

## 한국균(*Aspergillus oryzae* N041)을 이용한 곡류 낱알누룩 제조 및 막걸리의 품질특성

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

농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 발효이용과

### Quality Characteristics of *Makgeolli* and *Nuruk* Grain Inoculated with *Aspergillus oryzae* N041

Seong-Yeol Baek, Joo-Yeon Kim, Hye-Ju Yun, Ji-Ho 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

This study was investigated the quality characteristics of *Makgeolli* containing different types of *Nuruk* grain inoculated with *A. oryzae* N041. In an analysis of the quality characteristics of four types of *Nuruk* grain, mung beans *Nuruk* grain had higher acidity, amino acidity and saccharogenic power than rice *Nuruk* grain. In an analysis of four types of brewed *Nuruk* grain, mung beans *Nuruk* grain had the highest sugar and reducing sugar contents. On the other hand, mung beans *Nuruk* grain had the lowest alcohol content. Citric acid, malic acid and succinic acid have been identified as the major organic acids in *Makgeolli*. The amounts of organic acids were 1,748.5 mg% in rice *Nuruk* grain, 1,553.9 mg% in mung beans *Nuruk* grain, 1,003.2 mg% in barley *Nuruk* grain and 940.8 mg% in adlay *Nuruk* grain. In particular, *Makgeolli* brewed with mung beans *Nuruk* grain had the highest content of the organic acids, which is expected to deepen its flavor.

Key words : *Makgeolli*, *Nuruk*, *Aspergillus oryzae*, mung beans.

#### 서 론

누룩은 우리 술의 대표주자인 탁·약주 제조에서 전분분해 및 알코올 발효원으로 사용되었고, 주로 소맥을 주원료로 만들었다(Lee *et al* 2002). 예로부터 우리 술은 다양한 곡류(밀, 보리, 녹두, 옥수수, 수수, 조, 메밀 및 팥 등)를 원료한 떡누룩(병국)을 이용하여 만들었으며, 조선 중엽부터는 건강의 중요성이 부각되어 주류 제조 시 한방약재를 사용하여 술을 빚어 왔다. 이 시대에는 양조기술이 발달되었고, 각 가정에서 빚는 가양주의 수도 360여종 등 다양한 술들이 전성기를 맞이하기도 하였다(Lee *et al* 1994). 그러나 1938년 일본의 소주제조용 곰팡이인 *Aspergillus kawachii*가 국내 도입되었고(Lee DY 1968), 이 균주를 이용하여 만든 입국(koji)을 탁주제조에 사용되면서 전통누룩의 사용이 점차 감소되었다. 쌀 입국은 증양한 쌀에 양조용 곰팡이를 인위적으로 접종·배양한 것으로 탁·약주 및 청주 제조에 이용되는 대표적인 일본식 발효제이다. 이는 곰팡이에 의해 생성된 다양한 효소를 포함하고 있어서 원료 중의 전분을 발효성 당으로 전환시키는 주된 역할을 담당한다(So & Lee 2010).

누룩에 관한 연구로는 주로 전통누룩에 유래하는 유용 곰

팡이 및 효모균의 분리와 동정에 관한 연구(Jo & Lee 1997, Kim *et al* 1997, Lee & Yu 2000, Lee *et al* 2004) 등과 각종 균주를 적용한 개량누룩과 전통누룩을 이용한 양조주의 품질 및 이화학적 특성에 관한 연구가 수행되었다(Lee *et al* 1991, Lee *et al* 1994, Lee & Choi 2005, Park & Lee 2002, Jung *et al* 2006, Han *et al* 1997, Lee & Han 2000). 그러나 이러한 연구는 대부분 균주의 당화력과 알코올 생성능에 초점을 맞추어졌지만, 술의 관능적 특성에 대해 보다 체계적이고 정량적인 분석 연구는 미흡한 실정이다.

우리 누룩에는 *Aspergillus oryzae*, *Rhizopus oryzae*, *Monascus purpureus*, *Saccharomyces* sp., Lactic acid bacteria, *Bacillus* sp. 등의 다양한 미생물이 생육하고 있다. 특히, 이들 누룩에는 *Aspergillus* 속, *Absidia* 속 및 *Rhizopus* 속 곰팡이가 많이 분포하고 있는 것이 우리 누룩의 가장 큰 특징이다(Kim *et al* 1990). 누룩미생물이 생산하는 효소활성, 알코올 발효력, 유기산 생산력 등은 누룩의 종류, 원료뿐만 아니라 누룩이 생산된 지역에 따라 이들 특성이 달라 주류의 맛, 향기, 색 등의 품질에도 차이가 나타난다.

본 연구에서는 전분 분해력과 단백질 분해력이 우수한 *Aspergillus oryzae*를 사용하여 낱알형태의 다양한 곡류 누룩을 제조하여 막걸리를 제조한 후, 이 술이 갖는 양조적성 등을 분석하였다.

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

## 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

본 실험에 사용된 쌀은 경기 일반미(추청미), 국내산 보리, 울무, 녹두를 사용하였으며, 사용 균주는 농촌진흥청 발효이용과에서 분리·동정한 황국균(*Aspergillus oryzae* N041)를 사용하였다.

### 2. 액체 종국 제조

날알누룩 제조는 액체 종국을 제조하여 사용하였다. 먼저 현미를 4시간 침지한 후, 110℃에서 30분간 증자하고 *Aspergillus oryzae* N041을 접종하여 28℃에서 10일간 배양하여 포자가 충분히 형성되게 하였다. 그런 후, 50℃에서 3일간 건조시켜 회수하였다.

### 3. 날알누룩 제조

쌀 5 kg을 2시간 침지하여 물기를 빼고 105℃에서 40분간 증자하였다. 무균적으로 증자한 쌀에 *Aspergillus oryzae* N041 0.1%를 접종한 후, 쌀에 흡착되도록 잘 비빈 다음 제국기(40℃)에 넣고 20시간 후에 1차 뒤집기하고, 6시간 후 다시 2차 뒤집기한 후, 꺼내어 50℃에서 24시간 건조시켜 사용할 때까지 냉장보관하였다. 쌀 이외, 보리, 울무, 녹두도 위와 같은 방법으로 날알누룩을 제조하였다.

### 4. pH 및 산도 측정

배양체 1 g을 1% NaCl 20 mL에 현탁한 후, pH meter로 측정하였으며, 적정산도는 현탁액 10 mL에 대해 0.1% phenolphthalein 2~3방울을 떨어뜨리고 0.1 N NaOH로 선홍색이 될 때까지 적정하였다. 아미노산도는 시료 10 mL를 취하여 페놀프탈레인 2~3방울을 첨가하여 0.1 N NaOH 용액으로 담홍색이 될 때까지 중화한 다음 중성 포르말린 용액 5 mL를 가하여 유리된 산을 0.1 N NaOH 용액으로 담홍색이 될 때까지 적정하고, 그 전후의 적정 mL 차이를 아미노산도로 표시하였다.

### 5. 효소액 조제

시료 5 g을 250 mL 삼각 플라스크에 넣고 1% 식염수 100 mL를 가한 다음, 실온에서 20분 간격으로 3시간 동안 진탕·침출한 후, 원심분리하여 그 상등액을 실험용 효소액(5%)으로 사용하였다.

### 6. 당화력 측정

당화력은 2% 가용성 전분용액을 기질로 하여 국제청 주류분석규정(국제청주류면허지원센터 2010)에 따른 SP와 일본

국제청 주류분석규정(The Brewing of Japan 1993)에 따른 glucoamylase의 활성을 측정하여 비교하였다. 당화력은 기질용액을 55℃에서 1시간 효소 반응시킨 다음, 생성된 환원당의 양을 Lane-Eynone법으로 측정하여 기질의 당화율이 15%되는 범위에서 희석배수를 곱하여 산출하였다.

당화율(%) =

$$\frac{\text{전분당화액의 당분(%) - (희석효소액의 당분\% \times 1/10)}}{(2\% \text{ 가용성 전분의 전당} \times 1/2) + (\text{희석효소액의 전당\%} - \text{희석효소액의 직당}) \times 1/10}$$

### 7. 막걸리 제조

막걸리제조는 원료별로 제조한 4종류의 날알누룩을 속양주도법으로 담금하였다. 술덧의 원료 사용비율은 각각의 날알누룩 100 g에 쌀 200 g, 효모 0.4%, 급수비율은 150%로 하였다. 2L 유리용기에 25℃에서 7일간 발효하였다.

### 8. 알코올 함량

에탄올은 시료를 증류한 후 Gay-Lussac 표로서 15℃로 보정하여 측정하였다(Kang *et al* 1989).

### 9. 환원당 분석

환원당은 Somogi법(정 과 장 1990)에 의해 정량하여 glucose 함량으로 표시하였다.

### 10. 유기산 분석

유기산 분석은 시료액을 0.45 μm syringe filter로 여과하여 HPLC (Shimadzu LC-20AD, Japan)에 20 μL를 주입하여 Aminex HPX-87H, 컬럼(300 mm×7.8 mm, flow 0.6 mL/min)으로 UV 210 nm에서 이동상인 4 mM sulfuric acid로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 날알누룩의 품질특성

4종류의 곡물(쌀, 보리, 울무, 녹두)로 제조된 날알누룩(Fig. 1)의 특성은 Table 1과 같다. pH는 보리를 사용한 날알누룩이 5.6으로 가장 낮았고, 녹두는 6.3으로 가장 높았다. 쌀 날알누룩의 적정산도는 타 곡물보다 가장 낮았고, 녹두 날알누룩은 1.2로 쌀 날알누룩보다 높은 산도를 나타내었다. 아미노산도 역시 녹두 날알누룩이 5.5로 가장 높게 형성되었다. 이는 소 등(So MH 1991)의 연구에서 *A. kawachii*와 *A. oryzae*의 병용에 의한 탁주제조에서 *A. oryzae*를 사용한 결과와 유사하였다.

4종류의 곡물로 만든 날알누룩의 당화력은 Fig. 2에 나타



Fig. 1. The four types Nuruk grain inoculated with *Aspergillus oryzae* N041.

Table 1. Physiochemical property of Nuruk grain prepared by four cereals

Cereals	Type strain	pH	Acidity (0.1 N NaOH mL/10 mL)	Amino acidity (0.1 N NaOH mL/10 mL)
Rice	AO <sup>1)</sup>	6.0	0.1	0.8
Barley	AO	5.6	0.7	1.6
Adlay	AO	6.0	0.6	1.3
Mung beans	AO	6.3	1.2	5.5

<sup>1)</sup> AO : *Aspergillus oryzae* N041.

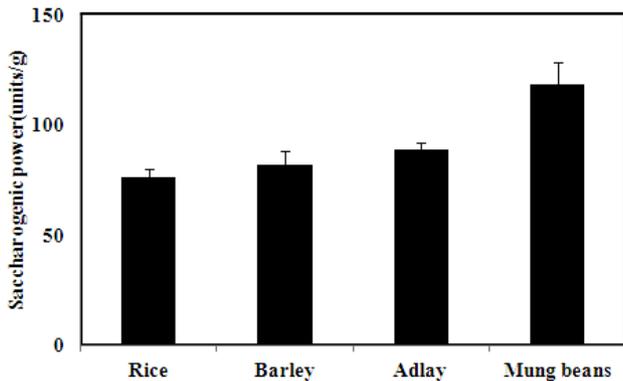


Fig. 2. Saccharogenic power of Nuruks made of four types a grain.

내었다. 사용 곡물별 당화력은 76~118 units/g으로 형성되었으며, 녹두 낱알누룩의 당화력이 가장 높게 나타났다. 특히, 녹두 낱알누룩이 다른 곡물에 비해 산도, 아미노산도 및 당화력이 높은 이유는 녹두에 함유된 당질(45~62%), 단백질(20~28%) 및 지방(1%) 등이 쌀, 보리 및 율무와의 조성 차이 (Gu *et al* 2006)라고 생각된다. 쌀의 주요 조성은 당질이 76~81%, 단백질이 5.7~7.7% 및 지방이 0.1~1.0%이며, 보리는 당질이 71~78%, 단백질이 9~10% 및 지방이 0.6~1.8%이고, 율무는 당질이 70%, 단백질이 15%, 지방이 3.2%으로 구성되어 있다(김 등 2006). 녹두 낱알누룩은 타 곡물에 비해 높은 단백질과 지방 함량으로 독특한 향과 맛을 가질 것으로 기대된다.

2. 다양한 낱알누룩을 이용한 양조적성 평가

4종류 낱알누룩을 발효제로 사용하여 25℃에서 7일간 발효한 술덧의 품질특성은 Table 2와 같다. 술덧의 pH는 쌀 낱알누룩이 4.4로 가장 낮았고, 보리는 4.7, 율무는 4.9, 녹두는 5.3으로 pH가 쌀 낱알누룩 보다 높았다. 적정산도는 쌀 낱알누룩이 3.9로 가장 높았으며, 아미노산도는 녹두가 12.9로 쌀보다 4배 이상 높았다. 그 외 보리나 율무 낱알누룩의 아미노산도는 4.1~4.2로 쌀 낱알누룩보다 높았다. 특히, 녹두의 단백질 성분이 다른 곡물보다 높은 것으로 생각된다.

곡물별 4종류의 발효제로 만든 막걸리의 당도는 9.5~12.5%로 다양하게 나타났으며, 그 중 녹두 낱알누룩이 가장 높게 나타났다. 막걸리에 잔존하는 환원당 함량은 녹두 낱알누룩을 사용하였을 때 7.27 mg/mL로 가장 높았으며, 보리 낱알누룩은 6.36 mg/mL, 쌀 낱알누룩은 3.07 mg/mL, 율무 낱알누룩은 2.64 mg/mL 순으로 나타났다. 환원당은 알코올 발효 시, 기질로 이용되는데 발효 7일째에 함량이 높은 것으로 보아 발효가 완전히 되지 않은 것으로 추측된다. 또한, 발효제별로 빚은 막걸리의 알코올 함량은 11.2~15.5%로 나타났다. 특히, 녹두 낱알누룩을 사용한 경우, 가장 낮은 알코올 함량(11.2%)을 보였고, 쌀 낱알누룩을 사용하였을 때 가장 높은 알코올 함량(15.5%)을 나타내었다. 쌀 낱알누룩으로 빚은 술

Table 2. Physiochemical property of Makgeolli brewed by four types Nuruk grain

Cereals	Strain	pH	Acidity (0.1 N NaOH mL/10 mL)	Amino acidity (0.1 N NaOH mL/10 mL)
Rice	AO <sup>1)</sup>	4.4	3.9	2.8
Barley	AO	4.7	2.9	4.1
Adlay	AO	4.9	2.9	4.2
Mung beans	AO	5.3	3.5	12.9

<sup>1)</sup> AO : *Aspergillus oryzae* N041.

Table 3. Quality characteristics of Makgeolli brewed by four types Nuruk grain

Cereals	Strain	Brix (%)	Reducing sugar (mg/mL)	Alcohol (%)
Rice	AO <sup>1)</sup>	9.7	3.07	15.5
Barley	AO	10.9	6.36	15.3
Adlay	AO	9.5	2.64	13.3
Mung beans	AO	12.5	7.27	11.2

<sup>1)</sup>AO : *Aspergillus oryzae* N041.

이 높은 알코올 함량과 깔끔한 맛을 나타낸 반면, 녹두 낱알 누룩의 경우는 당도와 아미노산의 영향으로 달면서 느끼한 맛의 주질 특성을 가진다. 따라서 본 연구에 사용된 양조용 곰팡이(*A. oryzae* N041)는 녹두, 보리, 울무보다 쌀 낱알누룩에 적합한 균주인 것을 알 수 있었다.

### 3. 곡물별로 제조한 막걸리의 유기산 분석

4종류의 곡물 낱알누룩을 이용하여 빚은 막걸리의 유기산 분석은 Table 4와 같다. 본 연구에서 다양한 유기산(citric acid, malic acid, succinic acid, formic acid, isobutyric acid 및 lactic acid)들이 분석되었다. 쌀 낱알누룩으로 빚은 술덧의 주요 유기산은 malic acid와 succinic acid가, 보리 및 울무 낱알누룩은 succinic acid가, 녹두 낱알누룩은 succinic acid와 isobutyric acid가 주요한 유기산이었다. 곡물 누룩별 막걸리 전체 유기산의 총량을 살펴보면, 쌀 낱알누룩(1,748.5 mg%), 녹두 낱알누룩(1,553.9 mg%), 보리 낱알누룩(1,003.2 mg%), 울무 낱알누룩(940.8 mg%) 순으로 쌀 낱알누룩의 유기산 생성량이 가장 많았다. 유기산 중 호박산(succinic acid)이 4종류 낱알누룩으로 빚은 막걸리에서 함량이 가장 높은 것으로 보아 succinic acid는 발효에 의해 생성되는 주요한 유기산임을 알 수 있다. 사과산(malic acid)은 쌀 낱알누룩으로 빚은 술덧에

서 735.7 mg%로 가장 높은 함량을 나타내었고, 나머지 술덧에서는 매우 적은 30~50.2 mg% 함량을 나타내었다. 구연산(citric acid)은 본 실험에서 확인된 유기산 중 낮은 함량을 보였다. 이는 TCA cycle에 속하는 citric acid가 발효 중 미생물 대사나 영양원으로 소모된 것으로 여겨진다. 본 연구에서는 호박산(succinic acid)이 발효과정 중 주요 유기산으로 보고한 Lee 등(Park & Lee 2002)의 결과와 유사하였다. 위 실험 결과에서 같은 미생물을 접종한 4종류의 곡물 낱알누룩 술덧의 주요 유기산 함량이 다른 이유는 각 곡물의 성분조성에 따라 미생물이 생산하는 효소의 종류와 양이 다르기 때문인 것으로 생각된다. 실제 4종류의 곡물은 당질과 단백질 조성에서 차이가 있었다(Gu *et al* 2006, 김 등 2006). 또한, 본 실험에서 녹두로 제조한 낱알누룩과 이를 사용하여 담금한 막걸리 술덧의 아미노산도가 높게 나타났다. 술에 있어서 아미노산도는 미생물이 생산하는 acidic protease에 의한 것으로 다양한 아미노산에 의해 술의 맛을 부여하며, 함량이 너무 높으면 느끼한 맛을 내기도 한다. 녹두 종실의 유리 아미노산 함량 중 glutamic acid가 가장 높은 것으로 보고되어(Jin *et al* 2010), 느끼한 맛보다 감칠맛이 더 할 것으로 추측되며, 미생물에 의해 생성되는 유리 아미노산 분석에 대한 추가 실험이 필요할 것으로 생각된다.

## 요 약

전통누룩에서 분리한 *A. oryzae* N041 균주를 서로 다른 4종류의 곡물에 접종하여 낱알누룩을 제조하였고, 이를 이용하여 빚은 막걸리의 품질특성을 조사하였다. 곡물별 낱알누룩의 품질특성을 분석한 결과, 쌀 낱알누룩보다 녹두 낱알누룩에서 산도와 아미노산도, 당화력이 높게 나타났다. 제조한 곡물별로 막걸리를 빚어 양조적성을 분석한 결과, 녹두 낱알누룩이 타 곡물 낱알누룩보다 당도와 환원당 함량이 높았으며, 반면 알코올 함량은 낮게 나타났다. 술덧의 유기산은 citric acid, malic acid, succinic acid 등의 주요한 유기산이 확인되었으며, 전체 유기산의 총량은 쌀(1,748.5 mg%), 녹두(1,551.2 mg%), 보리(1,003.2 mg%), 울무(940.8 mg%) 순으로 유기산 생성량이 많았다. 특히, 녹두 낱알누룩으로 빚은 막걸리는 아미노산도와 유기산 함량이 높아 소비자가 마시기 쉬운 감칠맛과 녹두가 가지는 깊은 풍미를 가질 것으로 기대된다.

## 감사의 글

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

Table 4. Organic acid contents of *Makgeolli* brewed by four types *Nuruk* grain

Strain	Organic acid (mg%)	Cereals			
		Rice	Barley	Adlay	Mung beans
	Acetic	8.81	19.47	0.18	ND <sup>1)</sup>
	Ascorbic	2.25	ND	ND	35.03
	Butyric	ND	7.52	ND	0.34
	Citric	91.48	46.66	49.17	108.54
	Formic	26.64	21.56	20.09	35.69
<i>A. oryzae</i> N041	Furmaric	4.19	10.70	9.77	52.19
	Isobutyric	1.45	ND	ND	226.15
	Lactic	55.00	39.60	37.95	78.77
	Malic	735.79	38.97	30.00	50.21
	Propionic	38.61	46.41	17.13	1.52
	Succinic	784.31	759.9	763.86	924.89
	Tartaric	ND	12.44	12.68	37.90
	Total	1,748.53	1,003.23	940.83	1,552.23

<sup>1)</sup>ND : Not detected.

## 문헌

- 국세청주류면허지원센터 (2010) 주류분석규정(개정 2010.12.31.). 서울. pp 12-16.
- 김세나, 조수목, 이영민, 박홍주, 백오현, 나상현, 전혜경 (2006) 식품성분표(제7개정판) 제1편. 삼미기획, pp 36-55.
- 정동효, 장현기 (1990) 식품분석. 진로연구사, pp 176.
- Gu YA, Jang SY, Park NY, Mun CR, Kim OM, Jeong YJ (2006) Property changes of mung bean depending on hydrolysis condition. *Korean J Food Presev* 13: 563-568.
- Han H, Lee TS, Noh BS, Lee DS (1997) Quality characteristics in mash of *takju* by using different *nuruk* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 29: 555-562.
- Jin YI, Hong SY, Kim SJ, Ok HC, Lee YJ, Nam JH, Yoon YH, Jeong JC, Lee SA (2010) Comparison of antioxidant activity and amino acid components of mungbean cultivars grown in Highland area in Korea. *Korean J Environ Agric* 29: 381-387.
- Jo GY, Lee CW (1997) Isolation and identification of the fungi from *nuruk*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 759-766.
- Jung HK, Park CS, Park HH, Lee GD, Lee IS, Hong JH (2006) Manufacturing and characteristics of Korean traditional liquor, *hahyangju* prepared by *Saccharomyces cerevisiae* HA3 isolated from traditional *nuruk*. *Korean J Food Sci Technol* 38: 659-667.
- Kang GH, Noh BS, Suh JH, Hawer D (1989) Food Analysis. Sungkkyunkwan University. pp 259-282, 694-698.
- 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.
- Lee DY (1968) The ecological studies on *Aspergillus kawachii* Kitahara. *Korean J Microbiology* 6: 113-121.
- Lee JH, Yu TS (2000) Identification and characteristics of lactic acid bacteria isolated from *nuruk*. *Korean J Biotechnol Bioeng* 15: 359-365.
- 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 SS, Kim KS, Eom AH, Sung CK, Hong IP (2002) Production of Korean traditional rice-wines made from cultures of single fungal isolates under laboratory conditions. *Korean J Mycology* 30: 61-65.
- Lee TS, Choi JS (2005) Volatile flavor components in mash of *takju* prepared by using *Aspergillus kawachii* *nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 37: 944-950.
- Lee TS, Han EH (2000) Volatile flavor components in mash of *takju* prepared by using *Rhizopus japonicus* *nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 32: 691-698.
- Park CS, Lee TS (2002) Quality characteristics of *takju* prepared by wheat flour *nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 34: 296-302.
- So MH (1991) Improvement in the quality of *Takju* by the combined use of *Aspergillus kawachii* and *Aspergillus oryzae*. *Korean J Food & Nutrition* 4: 115-124.
- So MH, Lee YS (2010) Effect of culture conditions of *Rhizopus* sp. ZB9 on the production of organic acid during the preparation of rice *koji*. *Korean J Food & Nutr* 23: 70-75.
- The Brewing Society of Japan (1993) The Annotation of the Official Method of Analysis of the National Tax Administration Agency. 4th ed., Tokyo, pp 218-226.

접 수: 2011년 10월 10일  
 최종수정: 2011년 12월 12일  
 채 택: 2011년 12월 27일