

## 누룩에서 분리한 우수균주에 의한 좁쌀주의 양조특성

유철훈 · 홍성윤<sup>1</sup> · 고정삼\*

제주대학교 농업생명과학대학 원예생명과학부, <sup>1</sup>우리농산물영농조합법인

(2002년 5월 13일 접수, 2002년 8월 16일 수리)

제주민속 좁쌀주의 품질향상을 위하여 누룩으로부터 분리한 우수균주를 이용하여 양조특성을 검토하였다. 양조효모로 *Saccharomyces* sp Y5-1를, 그리고 당화균으로 *Aspergillus oryzae* M6-1, *Aspergillus awamori* 6970, *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 6959를 각각 사용하였다. 좁쌀주의 양조에서 발효기간 중에 총산, 가용성 고형물, 색도, 에탄올 함량은 증가하였다. 에탄올 함량은 *Aspergillus awamori* 6970, *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 6959 누룩구가 각각 10.6%, 10.1%로 높았다. Citric acid는 발효 1~2일에만 검출되었고, tartaric acid는 발효 1일에 시판 누룩구에서만 51.8 ppm 검출되었다. 유기산 중에 대부분을 차지하는 lactic acid는 *Aspergillus awamori* 6970 누룩구, acetic acid는 시판 누룩구에서 가장 많았다. 발효 중에 xylose, arabinose, glucose, maltose가 검출되었고, glucose와 xylose가 많았다. 휘발성 향기성분으로는 acetone, ethyl acetate, methanol, ethanol, *n*-propanol, iso-butanol, iso-amyl alcohol이 검출되었다. 좁쌀 주의 관능검사 결과, 색과 맛에서 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구가 좋았으며, 향기에서는 서로 비슷한 기호도를 나타내었다.

**Key words:** 좁쌀주, 양조특성, *Aspergillus*, *Saccharomyces*, 누룩

### 서 론

전통주의 양조에 있어서 누룩 미생물은 발효원인 녹말의 당화와 발효효율에 직접적인 영향을 주기 때문에 매우 중요하다. 시판누룩으로부터 분리한 곰팡이에 대한 액화력 및 향기성분 생산능이 우수한 균주로서 *Aspergillus*속 14균주, *Penicillium*속 3균주 및 *Rhizopus*속 1균주로 확인되었다<sup>1)</sup>. 박 등<sup>2)</sup>은 전국에서 재래식 누룩 12개를 지역별로 수집하여 사상균을 분리, 동정화한 결과 *Rhizopus*속 19균주, *Aspergillus*속 등 총 159균주가 분리되었으며, 수집지역과 누룩시료에 따라 착생된 사상균의 수와 분포에는 많은 차이를 보였다.

좁쌀주는 제주민속주로서 민속학적인 연구를 제외하고는 저자 등<sup>3,4)</sup>에 의하여 학술적 연구가 처음으로 이루어졌으며, 당화력이 높은 우수균주로서 *Aspergillus oryzae*를 선발한 바 있다. 또한, 이 균주를 이용한 양조특성과 좁쌀약주의 청징화 방법 등의 연구를 통하여 산업화하기에 이르렀다. 그러나 양조원료인 좁쌀이 알갱이가 작고 도정을 하더라도 껍질이 두꺼워 다른 발효원에 비하여 양조효율이 떨어지는 결점이 있다. 따라서 좁쌀주의 양조수율을 높이고, 주질을 개선하기 위하여 amylase, cellulase 등 효소활성이 높은 곰팡이와 발효력이 강한 효모 등 우수한 누룩미생물을 계속하여 선발할 필요가 있다. 본 연구에서는 전국적으로 시판하는 누룩 등으로부터 분리하여 선발한 우수균주<sup>5)</sup>를 이용하여, 좁쌀주 양조에 미치는 몇 가지 양조특성을 검토하였다.

### 재료 및 방법

**균주.** 시판누룩에서 분리하여 선발한 *Aspergillus oryzae* M6-1, 한국생명공학연구원(KCTC)에서 분양을 받은 *Aspergillus awamori* 6970, *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 6959를 당화균으로, 그리고 *Saccharomyces* sp Y5-1를 양조균으로 각각 사용하여 누룩을 제조하였다.

**누룩의 제조.** 중국은 가압살균한 밀기울 배지에 당화균을 각각 접종하여 포자가 완전히 생길 때까지 26°C에서 배양하였다. 누룩제조는 분쇄한 보리와 밀기울을 9:1의 비율로 혼합하고, 원료 중량의 23%의 물과 0.8% 중국을 혼합하여 직경 19 cm, 두께 3 cm의 원반형으로 만들었다. 27°C에서 7일간 배양하고, 32°C에서 2일간 건조하였다<sup>5)</sup>.

**좁쌀주의 양조.** 차좁쌀을 12시간동안 물에 침치시킨 후 121°C에서 30분간 증자하였다. 양조용 효모는 *Saccharomyces*속으로 동정된 Y5-1 분리균주<sup>6)</sup>를 glucose(20%)가 첨가된 YM 배지 15 ml에 접종하여 30°C에서 48시간 전배양한 후, 100 ml의 액체배지에 72시간 증식시켰다. 증자한 차좁쌀 150 g에 물 550 ml와 각각의 누룩 50 g에 전배양한 효모액 50 ml를 첨가하여 20°C에서 6시간 간격으로 교반하면서 2일간 발효하여 주모로 하였다.

*Aspergillus oryzae* M6-1, *Aspergillus awamori* 6970, *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 6959를 각각 접종하여 만든 누룩과 재래시장에서 구입한 누룩으로 좁쌀주를 양조하였다. 좁쌀주의 양조는 주모에 1.3 kg의 증자한 차좁쌀과 누룩 300 g, 물 2 l를 첨가하여 1단 담금하여, 23°C에서 12시간 간격으로 교반하여 2일간 발효하였다. 2일 후 누룩 500 g, 증자한 차좁쌀 1.6 kg에 물 8 l를 첨가하여 최대 폼온을 27°C로 유지하고 2단 담금을 하여 8일간 발효하였다<sup>4,5)</sup>.

\*연락처

Phone: 82-64-754-3343; Fax: 82-64-756-3351

E-mail: jskoh@cheju.ac.kr

**Table 1. Analysis conditions of HPLC for free sugar and organic acid**

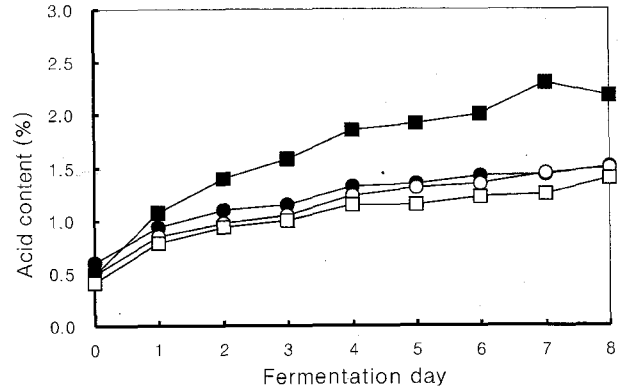
Instrument I (free sugar)	Alliance 2690 system Alltech evaporative light scattering detector 2000
Column	Supelco carbohydrate (3.9 mm×300 mm ID, particle size 5 μl)
Moblile phase	85% acetonitrile
Other conditions	Detector: ELSD Flow rate: 1.0 ml/min Sample size: 10 ml
Instrument II (organic acid)	Spectrasystem (spectra-physics LC-7000160) P4000 pump, UV/Vis detector
Column	Supelco GEL™ C-610H (7.8 mm×300 mm ID)
Moblile phase	0.5% phosphoric acid
Other conditions	Detector wavelength: UV 210 nm Flow rate: 0.5 ml/min Sample size: 5 μl

**Table 2. Analysis conditions of GC for flavor**

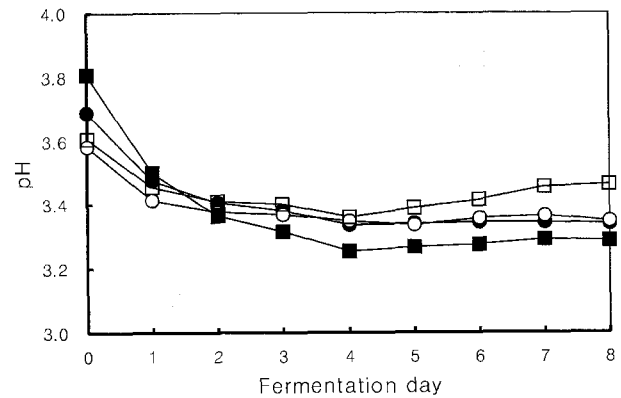
Instrument	Hewlett Packard 6890 Series
Detector	Flame ionization detector
Column	Crosslinked polyethylene glycol (0.53 mm ID, 30 m length, 0.25 μm thickness)
Temperature	Injection port: 250°C Column oven: initial temp.: 45°C, 2 min temp. rate: 4°C/min final temp.: 100°C, 1 min Detector block: 280°C
Gas flow rate	Carrier gas He: 15 ml/min Total flow rate: 30 ml/min
Split ratio	2 : 1
Sample size	1 μl

**좁쌀주의 성분분석.** pH는 pH meter(Orion 310, USA)로 측정하였고, 총산 함량은 AOAC법<sup>7)</sup>에 준하여 분석하였다. 가용성 고형물은 refractoanalyzer(Kyoto Electronics RA-510, Japan)로 측정하였다. 시료를 8000 g에서 15분간 원심분리한 상징액을 colormeter(Daego JP7200F/C, Japan)로 측정하여, b(황색도)로 나타내었으며, 이 때 색보정을 위해 사용된 백색표준판의 b 값은 -0.56이었다. 에탄올 함량은 발효액 100 ml에 증류수 50 ml를 넣어 증류시켜 증류액 80 ml에 증류수를 첨가하여 100 ml로 정용한 후 주정계로 측정하고 15°C에서의 값으로 보정하였다. 발효액을 8000×g에서 15분간 원심분리한 상징액을 0.45 μm membrane filter로 여과하여 HPLC와 GC로 유기산 및 유리당, 그리고 향기성분을 각각 분석하였으며, 분석조건은 Table 1과 Table 2에서와 같다.

**관능검사 및 통계처리.** 제주대학교 학생 16명을 대상으로, 선발된 우수균주와 *Aspergillus awamori* 6970, *Aspergillus usami* mut. *shirousamii* 6959를 사용하여 누룩을 제조할 때에 집중하여 양조한 좁쌀주와 시판누룩으로 양조한 좁쌀주에 대하여 향기, 색, 맛에 대하여 7단계 기호척도법<sup>8)</sup>으로 관능검사를



**Fig. 1. Changes in acid content of millet wine during fermentation.** -●- made from Nuruk on city market, -○- made from *Aspergillus oryzae* Nuruk, -■- made from *Aspergillus awamori* Nuruk, -□- made from *Aspergillus usami* mut. *shirousamii* Nuruk.



**Fig. 2. pH of millet wine changes during fermentation.** -●- made from Nuruk on city market, -○- made from *Aspergillus oryzae* Nuruk, -■- made from *Aspergillus awamori* Nuruk, -□- made from *Aspergillus usami* mut. *shirousamii* Nuruk.

하였다. 관능검사에서 얻어진 자료는 SAS program을 이용하여 Randomized block design 방법<sup>9)</sup>에 의한 Duncan's multiple range test로 처리한 유의성을 검증하였다.

### 결과 및 고찰

**총산과 pH.** 좁쌀주의 발효과정 중 산 함량의 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 2단 담금 직후의 pH는 3.58~3.81이었다. 발효 1일에서 4일째까지 감소하여 pH 3.26~3.34까지 떨어졌다가, 발효 5일부터는 완만히 증가하거나 변화가 없었다(Fig. 2). 발효 후기에는 pH 3.29~3.47이었다. 담금 직후에는 *Aspergillus awamori* 6970 누룩구가 pH 3.81로 가장 높았고, *Aspergillus oryzae* M6-1 누룩구가 pH 3.58로 가장 낮았다. 발효 8일에는 *Aspergillus usami* mut. *shirousamii* 6959 누룩구, *Aspergillus oryzae* M6-1 누룩구, 시판누룩구, *Aspergillus awamori* 6970 순으로 높았다.

산 함량은 담금 직후 0.41~0.6%이었으며, 발효 후기까지 계속하여 증가하였다. 발효하기 시작한 2일부터 *Aspergillus usami* mut. *shirousamii* 6959 누룩구가 다른 처리구에 비해 산

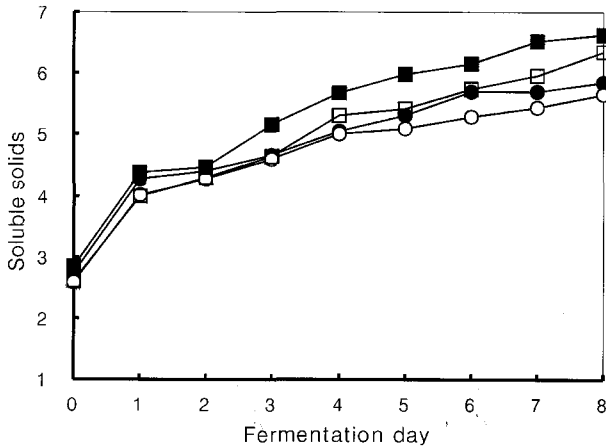


Fig. 3. Changes in soluble solids of millet wine during fermentation. -●- made from Nuruk on city market, -○- made from *Aspergillus oryzae* Nuruk, -■- made from *Aspergillus awamori* Nuruk, -□- made from *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* Nuruk.

함량의 증가율이 컸다. 발효가 시작된 8일 후에 산 함량은 2.18%로서 *Aspergillus awamori* 6970 누룩구가 가장 높았고, *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 6959 누룩구가 1.38%로 가장 낮았다. 발효가 진행되면서 효모나 젖산균 등의 미생물 작용으로 각종 유기산이 생성되므로 산 함량이 증가하며<sup>10</sup>, 발효초기에 높은 산 함량을 나타낸 것은 주모와 밑술의 영향으로 보인다.

**가용성 고형물.** 발효과정 중 좁쌀주의 가용성 고형물의 변화는 Fig. 3에 나타내었다. 담금 직후 모든 처리구에서 2.6~2.84°Brix로 낮았다. 이는 1단 담금 기간동안 주모의 영향으로 에탄올 생성이 많이 이루어진 결과로 보인다. 발효 1일부터 가용성 고형물은 증가하여 발효 8일에는 *Aspergillus awamori* 6970 누룩구가 6.63°Brix로 가장 높았고, 다음으로 6.35°Brix를 나타낸 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구, 5.86°Brix의 시판누룩구, 5.65°Brix의 *Aspergillus oryzae* M6-1 누룩구 순이었다.

**색도.** 민속주의 관능에 큰 영향을 주는 것은 황색도이며, 발효과정 중 좁쌀주의 황색도 b값을 측정된 결과는 Fig. 4에서와 같다. 담금 직후 황색도인 b값은 시판누룩과 *Aspergillus awamori* 누룩구가 각각 20.28과 19.13이었다. *Aspergillus oryzae* M6-1 누룩구, *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구의 14.56, 12.2보다 높았다. 담금 직후의 황색도는 누룩 고유의 색깔로 보인다. 외관으로 나타나는 색깔에서는 시판누룩은 옅은 황색으로 탁하였고, *Aspergillus awamori* 6970을 접종한 누룩은 검은색을 띠었다. *Aspergillus oryzae* M6-1와 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 6959를 접종하여 제조한 것은 누룩 자체의 색깔이 다른 처리구보다 맑았다.

황색도는 발효가 진행될수록 증가하여 발효 8일에는 *Aspergillus awamori* 6970 누룩구가 28.26으로 가장 높았으며, 시판누룩이 26.39, *Aspergillus oryzae* M6-1 누룩구가 22.59, *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 6959 누룩구가 21.94 순이었다. 담금 직후의 색깔이 발효 후기까지 큰 변화가 없는 것으

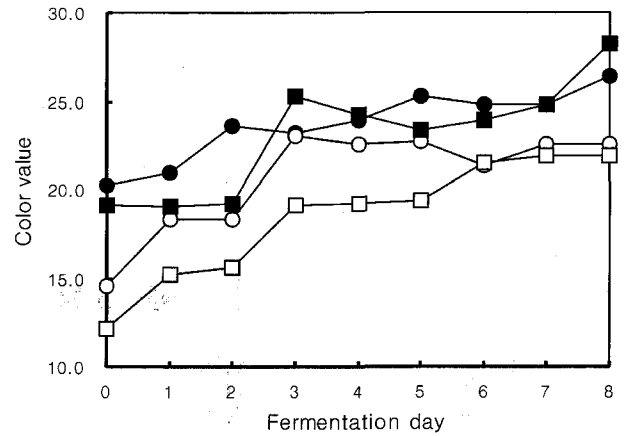


Fig. 4. Changes in color (b) of broth in millet wine during fermentation. -●- made from Nuruk on city market, -○- made from *Aspergillus oryzae* Nuruk, -■- made from *Aspergillus awamori* Nuruk, -□- made from *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* Nuruk.

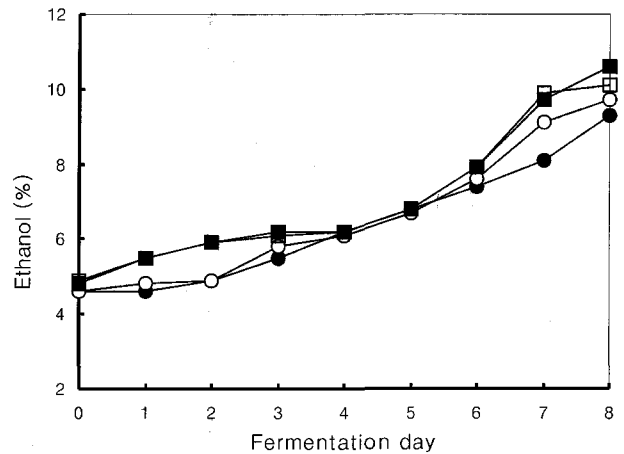


Fig. 5. Changes in ethanol content of millet wine during fermentation. -●- made from Nuruk on city market, -○- made from *Aspergillus oryzae* Nuruk, -■- made from *Aspergillus awamori* Nuruk, -□- made from *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* Nuruk.

로 보아, 좁쌀주의 색깔은 누룩 자체에 영향을 받는 것으로 보인다. 시판누룩과 *Aspergillus awamori* 6970을 접종한 누룩으로 양조한 좁쌀주는 육안으로 탁한 정도가 강하였고, 다른 처리 누룩구의 경우 맑은 색을 띠었다.

**에탄올.** 발효 중 에탄올 함량의 변화는 Fig. 5에서와 같다. 담금 직후의 에탄올 함량은 4.6~4.9%로서, 탁주발효에서의 2.0~3.0%<sup>10</sup>보다 높았다. 이는 주모와 1단 담금 기간의 알코올 발효에 따른 것으로 보인다. 발효기간 중 급속한 변화 없이 완만히 증가하여 발효시작 8일에는 9.3~10.6%의 에탄올 함량을 나타내었다. *Aspergillus awamori* 6970 누룩구가 10.6%로 가장 높았으며, 10.1%의 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 6959 누룩구, 9.7%의 *Aspergillus oryzae* M6-1 누룩구 순이었으며, 시판누룩구가 차이는 크지 않지만 9.3%로 낮은 에탄올 함량을 나타내었다. 접종한 미생물의 종류에 따른 효소력의 차이가 좁쌀주 발효 중 에탄올 함량에도 영향을 주는 것으로 여겨진다. 본 실험에서 담금 초기에는 에탄올 함량의 차이가 없으나, 발

**Table 3. Changes in organic acid of millet wine during fermentation (ppm)**

Sample <sup>1)</sup>	Fermentation periods (day)	Oxalic acid	Citric acid	Tartaric acid	Lactic acid	Acetic acid
T	1	67.2	102.4	51.8	2828.8	50.8
	2	46.7	73.1	ND <sup>2)</sup>	2608.3	74.5
	4	56.2	ND	ND	4263.9	129.3
	6	57.7	ND	ND	4106.1	167.2
	8	68.7	ND	ND	6043.7	364.
O	1	41.3	129.1	ND	2969.8	364.8
	2	34.6	65.4	ND	1764.5	ND
	4	31.9	ND	ND	3083.3	ND
	6	33.9	ND	ND	3842.6	ND
	8	36.3	ND	ND	5947.0	ND
A	1	117.5	255.9	ND	4544.3	116.3
	2	47.5	ND	ND	2575.0	73.5
	4	55.8	ND	ND	5760.8	179.1
	6	72.5	ND	ND	9512.6	196.0
	8	74.8	ND	ND	9348.0	169.9
U	1	74.2	301.7	ND	2471.4	ND
	2	62.0	191.6	ND	2365.4	ND
	4	65.7	ND	ND	3421.0	51.1
	6	72.5	ND	ND	4303.7	104.0
	8	79.5	ND	ND	4779.3	96.2

<sup>1)</sup>T: made from *Nuruk* on city market.

O: made from *Aspergillus oryzae* *Nuruk*.

A: made from *Aspergillus awamori* *Nuruk*.

U: made from *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* *Nuruk*.

<sup>2)</sup>ND: not detected.

효기간이 경과하면서 누룩구별로 약간 차이를 보였다.

**유기산.** 누룩의 종류를 달리하여 제조한 좁쌀주의 발효 중의 유기산을 측정된 결과는 Table 3에서와 같다. Oxalic acid는 *Aspergillus oryzae* M6-1 누룩구가 발효 1일에 117.5 ppm으로 높았고, 모든 처리구에서 발효 2일에 감소하였다가 다소 증가하는 경향을 보였다. 발효 8일에는 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 6959 누룩구가 가장 많은 79.5 ppm이었다. Citric acid의 경우 *Aspergillus awamori* 누룩구에서 발효 1일에 255.9 ppm이었고, 나머지 발효기간 중에는 검출되지 않았다. 다른 처리구에서도 발효 2일까지만 검출되었다.

Tartaric acid는 재래식 시판누룩에서 발효 1일에만 51.8 ppm이 검출되었고, 다른 처리구에서는 검출되지 않았다. Lactic acid는 다른 유기산에 비하여 가장 많은 함량을 차지하였고, 발효 2일까지는 감소하였다가 증가하였다. 발효 1일에는 2417.4~4544.3 ppm이었으며, *Aspergillus awamori* 누룩구는 발효 4일 후 lactic acid 함량이 급속히 상승하여 발효 8일에는 9347.3 ppm이었다. 가장 낮은 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 6959 누룩구의 4779.3 ppm과 많은 차이를 보였다.

Acetic acid는 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 6959 누룩구에서는 발효 1일과 2일에는 검출되지 않았으며, 4일, 6일, 8일에 각각 51.1, 104.0, 96.2 ppm을 나타내었다. *Aspergillus oryzae* M6-1 누룩구에서는 발효 1일에만 364.84 ppm이 검출되었다. 시판누룩구는 발효 1일에 50.8 ppm에서 발효 6일 후에 급속히 상승하여 364.1 ppm으로 가장 많았으며, *Aspergillus*

*awamori* 누룩구는 발효 2일에 73.5 ppm으로 떨어졌다가 다시 증가하면서 발효 8일에 169.9 ppm이었다. 이와 같이 사용하는 균주에 따라 유기산의 종류와 함량에 차이가 있음을 알 수 있었으며, 시판누룩을 사용하는 것보다 선발된 우수균주에 의한 양조가 좁쌀주의 기호에도 좋은 영향을 줄 것으로 판단되었다.

**유리당.** 좁쌀주 발효 중 유리당의 변화를 측정된 결과는 Table 4에서와 같다. Xylose는 다른 유리당과는 다르게 발효가 진행될수록 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 다른 양조원료와는 달리 차좁쌀의 껍질이 분해되면서 생긴 것으로 여겨지며, 다른 민속주와 유리당에서 다른 점으로 보여진다. *Aspergillus awamori* 누룩구는 발효 4일부터 함량이 급속히 증가하였고, 다른 처리구도 발효 6일부터 큰 폭으로 증가하여 발효 8일에는 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 6959 누룩구, *Aspergillus awamori* 누룩구, *Aspergillus oryzae* M6-1 누룩구, 시판누룩구 순으로 많이 존재하였다.

Arabinose는 재래 시판누룩구와 *Aspergillus awamori* 누룩구는 증가하는 경향을 보였고, *Aspergillus oryzae* 누룩구와 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구는 감소하였다. 발효 초기의 함량은 *Aspergillus awamori* 누룩구, *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구, 재래 시판누룩구, *Aspergillus oryzae* M6-1 누룩구 순으로 함량이 많았다.

Glucose는 처리구 모두에서 발효가 진행될수록 감소하였다. *Aspergillus oryzae* M6-1 누룩구는 발효 1일에 가장 높은 함량을 나타내었으나, 발효가 시작된 1일 이후 급속히 감소하는 경

Table 4. Changes in sugar of millet wine during fermentation (%)

Sample <sup>1)</sup>	Fermentation periods (day)	Xylose	Arabinose	Glucose	Maltose
T	1	1.23	2.83	10.57	4.34
	2	2.45	5.51	4.77	4.02
	4	3.74	6.67	2.13	4.42
	6	4.44	5.38	1.79	4.44
	8	6.56	5.70	1.23	5.84
O	1	2.25	2.42	4.03	5.76
	2	3.28	3.62	2.21	5.30
	4	4.00	3.35	1.58	4.59
	6	4.26	1.20	1.17	3.56
	8	10.53	1.24	0.98	3.95
A	1	3.13	3.37	15.97	4.10
	2	4.83	6.43	3.59	3.64
	4	2.36	5.33	1.20	2.93
	6	14.07	5.23	1.05	2.83
	8	16.60	6.31	1.19	4.76
U	1	2.62	3.09	8.51	2.08
	2	5.77	2.95	5.48	1.09
	4	5.80	0.98	2.53	2.00
	6	5.10	0.99	2.40	2.27
	8	17.19	1.09	1.33	2.46

<sup>1)</sup>T: made from *Nuruk* on city market.

O: made from *Aspergillus oryzae* *Nuruk*.

A: made from *Aspergillus awamory* *Nuruk*.

U: made from *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* *Nuruk*.

향을 나타내었다. 발효 초기의 함량은 *Aspergillus awamori* 누룩구, 시판누룩구, *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구, *Aspergillus oryzae* M6-1 누룩구 순으로 많았다. Maltose는 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구가 가장 적은 함량을 나타내었고, *Aspergillus oryzae* M6-1 누룩구는 발효 8일의 함량이 1일의 함량보다 낮았다.

**휘발성 향기성분.** 좁쌀주의 발효과정 중 휘발성 향기성분을 분석한 결과는 Table 5에서와 같다. Acetone은 발효 1일에 시판누룩구에서 13.83 ppm으로 가장 많은 함량에서 발효 8일에는 5.46 ppm으로 감소하였고, 다른 누룩구에서는 발효가 진행될수록 증가하였다. 시판누룩구는 발효일에 따른 함량의 변화가 심하였다. Ethyl acetate는 발효 1일에 24.43~82.18 ppm에서 발효 8일에 83.56~223.04 ppm으로 증가하였다. *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구는 발효 6일에 함량이 크게 증가하여, 223.04 ppm으로 가장 많았다. Methanol은 가장 낮은 함량을 나타내어 발효 1일에 3.84~7.16 ppm이었고, 발효 8일에는 6.17~8.8 ppm의 함량이었다.

Ethanol은 발효 1일에 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구가 5.38%으로 높았으며, 발효기간 중 증가하여 발효 8일에는 5.83%이었다. *n*-propyl alcohol은 발효 1일에 1.24~63.83 ppm에서 발효 8일에 24.2~82.3 ppm이었다. *Aspergillus oryzae* M6-1 누룩구와 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구는 함량이 37.18, 63.83 ppm에서 24.2, 42.85 ppm으로 감소하였다.

*iso*-butyl alcohol은 *n*-propyl alcohol과 비슷한 함량이었으며,

*Aspergillus oryzae* M6-1 누룩구와 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구는 37.47, 54.15 ppm에서 28.94, 42.49 ppm으로 감소하였다. *iso*-amyl alcohol은 ethanol을 제외하고는, 이 등<sup>10)</sup>의 탁주 실험에서와 같이 좁쌀주 발효액 중 가장 많았다. 발효 1일에 110.42~265.51 ppm에서 발효 8일에 143.28~252.17 ppm이었다. *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구는 발효 1일에 265.51 ppm으로 높았으나, 발효 4일에 급속히 감소하여 발효초기보다 낮았다. 재래 시판누룩구 외에 다른 누룩구에서도 발효 6일에 감소하는 경향이 있었다. 발효과정 중 전체적으로 휘발성 성분이 대부분 증가하였다.

알코올 함량이 높으면 fusel oil류의 함량도 높은 경향을 보이는데<sup>10)</sup>, 본 실험에서도 알코올 함량이 높은 *Aspergillus awamori* 누룩구와 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구가 fusel oil류의 주성분인 *iso*-amyl alcohol 함량이 높았다. 따라서 흑국균인 *Aspergillus awamori*와 백국균인 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 균주를 이용하여 좁쌀주를 양조할 경우 높은 에탄올 수율을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

**관능검사.** 제주대학교 학생 16명을 대상으로 각각의 누룩을 사용하여 좁쌀주를 양조하여 발효가 끝난 후 관능평가를 한 결과는 Fig. 6에서와 같다. 색에 대한 평가는 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구가 평균 5.88로서 다른 누룩구에 비하여 좋았다. 황색도 값이 높았던 *Aspergillus awamori* 누룩구는 탁한 정도가 심하여 관능평가에서 제일 낮은 기호도를 나타내었다.

향기는 비슷한 기호도를 나타내었으며, 이는 각각의 처리구

**Table 5. Changes in flavor of millet wine during fermentation**

Sample <sup>1)</sup>	Fermentation periods (day)	Acetone (ppm)	Ethyl acetate (ppm)	Methanol (ppm)	Ethanol (%)	n-propanol (ppm)	iso-butanol (ppm)	iso-amyl alcohol (ppm)
T	1	13.83	82.18	5.20	3.69	15.24	26.71	110.42
	2	5.09	84.92	6.78	4.48	19.29	32.04	137.25
	4	3.12	173.1	4.40	5.14	20.07	35.54	160.12
	6	9.77	198.43	7.53	5.83	23.01	39.90	177.06
	8	5.46	132.69	7.23	6.18	82.3	59.64	252.17
O	1	1.91	24.43	3.84	4.01	37.18	37.47	128.06
	2	5.73	51.16	6.06	5.49	50.58	49.15	177.39
	4	4.88	69.39	4.09	5.01	41.94	39.30	152.05
	6	6.35	90.27	6.78	5.81	49.05	50.70	176.10
	8	6.93	84.81	6.82	5.37	24.20	28.94	143.28
A	1	3.05	41.52	5.44	3.96	21.02	32.77	135.14
	2	4.80	56.27	7.25	4.93	27.46	14.53	156.51
	4	6.72	84.99	7.21	5.89	32.45	29.39	168.13
	6	6.20	97.17	8.45	6.56	31.38	37.08	180.45
	8	6.11	83.56	6.17	4.94	46.88	43.53	147.39
U	1	4.47	39.62	7.16	5.38	63.83	54.15	265.51
	2	4.60	70.39	9.00	5.86	76.06	46.11	266.52
	4	5.92	128.91	10.47	6.91	96.69	64.16	299.24
	6	4.31	123.60	8.12	6.14	77.80	62.52	254.24
	8	6.92	223.04	8.80	5.83	42.85	42.49	175.26

<sup>1)</sup>T: made from *Nuruk* on city market.  
 O: made from *Aspergillus oryzae* *Nuruk*.  
 A: made from *Aspergillus awamori* *Nuruk*.  
 U: made from *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* *Nuruk*.

**Table 6. Sensory evaluation of millet wine made with different *Nuruk***

Sample <sup>1)</sup>	Color	Aroma	Taste	Overall acceptability
T	4.88±0.96 <sup>b,2)</sup>	4.69±1.25 <sup>ab</sup>	4.81±1.11 <sup>ab</sup>	4.94±1.12 <sup>a</sup>
O	5.06±1.65 <sup>ab</sup>	4.94±1.18 <sup>a</sup>	4.06±1.18 <sup>bc</sup>	4.38±1.20 <sup>a</sup>
A	2.69±0.87 <sup>c</sup>	3.81±1.22 <sup>b</sup>	3.31±1.40 <sup>c</sup>	3.25±1.39 <sup>b</sup>
U	5.88±1.02 <sup>a</sup>	4.63±1.54 <sup>ab</sup>	5.19±1.47 <sup>a</sup>	5.31±1.35 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>T: made from *Nuruk* on city market.  
 O: made from *Aspergillus oryzae* *Nuruk*.  
 A: made from *Aspergillus awamori* *Nuruk*.  
 U: made from *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* *Nuruk*.

<sup>2)</sup>Mean±SD (standard deviation) separation within column by Duncan's multiple range test at P<0.05.

에 *Saccharomyces*속으로 동정되어 선발된 효모 Y5-1 균주를 이용하여 주모를 제조한데 기인한 것으로 보인다. 맛에 대한 기호도에서는 색에 대하여 좋은 기호도를 보였던 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구가 좋았으며, 산 함량에서 다른 처리구보다 높았던 *Aspergillus awamori* 누룩구가 신맛의 정도가 심하여 낮은 기호도를 나타내었다. 전체적으로 *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 누룩구가 색, 향기, 맛에 대하여 좋은 기호도를 나타내었다.

**참고문헌**

- Kim, H. S., Hyun, J. S., Kim, J., Ha, H. P. and Yu, T. S. (1997) Characteristics of useful fungi isolated from traditional Korea *nuruk*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **26**, 767-774.
- Park, J. W., Lee, K. H. and Lee, C. Y. (1995) Identification of filamentous molds isolated from Korean traditional *nuruk* and their amyolytic activities. *Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **23**, 737-736.
- Yang, Y. T., Kang, S. S. and Koh, J. S. (1991) Screening of strains for foxtail millet wine-making. *Subtrop. Agric. J. Cheju Nat. Univ.* **8**, 105-110.
- Kim, H. S., Yang, Y. T., Jung, Y. H., Koh, J. S. and Kang, Y. J. (1992) Clarification of foxtail millet wine. *Korean J. Food Sci. Technol.* **24**, 101-106.
- Koh, J. S., Yang, Y. T., Ko, Y. H. and Kang, Y. J. (1993) Zymological characteristics of Cheju folk wine made of foxtail millet. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* **36**, 277-284.
- Yu, C. H., Kim, J. Y. and Koh, J. S. (2001) Screening of strains isolated from *Nuruk* for foxtail millet wine-making. *Subtropical Agri. & Biotech. Cheju Nat. Univ.* **18**, 153-159.

7. A.O.A.C. (1990) In *Official Methods of Analysis (15th ed.)* Association Analytical Chemists, Washington, D.C. pp. 914-915.
8. Lee, C. H., Chae, S. K. and Lee, J. K. (1993) In *Quality Control in Food Industry* Yurim, Seoul, Korea. p. 153.
9. Kim, S. K. (1999) *Statistical Analysis System and Statistics*, Daeseon, Seoul, Korea. p. 109.
10. Han, E. H., Lee, T. S., Noh, B. S. and Lee, D. S. (1997) Quality characteristics in mash of takju prepared by using different nuruk during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**, 555-562.

---

**Zymological Properties of Foxtail Millet Wine-making by Isolated Strains from Nuruk**

Cheol-Hun Yu, Sung-Yeun Hong<sup>1</sup> and Jeong-Sam Koh\* (*Faculty of Horticultural and Life Science, Cheju National University, Ara-Dong, Jeju 690-756, Korea; <sup>1</sup>Woori Nong San Mul Agricultural Co., Buk-Jeju 695-905, Korea*)

**Abstract:** In order to improve the quality of foxtail millet wine, zymological properties by isolated strains from *Nuruk* were investigated. *Saccharomyces* sp Y5-1 as brewing yeast, *Aspergillus* sp. M6-3, *Aspergillus awamori* 6970, and *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 6959 (KCTC) as saccharifying molds were used, respectively. Acid content, soluble solids, color (b) and alcohol contents were increased during fermentation. Ethanol concentration of millet wine made with *Nuruk* by *Aspergillus awamori* 6970 and *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 6959 were higher than the other, 10.6 and 10.1%, respectively. Citric acid was only detected on 1~2 day starting fermentation. Oxalic acid, lactic acid and acetic acid of millet wine were high in the wine made of *Nuruk* by *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* 6959, *Aspergillus awamori* 6970 and traditional *Nuruk*, respectively. During fermentation, glucose and xylose was higher than the others. Xylose was increased, but most of other sugar were decreased during fermentation. Acetone, ethyl acetate, methanol, ethanol, *n*-propanol, *iso*-butanol and *iso*-amyl alcohol were detected. In the wine made with *Nuruk* by *Aspergillus awamori* and *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii*, *iso*-amyl alcohol and ethanol were high. On sensory evaluation, the wine made with *Nuruk* by *Aspergillus usamii* mut. *shirousamii* was the best on color and taste.

---

Key words: foxtail millet wine, zymological property, *Aspergillus*, *Saccharomyces*, *Nuruk*

\*Corresponding author