of the initial day to 8.0-8.4°Bx, and the levels of alcohol increased to 13.0% (0% PSP-RN), 13.2% (2.5%), 12.8% (5.0, 7.5, and 10.0%) by day 7, respectively. In addition, the contents of soluble anthocyanins and phenolics increased from 0.001-0.121 and 0.2-0.27 g/L on the initial fermentation day to 0.002-0.166 and 1.65-1.87 g/L, corresponding to increases in levels of antioxidant activities of 20-50%, respectively.

Keywords: *makgeolli*, *nuruk*, alcohol fermentation, purple sweet potato, antioxidant activity

서 론

막걸리는 우리나라의 채래주로서 천여년 이상 양조되어 왔으며 탁주 또는 농주라고도 한다(1). 막걸리는 쌀, 옥수수, 고구마 및 밀 등의 전분질을 원료로 하고 발효제로서 누룩이 있다(2). 누룩은 막걸리 발효 과정에서 전분질을 분해해서 포도당으로 만들어 주는 주요 효소원이 되며(3), 누룩의 종류에 따라 미생물에 의한 효소활성, 유기산 생성력 및 알코올 발효능 등이 달라지므로 막걸리의 휘발성 풍미 성분, 맛 및 색상 등의 품질특성에 큰 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다(4-6).

막걸리는 일반 술과 달리 각종 영양원이 풍부하게 함유되어 있다(2). 특히, 인체 신진대사에 관여하는 비타민 B군을 비롯하여 lysine 및 leucine, arginine 등의 필수 아미노산, 풍미물질인 ethylacetate 및 amylacetate, ethylcaproate 등의 ester(7,8)와 새콤한 맛을 내어 갈증을 해소시켜주는 유기산, 그리고 간 기능을 도와주는 acetylcholine 등이 함유되어 있으며(4,9), 최근에는 4-hydroxybenzaldehyde, 2-(4-hydroxyphenyl) ethanol(tyrosol), *trans*-ferulic

acid, *cis*-ferulic acid 및 1H-indole-3-ethanol(tryptophol) 등의 항산화 물질을 막걸리로부터 분리하여 발표하였다(10). 또한 막걸리에는 장내 유용균인 젖산균이 막걸리 700 mL에 약 7×10^{10} 이상을 함유하고 있고 최근 항암성이 보고됨에 따라 이들의 국내 소비는 물론 수출이 급증하고 있다(10).

자색고구마는 일본 Kyushu 지방에서 자생하던 '산천자(山川紫)'라고 알려진 식물을 국내에 도입하여 재배한 것으로 새로운 천연 식용 색소자원으로 주목받고 있다. 자색고구마는 표피층뿐만 아니라 육질 전체가 진한 자색을 띠고 있는데, 이는 수용성 anthocyanins 색소를 다량 함유하고 있고(11-15) 전분과 단백질 이외에도 비타민, 무기질, 식이 섬유 및 폴리페놀 등이 함유되어 있다(16). 따라서 고품질의 기능성 식품이나 건강보조제품의 원료로서 활용이 기대되고 있으며 자색고구마를 이용한 요구르트 제조(17,18), 설기떡 제조(19), 제빵 제조(20) 및 항산화 활성이 증가된 동치미 냉면육수(21) 등에 관한 연구가 보고되어 있다.

본 연구의 목적은 자색고구마 분말을 쌀누룩 제조 시 비율별로 첨가하여 자색고구마가 함유된 쌀누룩을 제조하고 이들 누룩을 이용하여 유색 막걸리를 제조하여 발효 중 품질 특성과 항산화 활성 변화를 분석하였다.

재료 및 방법

원료 및 균주

쌀(일반미)은 함양군 소재 함양농협미곡처리장에서 2011년 수확하여 도정한 것을 구입하였고 자색고구마(*Ipomoea batatas*)는

*Corresponding author: Kye Man Cho, Department of Food Science, Gyeongsang National University of Science and Technology, Jinju, Gyeongsang 660-758, Korea
Tel: 82-55-751-3272
Fax: 82-55-751-3279
E-mail: kmcho@gntech.ac.kr
Received April 28, 2012; revised August 16, 2012;
accepted August 17, 2012

2011년 함양군 함양읍 소재 함양농협가공사업소에서 구입하였다. 누룩 제조를 위한 곰팡이는 시중에 판매되고 있는 재래누룩으로부터 전형적인 *Rhizopus* 형태의 포자를 선택하여 순수분리하고 포자로부터 genomic DNA를 분리한 후 26S rDNA 염기서열을 이용하여 동정한 후 국립농업과학원 농업유전자원센터(KACC)에 기탁한 *Rhizopus oryzae* KACC 93118P를 사용하였다(2). 막걸리 발효를 위한 효모는 한국중균협회(KCCM)에서 분양 받아 보관하고 있던 *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 12684을 사용하였다.

자색고구마 쌀누룩 제조

자색고구마 쌀누룩 제조는 Seo 등(2)의 방법에 준하여 제조하였다. *R. oryzae* KACC 93118P의 한 plate를 멸균증류수 100 mL에 포자를 현탁시켜 누룩 제조를 위한 종균으로 사용하였다. 멥쌀 5 kg을 달아 물로 세척한 다음 충분한 물을 부은 후 실온에서 12시간 침지한 후 30분간 물기를 제거하였다. 물기가 제거된 쌀 무게에 자색고구마 분말을 0, 2.5, 5.0, 7.5 및 10%(w/w) 첨가하고 미리 준비한 *R. oryzae* KACC 93118P 종균 100 mL(5%, v/w)과 멸균증류수 200 mL을 가하여 반죽하였다. 누룩들에 500 g 누룩 반죽을 채우고 다진 후 성형된 누룩을 트레이에 넣고 한지로 덮은 후 20°C에서 5일간 균사가 완전히 성장할 때 까지 발효시켰다. 발효가 끝난 누룩은 실온에서 자연건조 시킨 후 균사를 제거하고 분쇄하여 분말을 제조하였다. 분쇄된 누룩은 4°C 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

막걸리 제조

막걸리 제조 역시 Seo 등(2)의 방법에 준하여 제조하였다. 쌀 2,000 g을 물로 세척한 다음 충분한 물을 부은 후 실온에서 12시간 침지하였고 30분간 물기를 제거하였다. 물기가 제거된 각각의 시료를 100°C에서 1시간 동안 증자 후 냉각하였다. 막걸리 제조는 누룩(200 g)과 용수(400 mL)를 10 L 발효조에 넣고 효모 40 mL을 접종하고 25°C에서 1일 동안 발효하여 밀술제조(1단 담금)하고 증자한 곡류 2,000 g, 누룩 200 g 및 정제수 4,100 mL을 1단 담금한 발효조에 넣고 2단 담금하여 25°C에서 7일 동안 발효하였다. 7일 발효된 막걸리는 4겹의 치즈크로스로 여과하여 이후 실험에 사용하였다.

pH와 산도

발효 중 pH는 여과한 시료 50 mL를 사용하여 측정하였다(pH meter model 3510, Jenway, London, UK). 총산은 여과한 시료 10 mL에 0.1N-NaOH(Sigma-Aldrich Co., Saint Louis, MO, USA) 용액으로 pH 8.3±0.1까지 중화시키는데 소요된 mL 수를 구한 후 초산(acetic acid)으로 환산하였다.

$$\text{총산(\%)} = \text{산도} \times 0.006 \times 10$$

Brix와 알코올 함량

발효 중 당도는 여과한 시료를 원심분리기(Hanil micro-12, Daejeon, Korea)로 원심분리한 후 상등액을 취하여 굴절당도계(N-1a, Atago Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 당도를 측정하였다. 알코올 함량은 여과한 시료 100 mL에 동량의 증류수를 가한 후 증류한 다음 주정계를 이용하여 측정하였으며 Gay Luccac Table을 이용하여 15°C로 보정하였다.

유산균수와 효모균수

발효 중 유산균수는 여과한 시료를 멸균생리수로 적당히 희석

하여 bromocresol purple(BCP)(Sigma-Aldrich Co.) 0.02%를 함유한 Lactobacilli MRS(Difco Co., Detroit, MI, USA) 평판배지에 도말하고 30°C에서 48시간 배양 후 황색 집락을 계수하여 유산균수로 하였고 효모균수는 Potato Dextrose Agar(Difco Co.)에 chloramphenicol(1.5 mg/mL)(Sigma-Aldrich Co.)이 함유된 배지에 도말한 후 30°C에서 48시간 배양 후 생성된 집락을 계수하여 시료 mL당 colony forming unit(CFU/mL)로 표시하였다.

수용성 anthocyanins 함량 측정

발효 중 수용성 anthocyanins 함량은 Francis(22)가 제안한 방법으로 Lambert-Beer 법칙을 적용하여 정량하였다. 채취한 시료를 원심분리하고 상등액 1 mL를 두께 10 mm quartz cell(HE 104 QS10, Hellma GmbH & Co., Müllheim, Germany)에 분주한 다음 분광광도계(Spectronic 2D, Thermo Electron Co., Marietta, OH, USA) 530 nm에서 측정된 후 아래와 같은 식으로 anthocyanins 함량을 구하였다.

$$\begin{aligned} &\text{수용성 anthocyanins} \\ &= \text{흡광도}(\text{OD}_{530 \text{ nm}}) \div 98.2(\text{anthocyanins의 흡광계수}) \end{aligned}$$

수용성 phenolics 함량 측정

발효 중 수용성 phenolics는 Folin-Ciocalteu법(21)으로 측정하였다. 원심분리 발효 상등액을 20배 희석한 후 0.5 mL를 시험관에 분주하고 25% Na₂CO₃(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 용액 0.5 mL를 첨가하여 3분간 정치시켰다. 다시 2N-Folin-Ciocalteu phenol(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 시약 0.25 mL를 첨가하여 혼합한 다음 상온에서 1시간 동안 정치시켜 발색시켰다. 발색된 청색을 분광광도계(Spectronic 2D, Thermo Electron Co., Waltham, MA, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다(21). 이때 총 phenolics 함량은 gallic acid(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 함량을 구하였다. Gallic acid를 이용한 표준곡선은 gallic acid의 최종농도가 0, 25, 50 100 mg/L이 되도록 하여 위와 같은 방법으로 750 nm에서 흡광도를 측정하여 작성하였다.

DPPH 라디칼 소거 활성

2,2 diphenyl 1 picrylhydrazyl(DPPH)(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 라디칼 소거활성은 1.5×10⁻⁴ M DPPH 용액 800 µL와 4배 희석한 원심분리 발효 상등액 200 µL을 가한 후 10초간 vortex하고 실온에서 30분 방치한 후 분광광도계(Spectronic 2D, Thermo Electron Co., Waltham, MA, USA)를 이용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다(21). 음성 대조구 실험은 시료 대신에 증류수를 200 µL를 취하여 실험하였다. DPPH 라디칼 소거활성은 실험구와 음성 대조구의 흡광도를 구하여 아래와 같이 백분율(%)로 표시하였다.

$$\begin{aligned} &\text{DPPH 라디칼 소거 활성(\%)} \\ &= [1 - (\text{실험구의 흡광도} / \text{음성 대조구의 흡광도})] \times 100 \end{aligned}$$

ABTs^{••} 라디칼 소거 활성

7 mM 2,2 azino bis(3 ethylbenzthiazoline 6 sulphonic acid) diammonium salt(ABTs^{••})(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 5 mL과 280 mM K₂S₂O(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 섞어 어두운 곳에서 14-16시간 방치시킨 후, 이를 무수 에탄올과 약 1:88 비율로 섞어 734 nm에서 대조구의 흡광도 값

이 0.7 ± 0.02 가 되도록 조절한 에탄올로 희석하여 사용하였다. 8 배 희석한 원심분리 발효 상등액 100 μ L와 ABTs⁺ 900 μ L를 혼합하여 30초간 진탕한 후 3분간 반응시키고 734 nm에서 흡광도를 측정하였다(21). ABTs cation(ABTs⁺) 라디칼 소거활성은 실험구와 음성 대조구의 흡광도를 구하여 아래와 같이 백분율(%)로 표시하였다.

ABTs⁺ 라디칼 소거 활성(%)

$$= [1 - (\text{실험구의 흡광도} / \text{음성 대조구의 흡광도})] \times 100$$

FRAP(Ferric Reducing/antioxidant Power) 분석

FRAP 분석은 Seo 등(21)의 방법을 사용하여 측정하였다. FRAP 시약은 300 mM sodium acetate buffer(pH 3.6), 2,4,6 tri(2 pyridyl) 1,3,5 triazine(TPTZ)(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 시약(10 mM in 40 mM HCl) 및 20 mM FeCl₃(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 용액을 10:1:1의 부피 비율로 혼합하여 조제하였으며, 37°C에서 15분간 예열하였다. 4배 희석한 원심분리 발효 상등액 시료 50 μ L와 FRAP 시약 950 μ L를 시험관에 분주한 후 약 15분간 반응시키고 분광광도계(Spectronic 2D, Thermo Electron Co., Waltham, MA, USA)를 사용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계분석

모든 실험은 3회 반복하여 측정하였고 결과는 SPSS 12.0 package를 사용하여 분산 분석을 수행하여 평균 \pm 표준편차로 나타내었다. 각 시료의 분석 결과에 대한 유의성 검정은 분산분석을 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

발효 중 이화학적 특성 변화

자색고구마-쌀누룩(PSP-RN)을 이용하여 제조한 막걸리의 발효 특성을 살펴본 결과는 Tables 1 및 2와 같았다.

발효 초기 자색고구마 분말 무첨가 쌀누룩(대조구, 0% PSP-RN)의 pH는 4.27에서 발효 1일째 3.70으로 유의적으로 낮아졌고 이 후에 증가하여 발효 종기(발효 7일째) 4.12로 유의적으로 증가하였다. 한편 자색고구마 분말 첨가량이 증가할수록 pH가 낮았으며, pH는 발효 초기 4.43(10% PSP-RN)-4.59(2.5% PSP-RN)에서 발효 2일째까지 유의적으로 감소하였고 이 후에 증가하여 발효 종기 pH는 각각 3.82, 3.67, 3.73 및 3.66 이었으나, 자색고구마 분말 첨가별 pH는 유의적 차이가 없었다(Table 1). 막걸리 발효 중 pH는 발효진행 상황과 알코올 생성 정도를 짐작할 수 있는 중요한 지표의 하나로 이용된다(23). 담금 직후 pH 차이는 누룩의 차이에 기인한 것으로 판단되었으며, 모든 누룩에서 초기 pH가 낮아 잡균의 오염 등에서 좀 더 안전할 것으로 판단되었다. Choi 등(24)은 시판누룩을 이용한 석탄주 발효 중 발효 초기 pH는 급격히 감소한 후 발효 중기부터 완만히 증가한다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다. 또한 Jin 등(25)은 발효가 진행되면서 유기산과 알코올이 상호 반응하여 ester와 같은 향이 형성되어 pH가 증가된 것으로 보고하였고 So 등(26)은 단백질 분해로 인한 아미노산과 펩타이드의 완충작용에 의한 것으로 판단하였다.

총산은 발효가 진행됨에 따라 증가하였다. 발효 초기 0.21-0.23%에서 발효 1일까지 유의적으로 증가하였고 이 후 서서히 증가하였다. 발효 종기 자색고구마 무첨가 쌀누룩이 가장 낮게 나타났

으며, 자색고구마 첨가 쌀누룩들은 무첨가 누룩보다 약 1.3배 높았다(Table 1). 발효가 진행되면서 효모나 젖산균 등의 미생물 작용으로 생성된 각종 유기산에 의해 산도가 증가된 것으로 판단되었다. 이러한 산도의 변화는 막걸리의 성분 변화를 쉽게 알 수 있는 요인일 뿐 아니라 알코올 생성 과정에서 복합적으로 생성되므로 pH와 함께 막걸리의 발효 진행 상황을 알 수 있는 중요한 지표성분이 되며, 휘발성 향기 성분과 함께 막걸리의 감미, 신미, 고미 및 삼미 등과 더불어 막걸리의 조화미나 보존성에 영향을 준다(3,27). Woo 등(4)은 7종의 재래누룩으로 제조한 현미 막걸리의 pH와 산도를 조사한 결과 pH 3.8-4.8 범위이며, 산도는 0.44-0.86%로 이는 부재료인 누룩의 차이에 의해 기인한 것으로 추정되었다. 본 연구에서 pH와 산도의 차이는 자색고구마 첨가에 따라 제조된 누룩의 차이에 기인한 것으로 판단된다. Kim 등(27)의 오이 첨가 막걸리 및 Jeon과 Lee(28)의 블루베리 첨가 막걸리 발효 중 발효 초기 산도가 급격히 증가하고 이후에는 서서히 증가한다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다.

당도는 발효 초기 0.4°Bx에서 발효 1일째 급격히 유의적으로 증가하여 5.0°Bx(0% PSP-RN), 4.8°Bx(2.5% PSP-RN), 5.2°Bx(5.0% PSP-RN) 및 5.4°Bx(7.5% 및 10.0% PSP-RN) 수준이었으며, 이후에 서서히 증가하여 발효 종기에는 8.0°Bx(10.0% PSP-RN)-8.4°Bx(2.5% PSP-RN) 수준이었으나, 자색고구마 분말 첨가별 당도는 유의적 차이가 없었다(Table 1). 발효주 내의 당 함량은 효모의 알코올 생성을 결정짓고 주류의 향기성분과 단맛에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(23-24). Kim 등(8)의 설기떡을 이용한 흑마늘 막걸리 발효 중 당도는 발효 1일째까지 급속히 증가한 후 발효 종기까지 서서히 증가한다고 본 연구결과 동일하였다.

PSP-RN을 이용하여 제조한 막걸리의 알코올 함량은 Table 1에서 보는 바와 같이 산도 및 당도의 변화와 동일하게 발효 1일까지 급격히 증가하여 3.8%(5.0 및 7.5% PSP-RN)와 4.0%(0, 2.5 및 10.0% PSP-RN)로 유의적으로 증가하였고 이 후 발효가 진행됨에 따라 증가의 양상은 약간 차이가 있었으나, 발효 종기(발효 7일째) 각각 12.8%(5.0, 7.5 및 10.0% PSP-RN) 및 13.0%(0% PSP-RN) 및 13.2%(2.5% PSP-RN) 생성이 되어 커다란 차이는 없었다. 알코올 함량은 술의 보존성이나 향미에 영향을 주는 중요한 성분으로 술덧 중 알코올 함량은 다소 높아야 한다고 보고되고 있다(29). 본 연구의 자색고구마 쌀누룩으로 제조한 막걸리의 알코올 함량의 차이는 누룩의 당화력 차이인 것으로 판단되었으나, 유의적 차이는 없었다. 향후 발효 과정 중 당 함량 및 당화력, 알코올 생성량, 효모 활성과의 상관관계를 구명하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

유산균수와 효모균수를 측정된 결과를 Table 2에 나타내었다. 발효 기간 동안 효모균의 생육정도는 동일한 경향을 보였고, 발효 1일까지는 대수적으로 증가한 후 유산균수는 발효 5일째까지 서서히 증가하였고 효모균수는 발효 6일째까지 증가하였고 발효 종기에 약간 감소하였다. 유산균수는 발효 초기 6.51-7.05 log CFU/ml 수준에서 발효 종기 8.22-8.35 log CFU/ml 수준으로 유의적으로 증가하였으며, 효모균수는 6.46-6.88 log CFU/ml에서 8.32-8.45 log CFU/ml 수준으로 역시 유의적으로 증가하였다. 막걸리 발효가 진행됨에 따라 유기산이 생성되어 pH가 감소하고 알코올과 아미노산, 유기산이 상호반응하여 에스테르 등의 향미 성분이 생성되는데, 이 때 알코올 및 유기산, 아미노산 등의 생성에 중요한 역할을 하는 것이 미생물이다(30). 발효 전 기간 동안 실험군간에 유산균수와 효모균수는 유의적 차이가 없었다.

Table 1. pH, acidity, °brix and alcohol contents during *makgeolli* fermentation using various potato sweet purple-rice *nuruk* (PSP-RN)

Fermentation time (day)	PSP-rice nuruks	Contents			
		pH	Acidity (%)	Brix (°)	Alcohol (%)
0	0%	4.27±0.01 ^f	0.21±0.01 ^a	0.4±0.02 ^a	0±0.00
	2.5%	4.59±0.04 ^h	0.22±0.02 ^a	0.4±0.01 ^a	0±0.00
	5.0%	4.50±0.02 ⁱ	0.21±0.01 ^a	0.4±0.02 ^a	0±0.00
	7.5%	4.46±0.00 ^g	0.23±0.02 ^a	0.4±0.01 ^a	0±0.00
	10%	4.43±0.02 ^g	0.22±0.01 ^a	0.4±0.01 ^a	0±0.00
1	0%	3.70±0.02 ^b	0.72±0.04 ^b	5.0±0.01 ^b	4.0±0.04 ^a
	2.5%	3.77±0.04 ^c	0.82±0.02 ^c	4.8±0.02 ^b	4.0±0.02 ^a
	5.0%	3.71±0.02 ^b	0.84±0.03 ^c	5.2±0.02 ^b	3.8±0.03 ^a
	7.5%	3.74±0.03 ^c	0.88±0.03 ^d	5.4±0.01 ^b	3.8±0.02 ^a
	10%	3.76±0.01 ^c	0.93±0.02 ^d	5.4±0.02 ^b	4.0±0.05 ^a
2	0%	3.76±0.01 ^c	0.75±0.01 ^b	5.8±0.04 ^c	6.0±0.05 ^b
	2.5%	3.68±0.01 ^b	0.93±0.02 ^d	5.4±0.02 ^b	6.2±0.04 ^b
	5.0%	3.60±0.00 ^a	1.02±0.01 ^e	5.6±0.03 ^c	5.8±0.06 ^b
	7.5%	3.62±0.02 ^a	1.04±0.01 ^e	5.8±0.02 ^c	5.8±0.04 ^b
	10%	3.62±0.02 ^a	1.07±0.02 ^f	5.8±0.03 ^c	5.8±0.05 ^b
3	0%	3.76±0.01 ^c	0.77±0.02 ^b	6.4±0.02 ^c	8.0±0.05 ^d
	2.5%	3.72±0.02 ^b	1.04±0.03 ^e	6.4±0.03 ^c	8.0±0.06 ^d
	5.0%	3.61±0.01 ^a	1.10±0.05 ^f	6.4±0.01 ^c	7.6±0.04 ^c
	7.5%	3.63±0.03 ^a	1.12±0.02 ^f	6.0±0.02 ^c	7.8±0.05 ^d
	10%	3.62±0.00 ^a	1.16±0.03 ^g	6.0±0.04 ^c	7.6±0.06 ^c
4	0%	4.08±0.05 ^e	0.82±0.01 ^c	7.0±0.03 ^d	10.0±0.08 ^f
	2.5%	3.78±0.02 ^d	1.16±0.04 ^g	7.0±0.05 ^d	10.0±0.06 ^f
	5.0%	3.66±0.00 ^a	1.17±0.04 ^g	7.0±0.04 ^d	9.8±0.05 ^f
	7.5%	3.72±0.02 ^b	1.16±0.02 ^g	6.8±0.04 ^d	9.6±0.06 ^e
	10%	3.63±0.01 ^a	1.20±0.03 ^g	6.8±0.02 ^d	9.8±0.08 ^f
5	0%	4.12±0.03 ^c	0.86±0.01 ^c	7.6±0.03 ^e	12.0±0.10 ^h
	2.5%	3.79±0.01 ^d	1.17±0.02 ^g	7.8±0.05 ^f	11.8±0.08 ^h
	5.0%	3.63±0.02 ^a	1.21±0.02 ^g	7.6±0.06 ^e	11.8±0.09 ^h
	7.5%	3.70±0.01 ^b	1.23±0.03 ^g	7.8±0.05 ^f	11.6±0.06 ^g
	10%	3.63±0.00 ^a	1.27±0.02 ^h	7.6±0.04 ^e	11.8±0.10 ^h
6	0%	4.11±0.03 ^c	0.92±0.02 ^d	7.8±0.06 ^f	13.0±0.12 ^j
	2.5%	3.80±0.02 ^d	1.22±0.03 ^g	7.8±0.08 ^f	13.0±0.10 ^j
	5.0%	3.65±0.01 ^a	1.26±0.05 ^h	7.8±0.05 ^f	12.8±0.08 ^j
	7.5%	3.72±0.01 ^b	1.29±0.02 ^h	7.8±0.06 ^f	12.6±0.08 ⁱ
	10%	3.65±0.02 ^a	1.29±0.03 ^h	7.8±0.04 ^f	12.6±0.06 ⁱ
7	0%	4.12±0.02 ^c	1.02±0.02 ^e	8.2±0.06 ^f	13.0±0.10 ^j
	2.5%	3.82±0.01 ^d	1.28±0.03 ^h	8.4±0.04 ^g	13.2±0.10 ^j
	5.0%	3.67±0.01 ^b	1.30±0.04 ^h	8.2±0.07 ^f	12.8±0.08 ^j
	7.5%	3.73±0.02 ^b	1.30±0.03 ^h	8.2±0.05 ^f	12.8±0.06 ^j
	10%	3.66±0.02 ^a	1.32±0.05 ^h	8.0±0.04 ^f	12.8±0.08 ^j

¹⁾*Sacch. cerevisiae* KCCM 12684 seeds was inoculated from 5.0% (v/v) into *makgeolli* and fermented at 25°C for 7 days.

²⁾Values indicate the means of three replicates (n=3). Different superscripts indicate significant difference among groups at p<0.05.

발효 중 수용성 anthocyanins 및 phenolics 함량 변화

PSP-RN을 이용하여 제조한 막걸리의 발효 중 수용성 anthocyanins 함량은 Fig. 1과 같았다. 자색고구마 무침가 쌀누룩은 0.001-0.002 g/L 으로 유의적 차이가 없었으며, 자색고구마 첨가량이 증가할수록 수용성 anthocyanins 함량은 유의적으로 증가하였고 발효가 진행됨에 따라 역시 증가하였다. 수용성 anthocyanins 함량은 발효 초기 0.035(2.5% PSP-RN)-0.121(10% PSP-RN) g/L에서 발효 중기 각각 0.073, 0.102, 0.130 및 0.166 g/L로 증가하였다.

이는 발효가 진행됨에 따라 누룩으로부터 색소 침출과 동시에 pH가 낮아짐에 따라 색소가 안정되었기 때문인 것으로 판단되었다.

일반적으로 자색고구마에 함유되어 있는 anthocyanins 색소 성분은 pH가 낮은 산성에서 안정한 것으로 보고되고 있으며(13), Jung과 Ju(18)는 자색고구마를 첨가한 요구르트 제조에서 젖산균 생육에 의한 pH가 낮아짐으로서 적색도가 증가한다고 보고하였다. Chun 등(17) 역시 자색고구마를 첨가한 요구르트 제조에서 적색도의 증가는 발효 중 pH가 감소한 것을 원인으로 판단하였

Table 2. Viable cell numbers of lactic acid bacteria (LAB) and yeast during *makgeolli* fermentation using various potato sweet purple-rice nuruk (PSP-RN)

Fermentation time (day)	PSP-rice nuruks	Viable cell numbers (log CFU/mL)	
		Lactic acid bacteria	Yeast
0	0%	6.51±0.02 ^a	6.46±0.02 ^a
	2.5%	6.93±0.02 ^b	6.88±0.01 ^b
	5.0%	6.95±0.01 ^b	6.60±0.04 ^a
	7.5%	6.88±0.04 ^b	6.79±0.05 ^b
	10%	7.05±0.03 ^b	6.61±0.02 ^a
1	0%	7.71±0.04 ^c	7.73±0.02 ^c
	2.5%	7.69±0.05 ^c	8.00±0.04 ^d
	5.0%	8.00±0.04 ^d	7.70±0.06 ^c
	7.5%	8.04±0.02 ^d	7.72±0.03 ^c
	10%	8.00±0.03 ^d	7.95±0.02 ^d
2	0%	8.32±0.01 ^c	8.19±0.06 ^c
	2.5%	8.43±0.04 ^c	8.17±0.01 ^c
	5.0%	8.56±0.05 ^g	8.16±0.03 ^c
	7.5%	8.51±0.02 ^g	8.24±0.01 ^c
	10%	8.57±0.03 ^g	8.07±0.02 ^d
3	0%	8.57±0.03 ^g	8.32±0.04 ^c
	2.5%	8.62±0.02 ^f	8.22±0.05 ^c
	5.0%	8.71±0.03 ^h	8.27±0.03 ^c
	7.5%	8.64±0.01 ^f	8.26±0.03 ^c
	10%	8.74±0.06 ^h	8.20±0.02 ^c
4	0%	8.64±0.04 ^f	8.60±0.04 ^f
	2.5%	8.72±0.02 ^h	8.46±0.05 ^c
	5.0%	8.76±0.03 ^h	8.66±0.02 ^f
	7.5%	8.77±0.06 ^h	8.62±0.02 ^f
	10%	8.81±0.06 ^h	8.64±0.03 ^f
5	0%	8.87±0.04 ^h	8.71±0.02 ^h
	2.5%	8.80±0.02 ^h	8.64±0.04 ^f
	5.0%	8.82±0.03 ^h	8.73±0.02 ^h
	7.5%	8.82±0.04 ^h	8.72±0.03 ^h
	10%	9.03±0.03 ⁱ	8.70±0.01 ^h
6	0%	8.43±0.01 ^c	8.94±0.04 ^h
	2.5%	8.50±0.05 ^c	8.84±0.03 ^h
	5.0%	8.47±0.03 ^c	8.81±0.02 ^h
	7.5%	8.48±0.04 ^c	8.943±0.06 ⁱ
	10%	8.58±0.03 ^g	8.79±0.02 ^h
7	0%	8.32±0.02 ^c	8.41±0.02 ^c
	2.5%	8.33±0.03 ^c	8.32±0.03 ^c
	5.0%	8.22±0.01 ^d	8.41±0.01 ^c
	7.5%	8.31±0.03 ^c	8.45±0.02 ^c
	10%	8.35±0.02 ^c	8.34±0.01 ^c

¹⁾*S. cerevisiae* KCCM 12684 was inoculated [5.0% (v/v)] into *makgeolli* and fermented at 25°C for 7 days.

²⁾Values indicate the means of three replicates ($n=3$). Different superscripts indicate significant difference among groups at $p<0.05$.

고 Seo 등(21) 역시 자색고구마 첨가 동치미 냉면육수 제조에서 수용성 anthocyanins 함량의 증가는 발효 중 젖산균에 의해 생성된 유기산으로 인해 pH가 낮아져 색소가 안정화 된 것으로 추정하였다.

PSP-RN을 이용하여 제조한 막걸리의 발효 중 수용성 phenolics

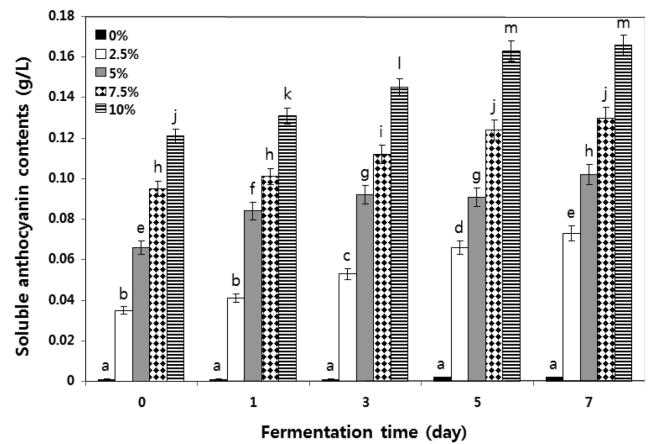


Fig. 1. Soluble anthocyanin contents (SACs) during *makgeolli* fermentation using various potato sweet purple-rice nuruk (PSP-RN). *S. cerevisiae* KCCM 12684 seeds was inoculated [5.0% (v/v)] into *makgeolli* and fermented at 25°C for 7 days. Values indicate the means of three replicates ($n=3$). Different superscripts indicate significant difference among groups at $p<0.05$.

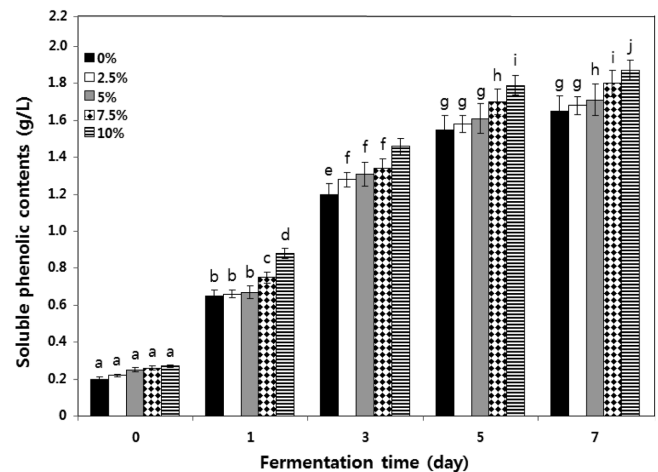


Fig. 2. Soluble phenolic contents (SPCs) during *makgeolli* fermentation using various potato sweet purple-rice nuruk (PSP-RN). *S. cerevisiae* KCCM 12684 seeds was inoculated [5.0% (v/v)] into *makgeolli* and fermented at 25°C for 7 days. Values indicate the means of three replicates ($n=3$). Different superscripts indicate significant difference among groups at $p<0.05$.

함량은 Fig. 2와 같았다. 수용성 phenolics 함량은 자색고구마 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였고 발효가 진행됨에 따라 역시 유의적으로 증가하였으며, 발효 초기 0.2(0% PSP-RN)-0.27(10% PSP-RN) g/L에서 발효 중기 각각 1.65(0% PSP-RN), 1.68(2.5% PSP-RN), 1.71(5% PSP-RN), 1.80(7.5% PSP-RN) 및 1.87(10% PSP-RN) g/L로 발효 초기보다 약 7-8배 정도 증가하였다. 이는 발효가 진행됨에 따라 누룩으로부터 미생물의 효소작용에 의해 유리형 phenolics가 생성되어 수용성 phenolics 함량이 증가한 것으로 판단되었다.

Woo 등(31)은 동결건조 발아현미 추출분말(GBREP)의 첨가량에 따른 배추김치 발효 중 발효 적숙기까지 폴리페놀 함량이 증가하다가 과숙기에 일정하게 유지된다고 보고하여 본 연구결과 유사하였으나, Seo 등(21)은 자색고구마 첨가 동치미 냉면육수 제조에서 수용성 phenolics는 일정하게 유지된다고 보고하여 본 연

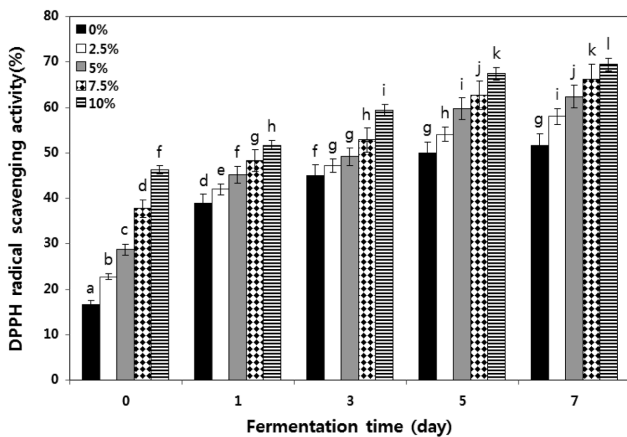


Fig. 3. DPPH radical scavenging activity during *makgeolli* fermentation using various potato sweet purple-rice nuruk (PSP-RN). *S. cerevisiae* KCCM 12684 seeds was inoculated [5.0% (v/v)] into *makgeolli* and fermented at 25°C for 7 days. Values indicate the means of three replicates ($n=3$). Different superscripts indicate significant difference among groups at $p<0.05$.

구결과와는 상이하였다. 한편 식물체내 페놀화합물은 2차 대사산물로서 항산화 및 항균 등 다양한 생리활성을 나타내며, 특히 항산화 활성은 phenolics 화합물이 관여하는 것으로 보고되고 있다 (32-34).

발효 중 항산화 활성 변화

PSP-RN을 이용하여 제조한 막걸리의 발효 중 항산화 활성은 Figs. 3-5와 같았다. 항산화 활성은 수용성 anthocyanins과 수용성 phenolics 함량의 증가와 동일하게 발효가 진행됨에 따라 유의적으로 증가하였다.

PSP-RN을 이용하여 제조한 막걸리의 발효 중 항산화 활성은 Fig. 3과 같았다. DPPH 라디칼 소거활성은 자색고구마 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였고 발효가 진행됨에 따라 역시 증가하였으며, 발효 초기 16.61%(0% RN-PSP)-46.22%(10% RN-PSP)에서 발효 중기 각각 51.62%(0% RN-PSP), 58.05%(2.5% RN-PSP), 62.33%(5% RN-PSP), 66.24%(7.5% RN-PSP) 및 69.41%(10% RN-PSP)로 발효 초기보다 약 1.5-3.1배 정도 증가하였다.

Blois(35) 및 Jeong 등(36)의 보고에 따르면 수소전자 공여능력은 인체 내에서 지질, 단백질과 결합하여 각종 질병 및 노화를 일으키는 산화성 free radical의 반응을 정지시키는 것으로 알려져 있으며, 일반적으로 phenolics 및 anthocyanins 함량과 항산화 활성 간에 상관관계가 있는 것으로 널리 알려져 있는데, 본 실험에서도 이러한 경향과 동일한 결과를 보였다. Teow 등(37) 및 Kwak 등(38)은 자색고구마의 DPPH 라디칼 소거활성은 자색고구마의 polyphenol과 anthocyanins 색소에 의한 것으로 보고 하였다. Seo 등(21)은 자색고구마 첨가 동치미 냉면육수 제조에서 대조구(0% PSP-RN)보다 높은 DPPH 라디칼 소거활성을 확인하였는데, 이는 자색고구마 유래 polyphenol 및 anthocyanins에 기인한 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 대조구(0% PSP-RN)보다 모든 실험구에서 DPPH 라디칼 소거활성이 높은 이유는 자색고구마의 수용성 anthocyanins과 phenolics에 기인한 것으로 추정되었다.

PSP-RN을 이용하여 제조한 막걸리의 발효 중 ABTs⁺ 라디칼 소거활성 변화는 Fig. 4와 같았다. ABTs⁺ 라디칼 소거활성 역시 자색고구마 첨가량이 증가할수록 활성이 유의적으로 증가하였으며, 발효가 진행됨에 따라 활성이 증가하였다. 0% PSP-RN(대조

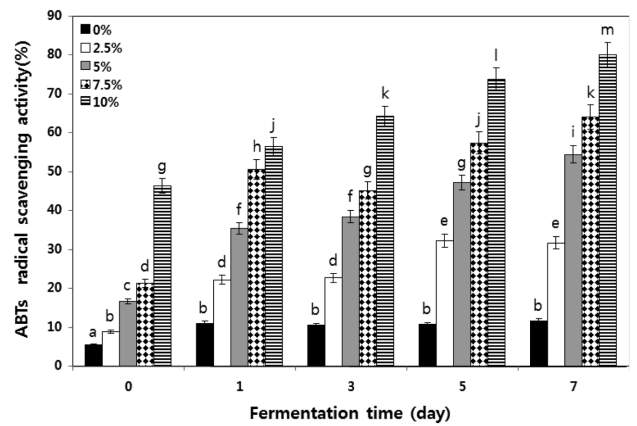


Fig. 4. ABTs radical scavenging activity during *makgeolli* fermentation using various potato sweet purple-rice nuruk (PSP-RN). *S. cerevisiae* KCCM 12684 seeds was inoculated [5.0% (v/v)] into *makgeolli* and fermented at 25°C for 7 days. Values indicate the means of three replicates ($n=3$). Different superscripts indicate significant difference among groups at $p<0.05$.

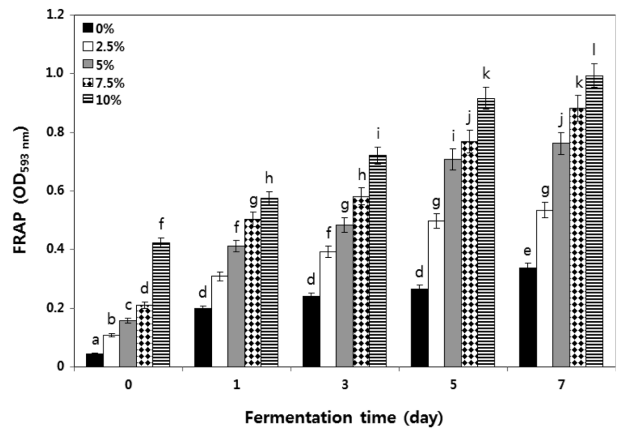


Fig. 5. Reducing power during *makgeolli* fermentation using various potato sweet purple-rice nuruk (PSP-RN). *S. cerevisiae* KCCM 12684 seeds was inoculated [5.0% (v/v)] into *makgeolli* and fermented at 25°C for 7 days. Values indicate the means of three replicates ($n=3$). Different superscripts indicate significant difference among groups at $p<0.05$.

구)은 발효 초기보다 약 2.2배, 2.5% PSP-RN은 3.6배, 5% PSP-RN은 3.3배, 7.5% PSP-RN은 3.0배 및 10% PSP-RN은 1.7배 증가하였다.

Teow 등(37) 및 Kwak 등(38)은 자색고구마의 ABTs⁺ 라디칼 소거활성 역시 자색고구마의 phenolics와 anthocyanins 색소에 의한 것으로 보고하였고 Seo 등(21) 역시 자색고구마 첨가 동치미 냉면육수 제조에서 높은 ABTs⁺ 라디칼 소거활성은 자색고구마의 수용성 anthocyanins과 phenolics에 기인한 것으로 보고하였다. 이러한 결과는 폴리페놀 혹은 플라보노이드, anthocyanins 함량이 높을수록 ABTs⁺ 라디칼 소거활성도 높게 나타나는 것을 의미하며, 이는 본 실험의 결과와도 유사한 경향을 보였다. 특히, Teow 등(37)은 자색고구마의 친수성 추출물에서 총 phenolics와 DPPH 라디칼 소거활성, ABTs⁺ 라디칼 소거활성은 고도의 상관관계를 나타내는 것으로 보고하였다.

PSP-RN을 이용하여 제조한 막걸리의 발효 중 환원력을 살펴 본 결과는 Fig. 5와 같았다. 환원력 역시 DPPH 및 ABTs⁺ 라디

칼 소거활성들과 동일하게 자색고구마 첨가량이 증가할수록 활성이 유의적으로 증가하였으며, 발효가 진행됨에 따라 역시 증가하였다. 0% PSP-RN(대조구)은 발효 초기보다 약 7.7배, 2.5% PSP-RN은 4.9배, 5% PSP-RN은 4.8배, 7.5% PSP-RN은 4.2배 및 10% PSP-RN은 2.3배 증가하였다.

FRAP 분석은 colored ferrous-TPTZ 복합체 의해 ferric ion이 ferrous로 전환되어지는 과정을 분석함으로써 시료 내의 총 항산화력을 측정하는 방법으로 낮은 pH에서 환원제에 의해 ferric-TPTZ (Fe^{3+} -TPTZ)복합체가 ferrous-TPTZ(Fe^{2+} -TPTZ)으로 환원되는 원리에 기초하여 대부분의 항산화제가 환원력을 가지고 있다는 점에 착안하여 고안되어진 방법이다(38). Kwak(38) 등은 자색고구마의 환원력은 자색고구마의 phenolics와 anthocyanins 색소에 의한 것으로 판단하였고, Seo 등(21) 역시 자색고구마 첨가 동치미 냉면육수 제조에서 높은 환원력은 자색고구마의 수용성 anthocyanins과 phenolics에 기인한 것으로 보고하였다. 역시 자색고구마 첨가량이 증가한 쌀누룩으로 제조한 막걸리가 대조구(0% PSP-RN)보다 PSP-DNB에서 환원력이 높은 것은 자색고구마 유래 수용성 anthocyanins과 phenolics에 의한 것으로 추정되었다.

Lachman 등(39)은 총 anthocyanins 함량이 높은 고구마 품종일수록 DPPH 및 ABTs⁺ 라디칼 소거활성, 환원력의 항산화 활성이 유의적으로 높다고 보고하였으며, Huang 등(40)은 총 phenolics, flavonoids 및 anthocyanins 함량이 높은 품종일수록 DPPH 및 ABTs⁺ 라디칼 소거활성, 환원력의 항산화 활성이 높은 것으로 보고하였다. 본 연구 결과 자색고구마 분말 첨가량과 발효가 진행됨에 따라 anthocyanins와 phenolics 함량이 증가하여, DPPH 및 ABTs 라디칼 소거활성, 환원력의 항산화 활성이 유의적으로 증가한 것으로 판단되었다.

본 연구에서는 쌀누룩 제조 시 자색고구마 분말을 첨가하여 자색고구마-쌀누룩(PSP-RN)을 제조하였다. PSP-RN을 이용하여 막걸리를 담금하고 발효 중 품질 특성과 항산화 활성을 살펴보았다. 막걸리 발효 중 pH는 감소하였고 산도, 당도 및 알코올 함량은 증가하였다. 한편 발효 중 수용성 phenolics와 anthocyanins 함량이 증가함에 따라 DPPH 및 ABTs⁺ 라디칼 소거활성과 환원력의 항산화 활성이 증가하였다. 앞으로 좀 더 많은 생리활성 검정실험이 수행되어야 할 것으로 사료되나 자색고구마의 생리활성인 항산화 활성(37,38-40), ACE 저해활성(38) 및 간 손상 보호효과(41)의 가능성을 가질 것으로 판단되며, 본 연구에 의해 개발된 자색고구마 쌀누룩을 이용하여 새로운 형태의 기능성 유색 막걸리 개발을 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

요 약

막걸리는 한국 전통주로 쌀로부터 알코올 함량 6-8%로 발효시킨 술이다. 누룩은 분쇄된 밀 혹은 쌀에 물을 가하고 성형하여 자연의 미생물로 번식시킨 발효제이다. 본 연구에서는 기능성이 밝혀져 있는 자색고구마를 첨가하여 쌀누룩을 제조하고 이 누룩을 이용하여 막걸리를 제조하였다. 자색고구마-쌀누룩(PSP-RN)은 PSP를 0-10%로 쌀에 첨가하여 제조하였고 막걸리 발효 과정 중 품질 특성과 항산화 효과를 확인하였다. 막걸리 발효 중 pH는 발효 초기 각각 4.27(0% PSP-RN), 4.59(2.5%), 4.50(5.0%), 4.46(7.5%) 및 4.43(10.0%)에서 발효 중기 4.12, 3.82, 3.67, 3.71 및 3.66로 감소하였다. 당도는 발효 초기 0.4°Bx에서 8.0-8.4°Bx로 증가하였고 알코올 함량은 발효 중기 13.0%(0% PSP-RN), 13.2% (2.5%) 및 12.8%(5.0-10.0%)로 증가하였다. 한편, 수용성 anthocyanin과 phenolics 함량은 발효 초기 각각 0.001-0.121 g/L와 0.2-0.27 g/L에

서 발효 중기 0.002-0.166 g/L와 1.65-1.87 g/L로 증가하였고 이에 상응하여 항산화 활성은 20-50% 증가하였다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 지역산업기술개발사업(과제번호: 70008597)의 지원에 의하여 수행되었기에 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Yang HS, Hwang SJ, Lee SH, Eun JB. Fermentation characteristics and sensory characteristics of *makgeolli* with dired citron (*Citrus junos* SIEB ex TANAKA) peel. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 603-610 (2011)
2. Seo WT, Cho HK, Lee JY, Kim B, Cho KM. Quality characteristics of wheat-rice *makgeolli* by making of rice *nuruk* prepared by *Rhizopus oryzae* CCS01. Korean J. Microbiol. 48: 147-155 (2012)
3. Lee JW, Shim JY. Quality characteristics of *makgeolli* during freezing storage. Food Eng. Prog. 14: 328-334 (2010)
4. Woo SM, Shin JS, Seong JH, Yeo SH, Choi JH, Kim TY, Jeong YJ. Quality characteristics of brown rice *takju* by different *nuruks*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 301-307 (2010)
5. So, MH, Lee YS. Effects of culture conditions of *Rhizopus* sp. ZB9 on the production of saccharifying amylase during the preparation of rice *koji*. Korean J. Food Nutr. 22: 644-649 (2009)
6. Han EH, Lee TS, Noh BS, Lee DS. Volatile flavor components in mash of *takju* prepared by using different *nuruks*. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 563-570 (1997)
7. Lee TS, Han EH. Volatile flavor components in mash of *takju* prepared by using *Aspergillus oryzae nuruks*. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 366-372 (2001)
8. Lee GH. The properties and new technologies of Korean medicinal wine and *takju*. J. Microbiol. Biotechnol. 7: 4036-4046 (1994)
9. Kim GM, Jung WJ, Shin JH, Kang MJ, Sung NJ. Preparation and quality characteristics of *makgeolli* made with black garlic extract and *sulgidduk*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 759-766 (2011)
10. Wang SJ, Lee HJ, Cho JY, Park KH, Moon JH. Isolation and identification of antioxidants from *makgeolli*. Korean J. Food Sci. Technol. 44: 14-20 (2012)
11. Min JH, Baek SY, Lee JS, Kim HK. Changes of yeasts and bacterial flora during the storage of Korean traditional *makgeolli*. Korean J. Mycol. 39: 151-153 (2011)
12. Fan G, Han Y, Gu Z, Gu F. Composition and colour stability of anthocyanins extracted from fermented purple sweet potato culture. Food Chem. 41: 1412-1416 (2008)
13. Kim SJ, Rhim JW, Lee LS, Lee JS. Extraction and characteristics of purple sweet potato. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 9-14 (1996)
14. Lee LS, Kim SJ, Rhim JW. Analysis of anthocyanin pigments from purple-fleshed sweet potato 'Jami'. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 29: 555-560 (2000)
15. Cheon SH, Hwang, SJ, Eun JB. Quality characteristics of puffed snacks (*ppeongtugi*) with purple sweet potato flours using different puffing conditions. Korean J. Food Sci. Technol. 44: 28-33 (2012)
16. Kim SY, Ryu CH. Studies on nutritional components of purple sweet potato (*Ipomoea batatas*). Korean J. Food Sci. Technol. 27: 819-825 (1995)
17. Chun SH, Lee SU, Shin YS, Lee KS, Ru IH. Preparation of yogurt from milk added with purple sweet potato. Korean J. Food Nutr. 13: 71-77 (2000)
18. Jung GT, Ju IO. Studies on the preparation of yogurt from milk added purple sweet potato powder. Korean J. Food Nutr. 10: 458-461 (1997)
19. Ahn GJ. Quality characteristics of *sulgidduk* prepared with amount of purple sweet-potato powder. Korean J. Culinary Res. 16: 127-136 (2010)

20. Kim SY, Ryu CH. Effect of certain additives on bread-marking quality of wheat-purple sweet potato flours. *Korean J. Soc. Food Sci.* 13: 492-499 (1995)
21. Seo WT, Kim HG, Lee JS, Cho KM. Making of *dongchimi naengmyeum* broth which has enhanced antioxidant activity using purple sweet potato. *Korean J. Microbiol.* 47: 143-150 (2011)
22. Francis F. Food colourants: Anthocyanins. *Crit. Rev. Food Sci.* 28: 273-314 (1989)
23. Kim JY, Yi YH. pH, acidity, color, amino acids, reducing sugars, total sugars, and alcohol in puffed millet powder containing millet *takju* during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 727-732 (2010)
24. Choi JH, Jeon JA, Jung ST, Park JH, Park SY, Lee CH, Kim TJ, Choi HS, Yeo SH. Quality characteristics of *seoktanju* fermented by using different *nuruks*. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* 39: 56-62 (2011)
25. Jin TY, Kim ES, Wang SJ, Wang MH. Changes in physicochemical and sensory characteristics of rice wine, *yakju* prepared with different of red yeast rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39, 309-314 (2007)
26. So MH. Characteristics of a modified *nuruk* made by inoculation of trational *nuruk* microorganisms. *Korean J. Food Nutr.* 12: 219-225 (1999)
27. Kim SY, Kim EK, Yoon SJ, Jo NJ, Jung SK, Kwon SH, Chang YH, Jeong YH. Physicochemical and microbial properties of Korean traditional rice wine, *makgeolli* supplemented with cucumber during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 223-228 (2011)
28. Jeon MH, Lee WJ. Characteristics of blueberry added *makgeolli*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 444-449 (2011)
29. Jin TY, Chung HJ, Eun JB. The effect of fermentation temperature on the quality of *jinyangju*, a Korean traditional rice wine. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 414-418 (2000)
30. Kim CA, Lee WG, Lee IS, Wang MH. Changes of phytochemical, sensory, and antioxidant activity characteristics in rice wine. *yakju* added with different ratio of *Codonopsis lanceolata*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 201-206 (2008)
31. Woo SM, Jeong YJ, Whang K. Effect of germinated brown rice extract powder on free amino acid content, antioxidant, and nitrite scavenging ability of the Korean cabbage kimchi. *Korean J. Food Preserv.* 13: 548-554 (2006)
32. Joo OS, Kang ST, Jeong CH, Lim JW, Park YG, Cho KM. Manufacturing of the enhances antioxidative wine using a ripe *daebong* persimmon (*Dispyros kaki* L.). *J. Appl. Biol. Chem.* 54: 126-134 (2011)
33. Lee MR, Rhee HS. A study on the flavor compounds of *dongchimi*. *Korean J. Soc. Food Sci.* 6: 1-8 (1990)
34. Salah N, Miller NJ, Paganga G, Tijburg L, Bolwell GP, Rice-Evans C. Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain-breaking antioxidants. *Arch. Biochem. Biophys.* 322: 330-346 (1995)
35. Blois MS. Antioxidant determination by the of a stable free radical. *Nature* 26: 1199-1204 (1954)
36. Jeong CH, Choi GN, Kwak JH, Kim JH, Choi SG, Shim KH, Heo HJ. *In vitro* antioxidant activities of cocoa phenolics. *Korean J. Food Preserv.* 17: 100-106 (2010)
37. Teow CC, Truong VD, McFeeter R, Thompson RL, Pecota KV, Yencho GC. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chem.* 103: 829-838 (2007)
38. Kwak JH, Choi GN, Park JH, Kim JH, Jeong HR, Jeong CH, Heo HJ. Antioxidant and neuronal cell protective effect of purple sweet potato extract. *J. Agric. Life Sci.* 44: 57-66 (2010)
39. Lachman J, Hamouz K, Šulc M, Orsák M, Pivec V, Hejtmánková A, Dvorač, Cepl J. Cultivar differences of total anthocyanins and anthocyanidins in red and purple-fleshed potatoes and their relation antioxidant activity. *Food Chem.* 114: 836-843 (2009)
40. Huang YC, Chang YH, Shao YY. Effects of genotype and treatment on the antioxidant activity of sweet potato in Taiwan. *Food Chem.* 98: 529-538 (2006)
41. Cho YJ, Kim HA, Bang MA, Oh YB, Jeon BC, Moon YH, Jeong WJ. Preactive effect of purple sweet potato (*Ipomoea batatas*) on hepatotoxicity rats induced by carbon tetrachloride. *Korean J. Food Culture* 18: 202-210 (2003)