

벼누룩으로 제조한 약주의 품질 특성

전진아¹ · 김민성² · 고재윤¹ · 정석태^{3*}

¹경희대학교 조리외식경영학과, ²양주시농업기술센터 농업진흥과, ³국립농업과학원 발효식품과

Quality Characteristics of *Yakju* fermented with Paddy Rice (*Byeo*) *Nuruk Yakju*

Jin-Ah Jeon¹, Min-Seong Kim², Jae-Yoon Ko¹ and Seok-Tae Jeong^{3*}

¹Dept. of Food Service Management, Kyung Hee University, Seoul 02447, Korea

²Fermentation & Food Science Division, National Academy of Agricultural Science, Wanju 55365, Korea

³Agriculture Development Division, Yangju Agricultural Technology Center, Yangju 11421, Korea

ABSTRACT

In this study, quality characteristics of *yakju* fermented with *byeo-nuruk* prepared using rice, wheat, and water were investigated. Five different mixture ratios were considered for *byeo-nuruk* preparation. A comparative analysis of commercial *yakju* and *byeo-nuruk yakju* was also performed. The results showed no significant differences in pH, total acidity, and total soluble solids of *byeo-nuruk yakju* immediately following fermentation. The *byeo-nuruk yakju* alcohol content increased with increasing wheat proportion. Lactic and succinic acid were the major organic acids of *byeo-nuruk yakju*, and the major volatile components were isoamyl alcohol and linalool. *Yakju* prepared using material D had the highest volatile component content and high preference evaluation scores for taste and overall acceptability. Compared to commercial *yakju*, *byeo-nuruk yakju* had less total acidity, soluble solids, and volatile acids, whereas its pH level and amino acid content were higher. No significant differences were observed between commercial *yakju* and *byeo-nuruk yakju* in terms of sensory evaluation.

Key words : *Byeo* (paddy rice), rice, wheat, *nuruk*, *yakju*

서론

최근 경제발전으로 인해 민족 고유의 문화를 재조명하려는 움직임과 건강에 대한 관심이 높아지고 있다(Lee JO & Kim CJ 2011). 따라서 소비자들이 전통발효식품에 대한 관심이 높아지고 있으며, 새로운 형태의 약주 제품들이 시판되고 있는 추세이다(Jin HH 2011). 약주는 찹쌀이나 멥쌀을 원료로 하고, 발효제로서 누룩을 사용하여 발효시킨 술덧을 여과, 제성한 우리나라의 전통주이다(Lee 등 2011; Kim JM 2004). 우리나라의 전통약주의 특징은 맑은 연 노란색을 띠거나 갈색으로 유기산 중 젖산에서 오는 상큼한 신맛, 각종 알코올 성분 및 에스테르에 의한 향기, 잔당에서 오는 단맛, 아미노산에서 오는 감칠맛 등이 잘 어우러져 복합적인 풍미를 가지며, 10~20%의 alcohol을 함유하고 있다(Jun 등 2008).

누룩은 우리나라 탁·약주 제조 시 당화제와 발효제를 겸비한 발효 미생물원으로써 사용된다(Lee 등 2002) 누룩의 종류에 따라 미생물들이 생육하고, 이들이 생산하는 효소, 알코올 및 유기산 생산 등의 차이가 있어 완성된 주류의 맛과

향, 색 등의 품질에 큰 영향을 미치는 요인이 된다(Han 등 1997). 다양한 미생물이 생육하므로 전분당화력뿐만 아니라, 생리 기능성 물질이 생성될 수 있는 장점도 있다.

지금까지 누룩이 전통주의 품질에 미치는 영향에 관한 연구로는 안동소주 제조를 위한 누룩 최적화 연구(Bae 등 2007), 국내에서 생산되는 다양한 곡물(밀, 쌀, 녹두)에 양조용 곰팡이의 균종을 달리하여 제조한 누룩의 품질 특성 연구(Baek 등 2012), 전통 누룩미생물들로 제조한 개량누룩의 특성연구(So MH 1999) 등 양조용에 적합한 누룩 제조에 관한 연구가 진행되어 왔다. 우리나라 각 지역에는 특색이 있는 누룩이 많으며, 그 지역의 재료를 사용하여 누룩을 만들고 있는 곳이 있다. 부산 금정산성 막걸리는 산성누룩으로 제조되고 있으며, 제주도 오메기술은 보리누룩을 사용하며, 또한 정읍 송명섭 막걸리 직접 재배한 밀로 누룩을 제조하여 막걸리를 빚고 있다.

벼누룩주는 경기도 양주시 남면 맹골 마을에서 전해져 내려오는 가양주로서, 벼누룩을 사용하여 빚는 약주이다. 본 저자는 벼누룩주 양조에 적합한 누룩을 개발하기 위하여 벼와 밀의 배합비율과 수분 첨가율에 따라 벼누룩 제조에 관하여 보고한 바 있다. 본 연구에서는 기 제조된 벼누룩을 활용하

* Corresponding author : Seok-Tae Jeong, Tel: +82-63-238-3615, Fax: +82-63-238-3843, E-mail: jst@korea.kr

여 빛은 약주의 품질 특성을 평가함으로써 최적 벼누룩을 선 발하고, 벼누룩주의 품질 특성을 일반약주와 비교분석한 바 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에 사용된 쌀은 경기도 이천시에서 재배한 일반미를 사용하였으며, 발효제인 누룩은 시판 중인 대안벼(양주 남면 매곡리)와 통밀(전북 익산시 오산면)을 사용하여 누룩을 제조하였고, 효모는 La Parisienne S.I. Lesaffre(France)를 사용하였다.

2. 벼누룩 약주의 제조

벼누룩주 제조는 쌀 1 kg을 세미하여 3시간 동안 수침 후 2시간 물을 빼고 증자하였다. 증미한 고두밥에 무게비율로 벼와 밀의 배합비율과 수분 첨가율에 따라 제조한 벼누룩 [100:0, 35%(a); 70:30, 30%(b); 50:50, 30%(c); 30:70, 30%(d) and 0:100, 30%(e)] 100 g을 각각 혼합하고, 효모 2 g과 정제수 2,000 mL를 혼합하여 골고루 저어 25℃에서 10일간 발효하였으며, 발효가 완료된 시료를 면포(40~60 mesh)로 1차 여과한 후 원심분리(High-speed refrigerated centrifuge, Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)를 하여 분석용 시료로 사용하였다(Fig. 1). 벼누룩 제조 시 벼만을 사용했을 때, 수분첨가율 30%는 결합력이 약하여 누룩이 성형되지 않았다. 따라서 벼 단독사용의 경우, 수분첨가율을 35%로 높여 시험을 처리하였다(Kim 등 2011). 벼누룩을 구성하는 벼와 밀, 수분의 혼합비율(100:0:35%, 70:30:30%, 50:50:30%, 30:70:30%, 0:100:30%, w/w)에 따라 제조한 약주를 각각 A, B, C, D, E로 명명하였다.

3. 벼누룩 약주 수율

벼누룩 약주의 착즙은 면포(60~80 mesh, Wine Kit Korea, Seoul, Korea)를 이용하였으며, 원심분리기를 사용하여 실험

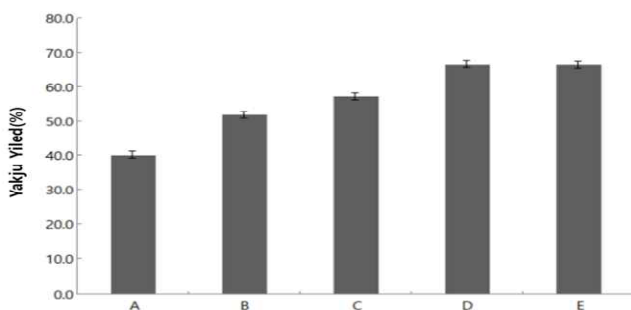


Fig. 1. The yield(%) of byeo-nuruk yakju.

에 사용하였다. 약주 수득율은 착즙 후 약주 무게/착즙 전 약주 무게 비율로 백분율(%)로 나타냈다(Jeon JA 2013).

4. 벼누룩약주 및 시판 약주 일반 성분 분석

1) 가용성 고형물(°Bx) 및 pH 측정

가용성 고형물은 Hand refractometer(PR101, ATAGO®, Japan)를 이용하여 가용성 고형물(°Bx)로 나타내었으며, pH는 pH meter(Metrohm 691, Metrohm, Herisau, Switzerland)로 실온에서 측정하였다.

2) 총산 및 아미노산도 측정

총산은 시료 10 mL를 취하여 0.1N NaOH 용액으로 pH 8.2로 중화 적정하여 구연산(w/v %)으로 나타내었다. 아미노산도는 시료 10 mL에 페놀프탈레인지시약 2~3방울을 가하고, 0.1N NaOH 용액으로 담홍색이 될 때까지 적정하여 중화한 후, 여기에 중성포르말린용액 5 mL를 가하여 유리된 산을 0.1N NaOH 용액으로 담홍색이 될 때 까지 적정하여 그 정정 mL수를 아미노산도로 표시하였다.

3) 환원당 측정

환원당은 DNS(dinitrosalicylic acid) 법(Park 등 2004)을 이용하여 분석하였다. 회석한 시료용액 1 mL에 DNS 시약 3 mL를 넣고 끓는 항온수조 중에서 5분 동안 반응시킨 다음, 찬물로 냉각하였다. 증류수 21 mL를 넣고 잘 혼합한 후, 분광광도계(JP/U-2000 spectrophotometer, Hitachi Ltd. Tokyo Japan)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. Glucose 표준 검량선을 이용하여 환원당 함량(mg/mL)을 계산하였다.

4) 알코올 함량 및 휘발산 측정

여과한 시료를 70~80℃의 항온수조에서 보온하여 CO₂를 제거한 후, 시료 100 mL와 증류수 100 mL를 혼합하여 알코올을 증류하였다. 증류액은 90 mL를 받은 후 증류수로 100 mL로 정용한 후, 온도를 15℃로 맞추고 주정계를 이용하여 측정하였다.

벼누룩주의 휘발산 함량은 알코올 농도 측정에 사용한 증류액 30 mL를 취한 후, 0.01N NaOH로 pH 8.2까지 적정한 후 소비된 0.01Ned(%)을 초산으로 환산하여 표시하였다.

5) 색도측정

벼누룩 약주의 색도 변화는 색차계(Hunterlab Ultra Scan Pro, Reston, VA, USA)를 이용하여 Hunter color value(L: lightness, a: redness, b: yellowness)로 나타내었다.

Table 1. Mixing ratio of rice, wheat and adding rate of water for making *byeo-nuruk* and brewing methods of *byeo-nuruk yakju*

| Samples | Mixing ratio of material (%) | | Adding rate of moisture (%) | <i>Byeo-Nuruk</i> (g) | Yest (g) | Water (mL) |
|---------|------------------------------|-------|-----------------------------|-----------------------|----------|------------|
| | <i>Byeo</i> | Wheat | | | | |
| A | 100 | 0 | 35 | 100 | 2 | 2,000 |
| B | 70 | 30 | 30 | 100 | 2 | 2,000 |
| C | 50 | 50 | 30 | 100 | 2 | 2,000 |
| D | 30 | 70 | 30 | 100 | 2 | 2,000 |
| E | 0 | 100 | 30 | 100 | 2 | 2,000 |

6) 유기산 측정

유기산 분석을 위해서 HPLC(LC-20A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하였으며, post column 방법을 사용하여 분석하였다. 유기산분석용 column은 Shodex Rspack KC-G(6.0 mm × 50.0 mm) guard column에 RSpak KC-811(8.0 mm × 300 mm, Showa Denko, Tokyo, Japan) 2개를 연결하여 사용하였다. 이동상은 3 mM perchloric acid를 이용하였으며, flow rate는 0.8 mL/min, oven 온도는 63°C로 하였다. 분리물은 반응용액(0.2 mM bromothymol blue, 15 mM Na₂HPO₄, 2 mM NaOH)과 반응한 후 UV 440 nm에서 검출하였다. 이때 반응용액의 flow rate는 1.0 mL/min, 반응온도는 30°C로 하였다. 시료는 벼누룩 약주 1 mL에 증류수 1 mL를 붓고, 원심분리(4°C, 12,000 ×g, 10 min)하고 여과(0.2 µm, Millipore Co., Cork, Ireland)하여 사용하였다. 유기산 분석은 oxalic acid, tartaric acid, fumaric acid, formic acid, pyroglutamic acid, lactic acid, succinic acid, acetic acid, citric acid, malic acid를 표준물질로 하여 정량하였다.

7) 휘발성 향기 성분 분석

휘발성 향기 성분 분석에 사용한 시료는 알코올 분석용으로 사용한 벼누룩 증류액을 사용하였다. 분석기기는 GC2010 (Shimadzu, Japan)이었으며, column은 HP-INNOWAX column (60 m × 0.25 mm × 0.25 µm, Agilent, USA)을 사용하였다. 분석 조건은 column 온도 45°C에서 5분간 머무름, 100°C까지 분당 5°C로 승온, 5분간 머무름, 분당 10°C로 승온, 200°C에서 5분간 머무름, 분당 5°C로 승온, 최종 250°C까지 승온한 후 10분간 머무름 시간을 주었다. Carrier gas는 nitrogen gas를 2 mL/min 속도로 흘려주었고, 샘플은 injection 온도 250°C에서 주입되도록 하였으며, split ratio 25:1, detector는 FID로 280°C에서 검출하였다.

8) 관능 평가

벼누룩 약주의 기호적 특징을 알아보기 위해 국립농업과

학원 발효식품과에서 주류 관련연구를 수행하고 있고, 기존의 전통주 관련 관능 평가 경험이 있는 연구원 15명을 대상으로 벼누룩 약주의 색, 향, 맛, 전반적 기호도에 대한 기호성을 조사하였다. 각각의 제시된 샘플의 대하여 패널들이 색, 향과 맛에 있어서 기호적으로 우수하다고 인정되는 약주를 2개 선택하게 하였으며, 각 처리별 기호성은 총 선택 가능수(20회)에 대한 선택 횟수를 백분율로 나타내는 다중응답 빈도 분석한 결과를 그래프로 표현하였다(Kong 등 2011).

또한 벼누룩 약주와 시판 약주와 비교하는 관능 평가에서는 전통주 관련 관능 평가 경험이 있는 연구원 15명을 대상으로 색(color), 향(flavor), 맛(taste) 및 전반적 기호도(overall preference)에 대하여 5점 리커트 척도를 사용하였다. 채점 기준은 아주 좋다(5점), 보통이다(3점), 아주 나쁘다(1점)로 하였고, 시료의 번호를 바꾸어 같은 패널로 3회 반복하였으며, 가장 높은 점수와 가장 낮은 점수를 제외하고, 평균 득점을 구하였다.

9) 통계 분석

본 연구에서 사용한 통계분석 데이터는 SPSS program (SPSS INC., Chicago, IL, USA 20.0)을 이용하여 ANOVA 검정과 Duncan's multiple range test 방법을 수행하였고, 평균값의 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 벼누룩 약주의 일반 특성

벼누룩 약주의 품질 특성을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 벼누룩 약주의 pH 값은 3.9에서 4.1로, 이는 우리나라 전통약주의 pH가 대부분 3.5~4.5 범위를 나타낸다는 연구 보고와 유사한 범위를 나타냈다(Lee SJ 2006). 총산은 벼로만 제조한 누룩 A 약주가 0.4%로 벼와 밀이 첨가된 누룩으로 만든 약주(BE)의 총산(0.3%)보다 높게 나타났다. 약주의 pH는 발효과정 중 생성된 산에 크게 영향을 받으나(Kong 등

Table 2. Chemical characteristics of *byeo-nuruk yakju* with using different *byeo-nuruk*

| Name | Soluble solid (° Bx) | pH | Total acidity (%) | Amino acidity | Alcohol (%) | Volatile acids (ppm) | Reducing sugar (mg/mL) |
|------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| A | 7.2±0.1 ^{c1)} | 3.9±0.0 ^b | 0.4±0.0 ^a | 1.6±0.1 ^a | 11.7±0.1 ^c | 133.2±13.2 ^a | 1.9±0.4 ^a |
| B | 7.2±0.1 ^c | 3.9±0.0 ^b | 0.3±0.0 ^b | 1.0±0.1 ^b | 12.9±0.2 ^b | 29.2±2.3 ^b | 0.8±0.1 ^b |
| C | 7.2±0.1 ^c | 3.9±0.0 ^b | 0.3±0.0 ^b | 1.2±0.0 ^b | 13.2±0.4 ^b | 32.8±1.6 ^b | 0.6±0.1 ^b |
| D | 7.9±0.2 ^b | 4.0±0.1 ^a | 0.3±0.0 ^b | 1.7±0.2 ^a | 15.0±0.2 ^a | 29.5±7.6 ^b | 0.6±0.0 ^b |
| E | 8.3±0.1 ^a | 4.1±0.1 ^a | 0.3±0.0 ^b | 1.7±0.1 ^a | 15.0±0.1 ^a | 38.7±1.4 ^b | 2.0±0.4 ^a |

¹⁾ Values are mean±standard deviation (n=3), and different letter means significant difference at Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

2011), 이외에 알코올 함량 및 단백질 분해로 생성된 아미노산과 펩타이드 등에 의해서도 영향(So MH & Lee JW 1996)을 받기 때문에 산생성량과 pH가 비례적이지 않았던 것으로 생각된다.

벼누룩 약주의 알코올 함량은 11.7~15.0%의 범위를 나타냈으며, 벼의 함량이 높은 누룩을 사용할수록 낮아졌다. 이는 누룩의 원료인 벼와 밀의 탄수화물의 함량이 각각 79.3%, 74.6%로(National institute of agricultural sciences 2011) 그 차이가 비교적 적기 때문에 원료의 전분가에 따른 차이로 볼 수 없고, 효소활성 차이에 의한 것으로 판단된다. 벼누룩의 gluco-amylase 활성은 벼누룩 제조 시 벼의 함량(100%, 70%, 50%, 30%, 0%일 때)이 각각 98 unit/g, 2,226.0 unit/g, 4,494.8 unit/g, 7,837.5 unit/g, 6,022.7 unit/g(Kim 등 2011)으로 벼의 배합비율이 높은 벼누룩의 효소활성이 극히 낮았기 때문에, 원료인 쌀이 정상적으로 분해되지 못해 알코올 함량도 낮았던 것으로 이해된다. 또한, Fig. 2에서 벼누룩 약주 A, B, C, D, E 압착율은 각각 40.1%, 51.9%, 57.2%, 66.4%, 66.3%로 알코올 생산량과 유사하게 누룩의 벼함량이 높을수록 의존적으로 감소하였다. 특히, A 약주의 압착율은 다른 처리구보다 11~26% 낮게 나타났는데, 벼로만 제조한 누룩의 효소활성이 낮았기 때문으로 판단된다.

휘발산 함량은 A 처리구가 133.2 ppm(as acetic acid), B, C, D, E 처리구가 29.2~38.7 ppm으로 벼 100%를 첨가한 누룩의 약주에서 3.4~4.5배 이상 높게 나타났다. 이는 누룩에 다양한 미생물이 검출되었다는 결과(Kim *et al* 2011)에 비추어 볼 때, 발효 중 세균 등의 오염일 가능성이 있는 것으로 판단된다. 아미노산 함량은 각각 1.0, 1.2, 1.7, 1.7(as glycine)로 B~E 처리구에서는 밀 함량에 의존적으로 증가하였으나, A 처리구에서는 1.6으로 경향에서 벗어났다. 이는 벼와 밀의 배합비율이 높은 누룩의 acidic protease 활성이 각각 1,079.0 unit/g, 3,497.1 unit/g, 3,922.2 unit/g, 5,631.9 unit/g, 6,723.4 unit/g으로 누룩간의 효소 활성의 차이가 있었으며(Kim *et al* 2011), 이외에 벼의 단백질 함량은 9.2%인 반면, 밀은 13.2%

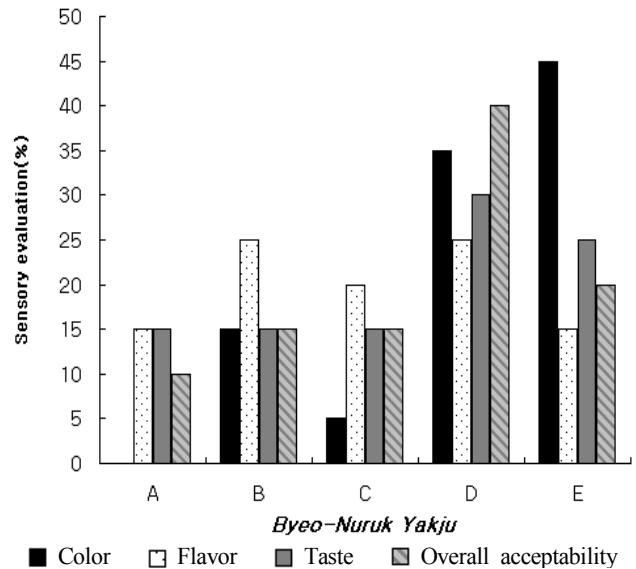


Fig 2. Sensory evaluation (selection rate) of *byeo-nuruk yakju* with using different *byeo-nuruk*.

(National Institute of Agricultural Sciences 2011)로 누룩에 포함된 단백질 함량에 의해서도 벼누룩 약주의 총 아미노산 함량에 영향을 미쳤을 것이라고 생각된다. 아미노산은 효모의 영양원으로 이용되며, fusel oil과 에스테르 등의 향기성분으로 변화하는 중요한 성분으로(Kim 등 2010) 적당량의 유리 아미노산은 약주에 감칠맛을 부여한다(Han 등 1997). 벼누룩 약주의 가용성 고형물 함량은 7.2~8.3으로 벼의 함량이 낮은 누룩을 사용한 약주에서 더 높게 나타났다.

환원당 함량은 발효 완료 후 A, B, C, D, E 처리구 각각 0.6~2.0 mg/mL로 나타났다. 잔당은 효소활성 및 효모의 증식에 크게 영향을 미치며, A 처리구는 효소활성이 낮아 발효가 원활하지 못해 잔당함량이 높은 것으로 판단된다.

2. 색도 특성

약주에서 갈색화는 amino-carbonyl 반응, caramelization, 그

리고 glucose 이외에 다른 성분에 의한 반응에 의해 갈색화가 이루어진다(Oka 등 1969). 또한 주류의 색도 변화는 deferriferrichrysin(DFCY), tyrosine, Mn_2^+ , 질소화합물이 필수로 존재하고, 유기산이 촉매 역할을 하여 빛에 노출시키면 약주의 색이 변하는 것으로 보고했으며(Sato S 등 1971), *Aspergillus oryzae*에 의해 형성된 deferriferrichrysin과 약주 제조과정 중에 유입된 철성분(Fe_3^+)과 결합해 ferrichrysin을 형성해 적갈색을 나타낸다고 보고된 바 있다(Tadenuma MT & Sato S 1967). 벼누룩 약주의 L값은 95.17~95.81로 약주간의 큰 차이가 없었으며, 육안으로도 혼탁하지 않았다. 벼누룩 약주의 b값은 A 약주를 제외한 밀의 함량이 많이 첨가된 누룩으로 제조 시 높게 나타났(Table 3). 누룩의 재료로 사용되는 벼의 b값은 7.0~16.6이고, 밀은 16.6~22.4로 보고된 바 있다(Yu 등 2014, Kim 2006). 이것은 밀기울에서 유리되는 색갈로 밀을 많이 함유한 누룩일수록 b값이 증가하는 것으로 사료되며, 또한 아미노산 함량이 증가할수록 주류의 색도 진해진 것으로 해석된다(Noh JM 등 2014).

Table 3. Hunter color value of *byeo-nuruk yakju* with using different *byeo-nuruk*

| Sample | Hunter color value | | |
|--------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | L | a | b |
| A | 95.24±0.67 ^{a1)} | -1.13±0.08 ^a | 7.19±0.11 ^b |
| B | 95.74±0.35 ^a | -0.95±0.06 ^a | 6.39±0.04 ^b |
| C | 95.86±0.20 ^a | -1.00±0.05 ^a | 6.97±0.31 ^b |
| D | 95.17±0.67 ^a | -0.99±0.13 ^a | 7.50±0.13 ^b |
| E | 95.81±0.60 ^a | -1.16±0.14 ^a | 10.09±0.60 ^a |

¹⁾ Values are mean±standard deviation (n=3), and different letter means significant difference at Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Table 4. Analysis for composition of organic acid in *byeo-nuruk yakju* with using different *byeo-nuruk*

| Organic acids (mg%) | A | B | C | D | E |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Citric acid | - | 7.32± 0.75 ^{b2)} | - | 8.47± 0.51 ^a | - |
| Malic acid | - | - | - | 12.64± 0.36 ^a | 11.48±2.34 ^a |
| Succinic acid | 74.35± 3.94 ^c | 90.54± 4.77 ^{ab} | 85.88±1.71 ^b | 97.66± 5.83 ^a | 92.20±8.34 ^{ab} |
| Lactic acid | 167.84±16.32 ^a | 123.89±16.26 ^b | 109.96±2.73 ^{bc} | 79.75±12.57 ^d | 93.42±7.84 ^{cd} |
| Acetic acid | 26.83± 4.51 ^a | - | - | - | - |
| Total organic acid | 269.02 | 214.43 | 195.85 | 202.52 | 197.09 |

¹⁾ Oxalic, tartaric, fumaric, formic, pyroglutamic acid not detective.

²⁾ Values are mean±standard deviation (n=3), and different letter means significant difference at Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

3. 벼누룩 약주의 유기산 함량

벼누룩 약주의 유기산 함량은 Table 4와 같다. 시험에 사용한 모든 약주에서 lactic acid, succinic acid가 검출되었으며, acetic acid, citric acid, malic acid는 미량 검출되었다. Lactic acid는 약주에서 신맛을 나타내고, succinic acid는 신맛보다는 오히려 감칠맛을 가진다(Lee 등 2011). 총 유기산 함량은 A 약주가 269.02 mg%로 가장 높았고, 다른 약주는 195.85~214.43 mg%로 비슷한 값을 냈으며, 이는 총산에도 영향을 미친 것으로 사료된다. A 약주에서 lactic acid 함량이 가장 높은 값을 나타냈고(167.84 mg%), acetic acid는 A 약주만 검출됐는데(26.83 mg%) 이는 휘발산 함량에도 큰 영향을 미친 것으로 보여진다. 또한 이들 성분이 증가한 이유는 술덧에 젖산균의 이상발효에 의한 것이 대부분의 사례로써(So MH 1992) 효소활성이 낮아 알코올 함량이 낮았던 것이 이들 미생물이 증식했던 이유로 생각된다.

4. 벼누룩 약주의 휘발성 향기 성분

발효 후 벼누룩 약주의 휘발성 향기 성분을 측정된 결과는 Table 5와 같으며, 에탄올을 제외한 7종류의 향기 성분이 검출되었다. Acetaldehyde는 A 약주에서만 211.3 ppm 검출됐으며, 다른 약주에서는 검출되지 않았다. Acetaldehyde 함량의 증가원인은 아직 밝혀지지 않았지만, 효모가 스트레스를 받을 경우, pyruvic acid에서 alcohol로 변환되는 과정 중 alcohol의 생성이 중지되면서 acetaldehyde가 축적되는 것으로 알려져 있다(Choi 등 2014). 아세트알데히드에서 알코올로 이행되지 못하다 보니 술덧의 알코올 생성에도 영향을 주는 것으로 판단된다(Table 3).

퓨젤유의 주성분인 Iso-amylalcohol은 막걸리, 맥주, 청주 등에서 중요한 향기 성분으로 알려져 있다(Park et al 2012). Iso-amylalcohol의 함량의 경우, 80~350 ppm에서 최고의 기호성을 나타내며(NTS technology research center 1979), 본

Table 5. Concentration of volatile components in *byeo-nuruk yakju* with using different *byeo-nuruk*

| Volatile components (ppm) | A | B | C | D | E |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| Acetaldehyde | 211.3±97.0 ^{a2)} | - | - | - | - |
| 1-Propanol | 24.1±17.6 ^a | 16.2±2.4 ^a | 36.5±17.2 ^a | 35.4± 32.2 ^a | 27.8±2.3 ^a |
| Iso-butanol | 32.5±15.0 ^a | 14.1±1.6 ^a | 34.7±16.2 ^a | 35.0± 27.1 ^a | 23.4±2.3 ^a |
| Iso-amylalcohol | 94.4±55.1 ^a | 49.6±7.4 ^a | 127.3±60.8 ^a | 133.2±111.5 ^a | 101.5±7.7 ^a |
| 2-Phenylethanol | 11.0± 6.6 ^b | 18.2±1.6 ^{ab} | 26.8± 7.1 ^{ab} | 33.3± 17.2 ^a | 25.7±3.2 ^{ab} |

¹⁾ Methanol, ethyl acetate, n-butanol, ethyl carproate, n-hexanol, furfural, butyric acid, linalool ND.

²⁾ Values are mean±standard deviation (n=3), and different letter means significant difference at Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

실험에서는 D 약주가 133.2 ppm으로 A, B, C, E 약주의 각각 1.4배, 2.0배, 1.1배, 1.3배 높았다. 미량알코올 성분 중 자 극취를 내는 1-propanol은 B 약주가 14.1 ppm으로 가장 낮았고, 다른 약주는 23.4~35.0 ppm 범위를 나타냈다. Acetic acid 함량은 A 약주가 120.5 ppm으로 가장 높았는데, 이는 유기산 분석(acetic acid)과 동일한 결과를 얻었다. Linalool은 테르펜 그룹 중 모노테르펜의 일종이며(Margalit Y 2004), 꽃, 풀, 단 향이 나는 향기성분(Kim 등 2006)이다. 2-Phenyl alcohol은 장미향을 가지고 있는 중간비점의 향기로(Kim 등 2011) D 약주가 33.3 ppm으로 가장 높은 값을 나타냈다.

5. 벼누룩 약주의 기호성 평가

벼누룩 약주의 기호성 평가는 Fig. 3에 나타내었다. 색상에 대한 기호성 평가는 벼의 함량이 낮은 누룩을 사용하였을 때, 더 높은 비율을 나타냈다. 이는 벼누룩 약주의 색도와 연관성이 있는 것으로 판단되며, 기호성 평가 결과, 노란색이 진할수록 패널들의 많은 선택을 받은 것으로 보인다. 향기에 있어서 B 약주와 D 약주가 25%로 가장 높았으며, 곡물과 누룩향이 은은하게 나타났다고 평가했다. 맛 평가에서는 D 약주가 30%로 가장 높은 값을 나타냈으며, 이는 단맛이 적고 깨끗한 목넘김, 은은한 곡물향이 좋다는 평가를 받았다. 반면, A 약주는 전반적으로 10%로 가장 적은 선호도를 나타냈는데, 이는 acetic acid 및 acetaldehyde의 함량이 비교적 다른 약주에 비해 높았던 것이 원인으로 판단된다. 전반적 기호성 평가를 통해 D 약주가 40%로 가장 선택 비율이 높았으며, 벼와 밀의 배합비율이 30:70인 누룩을 사용하였을 때 약주의 품질 특성에 가장 좋은 영향을 미칠 것으로 생각된다.

6. 벼누룩 약주와 시판 약주의 품질 특성 비교

벼누룩 약주 제조에서 고려되어야 할 부분은 시판되고 있는 약주와 품질적인 차이를 알아보기 위해 벼누룩 약주에서 가장 기호성이 좋은 D 약주와 시판되고 있는 약주 4종과 비

교 분석하였다(Table 6). pH는 벼누룩 약주가 4.0으로 가장 높게 나타났고, 시판 약주들은 3.32~3.72 범위를 나타냈다. 이는 총산 함량과 연관이 있는데, 총산 함량이 낮을수록 pH 값이 높아지는 것을 알 수 있다. 총산 함량은 벼누룩 약주가 0.29%로 가장 낮았고, 시판 약주들은 0.42~0.53%로 높은 값을 나타냈다. 가용성 고형물은 시판 약주들이 벼누룩 약주보다 높게 나타났으며, 이는 시판 약주와 벼누룩 약주의 원료 및 제조 방법에 따른 차이가 있는 것으로 판단된다. 아미노산도는 벼누룩 약주와 DE 약주가 각각 1.20, 1.30으로 다른 시판 약주들보다 비교적 높은 값을 나타냈다. Kang JE(2016)의 연구에서 아미노산도는 누룩의 산성 프로테이즈 등의 분해효소 작용에 의해 생성되며, 약주 제조 시 재래누룩의 아미노산도는 0.69~2.16, 개량누룩 아미노산도는 4.72로 나타났다. 이에 시판약주와 벼누룩 약주의 아미노산도는 누룩의 효소활성에 따른 차이로 볼 수 있다. 알코올 함량은 SE 약주가 가장 높았으며, 휘발산 함량은 벼누룩 약주와 비교하였을 때 시판 약주가 높았으며, DS 약주가 341.6 ppm으로 가장 높은 값으로 나타났다.

7. 벼누룩 약주와 시판 약주의 기호성 평가

벼누룩 약주와 시판 약주의 기호성 평가 결과는 Table 7에 나타냈다. 시판 약주와 비교할 벼누룩 약주는 앞서 기호성 평가에서 가장 높은 평가를 받은 D 약주로 선택했다.

색에 있어서 SE 약주가 4.3으로 가장 높은 값을 나타냈으며, WS 약주가 3.3으로 가장 낮은 값을 나타냈다. 이는 패널들은 색이 맑고 황금색을 띤 약주에 높은 점수를 얻었다. 향기에 있어서 WS와 DE 약주가 3.6으로 가장 높은 값을 나타냈는데, 이는 술향기와 풀잎향이 은은하게 퍼져 패널들의 많은 선택을 받았다. 맛에 있어서는 DS가 3.5로 가장 높은 값을 받았는데, 이는 Table 6과 같이 가용성 고형물과 아미노산도의 값을 비교하였을 때 단맛과 감칠맛이 조화를 잘 이루어져 판단된다. 전반적 기호성은 SE가 가장 낮았는데, 이는 인

Table 6. Comparison of chemical characteristics of commercial yakju and byeo-nuruk

| Yakju | pH | Soluble solid (°Brix) | Total acidity (%) | Amino acidiy | Alcohol (%) | Volatile acids (ppm) |
|-------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| WS | 3.32±0.05 ^{d2)} | 13.3±0.00 ^c | 0.53±0.02 ^a | 0.45±0.03 ^d | 13.0±0.14 ^c | 130.0±0.05 ^c |
| DS | 3.65±0.03 ^{bc} | 26.6±0.00 ^a | 0.42±0.11 ^c | 1.09±0.03 ^c | 11.1±0.10 ^d | 341.6±0.09 ^b |
| SE | 3.72±0.17 ^b | 16.3±0.00 ^b | 0.50±0.05 ^b | 0.97±0.02 ^c | 18.0±0.09 ^a | 201.0±0.11 ^c |
| DE | 3.52±0.06 ^c | 9.7±0.00 ^d | 0.52±0.06 ^b | 1.30±0.01 ^b | 11.1±0.09 ^d | 73.0±0.42 ^c |
| BNY ¹⁾ | 4.00±0.10 ^a | 7.9±0.20 ^c | 0.29±0.00 ^d | 1.70±0.20 ^a | 15.0±0.20 ^b | 29.5±7.60 ^a |

¹⁾ BNY: *ByeoNuruk Yakju*.

²⁾ Values are mean±standard deviation (n=3), and different letter means significant difference at Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

Table 7. Comparison of sensory evaluation of commercial yakju and byeo-nuruk yakju

| Yakju | Sensory evaluation ¹⁾ | | | |
|-------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | Color | Flavor | Taste | Overall acceptability |
| WS | 3.3±1.2 ^{a2)} | 3.6±1.5 ^a | 3.3±1.5 ^a | 3.2±1.4 ^a |
| DS | 3.4±0.8 ^a | 3.3±0.9 ^a | 3.5±1.3 ^a | 3.2±1.0 ^a |
| SE | 4.3±0.9 ^a | 2.7±1.5 ^a | 2.8±1.3 ^a | 2.9±1.2 ^a |
| DE | 3.8±1.1 ^a | 3.6±0.9 ^a | 3.3±1.0 ^a | 3.5±0.8 ^a |
| BNY ¹⁾ | 3.7±0.9 ^a | 2.8±0.8 ^a | 2.8±0.6 ^a | 3.3±0.7 ^a |

¹⁾ BNY: *Byeo-Nuruk Yakju*.

²⁾ Values are mean±standard deviation (n=3), and different letter means significant difference at Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

공적인 향미와 맛을 내 점수가 낮게 평가됐으며, 벼누룩 약주는 시판 약주와 비교하였을 때 3.3 값으로 비교적 큰 차이가 없었다. 시판약주는 소비자의 요구도를 반영한 술로써, 본 연구를 통해 벼누룩 약주와 시판약주의 관능평가 차이가 없는 것으로 보아, 향후 벼누룩 약주의 상업적 판매에 관한 연구가 필요할 것으로 보인다.

요약 및 결론

벼와 밀의 배합비율 및 수분 첨가율을 달리하여 배양한 (100:0, 35%; 70:30, 30%; 50:50, 30%; 30:70, 30%; 0:100, 30%) (w/w)누룩으로 제조한 약주의 품질 특성과 시판 약주와 벼누룩 약주의 품질 특성을 알아보았다. 벼누룩 약주의 pH, 총산, 가용성 고형물의 함량은 유사한 경향을 나타냈다. 밀의 함량이 높은 누룩을 사용할수록 벼누룩 약주의 아미노산과 알코올 함량이 높아지는 것을 알 수 있었다. 벼누룩 약주의

주요 유기산은 lactic acid, succinic acid이며, 주요 휘발성-향기성분은 iso-amylalcohol과 linalool이었다. 벼누룩 약주의 기호성 평가 결과, 벼와 밀의 배합비율이 30:70 누룩을 사용하였을 때 우수한 결과를 나타냈다. 시판약주와 벼누룩 약주의 품질 특성에서 벼누룩 약주가 시판 약주보다 총산 함량, 가용성 고형물, 휘발성 함량은 낮게 나타났고, pH와 아미노산 함량은 높게 나타났다. 벼누룩 약주와 시판약주의 기호성 평가를 비교하였을 때 비교적 큰 차이가 없었다.

감사의 글

본 연구는 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ01144102)의 지원에 의해 이루어진 것으로 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Bae KH, Ryu HY, Kwun IS, Kwon CS, Sohn HY (2007) Optimization of thickness and maturation period of *andong-soju nuruk* for fermentation of *andong-soju*. Korean J Microbiol Biotechnol 35(3): 231-237.
- Baek SY, Kim JY, Choi JH, Choi JS, Choi HS, Jeong ST, Yro SH (2012) Assessment of the quality characteristics of mixed-grain *nuruk* made with different fungal strains. J East Asian Soc Dietary Life 22(1): 103-108.
- Choi HS, Kim YJ, kang JE, Choi JH, Yeo SH, Jeong ST (2014) Effect of varying the amount of water added on the characteristics of mash fermented using modified *Nuruk* for distilled-*Soju* production. Korean J Food Preserv 21(6): 908-916.
- Han EH, Lee TS, Noh BS, Lee DS (1997) Quality characteristics in mash of *takju* prepared by using different *nuruk*

- during fermentation. Korean J Food Sci Technol 29(3): 555-562.
- Jeon JA, Park SJ, Yeo SH, Choi JH, Choi HS, Kang JE, Jeong ST (2013) Effect of cell wall degrading enzyme and skin contact time on the brewing characteristics of Cheongsoo grape. Korean J Food Preserv 20(6): 846-853.
- Jin HH (2011) Study about the degree of harmony between food pairings and korean rice wines analyzed by different sensory characteristics. MS Thesis Sejong University, Seoul. p 1.
- Jun YM, Ahn YS, Kim MH, and An OS (2008) The analysis of intellectual property right status and brand origin of tradition liquor. Korean A Agricultural Extension Sci 15(1): 24-47.
- Kang JE, Choi HS, Kim JW, Kim CW, Yeo SH, Jeong ST (2016) Quality characteristics of *yakju* with *nuruk* extracts. Korean J. Food Sci. Technol 48(3): 223-230.
- Kim JY, Yi YH (2010) 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(6): 727-732.
- Kim MC (2006) Changes of physicochemical characteristics for green wheat according to heading date. MS Thesis Chungnam University, Chungnam. p 29.
- Kim MS, Jeon JA, Jeong ST, Choi JH, Choi HS, Yeo SH (2011) Characteristics of *byeo-nuruk* according to the mixing ratio of wheat and the addition rate of moisture. J East Asian Soc Dietary Life 21(6): 897-904.
- Kim JY, Park EY, Kim YS (2006) Characterization of volatile compounds in low-temperature and long-term fermented *Baechu Kimchi*. Korean J Food Culture. 21(3): 319-324.
- Kim YT, Kim JH, Yeo SH, Lee DH, Lim JW, Jeong ST, Jo HC, Choi JH, Choi HS, Hwang HJ (2011) A treasure house of korean drink. Foundation of Agri Tech Commercialization & Transfer, Korea. p 246-248.
- Kong MH, Jeong ST, Yeo SH, Choi JH, Choi HS, Han GJ, Jang MS, Chung IM (2011) Determination of ginseng *yakju* quality using different percentages and application dates of ginseng. J East Asian Soc Dietary Life 21(2): 207-214.
- Lee CY, Kim TW, Sung CK (1996) Studies on the souring of *hansan sogokju* (Korean traditional rice wine). Korean J Food Sci Technol 28(1): 117-121.
- Lee DH, Kang HY, Lee YS, Cho CH, Kim SJ, Lee JS (2011) Effects of yeast and *nuruk* on the quality of Korean *yakju*. Korean J Microbiol Biotechnol 39(3): 274-280.
- Lee JO, Kim CJ (2011) The influence of adding buckwheat sprouts on the fermentation characteristics of *yakju*. Korean J Food Cult 26(1): 72-79.
- Lee SJ (2006) Development of Korean traditional liquor with health-benefit through consumer and functional studies. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong. p 67.
- Lee SY, Jeong HJ, Lee YE, Kim MR, Kim MR, Song HN (2011) Food Chemistry. Power Book, Korea. p 334.
- Margalit Y (2004) Concepts in Wine Chemistry. 2th ed. Wine Appreciation Guild, U.S.A. p 160.
- National Institute of Agricultural Sciences (2011) Food Composition Table. 8th ed. National Institute of Agricultural Sciences, Suwon. p 24-32.
- Noh JM, Kang JE, Choi JH, Jeong ST, Choi HS (2014) Changes in physiochemical properties of *yakju* prepared by accelerated aging without protease. Korean J Food Sci Technol 46(6): 702-709.
- NTS Technology Research Center (1979) Technical report. NTS Technology Research Center. Seoul, South Korea. p 14.
- Oka ST, Tateishi SC, Sato SC (1969) Contributions of amino-carbonyl reaction, caramelization and some other reaction to browning of sake. Agr Biol Chem 33(4): 565-571.
- Park CW, Jang SY, Park EJ, Yeo SH, Jeong YJ (2012) Quality characteristics of rice *makegelli* prepared by mashing types. Korean J Food Sci Technol 44(2): 207-215.
- Park JH, Bae SM, Yook C, Kim JS (2004) Fermentation characteristics of *takju* with old rice. Korean J Food Sci Technol 36(4): 609-615.
- Sato S, Nakamura KI, Tadenuma MT (1971) Photochemical coloring reaction of sake presence of kynurenic acid as photosensitizer in sake. Agr Biol Chem 35(3): 308-313.
- So MH (1992) Chanties in the chemical components and microorganisms in *sogokju*-mash during brewing. J Korean Soc Food Nutr 5(2): 69-76.
- So MH (1999) Characteristics of a modified *nuruk* made by inoculation of traditional *nuruk* microorganisms. Korean J Food Nutr 12(3): 219-225.
- So MH, Lee JW (1996) *Takju* brewing by combined use of *Rhizopus japonocus-nuruk* and *Aspergillus oryzae-nuruk*. J Korean Soc Food Nutr 25(1): 157-162.
- Tadenuma MT, Sato S (1967) Studies on the colorants in sake

presence of ferrichrysin as iron containing colorant in sake.

Agr Biol Chem 31(12): 1482-1489.

Yu JS, Kim HS, Lee JH, Lee MJ, Ha KY (2014) Effects of parboiling on the physicochemical properties of tongil type cultivars. Food Eng Prog 18(4): 312-318.

Date Received Feb. 8, 2017

Date Revised Mar. 2, 2017

Date Accepted Mar. 15, 2017