

## 곰팡이 균종을 달리하여 제조한 혼합 곡류 누룩의 품질특성

백성열 · 김주연 · 최지호 · 최정실 · 최한석 · 정석태 · 여수환<sup>†</sup>

농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 발효이용과

### Assessment of the Quality Characteristics of Mixed-grain *Nuruk* Made with Different Fungal Strains

Seong Yeol Baek, Joo-Yeon Kim, Ji-Ho Choi, Jeong-Sil Choi, Han-Seok Choi, Seok-Tae Jeong and Soo-Hwan Yeo<sup>†</sup>

Fermentation & Food Processing Division, Department of Agro-food Resource, NAAS, RDA, Suwon 441-853, Korea

#### Abstract

*Nuruk* is a fermented ingredient used for production of traditional Korean rice wine. In this study, quality characteristics of mixed-grain *nuruk* was made by brewing with different fungal strains was analyzed. Quality elements including enzyme activity and organic acids constituents were measured. The fermentation time of the *nuruk* did not make a significant difference in terms of its pH, but the acidity and amino acid content for *nuruk* made from a mixture of two fungal strains was higher than that seen with a single fungal strain. Overall, the enzyme activity for two fungal strain *nuruk* was higher than that observed for single fungal strain *nuruk*, with  $\alpha$ -amylase and acidic protease activity in the mixed strain *nuruk* observed to be more than twice that of the single strain. The major organic acids observed in the manufactured *nuruk* were identified as acetic, citric, formic, fumaric, lactic, malic and oxalic acids. The total amount of organic acids contained in the *nuruk* made with the two fungal strain was (2,116.3 mg%). The fungal strains used were *A. kawachii* SC60 *nuruk* (1,608.5 mg%) and *A. oryzae* RIB1353 *nuruk* (1,146.7 mg%).

Key words : Mixed-grain (wheat, rice, mung bean) *nuruk*, microorganism, fungi, fermentation.

#### 서 론

우리나라의 전통주는 삼한시대와 삼국시대를 지나 고려시대에 다양한 양조법이 정착되었으며, 약주와 탁주, 소주 등 여러 형태의 술로 발전해왔다(Lee SR 1986). 우리 술은 전분질 원료를 사용하는 병행복발효주이므로 양조 과정 중 반드시 전분질의 당화 과정이 필수이기 때문에 곰팡이를 번식시켜 효소를 이용한 곡자(누룩)인 발효제를 사용하였다(So MH 1991). 누룩은 오래전부터 탁·약주 제조시 전분분해 및 알코올 발효원으로 작용하며, 주로 소맥을 원료로 만들어졌지만, 지역에 따라 옥수수, 보리, 대두, 귀리, 조 및 백미 등의 곡물이 사용되기도 하였다(Lee et al 2002, Kim MJ 2002). 우리 전통누룩에는 *Aspergillus oryzae*, *A. niger*, *A. kawachii*, *A. shirousamii*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhizopus* sp., *Bacillus subtilis* 및 Lactic acid bacteria 등의 많은 미생물들이 생육하고 있으며, 특히 *Aspergillus* 속, *Absidia* 속 및 *Rhizopus* 속 곰팡이가 다수 분포하고 있는 것이 가장 큰 특징이다(Kim et al 1990). 누룩의 종류에 따라 생육하는 미생물이나 이들이 생산하는 효소, 알코올

발효력 및 유기산 생산 등의 차이가 있어 완성된 주류의 맛과 향, 색 등의 품질에 큰 영향을 미치는 요인이 된다(Han et al 1997).

전통적인 탁·약주는 다양한 곡물 원료와 가향약재를 사용하고, 자연에 존재하는 미생물에 의해 자연발효된 누룩을 사용하여 빚은 술이다(Lee et al 2002, Lee et al 1994). 시판되는 전통누룩 또는 자가누룩에는 곡류의 당화 및 발효에 관여하는 미생물이 다양하며, 이들의 복합적인 당화·발효과정으로 인해 균일한 주질의 제품 생산이 어렵다. 일제 강점기부터 오늘날까지 전국 각 지역에 산재한 영세 양조장에는 일본 청주제조에 사용되는 *Aspergillus* 속 곰팡이와 효모가 주로 사용되고 있는 실정이다(Lee et al 2002, Chung HK 1989). 과학적으로 선발된 미생물을 주류 제조에 사용하면 주질의 안정성이 있는 반면, 다양한 미생물 조합에 의해 양조된 우리술의 풍부한 향과 깊은 맛을 재현하지 못하는 단점이 알려져 있다(Lee et al 1994).

누룩에 관한 연구는 주로 누룩에 서식하는 유용 곰팡이 및 효모의 분리·동정에 관한 연구(Jo & Lee 1997, Kim et al 1997, Lee & Yu 2000, Lee et al 2004)와 각종 균주를 조합한 개량누룩과 전통누룩을 이용한 양조주의 품질 및 이화학적 특성에 관한 연구가 수행되었다(Lee et al 1991, Lee et al

<sup>†</sup> Corresponding author : Soo-Hwan Yeo, Tel : +82-31-299-0580, E-mail : yeobio@korea.kr

1994, Park & Lee 2002, Jung *et al* 2006, Lee & Han 2000). 그러나 이러한 연구는 전반적으로 균주의 당화력과 양조주의 품질에 초점을 맞추어졌으며, 양조주에서 발효제는 당화와 발효를 담당하여 주류의 품질을 결정하는 중요한 요소로 누룩 제조에 관한 연구는 부족한 실정이다. 최근 건강에 대한 관심이 증가하면서 우리 고유의 탁주(막걸리)의 인기가 높아지고, 특유의 청량미와 낮은 알코올 함량의 술이 새로운 전환기를 맞이하고 있다(Kim *et al* 2008, Lee *et al* 1996). 또한 생리 기능성이 강화된 약주들이 개발되어 있다(Kim *et al* 2002).

따라서, 본 연구에서는 우리 술의 다양성 위한 기초 자료를 확보하기 위하여, 국내에서 생산되는 다양한 곡물원료(밀, 쌀, 녹두)와 누룩에서 분리된 곰팡이를 이용하여 누룩을 제조하여 이들 누룩의 품질 특성을 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

본 실험에 사용한 원료는 국내에서 생산된 밀(국내산, 대전, 2010년산), 쌀(추청미, 경기, 2009년산), 녹두(국내산, 전남, 2010년산)를 구입하여 사용하였으며, 균주는 농촌진흥청 국립농업과학원 발효이용과에서 보관 중인 *A. oryzae*(RIB1353)와 *A. kawachii*(SC60)를 사용하였다.

### 2. 액체종국 및 혼합 곡류누룩 제조

액체 종국은 다음과 같이 제조하였다. 밀기울을 분쇄하여 20-mesh testing sieve를 통과시킨 후, 증류수 100 mL에 대한 무게 비율로 분쇄된 밀기울 5%(w/v)되게 첨가하여 121°C에서 25분간 고압 멸균하였다. *A. oryzae* (RIB1353)와 *A. kawachii*(SC60)를 각각 1백금이 접종하고 30°C, 100 rpm으로 24시간 전배양한 후, 본 배양 배지에 5% 접종하여 48시간 배양하였다.

밀, 쌀 및 녹두를 분쇄한 후 밀기울을 첨가하여 15:1:1:3의 비율로 혼합한 다음, 물을 첨가하여 수분함량이 23%가 되도록 하였다. 실온에서 20분간 방치하여 물을 고르게 흡수시킨 후, 800 g씩 포에 싸서 누룩 틀에 넣고 원형으로 성형하였다. 액체 종국을 누룩 무게비율의 5%로 접종하여, 25°C 배양실에서 14일간 배양한 후, 15일간 자연 건조시켜 누룩을 제조하였다.

### 3. 적정산도 및 pH 측정

적정산도는 일정량의 시료를 취하여 여과지로 여과한 검체 10 mL를 100 mL 삼각플라스크에 취한 다음, 1% phenolphthalein 지시약을 2~3방울 떨어뜨린 다음 0.1 N NaOH로 중화 적정하였으며, 소비된 용액의 양을 산도로 표시하였다. 누룩 침출액 pH는 누룩 20 g에 증류수 100 mL를 가하고 실

온에서 3시간 침출하여 그 여액을 측정하였으며, 시험 제조된 주류의 pH는 발효액을 일차적으로 거즈로 여과하고 얻은 액을 다시 원심분리기(RC-3C, Sorvall, USA)를 사용하여 5,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 맑은 배양액으로 측정하였으며, 사용된 pH meter는 Orion Model SA 520이었다.

### 4. 아미노산도 측정

아미노산도는 여과지로 여과한 검체 10 mL를 100 mL 삼각플라스크에 넣고 0.1 N NaOH로 중화시킨 후, 중성 포르말린 용액 5 mL를 넣어 혼합하고, 여기에 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 pH 8.3이 될 때까지 소요된 0.1N NaOH의 mL 수로 표시하였다(Joung *et al* 2004).

### 5. 효소활성 측정

$\alpha$ -Amylase 활성은 검체 10 g에 염화나트륨 용액 50 mL를 넣고 실온에서 3시간 진탕·침출한 후, 여과액을 희석하여 조효소액을 제조하였다. 1% 전분용액 2 mL를 시험관에 취해, 40°C에서 5분간 예열한 후, 효소액 0.1 mL를 넣고, 반응액 중에서 0.1 mL를 1분 간격으로 요오드용액 10 mL를 넣어둔 시험관에 넣어 혼합하였다. 생성된 색을 25°C에서 유지하다가 10 mm 비색관을 사용하여 670 nm에서 색을 비교하고 투과율 T%를 측정하였다. 효소활성은 Wohlgemuth value에 준한 다음 식으로 산출하였다(Brewing society of Japan 1993).

$$U(\text{units/g}) = \{12.75 \times (T_{30 \text{ min}} - T_{0 \text{ min}}) / 30 \text{ min}\} \times \text{희석배수}$$

$T_{30 \text{ min}}$  : 30분간 효소반응을 시킨 후의 투과도

$T_{0 \text{ min}}$  : 효소반응을 시키기 전의 투과도

Glucoamylase 활성은 40°C에서 20분간 반응시킨 효소기질 반응액에 1 mL를 사용하여 Somogi-Nelson법(Somogyi M 1952)으로 반응액 내에 생성된 포도당량을 측정하였으며, 다음 식에 준하여 효소 활성도를 산출하였다(Brewing society of Japan 1993).

$$\text{효소활성}(\text{units/g}) = \text{생성 포도당량}(\text{mg}) \times 60 / 20(\text{반응시간}) \times 1 / 0.1(\text{효소량}) \times 100 / 10(\text{추출률})$$

Acidic protease 활성측정은 Anson 개량법(유 등 1989, So & Lee 2010)에 준하여 측정하였다. pH 0.3으로 조정된 0.6% casein 용액을 기질로 하고, 조효소액으로 40°C에서 20분간 효소 반응을 시킨 후, 생성된 Folin 발색성 비단백성 물질의 양을 Folin 비색법으로 측정하였다. 효소활성 단위는 37°C에서 효소액 1 mL가 1분에 1  $\mu$ g의 tyrosine을 유리시키는 것을 1 unit로 하였다.

## 6. 유기산 분석

시료의 전처리는 분쇄된 누룩 1 g에 10% MeOH이 함유되도록 제조된 4 mM H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액 10 mL를 첨가한 후 homogenizer로 1분 동안 균질화하고 초음파하에서 30°C에서 30분간 추출하였다. 유기산은 누룩 추출물을 원심분리(4°C, 3,000 rpm, 15분)하여 상등액을 취한 후 여과(0.45 μm)하고 HLB-PLUS Sep-pak C<sub>18</sub> cartridge(Waters Co., USA)를 통과시켜 분석에 사용하였다. 유기산 분석 조건은 Table 1과 같다.

## 7. 통계처리

본 실험 결과는 3회 반복 측정 후 평균±표준편차로 표시하였으며, SPSS 12.0을 이용하여 각 실험군 간의 차이는 Duncan's multiple range test로 각 시료 간의 유의성을 5% 수준에서 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 균종을 달리한 혼합곡류 누룩의 산도, pH 및 아미노산도

밀, 쌀 및 녹두를 분쇄한 후 밀기울을 첨가하여 *A. oryzae*

(RIB1353), *A. kawachii*(SC60) 및 두 균주를 혼합한 것을 각각 접종하여 제조한 누룩의 발효 시기별 이화학적 특성을 Fig. 1에 나타내었다. 서로 다른 곰팡이로 제조한 3종류 누룩의 초기 적정산도는 1.5로 동일하였고, 황국균인 *A. oryzae* (RIB1353)를 접종한 누룩(AO)은 발효 7일째 2.6으로 적정산도가 가장 높았으며, 발효시간이 경과함에 따라 감소하여 발효 21일째 1.5로 감소하였다. 백국균인 *A. kawachii*(SC60)를 접종한 누룩(AK)은 발효 7일 이후 감소하면서 21일째 1.0을 나타내었다. 두 균주를 혼용한 누룩(AO-AK)은 발효 7일째 1.8로 높아졌다가 다시 감소하여 21일째에는 0.9를 나타내었다. 두 균주를 혼용한 경우, *A. kawachii*(SC60)의 영향으로 산도가 저하된 것으로 추측된다. 곰팡이를 달리하여 제조한 3종류 누룩 추출물의 pH는 모두 발효과정을 거치면서 점차 증가하여 6.7로 나타났으며, *A. kawachii*를 접종한 누룩(AK)의 경우, 발효 7일째 감소하였다가 다시 증가하였다. Ahn BH (1996)이 보고한 전국에서 수집한 115개 누룩의 평균적인 품질특성과 유사한 결과를 나타내었다. *A. oryzae*(RIB1353) 및 *A. kawachii*(SC60) 단일균을 접종한 두 누룩의 아미노산도는 발효가 진행됨에 따라 증가하였다. 반면, 두 균주를 혼용한 AO-AK 누룩은 발효 7일째 아미노산도가 7.2로 가장 높았으며, 이후 감소하여 21일째 6.2로 나타나 단일 균주를 접종한 누룩보다 약 2배 정도 높았다. 이는 *A. oryzae*(RIB1353)와 *A. kawachii*(SC60)가 누룩 속에서 서로 경쟁 관계에 의해 각 균주의 효소생산이 증가되면서 아미노산도가 높아진 것으로 추측된다.

Table 1. Conditions of organic acid analysis by HPLC

Column	Aminex HPX-87H (300 × 7.8 mm, Bio-rad Co., USA) + Supelcogel C-610H (300 × 7.8 mm, Supelco Co., USA)
Column temp.	60°C
Flow rate	0.5 mL/min
Injection volume	20 μL
Detector	UV-Vis (210 nm)

### 2. 제조된 혼합곡류 누룩의 효소활성

밀, 쌀 및 녹두를 분쇄한 후 밀기울을 첨가하여 일정 비율로 혼합한 곡물에 *A. oryzae* (RIB1353), *A. kawachii* (SC60) 및 두 균주를 혼용하여 제조한 누룩(AO-AK)의 발효 시기별

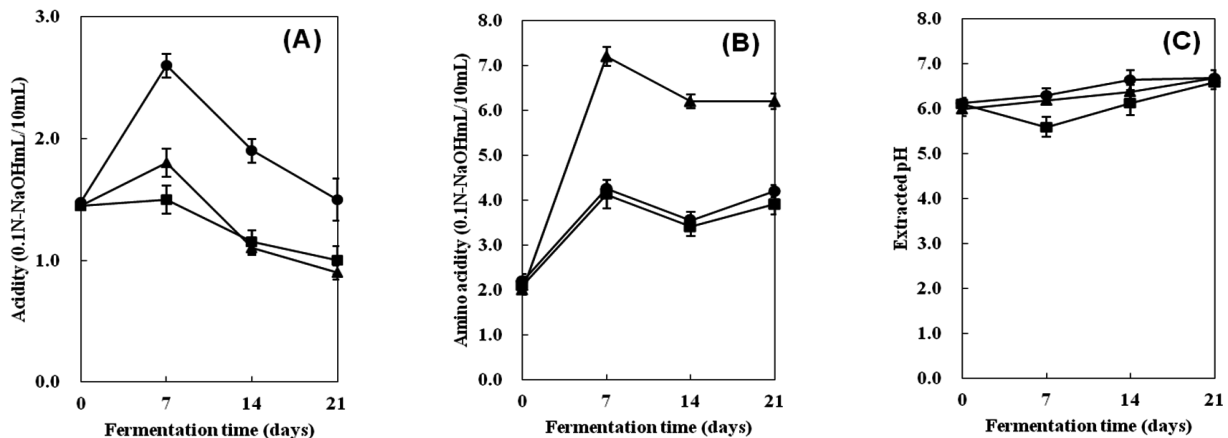


Fig. 1. Physicochemical properties of 3 types of nuruk by fungal inoculation.

(A): acidity, (B): amino acidity, (C): pH. ●: AO (*Nuruk-Aspergillus oryzae*), ■: AK (*Nuruk-Aspergillus kawachii*), ▲: AO-AK.

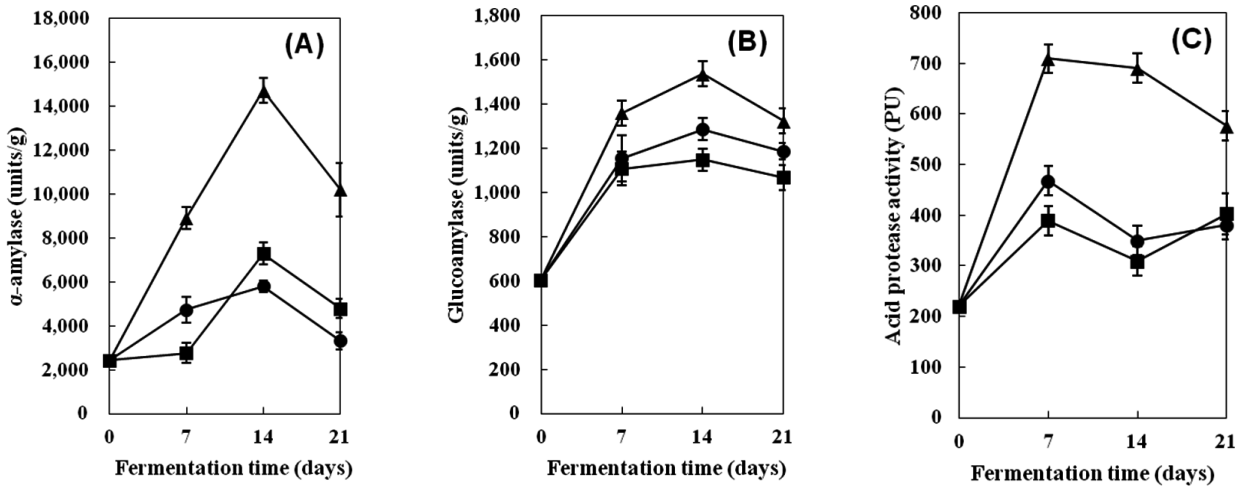


Fig. 2. Enzyme activities of 3 types of nuruk by fungal inoculation. (A): amylase, (B): glucoamylase, (C): acidic protease. ◐: AO (*Nuruk-Aspergillus oryzae*), ◑: (*Nuruk-Aspergillus kawachii*), ◒: AO-AK.

효소활성 결과를 Fig. 2에 나타내었다. *A. oryzae*와 *A. kawachii*를 각각 접종한 누룩(AO, AK)의 α-amylase 활성은 발효 14일까지 증가하다가 급격히 감소하였다. 두 균주를 혼용한 누룩의 α-amylase 활성은 발효 초기부터 급격하게 증가하였으며, 발효 14일째 단일균을 접종한 누룩보다 2배 이상 높은 효소 역가를 나타내었다. Glucoamylase의 경우, 서로 다른 곰팡이로 제조한 3종류 누룩 모두 발효 초기부터 급격히 증가하였으며, 발효 14일 이후 점차 감소하였다. Glucoamylase 활성 역시 두 균주를 혼용한 누룩이 단일균보다 효소활성이 전반적으로 높게 나타났다. Acidic protease의 경우, *A. oryzae* (RIB1353) 및 *A. kawachii*(SC60) 단일균을 접종한 두 누룩(AO, AK)은 발효 7일째 각각 468, 389(PU)로 증가한 후 감소하였으며, 반면 두 균주를 혼용한 누룩(AO-AK)은 발효 7일째 acidic protease 활성이 709(PU)로 단일균을 접종한 누룩보다 2배 가까운 효소활성을 나타내었고, 이후 점차 감소하였다. So MH(1991)의 국균 혼합배양에 의한 입국 제조에서 당화효소 생산이나 유기산 생산 결과와는 차이가 있었는데 이는 배양환경이 증정한 쌀과 다양한 혼용곡물로 이들이 가

진 기본적인 조성의 차이라고 여겨진다. 전반적으로 단일균을 접종한 누룩보다 두 균주를 혼용한 누룩의 효소활성이 많게는 2배 이상 차이가 있었다. 이러한 효소역가 차이는 황국균(*A. oryzae*)과 백국균(*A. kawachii*)이 누룩 속에서 경쟁 작용으로 효소 생산 증대에 영향을 미친 것으로 추측된다.

### 3. 제조된 혼합곡류 누룩의 유기산 분석

밀, 쌀 및 녹두를 분쇄 후 밀기울을 첨가하여 일정 비율로 혼합한 곡물에 *A. oryzae*(RIB1353), *A. kawachii*(SC60) 및 두 균주를 혼용하여 제조한 누룩의 유기산 분석 결과를 Table 2에 나타내었다. 본 연구에서 제조한 3종류 누룩으로부터 acetic, citric, formic, fumaric, lactic, malic 및 oxalic acid 등의 유기산이 확인되었다. *A. oryzae* 및 *A. kawachii* 단일균을 접종한 누룩에서는 citric, formic, lactic, malic acid가 주요 유기산으로 나타났으며, 두 균주를 혼용한 누룩에서는 citric, lactic, malic acid의 함량이 단용누룩보다 많이 생성되는 경향을 보였다. 유기산은 제조된 술의 맛을 나타내는 중요한 지표성분으로 미량 존재할 경우, 탁주의 맛과 향을 높이는 역할을

Table 2. Organic acid content of cereal nuruk by wheat, bran, rice and mung beans

	Contents (mg/100 g dry base)							Total
	Acetic acid	Citric acid	Formic acid	Fumaric acid	Lactic acid	Malic acid	Oxalic acid	
<i>A. oryzae</i>	Trace	228.4±3.61 <sup>b</sup>	108.7±1.55 <sup>d</sup>	10.3±0.84 <sup>f</sup>	596.7±3.97 <sup>a</sup>	183.5±6.54 <sup>c</sup>	19.1±3.69 <sup>e</sup>	1,146.7±20.19 <sup>e</sup>
<i>A. kawachii</i>	40.7±3.54 <sup>1)c</sup>	770.2±6.25 <sup>a</sup>	110.1±3.13 <sup>c</sup>	4.7±1.18 <sup>g</sup>	583.5±4.75 <sup>b</sup>	83.2±3.87 <sup>d</sup>	16.1±2.15 <sup>f</sup>	1,608.5±24.88 <sup>b</sup>
Mixed strain	107.0±2.79 <sup>d</sup>	890.3±7.51 <sup>a</sup>	92.0±3.88 <sup>e</sup>	6.9±1.21 <sup>g</sup>	783.4±4.74 <sup>b</sup>	218.8±3.29 <sup>c</sup>	17.9±2.33 <sup>f</sup>	2,116.3±25.75 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Mean±S.D.

<sup>a~g</sup> Different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .

하지만, acetic acid가 다량 존재하게 되면 발효과정에서 오염되어 알코올성분의 산화로 인해 초산발효 단계로 진행되어 주질을 저하시키는 요인이 된다(Woo *et al* 2010).

양조용 곰팡이를 달리하여 제조한 3종류 누룩의 유기산 총량을 살펴보면, 혼용누룩(2,116.3 mg%), *A. kawachii* 단용누룩(1,608.5 mg%), *A. oryzae* 단용누룩(1,146.7 mg%) 순으로 혼용누룩의 유기산 생성량이 가장 높게 나타났다. 특히, 제조된 3종류 누룩마다 주요 유기산 성분에 차이가 있으며, *A. oryzae* 단용누룩(AO)은 젖산(lactic acid)이 596.7 mg%로 가장 높은 함량을 보였다. *A. kawachii* 단용누룩(AK)과 혼용누룩(AO-AK)은 구연산(citric acid)이 각각 770.2 mg%, 890.3 mg%로 함량이 높게 나타났다. 특히 malonic, shikimic, succinic, tartaric acid 등은 검출되지 않았고, 혼용누룩에서 *A. kawachii*의 활성이 강하여 citric acid의 함량이 높게 형성된 것으로 추측된다. 밀, 쌀 및 녹두를 분쇄 후 밀기울을 첨가하여 일정 비율로 혼합한 곡물에 양조용 곰팡이를 달리하여 제조한 3종류 누룩의 품질 특성을 비교한 결과, *A. oryzae*, *A. kawachii* 단일 균주를 사용한 누룩보다 두 균주를 혼용하여 제조한 누룩이 효소 활성과 유기산 함량 및 아미노산도 등이 높아 양조 특성이 우수할 것으로 생각된다. 누룩에 사용되는 여러 가지 원료 곡물과 단일 균주가 아닌 복합 균주를 사용함으로써 누룩의 품질 향상과 다양화가 가능할 것으로 기대된다.

## 요 약

밀, 쌀 및 녹두를 분쇄 후 밀기울을 첨가하여 일정 비율(15:1:1:3)로 혼합한 곡물에 양조용 곰팡이의 균종을 달리하여 제조한 누룩의 품질 특성을 알아보기와 발효 시기별 일반성분 및 효소활성과 유기산 분석을 하였다. 누룩의 pH는 발효 시기별 큰 차이는 보이지 않았으며, 산도와 아미노산도는 두 균을 혼용하여 제조한 누룩(AO-AK)이 가장 높게 나타났다. 전반적으로 두 균을 혼합한 누룩이 단일 균을 접종한 누룩보다  $\alpha$ -amylase 및 acidic protease의 효소활성이 높게 나타났다. 누룩의 유기산은 acetic, citric, formic, fumaric, lactic, malic 및 oxalic acid 등이 확인되었다. 전체 유기산 총량은 혼용누룩(2,116.3 mg%), *A. kawachii* SC60 단용누룩(1,608.5 mg%), *A. oryzae* RIB1353 단용누룩(1,146.7 mg%) 순으로 혼용누룩의 유기산 생성량이 가장 높게 나타났다. 따라서 두 균주를 혼용하여 제조한 누룩이 단일균주를 사용한 누룩보다 유기산 함량, 효소활성 등 품질 특성이 우수한 것으로 여겨진다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ006764)의 지원에 의해 이루어진 결

과의 일부로서 이에 감사드립니다.

## 문 헌

- 유주현, 양한철, 정동호, 양웅 (1989) 식품공학실험 제2권. 탐구당, pp 474-479.
- Ahn BH (1996) A study on quality improvement of traditional alcoholic beverages. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries.
- Brewing society of Japan. (1993) Analysis of alcoholic beverages. Japan, pp 211-228.
- Chung HK (1989) Characteristics and present status of Korean traditional alcoholic beverage. *Korean J Diet Culture* 4: 311-318.
- Han EH, Lee TS, Noh BS, Lee DS (1997) Volatile flavor components in mash of *Takju* prepared by using different *Nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 29: 563-570.
- Jo GY, Lee CW (1997) Isolation and identification of the fungi from *nuruk*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 759-766.
- Joung EJ, Paek NS, Kim YM (2004) Studies on Korean *Takju* using the by-product of rice milling. *Korean J Food & Nutr* 17: 199-205.
- Jung HK, Park CS, Park HH, Lee GD, Lee IS, Hong JH (2006) Manufacturing and characteristics of Korean traditional liquor, *hahyanhju* prepared by *Saccharomyces cerevisiae* HA3 isolated from traditional *nuruk*. *Korean J Food Sci Technol* 38: 659-667.
- Kim AR, Lee SY, Kim KBWR, Song EJ, Kim JH, Kim MJ, Ji KW, Ahn IS, Ahn DH (2008) Effect of *Glycyrrhiza uralensis* on shelf-life and quality of *Takju*. *Korean J Food Sci Technol* 40: 194-200.
- Kim CJ, Kim KC, Kim DY, Oh MJ, Lee SK, Lee SO, Chung ST, Chung JH (1990) Fermentation technology. Sunjinmunhasa, Seoul. pp 79-103.
- Kim HS, Hyun JS, Kim J, Ha HP, Yu TS (1997) Characteristics of useful fungi isolated from traditional Korean *nuruk*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 767-774.
- Kim JH, Lee DH, Choi SY, Lee JS (2002) Characterization of physiological functionalities in Korean traditional liquors. *Korean J Food Sci Technol* 34: 118-122.
- Kim MJ (2002) The study about traditional *Nuruk*. *Korean J Food Sci Technol* 9: 324-329.
- Lee JH, Yu TS (2000) Identification and characteristics of lactic acid bacteria isolated from *nuruk*. *Korean J Biotechnol Bioeng* 15: 359-365.

- Lee JS, Lee TS, Park SO, Noh BS (1996) Flavor components in mash of *Takju* prepared by different raw materials. *Korean J Food Sci Technol* 28: 316-323.
- Lee MK, Lee SW, Bae SM (1991) The quality of *yakju* brewed from many kind of *nuruk*. *J East Asian Soc Dietary Life* 1: 99-111.
- Lee MK, Lee SW, Yoon TH (1994) Quality assessment of *yakju* brewed with conventional *nuruk*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 23: 78-89.
- Lee MK, Lee SW, Yoon TH (1994) The bibliographical study on *nuruk*. *J East Asian Soc Dietary Life* 4: 19-29.
- Lee SH, Jung HJ, Yeo SH, Kim HS, Yu TS (2004) Characteristics of  $\alpha$ -amylase of, a new species, *Aspergillus coreanus* NR 15-1. *Korean J Biotechnol Bioeng* 19: 301-307.
- Lee SR (1986) *Hankuk eui balhyo sikipum* (Fermented foods of Korea). Ewha Press, Seoul, Korea. pp 142-155.
- Lee SS, Kim KS, Eom AH, Sung CK, Hong IP (2002) Production of Korean traditional rice-wines made from cultures of the single fungal isolates under laboratory conditions. *Korean J Mycology* 30: 61-65.
- Lee TS, Han EH (2000) Volatile flavor components in mash of *takju* by using *Rhizopus japonicus nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 29: 691-698.
- Park CS, Lee TS (2002) Quality characteristics of *takju* prepared by wheat flour *nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 38: 296-302.
- So MH (1991) Improvement in the quality of *takju* by the combined use of *Aspergillus kawachii* and *Aspergillus oryzae*. *Korean J Food & Nutr* 4: 115-124.
- So MH, Lee YS (2010) Effects of culture conditions of *Rhizopus* sp. ZB9 on the production of protease during preparation of rice koji. *Korean J Food & Nutr* 23: 399-404.
- Somogyi M (1952) Notes on sugar determination. *J Biol Chem* 195: 19-23.
- Woo SM, Shin JS, Seong JH, Yeo SH, Choi JH, Kim TY, Jeong YJ (2010) Quality characteristics of brown rice *Takju* by different *Nuruks*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 301-307.

---

접 수: 2011년 10월 20일  
 최종수정: 2012년 2월 22일  
 채 택: 2012년 2월 25일