

곡류 누룩으로 제조한 탁주, 약주, 증류주의 품질 특성

정재홍¹⁾ · 최희숙²⁾ · 이윤희³⁾ · 김재민⁴⁾ · 이정훈^{1)¶}

신안산대학교 호텔조리과^{1)¶} · 신안산대학교 식품생명과학과²⁾ ·
한국양조연구소 대표³⁾ · (주)충무발효⁴⁾

Quality Characteristics of *Takju*, *Yakju*, Spirit made by Cereal *Nuruks*

Jae-Hong Jeong¹⁾ · He-Suk Chai²⁾ · Yun-Hi Lee³⁾ · Jae-Min Kim⁴⁾ · Jeong-Hoon Lee^{1)¶}

Dept. of Hotel Culinary Arts, Sinansan University^{1)¶}
Dept. of Food Science and Biotechnology, Sinansan University²⁾
Korean Institute of Liquor Research³⁾
Chungmu Fermentation Co. Ltd⁴⁾

Abstract

This study was carried out to evaluate the quality characteristics of *Takju*, *Yakju*, Spirit made by various cereal *Nuruks* which were made by *Jokuk*(whole wheat), *Bunkuk*(wheat flour), *Maekuk*(whole barley). pH, Brix, cell number of yeast, alcohol content, flavors, organic acid, and sensory evaluation of brews were employed to analyze current study. Results showed that pH value of brews during fermentation decreased, while Brix value increased. In addition, alcohol contents increased up to 11 day's fermentation, but there were no significant differences among *Jokuk*, *Bunkuk* and *Maekuk*($p < 0.05$). Cell numbers of yeast dramatically increased up to 5 day's fermentation, and then decreased. After 13 day's fermentation cell numbers of yeast were similar among *Jokuk*, *Bunkuk* and *Maekuk*. In terms of analysis of flavor components, acetone and n-amyl alcohol were not detected in all brews, however fusel oil level was 494.65 mg/L in *Maekuk*, and 525.4 mg/L in *Bunkuk*. Lactic acid showed the highest level in organic acid analysis. Furthermore, *Jokuk* and *Maekuk* showed highest score in *Takju*, *Maekuk* showed highest score in *Yakju* in sensory evaluation, although *Jokuk*, *Bunkuk*, and *Maekuk* revealed similar score in spirit.

Key words: *Yakju*, *Takju*, spirit, cereal *Nuruks*, quality characteristics

I. 서 론

우리나라는 예로부터 농경을 생산수단으로 삼았고, 곡물을 바탕으로 주곡과 곡아를 이용하여 술을 빚어 왔으며, 여러 가지 곡류로 쌀, 보리, 조, 기장 등이 술의 원료로 이용되어 왔다(Jeong et al

2013). 일제 강점기 시대인 1907년부터 1945년에는 보리, 밀기울, 귀리, 호밀 등이 지역적으로 이용되었으나, 쌀의 이용은 금지되었다(Lee et al 1994). 누룩은 자연에 존재하는 미생물로 만들어지는 전통적인 재래누룩과, 증자한 진분 원료에 순수배양한 곰팡이 균을 접종하여 제조하는 개량

¶: 이정훈, +82-31-490-6103, jh19526@sau.ac.kr, 경기도 안산시 단원구 초지동 신안산대학로, 신안산대학교 호텔조리과

누룩으로 분류한다(Lee TS, & Han EH 2000). 거칠게 분쇄한 곡밀에 물을 가하고 성형하여 배양실에서 자연의 미생물을 번식시킨 것을 누룩이라 하는데, 막걸리 발효 과정에서 전분질을 분해하여 포도당으로 만들어 주는 주요 효소원이 된다(Seo et al 2012). 일반적으로 막걸리의 품질은 알코올 농도, 총산, 유기산, 잔존당 성분 및 fusel oil 등에 의하여 결정되며, 이 요인들은 가공원료, 발효조건, 발효제의 종류 및 저장조건에 따라 달라진다.

누룩 제조에 미생물을 인위적으로 접종하지 않고 자연적으로 발생하는 미생물상에 의하여 전분을 당화하여 효모의 기질로 제공되어 술을 빚는 전통적인 방법이 주를 이루어 오고 있다. 누룩제조 시 지역적, 환경적 조건에 따라 온도, 습도, 미생물상 등이 달라 지방 고유의 술을 빚을 수 있다. 누룩의 종류에 따라 생육하는 미생물이나 미생물이 생산하는 효소활성, 알코올 발효력, 유기산 생산력 등이 상이하여 주류의 맛, 향기, 색 등 품질에 차이가 난다(Lee TS & Choi JY 2005). 재래누룩에는 *Aspergillus oryzae*, *Rhizopus tritici*, *Monascus purpureus*, *Saccharomyces*, *Torula*, Lactic acid bacteria, 고초균 등의 미생물이 생육하고, 이중 *Aspergillus*와 *Mucor* 속의 곰팡이가 주종을 이루고, 시판누룩에는 *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*, *Mut kawachii*, *Rhizopus* 속, *Mucor*속, *Saccharomyces cerevisiae*, 젖산균, 고초균 등이 생육하나, *Aspergillus oryzae*가 주종을 이룬다(Lee TS & Han EH 2001).

우리나라 전통 술인 막걸리는 거칠게 막 거른 술이라는 의미로 맑지 않고 탁하기 때문에 탁주라 부르기도 한다. 막걸리에는 특유의 청량감과 6~8% 정도의 알코올이 함유되어 있으며, 비타민 B군, lysine, leucine과 같은 필수아미노산 및 glutathione 등 영양가가 풍부하다. 또한, 막걸리에는 단백질, 당질 및 생효모가 함유되어 다른 주류와는 차별화된 특징을 갖고 있다(Lee JW & Shim JY 2010). 약주는 발효액을 증류하지 않고 술덧의 맑은 액을 취한 것으로 탁주와 구별된다(Kang et

al 1998). 증류주는 양조주보다 순도가 높은 주정을 얻기 위하여 1차 발효된 양조주를 증류시켜 알코올 도수를 높인 술이다. 우리나라 전통주로는 탁주, 약주, 제재주 등 여러 종류의 술이 있으며, 감미, 산미, 고미, 신미, 삼미 등이 어우러진 고유의 발효주이다. 곡류의 전분을 당분으로 분해하여 알코올 발효용 미생물의 기질로 이용하기 때문에 전분을 당화시킬 수 있는 효소가 필요하며, 누룩을 이용한다.

본 실험에서는 술 제조에 이용하는 여러 가지 곡류인 통밀, 밀가루, 통보리 등의 재료로 전통방법에 의하여 조곡, 분곡, 맥곡 누룩을 만들고, 이들 누룩을 이용하여 술을 담가 탁주, 약주, 증류주 등을 제조하였다. 이들의 품질 평가를 위하여 이화학적 분석 및 기기분석으로 향기성분과 유기산 등을 분석하였고 관능검사를 실시하여 탁주, 약주, 증류주의 품질 특성을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

누룩 제조용 곡물로 조곡과 분곡은 2013년도 전주에서 생산된 우리 밀로 통밀과 중력분을, 맥곡은 2013년도 남원에서 생산된 통보리를 구입하여 사용하였다. 통밀은 세척 후 건조하여 수분함량을 약 16%로 맞추어 파쇄기로 거칠게 분쇄하였고, 분쇄율은 130%이었다. 통보리도 같은 방법으로 제조하였으며, 분쇄율은 150%이었다.

2. 누룩 제조

누룩제조용 배합비는 여러 번의 예비실험 후 결정하였으며, <Table 1>과 같다. 곡류로 분쇄한 통밀(조곡), 밀가루(분곡), 분쇄한 통보리(맥곡) 등 각각 13.2 kg을 넓은 용기에 넣고, 생수 3 L를 살포한 후 약 5분간 골고루 혼합하고 치대면서 눌러주었다. 치댄 반죽 1,230 g을 계량하여 성형기에 넣고 유압기를 이용하여 30초간 20 kg/m² 압력으로 압착하여 성형하였다. 성형한 누룩의 크기는

<Table 1> Formulas for *Nuruks* mix proportioning

| Ingredients | <i>Jokuk</i> | <i>Bunkuk</i> | <i>Maekkuk</i> |
|--------------|--------------|---------------|----------------|
| Whole wheat | 13.2 kg | | |
| Wheat flour | | 13.2 kg | |
| Whole Barley | | | 13.2 kg |
| Water | 3 L | 3 L | 3 L |
| Total | 16.2 | 16.2 | 16.2 |

지름 20 cm, 두께 3 cm이었다. 연잎의 줄기부분 중심부를 주먹크기로 뚫어 구멍을 만들고, 잎을 뒤집어 구멍 안에 닳나무잎과 벼짚을 깔고, 성형한 누룩을 넣은 다음 그 뒤를 닳나무잎으로 덮어 이쭉시개로 묶어 초재로 포장하여 종이상자에 담아 온도 33~35℃, 습도 50~70%의 조건에서 배양하였다.

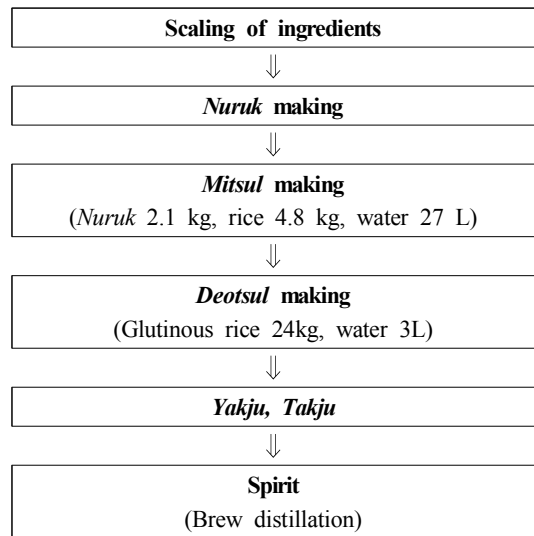
3. 술 제조

1) 밀술 제조

세 종류의 누룩으로 제조한 밀술의 배합비는 <Table 2>와 같으며, 술을 만드는 공정은 <Fig. 1>과 같다. 밀술 제조는 Woo et al (2010)의 누룩을 이용한 현미 알코올 발효 방법을 변형하여 곱게 분쇄한 분국, 조국, 맥국 누룩을 각각 2.1 kg 준비하여 술 담그기 3일전부터 햇볕에 건조시키고, 물은 술 담그기 전날 끓여서 냉각시켰다. 멥쌀 4.8 kg을 맑은 물이 나올 때까지 세척하여 3시간 동안 물에 불린 후 다시 맑은 물이 나올 때까지 세척한 후 체에 받쳐 1시간 동안 물기를 제거하였다. 쌀을 증기로 찌 고두밥을 만들어 냉각시킨 다음, 누룩과 물 27 L를 넣고 골고루 혼합하여 스테인리스 용기에 담아 3일간 20℃ 발효실에서 발효시켜 밀술로 하였다.

2) 덧술 제조

참쌀 24 kg을 맑은 물이 나올 때까지 세척하여 3시간 동안 물에 불리고, 다시 맑은 물이 나올 때까지 세척하여 1시간 동안 물기를 제거하였다. 참



<Fig. 1> Flow chart for *Yakju*, *Takju* and spirit making method.

쌀을 증기로 찌기 시작하여 40~50분 후 세찬 김이 나오면 불을 끈 채로 뒤섞어 주며, 고두밥을 만들었다. 고두밥에 차가운 물 3 L를 골고루 뿌려 주고, 20~30분 더 쪄 후 냉각시켰다. 제조한 밀술에 차게 식힌 고두밥을 넣고, 골고루 혼합하여 발효용기에 담아서 2~3주간 발효시켰다. 발효 후 위의 맑은 액은 따로 수거하여 약주로 병입하고, 나머지 발효액은 제성하여 탁주로 병입하였으며, 탁주의 1/2은 동증류기로 증류하여 증류식 소주를 만들었다.

4. 실험방법

1) 술의 pH 및 당도 측정

〈Table 2〉 Formulas for *Mitsuls* mix proportioning

| Ingredients | <i>Jokuk</i> | <i>Bunkuk</i> | <i>Maekkuk</i> |
|-------------|--------------|---------------|----------------|
| Nuruk | 2.1 kg | 2.1 kg | 2.1 kg |
| Rice | 4.8 kg | 4.8 kg | 4.8 kg |
| Water | 27 L | 27 L | 27 L |
| Total | 33.9 | 33.9 | 33.9 |

세 종류의 누룩을 이용하여 제조한 술의 pH는 pH meter(MP 220, Mettler Toledo Co., Urdorf, Switzerland)의 측정용 probe를 발효액에 직접 담가 측정하였다. 당도는 발효액 일정량을 채취하여 여과한 후 당도계(PR-201, Atago, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

2) 술의 효모 생균수 측정

세 종류의 누룩을 이용하여 제조한 술의 효모 생균수는 표준평판법(Min et al 2000)으로 측정하였다. 발효액 1 mL를 인산완충 희석수에 10배 단계로 희석한 후, 각 단계 희석액 1 mL를 멸균 페트리접시 2매 이상씩에 무균적으로 취하여 Sabouraud dextrose medium(peptone 10 g, dextrose 40 g, agar 15 g, distilled water 1,000 mL, pH 5.6) 약 15 mL를 무균적으로 분주하고, 냉각시킨 다음 확산집락의 발생을 억제하기 위하여 다시 배지 3~5 mL를 가하여 중첩시켰다. 페트리접시를 거꾸로 하여 32℃의 배양기에서 24~48시간 배양하여 효모의 생균수를 산출하였다.

3) 술의 향기성분 분석

세 종류의 누룩을 이용하여 제조한 약주, 탁주, 증류주의 향기성분을 GC2010(Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 분석하였으며 분석조건은 〈Table 3〉과 같다. GC 분석에 의하여 분리된 각 peak 성분은 표준물질의 머무름 시간과 비교하여 동정하였으며, 표준물질은 Sigma-Aldrich사 (St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 분석용 column은 HP-INNOWAX (60 mm×0.25 mm×0.25 μm,

Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)를 이용하였다. 분석 조건은 column 온도 45℃에서 5분간 유지하고, 100℃까지 분당 5℃로 승온하여 5분간 유지하였으며, 다시 분당 10℃로 승온하여 200℃에서 10분간 유지하였다. Carrier gas는 nitrogen gas를 2 mL/min 속도로 흘려주었고, 시료는 HT3 headspace autosampler (HT3TM, Teledyne Technologies Co., Ohio, USA)를 이용하였으며, 90℃에서 20분 가열 후 Loop (1 mL) 방식으로 주입하였다. Detector는 FID로 280℃에서 검출하였다. 향기분석에 사용한 모든 시료는 알코올 농도를 5 mL/100 mL 이하로 희석하여 내부표준물질로 Acetonitrile를 이용하였고, 0.2 μm membrane filter (Merck Millipore Co. Darmstadt, Germany)로 여과 후 사용하였다.

4) 술의 유기산 분석

세 종류의 누룩을 이용하여 제조한 약주, 탁주, 증류주의 유기산 함량은 HPLC (LC-20A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 분석하였으며, 분석조건은 〈Table 4〉와 같다. 유기산 분석용 column은 Shodex Rspack KC-G (6.0×50.0 mm)guard column에 RSpak KC-811 (8.0×300 mm, Showa Denko Co., Tokyo, Japan) 2개를 연결하여 사용하였다. 이동상은 3 mM perchloric acid를 이용하였으며, flow rate는 0.8 mL/min, column oven의 온도는 63℃로 하였다. 분리물은 반응용액(0.2 mM bromothymol blue, 15 mM Na₂HPO₄, 2 mM NaOH)과 반응한 후 UV 440 nm에서 검출하였는데, 이때 반응용액의 flow rate는 1.0 mL/min, 반응온도는 30

<Table 3> Measurement conditions for GC operation

| Items | Conditions |
|------------------|---|
| Name | GC2010 (Shimadzu Co., Kyoto, Japan) |
| Column | HP-INNOWAW column (60 mm×0.25 mm×0.25 μm, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA) |
| Column temp. | Initial 45°C (5 min) -10°C/min - Final 200°C (10 min) |
| Carrier gas | N ₂ |
| Flow rate | 2 mL/min |
| Autosampler | Teledyne Tekmar HT3TM (Teledyne Technologies Incorporated, Ohio, USA) |
| Temp. | 90°C (20 min) |
| Injection volume | 1.0 μL/ 10 μL |
| Detector | FID |
| Detector temp. | 280°C |

<Table 4> Measurement conditions for HPLC operation

| Items | Conditions |
|-------------------|---|
| Name | HPLC (LC-20A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan) |
| Column | Shodex RSpak KC-811 (8.0×300 mm, Showa Denko Co., Tokyo, Japan) |
| Guard column | Shodex Rspack KC-G (6.0×50.0 mm) |
| Column oven temp. | 63°C |
| Mobile phase | 3 mM perchloric acid |
| Flow rate | 0.8 mL/min |
| Injection volume | 10 μL |
| Detector | UV 440 nm |
| Reaction reagent | 0.2 mM bromothymol blue, 15 mM Na ₂ HPO ₄ , 2 mM NaOH |
| Reaction temp. | 30°C |
| Flow rate | 1.0 mL/min |

°C로 하였다. 시료는 여과(0.2 μm, Merck Millipore Co. Darmstadt, Germany)후 사용하였다. 표준 물질은 Sigma-Aldrich사 (St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다.

5) 관능검사

세 종류의 누룩을 이용하여 제조한 약주, 탁주, 증류주의 관능검사는 참여기업 및 교육생 20명을

대상으로 검사방법에 대하여 충분히 교육시킨 후 실시하였다. 5점 척도법으로 시각적 평가(투명도), 후각적 평가(알코올 향, 복합향), 미각적 평가(복합미, 입안감촉) 등을 실시하였으며, 1점 “매우 싫다”, 5점 “매우 좋다”로 하였다.

6) 통계분석

각 항목별로 3회 반복 실험하였고, 결과는 평균

값±표준편차(Mean±SD)로 나타냈다. 통계분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Sciences, version 12.0) 통계프로그램을 사용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 시료 간의 유의성 검증은 $p<0.05$ 수준으로 던컨의 다중범위시험법(Duncan's multiple range test)을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 술의 pH 및 당도 변화

세 종류의 누룩을 이용하여 13일간 발효시키면서 술 제조 시 발효경과에 따른 pH와 당도를 측정 한 결과는 <Table 5>와 같다. 발효 1일째에 pH는 조국이 6.12, 분국이 6.35, 맥국이 5.39로 조국과 분국 간에는 유의적 차이가 없었으나, 맥국은 조국과 분국에 비하여 유의적으로 낮았다($p<0.05$). 이는 곡류에 따른 누룩의 발효 정도가 달라 술 담금 발효액에 영향을 준 것으로 생각된다. 발효가 진행됨에 따라 pH는 낮아져 발효 13일째에 조국이 4.81, 분국이 4.02, 맥국이 4.04로 조국의 pH가 가장 높아, 분국과 맥국에 유의적 차이가 있었다

($p<0.05$). 발효가 경과함에 따라 조국이나 분국보다 맥국의 pH가 낮아 누룩의 혼합균주에 의한 발효가 활발하였다. Park et al (2011)은 국내 시판 막걸리 8종의 pH를 분석한 결과, 3.6~4.1이라 하였는데, 본 실험에서도 이 범위로 나타났다. 막걸리에서 pH는 유기산의 종류와 농도, 기타 물질에 영향을 받으며, 발효진행 정도를 짐작할 수 있는 지표로 이용된다고 Song et al (1997)은 보고하였고, Lee et al (2001)도 pH는 막걸리의 발효진행과 알코올 생성 정도를 예측할 수 있는 지표로 주세법에서는 3.8~4.7로 규정하고 있다.

Baek et al (2013)은 발효조건을 달리하여 제조한 현미 막걸리의 품질특성 연구에서 발효온도를 20℃와 30℃로 하여 *Asp. kawachii*, *Rhizopus japonicus*로 9일간 발효한 결과, pH 변화는 20℃에서 발효 시 초기 pH 6.9에서 발효 2일째에 4.9로 급격히 낮아졌고, 이후에는 일정하게 유지되었으며, 30℃에서 발효 시는 초기 pH 6.9에서 2일째에 4.8로 낮아진 후 발효시간이 경과하여도 변화가 거의 없다고 하였다. 알코올 발효 종료시점에서의 pH는 4.5와 4.4로 온도에 따라서는 차이가 거의

<Table 5> pH and Brix changes of brews made by different *Nuruks* during fermentation

| Day | <i>Jokuk</i> | | <i>Bunkuk</i> | | <i>Maekuk</i> | | |
|-----------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| | pH | °Brix | pH | °Brix | pH | °Brix | |
| <i>Mit sul</i> | 1 | 6.12±0.4 ^{1)a} | 4±0.8 ^a | 6.35±0.3 ^a | 4±0.4 ^a | 5.39±0.4 ^b | 2±0.1 ^b |
| | 2 | 5.01±0.4 ^a | 8±1.0 ^b | 4.2±0.2 ^b | 10±1.2 ^a | 4.01±0.1 ^b | 12±2.1 ^a |
| | 3 | 4.95±0.2 ^a | 12±2.5 ^c | 4.09±0.1 ^b | 16±2.5 ^b | 4.0±0.2 ^b | 20±2.8 ^a |
| <i>Deot sul</i> | 3 | 5.23±0.3 ^a | 32±3.6 ^a | 5.32±0.2 ^a | 30±4.2 ^a | 4.56±0.1 ^b | 32±3.8 ^a |
| | 4 | 5.12±0.1 ^a | 30±4.2 ^a | 4.62±0.3 ^b | 28±2.8 ^a | 4.32±0.3 ^b | 32±3.2 ^a |
| | 5 | 5.06±0.2 ^a | 30±2.8 ^a | 4.53±0.1 ^b | 26±2.6 ^b | 4.21±0.1 ^b | 26±2.6 ^b |
| | 6 | 4.95±0.2 ^a | 26±2.6 ^a | 4.55±0.4 ^b | 22±3.2 ^b | 4.08±0.1 ^c | 22±2.8 ^b |
| | 9 | 4.96±0.3 ^a | 24±3.1 ^a | 4.53±0.2 ^b | 20±2.6 ^b | 4.12±0.2 ^c | 20±2.2 ^b |
| | 11 | 4.82±0.4 ^a | 18±2.4 ^a | 4.16±0.3 ^b | 18±2.8 ^a | 4.06±0.3 ^b | 20±3.4 ^a |
| 13 | 4.81±0.2 ^a | 14±1.6 ^b | 4.02±0.1 ^b | 18±2.4 ^a | 4.04±0.2 ^b | 18±3.2 ^a | |

1) Values are Mean±S.D.

^{a-c} Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

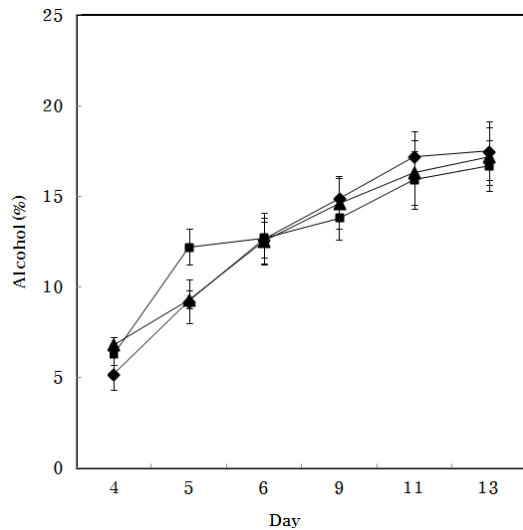
없다고 보고하였는데, 이러한 pH 결과는 본 실험과 일치하였다.

당도는 발효 1일째에 조국과 분국은 4 °Brix 이었고, 맥국은 2 °Brix로 유의적 차이가 있었다($p < 0.05$). 발효시간이 경과함에 따라 pH 측정 결과와 반대로 당도는 증가하였고, 발효 13일째에 조국이 30 °Brix, 분국이 28 °Brix, 맥국이 32 °Brix로 맥국이 다소 높았으나, 유의적 차이는 없었다($p < 0.05$). Park et al (2011)은 국내 시판 막걸리 8종의 당도를 2.9~4.7 °Brix라 하여 본 실험결과와 상이하었는데, 이는 막걸리를 희석하였기 때문으로 생각된다.

2. 술의 알코올 농도 변화

세 종류의 누룩을 이용하여 술 제조 시 발효경과에 따른 알코올 농도를 측정된 결과는 <Fig. 2>와 같다. 발효 4일째에 조국이 5.2%, 분국이 6.3%, 맥국이 6.8%로 조국의 알코올 농도가 가장 낮고, 맥국이 가장 높아 세 시료 간 유의적 차이가 있었다($p < 0.05$). 발효가 경과함에 따라 알코올 농도는 증가하여 발효 9일째에 조국이 14.9%, 분국이 13.8%, 맥국이 14.6%이었고, 발효 13일째에는 각각 17.5%, 16.7%, 17.2%로 조국, 분국, 맥국 간에 유의적 차이가 없이 유사하였다($p < 0.05$). Park et al(2011)은 국내 시판 막걸리 8종의 알코올 농도를 분석한 결과, 5.7~7.5%로 검출되어 막걸리 제품에 따라 1.8%까지 농도 차이가 난다고 하였다. 우리나라 주세법에서 탁주 알코올 농도는 6~8%로 규정되어 있는데(Kim et al 1990), 본 실험에서 탁주의 알코올 농도가 3배 정도 높아 알코올 발효가 활발하였음을 알 수 있었다.

Seo et al (2005)은 진주곡자에서 생산한 누룩으로 쌀을 이용하여 탁주 제조 시 발효 초기에는 알코올 농도가 1.63%이었으나, 발효 5일째에는 11.97%로 증가하였고, 약주 제조에서는 발효 초기에 알코올 농도가 0.97%이었으나, 발효 12일째에는 6.29%, 발효 24일째에는 11.28%이었다고 하였는데, 본 실험에서는 이들 결과보다 높은 알코올 농

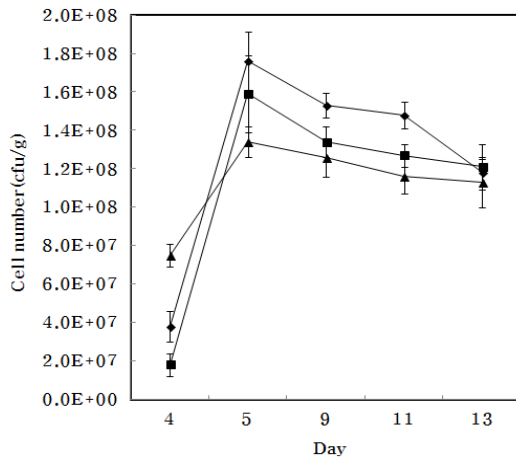


<Fig. 2> Alcohol contents of brews made by different Nuruks during fermentation. ◆ : Jo-kuk, ■ : Bunkuk, ▲ : Maekuk Results were expressed as mean±S.D. of data obtained from three independent experiments ($p < 0.05$).

도를 나타냈다. Park et al (2004)은 생산연도가 다른 쌀로 탁주 제조 시 알코올 농도는 발효 3일째에 급격히 증가하였고, 발효 5일째에는 3일째보다 다소 증가하였으나, 발효 7일째에는 5일째와 유의적 차이가 없다고 하여 본 실험과는 차이가 있었다.

3. 술의 효모 생균수 변화

세 종류의 누룩을 이용하여 술 제조 시 발효경과에 따른 효모 생균수를 측정된 결과는 <Fig. 3>과 같다. 발효 4일째에 조국이 3.80×10^7 cfu/mL, 분국이 1.81×10^7 cfu/mL, 맥국이 7.51×10^7 cfu/mL로 시료들 간에 유의적 차이가 있었다($p < 0.05$). 발효 5일째에 효모수가 급격히 증가하여 조국이 1.76×10^8 cfu/mL로 가장 많이 검출되었고, 다음이 분국(1.59×10^8 cfu/mL), 맥국(1.34×10^8 cfu/mL) 순이었다. 발효 5일째 이후에는 모든 발효주에서 효모수가 감소하기 시작하였으며, 발효 13일째에는 조국, 분국, 맥국의 효모수가 유사하였다. Park et



〈Fig. 3〉 Change of yeast cell numbers of brews made by different *Nuruks* during fermentation. ◆ : *Jokuk*, ■ : *Bunkuk*, ▲ : *Maekuk*. Results were expressed as mean±S.D. of data obtained from three independent experiments ($p<0.05$).

al (2004)은 생산연도가 다른 묵은 쌀로 탁주 제조 시 효모 생균수는 연도에 따라 약간의 차이는 있으나, 발효 2일째에 $3.1\sim 3.5\times 10^8$ cfu/mL, 3일째에는 알코올 함량이 높아져 $1.6\sim 1.9\times 10^8$ cfu/mL, 7일째에는 $2\sim 3\times 10^7$ cfu/mL라 하였는데, 이는 본 실험의 효모 생균수 검출 결과와 유사하였다. 이러한 결과에 대하여 So et al (1999)은 발효 중 알코올 농도가 증가함에 따라 효모나 젖산균수가 감소한다고 하였다. Seo et al (2005)은 진주곡자에서 생산한 누룩과 쌀로 탁주 제조 시 발효 초기 효모 생균수는 7.4×10^5 cfu/mL이었으나, 발효 5일째에는 3.2×10^7 cfu/mL이었고, 약주 제조 시에는 발효 초기에 2.5×10^5 cfu/mL이었고, 발효 12일째에 8.5×10^7 cfu/mL이라 하였는데, 본 실험에서는 이 결과보다 다소 높게 검출되었다.

4. 술의 향기성분

세 종류의 누룩을 이용하여 제조한 술의 향기성분을 분석한 결과는 〈Table 6〉과 같다. 조국, 분국, 맥국으로 만든 탁주, 약주, 증류주 모두에서 acetone과 n-amyl alcohol은 검출되지 않았고, n-

butanol은 분국으로 만든 탁주에서 소량 검출되었다. 탁주에서 ethyl acetate는 조국, 분국, 맥국 등이 $66.41\sim 69.26$ mg/L가 검출되어 유의적 차이가 없었고($p<0.05$), methyl alcohol, n-propanol, i-butanol, i-amyl alcohol 등도 같은 경향을 나타냈다. n-Propanol, i-butanol, n-butanol, i-amyl alcohol, n-amyl alcohol 등의 합계인 fusel oil은 맥국이 494.65 mg/L로 가장 낮았고, 분국이 525.4 mg/L로 가장 높아 유의적 차이가 있었다($p<0.05$).

약주에서 ethyl acetate, n-propanol, i-amyl alcohol은 분국이 가장 많이 검출되었고, 조국이 가장 적게 검출되어 두 시료 간 유의적 차이가 있었다($p<0.05$). Methyl alcohol은 분국이 가장 많이 검출되었고, 맥국이 가장 적게 검출되었으며, i-butanol은 세 시료 간 유의적 차이가 없었다($p<0.05$). n-Butanol은 조국에서 3.25 mg/L가 검출되었고, 분국과 맥국에서는 검출되지 않았다. Fusel oil은 분국, 조국, 맥국이 각각 660.59 , 528.49 , 546.04 mg/L로 조국과 맥국 간에는 유의적 차이가 없었으나, 분국과는 차이가 있었다. 증류주의 경우, ethyl acetate는 조국, 분국, 맥국에서 유의적 차이가 없었다. Methyl alcohol, n-propanol, i-amyl alcohol 등은 분국에서 가장 많이 검출되었고, 조국과 분국은 유의적 차이 없이 적게 검출되었다. 그러나 i-Butanol은 세 시료에서 유사하게 검출되었다. Fusel oil은 조국에서 다소 낮게 검출되었으나, 세 시료 간 유의적 차이는 없었다. Lee et al (1996)은 멥쌀, 찹쌀, 보리쌀, 밀가루로 담금한 발효 16일째 탁주 술덧의 향기성분을 분석한 결과, 담금 원료에 따라 향기성분이 다르게 검출되었고, 특히 밀가루로 담금한 탁주에서 가장 많은 종류가 검출되었다고 하였으며, acetic acid는 보리쌀 탁주에서 가장 많이 검출되었다고 보고하였다. Lee et al (2014)은 쌀 원료를 백설기, 익반죽, 고두밥 등으로 전처리를 달리하여 입국과 개량누룩을 사용하여 발효시킨 막걸리 술덧의 휘발성분을 분석한 결과, 사용된 발효제의 종류에 따라 향기성분에서 차이를 보였다고 하였는데, 본 실험에서도

<Table 6> Flavor components of *Takju*, *Yaju* and Spirit

(unit : mg/L)

| Flavors | <i>Jokuk</i> | | | <i>Bunkuk</i> | | | <i>Maekuk</i> | | |
|----------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | <i>Takju</i> | <i>Yakju</i> | Spirit | <i>Takju</i> | <i>Yakju</i> | Spirit | <i>Takju</i> | <i>Yakju</i> | Spirit |
| Acetone | ND ¹⁾ | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Ethyl acetate | 66.41±4.6 ^{2)a} | 51.25±4.6 ^b | 66±6.8 ^a | 69.26±3.4 ^a | 86.27±12.4 ^a | 69±4.6 ^a | 69.15±10.2 ^a | 74.29±6.8 ^a | 69±6.4 ^a |
| Methyl alcohol | 15.29±2.4 ^a | 17.36±2.8 ^a | 129±12.8 ^c | 13.56±1.2 ^a | 19.85±6.8 ^a | 138±10.2 ^a | 14.47±2.2 ^a | 12.14±2.2 ^b | 162±14.6 ^a |
| n-Propanol | 105.42±12.4 ^a | 112.36±12.6 ^b | 301±28.6 ^a | 100.25±10.4 ^a | 200.14±16.4 ^a | 328±20.2 ^a | 107.14±10.4 ^a | 119.47±10.4 ^b | 286±22.4 ^b |
| i-Butanol | 102.35±10.2 ^a | 103.65±10.2 ^a | 345±24.2 ^b | 101.25±20.6 ^a | 105.47±12.4 ^a | 394±26.6 ^a | 103.26±12.4 ^a | 103.94±12.2 ^a | 394±26.8 ^a |
| n-Butanol | ND ^b | 3.25±26.4 ^a | 40±2.2 ^a | 2.88±0.8 ^a | ND ^b | 42±4.6 ^a | ND ^b | ND ^b | 40±2.4 ^a |
| i-Amyl alcohol | 307.14±26.8 ^a | 309.23±32.2 ^{ab} | 794±36.6 ^a | 321.02±26.8 ^a | 354.98±28.4 ^a | 826±25.6 ^a | 284.25±28.2 ^{ab} | 322.63±18.8 ^a | 829±34.2 ^a |
| n-Amyl alcohol | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Fusel oil | 514.91±24.2 ^a | 528.49±34.6 ^b | 1,480±38.8 ^b | 525.4±24.8 ^a | 660.59±30.2 ^a | 1,590±28.4 ^a | 494.65±20.4 ^a | 546.04±24.6 ^b | 1,549±36.8 ^a |

1) not detected.

2) Values are Mean±S.D.

3) Total of n-propanol, i-butanol, n-butanol, i-amyl alcohol and n-amyl alcohol.

^{a-d} Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

누룩의 종류에 따라 생성된 향기성분이 다르게 검출되었다. Fusel oil 성분인 i-amyl alcohol은 감미가 있는 바나나 향으로 효모발효에 의해 아미노산인 leucine으로부터 생성되고(Dickinson et al 1997), i-butanol은 ethanol과 유사한 향으로 valine 생합성 경로 중 생성된다(Chen et al 2011). 막걸리의 알코올 농도, 총산, 유기산, 잔존당 성분 및 fusel oil 등이 품질을 결정하는데 중요하며, 이들 요인들은 가공원료, 발효조건, 발효제의 종류, 및 저장조건에 따라 달라진다(Seo et al 2012).

5. 술의 유기산

세 종류의 누룩을 이용하여 제조한 술의 유기산 성분을 분석한 결과는 <Table 7>과 같다. 조국, 분국, 맥국 모두에서 7종의 유기산이 검출되었으며, oxalic acid, fumaric acid, formic acid 등 3종은 검출되지 않았다. 탁주에서 citric acid는 분국이 30.98 mg% 검출되었고, 다음이 맥국(16.39 mg%),

분국(5.1 mg%) 순이었다. Tartaric acid는 분국이 30.12 mg%로 가장 높게 검출되었고, 조국이 가장 낮게 검출되었으며, malic acid는 맥국에서 검출되지 않았으나, 분국이 31.37 mg%로 높게 검출되었고, 조국이 9.54 mg%로 낮게 검출되었다. Succinic acid는 맥국과 조국에서는 유의적 차이가 없었으나, 분국에서 49.81 mg%로 낮게 검출되어 유의적 차이가 있었다($p < 0.05$). Lactic acid는 조국에서 다소 높게 검출되었고, 분국과 맥국은 유사하게 검출되었다. Acetic acid는 분국에서 많이 검출되었고, 조국은 37.11 mg%로 낮게 검출되어 유의적 차이가 있었다. Pyroglutamic acid는 조국과 맥국 간에 유의적 차이가 없었으나, 분국에서 49.15 mg%로 낮게 검출되어 유의적 차이가 있었다($p < 0.05$). 검출된 유기산 중 lactic acid가 세 종류의 술에서 가장 많이 검출되어 젖산발효가 활발하게 진행되었음을 알 수 있었다. 약주의 경우, citric acid, malic acid, acetic acid는 분국, tartaric

〈Table 7〉 Organic acids of *Takju* and *Yakju*

(단위 : mg%)

| Flavors | <i>Jokuk</i> | | <i>Bunkuk</i> | | <i>Maekjuk</i> | |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | <i>Takju</i> | <i>Yakju</i> | <i>Takju</i> | <i>Yakju</i> | <i>Takju</i> | <i>Yakju</i> |
| Oxalic acid | ND ¹⁾ | ND | ND | ND | ND | ND |
| Citric acid | 5.1±0.8 ^{2)c} | 8.3±1.4 ^b | 30.98±2.4 ^a | 37.18±2.8 ^a | 16.39±1.8 ^b | 5.11±1.0 ^c |
| Tartaric acid | 13.26±1.8 ^b | 17.54±1.8 ^c | 30.74±3.4 ^a | 30.12±2.2 ^b | 27.41±2.2 ^a | 37.48±3.2 ^a |
| Malic acid | 9.54±2.1 ^b | 7.55±1.2 ^b | 28.45±3.2 ^a | 31.37±2.8 ^a | ND ^c | ND ^c |
| Succinic acid | 75.14±4.2 ^a | 80.33±4.6 ^a | 49.81±2.8 ^b | 65.36±2.8 ^b | 76.54±3.8 ^a | 81.95±3.2 ^a |
| Fumaric acid | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Lactic acid | 329.54±10.0 ^a | 675.57±18.6 ^b | 295.14±8.4 ^b | 304.29±12.4 ^c | 291.12±6.8 ^b | 712.41±20.2 ^a |
| Formic acid | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| Acetic acid | 37.11±2.8 ^b | 55.22±2.4 ^c | 69.58±4.6 ^a | 70.48±3.4 ^a | 61.69±2.8 ^a | 65.11±2.8 ^b |
| Pyroglutamic acid | 50.69±4.8 ^a | 55.65±5.2 ^a | 49.15±4.2 ^a | 34.76±3.6 ^b | 51.74±3.6 ^a | 51.21±4.6 ^a |

1) not detected.

2) Values are Mean±S.D.

^{a-c} Means with the same letter in row are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

acid, succinic acid, lactic acid 등은 맥국, pyroglutamic acid는 조국에서 가장 많이 검출되었다.

Baek et al (2013)은 발효조건을 달리하여 제조한 현미 막걸리의 품질특성 연구에서 온도를 20℃와 30℃로 조절하여 발효한 막걸리의 유기산을 측정 한 결과, 20℃에서 발효 시 유기산은 9종이 검출되었는데, 이 중 citric acid가 200 mg%로 가장 많이 검출되었고, 30℃ 발효에서도 9종의 유기산이 검출되었는데, citric acid가 300 mg%로 가장 많이 검출되었다고 하였으며, 다른 유기산들도 높은 온도에서 많이 검출되었다고 하였다. 본 실험에서는 여러 가지 유기산 중 lactic acid가 가장 많이 검출되었고, Woo et al (2010)은 누룩의 종류에 따라 현미 막걸리의 유기산 중 대부분이 lactic acid라고 보고하였는데, 이는 본 실험 결과와 일치하였다. 주류 제조 시 유기산 생성은 누룩의 종류, 기질의 종류 및 특성, 발효조건 등에 따라 달라지는 것으로 생각된다. Lee et al (2011)은 시중에서 유통되고 있는 막걸리 13종의 유기산을 분석한 결

과, 살균 막걸리와 비살균 막걸리에서 검출되는 유기산의 종류가 다르고 살균막걸리의 경우 citric acid가 가장 많이 검출되었고, 다음이 lactic acid, acetic acid라 하였다. 비살균막걸리에서는 lactic acid가 가장 많이 검출되었고, 다음이 citric acid, acetic acid 순으로 검출되었다고 하였는데, 본 실험에서 lactic acid가 가장 많이 검출된 결과와 일치하였다. Lee et al (2014)도 쌀 원료를 백설기, 익반죽, 고두밥으로 전처리를 달리하여 입국과 개량누룩을 사용하여 발효시킨 막걸리 술덧의 유기산 함량을 분석한 결과, 익반죽군에서 발효 9일차에 lactic acid가 가장 많이 검출되었다고 보고하였다.

6. 술의 관능검사

세 종류의 누룩을 이용하여 제조한 술의 관능검사를 실시한 결과는 〈Table 8〉과 같다. 탁주는 시각적 평가에서 맥국이 4.2점으로 다소 높은 점수를 얻었고, 후각적 평가에서 4.2점으로 모두 같은 점수를 얻었으며, 복합향도 조국, 분국, 맥국

<Table 8> Sensory evaluation of *Takju*, *Yakju* and Spirit

| Liquors | Color | | Flavor | | Taste | | Overall acceptability |
|---------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | Trans- parency | Alcohol flavor | Combination flavor | Complex flavor | Mouth feel | | |
| <i>Jokuk</i> | <i>Takju</i> | 4.0±0.2 ^{1b} | 4.2±0.1 ^a | 4.1±0.2 ^a | 4.0±0.1 ^b | 4.0±0.1 ^a | 4.3±0.2 ^a |
| | <i>Yakju</i> | 4.0±0.1 ^a | 4.1±0.1 ^a | 4.2±0.2 ^a | 4.3±0.3 ^a | 4.1±0.1 ^a | 4.1±0.1 ^b |
| | Spirit | 4.2±0.1 ^a | 4.0±0.2 ^a | 4.0±0.1 ^a | 4.1±0.1 ^a | 4.0±0.2 ^a | 4.1±0.2 ^a |
| <i>Bunkuk</i> | <i>Takju</i> | 4.1±0.2 ^b | 4.2±0.1 ^a | 4.0±0.1 ^a | 4.0±0.2 ^b | 4.1±0.2 ^a | 4.1±0.2 ^b |
| | <i>Yakju</i> | 4.1±0.1 ^a | 4.0±0.2 ^a | 4.1±0.3 ^a | 4.1±0.2 ^b | 4.0±0.2 ^a | 4.1±0.2 ^b |
| | Spirit | 4.2±0.2 ^a | 4.1±0.1 ^a | 4.0±0.1 ^a | 4.1±0.1 ^a | 4.1±0.2 ^a | 4.1±0.1 ^a |
| <i>Maek kuk</i> | <i>Takju</i> | 4.2±0.1 ^a | 4.2±0.2 ^a | 4.0±0.2 ^a | 4.3±0.1 ^a | 4.1±0.3 ^a | 4.3±0.1 ^a |
| | <i>Yakju</i> | 4.0±0.2 ^a | 4.0±0.1 ^a | 4.2±0.3 ^a | 4.4±0.3 ^a | 4.0±0.1 ^a | 4.3±0.3 ^a |
| | Spirit | 4.2±0.2 ^a | 4.0±0.2 ^a | 4.1±0.1 ^a | 4.1±0.1 ^a | 4.0±0.2 ^a | 4.1±0.2 ^a |

1) Values are Mean±S.D.

^{a,b} Means with the same letter in row are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

간에 유의적 차이가 없었다($p < 0.05$). 미각적 평가의 복합미는 맥국이 4.3점으로 가장 높았고, 입안 감촉은 4.1점으로 모두 동일하였다. 전체적 기호도에서 조국과 맥국이 4.3점으로 높은 점수를 얻었고, 분국이 4.1점으로 낮은 점수를 얻었다. 약주에서 시각적 평가, 후각적 평가의 알코올 향과 복합향에서 유의적 차이가 없었고, 미각적 평가의 복합미는 맥국이 가장 높은 점수를 얻었으며, 다음이 조국, 분국 순이었으나, 입안 감촉은 모두 유사한 점수를 얻었다. 종합적 평가에서 조국과 맥국이 높은 점수를 얻었고, 분국이 낮은 점수를 얻었다. 증류주 평가에서 시각적 평가인 투명도는 4.2점으로 모두 동일하였고, 후각적 평가인 알코올 향과 복합향도 시료 간에 차이가 없었다. 미각적 평가인 복합미와 입안감촉도 시료 간에 차이가 없었다. 전체적 기호도에서도 증류주들은 조국, 분국, 맥국 모두 차이가 없었다. 위의 실험으로 탁주는 조국과 맥국이, 약주는 맥국이 우수한 것으로 평가되었으나, 증류주는 모두 유사하게 평가되었다. Chen et al (2013)은 쌀 중량 기준으로 팔을 5, 10, 15% 첨가하여 제조한 막걸리 관능평

가에서 향미, 신맛, 쓴맛 등은 차이가 없었으나, 팔의 첨가로 인해 전체적인 기호도가 감소하는 경향을 보였다고 하여 곡류 첨가가 막걸리 품질에 영향을 주었다고 하였다.

IV. 요약

조국, 분국, 맥국 누룩으로 각각 탁주, 약주, 증류주를 제조하여 pH, 당도, 효모 생균수, 알코올 농도 등을 분석하였고, GC를 이용하여 향기성분, HPLC를 이용하여 유기산을 분석하였으며, 관능 검사를 실시하여 품질특성을 조사하였다. 발효 경과에 따른 pH 변화는 발효 1일째에 조국이 6.12, 분국이 6.35, 맥국이 5.39로 맥국이 가장 낮았고, 분국이 가장 높았는데, 이는 곡류에 따른 누룩의 발효 정도가 달라 술 담금 발효액에 영향을 준 것으로 생각된다. 발효가 진행됨에 따라 pH는 낮아져 13일째에 조국이 4.81, 분국이 4.02, 맥국이 4.04로 조국의 pH가 가장 높았다. 당도는 발효가 진행됨에 따라 pH 측정 결과와 반대로 증가하였고, 발효 13일째에 조국이 30 °Brix, 분국이 28

°Brix, 맥국이 32 °Brix로 맥국이 다소 높았으나, 유의적 차이는 없었다($p < 0.05$).

알코올 농도는 발효 4일째에 조국이 가장 낮았고 맥국이 가장 높았으며, 발효가 경과함에 따라 알코올 농도는 증가하여 발효 13일째에 누룩 간 유의적 차이가 없었다($p < 0.05$). 효모 생균수는 발효 5일째 까지 급격히 증가하였으나, 이후에는 감소하기 시작하였고, 발효 14일째에는 조국, 분국, 맥국의 효모 생균수가 유사하였다. 향기성분 분석에서 acetone과 n-amyl alcohol은 모든 주류에서 검출되지 않았고, ethyl acetate, methyl alcohol, n-propanol, i-butanol, n-butanol, i-amyl alcohol, n-amyl alcohol 등이 검출되었으며, 이 중 i-amyl alcohol이 가장 많이 검출되었다. Fusel oil은 맥국이 494.65 mg/L로 가장 적게, 분국이 525.4 mg/L로 가장 높게 검출되어 유의적 차이가 있었다($p < 0.05$). 유기산 분석에서 oxalic acid, fumaric acid, formic acid는 약주와 탁주에서 검출되지 않았고, citric acid, tartaric acid, malic acid, succinic acid, lactic acid, acetic acid, pyroglutamic acid 등은 검출되었으며, 이중 lactic acid가 가장 많이 검출되었고, 다음이 succinic acid이었다. 관능검사서 탁주는 조국과 맥국이, 약주는 맥국이 높은 점수를 얻었고, 증류주는 조국, 분국, 맥국에서 유사한 점수를 얻어 유의적 차이가 없었다.

본 연구에서 주류 생산업체에서 활용성이 높은 조국, 분국, 맥국으로 제조한 곡류누룩을 개발하고, 이를 이용한 다양한 풍미를 갖는 전통주인 탁주와 약주를 발전시킬 수 있는 계기가 되었으며, 주류산업 발전에 기여할 것으로 생각한다. 또한, 본 연구에서 개발한 약주와 탁주가 기존의 제품과 맛과 향이 다르다는 평가를 받아, 다양한 맛의 약주와 탁주 생산이 가능해짐을 시사하였다.

한글 초록

조국, 분국, 맥국 누룩으로 각각 탁주, 약주, 증류주를 제조하여 이들의 품질특성 평가를 위하여

발효 시 pH, 당도, 효모 생균수, 알코올 농도 등을 분석하였고, GC를 이용하여 향기성분, LC를 이용하여 유기산을 분석하였으며 관능검사를 실시하였다. 발효가 진행되는 동안 pH는 낮아졌으나, 당도는 높아졌고 누룩의 종류에 따라 값에 차이가 있었다. 알코올 농도는 발효 12일째까지 증가하였으나, 이후에는 유의적 차이가 없었다($p < 0.05$). 효모 생균수는 발효 5일째까지 급격하게 증가하였으나, 이후에는 감소하기 시작하여 발효 13일째에 주류 간에 차이가 없었다. 향기성분 중 acetone과 n-amyl alcohol은 모든 주류에서 검출되지 않았으나, fusel oil은 맥국에서 494.65 mg/L, 분국에서 525.4 mg/L가 검출되었다. 유기산 중에는 lactic acid가 가장 많이 검출되었다. 관능검사서 탁주는 조국과 분국에서, 약주는 맥국에서 높은 점수를 얻었다. 증류주는 조국, 분국, 맥국 모두에서 유사한 점수를 얻었다.

감사의 글

본 논문은 2014년도 농림축산식품부 지원 고부가식품산업 전문인력양성사업으로 수행된 연구 논문으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Baek CH, Choi JH, Choi HS, Jeong ST, Kim JH, Jeong YJ, Yeo SH (2013). Quality characteristics of brown rice *Makgeolli* produced under differing conditions. *Korean J. Microbiol Biotechnol* 41(2):168-175.
- Chen X, Nielsen KF, Borodina I, Kielland-Brandt MC, Karhumaa K (2011). Increased isobutanol production in *Saccharomyces cerevisiae* by overexpression of genes in valine metabolism. *Biotechnol Biofuels* 4:21-33.
- Chen Y, Hwang JA, Chang YH (2013). Quality characteristics of *Makgeolli* added with red

- bean. *Korean J Food Cookery Sci* 29(6):777-784.
- Dickinson JR, Lanterman MM, Danner DJ, Pearson BM, Sanz P, Harrison SJ, Hewlins MJE (1997). A ^{13}C nuclear magnetic resonance investigation of the metabolism of leucine to isoamyl alcohol in *Saccharomyces cerevisiae*. *J Biol Chem* 272(43):26871-26878.
- Jeong ST, Kwak HJ, Kim SM (2013). Quality characteristics and biogenic amine production of *Makgeolli* brewed with commercial *Nuruks*. *Korean J Food Technol* 45(6):727-734.
- Kang MY, Park YS, Mok CK, Chang HG (1998). Improvement of shelf-life of *Yakju* by membrane filtration. *Korean J Food Sci Technol* 30(5):11345-1139.
- Kim CJ, Kim KC, Kim DY, Oh MJ, Lee SK, Lee SO, Chung ST, Chung JH (1990). Fermentation Technology. Sunjinmunwhasa, Seoul, 79-103.
- Kim DR, Seo BM, Noh MH, Kim YW (2003). Comparison of temperature effects on brewing of *Makgeolli* using uncooked germinated black rice. *Korean Soc Biotech Bioengin J* 27:251-256.
- Lee JH, Kim GW, Shim JY (2014). Characteristics of *Makgeolli* sul-dut by pre-treatment of rice and koji. *Food Eng Prog* 18(1):50-59.
- Lee JS, Lee TS, Park SO, Noh BS (1996). Flavor components in mash of *Takju* prepared by different raw materials. *Korean J Food Sci Technol* 28(2):316-323.
- Lee JW, Shim JY (2011). Quality characteristics of *Makgeolli* during freezing storage. *Food Engin Prog* 14(4):328-334.
- Lee MK, Lee SW, Yoon TH (1994). The bibliographical study on *Nuruk*. *J East Asian Soc Dietary Life* 4(1):19-29.
- Lee SB, Ko GH, Yang JY, Oh SH (2001). Food Fermentation. Hyoil Publishing Co. Seoul, 217-218.
- Lee SJ, Ahn BH (2010). Sensory profiling of rice wines made with *Nuruks* using different ingredients. *Korean J Food Sci Technol* 42(1):119-123.
- Lee SJ, Kim JH, Jung YJ, Park SY, Shin WC (2011). Composition of organic acids and physiological functionality of commercial *Makgeolli*. *Korean J Food Sci Technol* 43(2):206-212.
- Lee TS, Choi JY (2005). Volatile flavor components in mash of *Takju* prepared by using *Aspergillus kawachii* *Nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 37(6):944-950.
- Lee TS, Han EH (2000). Volatile flavor components in mash of *Takju* prepared by using *Rhizopus japonicus* *Nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 32(3):691-698.
- Lee TS, Han EH (2001). Volatile flavor components in mash of *Takju* prepared by using *Aspergillus oryzae* *Nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 33(3):366-371.
- Min KC, Shim UM, Lee JU, Cho SG, Kim YG, Son GM, Son WS, Cho NC (2000). Lab. of Food Microbiology. Kangmungag Publishing Co., Korea, 199-202.
- Park CW, Jang SY, Park EJ, Yeo SH (2011). Comparison of the quality characteristics of commercial *Makgeolli* type in South Korea. *Korean J Food Preserv* 18(6):884-890.
- Park JH, Bae SM, Yook C, Kim JS (2004). Fermentation characteristics of *Takju* prepared with old rice. *Korean J Food Sci Technol* 36(4):609-615.
- Seo MY, Lee SJ, Ahn BH, Cha SK (2005). The changes of microflora during the fermentation of *Takju* and *Yakju*. *Korean J Food Sci Te-*

- chnol* 37(1):61-66.
- Seo WT, Cho HK, Lee JY, Kim B, Cho KM (2012). Quality characteristics of wheat-rice *Makgeolli* by making of rice *Nuruk* prepared by *Rhizopus oryzae* CCS01. *Korean J Microb.* 48(2):147-155.
- So MH, Lee YS, Noh WS (1999). Changes in microorganisms and main components during *Takju* brewing by a modified *Nuruk*. *Korean J Food Nutr* 12(3):226-232.
- Song JC, Park HJ, Shin WC (1997). Change of *Takju* qualities by addition of cyclodextrin during the brewing and aging. *Korean J Food Sci Technol* 29(5):895-900.
- Woo SM, Shin JS, Seong JH, Yeo SH, Choi JH, Kim TY, Jeong YJ (2010). Quality characteristics of brown rice *makgeolli* by different *nuruks*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:301-307.

2015년 01월 02일 접수

2015년 02월 05일 1차 논문수정

2015년 02월 10일 2차 논문수정

2015년 02월 15일 3차 논문수정

2015년 02월 15일 논문게재확정