

## 2단담금에서 무증자 발아현미를 이용한 막걸리 제조

송재철<sup>†</sup> · 박현정\*

울산대 생활과학부

\*다손푸드팜

## Takju Brewing Using the Uncooked Germed Brown Rice at Second Stage Mash

Jae-Chul Song<sup>†</sup> and Hyun-Jeong Park\*

College of Human Ecology, University of Ulsan, Ulsan 680-749, Korea

\*Dason Foodpharm Corp.

### Abstract

In general cooked rice would be used as a major raw material for making Takju. In this case quality, taste and storage time of Takju were not fully satisfied. Fermentation conditions for Takju mash were examined by using the germed brown rice in this study. In case of the germed brown rice on 2nd stage mash, alcohol was slowly generated in comparison with the cooked rice. Reducing sugar was slowly produced and the amount of reducing sugar was low. The sugar content was created at a uniform rate. The pH was shown to be higher in mash of the germed brown rice than that of the cooked rice. Acidity change showed a similar inclination to pH change. The degree of yeast growth on the mash of the germed brown rice was revealed to be slightly lower than that of the cooked rice. Temperature of mash was kept to be constant after 3 days from fermentation. Fusel oil produced from the mash of the germed brown rice was less generated in comparison with the cooked rice. Amount of amino acid in case of the germed brown rice was indicated to be higher. Takju made with the germed brown rice was shown to be 1.3 times in overall taste, 1.5 times in refreshing as compared with Takju made with the cooked rice. However there are no differences between them in flavor and color of Takju. In overall acceptance Takju made with the germed brown rice was shown to be 1.3 times as compared with Takju made with the cooked rice. In conclusion the germed brown rice was expected to be able to be better in Takju quality.

**Key words:** uncooked germed brown rice, Takju brewing, second stage mash

### 서 론

막걸리는 우리나라에서 가장 역사가 오래된 술이며 술에 대한 기록으로 가장 오래된 것은 삼국사기이다(1). 막걸리라는 이름은 막거른 술이라는 데서 비롯된 것으로 맑지 않고 탁하기 때문에 탁주라 부르기도 하고 식량대용 또는 갈증해소로 농부들이 애용해 왔으므로 농주라고도 부른다(1). 탁주에는 일반 주류와는 달리 상당량의 단백질과 당질이 들어 있고 소량의 비타민, 미량의 생리활성물질 등이 들어 있어 영양적, 기능적 가치가 높을 뿐만 아니라(2) 생효모가 함유되어 있기 때문에 다른 주류와 비교할 수 없는 특이한 맛을 가지고 있다. 이와 같이 막걸리는 우수한 발효식품임에도 불구하고 대표적인 주류로 자리잡지 못하고 있는 실정인데 그 이유는 소비자들의 고급화 성향, 저장시 발생되는 이취, 마시기 불편함, 소량의 fusel oil의 생성 등 해결되지 않는 주질상의 문제

점 때문이다. 이러한 제한성으로 결국 막걸리의 소비가 격감하게 되고 따라서 주질의 고품질화가 추진되고 있다. 현재 막걸리에 관한 연구는 당류, 유기산, 아미노산 등의 맛성분에 관한 것(3-5)과 전분질 원료종류나 누룩종류에 따른 탁주의 휘발성 향기성분에 관한 것(6-9)이 대부분이며 아직도 막걸리의 기능적 성분, 생리활성물질의 탐색, 담금단계에서의 원료의 다양화에 대해서는 그 정보가 아주 미약한 편이다. 일반적으로 전통재래의 막걸리는 주로 찹쌀, 멥쌀, 소맥분 등을 주 원료로 사용하지만 경우에 따라서는 고구마, 옥수수, 보리쌀 등을 전부 또는 일부 원료로 사용하고 있는데(7,10, 11) 재료의 변화 또는 대체만으로도 막걸리의 주질은 다소 개선되지만 크게 주질의 변화를 기대하기는 어려운 실정이다. 이와 관련하여 영양학적, 관능적으로 우수하고(12) 건강에도 유익한 곡류인 현미나 발아현미를 이용한 막걸리를 제조하는가 하면 담금과정에서 다양한 소재를 첨가하여 발효

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: jcsong2002@yahoo.co.kr  
Phone: 82-52-259-2370, Fax: 82-52-259-2370

효율을 높이는 연구도 시도되고 있으나 모두 시작단계에 있고 또 실제 제품화에 성공한 사례는 찾아보기 힘든 실정이다. 특히 현미 또는 발아현미의 담금 과정에서의 변화 또는 발효 산물은 주질 개선에 기여하지 못하고 있는 것으로 알려져 있었으나 무증자 원료를 사용한 이후에는 무증자 발아현미에 대한 주질 발효에 대해 관심을 가지게 되었다(11,13-15).

실제 발아현미는 백미에 비하여 식이섬유를 비롯하여 무기질, 비타민 등 영양성분을 많이 함유하고 있을 뿐만 아니라 각종 효소의 생성으로 성인병 예방에 유효하고 특히 구수한 맛을 지니고 있는 것으로 알려져 있다(15). 일반적으로 현미도 막걸리의 원료로 사용하고 있지만 구조상 외피, 과피, 종피, 호분층으로 둘러싸여 있어 미생물의 이용이 용이하지 않고 내부 영양소 용출도 어려워 막걸리 주원료로 직접 사용하기보다는 백미와 혼용하고 있다. 그러나 현미를 일정한 온도의 물에 담가 발아시켜 만든 발아현미는 현미에 들어 있는 효소가 활성화되어 아미노산 함량은 물론 전분 분해당도 많고 조직도 유연하며(13,15) 내부 성분의 용출도 용이하여 막걸리 재료로서 사용 가치가 있을 것으로 본 연구팀은 예상하고 있다.

전통적인 막걸리 제조는 곰팡이를 배양하여 얻은 입국에 적당량의 물과 효모를 첨가하여 주모를 제조하고, 제조한 입국, 주모에 효모를 첨가하여 1단 담금하여 효모를 증식시키고 증자된 쌀과 물을 첨가하여 2단 담금한 후 숙성 및 제성하여 탁주를 제조하고 있다. 이 때 2단 담금에 첨가하는 증자미는 총 사용량의 60~70%를 사용하고 있다. 증자는 100°C 이상의 수증기를 이용하고 있는데 이 과정에서 쌀에 포함된 많은 영양분이 파괴되고 신선미가 저하될 뿐만 아니라 최종 제품에 가열취를 동반하는 등 다소 막걸리의 품질에 문제를 일으키고 있다(16).

이러한 문제점을 해결하여 주질을 향상시키고자 하는 의도에서 무증자에 관한 이론이 생기게 되었다. 무증자 쌀막걸리 제조는 원래 고려이후에 음용된 백하주에서 그 예를 볼 수 있는데 백하주는 양조원료의 일부를 무증자로 하였다(17). 무증자 백미의 경우는(18) 증자법과 비교하여 음주 후 두통 현상이 없고 과음한 후 갈증이 없으며 제성후 보존성이 다소 긴 것으로 알려져 있지만 확실한 근거는 발표되지 않았다. 또 무증자로 할 경우 주모사용량을 증자법의 2배이상, 발효 품온을 26~28°C이어야 하며 당화효소, 액화효소는 물론 전분원료조직을 연화시키는 pectinase 등을 혼합하여야 한다(13,14,19). 실제 1975년 한 연구소에서(18) 현미를 증자하지 않고 탁주를 제조한 이후 몇몇 기업체에서 무증자에 대한 발효기법을 연구하여 제품화하였으나 아직 그 기술이 확립되지 못하고 있는 실정이다(18,20).

본 연구에서는 상기한 문제점을 해결하기 위하여 현미가 발아할 때 활성화되는 당화 및 액화효소를 최대한 활용하고 또한 발아과정에서 현미의 단단한 조직이 연화되므로 별도의 증자 공정없이 알코올을 생성할 수 있을 뿐만 아니라 쌀의

증자시 일어나는 영양분의 감소 및 술맛 저하를 줄이고 증자 설비 비용 및 열에너지 생산비용을 줄일 수 있는 무증자 발아현미를 이용하여 막걸리를 제조하였다. 현재까지 현미나 무증자미를 이용한 막걸리제조는 시도되었으나 무증자 발아현미를 이용한 경우도 전무하므로 본 연구에서는 무증자 발아현미의 재료로서의 활용여부와 이에 따른 주질의 발효과정에서의 변화 등을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 막걸리 제조 원료

막걸리 양조용 원료미 및 koji 제조용 쌀은 현재 울산탁주 공동제조장에서 사용 중인 2002년도산 정부미(자포니카)를 원료로 하였으며 발아현미는 생현미를 발아시켜 사용하였다. 신선하고 균일한 발아현미를 얻기 위해 침지온도와 시간, 발아조건 등을 정확하게 하여 재현성을 높이고 실험상의 오차를 최대한 줄이도록 하였다. 우선 생현미를 시중에서 구입하여 25~35°C의 물에 8~10시간 정도 침지시킨 후 건져낸 뒤 물이 잘 빠지는 용기에 담아 18~30°C의 습한 조건에서 3일 동안 싹을 키워 이것을 분쇄기(HB-20 Hand Blender, 부원인터내셔널)로 분쇄하여 사용하였다. 이것은 비교적 조직이 단단한 발아현미를 분쇄하므로 전분분해 효소의 작용이 쉽도록 하기 위함이다. 따라서 발아현미의 입자크기가 발효에 영향을 미친다는 시험 결과(17)에 따라 발아현미의 입자크기를 일정하게 하고 간편하게 분쇄하기 위하여 발아현미를 물과 함께 분쇄하여 사용하였다. 이때 사용한 물은 2단 담금시 필요한 물의 양에서 일부를 사용하였다. 참고로 발아현미, 백미, 현미의 성분 비교는 국가공인시험 검사기관인(주)한국과학기술분석센터(분석 No: 식-01-12-245호, SLC-1700호)의 분석자료를 Table 1에 제시하였다.

곡자는 울산탁주공동제조장에서 사용한 것으로 수분 11%, 당화력이 320 sp(saccharogenic power)인 한국곡자 진주공장에서 생산된 것이다. 건조효모(dry yeast, yeast 97%, 소르비탄지방산에스테르 3%로 구성)는 한국제니코식품주식회사 제품을 구입하여 사용하였다. 제국(koji)시 사용한 균은 흑국균의 변종으로 *Aspergillus kawachii*인 백국균이다. 그 외 시약은 실험용 특급을 사용하였다.

### 막걸리 제조 방법

막걸리 제조시 일어나는 발효를 본 연구에서는 두단계로 구분하였다. 일단계는 1단 담금(입국, 주모, 건조효모, 물 사용)한 후 24시간 배양하여 알코올 발효를 위한 효모의 증식과 당화의 촉진, 품온의 균일화, 효모증식에 필요한 산소의 공급, 당분, 텍스트린 축적에 의한 조용(早湧)방지, 국이 분비하는 각종 효소 및 산의 침출, 국가체의 용해 당화, 안전한 상태 하에서의 다량의 효모증식, 국에 존재하는 산의 작용으로 유해세균의 번식 방지 등을 위해 발효하는 과정이다. 일단계 발효가 끝나면 2단 담금을 실시하는데 이 과정을 본 사립이

**Table 1. Nutritional value of polished rice, brown rice and germed brown rice**

Nutritional items	Germed brown rice <sup>1)</sup>	Brown rice <sup>2)</sup>	Polished rice <sup>1)</sup>
Crude protein (%)	7.33	7.5	6.48
Crude lipid (%)	2.59	2.3	0.52
Crude fiber (%)	1.67	1.24	0.36
Crude ash (%)	1.24	1.3	0.62
Carbohydrate (%)	73.42	79.01	79.05
Dietary fiber (%)	4.22	1.0	0.94
Calory (kcal/kg)	346.31	344	347
K (mg/100 g)	181.39	88.2	87.6
Ca (mg/100 g)	33.36	5.28	3.62
P (mg/100 g)	296.67	110.84	89.03
Mg (mg/100 g)	100.35	64.32	26.22
Vitamin B <sub>1</sub> (mg/100 g)	0.51	0.2	0.11
Vitamin B <sub>2</sub> (mg/100 g)	0.29	0.1	0.04
$\gamma$ -Oryzanol (mg/100 g)	31.33	-	2.49
$\beta$ -Sitosterol (mg/100 g)	31.93	-	4.99
Amylase (U/kg)	356.32	-	no detection

<sup>1)</sup>Data from Science and Technology Analysis Center Co. (Dae-jeon): Analysis No. 01-12-245 (SLC No. 1700).

<sup>2)</sup>Data from East and West Medical Institute, Kyunghee Medical Center.

라고 부른다. 이 과정에는 증미, 팽화미(21), 곡자, 물 등을 첨가하여 보통 1단 담금 품온보다 1~2°C 낮게 조정하여 발효하는데 이 과정에서 효모의 수가 점차적으로 증가하여 알코올 발효가 원활하게 진행되도록 하였다. 일반적인 방법에서의 막걸리제조는 원료로 사용하는 백미 420 g을 세미, 3시간가량 침미, 1시간가량 물빼기를 한 후 증자하고 47°C 정도로 냉각시켜 *Aspergillus kawachii*를 접종하여 30°C에서 국을 제조한다. 제조된 국 40 g에 물 50 mL, 건조효모 0.2 g, 젖산 0.1 g 등을 가하여 25°C에서 2일간 발효시켜 주모를 제조한다. 제조된 입국과 주모 24 mL, 물 900 mL, 건조효모 2.19 g 등을 가하여 1단 담금하고 25°C에서 1일간 발효시킨다. 발효된 1단 담금 물료에 증미 936 g, 팽화미 250 g, 곡자 48 g, 전분당 315 g, 물 3.36 L를 가하여 2단 담금하고 25°C의 온도에서 3~4일정도 발효한다. 팽화미를 사용하지 않고 무증자 발아현미만을 사용했을 때 효소 사용없이 발효가 저조하여 100% 무증자 발아현미만으로 막걸리를 제조하기는 어려운 실정이다. 발아현미 막걸리제조는 2단 담금시 증자미 대신 발아현미 936 g을 가한다(Table 2). 발효가 완료된 술덧을 여과하고 일정량의 후수를 가하여 알코올 도수 6%(v/v)가 되도록 하고 소금, 아스파탐 등을 가하여 제성한다. 본 연구에서 제조된 막걸리의 전체 공정도는 Fig. 1과 같다.

#### 분석방법

알코올 함량은 술덧 100 mL를 메스실린더로 취해 삼각플라스크에 옮긴 후 메스실린더를 물 15 mL 2회 씻어서 세척액을 삼각플라스크에 합친 뒤 냉각기를 연결하여 증류하고 증류액이 70 mL 이상이 되면 물을 가하여 100 mL로 만든 후 수은구부로 된 주정계를 이용, 값을 읽고 온도측정을 한 후

**Table 2. Component of raw materials in Takju brewing**

Stage & materials added		Cooked rice	Uncooked germed brown rice
1st stage mash	Koji (g)	420	420
	Seed mash (mL)	24	24
	Dry yeast (g)	2.19	2.19
	Water (LL)	0.9	0.9
2nd stage mash	Cooked rice (g)	936	0
	Uncooked germed brown rice (g)	0	936
	Puffed rice	250	250
	Syrup (g)	315	315
	Kokja (g)	48	48
	Water (L)	3.36	3.36

Gay-Lussak의 주정환산표로 주정분을 결정하였다. 산도는 술덧을 Whatman No. 6 여과지로 여과하여 여액 10 mL를 취한 후 혼합지시약(Bromo thymol blue 0.2 g, Neutral red 0.1 g을 95% 알코올 300 mL에 용해) 2~3방울을 가하고 용액이 담록색으로 변화하는데 소비된 0.1 N NaOH용액의 mL수(역가 고려)로 하여 측정하였다. 술덧의 pH는 pH meter (Horiba), 당도는 국세청 기술연구소 주류분석규정에 준하여 Hand Refractometer(N-1~50<sup>°</sup> Atago)를 이용하고 °Brix로 나타내었다. 환원당은 술덧을 여과하여 Fehling 방법(22)에 의하여 정량하였고 아미노산 함량은 술덧을 여과, 알코올 함량을 6%로 제성한 후 10 mL를 8,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 아미노산 자동분석기(Biotronik LC-5000)를 이용하여 분석하였다. Fusel oil은 8,000 rpm에서 10분간 원심분리하고 상정액을 Whatman No. 2 여과지로 여과하여 GC(Shimadzu, GC-14A)로 3×200 mm의 glass column을 이용하여 측정하였다. 효모수는 PDA(potato dextrose agar, Difco)배지를 이용하여 28°C에서 배양하여 측정하였다.

#### 관능검사

관능검사시 사용한 막걸리샘플은 일반 막걸리와 마찬가지로 우선 술덧을 여과한 후 일정량의 물을 가하여 알코올 도수가 6%(v/v)가 되도록 제성(screening)하여 사용하였다. 관능검사요원은 총 25명으로 하고 5단계 평점법으로 각 항목(막걸리맛, 향기, 색깔, 신선한 청량감, 전체 기호도 등)에 대해 점수를 부여한 후 분산분석과 Duncan 다중검정을 통하여 해석하였다. 평가는 가장 좋다는 5점, 가장 나쁘다는 1점으로 하여 채점하고 점수가 높을수록 기호도가 있는 것으로 하였는데(23) 묘사는 정량적 특정묘사시험법(quantitative descriptive analysis)에 준하여 도해하였다(24).

#### 결과 및 고찰

##### 알코올 함량의 변화

막걸리 제조시 일어나는 발효는 본 연구에서 두 단계로 구분하여 검토하였다. 제 1단계는 1단 담금을 하고 물료를 1일 배양한 후 mash의 이화학적, 생물학적 상태를 확인한 후 제

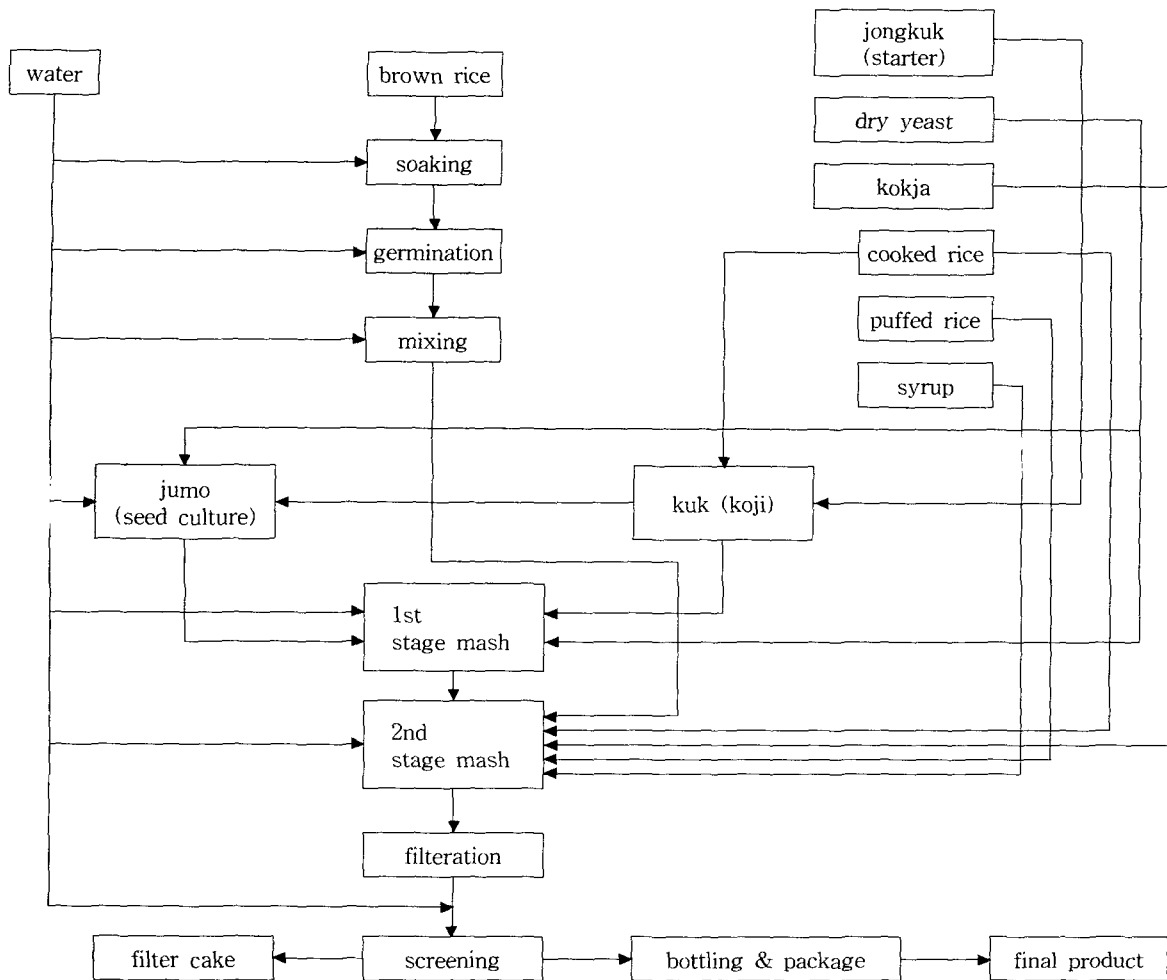


Fig. 1. Schematic diagram of Takju manufacturing process using cooked rice or uncooked germed brown rice.

2단 담금 즉 제 2차 발효를 실시하였다. 제 2단계 발효는 1단 담금 후 2일, 3일, 4일, 5일째 되는날 제 1단계 발효와 같이 이화학적, 생물학적 상태를 검토하였다. 우선 경시적인 알코올 함량의 변화를 검토하였다(Fig. 2).

발효과정 중 알코올 함량은 Fig. 2와 같이 무증자 발아현미를 사용한 mash는 제 1단계 발효과정 종말에 8.7%로 대조구와 같은 알코올을 생성하였는데 제 2차 발효과정에서는 다른 경향을 나타내었다. 우선 무증자 발효의 경우 알코올 생성 속도가 전반적으로 느린 경향을 나타내고 있는데 3일째까지는 알코올 생성이 크게 변하지 않은 것으로 나타났다. 이러한 현상은 발아현미 자체의 구조적 견고성과 현미의 외피, 과피, 종피, 호분층의 분해가 쉽게 일어나지 않는 것도 있지만 더 중요한 것은 국과 주모에서 생기는 효소 중에서 액화시키는 데 필요한 전분분해 효소가 미약하여 전분을 액화시키는데 시간이 많이 걸리는 것도 이유 중의 하나이다. 그러나 시간이 지나면서 전분을 당화시키고 알코올을 생성하는 양상은 백미를 사용한 경우와 비슷하여 4일째부터는 알코올의 생성이 증가하여 제 2단계 발효마지막 날에는 급증하는 경향을 보이고 있다.

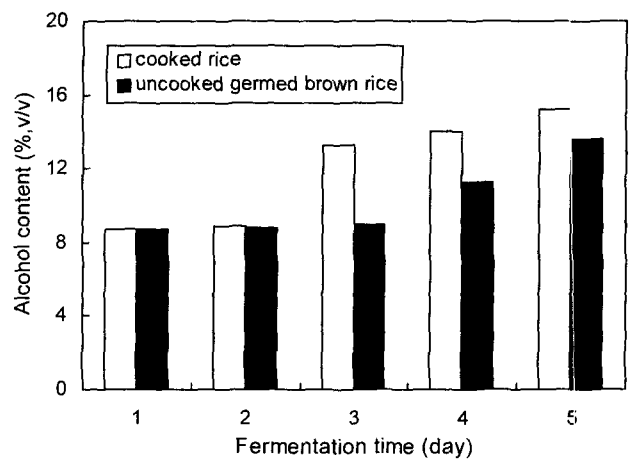


Fig. 2. Alcohol content in Takju mash brewed with cooked rice or uncooked germed brown rice during 2nd fermentation.

대조구의 경우에는 2일까지는 알코올 생성이 미미하지만 발효 3일 경부터 알코올 생성이 급증하여 5일에는 15.2%에 이르고 있다. 보통 제 2차 발효를 시작할 단계에서 알코올 함량은 5~7%정도가 되는데 이것은 제 2차 담금시 각종 원

료를 첨가하여 제 1차 담금에 생성된 알코올 농도가 희석되었기 때문인데 이것이 발효를 시작하여 하루가 지난 후에는 거의 8%내외까지 알코올이 생성된다.

이러한 결과를 검토하면 증미와 발아현미의 차이에서 오는 원료쌀의 구조, 조직상태, 효소의 함유정도 등에 전체적인 알코올 발효상태가 결정되는데 발아할 때 생기는 전분분해 효소의 함량이 영향을 더 미치는 것으로 생각할 수 있다. 따라서 발아현미를 사용할 때 현미조직을 와해할 효소제제(25, 26)를 첨가한다면 알코올 발효는 보다 빨리, 많이 일어날 것으로 생각된다.

**환원당과 당함량의 변화**

막걸리의 발효 형식은 보통 제 1차 발효 후 mash에 함유된 성분은 전분, 전분분해물, 소당류와 이당류, 단당류 등인데 이 과정에서 경시적으로 분해된 당함량이 조금씩 증가한다. 그것은 아직 액화와 당화가 진행 중이기 때문이다. 그러나 제 2차 발효가 진행되면서 전분양은 감소하고 환원당(reducing sugar)을 비롯한 소당류, 이당류 등의 분획 비율이 증가하게 되는 경향을 보이게 된다. 막걸리의 발효과정에서 환원당과 당함량의 변화는 Fig. 3, Fig. 4와 같다.

Fig. 3에 의하면 환원당으로의 전환 정도는 무증자 발아현미를 사용했을 경우가 대조구인 증자미를 사용했을 경우보다 속도가 느린 것을 알 수 있다. 무증자 발아현미를 사용했을 경우 제 1단 담금말기의 mash에는 환원당이 8.6%, 증자미는 15%를 나타내고 있는데 제 2단 담금에서는 증자미의 경우 환원당 함량이 계속 증가하다가 알코올 생성이 최대가 되는 5일째 감소하는 경향을 보이고 있다. 실제 증자미는 증자시 전분의 호화가 일어나 쉽게 amylase작용을 받은 것으로 생각된다.

그러나 무증자 발아현미를 사용한 경우에는 발효 3일째까지 환원당 생성이 완만하다가 4일부터는 많은 양의 환원당이 생기고 있음을 알 수 있다. 이 환원당은 5일 이후(데이터 생

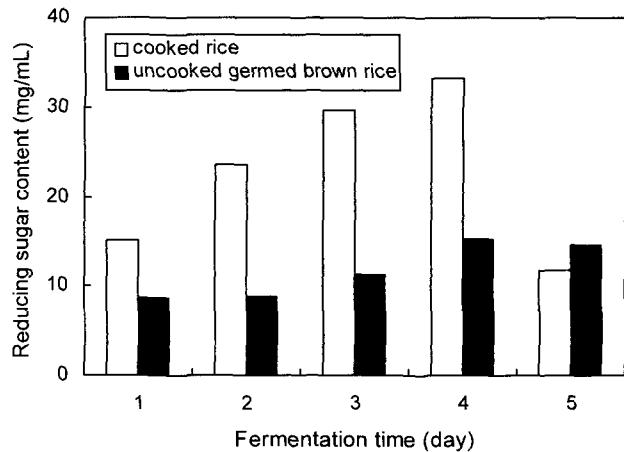


Fig. 3. Reducing sugar content in Takju mash brewed with cooked rice or uncooked germed brown rice during 2nd fermentation.

략) 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 당도변화에서도 비슷하게 관찰되었다.

실제 무증자 발아현미만으로 알코올 발효를 할 경우 환원당 생성은 느리게 일어나므로 증자미를 사용한 경우보다 발효기간을 더 연장하여야 희망하는 알코올 농도에 도달할 수 있을 것으로 생각된다.

당도의 경우에는(Fig. 4) 증자미의 경우 제 2단 담금과정에서 보당(補糖)과 함께 효모에 의한 알코올발효가 진전되어 2일까지 일시적으로 당의 함량이 감소하였으나 그 후에는 알코올발효보다 전분분해에 의한 당생성 속도가 증가하여 점진적으로 당함량이 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 발효가 진행되면서 거의 일정한 속도로 당함량이 감소되는 것으로 미루어 당화보다 알코올 발효가 천천히 진행되고 있음을 짐작할 수 있다.

그러나 무증자 발아현미를 사용한 경우에는 증자미의 경우와 마찬가지로 발효 2일째까지는 당함량이 감소하는 경향을 보였으며 제 2단 담금과정 2일이 지난 후부터는 전분분해에 의한 당생성 속도가 당소모 속도보다 빠르기 때문에 당함량이 증가하였는데 이것은 제 2단 담금 후반기의 경우 당생성 속도에 비해서 알코올발효 자체가 매우 느리게 진행되고 있음을 알 수 있다.

이러한 결과를 분석해 볼 때 무증자 발아현미의 경우 전분분해효소가 많다고 하더라도 무증자미 자체의 단단한 구조 때문에 발효당류가 매우 느리게 생성되고 있음을 암시하고 있다.

**pH와 산도의 변화**

pH와 산도(acidity)의 변화는 발효진행상황을 파악하는데 중요한 요인이다. 일반적으로 효모의 알코올 발효는 mash가 산성 또는 미산성인 경우에 알코올 생성 능력이 좋은 것으로 알려져 있다. 그러나 mash의 액성이 염기경향으로 갈수록 알코올 함량의 생성은 감소하고 그 대신 초산과 글리세롤의 생성이 일어나게 되고 또한 잡균의 오염이 생긴다(27). 따라서 알코올 발효만을 유지하기 위해서는 mash의 액성 조절이

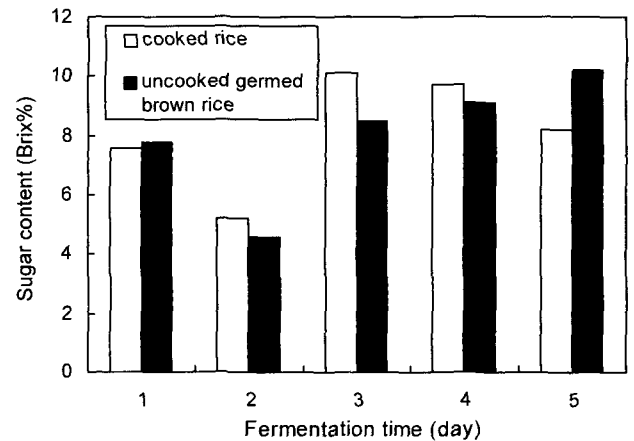


Fig. 4. Sugar content in Takju mash brewed with cooked rice or uncooked germed brown rice during 2nd fermentation.

중요한 것이다.

본 연구에서 분석한 결과(Fig. 5)에 의하면 제 1단 담금초기에는 pH가 3.30정도이었으나 담금말기에는 3.21로 다소 낮아지고 2단 담금직후에도 pH 3.18로 다소 낮아졌으나 발효가 진행되면서 pH는 조금씩 증가하는 경향을 나타내었다. 발효 3일째부터는 무증자 발아현미의 경우가 증자의 경우보다 더 pH가 증가하는 것으로 나타났다. 보통 막걸리 발효 pH는 4.0~4.6 범위인데 본 연구에서는 다소 낮은 pH를 나타내었다. 보통 1단 담금 후 2시간이 경과했을 때 pH가 3.2정도가 되면 정상발효를 하는 것으로 알려져 있다(17).

산도는 산패현상을 조기에 판단하는 자료로 이용될 뿐만 아니라 산도가 낮을 경우 막걸리 맛을 감소시킨다. Fig. 6에 의하면 mash의 산도는 pH변화와 비슷한 경향을 나타내고 있다. 1단 담금초기의 산도는 17.8이었으나(테이타생략) 담금말기에는 증자미와 무증자 발아현미의 경우가 각각 18.2, 18.1로 비슷하게 나타났다. 그러나 2단 담금직후에는(1일째) 증자 또는 무증자 발아현미를 비롯하여 팽화미, 시럽, 곡자 등 때문에 산도가 3.1정도가 되었다.

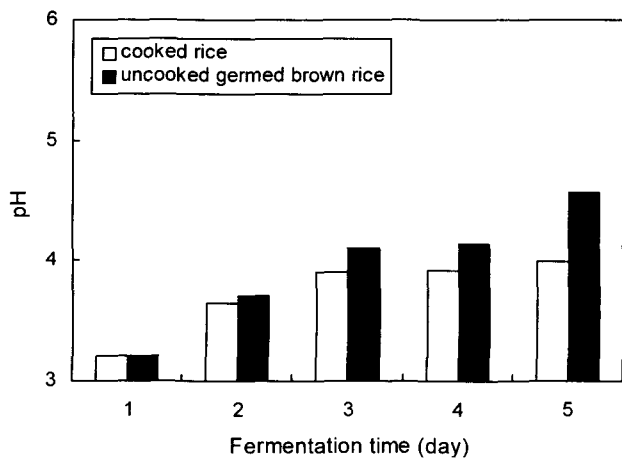


Fig. 5. pH change in Takju mash brewed with cooked rice or uncooked germed brown rice during 2nd fermentation.

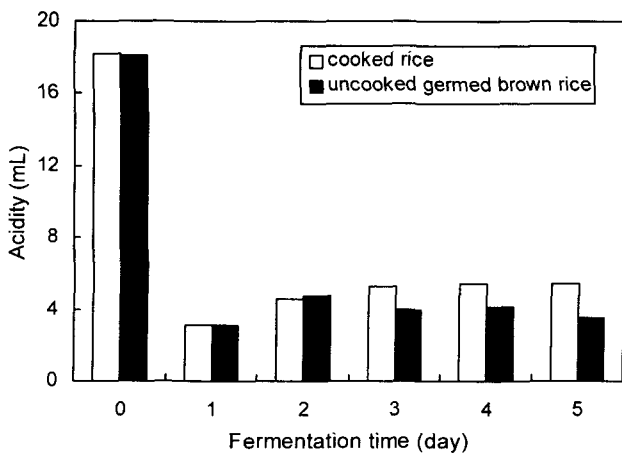


Fig. 6. Acidity change in Takju mash brewed with cooked rice or uncooked germed brown rice during 2nd fermentation.

2단 담금 2일 후에는 pH가 증가하기 시작하는데 증자 또는 무증자 발아현미간의 차이는 크게 나타나지 않았으나 발효가 진행되면서 무증자 발아현미의 경우 산의 생성이 증자미의 경우보다 다소 적게 일어나는 것으로 나타났다.

막걸리 발효경과를 분석한 일반적인 발효형식에 의하면 (18) 1단 직후는 산도가 낮으나 1단 1일째는 많이 증가하고 2단 직후에는 다시 크게 감소하다가 2단 발효가 본격적으로 진행되면 산도가 서서히 증가하는 것으로 본 연구에서 5일동안 나타난 무증자 발아현미의 산도는 다소 낮은 3.5를 보이고 있는데(보통 3.8이상) 이것은 발효상태가 매우 느리게 일어나는 것도 그 이유이지만 발효가 오래도록 서서히 일어남을 확인하였다.

산도의 변화는 pH의 변화와 반드시 일치하는 것은 아니지만 본 연구에서 비슷한 경향을 나타내었다.

효모수의 변화와 품온

효소체제를 첨가하지 않은 상태에서의 효모의 증식은 알코올발효에 매우 중요하다. 효모는 1단 담금시 혼입하여 증식을 피하는데 증식정도에 따라 발효정도가 달라진다. 본 연구에서 증자미와 무증자 발아현미를 사용했을 경우 효모의 증식정도를 보면(Fig. 7) 전체적으로 발효 mash 모두 경시적으로 효모의 수가 증가하는 것으로 나타났다. 증자미와 무증자 발아현미의 경우에 1단 담금말기에 효모수는  $1.5 \times 10^9$ /mL였다. 이 숫자는 보통의 막걸리의 제조시와 비교했을 때 높은 수이다. 이러한 효모증식은 2단 담금과정에서 경시적으로 증가하고 있는데 증자미의 경우가 무증자 발아현미의 경우보다 높은 효모증식을 나타내고 있다. 특히 발효 2~3일 동안에 효모의 증식이 크게 높게 나타나고 4~5일 동안에도 이와 비슷한 증식양상을 나타내었다. 무증자 발아현미의 경우에도 발효 2~3일, 4~5일 기간동안 효모는 크게 증식하였다. 무증자 발아현미의 경우가 증자미의 경우보다 효모증식이 다소 낮은 것은 미생물의 현미전분의 분해 능력이 현미구조 때문에 저하된 것으로 생각되었다.

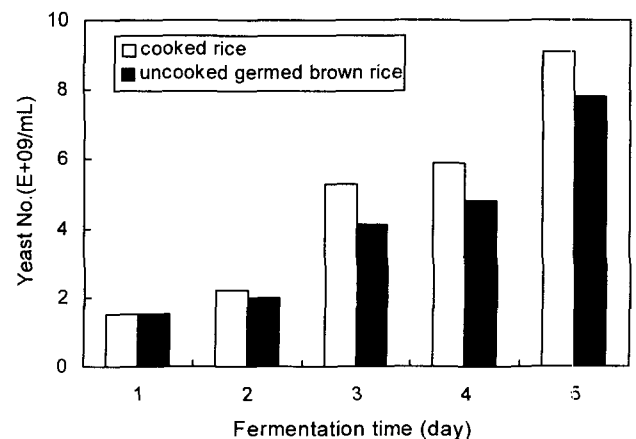


Fig. 7. Total counts of yeast in Takju mash brewed with cooked rice or uncooked germed brown rice during 2nd fermentation.

본 연구에서 관찰한 mash의 온도는 효모의 발효과정을 원활하게 하기 위한 것으로 30°C이상에 도달하면 이상발효가 일어나는 것으로 확인하였다. 따라서 mash의 온도를 30°C이하로 유지하는 것이 중요한 것으로 인식되었다.

본 연구에서는 2단 사입후 품온이 올라가기 시작하여 거의 29°C까지 되었으나 점차 온도가 내려가 4일째부터는 일정한 온도를 유지하여 알코올의 생성 속도를 일정하게 하였다. 발효 3일이후에는 무증자 발아현미와 증자미를 사용한 경우 모두 같은 온도를 유지하였다(Fig. 8).

**Fusel oil과 아미노산 함량**

Fusel oil은 알코올발효과정에서 생기는 이물질로서 알코올이외 isobutyl alcohol과 isoamyl alcohol 등을 말하는데 (18) 숙취와 관련된 acetaldehyde, methyl alcohol, propyl alcohol 등도 함께 분석하였다. 그 결과(Fig. 9) 2단 담금 5일 동안 전체적으로 모든 mash에 fusel oil이 함유되어 있었다. Methyl alcohol을 제외한 알코올류가 알데히드보다 많이 함유되어 있었으며 무증자 발아현미를 사용한 막걸리가 fusel

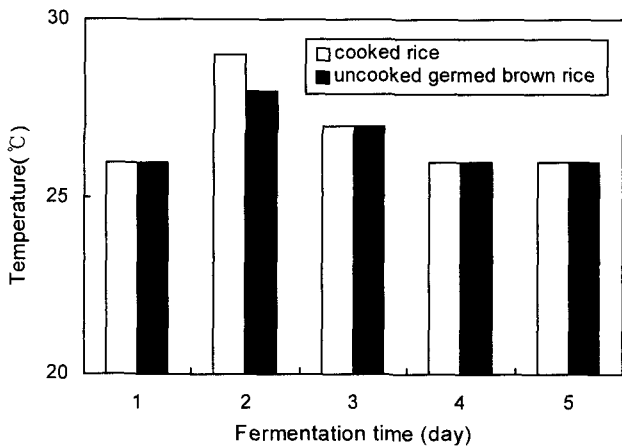


Fig. 8. Broth temperature in Takju mash brewed with cooked rice or uncooked germed brown rice during 2nd fermentation.

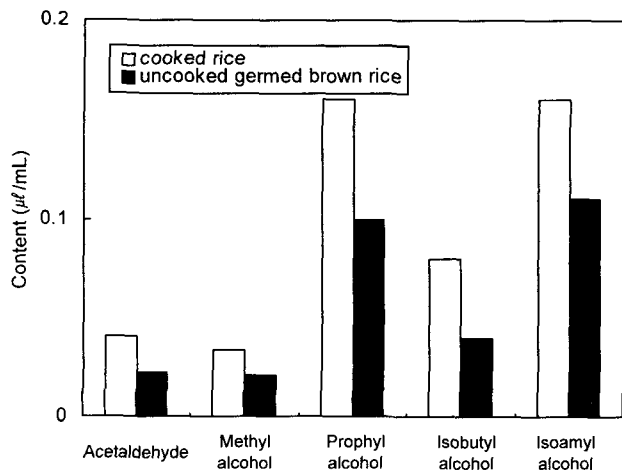


Fig. 9. Comparison of fusel oil contents in Takju mash brewed with cooked or uncooked germed brown rice.

oil 함량에 있어서는 증자미에 비해서 적게 검출되었다.

무증자 발아현미의 경우가 증자미에 비해서 acetaldehyde는 0.56배, methyl alcohol은 0.62배, propyl alcohol은 0.63배, isobutyl alcohol은 0.5배, isoamyl alcohol은 0.69배 정도 적게 함유된 것으로 나타났다.

아미노산의 함량은 원료로 사용된 증자미와 무증자 발아현미의 영양적 가치의 일부를 확인하기 위하여 탁주발효가 끝난 후 체로 거르고 제성한 다음 측정되었다. 그 결과(Table 3) 무증자 발아현미로 제조한 막걸리가 증자미로 제조한 것보다 아미노산 함량이 풍부한 것으로 나타났다. 함량의 차이는 적게는 1.16배에서 많게는 2배이상인 것으로 나타났으며 차이가 많이 나는 것으로는 cysteine, tyrosine, histidine, alanine 등의 순이었다.

**관능 및 기호도 검토**

막걸리의 맛과 향기, 색깔, 신선한 청량감 등은 막걸리의 상품적 가치를 결정하는 중요한 요인인데 막걸리를 제성한 후 관찰한 관능 및 기호도는 정량적 특성조사법에 의해서 도해하였다(Fig. 10). 평가는 제성한 시료 350 mL를 냉장고에 보관하여 마시기 좋게 한 후 탁주공장에 근무하는 종사자와 직접 실험에 참여한 학생 중에서 관능력이 우수하다고 생각되는 사람 20명에게 막걸리맛, 향기, 색깔, 신선한 청량감, 전체기호도 등 품질을 비교하도록 하였다. 막걸리의 관능적 평가는 보통 막걸리 맛, 텁텁한 맛의 존재여부, 상쾌함과 입속에서의 감각 등 종합적인 평가로 품질이 결정된다. 실제 관능검사 후 나타난 결과로는(Fig. 10) 막걸리 맛의 경우 무증자 발아현미로 제조한 막걸리의 맛이 증자미로 제조한 것보다 약 1.3배, 향기는 1.1배, 색깔은 1.1배, 신선한 청량감은 1.5배 좋은 것으로 나타났으며 전체 기호도도 1.3배 더 좋은 것으로 나타났다. 결과적으로 증자미와 무증자 발아현미로 제조한 제품은 유의적인 차이를 나타내었다.

Table 3. Comparison of amino acid contents in Takju mash brewed with cooked rice or uncooked germed brown rice

Amino acid	Cooked rice (mg/100 mL)	Uncooked germed brown rice (mg/100 mL)	Uncooked/ Cooked
Alanine	57.9	101.8	1.76
Arginine	32.9	38.1	1.16
Aspartic acid	9.7	14.2	1.46
Cysteine	2.3	5.1	2.22
Glutamic acid	26.9	42.7	1.59
Glycine	5.4	7.3	1.35
Histidine	31.1	55.4	1.78
Isoleucine	7.5	10.2	1.36
Leucine	38.4	53.6	1.40
Methionine	12.3	17.6	1.43
Phenylalanine	17.0	25.1	1.48
Proline	5.5	9.1	1.65
Serine	10.4	17.0	1.63
Threonine	2.7	3.2	1.19
Tyrosine	19.1	35.4	1.85
Valine	9.8	16.6	1.69

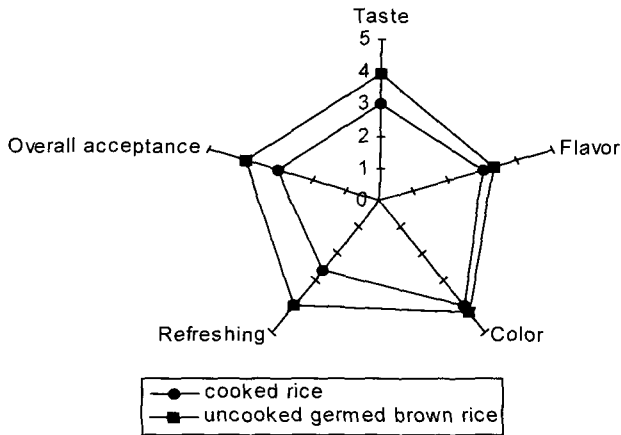


Fig. 10. Sensory characteristics of Takju mash brewed with cooked or uncooked germed brown rice.

요 약

보통 막걸리 제조시 증자미를 사용하고 있는데 이 경우 주질과 술맛, 저장성 등이 만족할 만한 수준은 아니다. 본 연구에서는 증자미 대신 영양가, 맛, 기능성 등이 우수한 발아현미를 이용하여 2단담금으로 제조하여 발효상태를 검토하였다. 그 결과 2단담금에 발아현미를 사용했을 경우에는 증자미에 비해서 알코올은 느리게 생성되었고 환원당도 생성속도가 느리고 함량도 낮은 것으로 나타났다. 또 당도는 느리게 일정한 속도로 증가하였다. pH는 무증자 발아현미의 경우가 증자미의 경우보다 높게 나타났으며 산도는 pH변화와 비슷한 경향을 나타내었다. 효모증식은 무증자 발아현미의 경우가 증자미의 경우보다 다소 낮게 나타났으며 mash의 온도는 발효 3일이후 모두 일정한 온도를 유지하였다. Fusel oil은 무증자 발아현미의 막걸리가 증자미의 막걸리보다 적게 검출되었으며 아미노산 함량은 풍부한 것으로 나타났다. 관능검사에서 무증자 발아현미로 제조한 막걸리의 맛이 증자미로 제조한 것보다 약 1.3배정도, 신선한 청량감은 약 1.5배 정도 좋은 것으로 나타났으나 향기, 색깔 등은 큰 차이를 보이지 않았다. 전체적인 기호도는 무증자로 제조한 막걸리가 증자미의 경우보다 약 1.3배 더 높은 것으로 나타나 무증자 발아현미로 제조한 막걸리의 품질 제고(提高)가 가능함을 보여 주었다.

감사의 글

이 연구는 2002년 울산대학교의 일부 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. 이철호. 1993. 한국 술의 역사. *Bioindustry News* 6: 58-61.
2. Lee J. 1982. Studies on the qualities of Takju with various koji strains. *MS Thesis*. Seoul Woman's Univ., Seoul. p 10-30.
3. Kim CJ. 1963. Studies on the quantitative changes of or-

- ganic acid and sugars during the fermentation of Takju. *Agric Chem Biotechnol* 4: 33-42.
4. Ckeung JH. 1967. Studies on the identification of organic acids and sugars in the fermented mash of the Takju made from different raw materials. *Agric Chem Biotechnol* 8: 39-43.
5. Lee WK, Kim JR, Lee MH. 1987. Studies on the changes in free amino acids and organic acids of Takju prepared with different koji strains. *Agric Chem Biotechnol* 30: 323-327.
6. Lee TS, Han EH Han. 2000. Volatile flavor components in mash of Takju prepared by using *Rhizopus japonicus* Nuruks. *Korean J Food Sci Technol* 32: 691-698.
7. Lee TS, Choi JY. 1998. Volatile flavor components in Takju fermented with mashed glutinous rice and barley rice. *Korean J Food Sci Technol* 30: 638-643.
8. 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.
9. 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.
10. Oh SH, O PS. 1990. Screening and identification of a potent fungus for producing raw corn meal saccharifying enzyme. *Korean J Appl Microbiol Biotech* 18: 547-552.
11. Lee SB, Chang WG, Im BJg, Kim DC. 1969. Studies on chemical components of fermented mash in the brewing of Magerley (Korean wine). *Korean J Microbiol* 7: 153-158.
12. Bae SM. 1999. The superiority of Korean traditional wines and their industrial application methods. *Food Industry and Nutrition* 4: 9-12.
13. 배중호. 1984. 현미주의 제조방법. 대한민국 특허공개 특1984-0001214.
14. 서항원, 오영수, 권호정. 1988. 효소를 이용하여 무증자 전분으로부터 알코올을 제조하는 방법. 대한민국 특허공개 특1988-0002189.
15. 자연나라. www.jayeunnara.co.kr.
16. Jeong JT. 1998. Studies on ethanol fermentation using uncooked rice for soju production. *MS Thesis*. Yonsei Univ, Seoul. p 12-38.
17. Lee SA, Park HD. 1995. Effect of ground rice particle size on the brewing of uncooked rice Takju. *Korean J Post-Harvest Sci Technol Agri Products* 2: 269-276.
18. 배상면. 1988. 전통주 제조기술. 국순당 부설 효소연구소, 서울. p 141-160.
19. 배중호. 1988. 보리 또는 밀을 무증자하여 주정을 만드는 방법. 대한민국 특허공개 특1988-0000454.
20. 임건우. 2000. 무증자 발효법에 의한 증류식 소주 및 약주의 제조 방법. 대한민국 특허공개 특2000-0028347.
21. Sea MJ, Ryu SR. 2002. Improvement of Cheongju manufacturing process using gelatinized rice and zeolite. *Korean J Food Sci Technol* 34: 6120-616.
22. Shon SK, Rho YH, Kim HJ, Bae SM. 1990. Takju brewing of uncooked rice starch using *Rhizopus koji*. *Korean J Appl Microbiol Biotech* 18: 506-510.
23. Piggot JR. 1984. *Sensory analysis of foods*. Elsevier Applied Science Publishers, London.
24. Song JC, Park HJ. 2000. *Physical, functional, texture and rheological properties of foods*. UUP, UOU, Ulsan. p 639.
25. 한정섭. 1988. 효소를 이용하여 무증자 전분으로부터 알코올을 제조하는 방법. 대한민국 특허공개 특1988-0002189.
26. 김중득. 1994. 생전분 당화 및 무증자 알콜발효방법. 대한민국 특허공개 96-1114.
27. 류근태, 박미연, 배정설, 조남철. 2002. 식품미생물학. 삼광출판사, 서울. p 241.

(2003년 4월 11일 접수; 2003년 8월 5일 채택)