

## 전통누룩으로 빚은 발효주의 품질 평가

이미경\* · 이성우\* · 윤태현†

한림대학교 한국영양연구소 임상영양연구소

\*한양대학교 식품영양학과

## Quality Assessment of Yakju Brewed with Conventional Nuruk

Mi-Kyung Lee\*, Sung-Woo Lee\* and Tai-Heon Yoon†

Laboratory of Clinical Nutrition, Korea Institute of Nutrition, Hallym University, Chunchon 200-702, Korea

\*Dept. of Food and Nutrition, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

### Abstract

To evaluate of quality of Yakju brewed with different types of fermenters (Nuruk) and brewed by a method described in Sallymkyungjae, glucoamylase and protease activities of Nuruk were measured, and proximate composition, coloring degree, acetaldehyde, alcohol, fusel oils, amino acid content, mineral content and sugar composition of Yakju samples were also determined. It was found that the lower the pH, the lower the glucoamylase activity in Nuruk samples A to E. In A, B, D and H, protease activity was higher at pH 5.5 than at pH 5.0. In Yakju samples 1 to 5 during fermentation, total acidity and amino acid content were high at the first step and were getting lower gradually at the second step. In Yakju samples 6 to 11, ethanol content was high in 6b, 7b, 8a, 8b and 11b. At the second step, residual sugar content was getting higher gradually in 7a, 11a and 11b. The coloring degree of Yakju was influenced by not only color of Nuruk but also Fe content in Yakju. Of the Yakju examined, only 9a and 9b contained acetaldehyde in trace amounts. Ethanol content was the highest in 8a and 8b. Fusel oil content was high in 8a and 8b. In samples 6 to 9, aspartic acid content was higher in treatment a than treatment b, but tyrosine, histidine and proline contents were higher in treatment a than treatment b. The levels of fructose, melibiose, sorbitol, and arabinose in Yakju brewed from unsteamed rice were higher than in Yakju brewed from steamed rice. K content was the lowest in 9a and 9b. Na content was higher in treatment a than in treatment b. In only 6a, Ca/P ratio was more than one.

Key words : Yakju, Nuruk, quality assessment

### 서 론

세계 여러 나라에서는 자연 환경에 적합한 각기 특색 있는 술문화가 정립·발전되어 왔는데 이제는 그들의 고유한 멋과 맛을 자랑하고 있다. 우리나라에서도 술의 기원이 언제인지는 정확히 알 수 없으나 문헌<sup>1-3)</sup>에 의하면 삼국시대 이전부터 전래되어 오랜 세월을 거치는 동안 전통주의 형성기, 정립기, 봉화기, 개발기, 정착기, 전성기, 침몰기의 과정을 거치면서<sup>4)</sup> 아주 독특한 방법

에 의하여 술들이 빚어지고 전해져 왔다. 특히 조선시대에는 지방, 가정, 제절, 용도 등에 따라 양조방법이 다양해지면서 약주류, 탁주류, 소주류, 약용주류 등으로 분류되는 수백종에 달하는 술들이 빚어졌으며, 조상들의 생활에 멋과 여유를 더해 주었다고 한다<sup>4,5)</sup>.

최근 경제발전과 더불어 민족 고유의 문화를 재조명하려는 움직임과 식문화의 전통을 이어 받자는 여론때문에 전통주 제조가 많이 허가되고 있다. 그런데 이들 전통주의 제조방법을 조사해 본 바 가장 문제점으로 대두되는 것은 발효제였다. 이 발효제가 옛날 우리나라 고유의 제법으로 빚어진 것을 사용하는 것이 아니라 개량

† To whom all correspondence should be addressed

이 논문은 1991년도 (주)미원 부설 한국음식문화연구원  
의 연구비 지원으로 수행되었음.

발효제를 사용하는 예가 많았다<sup>6)</sup>. 따라서 전통발효제와 개량발효제 간에는 미생물의 조성비가 상이하므로 술의 맛과 풍미에 많은 영향을 미치게 된다. 아무리 제법이 우리나라의 전통 방법이었다라도 재료의 차이로 완전한 전통의 맛을 재현해내는데 어려움이 있음을 직시하고, 필자 등은 먼저 1200년대 말엽에서 1800년대 중엽까지의 문헌을 토대로 누룩제법 정리의 필요성으로 문헌 고찰을 행하였다<sup>7)</sup>. 이어서 1907~1941년까지의 누룩의 일반적 형태, 누룩제조와 누룩의 시험조사 등에 관하여도 문헌 고찰하였다<sup>8)</sup>. 본 연구에서는 이들 문헌 고찰의 결과들을 토대로 하여 직접 재래 곡자(麴子)제조법으로 빚은 누룩과 현재 우리나라에서 제조되어 시판 중인 누룩, 입국 및 조효소재의 pH에 따른 당화력 측정과 단백질 분해력을 측정하였다. 그리고 술의 제조 과정 동안의 pH와 일반 성분 변화뿐만 아니라 제성된 약주의 착색도, acetaldehyde, 에탄올과 fusel유, 아미노산 조성, 당류 조성, 무기질 조성 등도 함께 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

누룩

본 논문의 당화력 측정과 단백질분해력 측정에 사용한 누룩(발효제)은 안동에서 구입한 누룩(A), 상주에서 구입한 면허누룩(B), 경동시장에서 구입한 사제누룩인 조곡(粗麴, C)과 분곡(粉麴, D), 재래곡자 제조법<sup>9)</sup>으로 제조한 분곡(E), 탁·약주제조 강본에 명시된 제법<sup>10)</sup>으로 제조한 입국(F), 배한산업 효소연구소에서 제조·시판되고 있는 GURO 120(G)과 무증자 조효소(H) 등 모두 8종류이다.

약주

본 실험에서 제조한 약주는 총 22종으로서, 약주 시료 1~5는 누룩과 입국 등 5종류의 발효제(A~E)로 제조한 주모(S)를 사용하고, 처리 a는 양조매 주모와 같은

Table 1. Composition of experimental Yakju (1~5)

Step	Ingredient	Sample									
		1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b
1st	Rice (g)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	Fermenter* (g)	A (60)	H (6)	B (60)	H (6)	C (60)	H (6)	D (60)	H (6)	E (60)	H (6)
	Water (ml)	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225
	Distiller's gains (ml)	S (20)	S (20)	S (20)	S (20)	S (20)	S (20)	S (20)	S (20)	S (20)	S (20)
	Wheat flour (g)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
2nd	Rice (g)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
	Fermenter* (g)	A (40)	H (4)	B (40)	H (4)	C (40)	H (4)	D (40)	H (4)	E (40)	H (4)
	Water (ml)	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450

\*For explanation, see methods section ; S, steamed rice

Table 2. Composition of experimental Yakju (6~11)

Step	Ingredient	Sample											
		6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b
1st	Rice(g)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	350	350	1000	1000	1000	1000
	Fermenter* (g)	B (300)	B (300)	D (300)	D (300)	E (300)	E (300)	F (300)	F (300)	G (30)	G (20)	G (20), H (20)	G (20), H (20)
	Water (ml)	1425	1425	1425	1425	1425	1425	695	695	1155	1155	1165	1165
	Distiller's gains (ml)	US (100)	S (100)	US (100)	S (100)	US (100)	S (100)	US (35)	S (35)	US (100)	S (100)	US (100)	S (100)
	Wheat flour (g)	150	150	150	150	150	150	52.5	52.5	150	150	150	150
2nd	Rice (g)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	650	650	2000	2000	2000	2000
	Fermenter* (g)	B (200)	B (200)	D (200)	D (200)	E (200)	E (200)	(0)	(0)	G (40)	G (40)	G (40)	G (40)
	Water (ml)	2250	2250	2250	2250	2250	2250	731	731	2250	2250	2250	2250

\*For explanation, see methods section ; US, unsteamed rice ; S, steamed rice

발효제를, 처리 b는 1단과 2단의 발효제로 조효소제를 각각 사용하여 제조하였다<sup>8)</sup>. 시료 6~11은 6종류의 발효제를 사용하고, 처리 a는 무증자주모, 처리 b는 증자주모로 산림경제 · 고사십이집 등의 백로주(白露酒)제법의 사입배합을 기본으로 하여 제조하였다<sup>9)</sup>. 제조한 약주의 사입배합과 중양법(重釀法)은 Table 1과 2에 표시한 바와 같다.

### 실험방법

#### 누룩의 당화력과 단백질 분해력 측정

당화력은 가루낸 시료를 30°C 증류수에 2시간동안 침출시킨 후 여과지로 걸러내어 pH 3.2, 3.8, 4.2, 5.0 및 6.0에서 Lane-Eynon법<sup>10)</sup>으로 측정하였고, 단백질 분해력은 pH 3.0, 5.0 및 5.5에서 Folin법<sup>10)</sup>으로 측정하였다.

#### 약주 증의 성분 분석

약주 제조 과정 중의 pH는 pH meter로, 주정 함량은 증류법<sup>11)</sup>으로, 환원당은 Lane-Eynon법<sup>10)</sup>으로, 총산도는 알칼리 적정법<sup>11)</sup>으로 그리고 아미노산도는 Formor 적정법<sup>11)</sup>으로 각각 측정하였다. 착색도는 분광광도계(Beckman DU<sup>4</sup> series 60)를 이용하여 술을 규조토 여과한 다음 430nm에서 흡광도를 측정하였다<sup>12)</sup>. 생성된 약주의 acetaldehyde, 에탄올과 fusel유의 분석은 AOAC법<sup>12)</sup>에 따라서 증류하여 기체 크로마토그래피(Shimadzu GC-14A)로 측정하였다. 술의 총아미노산 함량은 염산 가수분해법<sup>12)</sup>으로 가수분해시킨 후 아미노산 자동 분석기(Hitachi model 835-50)로 분석하였다. 당류 조성은 술을 초순수 증류수로 희석한 후 millipore filter(0.45 $\mu$ m)로 여과하여 20 $\mu$ l씩 이온 크로마토그래피(Dionex Ion Chromatography)에 주입시켜 분석하였다. 무기질 정량은 AOAC법<sup>12)</sup>에 준하여 Atomic Absorption Spectrometer(Spectra AA-40; Varian Techtron

Pty Limited)를 이용하여 측정하였다. 인함량은 분광광도계(Beckman DU<sup>8</sup> series 60)를 이용하여 폴리브덴칭 비색 분석법<sup>13)</sup>으로 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 누룩의 당화력

pH에 따른 누룩의 당화력 변화는 Table 3과 같다. A, B, C, D와 E는 제조장소는 달랐지만 비슷한 당화력을 보이고 있었으며, pH가 낮아짐에 따라 급격히 당화력이 떨어지는 양상을 보였다. 누룩은 내산성 당화력이 약하므로 1단의 발효제로 입국만 사용하는 술에는 사용해서는 안되고, 만약 입국을 사용하게 될 경우에는 반드시 2단 사입시에 사용하는 것이 바람직하다<sup>9)</sup>.

G와 H는 순수 배양한 균을 접종하여 제조한 조효소제이므로 훨씬 당화력가가 높았으며, 당화력이 감소되는 정도가 다른 시료보다 훨씬 낮아서 pH 3.8과 pH 4.2에서 비교적 높은 당화력을 보였다. 실제 양조시에도 당화력이 효율적이라는 것을 알 수 있었다. 하지만 측정된 amylase 활성은 사실상 효율면으로 볼 때 큰 차이를 나타내고 있는데 이와 같은 현상은 발효 중의 료(麴)가 나타내고 있는 pH, 용존산소 및 탄산량, 당화률, 당화시간, 온도, 기질 및 생성물의 농도 등 발효조내의 여러 조건에 의해 크게 좌우된다<sup>14,15)</sup>.

### 누룩의 단백질 분해력

단백분해 효소는 그 효소의 최적 pH에서 가장 높은 효소활성을 나타내므로<sup>16)</sup> 본 연구에서도 pH에 따른 누룩의 단백질 분해력 변화를 살펴본 바 Table 4와 같은 결과를 얻었다. 누룩의 단백질 분해력은 단백질 분해 효소가 원료를 분해하여 주로 맛성분인 아미노산으로

Table 3. Effects of pH levels on glucoamylase activity in different types of Nuruk

Sample no.	pH				
	3.2	3.8	4.2	5.0	6.0
	SP (sp/g)	SP (sp/g)	SP (sp/g)	SP (sp/g)	SP (sp/g)
A	28.8 (8.2)	50.1 (14.3)	91.0 (26.0)	350.0 (100)	88.8 (25.4)
B	25.7 (7.4)	46.9 (13.5)	88.9 (25.6)	347.1 (100)	16.8 (4.8)
C	29.6 (8.7)	51.0 (15.0)	92.2 (27.1)	340.1 (100)	32.2 (9.5)
D	19.2 (5.4)	54.8 (15.4)	99.8 (28.0)	356.3 (100)	20.8 (5.8)
E	43.2 (12.3)	64.1 (18.2)	132.1 (37.5)	352.2 (100)	57.6 (16.4)
F	54.4 (60.4)	58.0 (64.4)	60.1 (66.7)	90.1 (100)	28.8 (32.0)
G	248.8 (19.9)	505.0 (40.4)	1008.8 (80.7)	1250.0 (100)	72.8 (4.0)
H	376.7 (15.7)	1392.0 (58.0)	1840.8 (76.7)	2400.0 (100)	159.2 (6.6)

SP, saccharogenic power

Figures in parentheses indicate percent of the values determined at pH 5.0, assigning the values at pH 5.0 a value of 100%

어느 정도 분해하는가 하는 면에서 매우 중요하다고 할 수 있다<sup>17)</sup>. pH에 따른 누룩의 단백질 분해력 변화는 A와 B가 비슷하고, E, F와 G가 비슷했다. 하지만 실제 단백질분해력가에는 차이가 있었다. A, B, D와 H는 pH 5.0에서 보다 pH 5.5에서 단백질 분해력이 높았지만 나머지의 실험구에서는 pH 5.0이 pH 5.5에서 보다 분해력이 높았다. 이는 각 pH에서 단백질을 분해하는 곰팡이, 효모 및 세균의 조성비율이 다르기 때문인 것 같다.

A, E, F, G 및 H의 경우에는 pH 3.0에서 아주 높은 단백질분해력을 보이고 있는데 이들 발효제는 산성 아미노산을 분해하는 미생물이 많이 함유되어 있기 때문인 듯 하며, G와 H의 경우에는 순수균주를 배양해서 점

중하여 만든 조효소제라서 역시 효소 활성능력이 뛰어나다. 하지만 D의 단백질분해력 변화는 pH 3.0에서보다 pH 5.5에서 더 높았다. pH 3.0~5.0 사이에서의 단백질분해력 측정은 실험 중 응고되어 측정이 불가능하였다.

약주 제조 과정 중의 pH 및 일반 성분

약주 제조과정 중 pH 및 일반 성분의 변화를 살펴본 바 시료 1~5는 Table 5와 같고, 시료 6~11은 Table 6과 같다. 먼저 약주 1~5의 제조과정 중 일반 성분의 변화를 살펴보기 위하여, 5일, 10일, 13일째(숙성되어 제성할 수 있는 약주의 상태)의 약주 성분을 조사하였다. 곰팡이류를 번식시킨 발효제로 전분질을 당화시키고, 다음에 당화된 전분을 효모가 주정발효시켜서 생성되는데<sup>17)</sup>, 누말이 당화된 이후 건강한 효모에 의해 주정발효가 되어야 하는 데 1단에서는 대부분의 시료가 주정함량이 높으면 환원당량도 같이 높은 수치를 보였다. 그 이유는 시료가 당화가 잘 되어 그것이 주정발효로 연결되어 주정을 생성하기 때문인 듯 하다. 하지만 1단에서는 주정함량이 낮은 1a, 2a와 5a는 2단에서는 당화와 주정생성이 더디게 이루어져서 제성후에는 결국 주정함량이 7.2~9.5v/v%이고 잔당(거의 대부분 환원당) 함량이 22.0~78.0mg/ml이었다. 이는 곰팡이의 당화작용이 늦은 데에 기인한 결과로 생각된다. 유산균의 번식으로 유산이 만들어져 산도가 올라가면 다른 세균 특히 공기를 싫어하는 낙산균 등과 부패균이 환경이 맞지않아 자라지 못하게 되고 유산균과 효모균만이 남게 된다.

Table 4. Effects of pH levels on protease activity in different types of Nuruk

Sample no.	pH		
	3.0	5.0	5.5
	PU (pu/g)	PU (pu/g)	PU (pu/g)
A	116.0 (100)	37.6 (32.4)	76.0 (65.5)
B	61.0 (100)	18.4 (30.2)	40.4 (66.2)
C	73.6 (100)	51.2 (69.6)	39.6 (53.8)
D	56.0 (100)	46.4 (82.9)	76.8 (137.1)
E	188.8 (100)	76.0 (40.3)	69.6 (36.9)
F	118.0 (100)	47.2 (40.4)	32.4 (27.5)
G	238.4 (100)	116.8 (49.0)	90.4 (37.9)
H	384.8 (100)	180.8 (47.0)	241.6 (62.8)

PU, protease activity unit. Figures in parentheses indicate percent of the values determined at pH 3.0, assigning the values at pH 3.0 a value of 100%.

Table 5. Changes in pH and components of Yakju (1~5) during fermentation

Fermentation time (day)	Measure	Sample									
		1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b
5	pH	4.16	4.12	4.12	4.10	4.14	4.08	4.31	4.35	4.06	4.09
	Alcohol (v/v%)	5.26	11.99	4.80	12.97	7.22	12.19	8.41	13.50	5.72	13.03
	RS (mg/ml)	5.8	35.8	5.2	32.5	1.8	43.5	5.9	41.7	4.9	37.9
	Total acidity	23.0	10.8	14.0	7.4	25.0	18.8	18.0	11.4	29.0	15.4
	AA (mg/ml)	9.4	5.8	12.8	9.8	17.2	9.8	19.0	7.8	17.0	7.4
10	pH	3.5	4.02	3.47	3.81	3.92	3.81	4.05	3.73	3.71	3.76
	Alcohol(v/v%)	5.22	12.27	5.61	13.50	9.70	13.66	11.48	13.21	8.09	13.86
	RS (mg/ml)	26.5	56.0	31.0	43.6	31.5	60.4	35.0	54.8	70.7	49.6
	Total acidity	13.0	5.6	22.2	6.6	13.0	10.2	11.6	7.2	23.8	9.6
	AA (mg/ml)	5.4	3.0	5.0	2.8	8.0	3.8	9.8	3.2	8.6	3.8
13	pH	3.47	3.81	3.50	3.97	3.92	3.83	4.14	3.93	3.82	3.91
	Alcohol (v/v%)	8.95	12.51	7.19	13.61	10.12	14.07	12.00	14.01	9.51	14.02
	RS (mg/ml)	22.0	12.0	45.0	38.8	50.0	74.4	46.3	46.8	78.0	39.6
	Total acidity	17.0	6.2	21.0	6.8	13.0	11.0	11.7	7.7	21.0	9.8
	AA (mg/ml)	4.8	3.0	6.8	3.2	8.0	4.1	12.0	3.6	11.0	3.8

RS, residual sugar ; AA, amino acid

Table 6. Changes in components of Yakju(6~11) during fermentation

Sample no.	Step	Fermentation time (day)	pH	Alcohol (v/v%)	RS (mg/ml)	Total acidity	AA (mg/ml)
6a	1st	4	4.23	ND	5.8	4.4	4.6
		5	4.19	ND	4.4	6.2	6.8
	2nd	6	3.82	ND	56.0	6.6	3.8
		7	3.74	ND	36.0	10.3	5.3
		8	3.78	ND	49.3	10.6	6.3
		9	3.83	12.8	48.7	10.6	7.4
		10	3.84	13.4	51.3	10.4	8.0
11	3.87	13.5	56.7	11.2	8.2		
6b	1st	4	4.16	ND	7.6	6.2	4.8
		5	4.15	ND	2.2	7.0	7.2
	2nd	6	3.88	ND	54.8	4.8	3.2
		7	3.99	ND	35.3	6.3	4.6
		8	3.96	ND	26.4	8.2	5.6
		9	3.89	13.2	22.4	9.5	6.2
		10	3.84	13.7	28.8	10.5	6.6
11	3.81	13.8	28.0	11.4	7.0		
7a	1st	4	4.26	ND	5.4	6.2	7.0
		5	4.33	ND	2.2	7.2	9.8
	2nd	6	4.21	ND	77.6	4.4	5.6
		7	3.99	ND	76.7	8.9	7.8
		8	3.83	ND	82.0	12.8	9.6
		9	3.85	10.5	80.0	12.9	10.8
		10	3.85	11.0	80.7	14.1	12.8
11	3.85	11.3	90.0	15.8	13.0		
7b	1st	4	4.23	ND	3.4	7.4	7.0
		5	4.28	ND	3.0	7.8	9.8
	2nd	6	4.11	ND	80.0	4.4	5.6
		7	4.03	ND	61.3	8.2	7.8
		8	3.89	ND	54.7	11.6	9.0
		9	3.77	13.2	42.7	13.6	9.6
		10	3.75	13.7	52.7	14.8	9.2
11	3.76	13.8	48.8	15.8	10.4		
8a	1st	4	4.25	ND	27.4	19.8	5.0
		5	4.29	ND	3.6	4.5	4.0
	2nd	6	3.78	ND	105.5	7.4	4.0
		7	3.75	ND	115.0	8.4	4.8
		8	4.31	ND	34.8	3.7	3.3
		9	4.53	13.5	33.2	3.6	4.8
		10	4.57	14.5	32.0	3.5	5.5
11	4.60	14.6	37.9	3.7	7.0		
8b	1st	4	4.25	ND	22.0	17.8	5.4
		5	4.30	ND	4.0	4.2	3.8
	2nd	6	3.79	ND	107.3	7.4	3.4
		7	3.79	ND	125.0	8.5	4.6
		8	4.30	ND	30.4	3.8	3.3
		9	4.54	13.8	26.8	3.6	4.4
		10	4.59	14.8	25.6	3.5	5.1
11	4.62	14.9	38.0	3.6	6.6		

Table 6. (Continued)

Sample no.	Step	Fermentation time (day)	pH	Alcohol (v/v%)	RS (mg/ml)	Total acidity	AA (mg/ml)
9a	1st	4	3.50	ND	27.4	19.8	5.0
		5	3.63	ND	39.4	18.2	6.6
	2nd	6	3.78	ND	105.5	7.4	4.0
		7	3.75	ND	115.0	8.4	4.8
		8	3.82	ND	118.0	9.4	5.4
		9	3.86	11.7	93.0	9.4	5.8
		10	3.88	12.0	77.5	8.8	7.2
11	3.95	12.1	80.0	10.0	7.0		
9b	1st	4	3.45	ND	22.0	17.8	5.4
		5	3.60	ND	35.6	17.4	6.6
	2nd	6	3.79	ND	107.3	7.4	3.4
		7	3.79	ND	125.0	8.5	4.6
		8	3.86	ND	114.5	9.0	5.2
		9	3.93	11.9	90.0	9.2	5.8
		10	3.94	12.4	75.0	9.4	5.8
11	3.99	12.5	83.0	10.4	6.0		
10a	1st	4	4.05	ND	15.9	5.6	2.4
		5	4.24	ND	19.2	5.0	3.4
	2nd	6	4.49	ND	140.0	1.8	2.2
		7	3.91	ND	200.0	6.0	3.4
		8	3.80	ND	164.0	10.0	5.8
		9	3.79	12.2	150.9	11.6	6.8
		10	3.79	12.6	150.9	12.0	7.6
11	3.82	12.8	134.0	13.6	7.8		
10b	1st	4	3.94	ND	10.7	7.6	2.6
		5	4.08	ND	24.4	7.2	3.8
	2nd	6	4.33	ND	170.0	2.0	2.2
		7	3.86	ND	170.0	6.5	3.4
		8	3.84	ND	150.0	9.3	4.8
		9	3.84	12.3	120.0	10.4	6.0
		10	3.83	12.8	94.0	11.2	6.7
11	3.87	12.9	97.0	12.4	6.4		
11a	1st	4	4.04	ND	27.4	19.8	5.0
		5	4.29	ND	19.2	4.2	3.2
	2nd	6	3.78	ND	105.5	7.4	4.0
		7	3.75	ND	115.0	8.4	4.8
		8	4.43	ND	196.0	3.2	4.2
		9	4.37	11.7	188.0	3.6	5.4
		10	4.46	12.5	150.0	3.8	6.2
11	4.50	13.0	124.0	3.9	7.0		
11b	1st	4	4.00	ND	22.0	17.8	5.4
		5	4.13	ND	13.0	6.6	3.8
	2nd	6	4.32	ND	107.3	7.4	3.4
		7	4.17	ND	125.0	8.5	4.6
		8	4.25	ND	143.0	4.0	3.4
		9	4.34	12.9	149.0	4.2	4.2
		10	4.41	13.7	126.0	4.2	4.2
11	4.45	13.9	124.0	4.3	6.9		

RS, residual sugar ; AA, amino acid ; ND, not detectable

제성후 추정도수는 처리 b는 12.5~14.1v/v%으로 약주의 추정함량으로 적당치를 보이고 있는 반면에 처리 a는 9.0~12.1v/v%으로 비교적 낮은 추정함량을 보이고 있다.

약주가 발효도중 산패되는 이유는 누룩 또는 공기 중의 젖산균에 의해 젖산이 생성되거나 또는 생성된 알콜이 초산균이나 낙산균에 의해 초산이나 낙산이 생성되기 때문이라고 한다<sup>16</sup>. 따라서 이런 산패를 방지하기 위해 5-nitro-2-furaldehyde semicarbazone을 7.5mg/kg 첨가함으로써 산패균의 생육을 억제시킬 수 있고 또 알콜 발효를 정상으로 진행시킬 수 있다고 한다<sup>16</sup>.

대부분의 아미노산도가 1단에서는 높다가 2단을 거쳐 제성이후는 낮아졌는데 그 이유는 1단에서는 재래 누룩의 조성균류에 의한 아미노산분해가 뛰어나서 아미노산 함량이 높았다가 차츰 아미노산발효에 의해 아미노산의 함량이 적어졌기 때문이다.

산도는 처리 a는 1단에서는 매우 높았으므로 비정상적인 주조가 되고있음을 알 수 있었지만 이 비정상적인 술의 숙성과정을 비교 검토해 보기위해 계속 분석해 보았다. 처리 a 즉 조효소제를 첨가하지 않은 경우에는 2단에서는 다시 산도가 낮아졌으며, 제성후에는 2단과 산도가 비슷하게 유지되었지만 잡균이 검출된 반면, 처리 b는 1단에서는 산도가 높다가 2단에서는 다시 낮아져서 거의 정상주에 가까운 산도가 되었다. 이는 처리 b에 넣은 조효소제가 순수하고 강력해서 다른 많은 잡균보다 우성으로 작용하여 환경을 양호하게 변화시켰기 때문으로 생각된다. 결국 약주 1a~5a는 처음에 발생한 잡균이 계속 잔존하므로 결국 산패주에서 정상주의 전환은 되지 않았으며, 약주 1b~5b에는 조효소제를 넣음으로써 산도와 아미노산도가 개선되었는데 반해 잡균은 계속 검출되었다. 따라서 약주의 감패와 산패의 원인을 알고 이를 예방하자면 첫째, 강한 주모를 사용하거나 둘째, 2단 사입시에 저온으로 하거나 셋째, 최고 품온을 32°C이하로 억제하는 것이 바람직하다. 특히 품온이 32°C이상 오르게 되면, 추정발효를 영위하는 효모는 급속도로 노쇠하여 그 기능이 상실되고 당화작용은 급진적으로 진행되어 고온에서 활발히 증식할 수 있는 잡균으로 인해 감 산패의 상태로 변하기 때문이다<sup>9</sup>.

약주 6~11의 제조과정 중 일반 성분의 변화를 조사하여 본 바, 추정함량은 6b, 7b, 8a, 8b와 11b에서 많았

는데 14v/v%정도를 유지하였다. 7a는 11.3v/v%로 가장 낮은 값을 보였으며, 기타 다른 실험군에서도 추정의 일정한 증가에 의하여 적정수준의 추정이 함유되어 있었다.

환원당함량은 1단에서는 대부분이 낮았으나, 2단에서는 6b, 7b, 8a, 8b, 9a, 9b, 10a와 10b는 차츰 감소한 반면, 7a, 11a와 11b는 점차 증가하였다. 2단에서 7a와 7b의 산도는 15.8로서 가장 높은 수치를 나타냈다. 아미노산도를 살펴보면, 7a는 13.0mg/ml으로 가장 높았으며, 7b와 6a도 높았고 나머지는 대부분 6.0~7.8mg/ml 범위의 값을 나타냈다. 7a에 사용하였던 발효제를 4a에도 사용하였는데, 4a도 역시 아미노산함량이 각 실험군 중에서 가장 많았다.

#### 약주의 착색도

약주 시료 1~5는 잡균이 계속 잔존하여 산패주로 전환되었기 때문에 착색도는 물론 기타 성분 비교를 조사할 수 없었다. 약주 시료 6~11의 착색도는 Table 7과 같다. 약주의 착색도는 술의 원료와 누룩자체가 갖고 있는 색이 술의 색에 영향을 미칠뿐만 아니라 술중의 철분함량이 많아짐에 따라 술색이 진해진다. 약주는 담황색을 띠며, 착색이 지나치면 제품의 상품적 가치가 떨어지게 된다. 착색 중 문제가 되는 것은 철분의 혼입에 의한 착색과 출하 후 제품의 착색이다. 청주의 경우, 철분에 의한 착색은 국균에서 생성된 deferrichrysin이 청주중에 존재하여 철과 결합하여 ferrichrysin(적갈색)으로 된다고 한다<sup>19</sup>. 본 실험에서도 누룩을 사용한 약주의 경우 누룩 색의 영향을 제외하고는 거의 철함량이 많아짐에 따라 색도가 높았다. 이외에도 착색물질로는 flavin(황색)과 melanoidin(갈색)도 있는데 새로운 술은 flavin색소가 비교적 많고, melanoidin은 정주 중의 당류 및 기타 여러 환원성 물질과 아미노산이 반응하여 생성되며 양조기간 동안이나 저장 중에 증가된다고 한다<sup>16</sup>.

본 실험에 사용한 술은 보존성을 높이기 위해 저온살균을 하였는데<sup>20,21</sup> 이때 단백질에 의한 혼탁이 일어난다. 일반적으로 혼탁도가 높을수록 착색도가 높아지므로 여과과정을 거치지 않을 경우에는 상품(上品)으로서의 가치가 떨어진다. 따라서 약주도 여과를 충분히 행할 경우 착색도 뿐만 아니라 혼탁도 및 저장기간도 개

Table 7. Coloring degree of Yakju

Sample	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b
Coloring degree	0.55	0.42	0.80	0.40	0.43	0.37	0.29	0.21	0.43	0.39	0.20	0.29

선되어 훌륭한 주질을 확보할 수 있다고 생각한다<sup>22)</sup>. 혼탁도가 낮고 저장온도가 낮을수록 주질 및 보존성이 양호하므로 여과 조작을 충분히 시행하여 혼탁도를 낮게 한 후 저온 저장을 하면 양호한 약주의 주질을 장기간 보존 가능하며 착색도도 개선될 것이라고 본다<sup>23)</sup>.

약주의 acetaldehyde, 에탄올과 fusel유 조성

약주의 acetaldehyde, 에탄올과 아세톤 조성은 Table 8과 같으며, 직접 제조한 누룩을 사용해서 양조한 시료 8번의 크로마토그램은 Fig. 1에서와 같다. 주정이나

탄화수소를 산화시켰을때 만들어지는 물질인 acetaldehyde는 9a와 9b에서만 미량 검출되었다. Acetaldehyde는 식초산과 부탄올의 합성원료로서 쓰이므로 만약 초산균이 다량 존재해있는 상태하에서는 acetaldehyde가 식초로 전환되어 산도를 높힐 가능성이 있다고 볼 수 있다<sup>24)</sup>. 술의 주정인 에탄올은 8a와 8b가 14 ~ 15v/v%로 가장 높았으며, 7a는 11v/v%로 가장 낮은 함량이었다. 당화효과가 뛰어난 발효제를 사용한 경우에는 높은 산도로 잡균의 번식을 억제하여서 여름 양조에도 안전하게 양조할 수 있다고 한다<sup>14)</sup>.

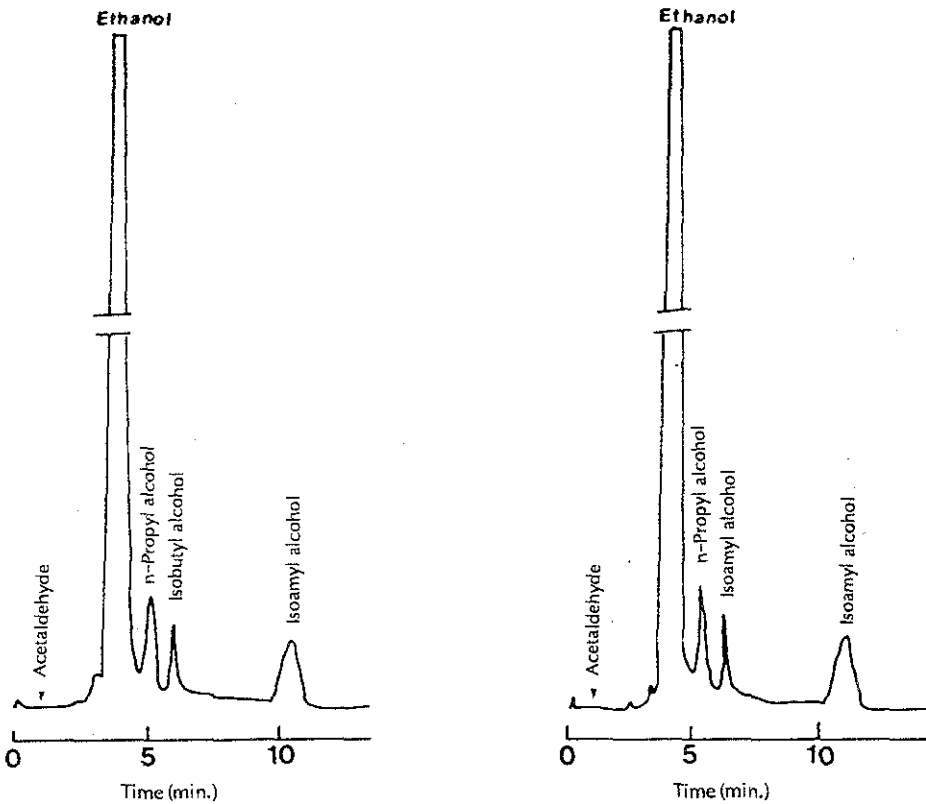


Fig. 1. Gas chromatograms of acetaldehyde, ethanol and fusel oils in Yakju samples 8a (left) and 8b (right).

Table 8. Acetaldehyde, ethanol and fusel oil contents of Yakju (v/v%)

Component	Sample											
	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b
Acetaldehyde	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.001	0.003	ND	ND	ND	ND
Ethanol	13.500	13.892	11.131	13.840	14.277	15.019	12.112	12.502	12.679	12.890	13.119	13.944
n-Propyl alcohol	0.011	0.012	0.014	0.015	0.017	0.016	0.018	0.019	0.007	0.005	0.012	0.013
isobutyl alcohol	0.010	0.009	0.006	0.005	0.009	0.008	0.005	0.005	0.006	0.004	0.008	0.004
Isoamyl alcohol	0.024	0.022	0.016	0.016	0.028	0.029	0.015	0.015	0.012	0.010	0.021	0.020

ND ; not detected



약주 실험주의 대부분의 경우, 알콜함량이 높음에 따라 fusel유류의 함량도 함께 높은 경향을 보인다. 따라서 주정함량이 가장 높은 8a와 8b가 fusel유도 다량 함유하고 있었다. 향기성분 중 양적으로 많은 부분을 차지하는 fusel유는 효(醜)의 발효중 효모의 활동에 의해서만 생산되며 숙성중에도 절대량의 변화는 없이 수분 및 알콜 등 휘발성 성분의 증발에 의한 농축으로 인해 그 양이 증가되는 것으로 추정된다<sup>19)</sup>. 또한 아미노산 발효로도 fusel유가 생성되기도 하는데<sup>17)</sup>, 모든 주류에서 미량으로 검출되는 이 fusel유는 방향미를 주기는 하나, 양이 지나치게 많거나 그 조성에 따라서는 악취의 원인이 되는 물질이기도 하다<sup>20)</sup>.

### 약주의 아미노산 조성

약주에 함유되어 있는 아미노산의 조성은 Table 9와 같다. 약주 시료중 9b, 11a와 11b에서 전반적인 아미노산의 함량이 적었다. 아스파르트산, 티로신, 히스티딘과 프롤린의 함량은 6a~9a와 6b~9b까지는 처리 a의 경우가 처리 b의 경우보다 더 높았고, 아르기닌은 8a, 8b와 9a, 9b에서만 처리 a가 처리 b보다 함량이 높았다. 로이신, 리진은 6a~9a와 6b~9b까지는 처리 a가 처리 b보다 높았지만 조효소제를 사용한 술은 처리 a와 처리 b에서의 함량이 비슷했다. 특히 식물체를 원료로 양조된 술에서 메티오닌함량이 낮은 것은 식물체의 아

Table 9. Total amino acid composition of Yakju (mg/100ml)

Component	Sample											
	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b
Aspartic acid	73.35	65.04	89.35	49.15	73.67	56.74	53.44	20.64	58.18	59.86	26.99	33.55
Threonine	32.12	33.16	35.46	25.04	38.76	32.81	27.04	19.63	20.54	22.85	9.47	12.59
Serine	17.30	23.77	97.71	19.50	29.51	23.25	23.12	19.80	14.38	16.14	5.89	6.36
Glutamic acid	151.01	132.00	3.44	83.04	144.03	102.32	79.27	30.47	91.83	99.31	34.42	43.03
Proline	136.74	120.58	130.15	72.80	135.86	126.01	72.28	30.08	88.23	96.87	75.94	87.84
Glycine	29.40	33.10	30.05	28.33	38.57	25.02	18.05	18.33	11.68	12.79	2.75	3.21
Alanine	119.80	100.48	126.88	74.61	115.29	104.39	87.50	35.05	106.98	104.95	76.99	82.84
Valine	87.70	81.66	102.09	65.65	90.09	81.57	74.45	40.01	80.35	79.47	58.38	64.02
Methionine	12.71	10.44	11.59	8.67	12.41	10.42	7.95	4.69	9.20	7.69	4.69	5.86
Isoleucine	62.26	56.27	71.04	45.23	62.36	56.43	50.22	29.00	52.34	51.97	38.00	41.10
Leucine	99.23	87.91	107.16	66.21	94.93	83.93	76.50	36.05	81.97	80.70	50.37	57.27
Tyrosine	56.82	44.09	34.25	32.17	47.06	42.10	31.45	19.07	18.02	21.50	16.54	17.41
Phenylalanine	62.38	59.90	69.93	42.94	63.93	54.97	47.50	23.46	49.12	49.52	27.29	32.55
Lysine	40.16	37.84	42.80	35.09	46.17	36.08	34.27	25.17	30.33	29.01	15.42	15.88
Histidine	36.21	33.97	36.80	24.37	35.92	29.57	23.83	13.24	20.02	23.43	9.25	12.05
Arginine	72.94	92.95	28.39	43.13	119.91	107.78	109.57	55.32	31.43	42.20	70.48	78.98
Total	1090.13	1013.16	1017.09	715.93	1044.80	973.39	816.44	420.01	764.60	798.26	522.87	594.54

Table 10. Composition of sugars in Yakju (mg/100ml)

Component	Sample											
	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b
Inositol	990.3	1411.0	1332.5	1113.5	1574.3	1570.0	1533.9	1020.8	1378.4	1465.0	1635.2	1669.3
Xylitol	329.7	285.7	682.7	349.3	245.0	217.9	338.4	190.5	307.8	238.3	340.3	258.1
Sorbitol	63.6	68.4	53.5	ND	61.2	56.7	54.5	17.2	55.4	48.2	36.9	39.9
Rhamnose	9.3	6.4	6.2	ND	ND	4.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Arabinose	33.2	42.1	34.1	20.6	108.7	105.3	54.0	12.3	40.5	26.9	91.7	111.0
Mannose	56.4	45.8	104.9	61.9	37.6	49.5	ND	ND	ND	111.0	24.8	26.9
Glucose	1188.1	1435.4	1967.7	1572.6	1541.2	1502.8	1857.9	1006.5	2437.4	2198.3	2181.1	2046.1
Fructose	22.0	ND	ND	ND	ND	26.2	ND	3.9	ND	ND	34.5	ND
Melibiose	59.5	38.6	104.5	50.0	46.7	88.6	47.3	11.1	83.1	91.1	174.5	65.7
Lactose	285.1	225.1	1274.5	741.7	318.1	270.4	508.2	278.3	1131.5	780.4	999.6	798.1
Sucrose	38.6	ND	207.3	79.2	ND	ND	73.0	39.8	164.6	98.4	121.7	103.9
Raffinose	ND	ND	98.3	65.8	ND	ND	ND	ND	19.5	ND	ND	ND
Maltose	ND	ND	106.7	158.7	ND	ND	ND	ND	72.2	ND	47.1	ND
Total	3075.8	3558.5	5972.9	4213.3	3932.8	3891.6	4467.2	2580.4	5690.4	5057.6	5687.4	5119.0

ND ; not detected

미노산중 함황아미노산 함량이 낮은 것에 기인한다<sup>26)</sup>. 단백질로부터 생성된 아미노산은 주로 단백질분해 효소의 역가에 관계된다<sup>27)</sup>. 형성된 아미노산은 차츰 그 양이 감소하는데, 이 감소되는 아미노산은 아미노산발효하여 유기산이나 fusel유 또는 자체 동화물질 등으로

전이되거나 protease 활성이 감소된 것이 그 원인인 듯하다. 만약 fusel유로 전환되면 악취의 원인이 되므로 그 fusel유의 생성을 최대한 억제하도록 해야하므로 아미노산 함량이 감소하기 전 적절한 시기에 양조를 마치고 제정하는 것이 좋다고 한다<sup>27)</sup>.

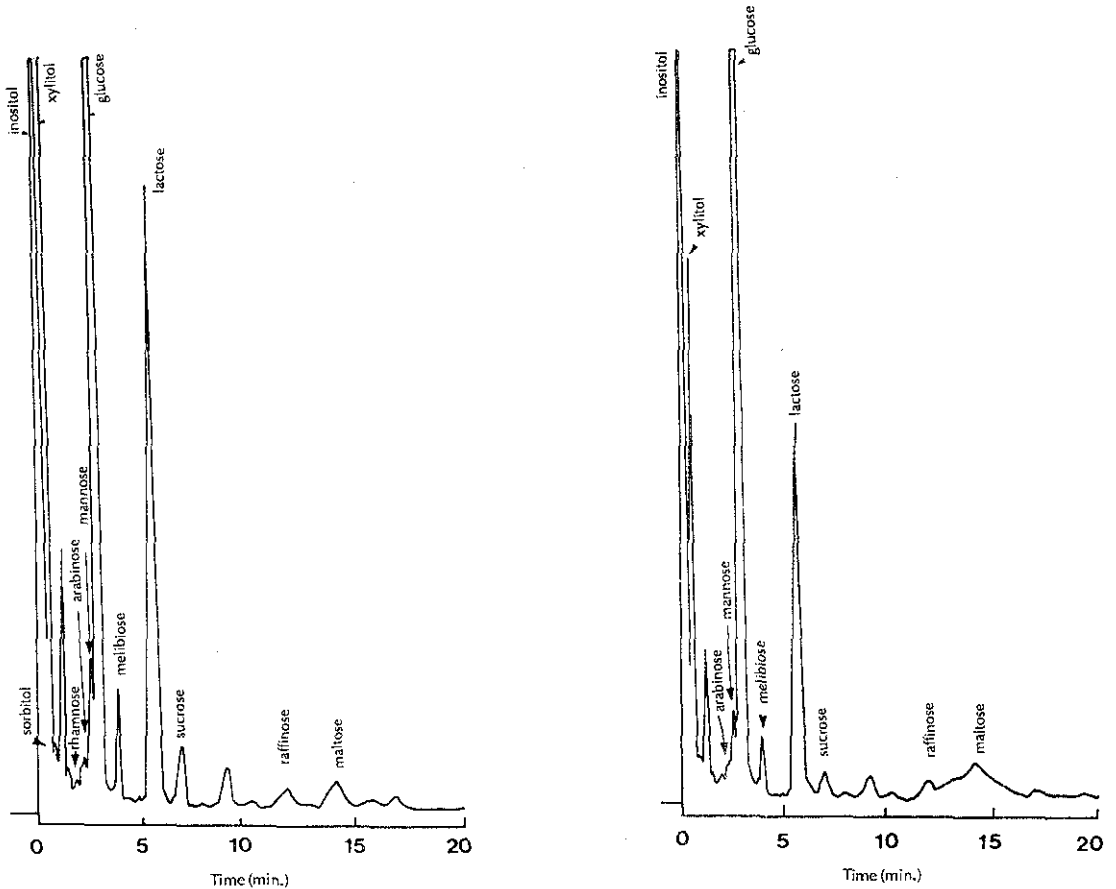


Fig. 2. Ion chromatograms of sugars in Yakju samples 7a (left) and 7b (right).

Table 11. Mineral contents in Yakju (mg/100ml)

Element	Sample											
	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b
K	37.04	48.14	54.30	32.86	51.24	42.96	16.50	9.48	35.74	38.48	42.54	47.36
Na	4.44	3.59	4.95	3.66	5.46	4.02	4.40	3.14	4.53	5.21	4.82	4.62
Mn	0.34	0.32	0.29	0.25	0.30	0.30	0.17	0.12	0.24	0.25	0.28	0.29
Mg	9.93	12.45	14.97	9.65	13.37	13.55	4.80	3.03	12.03	11.57	14.84	14.27
Ca	4.07	4.94	4.58	3.65	4.59	4.13	3.57	4.19	2.46	3.03	2.90	1.77
P	3.32	23.90	32.30	19.10	27.30	25.90	17.50	8.80	24.40	20.50	32.30	33.70
Cu	0.022	0.019	0.012	0.017	0.018	0.014	0.015	0.014	0.020	0.032	0.027	0.027
Zn	0.70	0.42	0.34	0.16	0.54	0.62	0.68	0.74	0.59	0.57	0.50	0.63
Fe	0.61	0.43	0.54	0.44	0.38	0.26	0.41	0.31	0.54	0.51	0.12	0.10

### 약주의 당류 분석

약주의 당류 분석결과는 Table 10과 같으며, 가장 다양한 당류가 검출된 7a와 7b의 크로마토그램은 Fig. 2와 같다.

약주의 당류의 조성을 살펴본 바, 무증자와 증자 간에 뚜렷한 차이가 있었는데 우선 제폭화된 무증자술(혹주)과 증자술(법주)의 분석결과 당류중 glucose와 fructose의 함량에 차이가 컸다<sup>8)</sup>. 무증자술의 경우에는 fructose의 함량이 증자술의 경우보다 훨씬 많고, melibiose, sorbitol, arabinose의 함량도 높았다. 증자술의 경우에는 glucose, lactose, xylitol과 raffinose의 함량이 무증자술의 경우보다 훨씬 많았다.

무증자주모를 사용한 경우(처리 a)가 증자주모를 사용한 경우(처리 b)보다 xylitol, glucose, lactose 생성량이 높았다.

### 약주의 무기질 함량

약주의 무기질 함량의 결과는 Table 11와 같다. 칼륨 함량은 9a와 9b에서 가장 적었으며, 나트륨함량은 10a와 10b에서만 처리 a가 처리 b보다 적었고, 나머지는 모두 처리 a가 처리 b보다 많았다. 망간은 처리 a와 처리 b간에 거의 차이가 없었으며, 마그네슘함량은 9a와 9b에서 매우 적었다. 칼슘함량은 누룩과 입국을 사용한 술의 경우에는 3.6~4.9mg/100ml정도를 유지했으나, 조효소제를 사용하여 제조한 술은 1.8~3.0mg/100ml이었다. 칼슘/인의 비가 높을 경우에 칼슘의 흡수가 높다고 하는데<sup>20)</sup>, 6a만이 1보다 크고, 나머지는 모두 1미만으로 매우 낮은 상태이다.

구리함량은 기타 무기질보다 매우 적었고, 아연함량은 6a, 9a와 9b에서 가장 높았으며 7b에서 가장 낮았다. 철함량은 6a, 7a와 10a에서 많았고, 11a와 11b에서 가장 낮았지만 처리 a와 처리 b를 비교했을 경우에는 처리 a가 처리 b보다 더 많았다. 영양학적 측면에서 철함량은 중요하지만, 약주의 경우에는 철의 함량이 많을 경우 약주의 색이 진해지는 경향이 있다. 철함량이 가장 많은 6a의 경우에 다른 술보다 착색도가 더 높은 편이었다. 인함량은 7a, 11a와 11b에서 가장 많았으며, 6a와 9b에서 가장 낮은 값을 나타내었다.

### 요 약

쌀의 제2가공식품인 약주의 소비증대를 도모하고, 우리나라에서 제조되고 시판되는 여러 발효제를 사용

하여 백로주제법의 사입배합을 기본으로 양조한 약주의 품질을 평가하였다. 발효제 A, B, C, D와 E는 비슷한 당화력을 갖고 있었으나, pH가 낮아짐에 따라 급격히 당화력이 떨어지는 양상을 보였다. pH에 따른 누룩의 단백질 분해력 변화는 A, B, D와 H의 경우 pH 5.0에서보다 pH 5.5에서 많았다. 약주 1~5의 제조과정 중 아미노산도와 산도는 처리에 관계없이 1단에서는 높다가 2단을 거치면서 점차 낮아졌다. 약주 6~11의 경우 환원당함량은 1단에서는 대부분 낮은 함량이었으나, 2단에서는 7a, 11a와 11b는 점차 증가하였다. 아미노산도는 7a가 13.0mg/ml으로 가장 높았으며, 산도는 7a와 7b에서 15.8로서 매우 높은 수치를 나타내었다. 약주 시료 1~5는 산패주로 전환이 되었기 때문에 착색도를 비롯한 기타 성분 비교를 조사하지 못하였다. 약주 시료 6~11의 착색도는 술 중의 철분함량이 많아짐에 따라 높았다. Acetaldehyde는 9a와 9b에서만 미량 검출되었다. 에탄올은 8a와 8b에서 14~15v/v%로 가장 많았으며, 7a는 11v/v%로 가장 낮은 함량이었다. 주정함량이 가장 많은 8a와 8b가 fusel유도 다량 함유하고 있었다. 대부분의 약주 시료 9b, 11a와 11b에서 전반적으로 아미노산함량이 적었고, 아스파르트산, 티로신, 히스티딘과 프롤린의 함량은 6a-9a와 6b-9b에서 처리 a가 처리 b보다 더 많았으며, 아르기닌함량은 8a, 8b와 9a, 9b에서만 처리 a가 처리 b보다 많았다. 무증자술의 경우에는 fructose의 함량이 증자술보다 훨씬 많고, 대부분 melibiose, sorbitol, arabinose의 함량도 많았다. 약주의 무기질 중에서 칼륨은 9a와 9b가 가장 적었으며, 망간은 처리 a와 처리 b 사이에 거의 차이가 없었고, 마그네슘은 9a와 9b가 매우 적었다. 인함량은 6a와 9b에서 낮은 값을 보였다. 아연함량은 6a, 9a와 9b에서 가장 많았으며 7b에서 가장 적었다. 철함량은 처리 a와 처리 b를 비교했을 경우에는 처리 a의 경우가 처리 b보다 더 많았다.

### 문 헌

1. 이성우 : 한국 식품 사회사. 교문사, 서울, p.181 (1988)
2. 장지현 : 우리나라 술의 역사. 한국식문화학회지, 4, 271 (1989)
3. 이서래 : 한국의 발효식품. 이화여자대학교 출판부, 서울, p.65 (1986)
4. 성기욱 : 탁 · 약주의 제조와 판매현황. 한국식문화학회지, 4, 287 (1989)
5. 정호권 : 전통 민속주의 특징과 제조 현황. 한국식문화학회지, 4, 311 (1989)
6. 조정형 : 다시 찾아야 할 우리의 술. 서해문집, 서울,

- p.51 (1991)
7. 이미경, 이성우, 배상면 : 전통누룩 제조에 대한 문헌 고찰. 동아시아식생활학회지, **1**, 277 (1991)
  8. 윤태현, 이미경 : 전통 누룩으로 빛은 발효주의 품질 평가 및 누룩의 문헌 고찰. (주)미원부설 한국음식문화연구원 연구보고서, p.1 (1991)
  9. 국세청기술연구소 : 탁·약주 제조 강본. 대한 탁·약주 제조중앙회, 서울, p.70 (1986)
  10. 신호선 : 식품분석(이론과 실험). 신평출판사, 서울, p.171 (1989)
  11. 住解編集委員會編 : 國稅廳所定分析法 住解. 財團法人日本醸造協會, p.25 (1974)
  12. A.O.A.C. : *Official methods of analysis*. 14th ed., Association of official analytical chemists. Virginia, p. 221, method 11.013 (1984)
  13. 정동효, 장현기 : 식품분석. 진로연구사, 서울, p.121 (1986)
  14. 강영섭, 현광철 : 효소제의 당화력 측정에 관한 연구. 기술연구소보, **3**, 90 (1975)
  15. 홍순우, 하영철, 윤권상 : 탁주 중의 당화 작용과 amylase activity의 변화에 대하여. 한국미생물학회지, **6**, 141 (1968)
  16. 홍순우, 하영철, 문경희 : 탁주 중의 단백질 분해 효소에 관한 연구. 한국미생물학회지, **7**, 115 (1969)
  17. 우상규, 정동효, 문강찬, 배정설, 허운행 : 발효공학. 선진문화사, 서울, p.121 (1978)
  18. 문강락, 정우태 : 식품의 방부제에 관한 연구(제1보), 탁주양조에 있어서 5-nitro-2-furaldehyde-semicarbazone의 방부효과. 충북대학 논문집, **4**, 311 (1970)
  19. 지일선, 기정식, 정황모 : 국산위스키 원주의 향기성 분동태. 기술연구소보, **5**, 72 (1986)
  20. 배상면, 김현진, 오태광, 고영희 : 저온살균법에 의한 탁주의 보존성 증진. 한국산업미생물학회지, **18**, 322 (1990)
  21. 김성환 : 부패되지 아니하는 병약·탁주의 저장법. 특허공보, 제237호 (1971)
  22. 김효선, 양영택, 정중현, 고정삼, 강영주 : 좁쌀약주의 청징화. 한국식품과학회지, **24**, 101 (1992)
  23. 오세복, 이준기 : 약주 혼탁도에 관한 시험. 기술연구소보, **4**, 41 (1979)
  24. 이춘녕, 심상철, 오성기, 이한창 : 유기화학. 수학사, 서울, p.147 (1986)
  25. 김찬조 : 한국주류에 관한 연구 (3), 탁주 양조 중 fusel유의 소장에 대하여. 충남대학교 논문집 (자연과학편), **6**, 1 (1967)
  26. 최 청, 윤상홍, 배만중, 안봉전 : 한국 인삼의 연근별 단백질 및 아미노산 조성. 한국식품과학회지, **17**, 1 (1985)
  27. Kuriyama, K., Imayasu, S. and Kuchigauchi, Y. : The fluctuation of the activities of enzymes in fermenting mash of sake. Studies on enzymes in Sake(I). *J. Ferment. Technol. (Japan)*, **34**, 133 (1956)
  28. 윤태현, 태원찬, 이정선 : 수유기간의 경과에 따른 한국인 인유의 칼슘 및 인 함량의 변화. 한국영양학회지, **24**, 206 (1991)

(1993년 10월 19일 접수)