

개량누룩으로 제조한 탁주의 중요 향미성분 분석

소명환 · 이영숙* · 한성희* · 노완섭**

부천대학 식품영양과, *동국대학교 산업기술환경대학원, ** 동국대학교 식품공학과

Analysis of Major Flavor Compounds in Takju Mash Brewed with a Modified Nuruk

Myung-Hwan So, Young-Sook Lee*, Sung-Hee Han* and Wan-Seob Noh**

Dept. of Food and Nutrition, Bucheon College, 424 Simgok-dong, Wonmi-gu, Bucheon-si, Kyunggi-do
420-735, Korea *Graduate School of Industrial Technology & Environment, Dongguk University

**Dept. of Food Science and Technology, Dongguk University

Abstract

The major flavor compounds of Takju mash which was brewed with a modified Nuruk made by inoculation and cultivation of *Rhizopus japonicus* T2, *Aspergillus oryzae* L2 and *Hansenula* sp. BC26 isolated from Nuruk, were analyzed, as compared with those with current fermenting agents such as commercial Nuruk and rice koji of *Aspergillus kawachii*. The contents of isoamyl alcohol, isobutyl alcohol and ethyl acetate which were known as aroma compounds in Takju, were much higher in mash of modified Nuruk than in that of commercial Nuruk or rice koji. The major organic acids were lactic, fumaric and succinic acid in mash of modified, and lactic and acetic acid in mash of commercial Nuruk, and citric, lactic and succinic acid in mash of rice koji. The contents of total organic acids were 5,146 mg/L, 1,706 mg/L and 1,388 mg/L in mash of commercial Nuruk, rice koji and modified Nuruk, respectively. The major free amino acids were glutamic acid, alanine, proline and histidine in mash of modified Nuruk, and glutamic acid, proline, leucine and histidine in mash of commercial Nuruk, and arginine, proline and glutamic acid in mash of rice koji. The contents of total free amino acids were 14,090 mg/L, 12,202 mg/L and 7,152 mg/L in mash of modified Nuruk, commercial Nuruk and rice koji, respectively. Therefore, it seemed that the Takju mash of modified Nuruk was better than that of commercial Nuruk or rice koji.

Key words : Nuruk, koji, Takju, flavor compounds.

서론

전통적인 탁주의 양조에는 누룩이 주발효제로 사용되었다. 그러나 1938년에 일본의 소주제조용 곰팡이인 *Aspergillus kawachii*가 국내에 도입되고¹⁾, 이의 입국이 탁주양조에 적용되면서 누룩의 사용이 점차 감소되어졌다. *Aspergillus kawachii*는 구연산과 내산성 당화효소를 생산하기 때문에²⁾ 이의 입국을 탁주양조에 사용하면 술덧의 pH를 산성으로 유지하여 누룩으로 양조할 때보다 발효를 안전하게 하고, 양조시간을 단축시키며, 알콜수율도 높여주게 된다³⁾.

그러나 입국으로 제조한 탁주는 독특한 향이 없고³⁾, 아미노산의 함량이 낮으며⁴⁾, 입국에서 오는 유기산의 신맛이 지나치게 강하여⁵⁾ 누룩으로 제조했을 때와 같은 조화로운 향미가 없는 것으로 알려지고 있다⁶⁾.

탁주의 질을 개선시키는 가장 중요한 방법은 신맛만 강하고 독특한 맛과 향이 부족한 *Aspergillus kawachii* 입국의 사용량을 줄이고⁵⁾, 양질의 누룩을 사용하는 것이라고⁷⁾ 하고 있지만 누룩에는 불필요한 미생물이 증식할 수 있어 효소력이 낮고⁸⁾, 효모수가 높지 못하며⁹⁾, 균일성이 유지되는 양질의 누룩을 구하기도

어려워¹⁰⁾ 많은 양을 사용하면 술에 불쾌한 냄새를 나타내기도 한다¹¹⁾.

그간 발효제의 품질 개선을 위한 연구가 다수 있었지만 당화 효소력, 알콜 발효력 및 유기산 생산능력 등이 높은 미생물을 이용하여 발효속도와 발효수율을 높이기 위한 연구가 대부분이었고^{12,13)}, 주류의 기호성에 중요한 맛과 향의 개선을 추구하는 연구는 매우 부족하였다¹⁴⁾.

저자는 탁주의 품질을 개선시키기 위해서는 누룩의 품질 개선이 선행되어야 한다고 보고, 전통누룩 곰팡이로 좋은 향을 나타내고 효소생산 능력도 높은 *Rhizopus japonicus* T2와 *Aspergillus oryzae* L2, 그리고 전통누룩 효모로 에스테르향을 생산하고 알콜 발효 능력도 지닌 *Hansenula* sp. BC26을 살균된 밀기울에 접종하여 개량누룩을 제조한 후 이의 효소학적 및 미생물학적 특성을 조사한 바 있고¹⁵⁾, 이로서 탁주를 담가 술덧의 미생물과 중요성분 변화¹⁶⁾도 조사하였다.

본 연구에서는 상기의 개량누룩, 시판누룩 및 쌀입국으로 탁주를 각각 담가 발효시킨 후 술덧의 중요한 향미성분인 고급알콜, 에스테르, 유기산 및 유리아미노산을 분석 및 비교하였다.

재료 및 방법

1. 양조용 재료

개량누룩은 전보¹⁵⁾의 방법에 따라 부천대학 식품미생물 실험실에서 제조한 것을, 시판누룩은 J 곡자 주식회사에서 제조하여 시중 양조장에서 사용되고 있는 것을, 쌀입국은 I 탁주양조장에서 *Aspergillus kawachii* 종국을 접종하여 제조한 후 건조한 것을 사용하였다. 쌀은 시중에서 구입한 일반계(철원 오대미)의 9분도정 백미를, 물은 부천시의 수도물을 끓여서 식힌 것을, 주모는 효모(*Saccharomyces coreanus* Saito IFO 1833)를 포도당 맥아즙 배지(포도당 20g, 맥아즙 20g, 증류수 1,000ml, pH 5.5)에 접종

하여 30℃에서 1일간 배양한 것을 각각 사용하였다.

2. 탁주술덧의 담금 및 발효

탁주술덧은 발효제에 따라 개량누룩 술덧(술덧 A), 시판누룩 술덧(술덧 B) 및 쌀입국 술덧(술덧 C)의 3종류로 담금하였다. 원료의 사용비율은 전보¹⁶⁾와 같이 쌀을 기준으로 개량누룩은 5%, 시판누룩 또는 쌀입국은 20%, 주모는 1.0%, 급수비율은 160%로 하였다(Table 1). 담금방법도 전보¹⁶⁾와 같이 4L들이 유리용기에 물의 일부(600ml)와 발효제 및 주모를 가하여 26℃에서 1일간 배양하고, 증미와 나머지 물(1,000ml)을 가한 후 용기의 입구를 막고 26℃에서 8일간 발효하였다(Fig. 1).

3. 고급알콜 및 향기성분 측정

고급알콜 및 향기성분의 측정¹⁷⁾은 알콜함량 측정에 사용된 증류액중의 n-propyl alcohol, n-butyl alcohol, isobutyl alcohol, isoamyl alcohol, ethyl acetate, ethyl formate, ethyl hexanoate, ethyl octanoate, isoamyl acetate, isobutyl acetate, acetaldehyde를 gas chromatography(Perkin Elmer autosystem)에 의하여 분석하였다. 분석 조건은 검출기는 flame ionization detector를, 칼럼은 Alltech. AT-Wax를, carrier gas는 He(45 KPa)를 사용하여 oven 온도 45~210℃, injector 온도 180℃, detector 온도 260℃이었고, 시료의 주입량은 0.3μl로 하였다. 정량은 분석 후 나타난 peak의 머무름 시간과 면적을 표준 시료와 비교하는 방법으로 하였다.

4. 유기산 분석

유기산의 분석은¹⁸⁾ 시료를 3,000 rpm에서 30분간 원심분리하여 얻은 상등액을 Whatman No.2 여지로 여과하여 10배 희석하고 0.45μm membrane filter로 여과한 후 Sep-Pak C₁₈ cartridge(Waters Co. USA)로 지질, 단백질, 색소물질 등을 제거하여

Table 1. Three kinds of Takju mashes and their raw materials

Takju mash	Fermenting agent /amounts (g)	Yeast starter* (ml)	Rice (g)	Water (ml)
A	Modified Nuruk 50	10.0	1,000	1,600
B	Commercial Nuruk 200	10.0	1,000	1,600
C	Rice koji 200	10.0	1,000	1,600

* Culture solution of *Saccharomyces coreanus* in glucose malt extract broth (glucose 20g, malt extract 20g, distilled water 1,000ml, pH 5.5).

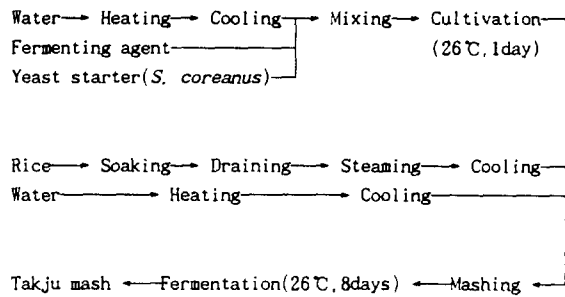


Fig. 1. Schematic diagram for the preparation of Takju mash.

10 μ l 씩 HPLC(244, Waters Co, USA)에 주입하였다. 검출기는 RI detector를 사용하였고, 칼럼은 Shodex RSpak KC-811을 사용하였다. 칼럼의 온도는 40 $^{\circ}$ C이었고, 이동상은 0.1% H₃PO₄를 사용하였으며, 유속은 분당 0.8ml이었다. 정량은 각각의 표준품이 혼합된 표준용액과 시료용액 각각 10 μ l씩을 HPLC에 주입하여 얻은 chromatogram의 면적을 비교하는 방법으로 하였다.

5. 유리아미노산 분석

유리아미노산 분석¹⁹⁾은 시료 20ml에 20% trichloroacetic acid(TCA) 10ml를 가하여 냉장고에 하룻밤 두어 침전된 단백질을 8,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 제거하고, Dowex anion exchange column에 통과시켜 TCA를 흡착·제거하고, 용출액에 diethyl ether 40ml를 가하여 지용성 물질을 분액여두로 제거하였다. 수용액층을 40 $^{\circ}$ C 이하에서 감압농축하고 0.2N citric acid buffer(pH 2.2) 용액으로 전체의 양이 25ml되게 정용한 다음 0.2 μ m membrane filter로 여과한 후 40 μ l를 아미노산분석기로 분석하였다. 분석조건은 LKB 4150, alpha autoanalyzer, Li⁺ ionexchange resin, 0.2N Na-citrate buffer(pH 3.20, 4.25, 10.00)의 유속 40ml/hr, ninhydrin의 유속 25ml/hr, column 온도는 50~80 $^{\circ}$ C로 하였다.

결과 및 고찰

1. 고급알콜 및 향기성분 분석

개량누룩, 시판누룩 및 쌀입국을 각각 발효제로 사용하여 탁주를 담그고 26 $^{\circ}$ C에서 8일간 발효한 술덧의 고급알콜 및 향기성분을 분석한 결과는 Table 2에 나타낸 바와 같다.

고급알콜중 탁주²⁰⁾, 맥주²¹⁾, 청주²²⁾ 등에서 중요한 향기 성분으로 평가되는 isoamyl alcohol과 isobutyl alcohol의 함량이 개량누룩 술덧에서 매우 높았고, 쌀입국 술덧에서도 비교적 높았으나 시판누룩 술덧에서는 매우 낮았다. 에틸알콜과 유사한 냄새를 가지며²³⁾ 주류에서 독특한 향으로 인식되지 아니하는 n-butyl alcohol은 시판누룩 술덧에서 비교적 높았고, 개량누룩 술덧과 쌀입국 술덧에서는 매우 낮았다. 자극취를 나타내는²³⁾ n-propyl alcohol은 쌀입국 술덧에서 매우 높았고 개량누룩 술덧에서는 그다지 높지 않았으며, 시판누룩 술덧에서는 매우 낮았다. 고급알콜의 총량은 개량누룩 술덧 754.17 mg/L, 쌀입국 술덧 600.29 mg/L, 시판누룩 술덧 150.54 mg/L 이었다.

탁주의 중요한 향기성분이고²⁴⁾ 과일향을 나타내는²⁵⁾ ethyl acetate의 함량은 개량누룩 술덧에서 매우 높았고, 시판누룩 술덧과 쌀입국 술덧에서는 그다지 높지 않았다. 맥주²¹⁾나 청주²⁶⁾에서 향기성분으로 인식되는 ethyl formate, ethyl hexanoate, ethyl octanoate, isoamyl acetate, isobutyl acetate는 모든 술덧에서 그 함량이 매우 낮았다. 에스테르의 총량은 개량누룩 술덧 138.00 mg/L, 시판누룩 술덧

Table 2. Analysis of higher alcohols and some aroma compounds in Takju mashes brewed with different fermenting agents

Compounds (mg/L)	Takju mashes*		
	A	B	C
Higher alcohols			
Isoamyl alcohol	323.30	64.40	264.30
Isobutyl alcohol	369.70	20.20	175.50
n-butyl alcohol	0.94	59.12	2.15
n-propyl alcohol	60.23	6.82	158.34
Total	754.17	150.54	600.29
Esters			
Ethyl acetate	134.60	52.78	31.92
Ethyl formate	0.45	2.14	0.52
Ethyl hexanoate	0.08	0.04	0.09
Ethyl octanoate	0.06	0.11	0.18
Isoamyl acetate	2.22	0.08	1.52
Isobutyl acetate	0.59	0.22	0.30
Total	138.00	55.37	34.53
Acetaldehyde	23.82	41.78	14.28
Total	915.99	247.69	649.10

* Takju mash A : brewed with modified Nuruk
 Takju mash B : brewed with commercial Nuruk
 Takju mash C : brewed with rice koji.

55.37 mg/L, 쌀입국 술덧 34.53 mg/L이었다.

자극취를 나타내고²⁵⁾, 청주²⁶⁾와 전통소주²⁷⁾에서도 검출되는 acetaldehyde는 시판누룩 술덧에서 비교적 높았고 개량누룩 술덧과 쌀입국 술덧에서는 그다지 높지 않았다.

탁주 술덧에서 고급알콜이나 에스테르의 함량이 양조용 미생물과 양조원료에 따라 현저히 달라짐^{3,20,24,28)}은 선연구에서도 보고된 바 있다.

Table 2의 향기성분 분석결과로 볼 때 개량누룩 술덧이 시판누룩 술덧이나 쌀입국 술덧보다 좋은 것으로 생각된다. 개량누룩 술덧과 쌀입국 술덧의 고급알콜 함량이 시판누룩 술덧보다 훨씬 높았던 것은 전보¹⁶⁾에서 보았듯이 개량누룩 술덧과 쌀입국 술덧의 초기 아미노산 함량이 너무 낮으므로 효모가 증식에 필요한 아미노산을 아미노기 전이반응을 통하여 동원하는 과정 중에 생산된 것으로 본다. Leucine은 isoamyl alcohol의 전구체가 되고²⁹⁾, valine은 isobutyl alcohol의 전구체가 되므로²⁹⁾ 개량누룩 술덧에서 그 함량이 특히 많았던 isoamyl alcohol과 isobutyl alcohol도 이와 같이 생성된 것으로 생각된다. 개량누룩 술덧에서 ethyl acetate의 함량이 특히 높은 이유는 ethyl acetate의 생산 능력이 높은 *Hansenula* 속 효모를 개량누룩을 제조시에 접종하였기 때문이다¹⁵⁾.

2. 유기산의 분석

개량누룩, 시판누룩 및 쌀입국을 각각 발효제로 사용하여 탁주를 담그고 26℃에서 8일간 발효한 술덧의 중요 유기산을 분석한 결과는 Table 3에 나타낸 바와 같다.

개량누룩 술덧의 주요 유기산은 젖산, 푸말산 및 호박산이었고, 시판누룩 술덧의 주요 유기산은 젖산과 초산이었으며, 쌀입국 술덧의 주요 유기산은 구연산, 젖산 및 호박산이었다. 유기산의 총량은 시판누룩 술덧 5,146.4 mg/L, 쌀입국 술덧 1,705.9 mg/L, 개량누룩 술덧 1,387.8 mg/L이었다.

이와 같이 발효제의 종류에 따라 술덧의 주된 유기산의 종류가 현저히 달라진 이유는 유기산 생산에 관여한 미생물의 종류가 서로 달랐기 때문일 것이다. 개량누룩 술덧에서 젖산과 푸말산의 함량이 높았던 것은 개량누룩 제조시¹⁵⁾에 젖산과 푸말산의 생산능력이 있는 *Rhizopus japonicus*³⁰⁾를 접종하였기 때문이고, 시판누룩 술덧에서 젖산과 초산의 함량이 높았던 것은 젖산과 초산을 생산하는 헤테로발효 젖산균³¹⁾이 술덧 발효에 관여하였기 때문이며¹⁶⁾, 쌀입국 술덧에

Table 3. Analysis of major organic acids in Takju mashes brewed with different fermenting agents

Organic acid (mg/L)	Takju mashes*		
	A	B	C
Acetic acid	ND	269.6	ND
Formic acid	46.8	ND	56.7
Lactic acid	567.5	4,744.0	243.5
Citric acid	85.3	106.4	1,172.4
Malic acid	99.8	2.8	3.8
Fumaric acid	301.2	18.6	22.5
Succinic acid	285.4	ND	207.0
Oxalic acid	1.8	5.0	ND
Total	1,387.8	5,146.4	1,705.9

ND : not detected

* Takju mash A : brewed with modified Nuruk

Takju mash B : brewed with commercial Nuruk

Takju mash C : brewed with rice koji.

서 구연산의 함량이 높았던 것은 구연산 생산능력이 강한 *Aspergillus kawachii*³²⁾를 접종하여 쌀입국을 제조하였기 때문이다.

유기산들은 술에서 신맛을 나타내는 주요한 성분이며 신맛의 질은 유기산의 종류에 따라 다소 다를 수 있다. 초산은 주류의 맛과 향에 좋지 못한 영향을 미치므로²⁴⁾, 초산의 함량이 높은 시판누룩 술덧은 이러한 점에서 바람직하지 못한 것으로 볼 수 있다.

3. 유리아미노산의 분석

개량누룩, 시판누룩 및 쌀입국을 각각 발효제로 사용하여 탁주를 담그고 26℃에서 8일간 발효한 술덧의 유리아미노산을 분석한 결과는 Table 4에 나타낸 바와 같다.

개량누룩 술덧의 주요 아미노산은 glutamic acid, alanine, proline 및 histidine이었고, 시판누룩 술덧의 주요 아미노산은 glutamic acid, proline, leucine 및 histidine이었으며, 쌀입국 술덧의 주요 아미노산은 arginine, proline 및 glutamic acid이었다. 유리아미노산의 총량은 개량누룩 술덧 14,090 mg/L, 시판누룩 술덧 12,202 mg/L, 쌀입국 술덧 7,152 mg/L이었다.

신맛을 나타내는³³⁾ aspartic acid는 개량누룩 술덧은 893 mg/L로 비교적 높았고, 시판누룩 술덧은 596 mg/L로 보다 낮았으며, 쌀입국 술덧은 209 mg/L로 현저히 낮았다. 감칠맛을 나타내는³²⁾ glutamic acid는 개량누룩 술덧 및 시판누룩 술덧이 각각 1,633 mg/L 및 1,871 mg/L로 매우 높았으나

Table 4. Analysis of free amino acids in Takju mash brewed with different fermenting agents

Amino acid (mg/L)	Takju mashes*		
	A	B	C
Aspartic acid	893	596	209
Glutamic acid	1,633	1,871	811
Alanine	1,542	643	778
Glycine	640	392	147
Serine	961	741	370
Threonine	359	285	83
Methionine	345	510	106
Proline	1,474	1,322	938
Arginine	733	93	1,170
Lysine	842	654	608
Leucine	964	1,239	323
Isoleucine	611	567	195
Phenylalanine	662	828	218
Histidine	1,019	1,138	450
Tyrosine	804	579	484
Valine	608	744	262
Total	14,090	12,202	7,152

* Takju mash A : brewed with modified Nuruk

Takju mash B : brewed with commercial Nuruk

Takju mash C : brewed with rice koji.

쌀입국 술덧은 811 mg/L로 현저히 낮았다. 단맛을 나타내는³²⁾ alanine, glycine, serine 및 threonine의 총량은 개량누룩 술덧은 3,502 mg/L로 매우 높았고, 시판누룩 술덧은 2,066 mg/L로 보다 낮았으며, 쌀입국 술덧은 1,378 mg/L로 현저히 낮았다. 단맛과 쓴맛을 동시에 나타내는³²⁾ proline과 methionine의 총량은 개량누룩 술덧 및 시판누룩 술덧은 1,816 mg/L 및 1,832 mg/L로 높았고, 쌀입국 술덧은 1,044 mg/L로 보다 낮았다. 쓴맛을 나타내는³²⁾ arginine, lysine, leucine, isoleucine 및 phenylalanine의 총량은 개량누룩 술덧 및 시판누룩 술덧은 3,812 mg/L 및 3,381 mg/L로 매우 높았으며, 쌀입국 술덧은 2,541 mg/L로 보다 낮았다. 약한 쓴맛을 나타내는³²⁾ histidine, tyrosine 및 valine의 총량은 개량누룩 술덧 및 시판누룩 술덧은 2,427 mg/L 및 2,461 mg/L로 높았고, 쌀입국 술덧은 1,196 mg/L로 현저히 낮았다.

이 등⁴⁾도 탁주제조시에 사용하는 발효제의 종류에 따라 유리아미노산의 조성이 크게 달라지며, *Aspergillus kawachii*의 입국으로 제조한 탁주는 유리아미노산의 총량이 누룩으로 제조한 탁주보다 훨씬 낮았다고 하였다. 탁주에는 신맛, 감칠맛, 단맛 및 쓴맛을 나타내는 유리아미노산들이 균형있게 함유되어 있어

야 하고 그 함량이 높을수록 좋은 것으로 알려지고 있다.^{4,33)} 이러한 관점에서 볼 때 유리아미노산의 함량이 높은 개량누룩 술덧이 가장 좋고, 시판누룩 술덧도 좋은 편이나, 쌀입국 술덧은 좋지 못한 것으로 볼 수 있다.

요 약

누룩에서 분리한 *Rhizopus japonicus* T2, *Aspergillus oryzae* L2 및 *Hansenula* sp. BC26을 밀기울에 접종 및 배양하여 제조한 개량누룩으로 양조한 탁주술덧과, 기존의 발효제인 시판누룩 및 쌀입국으로 양조한 탁주술덧의 중요 향미성분을 분석 비교하였다. 향기성분인 isoamyl alcohol, isobutyl alcohol 및 ethyl acetate의 함량은 개량누룩 술덧이 시판누룩 술덧이나 쌀입국 술덧보다 훨씬 높았다. 주된 유기산은 개량누룩 술덧은 젖산, 푸말산 및 호박산이었고, 시판누룩 술덧은 젖산 및 초산이었으며, 쌀입국 술덧은 구연산, 젖산 및 호박산이었다. 유기산의 총량은 시판누룩 술덧 5,146 mg/L, 쌀입국 술덧 1,706 mg/L, 개량누룩 술덧 1,388 mg/L이었다. 주된 유리아미노산은 개량누룩 술덧은 glutamic acid, alanine, proline 및 histidine이었고, 시판누룩 술덧은 glutamic acid, proline, leucine 및 histidine이었으며, 쌀입국 술덧은 arginine, proline 및 glutamic acid이었다. 유리아미노산의 총량은 개량누룩 술덧 14,090 mg/L, 시판누룩 술덧 12,202 mg/L, 쌀입국 술덧 7,152 mg/L이었다. 이상의 결과들로 볼 때 개량누룩 술덧이 기존 발효제의 술덧보다 좋은 것으로 생각되었다.

참고문헌

1. 이두영 : 백국균 *Aspergillus kawachii* Kitahara의 생태학적 연구, *한국미생물학회지*, 6, 113~121(1968).
2. 北原覺雄, 吉田滿智子 : 絲狀菌의 Diastase組成に關する研究(第3報), 泡盛白麴菌の形態的並に2,3の生理的性質に就て, *日本釀造工學會誌*, 27, 162~166(1949).
3. 한은혜, 이택수, 노봉수, 이동선 : 누룩 종류를 달리하여 담금한 탁주술덧의 휘발성 향기성분, *한국식품과학회지*, 29, 563~570(1997).
4. 이원경, 김정림, 이명환 : 국균을 달리한 탁주양조중 유리아미노산 및 유기산의 소장, *한국농화학회지*, 30, 323~327(1987).
5. 소명환 : *Aspergillus kawachii*와 *Aspergillus oryzae*의 병용에 의한 탁주의 품질 개선, *한국식품영양학회지*, 4, 115~124(1991).
6. 한은혜, 이택수, 노봉수, 이동선 : 누룩 종류를 달리하여

- 담금한 탁주 발효과정중 술덧의 품질특성, *한국식품과학회지*, 29, 555~562(1997).
7. 배상면 : 탁주양조에 관한 소고, 탁주양조기술, 배한산업부설 효소연구소, p.131~135(1988).
 8. 장원길, 오세복, 노승준, 김대광 : 우리나라 토속주의 재현과 개발에 관한 연구, *국세청기술연구소보*, 5, 1~24(1986).
 9. 안병학, 정진섭, 박완수, 이명기, 차진, 정상은, 성기욱 : 전통주 발효용 종균개발 연구, 전통발효식품의 과학화 연구 1차년도보고서, 과학기술처, p.19~134(1995).
 10. 국세청기술연구소 제1연구실 : 1974년도 전국발효제 분석표, *국세청기술연구소보*, 3, 112~117(1975).
 11. 김덕치, 서보인 : 법주 주질향상에 관하여, *국세청기술연구소보*, 3, 46~55(1975).
 12. 김현수, 현지숙, 김정, 하현팔, 유대식 : 전통누룩 곰팡이의 연구동향, *생물산업*, 10, 27~32(1997).
 13. 안병학 : 전통주의 효모 연구동향, *생물산업*, 10, 33~35(1997).
 14. 소명환, 이재우 : *Rhizopus japonicus* 누룩과 *Aspergillus oryzae* 누룩의 병용에 의한 탁주 양조, *한국영양식량학회지*, 25, 157~162(1996).
 15. 소명환 : 전통 누룩 미생물로 제조한 개량누룩의 특성, *한국식품영양학회지*, 12, 219~225(1999).
 16. 소명환, 이영숙, 노완섭 : 개량누룩에 의한 탁주양조중 미생물과 중요성분 변화, *한국식품영양학회지*, 12, 226~232(1999).
 17. 한봉숙 : *Rhizopus*속 곰팡이와 효모를 이용한 동시 당화 발효법에 의한 약주 제조, 고려대학교 석사학위논문, p. 11(1995).
 18. 신용서, 이갑상, 김동한 : 고구마와 호박을 첨가한 요구르트 제조에 관한 연구, *한국식품과학회지*, 25, 666~671(1993).
 19. 박석규, 조영숙, 박정로, 문주석, 이용수 : 갯김치 숙성중 당, 유기산, 유리아미노산 및 핵산 관련물질 함량의 변화, *한국영양식량학회지*, 24, 48~53(1995).
 20. 이택수, 최진영 : 참쌀 및 보리쌀 탁주 술덧의 발효과정중 휘발성 향기성분의 특성, *한국식품과학회지*, 30, 638~643(1998).
 21. 能田順一 : 醸造成分(Beer), 醱酵香氣成分, *日本醸造協會雜誌*, 71, 819~830(1976).
 22. 原昌道 : 清酒成分一覽(Alcohol), *日本醸造協會雜誌*, 62, 1195~1205(1967).
 23. Budavari, S.: *The Merck Index, An Encyclopedia of Chemicals*, Merck Co. Inc., Rahway, New Jersey, U.S.A., p.7, 237, 593, 1246(1992).
 24. 이주선, 이택수, 최진영, 이동선 : 멥쌀탁주 술덧의 발효과정중 휘발성 향기성분, *한국농화학회지*, 39, 249~254(1996).
 25. 布川太郎 : 清酒成分一覽(Ester), *日本醸造協會雜誌*, 62, 854~860(1967).
 26. 太脇京子 : 清酒成分一覽(Carbonyl 化合物), *日本醸造協會雜誌*, 62, 1097~1105(1967).
 27. 인혜영, 이택수, 이동선, 노봉수 : 전통방법으로 제조한 소주 제조중의 퓨젤유 및 향기성분, *한국식품과학회지*, 27, 235~240(1995).
 28. 이주선, 이택수, 박성오, 노봉수 : 원료를 달리하여 담금한 탁주술덧의 향기성분, *한국식품과학회지*, 28, 316~323(1996).
 29. 김찬조, 장지현 : 신고 식품미생물학, 수학사, 서울, p. 117~295(1985).
 30. 주현규, 임무현, 민경찬, 배정설, 조규성 : 최신 식품미생물학, 유림문화사, 서울, p.43~45(1987).
 31. 유태중, 심우만, 조상준 : 신편 식품미생물학, 문운당, 서울, p.174~178(1992).
 32. 日本醸造協會 : 清酒製造技術, 新日本印刷株式會社, 東京, p.273~277(1995).
 33. 손순기, 노영훈, 김현진, 배상면 : *Rhizopus Koji*를 이용한 무증자 쌀탁주의 양조, *한국산업미생물학회지*, 18, 506~510(1990).

(1999년 4월 23일 접수)