

쌀누룩과 수수를 사용한 고체발효 증류주의 제조 특성

Manufacturing Characteristics of Solid-State Fermentation Distilled Spirits Using Rice *Nuruk* (Fermented Starter) and Sorghum

신제영

J. Y. Shin
국립한국농수산대학
산학협력단¹
tlswpsss@naver.com

정다솜

D. S. Jeong
김제시농업기술센터²
jdasom@korea.kr

강창수

C. S. Kang
국립한국농수산대학
농수산가공학과¹
sckang12@hanmail.net

최한석 *

H. S. Choi
국립한국농수산대학
농수산가공학과¹
coldstone@korea.kr

Abstract

In this study, characteristics of solid-state fermentation distilled spirits with *nuruk* (fermentation starter) and sorghum were investigated. The starch digestion activity was highest in black koji (*A. usamii*) at 359.15 U/g dry base, white koji (*A. luchuensis*) at 306.98 and yellow koji (*A. oryzae*) at 15.31 was followed. The pH of the solid-state fermented mash in yellow, white and black koji showed 5.09, 4.46 and 4.50 respectively with significant differences ($p < 0.001$). The total acid content of white and black koji was 0.73% as citric acid. The alcohol content of mash prepared with yellow, white and black koji was 4.34, 4.24, 3.89% respectively. The contents of reducing sugar showed 3.28, 3.23 and 2.64%. Total sugar were 14.88, 17.84 and 17.60% respectively. The alcohol content of each distillate ranged from 44.3 to 39.9%, and the furfural content in yellow koji was 1.25 times lower than the others.

Key words : Solid-state fermentation, Distilled spirits, Sorghum, *Nuruk*

*교신저자

¹ Department of Agriculture & Fisheries Processing, Korea National College of Agriculture and Fisheries

² Gimje Agricultural Development & Technology Center

I . 서론

우리나라의 주류시장 규모는 2019년 공장 기준 8조9천억원으로 소비자가로 환산하면 27조원 규모에 육박하는 매우 큰 시장이다. 술은 마시는 음료로서 기능 이외에 농산물 소비에 큰 축을 담당하고 있다. 술을 만드는 원료가 바로 농산물이기 때문이다. 그러나 우리나라는 술 제조 공장이 국내에 있기는 하나 그 원료인 맥아, 타피오카 등을 모두 외국에서 수입하고 있어 국내 농산물 소비와 연계되지 못하고 있다. 최근 양고기꼬치, 양갈비 등 중국 음식의 인기와 한중 FTA 체결('15)에 따른 관세 인하로 지난 10년간('09~'18) 고량주 수입량은 2배, 수입금액은 6배 증가하였다. 또한, 고급 고량주에 대한 소비자의 선호도 증가로 2013년 이후 고량주의 병당(500mL) 수입가격은 2018년까지 연평균 20%씩 상승하였다. 2018년 수입된 고량주를 생산하기 위해 사용된 수수의 양은 7천 톤 분량으로 무역수지 적자 외에 외국 산농산물이 수입되는 것을 의미한다. 국내 수수 생산량은 2009년 기준 2,562t으로 고량주로 수입되는 양이 국내 생산량의 2.7배에 상당하는 수준이다.

고량주는 원료로 수수를 이용하며 급수 비율이 50~60%로 수분함량이 적은 고체 형태로 발효하는 것을 특징으로 한다. 이러한 제조법은 술에 강렬한 향을 부여하여 소비자들의 기호를 자극한다. 국내에서도 1970년대 3개의 고량주 제조회사에서 생산하였으나 1990년대 모두 폐업하여 제조공정에 대한 비법이 모두 소실된 상태이다. 고량주의 수요 증가를 우리 수수의 이용량 확대하기 위해서는 고체발효 증류주를 제조하는 기술이 필요하다.

누룩은 오래전부터 탁·약주 제조 시 전분 분해 및 알코올 발효원으로 작용하며, 주로 소맥을 원료로 만들어졌지만, 지역에 따라 옥수수, 보리, 대두, 귀리, 조 및 백미 등의 곡물이 사용되기도

한다(Lee *et al.*, 2002, Kim 2002). 이러한 술덧 제조를 위해서 입국과 누룩과 등의 발효제에 영향을 미친다. 입국은 필요한 곰팡이를 선택적으로 접종, 배양하여 누룩에 비해 단순하고 깨끗한 향취와 맛을 부여하는 (Moon *et al.*, 2018) 반면, 누룩은 생 곡물로 만들기 때문에 자체 함유된 효소와 공기 중의 곰팡이, 효모, 일반세균 등의 균류가 번식하여 다양한 효소를 생성하여 복잡하고 독특한 풍미와 양조 특성을 나타내고 있다(Yi *et al.*, 2010). 이러한 우리의 전통 누룩에는 *Aspergillus oryzae*, *Rhizopus oryzae*, *Monascus purpureus*, *Saccharomyces* sp., lactic acid bacteria, *Bacillus* sp. 등의 다양한 미생물이 생육하고 있으며, *Aspergillus* 속, *Absidia* 속 및 *Rhizopus* 속 곰팡이가 많이 분포하고 있다 (Kim *et al.*, 1990). 이 중 백국균이라 불리는 *A. luchuensis*는 유기산과 내산성 당화효소를 생산하므로 pH가 안전한 산성을 유지하고, 양조시간이 단축되면서 알코올 수율도 향상되는 이점이 있다(So 1999). 황국균(*A. oryzae*)은 약주나 청주제조에 주로 이용되며 향미가 단조로운 특징을 가지고 있다. *A. usami*는 흑국균으로 구연산 생성력과 전분분해활성이 높은 것으로 알려져 있다. 미생물이 생산하는 효소활성, 알코올 발효력, 유기산 생산력 등은 종류에 따라 맛, 향기, 색 등의 품질에도 영향을 미친다(Han *et al.* 1997). 누룩에 관한 연구로는 각종 균주를 조합한 개량누룩과 전통누룩을 이용한 양조주의 품질 및 이화학적 특성에 관한 연구는 밀가루 누룩으로 담금한 탁주 술덧의 품질특성(Park *et al.*, 2002). 또한, 최근에 다양한 누룩을 첨가에 발효시킨 술덧의 품질특성을 다양한 연구들도 있다. 밀을 원료로 *M. racemosus*, *R. japonicus*, *A. oryzae*, *A. luchuensis*균을 사용하여 제조한 개량누룩과 재래누룩으로 탁주를 담금 하여 발효과정 중 각 탁주 술덧의 품질 특성을 보고하였다(Han *et al.* 1997). 이외에 쌀을 원료로 *A. luchuensis*, *A.*

oryzae, 전통 누룩, 혼합누룩으로 청주를 담금하여 술덧의 품질 특성을 보고하였다 (Jeong *et al.*, 2014). 고구마 품종에 *A. awamori* Nakazawa, *A. luchuensis*, *A. oryzae* 누룩을 첨가한 술덧의 품질특성을 보았다(Park *et al.*, 2010). 본 연구에서는 많이 사용되고 누룩 (*A. oryzae*, *A. luchuensis*, *A. usami*)을 대상으로 수수 술덧의 제조하여 품질특성을 보기로 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 원료는 수수는 충남지역에서 재배된 청풍수수를 사용하였으며, *A. oryzae*는 국립농업과학원, *A. luchuensis*는 조은곡자, *A. usami*는 생명공학연구원(KCTC 6957)에서 분양 받아 사용하였다. 효모는 실험실에서 분리하여 보관중인 *Saccharomyces cerevisiae* N9((KACC93234P)를 사용하였다.

2. 실험방법

가. 누룩의 효소활성 측정

1) 효소액에 조제

100 mL용 삼각플라스크에 누룩 10 g을 넣은 다음 NaCl용액(pH 5.0) 50 mL를 첨가하여 실온에서 3시간 동안 때때로 흔들며 주면서 침출한 후 Filter paper No.5로 여과하여 제조하여 사용하였다.

2) 당화력 측정

전분용액 0.9 mL에 0.2M acetic acid buffer 0.2 mL를 가하여 40°C 에서 5분간 예열하였다. 여기에 효소액 0.1 mL를 가하여 40°C에서 20분간 반응시키고, 1N-NaOH 용액 0.1 mL를 첨가

하여 반응을 정지시켰다. 실온에서 30분간 방치한 후 1N-HCl 용액 0.1 mL를 가하여 중화하였다. 대조구는 반응정지액을 먼저 첨가하고 후에 효소액을 넣어 제조하였다. 반응액 중에 생성된 포도당량은 포도당 C II 테스트를 사용하여 측정하였다. 당화력은 기질로부터 1 mg의 포도당을 생성하는 활성을 1 단위로 산출하여 표시하였다.

3) 산성단백질 분해력

Acidic protease 활성은 시료 10 g에 염화나트륨 용액 50 mL를 가해서 4°C에서 하룻밤 때때로 흔들어 침출한 후 여과하였다. 이 여액 10 mL를 투석막에 넣어 0.2M 초산완충액에서 하룻밤 투석(4°C)한 후, 그 효소액을 희석하여 조효소액으로 하였다. 카제인 용액 1.5 mL에 pH 3.0 맥바인 완충액 1.0 mL와 조효소액 0.5 mL를 넣고 40°C에서 60분간 반응시킨 후, TCA용액 3 mL를 가해 반응을 정지시키고 침전을 제거하였다. 이 액 1 mL에 탄산나트륨용액 5 mL와 페놀시약 1 mL를 가해서 40°C에서 30분간 발색시킨 후, 660 nm에서 흡광도를 측정 하였다. 별도로 대조구로는 TCA용액을 가하기 직전에 효소액을 첨가하여 이하 위의 방법과 동일하게 하여 흡광도를 측정하여 아래 식에 의해서 효소활성을 구했다.

$$\text{효소활성 (unit/g)} = \frac{\text{흡광도} \times 6 / 1(\text{반응액량}) \times 100 / 10(\text{추출율})}{1 / 0.5(\text{효소액량})}$$

4) 생전분 분해력

전분 분해력을 측정하기 위하여 2% 전분 현탁액 1 mL에 0.1M Na-acetate buffer(pH 4.5) 1 mL를 가하여 40°C에서 5분간 예열한 후, 효소액 2 mL를 첨가하여 40°C에서 60분간 반응시켰다. 냉각수로 효소반응을 정지시킨 다음 상등액 0.1 mL를 취하여 환원당 측정법으로 효소기질 반응액 0.1 mL에 함유된 환원당량을 측정하여 산출

쌀누룩과 수수를 사용한 고체발효 증류주의 제조 특성
신제영, 정다솜 강창수, 최한석

하였다.

나. 고체발효 술덧 제조 및 분석

1) 효모배양

Yeast extract-peptone-dextrose(YPD) 액체배지 20 mL에 효모를 1 백금이 접종하고 30°C에서 2일 동안 $1 \sim 2 \times 10^8$ cells/mL가 되도록 배양하여 사용하였다.

2) 술덧 제조

수수 500 g을 3시간 동안 침지하고 30분 동안 물을 뺀 후 스팀조건에서 1시간 증자하였다. 증자한 수수를 실온에서 30분간 냉각하였다. 수수 500 g을 기준으로 누룩과 제오라이트를 1:1로 혼합한 후 수분함량 45%로 조절하고 전배양된 효모를 수수양의 1% 첨가하였다. 발효는 30°C로 조절된 수욕상에서 수행하였다(Fig. 1).



A. *oryzae* (yellow)

A. *luchuensis* (white)

A. *usamii* (black)

Fig. 1. Morphology of solid-state fermented sorghum-mash with different fermentation starters

3) pH, 총산도 및 산도 측정

pH는 시료 100 mL를 취하여 pH meter (STARA2115, Thermo Finland)를 이용하여 3회 반복하였다. 총산도는 여과한 시료 10 mL에 pH meter를 이용하여 시료액 8.3이 될 때까지 0.1 N NaOH 로 적정하고 이를 3회 반복 측정하여 소요된 NaOH 용액을 citric acid(%)로 환산하여 나타내었다. 적정산도 시료 10 mL를 취하여 0.1% phenolphthalein 지시약 2~3방울 떨어뜨린 다음 0.1N NaOH 중화 적정하였으며, 소비된 용액의 양을 산도로 표시하였다.

4) 알코올 측정

시료 100 mL를 채취한 다음 500 mL 삼각 flask에 옮긴 후 증류수 100 mL로 세척하여

flask에 혼합해 준 후 증류장치에 연결하였다. 증류액 80 mL가 받아지면 증류액에 증류수를 가하여 100 mL로 정용 후 알코올 측정계(DMA 501, Anton Paar, Germany)로 측정하였다.

5) 환원당

환원당 함량은 DNS(dinitrosalicylic acid)에 의한 비색법(Chae *et. al.*, 1999)으로 측정하였다.

6) 총당

시료 2 mL를 test tube에 넣고 5%(v/v) phenol 용액 1 mL를 넣었다. 여기에 95% 황산 5 mL를 첨가한 후 30분 동안 상온에 방치하였다. Spectrometer를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. Glucose standard curve를

이용하여 총당 함량(%)을 구하였다(Kang et al., 1998)

다. 증류제조 및 분석

술덧 500 g을 하단에서 스팀을 공급할 수 있는 용기에 넣고 스팀을 주입하였다. 증류액의 알코올 함량을 수시로 측정하면서 떨어지는 증류액의 알코올 농도가 15%가 될 때 증류를 종료하고 받아진 액을 모아 시료로 사용하였다.

1) 알코올, 휘발산도, furfural 측정

알코올은 알코올 측정계(DMA 501)를 사용하였으며, 휘발산도는 시료 10 mL를 0.01N NaOH로 중화적정한 후 acetic acid함량으로 표시하였다. Furfural함량은 검체를 석영셀에 취하여 증류수를 대조로 파장 275nm에서의 흡광도를 측정하고 측정값 × 1000으로 나타내었다.

3. 통계처리

모든 실험은 3회 반복하여 평균±표준편차를 구하였으며, 통계분석은 Ver 12.0의 통계프로그램 SPSS(Statsical Package for Social Science, SPSS Inc., chicago, IL, USA)을 실시하여 Duncan's multiple range test로 유의성 검증을 실시하였다.

Ⅲ . 결과 및 고찰

1. 누룩의 효소활성

각 누룩별 효소의 활성은 Table 1과 같다. 당화력은 흑국(*A. usami*)이 359.15 U/g dry base로 가장 높았고 다음은 백국(*A. luchuensis*)이 306.98로 흑국과 유사하였으며, 황국(*A. oryzae*)은 15.31로 흑국이나 백국에 비하여 20배 이상 낮게 나타났다. 생전분 분해력에 있어서는 백국이 49.80 U/g dry base로 가장 높았으며 황국은 5.23으로 백국에 비하여 9.5배 낮았다. 흑국의 생전분 분해 효소활성은 검출되지 않았다. 산성단백질 분해력은 백국이 7583.69 U/g dry base이었으며 흑국은 2344.04, 황국은 0.32로 미생물별로 큰 격차를 보여주었다.

고체발효에 있어 중국에서는 수수를 증자하지 않고 분쇄하여 사용하는 것이 일반적이기 때문에 생전분 분해력이 높은 백국이 알코올 수율향상에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 곡물의 전분은 단백질막으로 둘러싸여 있어 단백질이 분해되어야 전분을 분해시킬 수 있는 환경이 조성된다. Table 1의 효소활성 분석 결과에서 산성 단백질 분해력이 높은 백국과 흑국을 사용하는 것이 황국보다 전분분해에 유리한 환경을 조성될 것으로 추측되었다.

Table 1. Enzyme activities (U/g dry base) of fermentation starters (*nuruk*)

Starter (<i>nuruk</i>)	Starch digestion activity		Acidic protease
	Soluble	Raw	
<i>A. oryzae</i> (yellow koji)	15.31±0.18 ^c	5.23±0.02 ^b	0.32±0.04 ^c
<i>A. luchuensis</i> (white koji)	306.98±3.56 ^b	49.80±2.92 ^a	7583.69±680.79 ^a
<i>A. usami</i> (black koji)	359.15±5.28 ^a	not detected	2344.04±31.63 ^b

^{a-c} Values with different superscripts in the same column are significantly by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

2. 술덧의 특성

가. pH, 총산, 산도

각 누룩에 수수를 넣어 발효시킨 고체 술덧의 pH, 산도 및 총산함량은 Table 2와 같다. 술덧의 pH는 황국, 백국, 흑국이 각각 5.09, 4.46, 4.50으로 유의적 차이를 보였다($p < 0.001$). 백국과 흑국은 구연산 생성능 0.73% dry base인 반면 황국은 0.34% 미만으로 균주의 특성이 술덧에 반영된 결과로 해석된다. 반면 Park 등(2010)은 고구마 품종에 황국균, 백국균, 흑국균을 첨가한 술덧의 pH가 4.4~4.9로 유의성이 없었으며, Jeng 등(2014)도 청주 술덧 pH가 백국 5.7 황국 5.9로 그 차이가 크지 않은 결과도 있다. 이러한 이유는 동일 균주라 하여도 누룩의 제조방법이나 술덧제조에 사용되는 원료에 따라 차이가 있다고 이해

된다.

수수의 술덧의 산도는 pH변화와 동일한 경향을 나타내고 있다. 황국의 산도는 0.47로 백국 1.0, 흑국 1.0보다 2배 이상 낮게 낮았으며 백국과 흑국은 동일한 산도를 보였다. 백국과 흑국의 총산함량은 0.73 citric acid %로서 과일 중에서 사과(구연산 함량 0.8%)정도의 산함량을 가지고 있는 것으로 계산 되었다. 산은 pH를 내려 발효 중 잡균의 번식을 억제하는 한편 증류과정 중 monoterpene류를 monoterpene alcohol(장미향)로, β -carotene을 β -damascenone(장미향)으로 hemicellulose를 4-vinylguaiacol(바닐라향)로 변화시키는데 중요한 역할을 한다. 따라서 오염과 향생성 측면에서는 백국과 흑국이 황국보다 유리할 수 있다.

Table 2. Analysis of pH, acidity, and total acid content of solid-state fermented sorghum-mash with different fermentation starters

Mash	pH	Acidity (0.1N NaOH mL)	Total acid (as citric acid %)
<i>A. oryzae</i> (yellow)	5.09±0.00 ^{2a}	0.47±0.06 ^b	0.34±0.04 ^b
<i>A. luchuensis</i> (white)	4.46±0.00 ^C	1.00±0.00 ^a	0.73±0.00 ^a
<i>A. usamii</i> (black)	4.50±0.00 ^b	1.00±0.00 ^a	0.73±0.00 ^a

^{a-c} Values with different superscripts in the same column are significantly by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

나. 알코올

각 누룩을 이용하여 제조한 수수 술덧의 알코올함량을 Fig. 2에 비교하였다. 황국으로 제조한 수수술덧의 알코올 함량은 4.34%, 백국을 이용한 술덧은 4.24% 흑국을 사용한 것은 3.89%로 황국을 사용한 것이 가장 높은 것으로 조사 되었다. Table 1에서 황국의 당화력, 생전분 분해력, 산성단백질 분해력이 가장 낮게 나타나 알코올 함량이 낮을 것으로 예상하였으나 반대의 결과로

보여주었다. Park 등(2010)도 황국과 백국에 고구마를 첨가하여 발효한 술덧의 알코올 함량은 진흥미, 호박고구마 품종 모두 백국이 황국보다 각각 13.2%, 9.6% 낮게 나타났다. Jeng 등(2014) 백국과 황국에 쌀을 넣어 제조한 청주 술덧의 알코올 함량은 14%로 유의적 차이를 보이지 않은 것으로 조사 되었다. 각 효소활성은 발효초기 전분분해 속도에 영향을 미칠 수 있겠으나 알코올 발효처럼 발효기간이 긴 공정에서는 효소의 작용

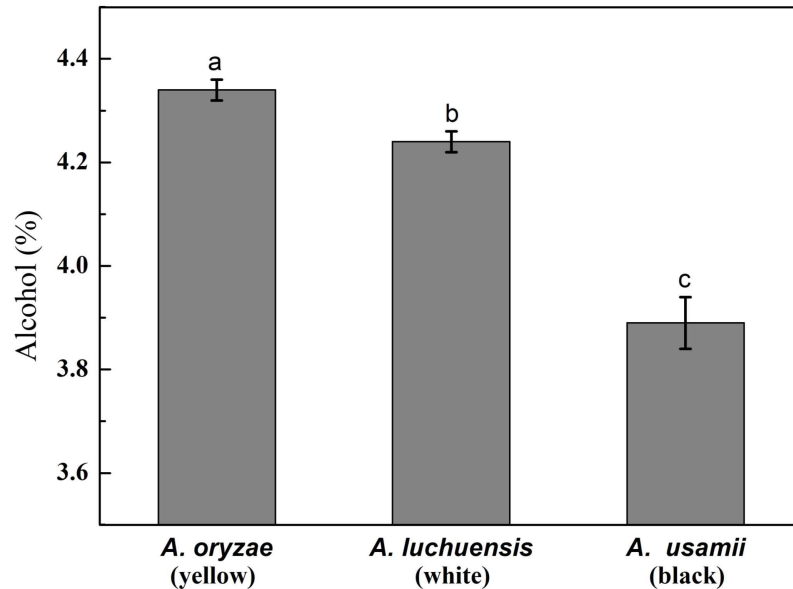


Fig. 2. Analysis of alcohol content of solid-state fermented sorghum-mash with different fermentation starters ($p < 0.05$)

시간이 충분히 확보되기 때문에 많은 영향을 받지 않는 것이라는 가설을 세워 볼 수 있다.

다. 환원당 및 총당

수수술덧의 환원당 함량은 Fig. 3과 같이 황국, 백국, 흑국이 각각 3.28, 3.23, 2.64%로 알코올 함량과 비례하는 것으로 분석되었다. 즉, 환원당이 알코올 생성에 이용되었다는 것을 의미하며 황국의 다른 누룩에 비하여 높은 환원당을 생성하면서 알코올 함량도 증가된 것으로 해석될 수 있다.

이는 총당함량 분석에서도 나타난다. 황국, 백국, 흑국의 총당함량은 각각 14.88, 17.84, 17.60%로서 황국의 총당함량이 다른 누룩에 비하여 낮게 나타났다. 환원당과 총당결과를 종합적으로 해석하면 황국이 수수의 전분을 비교적 잘

분해하여 환원당 생성량이 많았으며 이는 Fig. 2의 알코올 생성량 증가로 이어졌다고 설명될 수 있다. 다만, 이는 Table 1의 효소활성 결과와는 다른 것으로 이에 대한 해석이 필요하다. 그 첫 번째 이유로 Table 2의 술덧의 성분분석 결과에서 황국의 pH는 5.09이었으며, 백국과 흑국은 pH 4.46과 4.50으로 황국에 비해 낮는데 이 pH가 효소활성에 영향을 미쳐 전분 분해력이 낮은 것으로 추측된다. 두 번째 이유는 막걸리, 약주 등 가수량이 높은 액상발효에 있어 술덧의 총당함량이 8% 미만인 것에 비하여 고체발효 술덧의 총당함량은 14%이상으로 1.75배 이상 높았다. 수분량이 적을수록 기질로 사용되는 전분의 농도가 상대적으로 높아지면서 효소분해에도 영향을 미쳤으며, 각 균주별 기질의 농도에 대한 특이성이 다른 것으로 이해된다.

쌀누룩과 수수를 사용한 고체발효 증류주의 제조 특성
신제영, 정다솜 강창수, 최한석

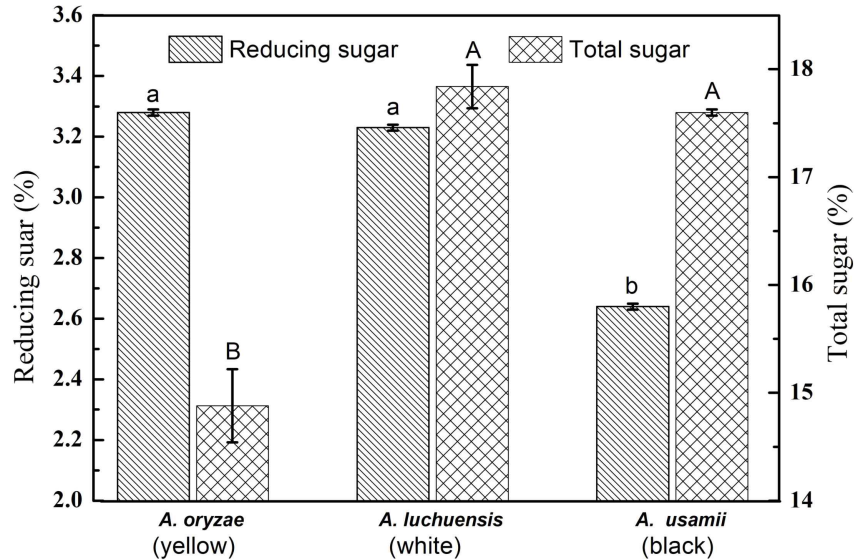


Fig. 3. Analysis of sugar contents of solid-state fermented sorghum-mash with different fermentation starters ($p<0.05$)

3. 증류주의 특성

각 술덧을 상압 증류한 증류주의 특성을 Table 3에 나타내었다. 각 증류액의 알코올 함량은 44.32~39.93%의 분포를 나타내었다. 알코올 농도를 25%로 동일하게 조정된 고체발효 증류주의 휘발산 함량은 황국과 백국이 0.26%로 동일하였고,

흑국이 0.22%로 낮게 나타났다. 탄내성분인 furfural 함량은 황국, 백국, 흑국이 각각 412, 582, 515 mg/L로 황국이 다른 누룩에 비하여 1.25배 이상 낮게 생성되었다. 휘발산은 증류주의 자극취와 관련이 깊으며 당함량이 높을 때 많이 생성되는 것으로 알려져 있으며 일발적인 액체발효 증류주의 경우 0.1% 미만으로 생성된다.

Table 3. Analysis of distillate properties of solid-state fermented sorghum-mash with different fermentation starters

Mash	Alcohol (%)	adjusted to 25% alcohol		
		Volatile acidity	Volatile acid (as acetic acid %)	Furfural (mg/L)
<i>A. oryzae</i> (yellow)	43.20±0.00 ^b	4.10±0.28 ^a	0.26±0.02 ^a	412±0 ^c
<i>A. luchuensis</i> (white)	39.93±0.01 ^c	4.10±0.14 ^a	0.26±0.01 ^a	582±1 ^a
<i>A. usamii</i> (black)	44.32±0.04 ^a	3.40±0.14 ^b	0.22±0.01 ^b	515±1 ^b

^{a-c} Values with different superscripts in the same column are significantly by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

Furfural은 증류과정 중에 당과 아미노산의 반응으로 생성되는 물질로서 증류 후반부에 유출되기 시작한다. 황국의 furfural 함량이 낮은 것은 Fig. 3에서 총당 함량이 낮은 것과 연관되어 있다고 해석될 수 있다.

술덧과 증류주의 특성을 종합하여볼 때 고체발효에 황국을 사용하는 것이 전분분해효과를 높여 알코올 생산성을 증가시키며 총당 함량이 낮아 증류시 탄내성분인 furfural 함량을 줄일 수 있는 것으로 요약될 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 곰팡이 균종을 달리하여 제조한 누룩과 수수로 고체발효 증류주를 제조하고 그 특성을 살펴보았다. 당화력은 흑국(*A. usamii*)이 359.15 U/g dry base로 가장 높았고 다음은 백국(*A. luchuensis*)이 306.98로 흑국과 유사하였으며, 황국(*A. oryzae*)은 15.31로 낮게 나타났다. 고체발효 술덧의 pH는 황국, 백국, 흑국이 각각 5.09, 4.50, 4.46으로 유의적 차이를 보였다 ($p < 0.001$). 백국과 흑국의 총산함량은 0.73 citric acid %로 조사되었다. 알코올 함량은 황국이 4.34%, 백국을 이용한 술덧은 4.24, 흑국을 사용한 것은 3.89% 생성되었다. 환원당 및 총당 함량은 각각 3.28, 3.23, 2.64%과 14.88, 17.84, 17.60%로서 황국의 총당 함량이 다른 누룩에 비하여 낮게 나타났다. 각 증류액의 알코올 함량은 44.32~39.93%의 분포이었고 furfural 함량은 황국이 다른 누룩에 비하여 1.25배 이상 낮게 생성되었다.

V. 참고문헌

1. Chea S. K., Kang K. S., Ryu I. D., Ma S.

J., Bang K. W., Oh M. H. and Oh S. H. 2006. Standards food analysis. 99-102, 133-136, 219-224.

2. Han E. H., Lee T. S., Noh B. S. and Lee D. S. 1997. Volatile flavor components in mash of Takju prepared by using different Nuruks. Korean J Food Sci Technol. 29: 563-570.

3. Jeong M. E., Kang S. A. and Cheong C. 2014. Physicochemical Characteristics of the Mash Quality of Cheongju Prepared Using Different Nuruks. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society. 15(8): 5150-5158.

4. Kim C. J., Kim K. C., Kim D. Y., Oh M. J., Lee S. K., Lee S. O., Chung S. T. and Chung J. H. 1990. Fermentation technology. Sunjinmunhasa, Seoul. 79-10.

5. Kim J. H., Lee D. H., Choi S. Y. and Lee J. S. 2002. Characterization of physiological functionalities in Korean traditional liquors. Korean J Food Sci Technol. 34(1): 118-122.

6. Kang K. H., Noh B. S., Seo J. H. and Hur W. D., 1998. Food analytics. Sung Kyun Kwan University Press. Seoul, Korea. 109-110.

7. Lee S. S., Kim K. S., Eom A. H., Sung C. K. and Hong I. P. 2002. Production of Korean traditional rice-wines made from cultures of the single fungal isolates under laboratory conditions. The Korean Journal of Mycology. 30(1): 61-65.

8. Moon S. H. and Cheong. C. 2018. The Change of Components of Distilled Soju Using Different Fermentation Agents.

쌀누룩과 수수를 사용한 고체발효 증류주의 제조 특성
신제영, 정다솜, 강창수, 최한석

- Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society. 19(8): 466-473.
9. Park C. S. and Lee T. S. 2002. "Quality characteristics of takju prepared by wheat flour nuruks", Korean J Food Sci Technol. 34(2): 296-302.
 10. Park J. S., Chung B. W., Bae J. O., Lee J. H., Jung M. Y. and Choi D. S. 2010. Effects of Sweet Potato Cultivars and Koji Types on General Properties and Volatile Flavor Compounds in Sweet Potato Soju. Korean J. Food Sci Technol. 42(4): 468-474.
 11. So M. H. 1999. "Characteristics of a modified Nuruk made by inoculation of traditional Nuruk microorganisms", Korean J. Food & Nutr. 12(3): 219-225.
 12. Yi H. C., Moon S. H., Park J. S., Jung J. W. and Hwang K. T. 2010. "Volatile Compounds in Liquor Distilled from Mash Produced Using Koji and Nuruk under Reduced or Atmospheric Pressure". J Korean Soc Food Sci Nutr. 39(6): 880-886.

논문접수일 : 2021년 5월 3일
논문수정일 : 2021년 6월 9일
게재확정일 : 2021년 6월 15일