

손바닥 선인장 열매를 이용한 전통주 개발 - I. 전통주 제조기법을 이용한 발효주 및 증류주의 특성 -

배인영 · 윤은주 · 우정민 · 김주신¹ · 이현규* · 양차범

한양대학교 식품영양학과, ¹(주) 풀무원 기술연구소

(2001년 9월 18일 접수, 2002년 1월 18일 수리)

제주도 손바닥 선인장 열매주를 제조함에 있어 질소원의 첨가에 따른 발효 중 성분 변화를 조사하고, 이를 증류 시 품질 및 기호도의 변화를 알아보려고 하였다. 질소원을 첨가한 2단 담금부터 발효 종료일까지 성분 변화는 질소원 첨가 유무에 따라 각각 pH 3.7~3.8, 3.6~3.7, 산도 4.2~6.5, 1.2~1.5, 당도 10.0~10.8, 5.6~6.0 °Brix, 환원당 3.50~3.83, 6.43~6.73 mg/ml, 알코올 8.1~9.8, 8.0~9.1%로 산도, 당도, 알코올은 증가하고, pH와 환원당은 감소하였다. 질소원을 첨가한 발효주가 첨가하지 않은 발효주에 비해 pH, 산도, 당도는 높았고 환원당은 낮았다. 발효 과정에서 yeast의 생육도는 증가, bacteria는 감소하였으며 질소원을 첨가함으로써 그 경향은 더욱 증가하였다. 발효주를 증류한 후 각각 후류와 증류수로 희석하여 알코올 농도를 22%로 조정한 증류주의 pH는 3.7~4.0, 산도는 0.02~0.10, 당도는 5.4~6.1 °Brix였다. 향기성분으로는 acetaldehyde, acetyl acetone, acetic acid ethyl ester, ethyl alcohol, 2-propyl alcohol, acetone, n-propyl alcohol, butanoic acid methyl ester, 2-phenyl ethanol, thymol, acetic acid phenyl ester, vanillic aldehyde 등이 공통으로 검출되었고, 그 밖의 향기성분은 증류에 따라 다소 차이를 보였다. 또한 이들의 관능검사 결과, 색과 향에서는 유의적인(p<0.05) 차이를 보였으나, 전반적인 기호도에서는 시료간 유의적인(p<0.05) 차이가 없었다. 전체적으로 질소원을 첨가하지 않은 술덧을 증류하여 증류수로 희석한 증류주가 높은 pH와 당도, 낮은 산도를 보였으며 기호도에서도 가장 높았다.

Key words: 손바닥 선인장, 발효특성, 증류

서 론

우리나라에서는 오래 전부터 국내에서 생산되는 쌀과 약초를 원료로 여러 종류의 약용주를 제조하여 음용하여 왔으나, 주세법에 의한 술제조 금지조치로 활성화되지 못하고 일부만이 보존 육성되어 왔다.^{1,2)} 우리나라 전통주는 주로 곡류를 원료로 하고 있으며 민속주, 약·탁주 등으로 제조 판매되고 있다. 그러나 경제발전과 더불어 맥주, 포도주와 같은 보존성이 높고 색상이 아름다운 서양의 술들이 들어옴에 따라 소비량이 급격히 감소되고 있는 추세이다.³⁾ 이러한 시점에서 기존의 민속주를 가지고 외국의 유명 브랜드와 경쟁한다는 것은 상대적으로 열악한 원료의 품질 및 가격 등을 고려할 때 거의 불가능한 상태라고 할 수 있다. 따라서 새로운 우리 고유의 농산물을 이용한 전통주의 개발이 절실히 필요한 실정이다. 그러나 현재 우리 농산물을 이용한 전통주 제조에 관한 연구로는 대추,^{4,5)} 꽃감,⁶⁾ 모과,⁷⁾ 오미자,⁸⁾ 오가피,⁹⁾ 구기자¹⁰⁾ 등에 한정되어 그 이용이 미비한 실정이다.

제주도에서 경작 또는 일부 자생되는 선인장 중에 Opuntia속에 속하는 손바닥 선인장(*Opuntia ficus-indica* var. *saboten*)은 열대지역 유래의 다년초로서 열매를 먹을 수 있으며, 열매와 줄기를 공복에 같이 마시면 변비치료, 이뇨효과, 장운동의 활

성화 및 식욕증진에 효능이 있다는 것이 구전되어 오고 있다. 또한 한방에서는 신경성 통증을 치료하고 건위, 지양강장제, 해열진정제, 소염해독, 급성유선염, 이질을 치료하는데 이용하며, 피를 맑게 하고 하혈을 치료하는 목적으로 이용되는 것으로 알려져 있다.¹¹⁾ 이 등¹²⁾은 다양한 약리효과를 갖는 선인장 열매의 성분을 알로에와 비교하여 발표하였으며, 이¹³⁾는 쥐에 대한 항케양 효과를 검증하였다. 그 외에도 선인장 열매의 적색색소의 열안정성에 미치는 항산화제의 효과에 대한 연구,¹⁴⁾ 선인장 열매의 적색색소의 안정성에 대한 연구,¹⁵⁾ 손바닥 선인장의 항산화 및 항균특성¹⁶⁾ 등이 보고되어 있을 뿐 선인장 열매에 대한 식품학적인 응용연구는 거의 없는 실정이다. 그러나 멕시코에서는 예부터 이러한 선인장 열매를 이용하여 제조한 tequila를 음용하여 왔다. Tequila는 agave plant(*Agave tequilana* Waber var. *azul*)와 효모를 이용하여 얻은 발효액을 최종 알코올 농도가 40~55%가 되도록 증류한 제품이다. 이러한 tequila는 발효에 사용되는 선인장의 함량, 제조과정, 발효시 사용하는 미생물의 종류, 증류장치, 숙성기간과 용기별로 그 종류가 다양하여 현재 33가지 정도가 제품화되어 세계시장으로 판매되고 있다.¹⁷⁾

따라서 본 연구에서는 제주도 손바닥 선인장 열매주의 개발과 산업화의 기초연구로서 우리나라의 전통방법에 따라 제조한 발효주 및 증류주의 특성을 보고하고자 한다. 즉 손바닥 선인장 열매주를 제조함에 있어 질소원의 첨가특성과 발효과정 중 성분의 변화 등을 조사하고, 증류에 따른 품질 및 기호도의 변화를 알아보려고 한다.

*연락처

Phone: 82-2-2290-1202; Fax: 82-2-2281-8285

E-mail: hyeonlee@hanyang.ac.kr

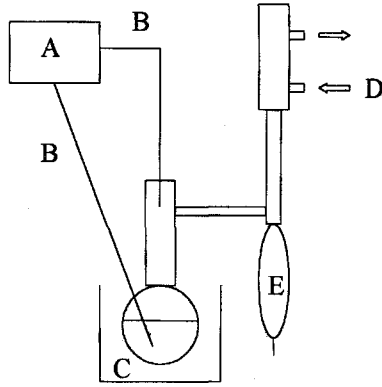


Fig. 1. The modified traditional "Togori" for distillation of Korean traditional soju. A: temperature controller, B: thermometer, C: heating mantle, D: cooling water, E: gromwell.

재료 및 방법

재료. 본 실험에 사용한 손바닥 선인장 열매는 제주도 선인장 마을에서 2000년에 생산된 것을 제공받았고, 입국미는 서울 탁주 도봉공장에서 제공받았으며, 효모는 *Saccharomyces cerevisiae* (dry wine yeast), 누룩은 국순당 개량누룩(당화력 1000)을 사용하였다. 담금용수는 수도물을 사용하였고, 미생물의 영양원으로 사용한 질소원으로는 ammonium phosphate, monobasic을 사용하였다.

발효주 제조. 발효주 제조는 주류제조교본의 방법으로 하였다.¹⁸⁾ 입국미(최종 술덧용량의 0.77%)와 효모(입국미의 2.5%), 물(입국미의 140%)로 밑술을 잡아 25°C에서 2일간 발효 후, 1단 담금에서는 입국미(최종 술덧용량의 12.6%)와 물(입국미의 161.2%)을 사용하여 25°C에서 2일간 발효시켰다. 2단 담금에서는 손바닥 선인장 열매(최종 술덧용량의 30.6%)에 2배량의 물을 첨가하여 2시간 autoclave하여 누룩(열매량의 0.82%)과 물(열매량의 130%)을 혼합하여 20°C에서 5일간 발효시켜 술덧의 최종 volume이 4l가 되도록 하였다. 질소원인 ammonium phosphate는 2단 담금 시기에 열매함량의 0.5%를 첨가하여 대조구와 같이 발효시켰다.

증류주 제조. 발효가 끝난 술덧은 Fig. 1과 같이 제작한 5l 용량의 증류장치를 이용하여 증류하였다. 발효주를 거르러 여과하여 그 중 3l를 증류장치에 넣어 1.26°C/min의 속도로 가열하였다. 1차 증류는 증류시작 후 처음 10 ml를 초류로 분리하고, 시료의 alcohol 함량이 0 mole이 될 때를 증류 종말점으로 하였다. 2차 증류시 alcohol 함량 40%를 본류로 끊고, 이후 증류액은 후류로 구분하였다. 증류주는 본류를 후류와 증류수로 각각 희석하여 최종 알콜 함량을 22%가 되도록 하였다.

pH와 산도. 발효주 및 증류주의 pH는 pH meter(Accumet 915, Fisher Scientific, USA)로 측정하였으며, 발효주는 3점의 가제로 여과한 여액을 시료로 하였다. 적정산도는 시료 2ml를 증류수 8ml로 희석하여 비이커에 취하고 0.1 N NaOH로 pH 9.0이 될 때까지 중화시키는데 소비된 ml수를 구하여 acetic acid로 나타내었다.

당도와 환원당. 당도는 당도계(ATAGO NI, Japan)로 측정

하였다. 환원당은 dinitrosalicylic acid에 의한 비색법으로 spectrophotometer(Beckman DU-650, USA)를 이용하여 575 nm에서 흡광도를 측정하였다.

알코올 함량. 알코올 함량은 gas chromatography(GC)를 이용하였다. GC는 flame ionization detector(FID)가 부착된 GC-17A(Shimadzu, Japan)로 분석 조건은 다음과 같다. 분석에 사용한 column은 J&W Scientific DB-WAX silica fused column(30 m×0.53 mm)이었고, column 온도 50°C, injector 온도 230°C, detector 온도 250°C로 하고, carrier gas로는 He gas를 사용하였다. 표준물질인 ethyl alcohol의 chromatogram peak area 및 concentration으로부터 표준곡선을 작성하고, 시료의 chromatogram peak area로부터 각각의 알코올 함량을 산출하였다.

효모 및 세균수. 효모의 생균수는 YM agar 배지를 이용하여 25°C에서 48시간 배양하여 생긴 colony를 계측하였다. 세균수는 PDA 배지를 이용하여 37°C에서 48시간 배양하여 생긴 colony를 계측하였다.

휘발성 향기성분 분석. 휘발성 향기성분과 fusel oil의 분석은 GC를 이용하였다. GC는 FID가 부착된 GC-17A(Shimadzu, Japan)를 사용하였고 J&W Scientific DB-WAX silica fused column(30 m×0.25 mm)을 사용하였다. Column oven 온도는 40°C에서 5분 정치 후, 6°C/min으로 100°C까지 올려 3분 머무른 후, 다시 8°C/min으로 220°C까지 올려 25분간 정치시켰다. Injector 온도는 200°C, detector 온도는 250°C로 하고, carrier gas로는 He gas를 사용하였다. 모든 시료는 0.45 µm membrane filter(Waters Co., USA)로 여과하여 GC에 사용하였다. 향기성분 분석에 사용한 표준물질은 보라향료로부터 제공받아 사용하였다.

관능검사. 색, 맛, 향 및 종합적인 기호도에 대하여 한양대학교 식품영양학과 대학원생 10명의 panel을 대상으로 최고 7점, 최저 1점으로 7단계 기호도 척도법으로 평점케 하였으며, 결과에 대한 통계처리는 SPSS(Statistical Package for Social Science) 통계분석 프로그램을 이용하여 분산분석과 Duncan의 다범위 검정으로 해석하였다.

결과 및 고찰

발효주의 pH, 산도, 당도, 환원당 및 알코올 함량변화. 손바닥 선인장 열매를 이용한 발효주 제조를 위해서는 점질물을 분해하여 발효에 참여시키기 위한 과정이 필요하다. 따라서 본 실험에서는 고압멸균기를 이용하여 점질물이 최대한 분해되는 조건설정(당도 및 환원당 함량 측정)과 이를 최대한 당화시킬 수 있는 누룩을 선정하고자 예비실험을 시행하였다. 그 결과 선인장 열매와 2배량의 물을 첨가하여 121°C, 15 psi에서 2시간 동안 autoclave함으로써 점질물의 분해가 가장 잘 이루어짐을 알 수 있었다. 또한 누룩으로는 국순당에서 제조한 개량누룩을 사용하는 것이 최적의 조건으로 나타났다(data not shown).

손바닥 선인장을 이용한 발효주의 발효기간에 따른 pH, 산도, 당도, 환원당 및 알코올 함량변화는 Table 1과 같다. 발효가 진행됨에 따라 pH는 감소하였으며, 발효 4일째인 2단 담금

Table 1. Changes in pH, acidity, brix degree, reducing sugar, and alcohol of mashes during fermentation

Mash ¹⁾	Fermentation period (days)								
		0	2	4	5	6	7	8	9
pH	A	4.5	4.1	3.6	3.6	3.6	3.7	3.6	3.7
	B	4.5	4.2	3.8	3.8	3.8	3.7	3.8	3.8
Titratable acidity (acetic acid %)	A	0.3	0.7	2.0	2.0	2.1	2.2	2.0	2.2
	B	0.3	0.9	2.5	9.0	9.0	9.3	10.0	10.8
Brix degree	A	2.5	4.6	5.6	5.8	6.0	6.0	6.0	6.0
	B	3	4.9	5.7	10.3	10.4	10.5	10.8	10.8
Reducing sugar (mg/ml)	A	7.38	5.42	4.73	4.56	4.52	4.51	4.60	4.43
	B	7.43	5.57	4.83	3.80	3.70	3.50	3.63	3.70
Alcohol (%)	A	0.0	2.6	8.0	8.1	8.7	9.0	9.1	9.1
	B	0.0	2.7	8.2	8.6	8.7	9.6	9.7	9.8

¹⁾A: Mash without nitrogen source, B: Mash with nitrogen source.

Table 2. Changes in number of yeast and bacteria of mashes during fermentation

Fermentation period (days)	Mash ¹⁾			
	Yeast (log CFU ²⁾ /ml)		Bacteria (log CFU/ml)	
	A	B	A	B
0	7.16±0.18 ^{a3)}	7.18±0.18 ^b	7.13±0.20 ^a	7.00±0.18 ^b
2	7.23±0.18 ^a	7.30±0.40 ^b	7.35±0.25 ^a	7.26±0.18 ^b
4	7.43±0.32 ^a	7.65±0.40 ^b	7.80±0.40 ^a	7.41±0.20 ^b
5	7.63±0.18 ^a	7.70±0.18 ^b	7.78±0.40 ^a	7.67±0.40 ^b
6	7.70±0.55 ^a	7.64±0.18 ^b	7.89±0.40 ^a	7.67±0.40 ^b
7	7.72±0.49 ^a	7.92±0.40 ^b	7.56±0.50 ^a	7.70±0.30 ^b
8	7.73±0.49 ^a	8.05±0.40 ^b	7.67±0.18 ^a	7.61±0.30 ^b
9	7.95±0.30 ^a	8.06±0.18 ^b	7.73±0.40 ^a	7.60±0.18 ^b

¹⁾A: Mash without nitrogen source, B: Mash with nitrogen source.

²⁾CFU: Colony forming unit.

³⁾Values are mean ± standard deviations and different letters in same row indicate significant difference at p<0.01.

후에는 pH의 변화가 거의 없었다. 즉, 담금 초기에는 pH가 4.5 였으나 1단 담금 시에 4.1~4.2, 2단 담금 시에 3.6~3.8로 낮아지는 경향을 보였다. 장 등¹⁹⁾은 시판 약주의 성분분석에서 pH가 담금 초기부터 4일이 경과될 때까지 낮아지는 경향을 보였으며 숙성기간 중에 pH 4.0 이하로 안정된 상태를 유지한다고 보고하였는데, 이러한 결과는 신 등²⁰⁾의 실험에서도 유사하게 나타났다. 본 실험에서도 담금 4일 이후에는 pH가 3.6~3.8 이하로 안정된 상태를 유지함으로써 이전의 보고와 비슷하게 나타났다. 그러나 질소원의 첨가에 따른 변화는 없었다.

발효기간에 따른 적정산도의 변화는 발효가 진행됨에 따라 점차적으로 증가하는 경향을 보였다. 발효 4일째인 2단 담금 전까지는 질소원의 첨가유무와 관계없이 0.3~0.9의 낮은 산도를 보였으나, 선인장 열매와 질소원을 첨가한 2단 담금 후부터는 시료간에 큰 차이를 보였다. 즉, 질소원을 첨가한 시료는 산도가 2.5에서 10.8로 거의 400% 정도 증가한 반면, 질소원을 첨가하지 않은 시료는 2.0에서 2.2로 거의 변화가 없었다. 이는 질소원인 ammonium phosphate의 phosphate group에 의한 현상으로 생각되어 진다. 두 시료 모두 2단 담금 직후에는 급격한 증가경향을 보였으나, 그 이후부터는 완만한 변화를 보였

Table 3. pH, acidity and brix degree of sojues

Soju ¹⁾	pH	Titratable acidity (acetic acid %)	Brix degree
A	4.0	0.02	6.1
B	3.8	0.03	5.4
C	3.8	0.04	5.8
D	3.7	0.06	5.7

¹⁾A: Distillate from mash without nitrogen source and dilute with H₂O, B: Distillate from mash without nitrogen source and dilute with tail, C: Distillate from mash with nitrogen source and dilute with H₂O, D: Distillate from mash with nitrogen source and dilute with tail. All sojues contain 22% of ethyl alcohol.

는데 이러한 경향은 약용주²¹⁾와 유사하였다.

당도는 발효가 진행됨에 따라 증가하였으며, 질소원의 첨가가 그 증가를 더욱 크게 만들었다. 담금 초기에는 두 술덧 모두 2.5~3.0 °Brix의 당도를 보이다가, 발효 4일째인 2단 담금 후부터는 질소원 첨가시 5.7~10.8 °Brix, 질소원 무첨가시에는 5.6~6.0 °Brix의 당도를 보였다.

발효주의 환원당 함량변화는 발효 초기에는 급격하게 감소하였으나 발효 4일째인 2단 담금 후부터는 거의 변화가 없었다. 두 종류의 발효주 모두에서 발효 4일째 35% 정도의 감소율을 보였으며, 환원당 감소정도는 발효 종료시까지 계속되었다. 또한 질소원 첨가가 효모의 영양원으로 작용하여 발효를 더욱 촉진시켰으므로 환원당의 감소를 증가시켰다.

발효과정 중 알코올 함량의 변화는 발효가 진행되면서 증가하였다. 즉 발효초기인 0~4일에는 알코올 농도가 급격히 증가하여 8.0~8.2%에 달하였고, 발효 4일부터는 완만하게 증가하여 발효 종료일에는 9.1~9.8%의 범위를 보였다. 질소원의 첨가에 따라서는 질소원을 첨가한 발효주의 알코올 농도가 첨가하지 않은 발효주보다 최종 알코올 함량이 0.7% 정도 높게 나타났다. 또한 알코올 농도의 증가현상은 환원당 함량의 감소경향과 일치하였다. 이러한 변화는 약용주,²¹⁾ 대추술,^{4,5)} 진도홍주²²⁾에서와 같이 초기부터 급격히 증가하고 발효중반이후부터는 완만히 증가한다는 결과와 일치하는 현상이었다.

발효주의 균수변화. 선인장 열매주의 발효 중 효모와 세균의 변화는 Table 2와 같이 발효의 경과에 따라 증가하였다. 효

모수의 변화는 질소원 첨가유무에 따라 각각 발효 0일 7.18, 7.16 log CFU/ml, 질소원과 선인장 열매를 첨가한 4일에는 7.65, 7.43 log CFU/ml, 발효가 완료된 9일에는 8.06, 7.95 log CFU/ml로 증가하였다. 반면 세균의 경우에는 질소원 첨가유무에 따라 각각 발효 0일 7.00, 7.13 log CFU/ml, 4일 7.41, 7.80 log CFU/ml, 9일 7.60, 7.73 log CFU/ml의 변화를 보였다. 이와 같이 질소원을 첨가한 발효 4일부터는 효모와 세균의 증식정도가 다르게 나타났는데, 이로써 질소원의 첨가가 효모의 생육은 증가시키는 반면 세균의 생육은 어느 정도 유의적으로 억제시켜줄 수 있었다($p < 0.01$).

증류주의 pH, 산도, 당도. 손바닥 선인장 열매를 이용하여 제조한 술덧을 알코올 함량 40%까지 2차 증류하여 얻은 증류액을 증류수와 후류로 각각 알코올 함량 22%가 되도록 희석한 증류주의 pH, 산도, 당도는 Table 3과 같다. 질소원을 첨가한 술덧을 증류하여 증류수와 후류로 희석한 증류주의 경우 각각 pH 3.8, 3.7, 산도 0.04, 0.06, 당도 5.8, 5.7 °Brix였다. 반면 질소원을 첨가하지 않은 술덧을 증류하여 증류수와 후류로 희석한 증류주의 경우 각각 pH 4.0, 3.8, 산도 0.02, 0.03, 당도 6.1, 5.4 °Brix였다. 질소원을 첨가한 술덧으로 증류한 증류액이 질소원을 첨가하지 않은 술덧을 증류한 경우보다 pH와 당도는 낮고 산도는 높은 경향을 보였다. 이는 질소원의 첨가에 의해 급격한 산도증가를 보인 발효주의 결과와 일치하였다. 또한 2차 증류액을 증류수로 희석한 증류주가 후류로 희석한 증류주에 비해 pH와 당도는 높고, 산도는 낮았다.

휘발성 향기성분. 손바닥 선인장을 이용하여 제조한 발효주와 이를 증류하여 얻은 증류주의 휘발성 향기성분의 함량은 Table 4와 같다. 발효주와 증류주의 향기성분으로 ethyl alcohol, 2-propyl alcohol, *n*-butyl alcohol, *n*-propyl alcohol, isobutyl alcohol, isoamyl alcohol, mercapto ethyl alcohol, *n*-octyl alcohol, 2-phenyl ethyl alcohol 등 alcohol류 9종, acetic acid ethyl ester, butanoic acid methyl ester, acetic acid phenyl ester 등 ester류 3종, acetaldehyde, vanillic aldehyde 등 aldehyde류 2종, acetyl acetone, acetone, β -damascenone 등 ketone류 3종, acetic acid, decanoic acid 등 acid류 2종, linalool, thymol 등 terpenoid류 2종과 phenol류인 guaiacol이 확인되었고, 미확인 물질로 23종이 검출되어 모두 45종류의 향기성분이 검출되었다. 향기성분의 종류를 보면 질소원을 첨가한 발효주에서 28종, 질소원을 첨가하지 않은 발효주에서 33종이 검출되어 5종류가 더 발견되었다. 질소원을 첨가한 술덧을 증류하여 증류수와 후류로 희석한 증류주의 경우는 각각 27종, 33종이 검출되었고, 질소원을 첨가하지 않은 술덧을 증류하여 증류수와 후류로 희석한 증류주의 경우 각각 30종씩 검출되었다. 모든 증류주에서 비슷하게 향기성분이 검출되었으나 질소원을 첨가한 술덧을 증류하여 후류로 희석한 증류주가 가장 많은 향기성분을 보였다. Acetaldehyde, acetyl acetone, acetic acid ethyl ester, ethyl alcohol, 2-propyl alcohol, acetone, *n*-propyl alcohol, butanoic acid methyl ester, 2-phenyl ethanol, thymol, acetic acid phenyl ester, vanillic aldehyde 등은 모든 발효주와 증류주에서 공통으로 검출되었고, *n*-butyl alcohol, isoamyl alcohol, β -damascenone, acetic

acid, linalool은 발효주에서만 나타났다. 그 밖의 향기성분은 증류에 따라 다소 차이를 보였고, chromatogram 상에서 비점이 높은 후반부의 미동정 성분의 출현이 많았고 이는 모든 시료에서 비슷하게 나타났으며 특히 증류주에서 다량 검출되었다.

주류의 대표적 향기성분인 alcohol류 중 ethyl alcohol은 peak가 발효주와 증류주 각각 84.43~84.85%, 97.20~98.00%로 가장 많은 비율을 차지하였다. Fusel oil 중 하나인 *n*-propyl alcohol은 발효주에서는 0.26~0.41%, 증류주에서는 0.27~0.34%가 검출되었으며, 질소원을 첨가한 술덧을 증류한 실험구에서 높게 나타났다. 또한 isobutyl alcohol과 isoamyl alcohol은 발효주에서만 0.01~0.02% 검출되었고, methanol은 미량 검출됨으로써 함량이 0.1%를 넘지 않아야 한다는 식품공전²³⁾상의 규정을 벗어나지 않았다. Fusel oil 중 하나인 *n*-propyl alcohol은 ethyl alcohol보다 냉향으로 중국 주류인 마오타이췌에 높게 함유되어 있다. 또한 isoamyl alcohol은 감미있는 바나나향으로 효모발효에 의해 아미노산인 leucine으로부터, isobutyl alcohol은 ethyl alcohol과 유사한 향으로 valine으로부터 각각 탈아미노와 탈카르복시 반응으로 생성되는데 특히 isobutyl alcohol은 저(低)질소배지에서 많이 생성되는 것으로 보고되어 있다. 2-phenyl ethyl alcohol은 장미와 벌꿀냄새로 원료 중의 phenylalanine으로부터 유래되며 맥주의 방향족 알코올 성분 중 가장 중요한 향기성분으로 알려져 있다.^{24,26)} 그 외에도 2-propyl alcohol은 발효주에서 3.01~4.90%, 증류주에서 0.49~1.50%의 함량을 보였고, *n*-butyl alcohol은 발효주에서 0.03~0.30%가 검출되었으나 증류주에서는 극미량 나타났다. 또한 mercapto ethyl alcohol과 *n*-octyl alcohol도 발효주에서만 0.59~0.60%, 0.02%로 검출되었다. Ethyl alcohol을 제외한 alcohol류는 주로 발효주에서 다량 검출되었고 증류 후에는 소멸되는 현상을 보였는데, 이는 alcohol류가 증류과정에서 다른 성분으로 변화되었거나 회수율이 낮기 때문에 나타난 결과로 생각된다.

Ester 화합물은 지방산의 methyl 및 ethyl ester가 대부분으로 발효주에 함유된 저급지방산이 효모와 세균의 작용으로 ester화되어 생성되며 주류에서 alcohol보다 향에 대해 기여도가 높다. 또한 phenyl ester는 벌꿀향으로 청주와 맥주의 향기성분으로 보고되고 있다.^{25,27)} 본 실험에서는 발효주의 경우 acetic acid phenyl ester가 0.24~0.53%로 가장 많이 검출되었고, 다음으로 butanoic acid methyl ester가 0.15~0.17%, acetic acid ethyl ester가 약간씩 검출되었으며, 질소원을 첨가한 발효주보다 질소원을 첨가하지 않은 발효주에서 더 많은 양이 검출되었다. 증류주의 경우에는 acetic acid ethyl ester, butanoic acid methyl ester, acetic acid phenyl ester가 약간씩 검출되었으며 각 시료간 별 차이는 없었다.

Aldehyde 향기성분은 acetaldehyde와 vanillic aldehyde가 확인되었는데, 발효주에서 0.07~0.17% 검출되었고, 그 양은 질소원을 첨가하지 않은 발효주에서 더 많았다. 또한 증류주의 경우 극히 미량이 검출되었다. Acetaldehyde는 발효과정 중 ethyl alcohol의 효모에 의한 산화나 아미노산으로부터 탈아미노, 탈카르복시기에 의해 생성된다. Ether와 같은 강한 자극취를 나타내는 acetaldehyde는 청주, 맥주, 일본소주에서도 검출된 성분이나 특히 맥주의 미숙취로 알려져 있다.^{25,26,28)}

Table 4. Volatile compounds of mashes and sojues (% peak area)

No. volatile compound	Mash ¹⁾			Soju ²⁾		
	A	B	C	D	E	F
1. acetaldehyde	0.17	0.07	trace	trace	trace	trace
2. acetyl acetone	0.05	0.04	trace	trace	trace	trace
3. unknown	-	-	0.02	0.03	0.02	0.02
4. acetic acid ethyl ester	0.06	0.05	0.02	0.03	0.02	0.02
5. unknown	-	-	0.02	0.02	trace	0.01
6. ethyl alcohol	84.43	84.85	98.00	97.20	97.51	97.70
7. 2-propyl alcohol	4.90	3.01	0.66	0.49	4.73	1.50
8. <i>n</i> -butyl alcohol	0.30	0.03	-	trace	0.21	-
9. acetone	0.02	0.07	0.02	0.05	0.05	0.01
10. unknown	-	-	0.02	0.06	-	0.05
11. unknown	-	-	0.12	0.09	-	0.06
12. <i>n</i> -propyl alcohol	0.41	0.26	0.34	0.32	0.27	0.27
13. unknown	-	-	0.01	0.04	trace	0.03
14. unknown	-	-	0.02	-	trace	0.01
15. isobutyl alcohol	0.01	0.01	0.02	-	-	0.02
16. isoamyl alcohol	0.01	0.02	-	-	-	-
17. unknown	0.55	-	-	-	-	-
18. unknown	0.43	-	0.02	0.03	0.04	0.07
19. unknown	-	-	0.02	0.03	0.03	0.05
20. mercapto ethyl alcohol	0.59	0.64	trace	-	-	0.02
21. β -damascenone	0.13	0.10	-	-	-	-
22. <i>n</i> -octyl alcohol	0.02	0.02	-	-	-	trace
23. acetic acid	0.29	0.29	-	-	-	-
24. butanoic acid methyl ester	0.17	0.15	trace	0.02	0.01	0.01
25. unknown	-	-	-	0.02	0.03	0.01
26. unknown	--	-	0.03	0.02	trace	-
27. unknown	-	-	-	0.02	trace	trace
28. linalool	0.87	0.71	-	-	-	-
29. guaiacol	0.09	0.18	trace	0.15	-	-
30. unknown	0.29	-	-	-	-	-
31. 2-phenyl ethyl alcohol	0.35	0.19	0.18	0.21	0.05	0.20
32. unknown	0.20	0.31	-	-	-	-
33. thymol	0.11	0.17	0.12	0.12	trace	0.09
34. unknown	-	-	0.14	-	-	0.04
35. unknown	0.45	0.23	0.02	0.02	trace	0.03
36. decanoic acid	0.50	0.36	-	0.05	trace	0.05
37. unknown	-	-	0.09	0.20	trace	0.06
38. unknown	0.51	0.19	-	-	-	-
39. unknown	0.21	0.23	0.05	0.09	-	0.02
40. unknown	0.23	0.19	-	-	-	-
41. unknown	0.21	-	0.01	-	trace	0.02
42. unknown	0.40	-	0.01	0.06	trace	0.01
43. acetic acid phenyl ester	0.53	0.24	0.02	0.12	0.02	0.02
44. vanillic aldehyde	0.17	0.07	trace	0.04	trace	trace
45. unknown	0.16	0.18	trace	0.02	-	-

¹⁾A: Mash without nitrogen source, B: Mash with nitrogen source.

²⁾C: Distillate from mash without nitrogen source and dilute with H₂O, D: Distillate from mash without nitrogen source and dilute with tail, E: Distillate from mash with nitrogen source and dilute with H₂O, F: Distillate from mash with nitrogen source and dilute with tail. All sojues contain 22% of ethyl alcohol.

일반 발효주나 증류주에서는 나타나지 않았던 β -damascenone, linalool, thymol, guaiacol 등이 본 실험에서 검출되었다. Carotenoid의 분해산물 중 하나인 β -damascenone^{29,30)}은 질소원을 첨가한 발효주와 질소원을 첨가하지 않은 발효주에서 각각 0.10, 0.13%가 검출되었고, 증류주에선 검출되지 않았다. 이는

발효과정에서 선인장 열매의 polyphenol 성분이 분해되어 생성되었던 β -damascenone가 증류에 의해 다른 성분으로 변화함으로써 나타난 현상이라 생각된다. Terpenoid류인 linalool과 thymol은 선인장 열매에서 기인한 향기성분³¹⁾으로, linalool은 질소원을 첨가한 발효주와 질소원을 첨가하지 않은 발효주에서

Table 5. Sensory quality of soju

Liquor ¹⁾	Sensory attributes			
	Color	Sweet taste	Flavor	Overall acceptability
A	5.50±0.58 ^{2a}	3.67±0.58 ^a	4.50±0.76 ^a	3.75±1.17 ^a
B	4.33±0.52 ^b	2.75±0.89 ^a	4.00±0.00 ^{ab}	3.00±1.15 ^a
C	4.29±0.49 ^b	3.71±1.38 ^a	3.60±0.55 ^b	3.57±0.98 ^a
D	4.29±0.49 ^b	3.00±1.29 ^a	3.67±0.82 ^b	3.14±0.90 ^a

¹⁾A: Distillate from mash without nitrogen source and dilute with H₂O, B: Distillate from mash without nitrogen source and dilute with tail, C: Distillate from mash with nitrogen source and dilute with H₂O, D: Distillate from mash with nitrogen source and dilute with tail. All soju contain 22% of ethyl alcohol.

²⁾Values are mean ± standard deviations and different letters in same column indicate significant difference at p<0.05.

각각 0.71, 0.87%가 검출되었고, 증류주에선 검출되지 않았다. Thymol은 모든 시료에서 0.09~0.17%가 나타났으나 질소원을 첨가한 술덧을 증류하여 증류수로 희석한 증류주에서는 미량 검출되었다. 선인장 열매에 존재하는 phenolic acid가 분해되면서 생성된 물질로 oak통에서의 숙성기간에 따라 그 함량이 증가한다고 알려져 있는 guaiacol³¹⁾은 질소원을 첨가한 발효주와 질소원을 첨가하지 않은 발효주에서 각각 0.18, 0.09%가 검출되었고, 증류주에선 질소원을 첨가하지 않은 술덧을 증류하여 후류로 희석한 증류주에서만 0.15% 검출되었다. 이러한 성분들은 선인장 열매 특유의 향기성분으로 증류주에 비해 발효주에서 그 함량이 많았다. 또한 β-damascenone, linalool은 질소원을 첨가하지 않은 발효주에서 그 함량이 더 많았고, 증류주에선 검출되지 않았다. 그러나 thymol, guaiacol은 질소원을 첨가한 발효주에서 그 함량이 더 많았으며, 증류주에서도 미량 검출되었다. Scot 등³¹⁾에 따르면 tequila의 주요 향기성분은 isovaleraldehyde, iso-amyl alcohol, β-damascenone, 2-phenyl ethyl alcohol, vanillin으로 보고하였다. 본 실험에서 보면, isoamyl alcohol과 β-damascenone은 술덧에서만 검출되었으나, 2-phenyl ethyl alcohol과 vanillin은 발효주와 증류주 모두에서 나타났다. 그러나 isovaleraldehyde는 검출되지 않음으로써 tequila와 차이를 보였다. 따라서 멕시코의 tequila와 국내산 선인장 열매주의 향기성분에 대한 비교분석에 의해 우리 민속주의 특성화와 과학화가 계속 이루어져야 할 것이다.

관능검사. 손바닥 선인장 열매를 이용한 술덧을 2번 증류하여 얻은 4가지 종류의 증류주에 대한 관능검사 결과는 Table 5와 같다. 시료간에 유의적인 (p<0.05) 차이를 보인 항목들은 색과 향이었다. 질소원을 첨가하지 않은 술덧을 증류하여 증류수로 희석한 시료의 색이 유의적으로 높은 점수를 받았고 나머지 3가지 시료는 차이를 보이지 않았다. 이는 질소원과 후류에 의한 증류액의 탁함현상이 발생하지 않음으로써 맑은 시료에 대한 기호도가 증가한 것으로 생각된다. 향에 대해서는 질소원을 첨가하지 않은 술덧의 증류액이 질소원 첨가 술덧 증류액보다 유의적으로 높은 점수를 받았다. 이러한 결과는 향기성분 분석과 비교시 질소원 첨가 술덧의 향기성분이 질소원 무첨가 군보다 적게 검출된 것과 일치하는 현상이었다. 그러나 증류액에서는 분석결과와 관능결과가 어긋나는 현상을 보였다. 맛과

전체적인 기호도는 시료간의 유의적인 차이를 나타내지는 않았다. 하지만 질소원 첨가 유무와 관계없이 증류수로 희석한 증류주가 후류로 희석한 증류주보다 높은 점수를 받았다. 이러한 결과로부터 전체적인 기호도 결정은 색, 맛, 향이 모두 관여함을 알 수 있었다.

이상의 결과로 볼 때, pH와 당도가 높고 산도는 낮은 증류수로 희석한 증류주가 후류로 희석한 증류수보다 맛과 전체적인 기호도에서 높은 점수를 받았음을 알 수 있었다. 그 중 가장 높은 pH, 당도와 가장 낮은 산도를 보인 질소원을 첨가하지 않은 술덧을 증류하여 증류수로 희석한 증류주가 전체적인 기호도에서 가장 좋은 점수를 받았다. 그러나 향기성분 분석결과와는 다소 차이를 보였는데, 이는 관능적으로는 감지할 수 없는 성분이 증류에 의해 생성됨으로써 좀 더 세밀한 분석을 요하는 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2000년 한양대학교 교내연구비 지원으로 연구되었기에 감사를 드립니다. 또한 연구를 수행하는데 필요한 선인장 열매, 입국미 및 향기성분 표준품을 제공하여 주신 제주도 선인장 마을, 서울탁주 및 보라향료에 감사드리며, 실험진행에 많은 도움을 주신 한국식품개발연구원의 안병학박사님께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Yu, T. J. (1984) The development method of Korean traditional liquors. *Liquor Industry* 4, 7-10.
2. Jang, J. H. (1987) The Korean traditional *Yakju*. *Liquor Industry* 7, 6-16.
3. Sung, G. O. (1989) Production and marketing of *Takju* and *Yakju*. *Korean J. Dietary Culture* 4, 287-292.
4. Min, Y. K. and Lee, M. K. (1997) The changes of the quality of jujube wine during its manufacturing operations. *Food Engineering Progress* 1, 81-86.
5. Min, Y. K., Lee, M. K. and Jeong, H. S. (1997) Fermentation characteristics of jujube alcoholic beverage from different additional level of jujube fruit. *Korean Agric. Chem. Soc.* 40, 433-437.
6. Woo, K. L. and Lee, S. H. (1994) A study on wine - making with dried persimmon produced in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26, 204-212.
7. Yu, T. J. and Han, B. R. (1988) Studies on the production of *Chaenomeles sinensis* wine. *Thesis collection of Agriculture & Forestry* 211-224.
8. Jang, E. J. (1985) Studies on the production of omija wine, M.S. thesis, Korea University, Seoul, Korea.
9. Ahn, M. O. (1984) Studies on the production of *Acanthopanax Cortex* fruit wine, M.S. thesis, Korea University, Seoul, Korea.
10. Choi, S. H., Lee, M. H., Shin, C. S., Sung, C., Oh, M. J. and Kim, C. J. (1996) Effect of storage condition on the quality of the wine and *Yakju* made by *Lycium chinense* Miller. *Korean*

- Agric. Chem. Soc.* **39**, 338-342.
11. The Small House (1985) The Chinese Herb Dictionary. Shanghai Science Technology Publishing Company, Tokyo, Japan.
 12. Lee, Y. C., Hwang, K. H., Han, D. H. and Kim, S. D. (1997) Composition of *Opuntia ficus-indica*. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**, 847-853.
 13. Lee, H. J. (1997) A Study on Antiulcer effects of *Opuntia Dillenii* Haw. on stomach ulcer induced by water-immersion stress in rats, M.S. Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea.
 14. Kim, I. H., Kim, M. H., Kim, H. M. and Kim, Y. E. (1995) Effect of antioxidants on the thermostability of red pigment in prickly pear. *Korean J. Food Sci. Technol.* **27**, 1013-1016.
 15. Chung, M. S. and Kim, K. H. (1996) Stability of betanine extracted from *Opuntia Ficus-Indica* var. *saboten*. *Korean J. Soc. Food Sci.* **12**, 506-510.
 16. Chung, H. J. (2000) Antioxidative and antimicrobial activities of *Opuntia Fucus Indica* var. *saboten*. *Korean J. Soc. Food Sci.* **16**, 160-166.
 17. Miguel, C. C. (1995) Tequila production. *Critical Reviews in Biotechnology* **15**, 1-11.
 18. The Textbook of Liquor manufacture (1997) National Tax Service Technology Institute, Seoul, Korea.
 19. Jang, K. J. and Yu, T. J. (1981) Studies on the components of Sokokju and commercial *Yakju*. *Korean J. Food Sci. Technol.* **13**, 307-313.
 20. Shin, K. R., Kim, B. C., Yang, J. Y. and Kim, Y. D. (1999) Characteristic of *Yakju* prepared with yeasts from fruits 2. Quality characteristics of *Yakju* during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **28**, 801-804.
 21. Min, Y. K. and Cho, J. G. (1994) Fermentation characteristics of some medicinal herb rice wine. *Korean Agric. Chem. Soc.* **37**, 175-181.
 22. Jung, J. H. (1992) Studies on the production of Korean traditional distillate (Jin-do hong-ju). *The research reports of Miwon Research Institute of Korean Food & Dietary Culture* **3**, 63-81.
 23. Food Processing (2000) Korea Food & Drug Administration, Seoul, Korea.
 24. Hara, S. (1967) A view of Sake component; Alcohols. *J. Soc. Brew. Japan* **62**, 1195-1205.
 25. Yuda, J. (1976) Brewing component; Beer (Fermented flavor component). *J. Soc. Brew. Japan* **71**, 819-830.
 26. Nismya, T. (1977) Brewing component; Spirits (Component). *J. Soc. Brew. Japan* **72**, 415-432.
 27. Nunokau, T. (1967) A view of Sake component; Ester. *J. Soc. Brew. Japan* **62**, 854-860.
 28. Owaki, K. (1967) A view of Sake component; Carbonyl. *J. Soc. Brew. Japan* **62**, 1098-1105.
 29. Mordi, R. C. (1993) Carotenoids functions and degradation. *Chem. Ind.* **75**, 79-83.
 30. Naf, R., Velluz, A. and Thommen, W. (1990) Isolation of a glucosidic precursor of damascenone from *Lycium halimifolium* Mil. *Tetrahedron Lett.* **31**, 6521-6522.
 31. Scot, M. B. and Terry, L. P. (1996) Characterization of tequila flavor by instrumental and sensory analysis. *J. Agric. Food Chem.* **44**, 557-566.

The Development of Korean Traditional Wine Using the Fruits of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*

- I. Characteristics of Mashers and Sojues -

In Young Bae, Eun Ju Yoon, Jeong Min Woo, Joo-Shin Kim¹, Hyeon Gyu Lee* and Cha-Bum Yang (*Department of Food & Nutrition, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea; ¹Pulmuone R&D Center, Pulmuone Co. Ltd., Seoul 120-600, Korea*)

Abstract: Fermentation characteristics with/without nitrogen source and quality of the fruit distillate of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* were investigated during the manufacturing process of a Korean traditional liquor. As the fermentation period increased, acidity, brix degree, and alcohol concentration increased, whereas pH and contents of reducing sugar decreased. Acidity, pH, and brix degree were higher, whereas the content of reducing sugar lower, in the nitrogen source-added distillate than in the distillate without nitrogen source. The growth of yeast increased, while that of bacteria decreased; this trend was more prominent with the addition of a nitrogen source. Sojues, distilled from two types of mashers and diluted with H₂O and tails of distillate into 22% alcohol concentration, showed pH 3.7~4.0, acidity 0.02~0.10, and 5.4~6.1 °Brix. Analysis through GC using direct injection methods revealed common volatile flavor compounds in sojues, including acetaldehyde, acetyl acetone, acetic acid ethyl ester, ethyl alcohol, 2-propyl alcohol, acetone, *n*-propyl alcohol, butanoic acid methyl ester, 2-phenyl ethanol, thymol, acetic acid phenyl ester, and vanillic aldehyde. As revealed through the sensory evaluation, no significant difference ($p > 0.05$) in overall acceptability was shown among four experimental groups, while color and flavor showed significant differences ($p < 0.05$).

Key words: *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*, fermentation characteristics, distillation

*Corresponding author