

청풍 수수 품종으로 제조한 고체발효 술덧과 증류주의 특성

신제영¹ · 강희윤² · 임보라² · 최한석^{3*}

¹한국농수산대학 농수산물공학과 연구원, ²국립농업과학원 발효가공식품과 연구사, ³한국농수산대학 농수산물공학과 조교수

Characteristics of Solid-State Fermentation Mash and Distilled Liquor Prepared Using Sorghum Variety ‘Chengpung’

Je Young Shin¹, Heui-Yun Kang², Bo-Ra Lim² and Han-Seok Choi^{3*}

¹Researcher, Dept. of Agriculture & Fisheries Processing, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Republic of Korea

²Researcher, Dept. of Agro-Food Resources, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

³Assistant Professor, Dept. of Agriculture & Fisheries Processing, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Republic of Korea

ABSTRACT

Distilled liquor was obtained by solid-state fermentation of domestic *Sorghum bicolor* L. (*Cheongpung*) and its characteristics were investigated. The moisture content of the solid-state fermented product was 45.04%, and its pH and the alcohol content were 5.51 and 4.59%, respectively. The organic acid content of the solid-state fermented product contained 29.79 mg/100 mL and 14.08 mg/100 mL of acetic and succinic acids, respectively, followed by ascorbic, propionic, malic, and formic acids. The distillation yields of the solid-state fermented products for atmospheric and vacuum distillation were 80.53% and 63.96% respectively. Furfural content, a component that confers a burning odor, was 1.89 times higher for atmospheric than vacuum distillation. On the other hand, acetaldehyde and ethyl butyrate contents were not significantly different for the two distillation methods. However, ethyl acetate concentrations for atmospheric and vacuum distillations were 210.77 and 87.90 mg/L respectively and ethyl caproate concentrations were 231.14 mg/L and 0, respectively.

Key words: sorghum, *Chengpung*, solid-state fermentation, distilled liquor

서 론

우리나라에서는 수수의 보급과 재배확대를 위해서 기계수확이 가능한 키가 작으면서 다수확 품종인 ‘청풍’을 개발하여(Yun GS 등 2019) 재배단지를 조성하고 있다. 그러나 수수는 혼반용으로 95%가 사용되고 있고 가공용으로는 5%만 사용되고 있어(Sung MH & Kwon DH 2011) 사용처 확보가 요구되고 있다.

수수는 중국에서 고량주 제조에 이용되고 있으며 국내에서도 수수를 원료로 한 증류주로 문배술과 감홍로 등이 있다. 최근 국산 원료를 주로 사용하는 지역특산주의 통신판매가 허용되면서 판매량이 증대되고 있다. 이 중 증류식 소주는 2010년 717 kL에서 2020년 1,929 kL로(KOSIS 2021) 지난 10년간 약 2.7배 증대되었다. 더불어 양고기 꼬치, 양갈비 등 중국 음식의 인기와 2015년 한중 FTA 체결에 따른

관세 인하로 일반 증류주의 하나인 고량주의 수입량은 지난 10년간(2011-2020) 1.5배, 수입금액은 4배 증가하였다(KCS 2021).

마오타이주로 대표되는 중국 고량주의 특징은 고체발효하는 것으로 수분함량을 65% 이하로 첨가하므로 물을 160% 이상 첨가하는 액체발효에 비하여 강렬한 향을 부여한다(Bae SM 2003). 국내에서도 1970년대 3개의 고량주 제조회사에서 생산하였으나 1990년대 모두 폐업하여 제조공정에 대한 비법이 모두 소실된 상태이다. 이에 국내 육성 품종인 청풍수수를 이용하여 고체발효한 다음 증류주의 제조 특성에 대하여 살펴보았다. 원료사용량과 발효방법 등은 중국의 고량주 제조회사(팔보령주창, 요녕성, 중국)로부터 자문을 받을 수 있었다. 증류방법에 있어서 삼압증류방식은 중고비점 성분이 많이 유출되고 탄취, 유취, 고미, 곡자취, 곡류취 등 특성을 가지고 있다(In HY 등 1995). 반면, 감압증류는 증류주의 가열취 및 탄내가 적고 휘발성이 큰 향기 성분이 유지된다는 특징이 있다(Choi SJ 등 2004). 따라서 본 논문에서

* Corresponding author : Han-Seok Choi, Tel: +82-63-238-9321, Fax: +82-63-238-9329, E-mail: coldstone@korea.kr

는 고체발효 술덧을 제조 후 상압과 감압 증류방식으로 증류한 증류주의 특성을 보았다.

재료 및 방법

1. 재료 및 사용균주

본 실험에 사용한 고체발효 술덧의 원료인 수수는 충남지역에서 재배된 청풍수수를 사용하였으며, 누룩은 산성누룩(Kumjung-gu, Busan, Korea)을 사용하였다. 효모는 실험실에서 분리하여 보관 중인 *Saccharomyces cerevisiae* N9(Choi HS 등 2004; Ahn BH 등 2014)을 YPD배지(BD Difco, New Jersey, USA)에 접종하고 30°C에서 48시간 전배양 한 후 사용하였다.

2. 고체술덧 제조

수수를 물밀(Kyungchang, Seoul, Korea)을 사용하여 1.5 mm 이하로 거칠게 분쇄하였다. 분쇄된 수수에 40%의 물을 첨가하고 30분간 방치한 후 수수의 40%(w/w)되는 왕겨를 혼합한 다음 스팀으로 100°C에서 40분간 증자하였다. 증자 후 25°C 이하로 냉각하고, 수수와 왕겨 혼합물 무게에 대하여 10%의 누룩, 1%의 효모, 50%의 물을 첨가하였다. 혼합물을 사각 용기에 담아 수분이 증발하지 않도록 밀폐한 후 30°C로 조절된 발효실에서 14일 동안 발효하여 고체술덧을 제조하였다.

3. 증류주 제조

술덧 700 g을 상압 증류법과 감압 증류법(압력 110 mmHg)을 사용하여 증류하였다. 증류기의 구조는 중국 고량주 증류기를 참조하여(Ye H 등 2021) 고체발효 술덧 하단에 수증기가 공급되도록 제작하여 사용하였다. 증류기는 스팀발생부, 증류부, 냉각부의 3개 부분으로 구성하였다. 스팀발생부는 3

L 둥근바닥 플라스크에 1.5 L의 증류수를 넣은 다음 히팅맨틀(MS-DMB, Mtops Co., Yangju, Korea)로 가열하여 발생된 스팀이 증류부로 이동되게 하였다. 증류부는 바닥에 밸브가 부착된 3 L 반응조를 사용하였고 하단 3 cm 부근에 원형 타공판이 거치되도록 제작하였다. 타공판은 1 mm 직경의 구멍이 사방 2 mm 간격으로 있는 원형 플라스틱 타공판을 제작하여 사용하였다. 반응조내 타공판 위에 고체술덧을 넣고 상단은 수증기가 새지 않도록 유리 덮개로 막은 다음 밸브를 부착하여 수증기가 냉각부로 이동되게 하였다. 냉각부는 코일형 진공 냉각관과 하단에 밸브가 부착된 500 mL 메스실린더를 수직으로 연결시켜 사용하였다. 진공 냉각관의 상단에 밸브를 부착하여 진공펌프(V-700, Buchi Labortechnik AG, Flawil, Switzerland)를 연결시켰고 증류부에서 넘어온 스팀은 냉각관의 하단에 유입되도록 제작하였다. 냉각수조(LCC-R160, LabTech, Namyangju, Korea)를 이용하여 4°C 물이 냉각코일에 흐르도록 하여 증류액을 회수하였다. 냉각관에서 떨어지는 증류액의 알코올 농도는 초기 80% 이상의 농도이며 점차 낮아지는데 떨어지는 증류액의 알코올 농도를 수시로 측정하면서 10%가 될 때 증류를 종료하였다. 받아들인 증류액을 모아 증류주로 사용하였으며 받아들인 증류주의 알코올 함량을 Table 1에 나타내었다.

증류수율은 고체술덧에 함유된 순 알코올 함량 대비 받아들인 증류주의 순 알코올 함량을 백분율로 산출하였으며, 증류시간은 스팀을 고체술덧에 공급한 후 증류가 종료되는 시간으로 표현하였다. 이때 모든 용기와 고체 술덧은 상온 조건에서 실시하였다.

4. 이화학 성분 분석

고체술덧의 수분함량은 적외선수분측정기(JP/FD-720, Kett Engineering Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 고체술덧의 이화학적 특성은 술덧 10 g에 증류수를 넣어 1,000

Table 1. Comparison of distillation characteristics of sorghum mash prepared under two distillation methods through solid-state fermentation

Distillation method	Operation time (min)	Distillation yield (%)	Alcohol (%)	Volatile acidity (% acetic acid)	Furfural (OD 275)
Atmospheric (760 mmHg)	40	80.53	40.13±2.12	0.10±0.01	1.06±0.00
Vacuum (110 mmHg)	27	63.96	26.56±1.02	0.12±0.01	0.56±0.00
<i>t</i> -value	-	-	10.01	-2.83	612.02
<i>p</i> -value	-	-	0.004**	0.200	0.000***

All values are mean±S.D. (n=3). ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

mL를 정용하고 10분간 교반하였다. 이후 원심분리기(CR22N, Hitachi Co., Tokyo, Japan)로 8,000 rpm에서 20분간 원심 분리한 상등액을 국제청 주류분석규정(NTS Liquor Licence Aid Center 2010)을 준용하여 분석하였다.

알코올 함량은 알코올 측정계(DMA 101, Anton Paar Co., Graz, Austria)로 측정하였다. pH는 상등액 100 mL를 취하여 pH meter(Orion Star A214, Thermo scientific Co., MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

총산은 상등액 10 mL를 취하여 0.1% phenolphthalein (Sigma Chemical Co., MO, USA) 지시약 2-3방울 떨어뜨린 다음 0.1 N NaOH(Samchun, Seoul, Korea)로 중화 적정하였으며, 소비된 용액의 양을 acetic acid 함량으로 환산하여 표시하였다.

총아미노산은 상등액 10 mL에 0.1% phenolphthalein 시약을 2-3방울 넣고 0.1 N NaOH 용액으로 시료가 담홍색이 될 때까지 중화시킨 후 중성 formalin용액 5 mL를 첨가하였다. 여기에 0.1 N NaOH 용액으로 시료가 담홍색이 될 때까지 적정한 후 그 수치를 glycine 함량으로 표시하였다(Joung EJ 등 2004).

환원당은 상등액 10 mL를 Somogyi변법(Hatanaka C & Kobara Y 1980)에 준하여 정량한 후 glucose 함량으로 표시하였다. 총당은 200 mL 삼각플라스크에 고체술덧 10 g과 증류수 80 mL를 넣은 다음 25% HCl 10 mL를 첨가한 후 100°C 항온수조에서 2.5시간 동안 산 분해하였다. 냉각 후 10% NaOH 용액으로 미산성 될 때까지 중화하고 증류수를 사용하여 200 mL로 정용하였다. 여과지(Toyo No. 2, Advantec. Itami, Japan)로 여과하여 얻은 여액을 환원당과 동일한 방법으로 분석하였다.

5. 유기산 분석

고체술덧 10 g에 증류수를 넣어 1,000 mL로 정용하고 10분간 교반한 다음 원심분리(8,000 rpm, 20분)하여 상등액을 회수한 후 0.45 µm syringe filter(Nylon, Sartorius AG, Goettinge, Germany)로 여과하였다. 상등액 20 µL를 HPLC(LC-20A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)에 주입하였으며, post column방법을 사용하여 분석하였다. 분석용 column은 TSKgel ODS-100V(5 µm, 4.6 mm ID × 25.0 cm, Tosoh, Tokyo, Japan)를 사용하였다. 이동상은 8 mM perchloric acid(Sigma Chemical Co., MO, USA)를 이용하였으며, 유속은 1.0 mL/min, 칼럼오븐의 온도는 40°C로 하였다. 분석용 column을 통과한 시료는 검출기로 들어가기전 3-way 밸브에 연결시켰다. 밸브의 다른 한쪽은 0.2 mM bromothymol blue(Sigma Chemical Co., MO, USA), 15 mM Na₂HPO₄(Sigma Chemical Co., MO, USA), 7 mM NaOH 용액이 되도록 만들어진 반응

용액을 1.0 mL/min의 유속으로 흘렸다. 두 용액은 반응한 후 또 다른 한쪽은 밸브를 통해 검출기로 흘러 들어가고 UV 440 nm에서 검출하였다(Shin JY 등 2021).

6. 휘발성 성분 분석

술덧을 증류하여 얻은 증류주의 휘발성 향기성분은 Gas Chromatography(GC2010, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 분석하였다. 분석용 column은 Fused silica capillary 30 m × 0.32 mm id, 0.25 µm thickness(Supelco, Bellefonte Co., PA, USA)를 사용하였다. Column oven의 온도는 50°C(5분), 5°C/분 승온, 100°C(5분), 10°C/분 승온, 220°C(10분)로 프로그램 하였다. 운반가스(질소) 유속은 24.2 cm/초(linear velocity), split ratio는 50:1로 설정하였다. 주입기의 온도는 250°C, FID 검출기를 사용하였으며 온도는 280°C로 하였다. 증류주는 알코올 농도 25%가 되도록 물로 희석한 후 0.22 µm syringe filter(Nylon, Sartorius AG, Goettinge, Germany)로 여과하여 사용하였다.

7. 휘발산 및 Furfural 분석

휘발산은 알코올 농도 측정에 사용한 증류액 10 mL을 취한 후, phenolphthalein을 2-3방울 가하여 0.01 N NaOH용액으로 담홍색이 나타날 때까지 중화 적정하여 그때까지 소비된 NaOH의 양을 acetic acid로 환산하여 표시하였다(TSINTSA 2008). Furfural은 증류액을 2 mL 측정 시료 용기에 넣어 분광광도계(UV spectrophotometer, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 275 nm에서 흡광도를 측정하여 산출하였다(Lee JG 등 2015).

8. 통계처리

통계는 SPSS 프로그램(Version 12.0, SPSS, Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA) 후 유의차가 있는 항목에 대하여는 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 시료간의 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 고체술덧의 일반 특성

발효가 완료된 고체술덧의 일반특성은 Table 2와 같이 수분함량은 45.04%이었으며 pH 5.51, 알코올 함량은 4.59%로 조사되었다. 고체 발효물 1 kg은 수분 450 g, 제오라이트 275 g, 곡물 275 g(입국 92 g, 수수 183 g) 정도로 구성되어 있다. 일반적으로 입국의 전분 함량은 74%이고(Bae SM 2003) 수수의 전분함량은 71%(Sang Y 등 2008)이므로 곡물의 전분 함량은 198 g이다. 전분 1 kg당 이론적인 순알코올 생산량은

Table 2. Physicochemical properties of sorghum mash prepared through solid-state fermentation

Moisture (%)	pH	Alcohol (%)	Acidity (% acetic acid)	Amino acidity (% glycine)	Reducing sugar (%)	Total sugar (%)
45.04±0.21	5.51±0.03	4.59±0.01	0.09±0.00	0.15±0.00	6.21±0.13	15.48±0.00

All values are mean±S.D. (n=3).

0.715 L이므로(Bae SM 2003) 198 g당은 141.6 mL가 된다. 여기에 발효효율 80% 정도를(Kang SK 등 2006) 가정하면 11% 정도의 알코올 함량이 되어야 하나 4.59%의 낮은 함량으로 나타났다. 그 이유는 첫째, 고체발효물의 환원당이 6.21%이고 총당은 15.48%로 곡물의 전분이 환원당으로 분해되지 못했기 때문이다(Lee DH 등 2014). 둘째, 일반적인 액체발효물의 잔당 함량은 1% 미만(Choi JS 등 2018)이지만 고체술덧의 경우 6.21%로 높게 나타났다. 이는 효모의 환원당 이용이 원활하지 못했다는 것을 의미한다. 고체술덧의 pH가 5.51이고 알코올 함량도 낮아 pH나 삼투압에 의한 효소활성 억제나 효모의 대사 정지보다는 물리적인 발효 환경의 결과로 생각된다. 고체발효물은 액체발효와 달리 수분이 적어 누룩의 효소와 효모가 수수입자 발효물에 전체적으로 퍼지지 못하고 접촉된 부분을 중심으로 작용하고 발효되었기 때문으로 추정된다.

2. 고체술덧의 유기산 함량

고체술덧의 유기산 함량을 Table 3에 나타내었다. 함량을 살펴보면 acetic, succinic, ascorbic, propionic, malic, formic acid 순이었으며 lactic acid와 citric acid는 검출되지 않았다. Table 2에서 pH가 비교적 높고 알코올 함량도 낮아 젖산균의 증식을 예상하였으나 lactic acid가 검출되지 않았기 때문에 증식하지 않은 것으로 판단된다. 젖산균이 증식할 경우 lactic acid외에 diacetyl 등의 생성(Chen C 등 2017)으로 증류주에 이취를 부여할 수 있기 때문에 발효관리가 요구된다.

액체발효물의 유기산 함량(Choi JS 등 2018)은 acetic acid가 25.0~40.0 mg/100 mL, succinic acid가 110.0~130.0 mg/100 mL의 분포를 보이고 있다. 그러나 고체발효물의 경우 acetic acid 29.79, succinic acid 14.08 mg/100 mL가 존재하는 것으로 분석되어 succinic acid는 액체발효물에 비해 10배 이

상 낮았다. 술에 존재하는 유기산은 원료와 효모의 TCA 회로와 관련된 유기산 등이 주를 이룬다(Lee JG 등 2015). 유기산 함량이 액체발효에 비해 낮다는 것은 효모의 대사가 원활하지 못했다는 것으로 이해된다. 이러한 현상은 Table 2의 총산이 0.1%로 낮고 pH가 5.51로 높은 결과로 이어진다. 술덧에 함유되어 있는 다양한 유기산은 증류과정 중 발효과정에서 생성되는 다양한 알코올과 결합하여 ester 성분으로 전환되어 증류주의 다양한 향기성분으로 작용한다(Lee H 등 2007).

3. 증류 방법별 증류수율 비교

고체술덧의 증류방식에 따른 증류수율 및 증류시간을 Table 1에 나타내었다. 회수된 증류주의 알코올 함량은 상압과 감압이 각각 40.13과 25.56%로 1.57배 차이가 났다. 고체술덧에 대한 알코올 회수비율을 나타내는 증류수율은 각각 80.53과 63.96%로 상압증류의 수율이 1.26배 높았다. 증류수율의 경우 술덧의 알코올 함량이 낮을수록 낮아지는데 상압 증류에 있어 알코올 함량이 16%인 액체술덧의 증류수율이 93~96% 정도(Bae SM 2003)인 것에 비하여 고체술덧의 증류수율은 63.96%로 1.15배 이상 낮게 나타났다. 감압증류에 있어 증류수율이 낮은 이유는 열전달 환경에 영향을 받은 것으로 이해된다. 상압증류의 경우 공급된 스팀이 고체술덧의 하부에서 상부로 상승하는 동안 가열과 냉각이 반복되며 공급된 스팀이 응축되게 되고 이로 인해 수분함량이 증가되면서 열전달이 순차적으로 이루어진다(Cho HC 등 2013). 반면 감압증류는 펌프의 감압력에 의해서 스팀이 고체술덧 입자 사이의 공간이 넓은 곳으로 이동되면서 전체적으로 분산되지 못하기 때문으로 추정된다(Cho HC 등 2013). 이러한 결과로 상압증류와 감압증류의 증류시간은 각각 40분과 27분으로 감압증류가 1.48배 빨랐다.

Table 3. Organic acid content in sorghum mash prepared through solid-state fermentation

Organic acid concentration (mg/100 mL)							
Formic acid	Lactic acid	Acetic acid	Citric acid	Succinic acid	Malic acid	Propionic acid	Ascorbic acid
5.60±0.49	ND	29.79±0.75	ND	14.08±0.33	6.22±0.14	9.17±0.74	10.79±0.24

All values are mean±S.D. (n=3). ND: not detected.

휘발산은 상압과 감압이 각각 0.10과 0.12%로 큰 차이를 보이지 않았다. 유기산 중 휘발성이 있는 것은 acetic acid가 주요하나 이의 함량이(Table 3) 비교적 낮기 때문에 큰 영향이 없었던 것으로 해석된다. 이러한 휘발산은 증류주의 자극취와 관련이 있으며 일반적인 액체발효 증류주의 경우 0.1% 미만이 생성된다고 알려져 있다(Lee JG 등 2015). 탄내성분인 furfural의 함량에 대한 흡광도 값은 각각 1.06과 0.56로 상압증류에 있어 1.89배 높았다. Furfural은 술덧에 함유된 탄수화물(전분, 당분, 펜토산 등)의 가열 분해 시 산과 가열에 의해서 생성된다(Lee DH 등 2014). 알코올 함량이 25%로

조절된 쌀 소주의 경우 상압과 감압의 furfural 함량은 각각 0.18과 0.11 mg/100 mL이며(Lee JG 등 2015), 고체발효 증류주인 마이타이주의 furfural 함량은 8.0 mg/100 mL(Bae SM 2003)로 감압보다는 상압에서 높고 액체보다는 고형분 함량이 높은 고체발효 증류주에 많이 함유되어 있다.

4. 휘발성 향기성분

알코올 함량이 25%로 조절된 고체발효 증류주의 주요 휘발성 성분을 분석한 결과를 Table 4에 나타내었다. 향기성분의 총량은 상압증류가 711.65, 감압증류는 321.81 mg/L로 상

Table 4. Contents of volatile compounds in the distillate(alcohol 25%, v/v) of sorghum mash obtained through the two distillation methods

Compounds	Concentration (mg/L)			
	Distillation method		<i>t</i> -value	<i>p</i> -value
	Atmospheric (760 mmHg)	Vacuum (110 mmHg)		
Acetaldehyde	92.97±2.03	69.42±0.24	-19.96	0.000***
Ethyl acetate	210.77±2.23	87.90±0.30	-29.42	0.000***
Ethyl butyrate	176.50±1.57	164.49±0.14	-13.18	0.005**
Ethyl caproate	231.41±1.41	ND	-32.98	0.000***
Ethyl lactate	ND	ND	-	-
Ethyl palmitate	ND	ND	-	-
Ethyl nonanoate	4.26±0.18	1.86±0.03	-22.15	0.000***
Acetic acid	16.28±0.34	20.22±0.67	9.03	0.003**
Propionic acid	ND	ND	-	-
Butyric acid	48.99±0.20	ND	-418.02	0.000***
Isovaleric acid	ND	ND	-	-
Valeric acid	ND	ND	-	-
Hexanoic acid	ND	ND	-	-
α-Terpineol	ND	ND	-	-
Linalool	12.12±0.37	5.79±0.17	-26.84	0.000***
Nerol	ND	ND	-	-
Geraniol	ND	ND	-	-
β-Damascenone	ND	ND	-	-
1-Butanol	ND	ND	-	-
1-Propanol	168.87±0.94	157.21±0.14	-21.24	0.002**
3-Methyl-1-butanol	260.63±3.09	218.01±1.51	-10.18	0.000***
Methyl mercaptan	6.62±0.38	10.02±0.37	11.114	0.000***
Furfural	15.95±0.81	25.88±2.19	7.381	0.002**

All values are mean±S.D. (n=3). ND: not detected. ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

압증류가 감압증류보다 2.21배 높게 나타났다.

Acetaldehyde는 과일향이나 녹색풀과 같은 향을 가지고 있으며(Yi HC 등 2010), 90%의 사람이 인지할 수 있는 역치 값이 83 mg/L(Oishi M 등 2013)로 높아 강력한 향을 나타내지 않는다. 다만, 안전성의 문제로 국내에서는 소주, 위스키, 브랜디, 일반 증류주에 700 mg/L 이하로 제한하고 있다(So MH 1999). 고체발효 증류주의 경우 상압에서는 92.97 mg/L로 역치 이상으로 함유되어 있던 반면 감압증류주는 69.42 mg/L로 역치 이하인 것으로 조사되었다.

Ethyl acetate는 사과와 유사한 과일향을 가지고 있어 증류주에 긍정적인 영향을 미치는 향(Lee JG 등 2015)이나 90% 인지 역치 값이 360 mg/L(Oishi M 등 2013)로 높은 함량으로 존재하여야 느낄 수 있다. 상압과 감압 고체발효 증류주의 함량은 각각 210.77과 87.90 mg/L로 역치 이하로 함유되어 있었으나 액상발효 쌀 소주의 25 mg/L(Lee JG 등 2015) 보다는 3.5~8.4배 높은 농도이다.

Ethyl butyrate와 ethyl caproate는 고량주의 특징적인 향으로 파인애플향을 부여하며 각각의 분별역치 값은 0.4와 0.2 mg/L(Lee JG 등 2015)로 매우 강한 향을 가지고 있다. 상압과 감압증류에 따른 ethyl butyrate의 함량은 각각 176.5와 164.49 mg/L로 큰 차이가 없었으나 ethyl caproate의 함량은 231.14 mg/L와 불검출로 큰 차이를 보였다. 이는 ethyl butyrate의 끓는점은 121℃이고 ethyl caproate의 끓는점은 168℃로 높기 때문에 감압증류에서 함량이 낮은 것으로 판단된다(Yi HC 등 2010). 한편, 이들 성분이 쌀 소주 0.1~0.6 mg/L(Lee JG 등 2015) 대비 200배 이상 높았기 때문에 고체발효는 액체발효에 비하여 강한 향을 가진 증류주 제조가 가능할 것으로 기대된다.

Acetic acid, butyric acid 등의 저급지방산 함량이 비정상적으로 높으면 야생 효모나 젖산균 등 세균에 오염되었을 가능성이 높고, 산패취나 불쾌취의 바람직하지 않은 향이 된다(Lee JG 등 2015). 상압증류 48.99 mg/L, 감압증류는 검출되지 않아 감압증류가 상압증류보다 이취가 약할 것으로 사료된다.

본 논문에서는 국산 수수 품종인 청풍을 사용하여 향미가 강한 증류주의 제조를 시도하여 수입 고량주의 국산화 가능성을 제시하였다. 그러나 원료의 이용성을 높이기 위한 발효 효율 개선과 이취를 억제하면서 증류효율을 높일 수 있는 후속 연구가 필요하다.

요 약

국내산 수수품종(청풍)을 고체발효하고 증류주 제조 특성에 대하여 조사하였다. 고체술덧의 수분함량은 45.04%이었

으며 pH 5.51, 알코올 함량은 4.59%이었다. 고체술덧의 유기산 함량은 acetic, succinic, ascorbic, propionic, malic, formic acid 순이었으며 acetic acid 29.79, succinic acid 14.08 mg/100 mL가 함유되어 있었다. 고체술덧의 증류수율은 상압과 감압방식에서 각각 80.53과 63.96%로 상압증류의 수율이 1.26배 높았고 증류속도는 감압방식이 1.48배 빨랐다. 탄내성분인 furfural의 함량은 각각 25.88과 15.95 mg/L로 상압 증류액이 1.89배 높았다. Acetaldehyde와 ethyl butyrate함량은 증류방법에 따라 큰 차이가 없었다. Ethyl acetate는 상압과 감압방식이 각각 210.77과 87.90 mg/L, ethyl caproate는 각각 231.14 mg/L와 불검출로 큰 차이가 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ015294)의 지원에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- Ahn BH, Kim HR, Kim JH, Kang HR (2014) Brewing yeast *Saccharomyces cerevisiae* 54-3 and brewed alcohol made there with. Korea Patent 20130016006.
- Bae SM (2003) Distilled *Soju* Manufacturing Technology. Bae Sang-myeon Liquor Research Institute Co., Ltd., Korea. pp 158-193.
- Choi JS, Park YD, Kim CW, Jeong ST (2018) Characteristics of *Yakju* fermented using different commercial yeasts. Korean J Food Preserv 25(6): 715-721.
- Choi HS, Kim EG, Kang JE, Choi JH, Yeo SH (2004) 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.
- Cho HC, Kang SA, Choi SI, Chul C (2013) Quality characteristics of fruit spirits from a copper distillation apparatus. J Korean Soc Food Sci Nutr 45(5): 743-752.
- Chen C, Zhao S, Hao G, Yu H, Tian H, Zhao G (2017) Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavour: A review. Int J Food Prop 20(Sup1): S316-S330.
- Hatanaka C, Kobara Y (1980) Determination of glucose by a modification of Somogyi-Nelson method. Agric Biol Chem 44(12): 2943-2949.
- In HY, Lee TS, Lee DS, Noh BS (1995) Quality characteristics of *soju* mashes brewed by Korean traditional method. Korean J Food Sci Technol 27(1): 234-240.

- Joung EJ, Paek NS, Kim YM (2004) Studies on Korean *Takju* using the by-product of rice milling. *Korean J Food Nutr* 17(2): 199-205.
- Kang SK, Jang MJ, Kim YD (2006) Isolation and culture conditions of *Acetobacter* sp. for the production of citron (*Citrus junos*) vinegar. *Korean J Food Preserv* 13(3): 357-362.
- Korea Customs Service (KCS) (2021) Statistics on Trade, Import and Export Trade Statistics. <https://unipass.customs.go.kr> (accessed on 22. 12. 2021)
- Korean Statistical Information Service (KOSIS) (2021) Liquor Tax Return. <https://kosis.kr> (accessed on 8. 11. 2021)
- Lee DH, Jung JW, Lee YS, Seo JS (2014) Fermentation characteristics for preparation of distilled liquor made of mixed grains. *Korean J Food Sci Technol* 46(4): 446-455.
- Lee JG, Moon SH, Bae GH, Kim JH, Choi HS, Kim TW, Jeong C (2015) Distilled Spirits. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Korea Agro-Fisheries and Food Trade Corp & Kwang-moon Kag, Korea. pp 368-409.
- Lee H, Lee TS, Noh BS (2007) Volatile flavor components in the mashes of *takju* prepared using different yeast. *Korean J Food Sci Technol* 39(6): 593-599.
- Lee DH, Lee YS, Cho CH, Park IT, Kim JH, Ahn BH (2014) The qualities of liquor distilled from *Ipguk* (koji) or *Nuruk* under reduced or atmospheric pressure. *Korean J Food Sci Technol* 46(1): 25-32.
- NTS Liquors Licence Aid Center (2010) Analysis of Alcoholic Beverages. National Tax Service, Korea. p 79.
- TSINTSA (2008) Alcoholic Liquors Quality Technic of Field. Technical Service Institute, National Tax Service Administration, Seoul, Korea. pp 1-343.
- Oishi M, Nekogaki K, Kajiwara Y, Takashita H, Shimoda M, Okazaki N (2013) Sensory attributes and classification of odor compounds in barley-shochu. *J Brew Soc Japan* 108(2): 113-121.
- Shin JY, Kang HY, Jeong ST, Seo HR, Kang CS, Choi HS (2021) Characteristics of distillation fractions obtained by various methods for the distillation of solid-state fermented mash by adding dried milk. *Korean J Food Preserv* 28(7): 958-967.
- Sung MH, Kwon DH (2011) Survey on the Distribution of Minor Cereals. Korea Rural Economic Institute. Policy Research Report, Korea. p 20.
- Sang Y, Bean S, Seib PA, Pedersen J, Shi Y (2008) Structure and functional properties of sorghum starches differing in amylose content. *J Agric Food Chem* 56(15): 6680-6685.
- So MH, Lee YS, Noh WS (1999) Changes in microorganism and main components during *Takju* brewing by a modified *Nuruk*. *Korean J Food Nutr* 12: 226-232.
- Yun GS, Lee JW, Hwang SG, Kim IJ, Hong ST, Choe ME, Kim HS (2019) 'Cheongpung'-early maturing sorghum (*Sorghum bicolor* L.) variety with high yield and machine harvesting-adaptability. *Korean J Breed Sci* 51(4): 434-439.
- Ye H, Wang J, Shi J, Du J, Zhou Y, Huang M, Sun B (2021) Automatic and intelligent technologies of solid-state fermentation process of *baijiu* production: Applications, challenges, and prospects. *Foods* 10: 680.
- 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(6): 880-886.

Date Received Jan. 3, 2022

Date Revised Feb. 9, 2022

Date Accepted Feb. 14, 2022