

누룩 종류를 달리하여 담금한 탁주 발효과정중 술덧의 품질특성

한은혜 · 이택수 · 노봉수 · 이동선*
서울여자대학교 식품·미생물공학과, *화학과

Quality Characteristics in Mash of *Takju* Prepared by Using Different *Nuruk* during Fermentation

Eun-Hey Han, Taik-Soo Lee, Bong-Soo Noh and Dong-Sun Lee*

Department of Food and Microbial Technology, *Department of Chemistry, Seoul Women's University

Abstract

The characteristics of mash qualities of *takju* prepared by using different *nuruk* (Korean-style bran koji) such as *Mucor racemosus nuruk*, *Rhizopus japonicus nuruk*, *Aspergillus oryzae nuruk*, *Aspergillus kawachii nuruk* and traditional *nuruk* were investigated during fermentation. At the beginning of fermentation, ethanol content was in the range of 2.0~3.0%. However, it increased to 8.2~12.6% after 16 days of fermentation. *Takju* made from *Rhizopus japonicus nuruk* showed higher ethanol content than treated otherwise. pH of *takju* made from *Rhizopus japonicus nuruk* showed higher value than the others. Total acids were 0.15~0.20% at the beginning of fermentation, and it increased to 0.086~1.57% after 16 days of fermentation. Total sugar were 16.64~17.62% at the beginning of fermentation, but decreased to below 7.00% after 16 days of fermentation. *Rhizopus japonicus nuruk* showed the lowest level of total sugar content. Except ethanol, iso-amyl alcohol and iso-butyl alcohol were major part of minor alcohol in the mash of *takju*. Higher concentration of iso-amyl alcohol, iso-butyl alcohol and *n*-propyl alcohol were found in the mash of *Rhizopus japonicus nuruk* whereas the level of phenylethyl alcohol was high in the mash of traditional *nuruk*. Fusel oil was 0.002~0.411 mg/mL during fermentation.

Key words: *takju*, fermentation, mash, quality, minor alcohol, fusel oil

서 론

우리나라의 전통적인 주류는 탁주, 약주, 소주, 재제 주 등 여러 종류의 술이 있으나 이 중 탁주는 감미 산미, 신미, 고미, 삼미의 오미가 고루 조화되어 있으며 특유의 지미와 청량미를 지닌 우리 고유의 발효주이다^(1,2). 탁주는 생효모나 비타민 B군을 비롯한 lysine, leucine 등의 필수아미노산 및 glutathione을 함유하여 영양가가 풍부한 주류로 알려져 있다^(3,5). 전통 재래의 탁주나 약주는 주로 찹쌀이나 멥쌀을 원료로 하고 누룩을 발효제로 양조하여 왔는데^(1,2,6) 1964년 공포된 양곡관리법에 의하여 약·탁주 원료로서 쌀 사용을 금지하였으므로 소맥분을 이용한 탁주가 제조되었고 그 후 보리쌀, 옥수수, 고구마 등의 원료도 탁주제조에 사용하여 왔다^(1,2,7). 한편, 밀의 생산이 부족한 지방에서

는 밀에 보리, 옥수수, 콩, 팥, 귀리, 호밀을 섞어 제조하기도 하였다^(1,2). 곡류의 주성분인 전분질은 당분으로 전환시켜 술을 제조하므로 미생물이 생성하는 효소가 필요하며 그 발효원은 누룩이다⁽¹⁾. 누룩은 제조방법에 따라 자연 중에 존재하는 미생물이 번식되어 만들어진 재래누룩과 살균한 전분질 원료에 *Aspergillus kawachii*, *Aspergillus oryzae* 등의 순수배양균을 접종하여 만드는 개량 누룩으로 분류된다^(1,2,6). 재래누룩은 누룩 중에 생육하는 여러 균주의 조성에 의해 양조되므로 탁주의 풍미가 다양하며, 개량누룩은 술덧의 안전한 발효와 잡균오염이 방지되어 품질이 균일한 술이 제조되는 특색이 있다⁽⁷⁾.

품질면에서 누룩의 직경이 너무 작으면 수분이 쉽게 발산하여 균의 침투가 불량하고 숙성도 불량하게 되며 너무 얇으면 단시일에 숙성되어 빛깔은 좋으나 향미가 저하되고 주박이 많아 술량이 적어진다. 탁주 제조에는 거칠게 부순 밀로 만든 조곡이 주로 이용되며 권장되는 누룩의 크기는 일반적으로 3.2 kg의 탁주

Corresponding author: Taik-Soo Lee, Department of Food and Microbial Technology, Seoul Women's University, 126 Kongsung-dong, Nowon-gu, Seoul 139-774, Korea

용의 조곡은 두께가 32×3.6 cm, 1.6 kg 일 때는 24×3.3 cm이다⁽⁶⁾. 시판 누룩은 20×5 cm의 원형이 가장 많으며, 누룩의 무게는 270 g~1,150 g으로서 이 중 800~850 g의 누룩이 많다고 보고되어 있다⁽⁹⁾.

우리고유의 주류인 탁주에 대하여 탁주의 원료⁽¹⁰⁻¹⁴⁾, 제조법⁽¹⁵⁻¹⁸⁾, 미생물⁽¹⁹⁻²³⁾, 효소^(17,20,24), 성분⁽²⁵⁻³⁰⁾ 등에 관한 많은 연구보고가 있으며 또한 탁주제조에 대한 연구^(8,31,32)와 누룩의 미생물에 관한 연구 등⁽³³⁻³⁶⁾이 있다. 탁주는 발효 과정 중 주로 미생물의 효소 작용에 의한 당분, 아미노산, 유기산의 맛 성분과 효모나 젖산균 등 미생물의 알코올 발효로 생성되는 휘발성 풍미 성분이 색과 조화로 품질이 결정된다. 탁주의 품질 중 누룩의 영향이나 중요성이 크나 현재까지 누룩의 종류를 달리하여 담금한 탁주의 품질 특성이나 향기성분에 대한 연구보고는 미약하다. 최근 경제 발전과 더불어 식생활 수준의 향상으로 술의 기호도가 고급화나 다양화되고 있으며 또한 외국주류의 수입개방으로 민족 전통 주류의 경쟁력이 약화되고 있는 실정이다. 따라서 양질의 누룩, 물 및 원료로 품질의 향상을 통한 고품질의 탁주제조와 보호 육성이 요망된다.

본 연구는 탁주용 누룩의 종류에 따른 탁주의 품질 특성과 휘발성 향기 성분을 규명하여 탁주 품질의 표준화와 과학화를 위한 기초자료를 얻고자 수행되었다. 본보에서는 밀을 원료로 *Mucor racemosus*, *Rhizopus japonicus*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus kawachii* 균을 사용하여 만든 개량누룩과 재래누룩으로 탁주를 담금하여 발효과정 중 각 탁주술덧의 품질 특성에 대하여 연구한 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

원료 및 균주

탁주 제조용 원료로 1995년산의 멥쌀을 시중에서 구입하였고, 누룩의 재료로써 국산 밀을 서울 경동시장에서 구입하였다. 누룩제조시 사용한 곰팡이 *Mucor racemosus* KCCM 12352, *Rhizopus japonicus* KCCM 11273, *Aspergillus oryzae* KCCM 11372, *Aspergillus kawachii* KCCM 32819와 주모 제조용 효모인 *Saccharomyces cerevisiae* 11350는 한국미생물보존센터에서 분양 받아 사용하였다.

누룩 및 주모 제조

통밀을 거칠게 파쇄한 것과 파쇄하지 않은 통밀을 10.3의 비율로 혼합한 다음 원료 밀에 대하여 40%의

물을 혼합하였다. 수분간 방치하여 물을 고르게 흡수시킨 후 800 g씩 포에 싸서 누룩 틀에 넣고 원형으로 성형하였다. 이와 별도로 멥쌀을 물에 12시간 침지하여 물을 뺀 다음 고압 증기 솥에서 121°C, 40분간 증자하고 30°C로 냉각시켜 *Mucor racemosus*, *Rhizopus japonicus*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus kawachii* 균주를 각각 접종한 후 5일간 배양하여 증곡을 제조해 두었다. 성형된 누룩 1개당 각 증곡 2 g을 표면 접종하였고 재래 누룩은 균을 접종하지 않았다. 이들 누룩을 25°C정도로 조절된 멸균된 배양실에서 각각 별도로 14일간 배양한 후 15일간 자연 건조시켜 담금용 누룩으로 사용하였다. 담금용 주모는 멥쌀 200 g을 세척하여 5시간 물에 침지한 후 물을 뺀 다음 고압 증기 솥에서 121°C, 40분간 증자하였다. 30°C로 냉각한 후 물 600 mL와 각 누룩 80 g 및 yeast extract-peptone-dextrose 액체배지에서 2일간 증식시킨 *Saccharomyces cerevisiae* 배양액 60 mL를 가하여 잘 혼합한 다음 25°C에서 2일간 발효하여 주모로 사용하였다.

탁주 담금 및 발효

멥쌀 2 kg을 5시간동안 물에 침지한 후 물을 뺀 다음 121°C에서 40분간 증자하고 30°C로 방냉하였다. 25 L들이의 유리병(24×24×35 cm)에 물 6 mL와 분쇄한 각 누룩 800 g을 혼합하여 미리 만들어 둔 수국에 냉각한 증자 멥쌀과 주모 600 mL를 가해 혼합시켜 24°C의 항온실에서 16일간 발효하였다.

성분 분석

발효 과정 중의 술덧을 2일 간격으로 채취하여 균질기로 균질화 하여 분석에 사용하였으며 주모를 넣을 때를 담금 일로 하여 분석하였다. 에탄올은 시료를 증류한 후 Gay-Lussac meter로 측정하였다. pH는 pH meter (Suntex, model sp-5A)로 측정하였고, 총산은 1% phenolphthalein을 지시약으로 하여 0.1 N NaOH용액으로 적정한 후 0.009을 곱하여 lactic acid로 표시하였다⁽³⁷⁾. 환원당은 시료 자체를 총당은 2.5% HCl로 가수분해한 후 Somogyi 변법⁽³⁸⁾에 의해 정량하여 glucose 함량으로 표시하였다. 아미노태 질소는 Formol법⁽³⁹⁾으로 측정하였다. 고형분은 적외선 수분측정기(Yeasten, model YL-1)를 이용하여 측정하였다. 알코올 분석은 n-propyl alcohol, 2-methyl-1-propanol (isobutanol), 1-butanol, 3-methyl-1-butanol (isoamyl alcohol), n-amyl alcohol, n-hexyl alcohol, heptyl alcohol, benzeneethanol (phenylethyl alcohol) 등 8종의 알코올 동족체 표준 물질(Merck, analytical grade)을 각각 0.02 g씩 취해 10 mL 플라스

크에 넣고 혼합한 것을 탈이온수로 정용한 다음 methylene chloride 5 mL로 2회 추출한다. 추출액 1.0 μ L를 GC (GC 17A, Shimadzu)에 주입하여 표준물질 크로마토그램을 구하였다. 이와 별도로 cyclohexanol 0.02 g을 내부 표준물질로 가한 시료 10 mL를 같은 방법으로 처리한 후 추출액 1.0 μ L를 GC에 주입하여 미량 알코올을 정량하였다. GC의 작동조건은 CBP-20 column (PEG fused silica capillary column)을 사용하여 35°C에서 40°C까지 분당 1.5°C/min, 200°C까지 분당 8°C/min의 속도로 오븐온도를 상승시켰다. 주입기와 검출기의 온도는 220°C이었고 carrier gas로는 N₂ (1 mL/min)을 사용하였다.

결과 및 고찰

에탄올

누룩 종류를 달리하여 담금한 탁주 술덧의 발효 과정 중 에탄올 함량은 Fig. 1과 같다. 탁주의 담금시 주모에서 유래되어 담금 직후에 에탄올은 2.0~3.0%의 함량을 보였다. 발효 2일에 6.3~9.3%로 모든 시험구가 급격히 증가되었고 이 후 완만하게 증가되어 발효 16일에 8.2%~12.6%로 최대치에 달하였다. 본 실험의 결과는 탁주⁽³⁹⁾, 진도 홍주⁽⁴⁰⁾, 소곡주⁽⁴¹⁾ 등의 발효과정 중 에탄올 변화와 대체로 부합되었다. 시험구별 에탄올 함량은 *Rhizopus japonicus* 누룩구, 재래누룩구, *Aspergillus kawachii* 누룩구, *Aspergillus oryzae* 누룩구, *Mucor racemosus* 누룩구의 술덧 순으로 높은 경향을 보였다. 특히 발효 16일에 *Rhizopus japonicus* 누룩구

는 12.6%로 *Mucor racemosus* 누룩구 술덧의 8.5%보다 4.1%나 에탄올 함량이 높았다. 또한 재래누룩구 술덧은 에탄올 함량이 11.5%를 보여 *Rhizopus japonicus* 누룩구 다음으로 높았다. 담금 후 누룩 중의 amylase 작용으로 전분질이 당분으로 분해되면서 효모발효로 일정기간까지 탁주 술덧 중의 에탄올 함량은 상승되었다. 탁주 담금에 사용하는 누룩의 효소력이나 술덧중에 생육하는 효모의 활성도가 상이하어 탁주 술덧 중의 에탄올 함량도 차이를 보인 것으로 본다.

본 실험의 결과로 담금 초기에는 에탄올 함량이 차이가 없으나 발효기간이 경과하면서 탁주 담금에 사용하는 누룩 종류에 따라 에탄올 함량이 차이를 보이므로 주질이나 향미 특성을 고려하여 적합한 누룩으로 탁주를 제조함으로써 품질을 개선시킬 수 있다고 추측된다.

pH 및 총산

발효과정 중 탁주 술덧의 pH 및 총산은 Fig. 2와 3과 같다. 담금직후 pH 4.85~5.50 이었으나 발효 2일에 2.92~3.45로 현저히 저하되었다. 정확한 이유는 알 수 없으나 4일에 3.30~3.96으로 완만히 증가한 후 큰 변화가 없었다. 시험구별로 보면 담금직후에는 *Rhizopus japonicus* 누룩구 술덧이 pH 5.50로 시험구 중 가장 높았고, *Aspergillus oryzae* 누룩구 술덧이 pH 4.85로 가장 낮았다. 2일 후에는 발효기간에 따라 다소 차이가 있으나 *Rhizopus japonicus* 누룩구, 재래누룩구, *Aspergillus oryzae* 누룩구, *Aspergillus kawachii* 누룩구, *Mucor racemosus* 누룩구의 술덧 순으로 높은

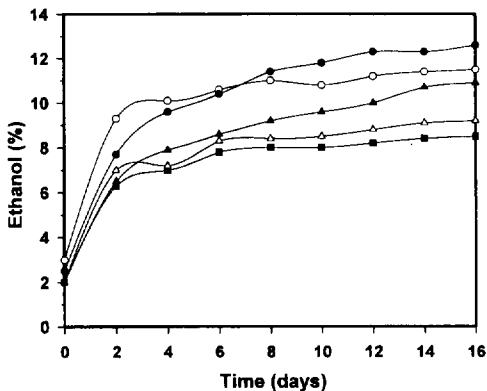


Fig. 1. Ethanol contents of takju during fermentation. ○—○: Takju made from traditional nuruk (Korean-style bran koji), ■—■: Takju made from *Mucor racemosus* nuruk, ●—●: Takju made from *Rhizopus japonicus* nuruk, △—△: Takju made from *Aspergillus oryzae* nuruk, ▲—▲: Takju made from *Aspergillus kawachii* nuruk.

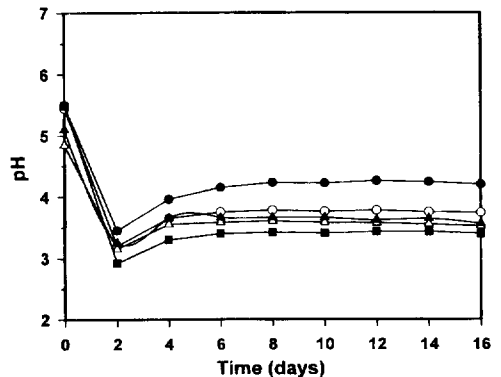


Fig. 2. The pH of takju during fermentation. ○—○: Takju made from traditional nuruk (Korean-style bran koji), ■—■: Takju made from *Mucor racemosus* nuruk, ●—●: Takju made from *Rhizopus japonicus* nuruk, △—△: Takju made from *Aspergillus oryzae* nuruk, ▲—▲: Takju made from *Aspergillus kawachii* nuruk.

경향을 보였다.

총산은 담금 직후에 0.15~0.20% 범위였으나 발효 2일에 0.61~1.05%로 크게 증가하였고 이후 완만히 증가하여 16일에 0.86~1.57%로 나타났다. 총산은 담금 직후 *Aspergillus oryzae* 누룩구 술덧이 0.20%로 가장 높았고 *Aspergillus kawachii* 누룩구 술덧은 0.15%로 가장 낮았다. 4일후는 *Mucor racemosus* 누룩구, *Aspergillus oryzae* 누룩구, *Aspergillus kawachii* 누룩구, 재래 누룩구, *Rhizopus japonicus* 누룩구 술덧의 순으로 높았다. 발효 16일의 *Mucor racemosus* 누룩구 술덧의 총산은 1.57%로 가장 낮은 *Rhizopus japonicus* 누룩구 술덧의 0.85%와는 0.72% 차이를 보였다. 이것은 누룩에서 유래되는 유기산 생성력의 차이가 그 원인으로 본다. 담금 직후의 총산은 주로 누룩이나 원료에서 유래되나 발효가 진행되면서 술덧 중의 효모나 젖산균 등의 미생물 작용으로 생성된 각종 유기산^(19,42)들이 가산되므로 총산의 함량이 증가한 것으로 추측된다. 곡자 단용으로 탁주 제조시 발효 초기에 유기산 생성이 적었으나 발효 후기에 급격히 증가하였다는 보고⁽⁴³⁾와는 달리 본 실험에서는 발효 초기에 급격히 증가하였다. 탁주 술덧 발효 과정 중 *Mucor racemosus* 누룩 술덧은 pH가 낮고 총산이 높으며, *Rhizopus japonicus* 누룩구 술덧은 pH가 높고 총산이 낮은 특색을 보여 사용하는 누룩에 따라 탁주의 풍미나 산미에서 품질 차이가 예상된다.

아미노태 질소

발효과정 중 탁주 술덧의 아미노태 질소는 Fig. 4와

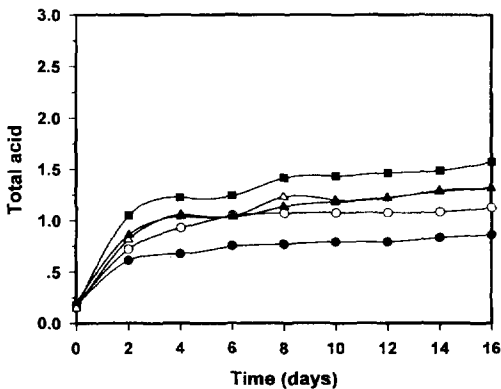


Fig. 3. Total acid of takju during fermentation. ○—○: Takju made from traditional nuruk (Korean-style bran koji), ■—■: Takju made from *Mucor racemosus* nuruk, ●—●: Takju made from *Rhizopus japonicus* nuruk, △—△: Takju made from *Aspergillus oryzae* nuruk, ▲—▲: Takju made from *Aspergillus kawachii* nuruk.

같다. 담금 직후 0.34~0.45%였으나 발효 과정 중 증가 경향을 보여 발효 16일에 0.84~1.48%로 나타났다. 이와 같은 결과는 탁주 술덧 중의 아미노태 질소가 발효 기간 중 증가하였다는 보고와 대체로 부합되었다^(19,20,42). 원료인 쌀과 누룩 중에 함유된 단백질이 누룩이나 발효과정 중 미생물이 생산하는 acid protease와 peptidase 등의 효소 작용으로 분해되어, 아미노태 질소가 생성되며 탁주의 감칠맛에 영향을 준다. 아미노태 질소의 함량은 최대치를 보인 16일에 *Rhizopus japonicus* 누룩구 술덧이 1.48%로 많았고, *Mucor racemosus* 누룩구 술덧이 0.95%로 적었다. 본 실험 결과로 보아 탁주의 아미노태질소 함량은 시험구간에 차이가 근소하였다.

총당 및 환원당

발효 과정 중 탁주 술덧의 총당 및 환원당은 Fig. 5와 6과 같다. 총당 함량은 담금 직후에는 16.64~17.62%였고 발효 2일에 5.98~8.86%로 많이 감소하였다. 이후 완만하게 감소하여 발효 16일에 2.38~5.27%로 나타났다. 발효 4일 후에 *Mucor racemosus* 누룩구, *Aspergillus oryzae* 누룩구, *Aspergillus kawachii* 누룩구, 재래누룩구, *Rhizopus japonicus* 누룩구의 술덧순으로 총당 함량이 높았다. 환원당의 함량은 담금 직후 4.62~5.63%였고 발효 2일에는 1.57~1.88%로 급격히 감소하여 16일에는 0.45~0.74%로 나타났다. 4일 이후로 *Mucor racemosus* 누룩구, *Aspergillus oryzae* 누룩, *Aspergillus kawachii* 누룩구, 재래 누룩구, *Rhizopus japonicus* 누룩구 순으로 환원당 함량이 높았다. 이러한 결

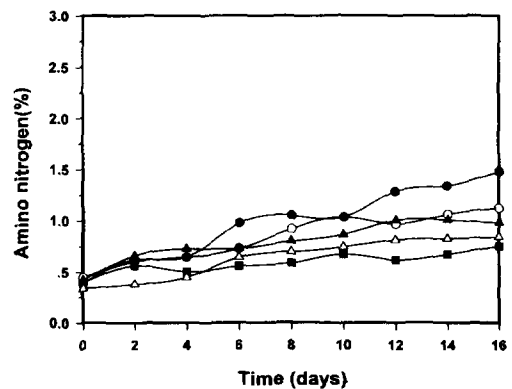


Fig. 4. Amino nitrogen contents of takju during fermentation. ○—○: Takju made from traditional nuruk (Korean-style bran koji), ■—■: Takju made from *Mucor racemosus* nuruk, ●—●: Takju made from *Rhizopus japonicus* nuruk, ●—●: Takju made from *Aspergillus oryzae* nuruk, △—△: Takju made from *Aspergillus oryzae* nuruk, ▲—▲: Takju made from *Aspergillus kawachii* nuruk.

과는 *Rhizopus japonicus* 누룩구의 에탄올 함량이 높고 *Mucor racemosus* 누룩구의 술덧에서 에탄올 함량이 낮은 사실과 부합되었다. 탁주중 당은 탁주의 향기와 감미에 영향을 주는 주요성분이다. 본 실험 결과로 볼 때 *Mucor racemosus* 누룩구가 타시험구보다 감미가 강한 술덧으로 추측된다.

고형분

발효과정 중 탁주 술덧의 고형분은 Fig. 7과 같다. 담금 직후 17.4~21.4% 였으나 발효 2일에 9.6~13.4%로 감소하였고 발효 16일에는 6.8~9.8%로 나타났다.

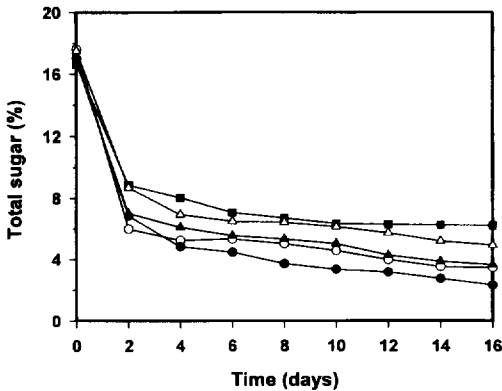


Fig. 5. Total sugar contents of takju during fermentation. ○—○: Takju made from traditional nuruk (Korean-style bran koji), ■—■: Takju made from *Mucor racemosus* nuruk, ●—●: Takju made from *Rhizopus japonicus* nuruk, △—△: Takju made from *Aspergillus oryzae* nuruk, ▲—▲: Takju made from *Aspergillus kawachii* nuruk.

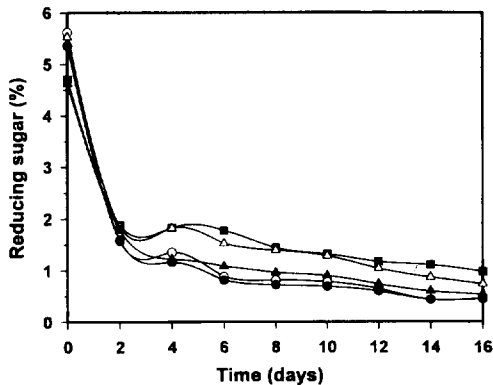


Fig. 6. The reducing sugar contents of takju during fermentation. ○—○: Takju made from traditional nuruk (Korean-style bran koji), ■—■: Takju made from *Mucor racemosus* nuruk, ●—●: Takju made from *Rhizopus japonicus* nuruk, △—△: Takju made from *Aspergillus oryzae* nuruk, ▲—▲: Takju made from *Aspergillus kawachii* nuruk.

발효기간의 경과에 따라 당분, 질소 화합물 등이 술덧 중의 미생물 영양원이나 발효 기질로 이용되어 고형분이 감소된 것으로 본다. 고형분의 함량은 담금직후에는 재래 누룩구에서 21.4%로 가장 높았고, *Rhizopus japonicus* 누룩구의 술덧에서 17.40%로 낮게 나타났다. 발효 12일 이후는 *Mucor racemosus* 누룩구가 9.8%로 가장 높았고 *Rhizopus japonicus* 누룩구의 술덧이 6.8%로 가장 낮았다. 고형분 함량이 낮은 *Rhizopus japonicus* 누룩구에서 이 기간 중 술덧의 당분이 크게 감소되었고 에탄올 함량이 가장 높았던 사실과 대체로 부합되었다. 고형분은 탁주의 조화미에 영향을 주므로 함량이 다소 높은 것이 품질 면에서 유리하다. 따라서 본 실험 결과로 보면 *Mucor racemosus* 누룩구 술덧이 맛의 면에서 다소 유리하고 *Rhizopus japonicus* 누룩구 술덧이 다소 떨어지는 것으로 추측된다.

알코올 성분

누룩 종류를 달리하여 담금한 탁주의 발효과정중 술덧의 알코올을 가스크로마토그래피로 분석한 결과는 Table 1과 같다. Ethanol을 제외한 탁주술덧의 알코올 성분 중 methanol, *n*-propyl alcohol, *iso*-butanol, 1-butanol, *iso*-amyl alcohol, *n*-amyl alcohol, *n*-hexyl alcohol, heptyl alcohol, phenylethyl alcohol 등 9종의 알코올을 정량하였다. Methanol, *iso*-amyl alcohol과, phenylethyl alcohol은 담금직후부터 모든 탁주 술덧에 검출되었으나 *n*-propyl alcohol, *iso*-butyl alcohol, *n*-heptyl alcohol은 2일부터 모든 시험구에서 검출되었

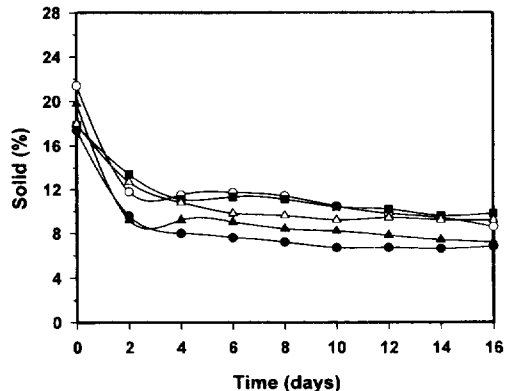


Fig. 7. Changes in solid contents of takju during fermentation. ○—○: Takju made from traditional nuruk (Korean-style bran koji), ■—■: Takju made from *Mucor racemosus* nuruk, ●—●: Takju made from *Rhizopus japonicus* nuruk, △—△: Takju made from *Aspergillus oryzae* nuruk, ▲—▲: Takju made from *Aspergillus kawachii* nuruk.

다. *n*-Butyl alcohol은 발효 16일에 재래누룩구와 *Aspergillus oryzae* 누룩구 술덧에서, *n*-amyl alcohol은 재래 누룩구 술덧에서만 각각 검출되었다. *Iso*-amyl alcohol은 발효 과정 중 대체로 증가하는 경향을 보였으며 발효 16일에 0.098~0.240 mg/mL로 ethanol을 제외한 알코올 중 함량이 가장 높았다. 시험구 별로는 *Rhizopus japonicus* 누룩구에서 높았고, *Mucor racemosus* 누룩구 술덧에서 낮았다. *Iso*-butyl alcohol은 16일 후 0.051~0.129 mg/mL로서 *iso*-amyl alcohol 다음으로 높았으며 *Rhizopus japonicus* 누룩구의 술덧에서 타시험구보다 높은 것으로 나타났다. Methanol은 0.001~0.113 mg/mL 범위로 발효과정중 증가하는 것으로 나타났으며 *Mucor racemosus* 누룩구 술덧이 높은 것으로 나타났다. *n*-Propyl alcohol은 0.014~0.042 mg/mL 범위로 발효과정중 대체로 증가하였고 *Rhizopus japonicus* 누룩구 술덧이 높았다. Phenylethyl alcohol은 0.001~0.070 mg/mL로 대부분의 시험구에서 증가 경향을 보였고 재래누룩구 술덧이 다소 높은 경향을 보였다. *n*-Hexanol은 발효 기간에

따라 시험구에서 검출되었으나 타 알코올보다 비교적 함량이 낮았다. 이 등⁽³⁹⁾은 원료를 달리하여 담금탁주에서 8종 미량알코올 성분을 분석한 결과 *iso*-amyl alcohol이 함량면에서 가장 높고 발효과정 중 대부분의 시험구에서 검출된 알코올로는 *iso*-amyl alcohol과 *n*-heptanol이라 보고하였으나 누룩 종류를 달리한 본 실험 탁주에서는 *n*-propyl alcohol, *iso*-butanol, *iso*-amyl alcohol, *n*-hexyl alcohol, heptyl alcohol, phenylethyl alcohol 등이 발효전 과정을 통하여 모든 시험구에서 검출되어 차이를 보였다. 우리나라 식품 첨가물 공전⁽⁴⁰⁾의 주류 규격에는 주류중 푸셀유 함량이 1 mg/mL이하로 규정되어 있는데 본 실험의 탁주에서는 0.002~0.411 mg/mL로 안전한 것으로 나타났다. 이상의 실험 결과로 보아 ethanol을 제외한 알콜류중 *iso*-amyl alcohol과 *iso*-butyl alcohol이 탁주 술덧의 주 성분이고, *Rhizopus japonicus* 누룩구에서 *iso*-amyl alcohol, *iso*-butyl alcohol, *n*-propyl alcohol의 함량이, 재래 누룩구에서는 phenylethyl alcohol의 함량이 각각 높음을 알 수 있었다. 따라서 발효과정 중 탁주 술덧

Table 1. Changes in minor alcohol contents of takju during fermentation

Experimental group ¹⁾	Incubation time (day)	Minor alcohol (mg/mL)									
		MeOH	<i>n</i> -Pro	<i>iso</i> -Bu	<i>N</i> -Bu	<i>iso</i> -Amy	<i>n</i> -Amy	<i>n</i> -Hex	<i>n</i> -Hep	Phen	Total (fusel oil)
A	0	0.010	-	-	-	0.003	-	-	-	0.001	0.004 (0.003)
	2	0.034	0.008	0.085	-	0.147	-	0.006	0.017	0.048	0.164 (0.093)
	8	0.035	0.023	0.092	-	0.172	-	0.021	0.025	0.058	0.219 (0.115)
	16	0.076	0.025	0.090	0.007	0.185	0.018	0.008	0.002	0.070	0.220 (0.115)
B	0	0.034	0.006	0.006	-	0.011	-	-	-	0.003	0.026 (0.073)
	2	0.062	0.011	0.055	-	0.096	-	0.003	0.096	0.022	0.198 (0.077)
	8	0.080	0.010	0.046	-	0.086	-	0.010	0.098	0.022	0.272 (0.142)
	16	0.113	0.014	0.053	-	0.098	-	0.022	0.093	0.024	0.304 (0.165)
C	0	0.039	0.018	0.013	-	0.022	-	-	-	0.003	0.056 (0.053)
	2	0.028	0.032	0.090	-	0.148	-	-	0.001	0.037	0.065 (0.270)
	8	0.027	0.037	0.114	-	0.195	-	0.002	0.005	0.048	0.401 (0.346)
	16	0.032	0.042	0.129	-	0.240	-	0.005	0.009	0.036	0.461 (0.411)
D	0	0.022	-	0.031	-	0.008	-	-	trace	0.003	0.042 (0.039)
	2	0.087	0.023	0.083	-	0.144	-	-	0.060	0.045	0.325 (0.220)
	8	0.045	0.020	0.067	-	0.145	-	0.004	0.037	0.043	0.331 (0.232)
	16	0.021	0.014	0.051	0.001	0.136	-	0.010	0.037	0.058	0.306 (0.201)
E	0	0.020	-	-	-	0.002	-	-	-	0.001	0.003 (0.002)
	2	0.028	0.024	0.043	-	0.142	-	-	0.015	0.054	0.278 (0.209)
	8	0.042	0.031	0.051	-	0.165	-	0.005	0.024	0.065	0.341 (0.247)
	16	0.052	0.031	0.061	-	0.177	-	0.010	0.026	0.042	0.347 (0.269)

¹⁾A: Takju made from traditional nuruk (Korean-style bran koji), B: Takju made from *Mucor racemosus* nuruk, C: Takju made from *Rhizopus japonicus* nuruk, D: Takju made from *Aspergillus oryzae* nuruk, E: Takju made from *Aspergillus kawachill* nuruk. MeOH: methanol, *n*-Pro: *n*-propyl alcohol, *iso*-Bu: *iso*-butyl alcohol, *n*-Bu: *n*-butyl alcohol, *iso*-Amy: *iso*-amyl alcohol, *n*-Amy: *n*-amyl alcohol, *n*-Hex: *n*-hexyl alcohol, *n*-Hep: *n*-heptyl alcohol, Phen: phenylethyl alcohol.
-: no detection.

에서 생성된 알코올의 함량이 담금에 사용한 누룩의 종류에 따라 차이가 있는 것으로 추측된다.

이제까지의 실험결과를 토대로보면 일반적으로 알코올발효에 많이 이용되고 있는 *Aspergillus oryzae* 누룩구가 다른 구에 비하여 낮은 알코올 생성능을 보였으며 amylo법에 이용되고 있는 *Rhizopus japonicus* 누룩구가 가장 높은 알코올 발효능을 보여 바람직한 것으로 나타났다. Methanol의 함량으로 보았을 때에 *Mucor racemosus* 누룩구가 높게 나타나 바람직하지 못한 것으로 여겨지며 *Mucor racemosus*나 *Aspergillus oryzae* 누룩구의 경우 맛과 관련된 성분으로 amino nitrogen함량이 낮고 total acid는 높게, 그리고 pH 값 낮게 나타나 맛의 조화면에서도 *Rhizopus japonicus* 누룩구가 바람직한 것으로 나타났다.

요 약

재래누룩 및 *Mucor racemosus*, *Rhizopus japonicus*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus kawachii*균을 접종하여 만든 누룩으로 탁주를 담금한 후 발효과정 중의 품질을 검토한 결과는 다음과 같다. 에탄올함량은 담금 직후 2.0~3.0%였으나 발효 16일에 8.2%~12.6%로 최대치를 나타냈다. *Rhizopus japonicus*, 재래누룩, *Aspergillus kawachii*, *Aspergillus oryzae*와 *Mucor racemosus* 누룩구의 술덧 순으로 높았다. pH는 담금 직후 pH 4.85~5.50이었으나 발효 16일에는 pH 3.40~4.20로 저하되었고 시험구 중 *Rhizopus japonicus* 누룩구의 술덧에서 pH가 높았다. 총산은 담금 직후 0.15~0.20%였으나 16일에 0.86~1.57%로 증가되었으며, 발효 16일에 *Mucor racemosus* 누룩구에서 1.57%로 시험구중 가장 높았다. 담금직후 총당의 함량은 16.64~17.62%, 환원당의 함량은 4.62~5.63%였으나, 발효 16일에 총당 2.38~5.27%, 환원당 0.45~0.74%로 감소하였고 *Rhizopus japonicus*구가 총당과 환원당 함량 모두 가장 낮았다. Ethanol을 제외한 알콜류 중 iso-amyl alcohol과 iso-butyl alcohol이 탁주술덧의 주성분이고, *Rhizopus japonicus* 누룩구에서 iso-amyl alcohol, iso-butyl alcohol, n-propyl alcohol의 함량이, *Mucor racemosus* 누룩구에서는 methanol의 함량이, 재래누룩구에서는 phenylethyl alcohol의 함량이 각각 높게 나타났다. 발효 중 생성된 퓨젤유는 0.002~0.411 mg/mL 이었다.

문 헌

1. 이서래 : 한국의 발효 식품. 이화여대 출판부, 서울, p. 197 (1986)

2. 김찬조, 김교창, 김도영, 오만진, 이석건, 이수오, 정순택, 정지훈 : 발효공학. 선진문화사, p.79 (1990)

3. 이계호 : 한국약주 탁주의 특성과 신기술, 주류산업의 현황과 신기술개발. 국제 주류심포지움의 프로시딩, p. 51 (1994)

4. 장지현 : 우리 나라 술의 역사. 한국식문화학회지, 4, 271 (1989)

5. 김상순 : 한국전통식품의 과학적 고찰. 숙명여자대학교 출판부, p.57 (1985)

6. 김재욱 : 식품가공학. 문운당, 서울, p.217 (1985)

7. 조재선 : 우리 나라 주류 연구의 어제와 오늘. 주류공업, 4, 25 (1994)

8. 佐田生 : 곡자 제조에 대한 연구. 조선주조협회잡지, 3, 59 (1929)

9. 배상면 : 전통주 제조기술(약주,탁주편). 국순당부설 효소연구소, 서울, p.77 (1995)

10. 김찬조, 최우영, 오만진 : 탁주 양조원료로서 고구마의 이용에 관한 연구. 한국농화학회지, 15, 213 (1972)

11. 조용학, 이성계, 정덕화, 윤한대 : 쌀막걸리의 미생물학적인 연구(제1보). 한국산업미생물학회지, 7, 217 (1979)

12. 정기택, 유대식 : 고구마 전분을 원료를 이용한 주류제조에 관한 연구. 한국미생물학회지, 9, 103 (1971)

13. 김성열, 오만진, 김찬조 : 감자를 이용한 탁주제조에 관한 연구. 한국농화학회지, 17, 81 (1971)

14. 최경환, 김덕제, 서보인 : 탁·약주원료 대체에 관한 시험 양조, 국제청기술연구소보고, 3, 1 (1975)

15. 김성태 : 탁주제조법. 한국특허, 제136호 (1967)

16. 정순태 : 약탁주의 제조법, 한국특허, 제106호 (1964)

17. 강영섭, 연두홍 : 정제효소제를 이용한 탁주제조 시험, 국제청기술연구소보고, 3, 22 (1975)

18. 김승태 : 탁주제조법. 한국특허, 제250호 (1968)

19. 이정 : 국균의 종류가 탁주 품질에 미치는 영향에 관한 연구, 서울여자대학교 석사학위 논문 (1982)

20. 김찬조 : 탁주 양조에 관한 미생물학적 및 효소학적 연구. 한국농화학회지, 10, 69 (1968)

21. 이주식, 이태우 : 탁주의 microflora에 관한 연구. 한국미생물학회지, 8, 116 (1970)

22. 고춘명, 최태주, 유중 : 한국 고유주의 일종인 탁주(막걸리)에 대한 미생물학적연구. 한국미생물학회지, 11, 167 (1973)

23. 김찬조 : 탁주 양조중 유기산 및 당류의 소장에 관한 연구. 한국농화학회지, 4, 33 (1963)

24. 소명환 : *Aspergillus oryzae* L2에 의한 밀가루 누룩제조시 amylase와 protease의 생산조건. 한국식품영양학회지, 6, 89 (1993)

25. 김찬조 : 탁주 양조중 유기산 및 당류의 소장에 관한 연구. 한국농화학회지, 4, 33 (1963)

26. 홍순우, 하영철, 임병중 : 시중 막걸리의 성분과 그 동태. 양조시험소보, 1, 18 (1968)

27. 이원경, 김정림, 이명환 : 국균을 달리한 탁주 양조 중 유리아미노산 및 유기산의 소장. 한국농화학회지, 30, 323 (1987)

28. 김찬조 : 한국주류 성분에 관한 연구(제2보) paper chromatography에 의한 탁주 중의 유리아미노산의 검색. 한국농화학회지, 9, 59 (1959)

29. 이주선, 이택수, 박성오, 노봉수 : 원료를 달리하여 담금한 탁주술덧의 향기성분, 한국식품과학회지, 28, 316 (1996)

30. 최선희, 김옥경, 이명환 : 가스크로마토그래피에 의한

- 재래주 발효중 알코올과 유기산 분석. 한국식품과학회지, **24**, 272 (1992)
31. 이두영 : 곡자제조법. 한국특허, 제272호 (1950)
 32. 정순태 : 곡자의 제조방법. 한국특허, 제189호 (1969)
 33. 齊賢道 : 조선곡자의 연구 및 그제조방법의 변천조사 (15). 한국산 발효균 조사보고, 조선주조합회잡지, **5**(1), 26 (1928)
 34. 이두영 : 한국곡자의 발효 생산력에 관한 연구(제 1보) 곡자중 함유 사상균의 분리와 그 성장. 한국미생물학회지, **5**(2), 51 (1967)
 35. 金奭燮 : 한국곡자중의 세균학적 연구, 성균관대학교 석사학위논문집 (1961)
 36. 武田義人 : 조선산 곡자의 연구 및 그 제조방법의 변천조사(14), 조선주조합회잡지 **4**(5), 15 (1927)
 37. 유주현 : 식품공학실험 I. 연세대 공학부 식품공학과편, 탐구당, 서울, p.677 (1989)
 38. 정동효, 장현기 : 식품분석, 진로연구사, 서울, p.176 (1990)
 39. 전국미증기술회편 : 기준미증분석법, 일본, p.1-34 (1968)
 40. 정지훈 : 한국전통소주(진도홍주)제조에 관한 연구. 한국음식문화연구원 논문집, **3**, 63 (1992)
 41. 장기중, 유태종 : 소곡주와 시판 약주의 성분에 관한 연구. 한국식품과학회지, **13**, 307 (1981)
 42. 홍혜경 : 조건을 달리한 누룩의 첨가가 탁주의 성분에 미치는 영향. 서울여자대학교 석사학위 논문 (1984)
 43. 고정삼, 양영택, 고명환, 강영주 : 제주 토속좁쌀의 양조 특성, 한국농화학회지, **36**, 282 (1993)
 44. 보건사회부 : 식품공전, 한국식품공업협회, 서울, p.330 (1989)

(1997년 2월 11일 접수)