

찰쌀 첨가에 따른 전통발효주의 품질 특성

이영승¹ · 김한나¹ · 엄태길¹ · 김성환² · 최근표³ · 김미숙¹ · 유성률⁴ · 정윤화^{1*}

¹단국대학교 식품영양학과, ²중부대학교 식품영양학과
³강원도립대학 식품가공제과제빵과, ⁴세명대학교 임상병리학과

Quality Characteristics of Korean Traditional Rice Wine with Glutinous Rice

Youngseung Lee¹, Hanna Kim¹, Taekil Eom¹, Sung-Hwan Kim², Geun Pyo Choi³,
Misook Kim¹, Sungryul Yu⁴, and Yoonhwa Jeong^{1*}

¹Dept. of Food Science and Nutrition, Dankook University, Gyeonggi 448-160, Korea

²Dept. of Food Science & Nutrition, Joongbu University, Chungbuk 312-702, Korea

³Dept. of Food Processing and Bakery, Gangwon Provincial College, Gangwon 210-804, Korea

⁴Dept. of Clinical Laboratory Science, Semyung University, Chungbuk 390-711, Korea

ABSTRACT This study is carried out to investigate the physicochemical characteristics, microbial population, and sensory characteristics during fermentation of Korean traditional rice wine with addition of glutinous rice. The fed-batch fermentation of rice was performed by *Nuruk* and yeast for 10 days at 28°C in a water bath. The four fermentation batches included 0, 10, 15 and 20% of glutinous rice based on the total rice contents. The growth of total viable cells, lactic acid bacteria (LAB), and yeasts were similar among the four batches during the fermentation period. The population for total viable cells and LAB were increased for the first 3 days, and decreased slowly until 10 days. The number of yeast cells was rapidly decreased after day 6, when the alcohol content reached about 15% for all the fermentation batches. Physicochemical characteristics, such as pH, total acidity, and reducing sugars, were not different with the increase of additional glutinous rice contents. The ethanol production was higher in Korean traditional rice wine from non-glutinous rice (17.1%) than ones from glutinous rice (15.8~16.7%). For the sensory evaluations, Korean traditional rice wine with 15% glutinous rice was highly preferred due to the highest sweetness.

Key words: fermentation, rice wine, glutinous rice, sensory evaluation, quality

서 론

우리나라 및 중국, 일본 등의 동아시아권 국가들은 예로부터 쌀을 주식으로 이용하여 왔기 때문에 쌀을 이용하는 방법이 다양하게 발달되어 왔다. 특히 곡물을 이용하여 술을 담그는 곡주 문화권을 형성하였기에 양조에 있어서 쌀의 비중이 크다(1). 이러한 쌀을 비롯한 다양한 곡류를 활용한 전통발효주는 조선시대를 거치면서 양조기술의 고급화와 더불어 다양한 종류의 전통주가 등장하였으나(2) 일제강점기를 거치면서 대부분의 양조 기술이 단절되었고, 1964년 공포된 양곡관리법에 의해서 쌀을 이용한 양조를 금지함으로써 전통주의 전승이 단절되었다. 1980년대 우리나라의 경제 성장과 더불어 우리 전통문화의 계승적인 차원에서 전통주의 복원 및 계승에 관심을 가지면서 현재는 탁주, 약주, 리큐르, 증류식 소주 등의 다양한 전통주가 개발되었으나, 1990년부터 시작되어진 주류시장 전면 개방 정책으로 인하

여 국내 전통 주류는 경쟁력이 약화되어 외국 주류가 빠른 속도로 국내시장을 점유하였기에, 현재 소비자의 니즈를 충족시키면서 외국 주류와의 경쟁력을 가지는 전통주의 개발이 필요한 실정이다(3).

우리나라의 전통 주류는 전통적으로 멥쌀, 찰쌀, 밀가루 등의 곡류에 누룩을 섞어 전분이 당으로 분해되는 당화과정과 당을 효모가 알코올로 전환하는 알코올 발효과정이 함께 진행되는 병행 복합발효주로서, 양조한 후 증류하지 않고 발효된 술덧을 걸러서 외관이 백탁한 상태로 음용하는 탁주의 형태나 체를 이용하여 걸러서 맑게 한 청주 또는 술덧을 증류하여 알코올을 농축한 증류식 소주의 형태로 만들어지기에 원주인 발효주의 품질이 이들 제품의 품질을 좌우하는 결정적인 요소로 작용하게 된다(4,5).

쌀(*Oryza sativa* L.)은 우리나라의 오랜 주식이었으나 최근 그 소비량이 점차 감소되고 있는 실정으로 쌀 소비 확대와 농촌경제의 활성화를 위한 방안으로 쌀을 주원료로 하는 우리나라 전통 민속주의 연구개발이 절실히 요구되고 있다. 일반적으로 쌀의 주성분은 곡립의 내부에 존재하는 전분이 70% 이상 차지하고 있으며, 단백질(7~8%), 지방(1~3%),

Received 7 October 2013; Accepted 7 November 2013

*Corresponding author.

E-mail: yjeong@dankook.ac.kr, Phone: 82-31-8005-3716

비타민, 무기질은 내부보다는 외층에 존재한다(6). 현재까지 전통주 제조에 이용되는 쌀 중에서 찰쌀 원료에 관한 연구로는 찰쌀주인 진양주의 찰쌀 벼 도정도(7), 발효온도(8), 찰쌀과 멥쌀 원료비교에 관한 연구(9)와 찰쌀 보리쌀 탁주의 향기성분(10), 첨가원료 종류에 따른 발효주에 관한 연구(11) 등이 있다. 국민들의 식생활 수준 향상과 더불어 소비자들의 식품 소비패턴이 기호성 식품에서 기능성 식품으로 변하면서 천연소재에 대한 관심이 높아지고 있으며(12), 술에 대한 기호도 또한 다양화됨에 따라 막걸리 등의 전통발효주도 다양화와 고급화가 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 발효 과정 동안 찰쌀 첨가량에 따른 전통발효주의 이화학적, 관능적 특성 및 미생물의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

발효주 제조 원료로 쌀과 찰쌀은 용인시 농특산물 센터(Yongin, Korea)에서 구매하였다. 효모는 건조효모(Saf-instant, Marcq-en-Baroeul, France)를, 누룩은 개량누룩(Korea Enzyme Co., Hwaseong, Korea)을 구매하여 사용하였다.

발효

술덧은 Fig. 1과 같이 제조하였다. 1단 담금은 멥쌀 2.0 kg을 세척하여 3시간 동안 물에 침지한 후, 체에 받쳐 40분 동안 물기를 제거하였다. 물기를 제거한 쌀을 찹술에 넣고 100°C에서 40분 동안 증자하고 20분간 뜸을 들인 후 고두밥을 만들었다. 고두밥을 넓게 펴서 빠르게 식히고 25 L의 유리병에 고두밥, 효모(25.0 g, 9.83 log CFU/g of yeast), 누룩(26.0 g), 증류수 3.0 L를 넣고 골고루 혼합하였다. 28°C에서 48시간 동안 발효한 후, 다시 각 비율에 따라 멥쌀과 찰쌀을 추가하여 2단 담금을 하였으며, 찰쌀은 6 kg의 총량을 기준으로 10, 15, 20%를 추가하였다.

| Samples (%) | Nonglutinous rice (g) : Glutinous rice (g) |
|-------------|--|
| 0 | 4,000 : 0 |
| 10 | 3,400 : 600 |
| 15 | 3,100 : 900 |
| 20 | 2,800 : 1,200 |

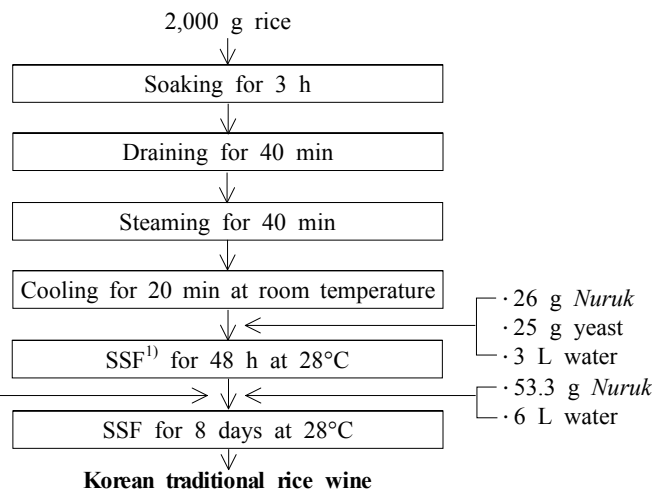


Fig. 1. Preparation of Korean traditional rice wine with glutinous rice. ¹⁾SSF: Simultaneous saccharification and fermentation.

알코올 함량 측정

알코올 함량은 제조된 술덧 100 mL를 증류장치의 수기에 취한 후 약 70 mL 정도를 증류한 다음 증류수를 가하여 최종 용량이 100 mL가 되도록 조절한 후 알코올 비중계로 알코올 도수(%)를 측정하고 온도 보정표를 이용하여 환산하였다.

pH 및 총산 함량 측정

pH는 술덧을 잘 교반 후, 4°C에서 3,000×g로 15분간 원심분리 하고 그 상등액을 pH meter(Thermo Electron Co., Beverly, MA, USA)를 이용하여 측정하였으며, 총산 함량은 시료액 10 mL를 0.1 N NaOH로 pH 7.0까지 적정 한 후 초산으로 환산하여 아래와 같이 백분율로 나타내었다.

$$\text{총산(초산으로) g/100 mL} = \text{적정 mL 수} \times 0.006 \times 10$$

환원당 함량 측정

환원당 함량은 3,5-dinitrosalicylic acid(DNS)를 이용하여 DNS가 환원당과 반응하여 생성된 3-amino-5-nitrosalicylic acid의 흡광도를 UV/Vis spectrophotometer (Amersham pharmacia Ltd., Cambridge, England)를 이용하여 550 nm에서 측정하였다.

총당 함량 측정

총당 함량은 페놀-황산법에 의해 측정하였다. Test tube 에 희석된 용액 2 mL와 5%(v/v) phenol 용액 1 mL를 넣고 혼합시켰다. 여기에 95% 황산 5 mL를 가하여 30분 동안 반응 후, UV/Vis spectrophotometer를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였다.

미생물 균수 측정

균일하게 혼합된 시료를 멸균한 생리 식염수(0.85% NaCl)로 희석법에 따라 희석한 후, 균수 측정을 위하여 각 희석 단계의 희석액을 사용하였다. 총균수는 PCA(plate count agar)에 희석액 200 µL를 도말하여 37°C에서 24~48시간

동안 배양한 후 colony를 계수하여 측정하였다. 총유산균수는 총균수와 동일하게 희석한 후 희석된 시료 200 µL와 MRS(Lactobacilli MRS agar) 20 mL를 균일하게 잘 혼합한 후 37°C에서 24~48시간 동안 배양한 후 유산균수를 계수하였다. 총효모수는 상기의 방법과 동일하게 희석한 후 희석된 시료 200 µL와 YPD(yeast extract peptone dextrose) 20 mL를 균일하게 잘 혼합한 후에 28°C에서 48시간 동안 배양한 후 효모수를 계수하였다.

유기산과 유리당 함량 측정

제조된 술덧의 유기산 함량은 HPLC(JASCO Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 정량하였으며, 시료를 적절히 희석하여 0.45 µm syringe filter(Millipore, Billerica, MA, USA)로 여과하여 20 µL를 HPLC에 주입하였다. 표준물질로 oxalic acid, citric acid, malic acid, succinic acid, formic acid, acetic acid, lactic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 등을 사용하였다. 칼럼은 carbohydrate high performance column(4.0 µm, 4.6×250 mm, Waters, Milford, MA, USA)을 사용하였으며, RI(RI-930, JASCO CO.) 검출기로 검출하였고, 이동상은 0.75% acetonitrile을 1.4 mL/min의 유속으로 흘려주었다. 술덧의 유리당 함량은 칼럼으로 Supelcogel C-610H column(9 µm, 7.8×300 mm, Sigma-Aldrich)을 사용하였으며, 0.1% phosphoric acid를 이동상으로, 유속은 0.5 mL/min의 유속으로, RI검출기로 분리·정량하였다.

관능평가

제조된 발효주의 기호도 조사는 20~50대의 성인 남녀 총 40명을 선정하여 실시하였다. 조사항목은 색(color), 전반적 기호도(overall acceptability), 단맛(sweetness), 신맛(sourness), 목넘김(mouthfeel) 5가지 항목을 평가하였다. 가장 나쁘다(dislike extremely)를 1점, 가장 좋다(like extremely)를 9점으로 하는 9점 척도법을 사용하였다. 랜덤코드가 적힌 플라스틱 종이컵에 시료 50 mL를 담아 소비자들에게 랜덤하게 제공되었고 시료와 시료 사이에 입을 헹굴 수 있는 미지근한 물이 함께 제공되었다. 평가는 독립된 공간에서 서로 간의 대화를 금지시킨 채 수행되었다. 묘사분석은 3개월간 기본맛과 주류의 관능특성 구별 및 강도평가 훈련을 받은 20대 남녀 대학생 8명에 의해 수행되었다. 선행 연구와 패널 토의를 통해 막걸리의 6항목의 핵심 관능특성(색상, 전통주향, 단맛, 신맛, 전통주맛, 목넘김)을 선정하여 평가하였다. 평가 절차는 상기 소비자 조사와 동일한 방법으로 진행되었다.

통계처리

실험결과는 통계분석용 프로그램인 Minitab® 16.1.0 program(Minitab Inc., State College, PA, USA)을 사용하였다. 이화학 및 미생물 결과 분석을 위해 시료와 발효일수를

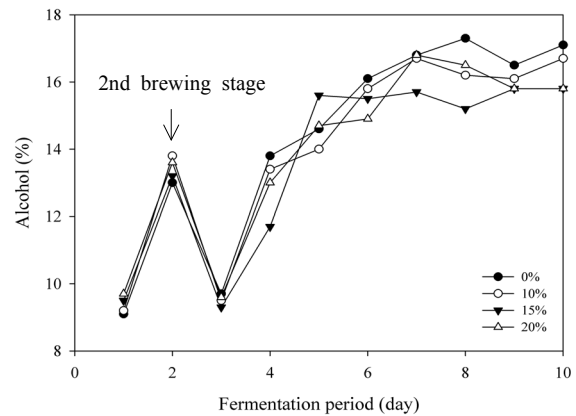


Fig. 2. Alcohol contents of Korean traditional rice wine with glutinous rice.

2가지 변수로 하여 이원분산분석을 실시하였고, 관능평가 결과 분석을 위해 시료와 패널, 그리고 시료와 패널간의 교호작용을 고려하여 이원분산분석을 실시하였다. T-test 검정을 통하여 5% 유의 수준에서 각 시료와 발효기간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

알코올 함량

참쌀 첨가량에 따른 술덧의 알코올 함량 변화는 Fig. 2와 같다. 발효 1일째 모든 술덧에서 알코올 함량은 9.1~9.7%로 실험군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았고, 발효 2일째는 13.0~13.8%로 발효 1일째 알코올 함량에 비하여 유의적으로 증가하였다. 2단 담금 후인 발효 3일째에는 원료의 재첨가로 인해 알코올 함량이 참쌀15%첨가군이(9.3%)과 대조군(9.7%)에서 발효 2일째 알코올 함량에 비하여 유의적으로 급격하게 감소하는 경향을 보였다. 발효 4일째 모든 술덧에서 알코올 함량은 11.7~13.8%로 다시 증가하였고 발효 6일째에는 14.9~16.1%로 유의적으로 급격히 증가하였으며, 발효 종료일인 10일에는 15.8~17.1%이었고 실험군 간의 유의적 차이는 보이지 않았다. 이는 Kim 등(13)이 보고한 참쌀발효주 연구 결과와 유사하나, 본 연구에서의 알코올 함량이 더 높았다. 또한 Park 등(14)은 목은 쌀과 햅쌀을 이용하여 무증자법으로 7일간 발효한 술덧의 알코올 함량이 발효 후기에 급격히 증가하여 발효 7일째 가장 높았다고 보고하였는데, 이는 본 연구결과와 유사하였다.

pH 및 총산 함량

술덧의 pH와 총산 함량의 변화는 발효 과정 중 변질 정도를 알 수 있는 중요한 자료일 뿐만 아니라 알코올 발효과정에서 복합적으로 생성되므로 발효주의 발효 진행 상황을 짐작할 수 있는 중요한 지표성분이다(15). 담금 직후의 pH는 5.30~5.46에서 발효 1일째 3.89~3.91로 비교적 대폭 감소하였다. 그 이후 완만하게 증가하여 발효 종료일(발효 10일

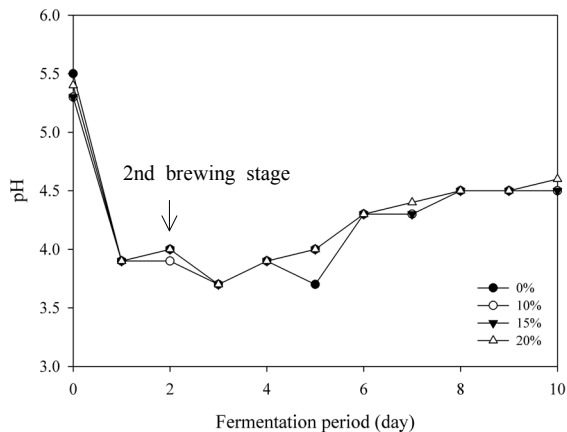


Fig. 3. pH of Korean traditional rice wine with glutinous rice.

제)에는 4.48~4.56이었으며, 실험군 간에 유의적인 차이는 없었다(Fig. 3). 이는 밀가루를 이용한 전통주의 발효 중 pH 변화에 관한 연구(16)에서 담금 직후 pH 5.44에서 발효 1일째에 4.23으로 대폭 감소하고, 그 후부터는 pH가 완만하게 상승하는 경향을 보인 것과 유사하였다. 또한 Lee 등(17)은 막걸리의 발효 및 유통과정에서의 변화에 관한 연구에서 pH가 발효 초기 4.5에서 발효 3일째 2.6으로 급격히 감소하고, 발효 8일째까지 3.1로 완만하게 조금씩 증가한다고 보고하였다. 이는 술덧의 발효과정에서 담금 초기 pH가 급격히 감소한 후, 서서히 증가하는 본 연구 결과와 유사하였다. 발효과정 중 술덧의 총산 함량 변화는 Fig. 4와 같다. 1단 담금 직후 모든 술덧의 총산도는 0.16~0.17%를 나타내었으며, 발효 1일차에 모든 찹쌀첨가군에서 증가하였다. 2단 담금 후인 발효 3일째 각각 0.14~0.16%로 다시 감소하고, 이후로 발효 종료일까지 큰 변화 없이 모두 완만하게 증가하였으며, 이는 Lee 등(18)의 연구 결과와 유사하였다. 발효주의 품질에 있어서 산은 관능적인 면에서 다른 주류에서는 흔히 찾아볼 수 없는 산미의 원인물질이며, 일반적으로 총산의 함량이 너무 낮으면 특유의 산미를 잘 느낄 수 없게 되고, 총산의 함량이 너무 높으면 이상 발효에 의해 발효주가 산패

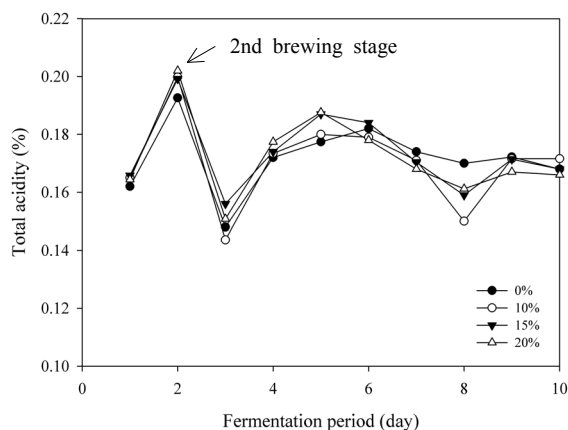


Fig. 4. Total acidity of Korean traditional rice wine with glutinous rice.

되고 있는 것으로 추정된다(15).

환원당 및 총당 함량

찹쌀 첨가량에 따른 술덧의 발효과정에서의 환원당 함량은 Table 1과 같다. 환원당 함량은 발효 1일째 모든 실험군에서 1.1~1.2%로 군간에 유의적인 차이가 없었다. 발효 2일째 환원당 함량은 0.9~1.1%로 발효 1일째와 비교할 때 유의적으로 감소하는 경향을 보였고, 찹쌀 20%첨가군이 유의적으로 가장 높았다. 발효 7일 후부터 환원당 함량은 유의적으로 증가하기 시작하여 발효 종료일인 10일째에는 대조군, 찹쌀 10, 15, 20%첨가군별로 각각 2.8, 3.3, 3.0, 2.9%이었으며, 찹쌀 10%첨가군이 유의적으로 가장 높았다. 발효 2일째 효모에 의한 알코올 발효가 진전되어 일시적으로 환원당의 함량이 감소하였으나, 그 후에는 알코올 발효보다 전분분해에 의한 당 생성 속도가 증가하여 점진적으로 당 함량이 증가하는 경향을 보인 것으로 생각된다.

찹쌀 첨가량에 따른 술덧의 발효과정에서의 총당 함량은 Table 2와 같다. 발효 1일째 대조군, 찹쌀 10, 15, 20% 첨가량별로 각각 6.3, 6.2, 5.4, 5.4%로 대조군과 찹쌀 10%첨가군이 유의적으로 총당 함량이 높았다. 2단 담금 후인 발효 3일째에는 총당 함량이 대조군, 찹쌀 10, 15, 20% 첨가량별로 각각 5.5, 7.7, 6.5, 4.4%로 발효 1일째와 비교하여 모두 유의적으로 증가하였으며, 특히 찹쌀 10%첨가군이 유의적으로 가장 높았다. 발효 초기 이러한 총당 함량의 감소는 당분이 술덧 중에 생육하는 효모나 유산균 등의 발효기질로 이용되었기 때문이라고 판단된다. 이러한 결과는 Lee 등(19)과 Park과 Lee(20)의 연구결과와 유사하였다. 발효 종료일 10일째에는 총당 함량이 대조군, 찹쌀 10, 15, 20% 첨가군별로 각각 3.3, 3.3, 3.5, 3.1%로 유의적으로 감소하였고, 찹쌀 15%첨가군이 유의적으로 가장 높았다. 담금 후 원료종의 전분질은 amylase 작용으로 당분으로 분해됨과 동시에 미생물의 영양원이나 발효 기질로 이용되므로 술덧

Table 1. Reducing sugar contents of Korean traditional rice wine with glutinous rice

| Fermentation period (day) | Glutinous rice (%) | | | |
|---------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 0 | 10 | 15 | 20 |
| 1 | 1.2±0.04 ^{Ai} | 1.2±0.06 ^{Ag} | 1.1±0.09 ^{Af} | 1.2±0.06 ^{Ah} |
| 2 | 1.0±0.05 ^{Bj} | 1.1±0.04 ^{ABg} | 0.9±0.07 ^{Cg} | 1.1±0.04 ^{Ah} |
| 3 | 1.5±0.04 ^{Bh} | 2.0±0.11 ^{Af} | 1.4±0.02 ^{BCe} | 1.4±0.02 ^{Cg} |
| 4 | 2.1±0.04 ^{Ad} | 2.2±0.04 ^{Ae} | 2.2±0.06 ^{Ac} | 2.2±0.04 ^{Ad} |
| 5 | 1.9±0.06 ^{Cf} | 2.3±0.04 ^{Ad} | 2.3±0.02 ^{Ac} | 2.0±0.02 ^{Bef} |
| 6 | 1.8±0.02 ^{Bg} | 2.0±0.06 ^{Af} | 1.9±0.04 ^{Ad} | 2.0±0.02 ^{Af} |
| 7 | 2.0±0.02 ^{Be} | 1.9±0.02 ^{Cf} | 2.0±0.00 ^{Cd} | 2.1±0.02 ^{Ae} |
| 8 | 2.4±0.00 ^{Ac} | 2.4±0.00 ^{Ac} | 2.3±0.00 ^{Ac} | 2.3±0.10 ^{Ac} |
| 9 | 2.8±0.02 ^{Bb} | 2.9±0.02 ^{Ab} | 2.7±0.10 ^{Bb} | 2.8±0.01 ^{Bb} |
| 10 | 2.8±0.06 ^{Ca} | 3.3±0.01 ^{Ba} | 3.0±0.02 ^{Ba} | 2.9±0.04 ^{Ca} |

^{a-j} Means with different superscripts in the same column for each samples are significantly different ($\alpha=0.05$).

^{A-C} Means with different superscripts in the same row for each fermentation period are significantly different ($\alpha=0.05$).

Table 2. Total sugar contents of Korean traditional rice wine with glutinous rice

| Fermentation period (day) | Glutinous rice (%) | | | |
|---------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| | 0 | 10 | 15 | 20 |
| 1 | 6.3±0.13 ^{Aa} | 6.2±0.24 ^{Ab} | 1.1±0.24 ^{Bb} | 1.2±0.09 ^{Ba} |
| 2 | 3.5±0.19 ^{Adef} | 4.1±0.35 ^{Ad} | 3.9±0.07 ^{Ac} | 3.3±0.64 ^{Ade} |
| 3 | 5.5±0.36 ^{Cb} | 7.7±0.47 ^{Aa} | 6.5±0.11 ^{Ba} | 4.4±0.23 ^{Db} |
| 4 | 4.4±0.41 ^{Bc} | 5.4±0.22 ^{Ac} | 5.2±0.11 ^{Ab} | 3.6±0.02 ^{Ccd} |
| 5 | 3.9±0.28 ^{Acde} | 4.1±0.94 ^{Ad} | 4.1±0.13 ^{Ac} | 4.2±0.11 ^{Abc} |
| 6 | 3.0±0.08 ^{Afg} | 2.8±0.14 ^{Ae} | 3.0±0.28 ^{Ae} | 2.6±0.48 ^{Afg} |
| 7 | 2.3±0.53 ^{Ah} | 2.9±0.35 ^{Ae} | 1.5±0.32 ^{Bg} | 1.4±0.53 ^{Bh} |
| 8 | 2.8±0.71 ^{Agh} | 3.1±0.70 ^{Ae} | 2.6±0.25 ^{Af} | 3.0±0.53 ^{Aef} |
| 9 | 3.9±0.71 ^{Acd} | 1.8±0.70 ^{Bf} | 1.4±0.25 ^{Cg} | 2.0±0.53 ^{Bgh} |
| 10 | 3.3±0.08 ^{Befg} | 3.3±0.09 ^{Be} | 3.5±0.17 ^{Ad} | 3.1±0.22 ^{Cdef} |

^{a-h}Means with different superscripts in the same column for each samples are significantly different ($\alpha=0.05$).

^{A-C}Means with different superscripts in the same row for each fermentation period are significantly different ($\alpha=0.05$).

중의 총당 함량이 후기에 감소된 것으로 추정된다.

미생물 군수

담금 초기에 모든 시료의 총균수는 $4.10\sim 4.78\times 10^6$ CFU/mL로 실험군 간에 유의적인 차이가 없었으며(Fig. 5A), 이후 점차 증가하다 발효 3일째 대조군, 참쌀 10, 15, 20%첨가군이 각각 1.09×10^8 , 7.25×10^7 , 5.25×10^7 , 7.79×10^7 CFU/mL로 발효 중 유의적으로 가장 높았다. 모든 실험군에서 총균수는 발효 5일 이후에 유의적으로 급격하게 감소하며, 발효 종료일인 10일째에는 $5.75\times 10^5\sim 1.03\times 10^6$ CFU/mL로 담금 초기보다 모두 유의적으로 감소하였으나, 각각 실험군 간에 유의적인 차이는 없었다.

참쌀 첨가량에 따른 술덧의 발효 기간 동안 총유산균수는 Fig. 5B와 같다. 1단 담금 후인 발효 1일째에는 총균수와 동일한 수준이었으나, 2단 담금 이후 유의적으로 증가하다가 발효 과정 중 점차 감소하는 경향을 보였다. 발효가 진행될수록 총유산균수는 유의적으로 증가하였고, 대부분 발효 3~5일째 대조군, 참쌀 10, 15, 20%첨가군의 값이 각각 9.65×10^7 , 7.10×10^7 , 6.30×10^7 , 6.00×10^7 CFU/mL로 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 발효 3일째 대조군

이 유의적으로 가장 높은 값을 보였다. 발효 4일 이후에는 총유산균수가 유의적으로 감소하여 10일간의 최종 발효 후에는 $2.75\times 10^5\sim 4.25\times 10^6$ CFU/mL였다. 술덧의 2단 담금에서 총유산균수가 다소 증가하였고 산도의 값도 마찬가지로 증가하는 경향을 보여주었는데, 이는 지속적인 유산균의 성장으로 인한 유산의 누적과 효모에 의한 산 생성으로 추측된다. Seo 등(21)은 탁주와 약주에 대한 연구에서 총유산균수가 1단 담금에서는 일반세균수와 동일한 수준이었으나, 2단 담금에서는 발효과정 중 점차 감소하여 최종적으로 10^6 CFU/mL라고 보고하였는데, 이는 본 연구 결과와 유사하였다.

발효 1일째 모든 시료의 총효모수(Fig. 5C)는 $1.01\times 10^8\sim 1.30\times 10^8$ CFU/mL 수준으로 모든 실험군 간에 유의적인 차이가 없었다. 총효모수는 2단 담금 이후 유의적으로 증가하다가 발효 과정을 거치면서 유의적으로 점차 감소하는 경향을 보였다. 발효 종료일(발효 10일째)에 총효모수는 $5.45\times 10^5\sim 7.55\times 10^5$ CFU/mL였다. Park 등(14)은 쌀을 이용한 탁주 발효과정에서 총효모수는 알코올 발효 속도와 비례하여 발효초기에 효모수는 증가하다가 발효 후기에서부터는 알코올 생성량이 감소면서 감소한다고 보고하였으며, 이는 본 연구 결과와 유사하였다. 술의 발효에서 초기단계에서는 유산균의 증식에 의한 pH 저하는 잡균에 의한 오염을 방지함으로써 본 발효 단계에서 에탄올을 생성하는 효모의 활발한 증식을 유도한다(22).

유리당 함량

참쌀 첨가량에 따른 술덧의 발효과정 중 유리당 함량은 Table 3과 같다. 전반적으로 glucose가 가장 함량이 높았으며, maltose, sucrose, fructose는 소량 검출되었다. 검출된 유리 glucose의 함량이 발효 1일째 27.8~35.9 mg/mL였으며, 참쌀 15%첨가군이 유의적으로 낮았다. Glucose 함량은 2일째에 21.2~29.3 mg/mL로 감소하였으나 발효 3일째에 41.8~45.9 mg/mL로 급격히 증가하였다. 이는 당화효소인 amylase에 의해 전분질의 분해로 glucose가 비교적 많이 생성되어 발효 1일째부터 술덧의 주요 구성당으로 나타나며, 발효 중 효모나 유산균의 영양원 및 알코올발효 기질로

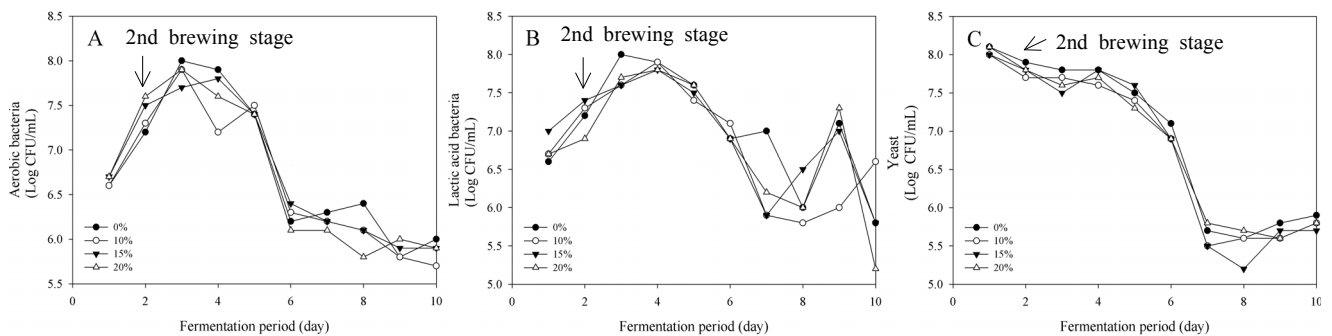


Fig. 5. Microbial cell counts of Korean traditional rice wine with glutinous rice. A: total aerobic bacteria, B: lactic acid bacteria, C: total yeast.

Table 3. Free sugar contents of Korean traditional rice wine with glutinous rice (Unit: mg/mL)

| Glutinous rice ¹⁾ | Fermentation period (day) | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| Free sugar | | | | | | | | | | | |
| 0 | Maltose | 2.1±0.128 | 1.4±0.000 | 1.2±0.188 | 0.8±0.011 | 1.0±0.000 | ND | ND | 0.9±0.000 | ND | ND |
| | Sucrose | ND ²⁾ | 0.7±0.000 | ND | ND | 0.8±0.035 | 1.0±0.067 | 0.9±0.680 | 1.4±0.030 | 1.5±0.137 | 1.4±0.117 |
| | Glucose | 33.9±0.729 | 28.7±1.642 | 41.8±2.143 | 35.5±1.221 | 30.4±0.240 | 28.3±0.841 | 28.9±0.224 | 33.0±0.517 | 36.6±0.098 | 41.0±0.723 |
| | Fructose | 0.4±0.042 | 1.3±0.122 | 0.2±0.004 | 0.5±0.036 | 0.7±0.027 | 1.0±0.013 | 1.0±0.009 | 1.2±0.050 | 1.1±0.002 | 1.2±0.025 |
| 10 | Maltose | 1.7±0.139 | 1.0±0.080 | 1.0±0.063 | 1.1±0.023 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Sucrose | ND | 0.7±0.003 | ND | ND | 0.8±0.060 | 1.2±0.086 | 1.3±0.119 | 1.5±0.009 | 1.2±0.041 | 1.3±0.019 |
| | Glucose | 32.9±1.436 | 26.9±1.757 | 44.7±1.225 | 38.8±0.898 | 33.3±1.133 | 30.9±1.027 | 31.8±0.561 | 36.1±0.667 | 38.8±0.597 | 42.2±1.202 |
| | Fructose | 0.6±0.102 | 1.5±0.158 | 0.1±0.013 | 0.5±0.005 | 0.7±0.047 | 1.0±0.108 | 1.0±0.060 | 1.2±0.107 | 1.0±0.110 | 1.1±0.106 |
| 15 | Maltose | 0.9±0.099 | ND | 1.4±0.459 | 0.8±0.082 | 1.2±0.002 | 1.7±0.082 | 1.7±0.030 | 1.9±0.057 | 1.9±0.087 | 2.0±0.048 |
| | Sucrose | ND | 0.7±0.137 | ND | ND | 0.8±0.080 | 1.1±0.078 | 1.2±0.046 | 1.2±0.133 | 1.3±0.075 | 1.4±0.156 |
| | Glucose | 27.8±1.017 | 21.2±0.956 | 42.9±0.408 | 37.4±0.629 | 31.7±0.851 | 28.1±0.116 | 29.2±0.532 | 32.9±0.447 | 36.2±0.868 | 39.3±0.793 |
| | Fructose | ND | 1.5±0.031 | 0.1±0.008 | ND | ND | 0.8±0.109 | 1.0±0.087 | 1.0±0.052 | 1.1±0.112 | 0.9±0.089 |
| 20 | Maltose | 2.2±0.377 | 1.5±0.094 | 0.3±0.212 | 1.3±0.448 | 1.4±0.014 | 1.8±0.147 | 1.7±0.085 | 1.7±0.064 | 1.8±0.071 | 2.0±0.127 |
| | Sucrose | ND | 0.8±0.000 | ND | 0.8±0.003 | 0.7±0.097 | 1.0±0.087 | 1.1±0.008 | 1.2±0.075 | 1.2±0.064 | 1.3±0.254 |
| | Glucose | 35.9±2.434 | 29.3±0.702 | 45.9±1.683 | 39.0±0.429 | 31.9±0.681 | 28.6±0.155 | 29.6±0.031 | 32.9±0.213 | 35.8±0.543 | 38.7±0.919 |
| | Fructose | 0.5±0.002 | 1.7±0.076 | 0.3±0.010 | 1.2±0.141 | 1.3±0.142 | 0.9±0.044 | 0.9±0.061 | 0.9±0.027 | 0.8±0.022 | 0.9±0.130 |

Each value is expressed as mean±SD (n=3). ¹⁾0, 10, 15 and 20% glutinous rice were added based on the rice. ²⁾Not detected.

Table 4. Organic acids contents of Korean traditional rice wine with glutinous rice

| Glutinous rice ¹⁾ | Fermentation period (day) | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| Free sugar | | | | | | | | | | | |
| 0 | Maltose | 2.1±0.128 | 1.4±0.000 | 1.2±0.188 | 0.8±0.011 | 1.0±0.000 | ND | ND | 0.9±0.000 | ND | ND |
| | Sucrose | ND ²⁾ | 0.7±0.000 | ND | ND | 0.8±0.035 | 1.0±0.067 | 0.9±0.680 | 1.4±0.030 | 1.5±0.137 | 1.4±0.117 |
| | Glucose | 33.9±0.729 | 28.7±1.642 | 41.8±2.143 | 35.5±1.221 | 30.4±0.240 | 28.3±0.841 | 28.9±0.224 | 33.0±0.517 | 36.6±0.098 | 41.0±0.723 |
| | Fructose | 0.4±0.042 | 1.3±0.122 | 0.2±0.004 | 0.5±0.036 | 0.7±0.027 | 1.0±0.013 | 1.0±0.009 | 1.2±0.050 | 1.1±0.002 | 1.2±0.025 |
| 10 | Maltose | 1.7±0.139 | 1.0±0.080 | 1.0±0.063 | 1.1±0.023 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| | Sucrose | ND | 0.7±0.003 | ND | ND | 0.8±0.060 | 1.2±0.086 | 1.3±0.119 | 1.5±0.009 | 1.2±0.041 | 1.3±0.019 |
| | Glucose | 32.9±1.436 | 26.9±1.757 | 44.7±1.225 | 38.8±0.898 | 33.3±1.133 | 30.9±1.027 | 31.8±0.561 | 36.1±0.667 | 38.8±0.597 | 42.2±1.202 |
| | Fructose | 0.6±0.102 | 1.5±0.158 | 0.1±0.013 | 0.5±0.005 | 0.7±0.047 | 1.0±0.108 | 1.0±0.060 | 1.2±0.107 | 1.0±0.110 | 1.1±0.106 |
| 15 | Maltose | 0.9±0.099 | ND | 1.4±0.459 | 0.8±0.082 | 1.2±0.002 | 1.7±0.082 | 1.7±0.030 | 1.9±0.057 | 1.9±0.087 | 2.0±0.048 |
| | Sucrose | ND | 0.7±0.137 | ND | ND | 0.8±0.080 | 1.1±0.078 | 1.2±0.046 | 1.2±0.133 | 1.3±0.075 | 1.4±0.156 |
| | Glucose | 27.8±1.017 | 21.2±0.956 | 42.9±0.408 | 37.4±0.629 | 31.7±0.851 | 28.1±0.116 | 29.2±0.532 | 32.9±0.447 | 36.2±0.868 | 39.3±0.793 |
| | Fructose | ND | 1.5±0.031 | 0.1±0.008 | ND | ND | 0.8±0.109 | 1.0±0.087 | 1.0±0.052 | 1.1±0.112 | 0.9±0.089 |
| 20 | Maltose | 2.2±0.377 | 1.5±0.094 | 0.3±0.212 | 1.3±0.448 | 1.4±0.014 | 1.8±0.147 | 1.7±0.085 | 1.7±0.064 | 1.8±0.071 | 2.0±0.127 |
| | Sucrose | ND | 0.8±0.000 | ND | 0.8±0.003 | 0.7±0.097 | 1.0±0.087 | 1.1±0.008 | 1.2±0.075 | 1.2±0.064 | 1.3±0.254 |
| | Glucose | 35.9±2.434 | 29.3±0.702 | 45.9±1.683 | 39.0±0.429 | 31.9±0.681 | 28.6±0.155 | 29.6±0.031 | 32.9±0.213 | 35.8±0.543 | 38.7±0.919 |
| | Fructose | 0.5±0.002 | 1.7±0.076 | 0.3±0.010 | 1.2±0.141 | 1.3±0.142 | 0.9±0.044 | 0.9±0.061 | 0.9±0.027 | 0.8±0.022 | 0.9±0.130 |

Each value is expressed as mean±SD (n=3). ¹⁾0, 10, 15 and 20% glutinous rice were added based on the rice. ²⁾Not detected.

이용되어 pH, 알코올 함량의 변화와 관계가 있음을 보여주고 있다. 발효 4일째부터는 모든 실험군에서 glucose 함량이 발효 6일째까지 차츰 감소되었다. 이는 Lee 등(23)이 보고한 연구 결과와 유사하였다. 발효 7일째부터 모든 실험군에서 glucose의 함량이 점차적으로 증가하기 시작하여 발효 10일째에는 38.7~42.2 mg/mL였다. 이는 알코올 함량이 대부분 가장 높은 시점인 발효 7일째부터는 알코올 발효 속도는 감소하면서, 전분분해에 의한 당 생성 속도가 증가하여 점진적으로 glucose 함량이 증가하는 경향을 나타낸 것으로 사료된다.

유기산 함량

찹쌀 첨가량에 따른 술덧 발효과정 중 생성된 유기산 함량은 Table 4와 같다. 술덧의 발효 과정 중 유기산 함량은 succinic acid>malic acid>citric acid>tartaric acid>acetic acid 순으로 검출되었다. Succinic acid 함량은 발효 1일째에 1.2~3.0 mg/mL였으며 발효 2일째에 5.4~6.1 mg/mL로 증가하였으나, 2단 담금 후인 발효 3일째에는 2.3~2.7 mg/mL로 감소하였다. 이후 계속해서 증가하여 발효 10일째에는 각각 11.1~11.3 mg/mL였다. Succinic acid 함량은 가장 높은 유기산이었으며, 이는 Park과 Lee(20)의 밀가루 누룩으로 담금한 탁주 술덧의 품질특성에 관한 연구 결과와 유사하였다. 부드러운 신맛을 내는 malic acid 함량은 발효 10일째 찹쌀 10%첨가군에서 0.6 mg/mL로 가장 높았다. Citric acid 함량은 발효 중 계속 감소하여 발효 10일째 모든 실험군에서 0.1~0.2 mg/mL였다. Woo 등(24)은 전통주 발효과정에서 citric acid가 미생물의 TCA cycle에 이용되기 때문에 citric acid 함량이 발효 후기에 감소된다고 보고하였다. 청량한 맛을 내는 tartaric acid 함량은 발효 1일째 모든 실험군에서 0.9~1.9 mg/mL로 쌀 15%첨가군에서 유의적으로 낮았고, 발효 10일째에는 0.1~0.2 mg/mL로 모두 감소하였다. Acetic acid 함량은 발효 10일째 대조군, 찹쌀 15%첨가군에서 0.4 mg/mL로 증가하였고 찹쌀 10, 20%첨가군에서는 감소하는 경향을 나타내었다.

관능평가

찹쌀 첨가량에 따른 발효주의 기호도는 Table 5와 같다. 기호도 조사는 9점 척도법을 사용하였다. 찹쌀 첨가에 따른 관능적 특성을 알아보기 위해 조미를 따로 하지 않고 알코올 함량을 6%로 희석하였기 때문에 모든 특성의 기호도 점수가 다소 낮게 나타났다. 색의 경우 모든 실험군에서 5.4~5.6 점으로 유의적인 차이가 없었다. 단맛은 찹쌀 10%첨가군이 4.1점으로 가장 낮았고, 찹쌀 15%첨가군이 4.5점으로 가장 높았지만 유의적인 차이는 없었다. 그러나 전반적인 기호도는 대조군, 찹쌀 10, 15, 20%첨가군 각각 4.2, 4.3, 4.8, 4.3 점으로 찹쌀 15%첨가군이 유의적으로 가장 높았다. 신맛에서는 대조군이 4.2점이었고, 찹쌀 15%첨가군이 5.0점으로 유의적으로 높았다. 목넘김에서는 3.5~4.5점이었으며, 찹

Table 5. Sensory test of Korean traditional rice wine with glutinous rice

| Sensory attribute | Glutinous rice (%) ¹⁾ | | | |
|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | 0 | 10 | 15 | 20 |
| Color | 5.5±1.4 ^a | 5.6±1.4 ^a | 5.6±1.5 ^a | 5.4±1.3 ^a |
| Overall acceptability | 4.2±1.6 ^b | 4.3±1.6 ^{ab} | 4.8±1.8 ^a | 4.3±1.6 ^{ab} |
| Sweetness | 4.4±1.8 ^a | 4.1±1.9 ^a | 4.5±1.8 ^a | 4.2±1.6 ^a |
| Sourness | 4.2±1.8 ^b | 4.7±1.8 ^{ab} | 5.0±1.8 ^a | 4.7±1.6 ^{ab} |
| Mouthfeel | 3.5±1.7 ^b | 3.8±2.0 ^b | 4.3±1.8 ^a | 3.9±1.7 ^{ab} |

Rating scale: 1 (dislike extremely)~9 (like extremely). Means within a row with different letters are significantly different at *P*<0.05.

¹⁾0, 10, 15 and 20% glutinous rice were added based on the rice.

Table 6. Descriptive analysis of Korean traditional rice wine with glutinous rice

| Sensory attribute | Concentration of glutinous rice (%) ¹⁾ | | | |
|-------------------|---|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 0 | 10 | 15 | 20 |
| Color | 8.3±1.6 ^a | 7.8±1.4 ^a | 7.3±0.8 ^a | 8.2±2.0 ^a |
| Rice wine aroma | 7.1±1.3 ^a | 7.1±1.2 ^a | 7.6±1.2 ^a | 7.0±1.1 ^a |
| Sweetness | 7.1±1.8 ^b | 7.6±1.8 ^b | 8.6±1.3 ^a | 7.4±1.1 ^b |
| Sourness | 7.9±1.6 ^a | 7.4±1.2 ^a | 7.9±2.3 ^a | 7.4±1.3 ^a |
| Rice wine flavor | 7.3±1.5 ^a | 7.6±0.8 ^a | 7.6±1.4 ^a | 7.5±1.5 ^a |
| Mouthfeel | 7.5±0.8 ^a | 7.5±0.4 ^a | 7.5±0.4 ^a | 7.4±0.2 ^a |

Rating scale: 1 (too weak)~9 (too strong). Means within a row with different letters are significantly different at *P*<0.05.

¹⁾0, 10, 15 and 20% glutinous rice were added based on the rice.

쌀 15%첨가군이 유의적으로 가장 높았다.

찹쌀 첨가량에 따른 발효주의 묘사분석 결과는 Table 6과 같다. 색과 향은 찹쌀 첨가량 별로 각각 7.3~8.3점, 7.0~7.6점으로 실험군 간에 유의적인 차이가 없었다. 단맛은 찹쌀 15%첨가군이 8.6점으로 유의적으로 가장 높았는데, 총당 함량 또한 찹쌀 15%첨가군에서 가장 높게 나타난 것을 고려할 때 연관성이 있음을 알 수 있다. 신맛은 각 첨가구 간의 유의적인 차이가 없었다. 총산 함량이 유의적 차이가 없는 것은 산도가 신맛과 연관성이 있음을 알 수 있다. 발효주 고유의 맛과 목넘김은 각각 찹쌀 첨가량 별로 7.3~7.6, 7.4~7.5점으로 유의적인 차이가 없었다.

요 약

찹쌀 첨가량(0, 10, 15, 20%)에 따른 술덧을 제조하여 발효 10일 동안의 알코올 함량, pH 및 총산, 총당 함량, 환원당 함량, 유기산 함량, 유리당 함량 등의 이화학적 특성과 미생물 변화를 알아보고 발효주의 관능적 특성을 조사하였다. 알코올 함량은 발효 1일째 9.1~9.7%에서 발효 종료일 10일째 15.8~17.1%로 증가하였으나 각 실험군 간에 유의적인 차이는 없었다. 총균, 유산균, 효모수는 알코올 생성속도와 비례하여 발효초기에는 증가하면서 발효후기에는 감소하는 경향을 나타내었다. pH는 담금 직후 5.30~5.46에서 발효

1일째 3.89~3.91로 감소한 후, 다시 증가하기 시작하여 발효 종료일인 10일째 모두 4.5 수준이었다. 총산 함량은 발효 3일째 0.14~0.16%에서 발효 5일째 0.18~0.19%로 증가하였다. 이는 지속적인 유산균의 생장으로 인한 젖산의 누적과 효모에 의한 산 생성으로 발효 3~5일째 총산 함량도 증가한 것으로 추측된다. 총효모수는 2단 담금 이후 유의적으로 증가하였다가 발효 과정을 거치면서 발효 종료일(발효 10일째)에 유의적으로 점차 감소하였다. 환원당은 발효 1일째 1.1~1.2%에서 발효 2일째 0.9~1.1%로 유의적으로 감소하였다가 알코올 발효보다 전분분해에 의한 당 생성 속도가 증가하여 발효 종료일인 10일째 2.8~3.3%로 증가하였다. 총당 함량은 발효 초기 당분이 술덧 중에 생육하는 효모나 유산균 등의 발효기질로 이용하여 발효 종료일 10일째에는 감소하였고, 찹쌀 15%첨가군이 유의적으로 가장 높았다. 당화효소인 amylase에 의해 전분질의 분해로 포도당이 비교적 많이 생성되어 술덧의 주요 유리당이었으며, 유기산에서는 succinic acid 함량이 가장 높았다. 발효주의 관능평가에서 찹쌀 15%첨가군은 전반적인 기호도(4.8점)와 목넘김(4.3점)에서 유의적으로 가장 높게 평가되었다. 묘사분석에서는 찹쌀 15%첨가군이 단맛 강도가 8.6으로 유의적으로 가장 높았으며, 이는 찹쌀 15%첨가군의 높은 총당 함량과 관계가 있는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가식품 전문인력양성사업 지원에 의해 이루어진 연구결과입니다.

REFERENCES

- Min YK, Yun HS, Jeong HS. 1994. Studies on the distillation operation of *Baekha-ju*. *Agric Chem Biotechnol* 37: 9-13.
- Lee CY, Kim TW, Sung CK. 1996. Studies on souring of *Hansan sogokju* (Korea traditional rice wine). *Korean J Food Sci Technol* 28: 117-121.
- Jang JH. 1989. The history of Korean alcoholic liquors. *Korean J Dietary Culture* 4: 271-274.
- Yi HC, Moon SH, Park JS, Jung JW, Hwang KT. 2010. Volatile compounds in liquor distilled from mash produced using *Koji* or *Nuruk* under reduced or atmospheric pressure. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 880-886.
- Kim HR, Jo SJ, Lee SJ, Ahn BH. 2008. Physicochemical and sensory characterization of a Korean traditional rice wine prepared from different ingredients. *Korean J Food Sci Technol* 40: 551-557.
- Song BH, Kim DY, Kim SK, Kim YD, Choi KS. 1988. Distribution of minerals within the degermed brown rice kernel. *J Korean Agric Chem Soc* 31: 162-168.
- Eun JB, Jin TY, Wang MH. 2007. The effect of waxy glutinous rice degree of milling on the quality of *Jinyangju*, a Korean traditional rice wine. *Korean J Food Sci Technol* 39: 546-551.
- Jin TY, Chung HJ, Eun JB. 2006. The effect of fermentation temperature on the quality of *Jinyangju*, a Korean traditional rice wine. *Korean J Food Sci Technol* 38: 414-418.
- Park YM, Kim SJ, Hwang IS, Cho KH, Jung ST. 2005. Physicochemical and sensory properties of *Jinyang-ju* prepared with glutinous rice and nonglutinous rice. *Korean J Food Culture* 20: 346-351.
- Lee TS, Choi JY. 1998. Volatile flavor components in *Takju* fermented with mashed glutinous rice and barley rice. *Korean J Food Sci Technol* 30: 638-643.
- Kim HR, Jo SJ, Lee SJ, Ahn BH. 2008. Physicochemical and sensory characterization of a Korean traditional rice wine prepared from different ingredients. *Korean J Food Sci Technol* 40: 551-557.
- Kim JH, Lee SY, Kim KBWR, Song EJ, Kim AR, Kim MJ, Ji KW, Ahn IS, Ahn DH. 2007. Effects of *Glycyrrhiza uralensis*, *Menthae herba*, *Schizandra chinensis* and chitosan on the shelf-life and quality of *Takju*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1436-1443.
- Kim HR, Kwon YH, Jo SJ, Kim JH, Ahn BH. 2009. Characterization and volatile components in glutinous rice wines prepared with different yeasts of *nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 41: 296-301.
- Park JH, Bae SM, Yook C, Kim JS. 2004. Fermentation characteristics of *Takju* prepared with old rice. *Korean J Food Sci Technol* 36: 609-615.
- Jeong JW, Park KJ, Kim MH, Kim DS. 2006. Quality characteristics of *takju* fermentation by addition of chestnut peel powder. *Korean J Food Preserv* 13: 329-336.
- Kim JY, Yi YH. 2008. pH, Acidity, color, reducing sugar, total sugar, alcohol and organoleptic characteristics of puffed rice powder added wheat flour *takju* during fermentation. *Food Eng Prog* 12: 71-77.
- 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 Microbiology* 45: 391-396.
- Lee YJ, Yi HC, Hwang KT, Kim DH, Kim HJ, Jung CM, Choi YH. 2012. The qualities of *Makgeolli* (Korean rice wine) made with different rice cultivars, milling degree of rice, and *Nuruks*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1785-1791.
- Lee JS, Lee TS, Noh BS, Park SO. 1996. Quality characteristics of mash of *takju* prepared by different raw materials. *Korean J Food Sci Technol* 28: 330-336.
- Park CS, Lee TS. 2002. Quality Characteristics of *Takju* prepared by wheat flour *Nurks*. *Korean J Food Sci Technol* 34: 296-302.
- Seo MY, Lee JK, Ahn BH, Cha SK. 2005. Changes of microflora during the fermentation of *Takju* and *Yakju*. *Korean J Food Sci Technol* 37: 61-66.
- Chung DH. 1974. *Fermentation and microbial technology*. SunjinMunhwasa, Seoul, Korea. p 228-275.
- Lee HS, Park CS, Choi JY. 2010. Quality characteristics of the mashes of *Takju* prepared using different yeasts. *Korean J Food Sci Technol* 42: 55-62.
- Woo KS, Song SB, Lee JS, Ko JY, Kang JR, Oh BG, Nam MH, Ryu IS, Seo MC. 2010. Physicochemical characteristics of Korean traditional wine made from proso millet (*Panicum miliaceum* L.) at different addition rates with two kinds of *Nuruk*. *Korean J Crop Sci* 55: 119-125.