

고구마 품종과 국의 종류를 달리하여 제조한 고구마 소주의 특성 및 향기성분

박정섭 · 정봉우 · 배재오¹ · 이준현² · 정문웅² · 최동성^{1*}

전북대학교 대학원 생물공정공학과, ¹우석대학교 식품생명공학과, ²우석대학교 외식산업조리학과

Effects of Sweet Potato Cultivars and Koji Types on General Properties and Volatile Flavor Compounds in Sweet Potato Soju

Jeong-Seob Park, Bong-Woo Chung, Jae-O Bae¹, Jun-Hyun Lee², Mun Yhung Jung², and Dong-Seong Choi^{1*}

Department of Bioprocess Engineering, Graduate School, Chonbuk National University

¹Department of Food and Biotechnology, Woosuk University

²Department of Food Science and Culinary Arts, Woosuk University

Abstract Alcoholic fermentations with rice koji [*Aspergillus awamori* Nakazawa KCCM 60246 (black), *Aspergillus kawachii* KCCM 32819 (white), *Aspergillus oryzae* KCCM 11372 (yellow)] and improved nuruk were carried out for the preparation of sweet potato soju using two different potato cultivars (Jinhongmi and Hobak). The Jinhongmi mashes showed 9.2-11.4°Brix, 195.6-260.5 mg glucose/100 mL, pH 4.6-4.9, 0.53-0.83% acidity and 13.2-16.2% alcohol content. The Hobak mashes showed 7.0-8.4°Brix, 31.9-47.4 mg glucose/100 mL, pH 4.4-4.7, 0.22-0.24% acidity, and 9.6-11.2% alcohol content. The alcohol yield of the Jinhongmi mashes using black, white, yellow koji and improved nuruk were 229.2, 194.5, 238.6 and 229.3 L/ton, respectively. The alcohol yields of Hobak mashes using black, white, yellow koji and improved nuruk were 132.8, 144.4, 141.6 and 167.4 L/ton, respectively. All types of sweet potato soju showed stronger flavor and taste than Kurokirishima (Japanese sweet potato soju). Especially, soju made from Jinhongmi with white koji and Jinhongmi with improved nuruk showed the strongest levels. Flavor components of sweet potato soju included decanoic acid ethylester, dodecanoic acid ethylester, tetradecanoic acid ethylester, hexadecanoic acid ethylester, 9-octadecanoic acid ethylester, and octadecanoic acid ethylester. Although the flavor profiles of Jinhongmi soju, Hobak soju, and Kurokirishima were very similar, the flavor content of Kurokirishima soju was lower. The results of the GC volatile analysis were in good correlation with flavor and taste.

Key words: soju making, sweet potato, koji, sensory evaluation

서 론

중남미가 원산지인 고구마(*Ipomoea batatas* L.)는 1763년 조업에 의해 일본 대마도로부터 도입된 이래 우수한 탄수화물 공급원으로서 쌀, 보리 등의 곡류와 함께 우리나라의 주요 식량자원으로 이용되어 왔다(1,2). 고도 경제성장과 더불어 고구마의 재배면적과 소비가 지속적으로 감소되어 왔으나, 최근에 안토시아닌, 폴리페놀, β-카로틴, 알라틴, 식이섬유, 강글리오시드, 칼륨 등의 공급원으로서 고구마의 기능성이 확인되면서(3) 기호식품과 건강 기능식품의 소재로서 새롭게 인식되고 있다. 또한 벼의 대체작물로서 농업인의 소득을 유지시켜 줄 수 있는 작목으로서도 각광을 받고 있다. 2006년 재배면적 16.7천ha, 생산량 28.6만톤에서 2008년 재배면적 19.5천ha, 생산량 32.9만톤(4)으로 고구마의 재배면적과 생산량은 점차 증가하고 있으며, 주 생산지로는 전북

익산·김제, 전남 해남·무안, 경기 여주·이천 등이 있다. 고구마는 식용, 전분과 주정 생산 원료, 가공식품, 생식, 야채, 사료 등 다양한 용도로 이용될 수 있으나 찌고구마, 군고구마, 튀김 등의 소비 외에는 대량 소비되는 가공식품이 일본에 비해 매우 부족한 실정이다(5). 일본의 경우 2006년도 고구마 생산량은 98.9만톤으로 청과용 47.3%, 가공식품용 8.9%, 소주용 31.1%, 전분용 18.2%, 사료용 1.1%가 소비되어 우리나라보다 가공용으로 많이 소비되고 있음을 알 수 있다(6).

고구마 소주는 1827년 서유구가 저술한 임원십육지에 감저주방(甘藷酒方), 감저소주방(甘藷燒酒方)의 제조방법이 기술되어 있는 것으로 보아 고구마 소주가 우리나라의 중요한 식문화 유산의 하나임을 알 수 있으나(7), 현재는 대부분 사라진 상태이다. 그러나 일본의 경우 가고시마현, 미야자키현에서 지역 특산주로 고구마 소주가 제조되어 일본 전역에 판매되고 있으며, 독립행정법인 주류총합연구소에서 2008년 본격 소주포평회 때부터 고구마 품종 및 소주의 제조기술에 따른 품질평가를 실시하고 있을(8) 정도로 대중화 된 소주이기도 하다. 현재 한국에서는 설악양조에서 고구마소주를 생산, 시판하고 있으나 고구마를 이용한 소주 제조기술의 개발 및 연구는 매우 부족한 실정이다. 특히 Bae 등(9,10)의 옥수수 전분 술덧에 구운 고구마 및 부패 고구마를 첨가한 고구마 소주에 관한 연구를 제외하면 고구마소주에 관한 연구는 거의 없으며, 고구마 이외의 재료를 이용한 증류 소주에 관

*Corresponding author: Dong-Seong Choi, Department of Food and Biotechnology, Woosuk University, Samrye, Jeonbuk 565-701, Korea
Tel: 82-63-290-1430
Fax: 82-63-290-1429
E-mail: dschoi@woosuk.ac.kr
Received February 3, 2010; revised March 12, 2010; accepted March 15, 2010

한 연구도 매우 부족한 실정이다. 또한 한국에서 단순 식용 이외의 고구마 소비확대를 위해서는 일본의 예에서 알 수 있듯이 고구마 가공식품의 개발이 필요한 것으로 판단된다. 이러한 가공식품 개발은 고구마 소비창출, 부가가치 증대, 고구마 생산농가의 안정적 소득 유지, 지역 특산주로서의 관광 상품화 등을 할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 고구마 품종 및 국의 종류에 따른 고구마 소주품질 특성 및 향기성분에 대한 연구는 이루어지지 않은 실정이며, 고구마 소주 생산 표준화 작업 또한 필요하다. 따라서 고구마 품종으로는 단위 면적당 생산량 및 전분함량이 가장 많은 진홍미와 소비자의 선호도가 높아 많이 재배되고 있는 호박고구마 그리고 당화제로서 흑국, 백국, 황국, 개량누룩을 이용하여 고구마 소주를 제조하여 이에 대한 품질특성 및 향기성분에 미치는 영향을 조사하기 위해 본 연구를 진행하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

진홍미(백색 분질형 고구마)는 전라북도 농업기술원으로부터 분양받아 사용하였고, 호박고구마(오렌지색 점질형 고구마)는 전북 익산시 삼기농협으로부터 구입하여 사용하였다. 밀술용 쌀은 두산주류 BG(Gunsan, Jeonbuk)로부터 정미율 70%의 백미를 분양 받아 사용하였다. 국을 제조하기 위한 *Aspergillus awamori* Nakazawa KCCM 60246(흑국균), *Aspergillus kawachii* KCCM 32819(백국균), *Aspergillus oryzae* KCCM 11372(황국균)은 한국미생물보존센터(KCCM, Seoul, Korea)로부터 구입하여 사용하였으며, 개량누룩 R형은 한국효소주식회사(Hwaseong, Gyeonggi)로부터 구입하여 사용하였다. 식품첨가물급 구연산은 신원산업주식회사(Eumseong, Chungbuk)제품을, 기타 시약은 1급 이상의 제품을 구입하여 사용하였다.

국 제조

3 kg의 백미를 5 L의 수돗물로 3회 수세하여 3시간 이상 침지한 다음, 약 1시간 동안 물 빠짐을 실시하고 120°C에서 10분간 증자하여 증미를 제조하였다. 실온(23°C)에서 충분히 냉각한 증미에 흑국균, 백국균, 황국균을 각각 접종하여 30°C에서 48시간 동안 배양하여, 흑국, 백국, 황국을 제조하였다. 초음파 기습기를 이용하여 국 배양실의 공기중 수분 함량을 60% 이상 유지하도록 하였다.

담금 및 종류

고구마 소주 제조를 위한 담금은 Kamiwatari 등(11)의 방법에 준하여 Table 1의 배합비로 실시하였다. 발효 균주는 *Saccharomyces cerevisiae*를 사용하였고, 1차 밀술은 6일간, 2차 술덧은 14일간 25°C에서 발효하였다. 1차 밀술의 pH는 10% 구연산 수용액을 사용하여 pH 3.5로 조정하였고, 2차 술덧에 첨가하는 고구마는 증자하여 사용하였으며, 발효 경과와 술덧의 증량 감소량으로부터 구하였다. 생산비 절감 및 제조공정의 단순화를 시험하기 위한 무증자 생쌀을 이용하여 고구마소주를 제조할 때의 담금 배합비는 Table 2와 같다. 쌀국 대신에 두산주류 BG로부터 분양 받은 정미율 70%의 백미를 침지하여 분쇄한 백미가루와 개량누룩 R형을 사용하였다.

알코올 발효가 끝난 술덧은 청동제 단식 상압증류기(20 L, Hoga Co., Salvaterra de Mino, Spain)에 넣고 서서히 가열하여 증류하였고, 증류액의 알코올 농도를 알코올 비중계로 측정하여 알코올 농도가 7%로 떨어졌을 때 증류를 종료하였다. 순 알코올 수득량(L/ton)은 Takamine 등(12)의 계산식인 [숙성술덧의 양(L)×발효중

Table 1. Proportion of ingredients for small scale soju production using rice koji

Raw materials	First step ¹⁾	Second step ²⁾	Total
Rice koji (kg) ³⁾	1.0	-	1.0
Dry yeast (g)	6.0	-	6.0
Sweet potato (kg) ⁴⁾	-	5.0	5.0
Water (L)	1.2	3.0	4.2

¹⁾Incubated at 25°C for 6 days.

²⁾Incubated at 25°C for 14 days.

³⁾The strains of koji are *Asp. awamori* Nakazawa KCCM 60246, *Asp. kawachii* KCCM 32819, *Asp. oryzae* KCCM 11372.

⁴⁾Sweet potato steamed at 100°C, 20 min.

Table 2. Proportion of ingredients for small scale soju production using commercial improved nuruk

Raw materials	First step ¹⁾	Second step ²⁾	Total
Raw rice (kg) ³⁾	1.0	-	1.0
Improved nuruk R-type (g)	20.0	-	20.0
Dry yeast (g)	6.0	-	6.0
Sweet potato (kg) ⁴⁾	-	5.0	5.0
Water (L)	1.5	3.0	4.5

¹⁾Incubated at 25°C for 6 days.

²⁾Incubated at 25°C for 14 days.

³⁾The raw rice was first soaked in water, then ground to powder.

⁴⁾Sweet potato steamed at 100°C, 20 min.

료 술덧의 알코올 농도(%)×0.01]÷[쌀국과 고구마의 사용 총량(kg)×0.001]에 의해 계산하였다. 분석 및 관능평가에 사용한 고구마 소주는 얻어진 원주를 1개월 이상 4°C에서 보관하고 filter paper No. 2로 여과한 후 알코올 농도 25%가 되도록 물로 희석하여 제조하였다.

관능평가

알코올 생산량과 직접적 관련이 있는 전분 함량 및 술덧의 발효상태를 관찰하기 위한 고구마 전분가 및 술덧의 산도(구연산으로 환산), 환원당, 알코올 농도는 일본 국제청 소정분석법 주해(13)에 따라 측정하였다. 고구마소주에 대한 관능평가는 우석대학교 식품생명공학과에 재학중인 남녀 각 4명씩 총 8명을 패널로 하여 관능검사를 실시하였다. 실온의 온도를 갖는 고구마 소주를 유리 소주컵에 20 mL씩 분주하여 제공하였고, 향의 강도 분석은 후각적으로 2-3회 검사를 실시하여 고구마 향이 약하다 1점, 강하다 5점으로 하여 평가하도록 하였으며, 맛은 약간량씩 2-3회 나누어 마시게 한 다음 묽다 1점, 진하다 5점으로 평가하도록 하였다(14). 각 시료당 관능평가는 1회 실시하였으며, 패널에 대해서는 평가 전에 상기 평가방법에 대한 교육을 실시하였다.

SPME를 이용한 휘발성 향기성분의 흡착

고구마소주의 휘발성 향기성분은 SPME 법(15)을 이용하여 흡착하였다. Serum bottle에 분석용 고구마소주 10 mL와 magnetic bar를 넣고 rubber septum과 aluminum cap으로 밀봉한 후 시료를 60°C로 조절된 hot plate 상에서 10분간 교반하여 serum bottle 상 부공구에 휘발성 화합물의 평형상태를 유지시킨 후, 75 μm carboxen-polymethylsiloxane fiber(Supelco, Bellefonte, PA, USA)를 상 부공구에 주입하여 추가적으로 15분간 휘발성 화합물을 포집하였다. 시료별로 2반복 흡착하여 휘발성 성분의 분석시료로 사용하였다.

GC와 GC-MS를 이용한 휘발성 물질의 분석과 동정

SPME fiber에 흡착시킨 고구마소주의 휘발성 향기성분은 FID 검출기를 장착한 GC-2010(Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 분석하였다. 이때 사용한 칼럼은 ZB-5MS(30 m×0.25 mm×0.25 μm, Phenomenex, Torrance, CA, USA) 이었으며, 헬륨을 carrier gas 로 사용하였다. Injector 및 detector 온도는 각각 250 및 260°C이었고, oven temperature program은 45°C(hold 3 min)→6°C/min→220°C(hold 15min)로 사용하였다. 소주의 휘발성 화합물들은 GC-MS(Perkin Elmer TurboMass, Shelton, CT, USA)를 사용하여 동정하였다. 이때 분석조건은 GC 분석과 동일한 조건을 사용하였으며, GC 분석에 의하여 분리된 각 피크 성분은 GC-MS에 의한 mass spectrum을 이용하여 그 성분을 확인하였다.

결과 분석

모든 결과는 평균값±표준편차로 표현하였다. 실험군 간의 결과 차이는 Duncan's multiple range test를 이용하여 분석하였으며 $p<0.05$ 이하만 유의성이 있는 것으로 표현하였다.

결 과

술덧 중량의 변화

고구마 소주 제조에 적합한 고구마와 국균을 선별하기 위하여 고구마로는 진홍미(전분가 26.9%)와 호박고구마(전분가 20.6%)를 사용하였고, *Aspergillus awamori* Nakazawa KCCM 60246(흑국균), *Aspergillus kawachii* KCCM 32819(백국균), *Aspergillus oryzae* KCCM 11372(황국균)를 각각 증미에 접종하여 국을 제조한 후 이를 고구마소주용 당화제로 사용하였다.

Fig. 1과 Fig. 2는 각각 진홍미와 호박고구마를 사용하여 술덧을 제조하였을 때 중량의 변화를 나타낸 것이다. 진홍미 술덧의 감량 폭은 개량누룩>흑국>백국>황국 순으로 개량누룩을 사용한 술덧에서 감량 폭이 가장 컸고, 황국균을 사용한 술덧이 감량 폭이 가장 적었다. 그리고 호박고구마 술덧의 감량 폭은 개량누룩>흑국>백국>황국 순으로 개량누룩을 사용한 술덧에서 감량 폭이 가장 컸고, 황국균을 사용한 술덧이 감량 폭이 가장 적어 황국 술덧은 진홍미, 호박고구마 모두에서 중량 감소가 가장 적었다.

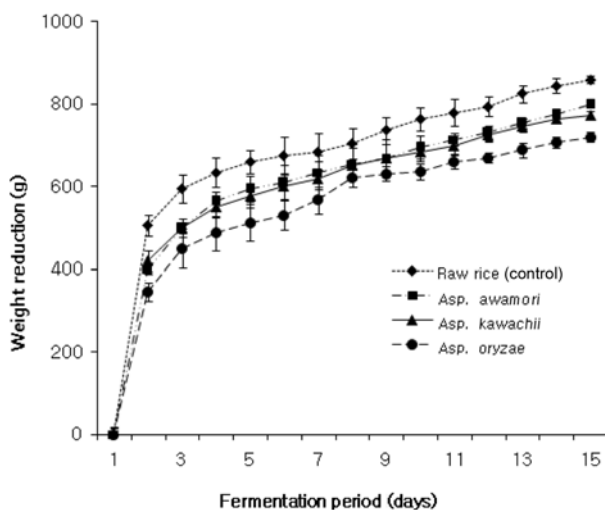


Fig. 1. Weight reduction of mash used Jinhongmi sweet potato during fermentation of second step. Each value is expressed as mean±SD of two experiments.

특히 시간에 따른 감량 폭은 2단 담금 후 술덧의 무게를 측정하였을 때 약 3일 동안은 무게 변화가 매우 컸으며, 그 이후부터는 무게 감량 정도가 완만하였다. 이는 발효의 진행속도를 단편적으로 나타내는 결과이며, 온도 변화에서도 발효 3일 동안은 28°C까지 상승하였으나, 그 이후부터는 점차 낮아지기 시작하여 발효 5일 부터는 25°C로 일정하게 유지되어 무게중량의 변화율과 유사한 경향을 나타내었다(data not shown).

최종 술덧의 성상 및 종류

밀술에 증자한 고구마를 첨가하여 14일간 발효한 최종 술덧의 분석치를 Table 3에 나타내었다. 진홍미의 경우 °Brix는 황국 술덧에서 11.4로 가장 높았고, 백국 술덧이 9.2로 가장 낮았다. 또한 pH는 4.6-4.9로 대부분 비슷하였다. 술덧 중의 환원당의 함량은 흑국 사용 시에 260.5 mg/mL로 가장 많았으며, 백국 술덧이 195.6 mg/mL로 가장 적었다. 알코올 농도는 황국 술덧이 16.2%로 가장 높았고, 흑국 술덧 15.5%, 개량누룩 술덧 14.9%, 백국 술덧 13.2% 순 이었다. 호박고구마의 경우 °Brix는 흑국 술덧에서 8.4로 가장 높았고 황국 술덧이 7.4로 가장 낮았으며, 술덧 중의 환원당의 함량은 개량누룩 사용 시에 201 mg/mL로 가장 많았고 황국 술덧이 140.4 mg/mL로 가장 적었다. pH는 4.4-4.7로 거의 비슷하였다. 알코올 농도는 개량누룩 술덧이 11.2%로 가장 높았고, 백국 술덧 10.4%, 황국 술덧 10.0%, 흑국 술덧 9.6% 순 이었다.

진홍미 소주 술덧을 상압증류기를 이용하여 증류하였을 때의 알코올 수득량은 황국 술덧에서 톤당 수득량이 238.6 L, 개량누룩 술덧 229.3 L, 흑국 술덧 229.2 L, 백국 술덧 194.5 L의 수득량을 나타내었다. 호박고구마의 경우에는 개량누룩 술덧에서 톤당 수득량이 167.4 L, 백국 술덧 144.4 L, 황국 술덧 141.6 L, 흑국 술덧 132.8 L의 수득량을 나타내었다. 특히 개량누룩으로 고구마 소주 제조시 술덧 성상 및 알코올 수득량에 뚜렷한 차이가 없었기 때문에 개량누룩을 이용하는 것도 생산비 절감과 공정의 단순화 면에서 효과적일 것으로 생각된다. 또한 생성된 술덧의 알코올 농도 및 수득량은 대체적으로 호박고구마에 비하여 높았는데 이는 진홍미의 높은 전분가(26.9%)에 기인한 것으로 판단된다. 생산성 면에서는 전분가가 높은 진홍미를 소주 제조에 사용하는 것

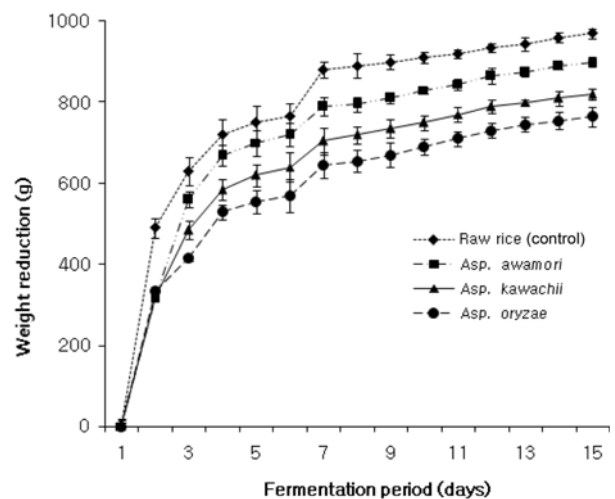


Fig. 2. Weight reduction of mash used Hobak sweet potato during fermentation of second step. Each value is expressed as mean±SD of two experiments.

Table 3. Analytical results of components in the final second mash and yield of sweet potato soju

Cultivar	Koji	Final second moromi					Alcohol yield (L/ton)
		°Brix	Reducing sugar (glucose mg/100 mL)	pH	Acidity (%)	Alcohol (%)	
Jinhongmi	Black ¹⁾	11.2 ^{a5)} (±0.8)	260.5 ^a (±34)	4.6 ^a (±0.2)	0.83 ^a (±0.06)	15.5 ^a (±0.6)	229.2 ^a (±16)
	White ²⁾	9.2 ^b (±0.6)	195.6 ^a (±42)	4.6 ^a (±0.1)	0.53 ^{bd} (±0.04)	13.2 ^b (±0.8)	194.5 ^b (±9)
	Yellow ³⁾	11.4 ^a (±0.8)	220.4 ^a (±28)	4.9 ^a (±0.4)	0.61 ^{cd} (±0.02)	16.2 ^a (±0.8)	238.6 ^a (±12)
	Improved nuruk ⁴⁾	10.8 ^a (±0.6)	200.6 ^a (±30)	4.6 ^a (±0.2)	0.58 ^{dbc} (±0.02)	14.9 ^a (±0.6)	229.3 ^a (±18)
Hobak	Black	8.4 ^c (±0.8)	40.8 ^b (±16)	4.5 ^a (±0.2)	0.23 ^c (±0.04)	11.2 ^c (±0.6)	132.8 ^c (±14)
	White	7.8 ^{cd} (±0.6)	41.5 ^b (±14)	4.6 ^a (±0.2)	0.22 ^c (±0.02)	9.6 ^c (±1.2)	144.4 ^{cd} (±9)
	Yellow	7.0 ^c (±0.4)	31.9 ^b (±9)	4.4 ^a (±0.1)	0.22 ^c (±0.01)	10.4 ^c (±0.6)	141.6 ^{cd} (±10)
	Improved nuruk	8.0 ^d (±0.8)	47.4 ^b (±16)	4.7 ^a (±0.2)	0.24 ^c (±0.04)	10.0 ^c (±0.8)	167.4 ^d (±18)

Values are mean±SD (2 times).

¹⁾Black: rice koji cultivated by *Asp. awamori* Nakazawa KCCM 60246.

²⁾White: rice koji cultivated by *Asp. kawachii* KCCM 32819.

³⁾Yellow: rice koji cultivated by *Asp. oryzae* KCCM 11372.

⁴⁾Improved nuruk R-type.

⁵⁾Different superscriptive letters in a column indicate significant difference among samples at $p<0.05$ level by Duncan's multiple range test.

이 바람직하나 생식용 고구마로서 재배되고 있는 호박고구마 중 시장에 출하가 불가능한 파(크기가 너무 크고 작거나 형태가 불량한 고구마)를 재활용한다는 측면에서는 호박고구마를 소주 제조용 원료로 사용하는 것도 의의가 매우 크다 할 수 있다.

관능평가

최종 술덧을 청동 상압증류기로 증류하여 후류 알코올 함량이 약 7%가 되었을 때 증류를 중단하였고, 이때 총 알코올 농도는 약 45% 정도를 나타내었다. 이를 4°C에 1개월 이상 보관한 다음 증류수를 이용하여 알코올 농도 25%의 고구마 소주를 제조하여 관능평가를 실시하였으며, 그 결과는 Table 4와 같다.

진홍미의 사용 국에 따른 소주의 관능평가에 있어서 고구마 향은 백국, 흑국, 황국에서 각 4.0, 3.8, 3.5로 다소 강하였고, 개량누룩은 2.9로 중간 정도의 값을 나타내었다. 소주 맛은 백국, 흑국, 황국에서 각 3.0, 2.5, 2.9를 개량누룩에서는 3.3을 나타내었다. 호박고구마의 경우, 고구마 향은 백국, 흑국, 황국에서 각 3.5,

2.9, 3.0을 나타내었고 개량누룩에서는 3.8을 나타내었다. 또한 소주 맛은 백국, 흑국, 황국에서 각 3.0, 3.1, 2.8을 개량누룩에서는 2.1을 나타내었다. 특히 무증자 쌀과 개량누룩을 사용한 고구마 소주는 백국, 흑국, 황국을 이용한 소주와 유사한 향과 맛을 나타내 이를 이용하여 간편하게 고구마소주를 제조할 수 있음을 알 수 있었다. 대체적으로 본 연구에서 제조한 대부분의 고구마 소주에서 비슷한 향과 맛을 나타낸 반면에 일본산 소주(쿠로기리시마)보다는 강한 향과 맛을 나타내었다. 특히 진홍미에서 흑국, 백국, 황국, 그리고 호박고구마에서는 흑국과 개량누룩에서 보다 강한 고구마 향을 나타내었고, 맛에 있어서는 유의적 차이는 없었으나 대체적으로 본 연구에서 제조한 고구마소주가 강하였다. 이러한 결과는 본 연구에 의해 제조된 고구마소주와 일본산 고구마소주의 향과 맛에 있어서 큰 차이가 없음을 의미하며, 향후 제품개발에 본 연구와 같은 방법으로 제조하였을 경우 좋은 품질의 고구마소주를 제조할 수 있을 것으로 판단된다.

향기성분 분석

증류식 소주의 중요한 향미 물질인 alcohol류, aldehyde류, ester류, 유기산류, 에스테르 화합물 등은 주로 발효 중에 효모에 의해 생성되며, 또한 제곡공정, 증류공정 및 숙성과정의 화학변화에 의해서도 소량 생성된다(16,17). 특히 증류 소주의 주된 향기 성분은 상압증류 중 알코올과 유기산, 지방산 등이 에스테르화 반응을 거쳐 대부분 생성되는 ester 화합물이며, 그의 생성은 유기산 및 지방산의 종류, pH, 증류 온도에 의해 영향을 받는다(18). 그리고 증류 소주의 휘발성 향기성분은 향기의 포집 및 분석방법에 따라 다양하게 변화한다.

본 연구의 향기성분 분석은 직접적으로 소주 향기를 맡을 때와 유사하게 하기 위하여 알코올 농도 25%로 조정된 각각의 소주를 60°C로 가열하고 SPME fiber를 이용하여 휘발성 향기성분을 포집한 후 GC 및 GC-MS로 분석하였다. 고구마와 국의 종류를 달리하여 제조한 고구마소주와 일본산 고구마소주인 쿠로기리시마를 GC 및 GC-MS를 이용하여 분석한 향기성분에 대한 분석결과는 Table 5와 같다.

고구마와 국의 종류에 따른 향기성분은 지방산 ester류인 decanoic acid, dodecanoic acid, tetradecanoic acid, hexadecanoic acid, 9-octadecanoic acid, octadecanoic acid ethylester가 대부분의

Table 4. Sensory evaluation of sweet potato soju making with the different sweet potato and Koji

Cultivar	Koji	Sensory properties	
		Flavor ¹⁾	Taste ²⁾
Jinhongmi	Black	3.75(±0.47) ^{a3)}	3.00(±0.76) ^a
	White	4.00(±0.93) ^a	2.50(±0.64) ^a
	Yellow	3.50(±0.93) ^a	2.88(±0.35) ^a
	Improved nuruk	2.88(±0.64) ^{ab}	3.25(±0.46) ^a
Hobak	Black	3.50(±0.92) ^a	3.00(±1.20) ^a
	White	2.88(±0.64) ^{ab}	3.13(±0.99) ^a
	Yellow	3.00(±0.92) ^{ab}	2.75(±1.04) ^a
	Improved nuruk	3.78(±0.74) ^a	2.75(±0.74) ^a
Kurokirishima (Japan)	Black	2.00(±0.54) ^b	2.13(±0.64) ^a

Values are mean±SD of eight sensory panel.

¹⁾Flavor of sweet potato soju: 1 weak, 5 strong.

²⁾Taste of sweet potato soju: 1 dilute, 5 concentrate.

³⁾Different superscriptive letters in a column indicate significant difference among samples at $p<0.05$ level by Duncan's multiple range test.

Table 5. Volatile flavor compounds in sweet potato soju making with the different sweet potato and Koji (% peak area)

No.	Volatile compound	RT	Jinhongmi				Hobak				Kurokirishima
			Black	White	Yellow	IN ^{b)}	Black	White	Yellow	IN	
1	Benzaldehyde	10.98	0.150 (±0.04) ²⁾	-	0.264 (±0.084)	0.043 (±0.018)	0.473 (±0.0)	0.215 (±0.0)	0.186 (±0.044)	0.058 (±0.012)	0.830 (±0.184)
2	Hexanoic acid ethylester	11.91	0.02 (±0.006)	-	-	0.037 (±0.008)	-	-	0.036 (±0.012)	0.046 (±0.016)	0.647 (±0.062)
3	Phenylethyl alcohol	14.09	0.036 (±0.012)	0.539 (±0.162)	0.298 (±0.0)	0.271 (±0.064)	1.902 (±0.246)	0.535 (±0.0)	0.805 (±0.142)	2.277 (±0.872)	1.682 (±0.64)
4	2-Nonenal	15.33	-	-	0.018 (±0.0)	0.03 (±0.012)	-	-	0.034 (±0.016)	0.055 (±0.008)	-
5	Butanedioic acid, diethylester	16.23	-	-	-	0.035 (±0.01)	0.52 (±0.08)	0.200 (±0.84)	0.389 (±0.082)	0.315 (±0.082)	0.254 (±0.048)
6	Benzoic acid, 2-dydroxy-, methylester	16.30	-	-	-	0.018 (±0.006)	-	-	0.150 (±0.02)	0.089 (±0.014)	-
7	Octanoic acid, ethylester	16.39	0.090 (±0.018)	0.137 (±0.068)	0.175 (±0.0)	0.454 (±0.042)	2.024 (±0.94)	0.734 (±0.128)	1.412 (±0.408)	1.033 (±0.24)	3.681 (±0.876)
8	Acetic acid, 2-phenylethylester	17.69	0.016 (±0.008)	0.119 (±0.046)	0.063 (±0.016)	-	0.194 (±0.066)	0.038 (±0.01)	0.135 (±0.064)	-	2.665 (±0.242)
9	Nonanoic acid, ethylester	19.21	-	-	-	0.033 (±0.008)	-	0.036 (±0.012)	-	0.256 (±0.084)	0.268 (±0.086)
10	2-Buten-1-one	20.87	-	-	-	0.021 (±0.008)	0.202 (±0.062)	0.059 (±0.014)	0.305 (±0.061)	0.064 (±0.008)	-
11	3-Heptenoic acid, ethylester	20.97	0.017 (±0.01)	0.018 (±0.008)	0.030 (±0.006)	0.060 (±0.018)	0.086 (±0.021)	0.051 (±0.014)	0.099 (±0.028)	0.050 (±0.016)	0.432 (±0.088)
12	Decanoic acid, ethylester	21.21	0.871 (±0.128)	0.693 (±0.138)	1.220 (±0.42)	2.097 (±0.38)	8.198 (±0.64)	4.393 (±0.72)	8.574 (±0.62)	5.052 (±0.48)	12.389 (±1.04)
13	Undecanol	22.35	-	-	-	0.025 (±0.008)	0.105 (±0.028)	0.057 (±0.012)	0.136 (±0.042)	0.074 (±0.018)	-
14	Octanoic acid, 3-methylbutylester	22.73	-	0.025 (±0.006)	0.023 (±0.004)	0.022 (±0.006)	-	0.054 (±0.016)	0.039 (±0.011)	-	0.386 (±0.072)
15	2-Propenoc acid, 3-phenyl-, ethylester	23.41	-	0.015 (±0.008)	0.016 (±0.006)	-	-	-	0.042 (±0.016)	0.047 (±0.008)	-
16	Unknown	24.51	-	0.014 (±0.004)	0.020 (±0.005)	0.028 (±0.009)	-	0.064 (±0.018)	0.170 (±0.08)	0.055 (±0.018)	0.228 (±0.068)
17	n-Capric acid isobutylester	24.93	-	0.015 (±0.004)	0.018 (±0.006)	0.024 (±0.007)	0.243 (±0.062)	0.044 (±0.013)	0.297 (±0.064)	0.050 (±0.018)	0.852 (±0.094)
18	Dodecanoic acid ethylester	25.50	1.68 (±0.48)	1.040 (±0.38)	2.428 (±0.384)	2.669 (±0.82)	6.431 (±0.82)	4.215 (±0.84)	13.884 (±1.21)	5.043 (±0.44)	2.720 (±0.38)
19	Unknown	25.97	0.022 (±0.008)	0.025 (±0.006)	0.039 (±0.008)	0.059 (±0.014)	0.125 (±0.034)	0.042 (±0.012)	0.084 (±0.022)	-	-
20	Pentadecanoic acid, 3-methylbutylester	26.51	0.048 (±0.01)	0.051 (±0.024)	0.073 (±0.018)	0.084 (±0.021)	0.191 (±0.028)	0.187 (±0.041)	0.580 (±0.061)	0.206 (±0.041)	1.792 (±0.21)
21	Unknown	26.59	0.024 (±0.06)	0.025 (±0.008)	0.043 (±0.006)	0.038 (±0.014)	0.089 (±0.032)	0.089 (±0.016)	0.272 (±0.094)	0.080 (±0.01)	-
22	2-Dodecanone	27.20	0.034 (±0.012)	0.093 (±0.018)	0.054 (±0.024)	0.045 (±0.01)	0.251 (±0.068)	0.293 (±0.068)	0.773 (±0.069)	0.089 (±0.021)	1.066 (±0.36)
23	E-11, 13-Teradecadien-1-ol	27.45	0.016 (±0.006)	0.038 (±0.014)	0.031 (±0.012)	-	0.104 (±0.024)	0.096 (±0.024)	0.141 (±0.038)	0.067 (±0.016)	0.792 (±0.15)
24	Hexadecanol	27.54	0.054 (±0.014)	0.052 (±0.017)	0.149 (±0.028)	0.089 (±0.017)	0.160 (±0.043)	0.190 (±0.028)	0.168 (±0.023)	0.249 (±0.039)	0.323 (±0.041)
25	Decanoic acid, 2-methyl	28.04	0.038 (±0.008)	0.042 (±0.013)	0.057 (±0.014)	0.036 (±0.013)	0.105 (±0.011)	0.067 (±0.013)	0.106 (±0.025)	0.096 (±0.017)	0.483 (±0.073)
26	1,3-Dicxolane, 2-pentadecyle	28.82	0.051 (±0.014)	0.023 (±0.006)	0.043 (±0.011)	0.044 (±0.021)	0.219 (±0.068)	0.093 (±0.018)	0.184 (±0.052)	0.054 (±0.012)	0.342 (±0.039)
27	Tetradecanoic acid, ethylester	29.35	3.674 (±0.82)	1.845 (±0.219)	5.631 (±0.67)	5.962 (±0.82)	4.144 (±0.381)	3.837 (±0.367)	6.910 (±0.671)	4.368 (±0.366)	2.909 (±0.63)
28	Hexdecanal	29.73	0.219 (±0.069)	0.684 (±0.083)	0.179 (±0.043)	0.336 (±0.061)	0.406 (±0.059)	0.422 (±0.061)	0.259 (±0.063)	0.323 (±0.034)	0.457 (±0.087)
29	Isoamyllaurate	30.27	0.016 (±0.005)	0.020 (±0.007)	0.022 (±0.008)	0.025 (±0.007)	-	0.039 (±0.011)	0.089 (±0.027)	0.089 (±0.026)	0.877 (±0.109)

Table 5. Continued

No.	Volatile compound	RT	Jinhongmi				Hobak				Kurokirishima
			Black	White	Yellow	IN ¹⁾	Black	White	Yellow	IN	
30	Unknown	30.55	0.038 (±0.011)	0.042 (±0.009)	0.105 (±0.021)	0.027 (±0.009)	-	0.098 (±0.025)	0.094 (±0.019)	0.105 (±0.021)	0.470 (±0.064)
31	1-Cyclohexylheptene	30.62	0.065 (±0.018)	0.041 (±0.017)	0.073 (±0.017)	0.168 (±0.027)	0.190 (±0.029)	0.130 (±0.016)	0.210 (±0.067)	0.198 (±0.019)	-
32	4-Decanoic acid, ethylester	30.80	0.245 (±0.067)	0.185 (±0.037)	0.276 (±0.064)	0.366 (±0.054)	0.363 (±0.031)	0.346 (±0.054)	0.524 (±0.021)	0.316 (±0.057)	4.102 (±0.63)
33	Pentadecanoic acid, ethylester	30.94	0.359 (±0.049)	1.459 (±0.183)	0.275 (±0.057)	0.344 (±0.037)	1.395 (±0.167)	2.229 (±0.62)	2.530 (±0.34)	0.686 (±0.053)	0.724 (±0.068)
34	Hexadecanoic acid, methylester	32.22	0.035 (±0.011)	0.028 (±0.007)	0.043 (±0.005)	0.058 (±0.017)	0.121 (±0.029)	0.072 (±0.024)	0.126 (±0.027)	0.071 (±0.019)	2.040 (±0.331)
35	Unknown	32.39	0.244 (±0.061)	0.132 (±0.039)	0.171 (±0.061)	0.338 (±0.027)	0.763 (±0.19)	0.199 (±0.029)	0.585 (±0.049)	0.226 (±0.048)	1.169 (±0.162)
36	Dibutylphthalate	32.46	1.255 (±0.341)	0.992 (±0.067)	1.377 (±0.57)	2.770 (±0.61)	1.976 (±0.55)	1.747 (±0.59)	3.520 (±0.481)	2.434 (±0.394)	-
37	E-11-Hexadecenoic acid, ethylester	32.64	0.078 (±0.023)	0.189 (±0.023)	0.063 (±0.014)	0.075 (±0.021)	0.148 (±0.029)	0.095 (±0.024)	0.245 (±0.022)	0.089 (±0.028)	-
38	Hexadecanoic acid, ethylester	32.92	51.518 (±6.879)	56.633 (±5.491)	56.711 (±4.973)	44.874 (±3.219)	45.475 (±3.916)	52.138 (±2.879)	34.922 (±2.988)	49.297 (±5.866)	38.499 (±4.867)
39	Unknown	33.73	0.022 (±0.007)	0.023 (±0.005)	0.026 (±0.003)	0.034 (±0.006)	0.107 (±0.021)	0.034 (±0.011)	0.053 (±0.013)	-	-
40	Hexanedioic acid, bis(2-ethylheyl)ester	34.24	0.029 (±0.005)	0.021 (±0.007)	0.024 (±0.007)	0.045 (±0.013)	0.080 (±0.016)	0.035 (±0.009)	0.093 (±0.029)	0.074 (±0.019)	0.180 (±0.027)
41	Teradecanoic acid, ethylester	34.81	0.421 (±0.067)	0.434 (±0.053)	0.331 (±0.041)	0.173 (±0.024)	0.212 (±0.051)	0.201 (±0.028)	0.106 (±0.037)	0.148 (±0.046)	0.178 (±0.037)
42	Octadecanoic acid, ethylester	35.84	0.033 (±0.012)	0.018 (±0.006)	0.024 (±0.009)	0.066 (±0.018)	0.186 (±0.039)	0.050 (±0.014)	0.116 (±0.037)	0.089 (±0.021)	-
43	9,12-Octadecadienoic acid, methylester	35.99	0.105 (±0.032)	0.141 (±0.027)	0.102 (±0.016)	0.091 (±0.011)	0.214 (±0.061)	0.159 (±0.036)	0.082 (±0.029)	0.158 (±0.039)	10.248 (±0.864)
44	9-Octadecenoic acid, ethylester	36.33	27.804 (±3.764)	23.902 (±2.976)	21.633 (±1.98)	29.358 (±2.677)	14.319 (±3.094)	17.019 (±1.671)	15.755 (±2.671)	17.757 (±2.184)	3.979 (±0.579)
45	Octadecanoic acid, ethylester	36.49	8.303 (±0.967)	7.056 (±0.687)	5.955 (±0.961)	7.191 (±0.97)	5.374 (±1.293)	6.186 (±0.677)	3.808 (±0.596)	5.227 (±1.119)	0.453 (±0.067)
46	Unknown	37.21	2.169 (±0.227)	2.970 (±0.163)	1.746 (±0.264)	1.284 (±0.27)	2.590 (±0.586)	2.958 (±0.393)	0.869 (±0.274)	2.649 (±0.573)	1.114 (±0.298)
47	Unknown	38.65	0.198 (±0.063)	0.221 (±0.055)	0.173 (±0.032)	0.152 (±0.021)	0.317 (±0.082)	0.252 (±0.034)	0.098 (±0.028)	0.292 (±0.067)	0.387 (±0.084)

¹⁾IN: improved nuruk R-type.
²⁾Values are mean±SD.

피크 면적을 차지하고 있었으며, 일본산의 쿠로기리시마도 역시 유사한 결과를 나타내었다. 진홍미와 호박 고구마소주에 있어서 진홍미 고구마소주 향기성분 중 9-octadecanoic acid ethylester는 21.6-29.4%로 호박고구마의 14.3-17.8%보다 높은 피크 면적을 나타내었으나 decanoic acid, dodecanoic acid ethylester는 대체적으로 진홍미보다 호박 고구마소주가 높은 피크 면적을 나타내었다. 기타 향기성분에 있어서는 고구마와 국의 종류에 따라 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 일본산 고구마소주인 쿠로기리시마에서는 octanoic acid ethylester, acetic acid 2-phenylethylester, decanoic acid ethylester, hexadecanoic acid methylester, pentadecanoic acid 3-methylbutylester, 4-decanoic acid ethylester, 9,12-octadecadienoic acid methylester 등이 진홍미와 호박고구마 소주보다 높은 피크 면적을 나타내었다. 특히 4-decanoic acid ethylester와 9,12-octadecadienoic acid methylester는 쿠로기리시마에서 각각 4.1, 10.3%이었으나 진홍미와 호박고구마소주에서는 0.5% 이하를 나타내 매우 대조적이었다. 반대로 9-octadecenoic acid ethylester는 4.0%로 진홍미 고구마소주의 21.6-29.4%, 호박고구마

소주의 14.3-17.8%보다 매우 낮은 피크 면적을 나타내었다. 위와 같이 본 연구에 의해 제조된 고구마소주와 일본산 쿠로기리시마의 향기성분의 종류는 유사하였으나 주요 향기 성분의 종류와 피크 면적이 달랐으며, 쿠로기리시마는 전체적으로 낮은 피크 면적을 나타내었다. 이는 쿠로기리시마의 낮은 점수를 획득한 고구마 향 관능평가 결과와 일치하는 경향이었다. 고구마소주의 고구마 향은 휘발성이 강하기 때문에 고구마소주의 종류와 정제방법, 온도, 공기 노출 정도, 저장기간 등의 차이에 기인하여 향의 강도가 크게 달라진 것으로 생각된다. 한편 Kamiwatari(8)와 Ohta 등(19)은 고구마가 관여하는 고구마소주의 향은 linalool, nerol, geraniol, citronellol, α-terpineol 등이며, 이중 nerol과 citronellol은 손상된 고구마에 의해 생성되는 고구마 부패취라고 하였다. 그러나 이들 향기성분은 본 연구의 분석에서는 검출되지 않았는데, 이러한 차이는 향기성분의 포집 및 분석방법의 차이와 술덧 담금시 부패 고구마의 철저한 선별에 기인한 것으로 판단된다. 또한 Lee 등(20)은 전통민속소주의 향기성분 분석에 있어서 전

통민속소주는 과일향을 나타내는 *furfural* 및 *ethyl acetate*를 다량 함유하고 있었으며, 짙은 점이 비교적 높은 *ethyl succinate*, *ethyl pelargonate*와 같은 에스테르 향기성분이 많다고 하였다. 그러나 고구마소주는 전통민속소주와 달리 위스키나 중국소주와 같이 알코올 취가 강하며, 비교적 적은 과일향 성분이 검출 되었는데 이는 전통민속주와 달리 단일 균주 및 쌀코지, 고구마만을 이용하였기 때문이라고 판단된다. 일반적으로 전통누룩을 이용한 소주는 젖산균 등의 다양한 발효균주로 인해 유기산 및 다양한 방향성 물질이 생성되며, 이를 이용한 증류주 역시 다양한 향기성분과 유기산 에스테르화(21) 등으로 과일향을 나타내는 *ethyl acetate*, *isoamyl acetate*, *ethyl lactate* 등이 생성된다. 그리고 Lee 등(22,23)의 *Asp. oryzae* 및 *Asp. kawachii* 누룩을 이용한 탁주 술덧의 향기성분이 매우 유사하였는데 이는 당화 균주만 달리 하였을 경우 향기성분에 큰 차이를 나타내지 않는 것을 의미하며, 본 연구에서 있어서도 향기성분의 유사성이 이러한 이유에 기인한 것으로 판단된다.

요 약

진홍미와 호박고구마, 흑국, 백국, 황국, 개량누룩을 사용하여 고구마 소주를 제조하였다. 최종 술덧의 성상은 진홍미의 경우 °Brix는 9.2-11.4, 환원당 195.6-260.5 mg glucose/100 mL, pH 4.6-4.9, 산도 0.53-0.83%, 알코올 함량 13.2-16.2%이었고, 호박고구마의 경우 °Brix는 7.0-8.4, 환원당 31.9-47.4 mg glucose/100 mL, pH 4.4-4.7, 산도 0.22-0.24%, 알코올 9.6-11.2% 이었다. 알코올 수득량(L/ton)은 진홍미의 경우 흑국, 백국, 황국, 개량누룩에서 각각 229.2, 194.5, 238.6, 229.3 L/ton, 호박고구마의 경우 132.8, 144.4, 141.6, 167.4 L/ton이었다. 향과 맛에 대한 관능평가에 있어서 대부분의 고구마 소주가 일본산 고구마 소주인 쿠로기리시마보다 좋은 평가를 얻었다. 특히 향은 진홍미 흑국(3.75)과 호박고구마의 개량누룩(3.78)이, 맛은 진홍미 흑국(3.0)과 호박의 흑국(3.0)이 가장 강하였다. 또한 고구마 소주의 향기성분은 decanoic acid, dodecanoic acid, tetradecanoic acid, hexadecanoic acid, 9-octadecanoic acid, octadecanoic acid ethylester류가 대부분의 피크 면적율을 차지하고 있었으며, 쿠로기리시마 소주의 향기성분은 종류는 유사하였으나 대체적으로 피크 면적율이 적었다.

감사의 글

이 논문은 농촌진흥청 지역특화작목 산학연협력사업의 지원에 의해 연구되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

문 헌

- Lee HH, Kang SG, Rhim JW. Characteristics of antioxidative and antimicrobial activities of various cultivars of sweet potato. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1090-1095 (1999)
- Song J, Chung MN, Kim JT, Chi HY, Son JR. Quality characteristics and antioxidative activities in various cultivars of sweet potato. *Korean J. Crop Sci.* 50(S): 141-146 (2005)
- Yoshimoto M. New trends of processing and use of sweet potato in Japan. *Farming Japan* 35: 22-29 (2001)
- MFAFFK. Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Statistical Yearbook. Ministry for food, agriculture, forestry, and fisheries in Korea, Seoul, Korea. p.101 (2009)
- Kim HS, Moon YH, Chung MN, Ahn YS, Lee JS, Bang JK. Effect of planting date, plant spacing, and harvest time on the production of small-sized sweet potato in the alpine zone of Korea. *Korean J. Crop Sci.* 51(S): 193-197 (2006)
- JRT. Mini White Paper of Sweet Potato Ver. 3.0. Japanese society of root and tuber crops, Tokyo, Japan. p.64 (2008)
- Chung DH. Dictionary of Korean Alcoholic Beverages. Chung-ang University Press, Seoul, Korea. pp.25-26 (1995)
- Kamiwatari T. The relationship between the flavor of imo-shochu and the sweet potato. *FFI J. Jpn* 214: 14-20 (2009)
- Bae SD, Bae SM. Manufacturing technique of sweet potato *soju* (I). *Taeyang Tongshin* 40: 34-40 (2004)
- Bae SD, Bae SM. Manufacturing technique of sweet potato *soju* (II). *Taeyang Tongshin* 41: 29-39 (2004)
- Kamiwatari T, Setokuchi S, Takamine K, Ogata S. Content of mono-terpene alcohols in stressed sweet potatoes and the flavor property of *Imo-shochu*. *J. Brew. Soc. Jpn* 100: 520-526 (2005)
- Takamine K, Setoguchi S, Kamesawa H, Kamiwatari T, Ogata S, Onoue K, Hamasaki Y. Study on screening of shochu yeast. *Reports of Kagoshima Prefectural Instit. Indus. Technol.* 8: 1-6 (1994)
- Editorial board for official methods. Fourth revision official methods of national tax administration agency, Japan. *Brewing society of Japan*, Tokyo, Japan. pp. 229-232 (2006)
- Setoguchi S, Takamine K, Ando H, Kamesawa H, Ogata S, Kamiwatari T, Sato T, Kodama T, Yonemoto S, Yakesako A, Yadoguchi S, Hamasaki Y, Yamakawa O. Selection of new variety of sweet potatoes for shochu making. A new variety of sweet potato "Joywhite". *Reports of Kagoshima Prefectural Instit. Indus. Technol. Jpn.* 9: 5-10 (1995)
- Zhao Y, Xu Y, Li J, Fan W, Jiang W. Profile of volatile compounds in 11 brandies by headspaces solid-phase microextraction followed by gas chromatography-mass spectrometry. *J. Food Sci.* 74: 90-99 (2008)
- Ito K, Yoshida K, Ishikawa T, Kobayashi S. Volatile compounds produced by the fungus *Aspergillus oryzae* in rice *koji* and their changes during cultivation. *J. Ferm. Bioeng.* 70: 169-172 (1990)
- Yoshida K, Inahashi M, Nakamura K, Akiyama H, Nojiri K. Breeding of yeast strains having high malic acid-producing and low succinic acid-producing abilities. *J. Brew. Soc. Jpn* 89: 647-652 (1994)
- Ryu LH, Kim YM. Esterification of alcohols with organic acids during distilled spirit distillation. *Korean J. Food Nutr.* 15: 295-299 (2002)
- Ohta T, Ikuta R, Nakashima M, Morimitsu Y, Samuta T, Saiki H. Characteristic flavor of Kansho-shochu (sweet potato spirit). *Agr. Biol. Chem.* 54: 1353-1357 (1990)
- Lee DS, Park HS, Kim K, Lee TS, Noh SB. Determination and multivariate analysis of flavour components in the Korean folk *sojues* using GC-MS. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 750-758 (1994)
- Ryu LH, Kim YM. Esterification of alcohols with organic acids during distilled spirit distillation. *Korean J. Food Nutr.* 15: 295-299 (2002)
- Lee TS, Choi JY. Volatile flavor components in mash of *takju* prepared by using *Aspergillus kawachii* *nuruks*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 944-950 (2005)
- Lee TS, Han EH. Volatile flavor components in mash of *Takju* prepared by using *Aspergillus oryzae* *Nuruks*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 366-372 (2001)