

## *Rhizopus japonicus* 누룩과 *Aspergillus oryzae* 누룩의 병용에 의한 탁주양조

소명환\* · 이재우\*

부천전문대학 식품영양과

\*고려대학교 식품공학과

### Takju Brewing by Combined Use of *Rhizopus japonicus*-Nuruk and *Aspergillus oryzae*-Nuruk

Myung-Hwan So<sup>†</sup> and Jae-Woo Lee\*

Dept. of Food and Nutrition, Bucheon Junior College, Bucheon 421-735, Korea

\*Dept. of Food Technology, Korea University, Seoul 136-701, Korea

#### Abstract

Takju is a Korean turbid rice wine brewed with nuruk which is the source of enzymes and microorganisms for brewing. To evaluate the effects of combination ratio of two wheat flour nuruks (*Aspergillus oryzae*-nuruk and *Rhizopus japonicus*-nuruk), on the quality of takju seven kinds of takju samples were brewed with different combination ratio of the two nuruks, and then physico-chemical and sensory characteristics of the takjus were compared. When the ratio of *R. japonicus*-nuruk was high, acidity and free sugar were high as well as the contents of suspended solid and the stability of suspension state. However, when the ratio of *A. oryzae*-nuruk was high, acidity and free sugar were low as well as the contents of suspended solid and the stability of suspension state. When *R. japonicus*-nuruk and *A. oryzae*-nuruk were used in combination of 2 : 1~5 : 1 of ratio, the amounts of screened residue were considerably decreased, and amino acid contents and sensory scores were significantly increased. Judging from overall characteristics of takju, *R. japonicus*-nuruk was preferred to *A. oryzae*-nuruk when they were used singly, but when *R. japonicus*-nuruk was used in combination with *A. oryzae*-nuruk, the overall quality of takju was further improved, and the optimum combination ratio of the two nuruks was approximately 1 : 5.

**Key words** : takju, rice wine, *Aspergillus oryzae*, *Rhizopus japonicus*

#### 서 론

우리의 전통적인 탁주는 쌀을 주원료로 하고 누룩을 주발효제로 하여 제조하였다. 그러나 해방 전인 1938년에 *Aspergillus kawachii*의 중국이 일본으로 부터 도입되고(1), 이의 입국(koji)이 탁주양조에 적용되면서 누룩의 사용이 점차 감소되어 왔다.

누룩으로 발효한 전통적인 탁주와 *A. kawachii*의 입국으로 발효한 오늘의 탁주는 외관상으로 볼 때는 백탁상태의 술이라는 점에서 유사하지만 실제의 내용에서 상당히 다르다. 누룩으로 탁주를 제조할 때에는 *Rhizopus*, *Aspergillus* 등의 곰팡이, *Saccharomyces*,

*Hansenula* 등의 효모, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Bacillus* 등의 세균이 주로 관여하나(2), 오늘날과 같이 입국과 배양효모로 제조할 때는 *A. kawachii*와 *Saccharomyces cerevisiae* 만이 주로 관여한다(2).

누룩으로 제조한 전통적인 탁주는 관여하는 미생물이 다양한 것 만큼 맛 성분과 향기 성분들이 다양하고, 이들이 잘 어우러져 미묘한 향미를 나타낼 수 있지만, 입국으로 제조한 오늘의 탁주는 신맛과 시큼한 냄새만 강할 뿐, 독특하고 조화로운 향미를 나타내지 못하는 것으로 알려지고 있다(3-5).

탁주제조에 유기산 생산능력과 당화효소 생산능력이 강한 *A. kawachii* 입국의 도입은 여름철의 이상발효 방

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

지와 발효기간 단축 및 발효수율 향상에는 도움을 주었으나(6) 독특한 향이 없기 때문에 탁주의 품질면에서는 오히려 퇴보시키는 역할을 한 것으로 평가된다(3-5).

저자는 탁주의 품질향상을 위해서는 양질의 누룩 개발이 절대적으로 필요하다는 생각에서 밀기울 보다 위생적으로 양호한 밀가루를 누룩원료로 사용하고, 누룩의 중요 곰팡이로 알려진 *Rhizopus*속 및 *Aspergillus*속의 곰팡이를 접종하는 밀가루 누룩의 제조방법을 검토하고(7-9), 이들 누룩의 양조특성을 조사한 바 있다(10).

본 연구는 이의 계속된 연구이며, 전보(10)에서 양조 특성이 좋게 나타난 *Rhizopus japonicus*의 밀가루 누룩과 *Aspergillus oryzae*의 밀가루 누룩의 병용에 의한 탁주 제조시에 두 누룩의 혼합비율이 탁주 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 시도되었다. 이를 위하여 두 누룩의 혼합 비율을 달리하여 탁주를 제조하고, 완성된 술덧 및 제성주의 이화화학적 특성과 관능적인 특성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

누룩은 *Rhizopus japonicus*의 밀가루 누룩(이하 *R. japonicus* 누룩이라 함)과 *Aspergillus oryzae*의 밀가루 누룩(이하 *A. oryzae* 누룩이라 함)의 두 종류이었다. 두 누룩은 전보(7,8)의 방법에 따라 1994년 4월 10일에 부천전문대학 식품영양과의 미생물 실험실에서 제조하였다.

양조용 쌀은 경남 밀양에서 생산된 10분도정 일반미이었고, 물은 부천전문대학 미생물 실험실의 수도물을 끓여서 식힌 후에 사용하였다.

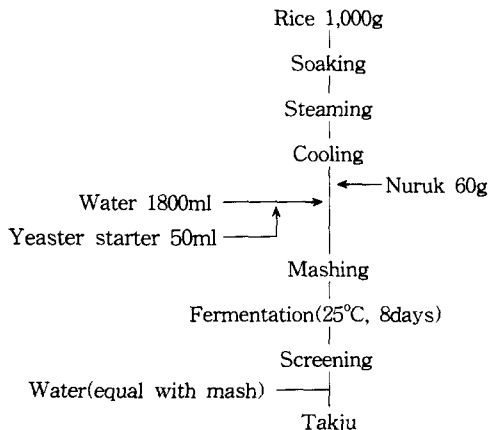


Fig. 1. Schematic diagram for the preparation of takju.

Table 1. Seven kinds of takju mashes brewed in this study and their raw materials

Takju mash	Nuruk(g)		Yeast starter(ml)	Rice(g)	Water(ml)
	AO	RJ			
A	60	0	50	1000	1800
B	50	10	50	1000	1800
C	40	20	50	1000	1800
D	30	30	50	1000	1800
E	20	40	50	1000	1800
F	10	50	50	1000	1800
G	0	60	50	1000	1800

AO: Nuruk of *Aspergillus oryzae*(8)

RJ: Nuruk of *Rhizopus japonicus*(7)

효모는 인천탁주 합동제조(주)에서 분양받은 *Saccharomyces cerevisiae*이었으며, 맥아즙 배지에 접종하여 25°C에서 2일간 배양한 배양액을 주모로 사용하였다.

### 탁주의 제조

탁주는 1994년 5월 1일에서 5월 9일간에 Fig. 1과 같이 제조하였다. 담금시 재료의 사용비율은 쌀에 대하여 누룩 6%, 주모 5%, 담금용수 180%로 하였다. 담근 탁주의 종류는 두 누룩의 혼합비율에 따라 Table 1과 같이 A, B, C, D, E, F 및 G의 7가지이었다.

### 탁주의 분석

pH는 pH-meter로 측정하였고, 산도는 시료 10ml를 0.1N-NaOH로 중화적정한 후 호박산의 함량(%)으로 나타내었으며(11), 아미노산 함량은 formol 적정법으로 측정 후 glycine의 함량(%)으로 나타내었다(11).

에탄올은 시료를 증류하여 부침 주정계로 측정하였고, 유리당은 시료를 여과한 후 DNS법(12)으로 측정하여 포도당의 함량(%)으로 나타내었다.

### 주박량, 부유물량 및 부유물의 현탁안정성 측정

주박량은 술덧 100g을 100mesh의 체로 거를 때 위에 남은 잔유물을 실온에서 5일간 건조하고 그 무게를 달아 술덧에 대한 무게비율(%)로 나타내었고, 부유물의 양은 탁주 제성주 100g을 여과지(Whatman No. 2)로 여과한 후 잔유물을 실온에서 5일간 건조하고 그 무게를 달아 제성주에 대한 무게비율(%)로 나타내었다.

부유물의 현탁안정성은 탁주 제성주 30ml를 직경 18mm의 시험관에 넣고 실온에서 60분간 정치하면서 탁주 현탁층의 높이를 5분 간격으로 측정 후 전체 높이(150mm)에 대한 백분율로 나타내었다.

관능검사

부천전문대학에 재학중인 남학생 20명을 관능검사 요원으로 선발하여 탁주 제성주의 맛, 향, 색 및 기호도를 5단계 평점법(13)으로 평가하였다. 검사 시료는 모두 실온으로 평형화시킨 후 제공하였으며, 시판 탁주(B 양조장의 동동주)의 품질을 “보통”으로 보고 이를 평가의 기준으로 삼았다. 평가결과 “매우 좋다”는 5점, “좋다”는 4점, “보통이다”는 3점, “나쁘다”는 2점, “매우 나쁘다”는 1점으로 하였으며, 결과는 Duncan의 다중비교법(14)으로 평균치간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

발효중 술덧 pH의 변화

A. oryzae 누룩과 R. japonicus 누룩을 병용하여 25°C에서 탁주를 제조할 때에 두 누룩의 혼합 비율이 술덧의 pH 변화에 미치는 영향을 조사해 본 결과는 Table 2와 같았다.

담금 즉시 술덧의 pH는 6.18~6.66로 두 누룩의 혼합 비율에 따라 다소 달랐는데, A. oryzae 누룩의 사용 비율이 높을수록 높았고, R. japonicus 누룩의 사용 비율이 높을수록 낮았다. 모든 술덧은 발효 초기에 pH가

급격히 저하하여 2일만에 안전한 pH인 4.0 이하로 되었으며, 담금 후 2~3일만에 최저의 pH를 보인 후 다시 약간 상승하였는데, 그 변화 양상은 두 누룩의 혼합 비율에 따라 다소 달랐다. R. japonicus 누룩의 사용 비율이 높은 D, E, F 및 G 술덧은 2일까지 pH가 낮아지다가 3일 이후 부터 약간 상승하였으나, A. oryzae 누룩의 사용 비율이 높은 A, B 및 C 술덧은 3일까지 낮아지다가 4일 이후 부터 약간씩 상승하였다. pH의 하한치는 A, B 및 C 술덧이 D, E, F 및 G 술덧 보다 더 낮았다.

일반적으로 Rhizopus속의 곰팡이는 젖산, 푸마르산 등의 유기산을 생산하는 능력이 있는 것으로 알려져 있으며(15,16), 본 실험에서 R. japonicus 누룩의 사용 비율이 높을수록 담금 즉시 술덧의 pH가 낮게 나타난 것은 누룩에 함유된 이 곰팡이의 유기산 때문인 것으로 추측된다. 또 모든 술덧의 pH가 3~4일 이후에 다시 약간 상승하게 된 것은 유기산의 함량이 감소되었기 때문이 아니라 쌀입자의 붕괴로 유기산이 술덧내에 고루 분포되어졌고, 또 단백질의 분해로 생성된 아미노산과 peptides의 완충력도 작용했기 때문일 것으로 생각된다.

술덧 및 제성주의 이화학적 특성

탁주를 8일간 발효시킨 후 술덧의 중요한 특성들을

Table 2. Changes in pH of takju mashes during brewing with different combinations of A. oryzae-nuruk and R. japonicus-nuruk

Takju mashes <sup>1)</sup>	Fermenting time(day)						
	0	1	2	3	4	5	8
A	6.66	4.62	3.63	3.56	3.70	3.82	4.17
B	6.53	4.76	3.82	3.60	3.76	3.86	4.19
C	6.46	4.59	3.72	3.66	3.81	3.94	4.20
D	6.38	4.60	3.86	3.96	4.00	4.05	4.23
E	6.30	4.74	3.91	4.00	4.05	4.10	4.26
F	6.23	4.71	3.86	3.89	3.98	4.08	4.23
G	6.18	4.84	3.80	3.84	3.88	3.95	4.03

<sup>1)</sup>Takju mashes A, B, C, D, E, F and G were the same that described in Table 1

Table 3. Properties of takju mashes brewed with different combinations of A. oryzae-nuruk and R. japonicus-nuruk

Takju mashes <sup>1)</sup>	Acidity (Succinate %)	Amino acid (Glycine %)	Free sugar (Glucose %)	Ethanol (%)	Screened residue (%)
A	0.22	0.17	1.25	15.8	4.68
B	0.26	0.18	1.83	15.7	4.05
C	0.27	0.19	2.00	15.7	3.53
D	0.29	0.20	2.50	15.7	3.08
E	0.31	0.21	2.67	15.6	2.80
F	0.33	0.19	2.97	15.2	2.90
G	0.35	0.17	3.92	14.7	4.93

<sup>1)</sup>Takju mashes A, B, C, D, E, F and G were the same that described in Table 1

조사해 본 결과는 Table 3과 같았다.

산도는 0.22~0.35%로 누룩의 혼합 비율에 따라 상당한 차이가 있었는데, *R. japonicus* 누룩의 사용 비율이 높을수록 높았고, *A. oryzae* 누룩의 사용 비율이 높을수록 낮았다. 일반적으로 탁주에서 유기산의 공급원이 될 수 있는 것은 곰팡이, 효모, 젖산균 및 초산균 등이다. 본 실험에서 *R. japonicus* 누룩의 사용 비율이 높을수록 산도가 높게 나타난 것은 앞의 pH에서 언급한 바와 같이 이 곰팡이 자체가 술덧에서 유기산을 생산하였거나, 이 누룩의 사용으로 효모 또는 젖산균의 유기산 생산이 촉진된 결과로 추측된다. 각 술덧의 유기산 함량(Table 3)과 pH(Table 2) 간에는 그 경향이 일치하지 않는 부분도 있는데, 이는 각 술덧간의 유기산 조성이 다를 수 있고, 완충능력의 차이도 있기 때문인 것으로 생각한다.

아미노산 함량은 0.17~0.21%로 두 누룩의 혼합 비율에 따라 차이를 약간 보이고 있었다. *R. japonicus* 누룩 또는 *A. oryzae* 누룩을 단용할 때 보다 두 누룩을 병용할 때가 약간 더 높았는데, 두 누룩을 2:1로 병용한 E 술덧이 가장 높았다. 두 누룩의 병용시에 아미노산 함량이 더 높게 나타난 것은 단백질 분해효소의 종류가 누룩의 병용으로 더욱 다양해진 결과로 해석된다.

유리당은 1.25~3.92%로 두 누룩의 혼합 비율에 따라 상당히 큰 차이를 나타내었는데, *R. japonicus* 누룩의 사용 비율이 높을수록 높았고, *A. oryzae* 누룩의 사용 비율이 높을수록 낮았다. 탁주에서 유리당은 맛과 입안에서의 감촉을 좋게 하는 것으로 알려져 있는데(17), 본 실험에서 *R. japonicus* 누룩의 사용 비율이 높아질수록 유리당의 함량이 높게 나타난 것은 주목할 만한 결과로 생각된다. 한편, 청주의 제조시에는 국균이 생산한 transglucosidase가 비발효성 당을 합성하여 청주의 에탄올 수율을 감소시키고, 반면 유리 잔당

의 함량을 증가시켜주는 것으로 알려져 있는데(18), 본 실험에서도 유리당의 함량이 가장 높은 G 술덧의 에탄올 함량이 가장 낮고, 유리당의 함량이 가장 낮은 A 술덧의 에탄올 함량이 가장 높은 점으로 보아 이 유리당 중에도 곰팡이의 transglucosidase에 의하여 생성된 비발효성 당이 상당량 함유되어 있을 가능성이 높은 것으로 생각된다.

에탄올은 14.7~15.8%로 누룩의 혼합 비율에 따른 차이를 약간 보이고 있는데, 그 경향은 *R. japonicus* 누룩의 사용 비율이 높을수록 낮았다.

주박의 양은 2.80~4.93%로 두 누룩의 혼합 비율에 따라 상당히 큰 차이를 나타내었다. *A. oryzae* 누룩 또는 *R. japonicus* 누룩을 단용한 것은 모두 주박의 양이 많았으나, 두 누룩을 병용했을 때에는 적었는데, 그중에서도 *R. japonicus* 누룩과 *A. oryzae* 누룩을 2:1로 병용한 E 술덧이 가장 적었다. 두 누룩의 병용으로 주박의 양이 줄어들게 된 것은 쌀 중의 난분해성 물질을 분해시키는 효소의 종류가 더욱 다양하여진 결과로 해석된다.

전반적으로 볼 때 *R. japonicus* 누룩으로 제조한 G 술덧이 *A. oryzae* 누룩으로 제조한 A 술덧 보다 좋았으며, *R. japonicus* 누룩에 *A. oryzae* 누룩을 약간 혼합한 E 및 F 술덧이 더 좋았다.

한편, 술덧을 체로 걸러서 주박을 제거하고 물로서 2배 희석한 제성주의 특성을 조사해 본 결과는 Table 4와 같았다.

제성주의 산도, 아미노산, 유리당 및 에탄올 함량은 술덧에서의 특성이 그대로 반영되어져 Table 3의 술덧 분석결과와 잘 일치하는 경향을 나타내었다. 이 외에 제성주의 부유물 함량은 1.51~2.06%로 두 누룩의 혼합 비율에 따라 비교적 큰 차이를 나타내었는데, *R. japonicus* 누룩의 사용 비율이 높을수록 높았다. 또 제

Table 4. Properties of final products made with takju mashes brewed with different combinations of *A. oryzae*-nuruk and *R. japonicus*-nuruk

Takju <sup>1)</sup>	Acidity (Succinate %)	Amino acid (Glycine %)	Free sugar (Glucose %)	Ethanol (%)	Suspended solid (%)	Color
A	0.11	0.08	0.63	7.9	1.51	YW
B	0.13	0.09	0.92	7.9	1.62	YW
C	0.14	0.09	1.00	7.8	1.80	YW
D	0.15	0.10	1.25	7.8	1.86	YW
E	0.16	0.10	1.34	7.7	1.96	YW
F	0.17	0.09	1.49	7.6	2.00	YW
G	0.18	0.08	1.96	7.3	2.06	YW

<sup>1)</sup>Takju final products A, B, C, D, E, F and G were made with the takju mashes A, B, C, D, E, F and G in Table 3, respectively

YW : Yellowish white

성주의 색상은 모두 연한 황색을 띤 백탁이었는데, *R. japonicus* 누룩의 사용 비율이 높을수록 황색이 약간 더 진하게 나타났다.

일반적으로 *A. kawachii*의 입국으로 제조한 탁주는 입국에서 오는 산도가 지나치게 높고, 아미노산과 유리당의 함량이 낮은 것이 결점으로 지적되기도 하는데 (5,19), 본 실험의 탁주들은 모두 이러한 결점들이 많이 개선되어진 것으로 볼 수 있다. 특히 *R. japonicus* 누룩의 사용 비율이 비교적 높은 E, F 및 G 탁주에서 더욱 좋은 결과를 나타내었다.

Fig. 2는 탁주 제성주를 방치할 때에 탁주 부유물의 현탁안정성을 조사해 본 결과이다. *R. japonicus* 누룩의 사용 비율이 높을수록 부유물의 현탁안정성이 높았고, *A. oryzae* 누룩의 사용 비율이 높을수록 현탁안정성이 낮았다. 탁주에서 부유물의 현탁안정성이 높다는 것은 탁주 부유물의 침전이 천천히 일어남을 의미하는 것으로 탁주에서는 대단히 중요한 특성인데, 본 실험에서 *R. japonicus* 누룩의 사용 비율이 높을수록 높은 현탁안정성을 나타낸 것은 주목할만한 결과로 생각된다. 탁주에서 부유물의 현탁안정성에 영향을 미치는 인자는 부유물의 양, 부유물의 이화학적 및 전기화학적 특성, 탁주의 pH 및 교질안정화제의 존재 유무 등일 것으로 생각되며, *R. japonicus* 누룩의 사용 비율이 높을

Table 5. Sensory assessment of final products made with takju mashes brewed with different combinations of *A. oryzae*-nuruk and *R. japonicus*-nuruk.

Takju <sup>1)</sup>	Taste <sup>2)</sup>	Odor <sup>2)</sup>	Color <sup>2)</sup>	Preference <sup>2)</sup>
A	3.5 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>
B	3.6 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>
C	3.5 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>
D	3.6 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>
E	3.8 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>
F	3.8 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>
G	4.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Takju A, B, C, D, E, F and G were the same that described in Table 4

<sup>2)</sup>Mean scores judged by 20 assessors based on 5 point scale(dislike extremely : 1, dislike : 2, neither like nor dislike : 3, like : 4, like extremely : 5)

Mean scores with same superscripts within a row indicate no significant difference(p<0.05)

수록 탁주의 현탁안정성이 높게 나타나는 이유를 설명하기 위해서는 후속 연구가 필요한 것으로 생각된다.

### 제성주의 관능적 특성

탁주 제성주의 품질을 20명의 관능검사요원이 평가해 본 결과는 Table 5와 같았다.

맛, 향, 색 및 기호성에서 모든 탁주가 비교적 좋게 평가되었다. *R. japonicus* 누룩만 사용한 G 탁주는 *A. oryzae* 누룩만 사용한 A 탁주와는 맛과 향의 특성이 분명히 달랐는데, G 탁주에서는 구수한 누룩의 향을 느낄 수 있었고, A 탁주에서는 청주의 향을 느낄 수 있었다. *R. japonicus* 누룩만 사용한 G 탁주가 *A. oryzae* 누룩만 사용한 A 탁주 보다 약간 더 좋게 평가되었고, *R. japonicus* 누룩과 *A. oryzae* 누룩을 1 : 5로 병용한 F 탁주가 가장 좋은 평가를 받았으나 이들 차이의 유의성은 인정되지 않았다.

본 실험에서 모든 탁주의 관능검사 결과가 비교적 좋게 나타난 것은 산도와 아미노산 함량이 적절한 균형을 유지하였고, *R. japonicus* 누룩과 *A. oryzae* 누룩이 독특한 향을 나타내었기 때문인 것으로 생각된다.

### 요 약

*A. oryzae*의 밀가루 누룩과 *R. japonicus*의 밀가루 누룩으로 탁주를 제조할 때에 두 누룩의 혼합 비율이 탁주의 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 두 누룩의 혼합 비율을 달리하여 7종의 탁주시료를 제조하고, 탁주의 이화학적 및 관능적 특성들을 조사하였다.

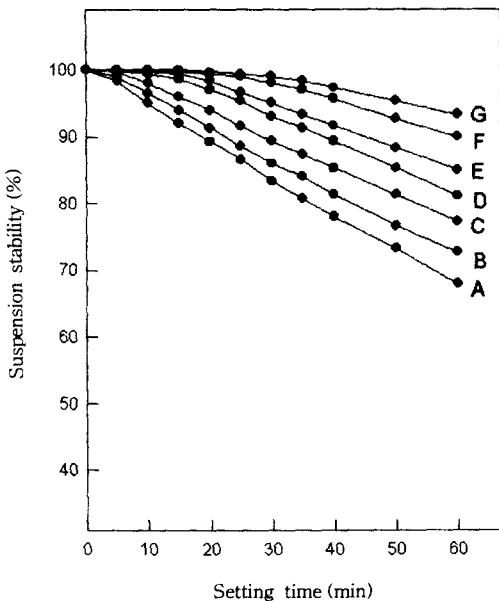


Fig. 2. Stability of suspension state of final products during setting. Takju A, B, C, D, E, F and G were the same that described in Table 4.

*R. japonicus* 누룩의 사용 비율이 높을 때에는 술덧의 산도와 유리당 함량이 높았고, 제성주의 부유물 함량과 부유물의 현탁안정성도 높았다. 그러나 *A. oryzae* 누룩의 사용 비율이 높을 때에는 술덧의 산도와 유리당 함량이 낮았고, 제성주의 부유물 함량과 부유물의 현탁안정성도 낮았다. *R. japonicus* 누룩과 *A. oryzae* 누룩을 2 : 1 ~ 5 : 1의 비율로 병용했을 때에는 주박의 양이 크게 줄어들었고, 아미노산 함량이 증가하였으며, 기호성도 더 좋아졌다. 탁주의 전반적인 특성으로 볼 때 각 누룩의 단용시에는 *R. japonicus* 누룩이 *A. oryzae* 누룩 보다 좋았다. 그러나 *R. japonicus* 누룩과 *A. oryzae* 누룩을 병용했을 때에는 탁주의 전반적인 품질이 더욱 개선되어졌는데, 이때 두 누룩의 최적 혼합 비율은 대략 5 : 1이었다.

### 감사의 글

본 연구는 1994년도 충무발효공업 주식회사의 연구비로 이루어졌으며, 연구비를 지원하여주신 양원석 사장님께 감사드립니다.

### 문헌

- 이두영 : 백국균 *Aspergillus kawachii* kitahara의 생태학적 연구. 미생물학회지, **6**, 113(1968)
- 이한창 : 탁주와 약주. 발효식품, 신광출판사, p.122(1991)
- 이원경, 김정림, 이명환 : 국균을 달리한 탁주 양조중 유리아미노산 및 유기산의 소장. 한국농화학회지, **30**, 323(1987)
- 배상면 : 탁주양조에 관한 소고. 탁주양조기술, 배한산업주식회사 부설 효소연구소, p.131(1988)
- 소명환 : *Aspergillus kawachii*와 *Aspergillus oryzae*의 병용에 의한 탁주의 품질개선. 한국식품영양학회지, **4**, 115(1991)
- 유주현 : 생물공학계의 숨은 선구자 이두영 박사 탐방. 미생물과 발효, **16**, 1(1992)
- 소명환 : *Aspergillus oryzae* L2에 의한 밀가루 누룩 제조시 amylase와 protease의 생산조건. 한국식품영양학회지, **6**, 89(1993)
- 소명환 : *Rhizopus japonicus* T2에 의한 밀가루 누룩 제조시 amylase와 protease의 생산조건. 한국식품영양학회지, **6**, 96(1993)
- 소명환, 박서영, 김수화, 오현진 : *Aspergillus usarii* mut. *shirousamii* S1에 의한 밀가루 누룩 제조시 amylase와 protease의 생산조건. 한국식품영양학회지, **7**, 51(1994)
- 소명환 : 곰팡이 균종을 달리한 밀가루 누룩의 탁주양조 적성. 한국식품영양학회지, **8**, 6(1995)
- 국세청기술연구소 : 국세청기술연구소 주류분석 기준. 국세청훈령 제743호, p.40(1979)
- Miller, G. L. : Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.*, **31**, 426(1956)
- Piggott, J. R. : Sensory analysis of food. Elsevier Applied Science Publishers, London, p.157(1984)
- 이인석, 손문규, 기우항, 박진석 : 실험통계학. 학문사, 서울, p.151(1981)
- Griffin, D. H. : Fungal physiology. Wiley-Liss Inc., New York, p.215(1994)
- Carlile, M. J. and Watkinson, S. C. : *The fungi*. Academic Press, London, p.419(1994)
- 배상면 : 탁주의 미각에 관한 소견. 탁주양조기술, 배한산업부설 효소연구소, p.153(1988)
- 岩野君夫, 柴田和宏, 布川彌太郎 : 清酒醸造における transglucosidase의 役割. 醸造協會誌, **72**, 521(1977)
- 배상면 : 탁주양조에서 황국균 조효소를 혼용한 사양. 탁주양조기술, 배한산업부설 효소 연구소, p.169(1988)

(1995년 10월 28일 접수)