

## 생전분 분해효소를 이용한 현미의 초산발효조건에 따른 성분변화

신진숙 · 정용진<sup>†</sup>

계명대학교 식품가공학과

### Changes in the Components of Acetic Acid Fermentation of Brown Rice Using Raw Starch Digesting Enzyme

Jin Suk Shin and Yong-Jin Jeong<sup>†</sup>

Dept. of Food Science and Technology, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

#### Abstract

This study was performed to establish the fermentation method of non-steamed brown rice vinegar using starch saccharifying enzyme. During vinegar fermentation, initial pH had increased in the higher concentration of alcohol and acetic acid. Final pH was gradually changed to pH 2.90~3.44 from 3.44~4.06. The higher total acidity of brown rice vinegar resulted from the higher alcohol concentration. The total acidity was slightly dropped after gradually increasing from the starting of fermentation. Initial pH was decreased from 3.67 to 3.16. The total acidity was gradually increased from the first day of fermentation with 1.02, it was 1.54 on the second day after fermentation and there was a tendency to decreased after the highest values with 6.53 fermentation for 12 days. In organic acid composition, oxalic, malic, acetic, citric, and succinic acid were detected. The total free amino acid was decreased to 1,121 mg%. The major amino acids were  $\gamma$ -aminobutyric acid,  $\alpha$ -amino adipic acid and alanine, and  $\gamma$ -aminobutyric acid was the highest (539 mg%). The mineral contents such as P and K was high in sample and followed by Mg, Na, Ca.

**Key words:** digesting enzyme, brown rice, acetic acid, non-steamed vinegar

#### 서 론

쌀(*Oryza sativa* L.)은 우리 나라를 비롯한 아시아, 아프리카와 라틴아메리카 지역의 주식으로 이용되고 있으며, 특히 아시아 지역에서는 하루 섭취 열량의 절반 이상을 쌀로부터 섭취하고 있는 것으로 알려져 있다(1). 현미의 겨층에는 단백질, 지질, 인, 철, 식이섬유 및 비타민 등의 영양성분 함량이 매우 높으며, 배아에 다량 존재하는 단백질에는 곡류에 부족한 필수 아미노산인 lysine을 다량 함유하고 있다(2). 특히 현미의  $\gamma$ -aminobutyric acid(GABA)는 비단백태 아미노산으로 동물의 경우 중추신경계의 주된 억제성 신경전달물질로서 잘 알려져 있으며, 뇌세포의 대사기능향진(3), 혈압강하 및 통증완화 등에도 효과가 있고(4), prolactin의 분비와 성장호르몬의 분비 조절에도 관여하여 약리적으로 매우 관심이 높은 물질로 알려져 있다(4). 그러나 현미의 영양성분은 도정도가 높아짐에 따라 양적 감소뿐만 아니라 영양성분 및 생리활성물질의 감소를 초래한다(5,6).

알콜생산을 위한 전분질 원료의 전처리 방법 즉, 당화방법에는 전분을 호화 후 당화하는 방법과 증자하지 않고 생전분 분해효소를 이용하는 방법으로 구분할 수 있다(7). 최근 생

전분 분해효소를 이용하여 증자과정없이 알콜발효를 함으로써 제조공정의 단순화, 알콜수율의 증가 및 증자에 따른 에너지의 절감 효과를 얻을 수 있으며, 또한 쌀에 존재하는 열에 불안정한 효소, 단백질 및 비타민류 등의 변성 및 파괴를 최소화 할 수 있어 주질면에서 상당한 차이가 있을 것으로 기대된다.

옛부터 우리 민족은 식초를 조미료로 뿐만 아니라 건강식품 등으로 다양하게 이용하여 왔다. 전분질, 과일 등의 원료를 알콜발효 및 초산발효시켜 얻는 양조식초에는 원료에 따라 곡물식초, 알콜(주정)을 희석하여 무기염 등을 혼합하여 초산발효시켜 생산되는 양조식초, 과즙 30%정도를 첨가한 과일식초 등이 있다(8). 1990년대부터는 첨가물을 전혀 사용하지 않고 순수한 과일만 원료로 생산되는 등 식초시장의 고급화 추세가 시작되었으며, 유명 외국산 식초 수입에 대처하기 위해서 다양한 식초의 개발을 통한 신수요 창출이 요구되고 있다(9). 현미식초의 경우 곡물식초로 분류되어 곡물사용량의 4% 이상, 총산 4~29로 규정하고 있다(8). 시판되는 현미식초는 원료사용량과 제조방법이 다양하여 최종 제품의 품질에 큰 차이가 있으며(10), 재래적인 병행발효법에 따라 제조할 경우 장기간의 비위생적인 발효과정을 거침으로 이

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: yjjeong@kmu.ac.kr  
Phone: 82-53-580-5557. Fax: 82-53-580-5162

미, 이취의 발생 및 수율이 낮아 대량생산시 많은 문제점이 제기되고 있다. 하지만 현재까지 식초에 대한 연구는 주로 발효균주 및 기존의 제조방법 등에 국한되어 있고(11,12), 현미식초의 품질향상 및 대량생산에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 생전분 분해효소를 이용한 비열처리 생식초 제조 방법을 확립하고 현미식초의 성분변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 현미(일품벼)는 2001년도 경북 상주지방의 일반계 현미를 구입하였으며, 생전분 분해 효소제는 starch saccharifying enzyme(Daiwa kasei Co., Japan, Lot P8AB665)으로 효소역가는 30,000 unit/g이었다.

### 주모 및 종초의 배양

현미분말 100 g에 수돗물 200 mL와 효소제 0.34%(w/w)를 첨가하고 50°C에서 24시간 진탕하여 당화한 후 여과액을 121°C 15분간 살균하고 *Saccharomyces kluyveri* DJ97(KCTC 8842P)을 접종하여 30°C에서 50 rpm으로 24시간 배양하여 5%(v/v)를 주모로 사용하였으며, 종초는 현미알콜발효액을 여과한 후 알콜함량을 6%로 희석하여 *Acetobacter pasteurianus* KFC 819(KCTC 10173BP)를 접종하고 30°C에서 200 rpm으로 120시간 배양하여 5%(v/v)를 접종하여 사용하였다.

### 초기알콜농도가 초산발효에 미치는 영향

현미 알콜발효액(술덧)을 여과하여 알콜함량 4, 5, 6, 7, 8 및 10%로 희석한 후 초기산도를 1로 조절하여 30°C에서 200 rpm으로 배양하였으며, 분석용 시료는 2일 간격으로 8,000 rpm에서 15분간 원심분리 후 상등액을 사용하였다.

### 초기산도가 초산발효에 미치는 영향

현미발효액의 알콜농도를 6%로 희석한 후 초기산도를 0.5, 1.0, 1.5 및 2.0으로 조절하여 30°C에서 200 rpm으로 배양하였으며, 분석용 시료는 2일 간격으로 8,000 rpm에서 15분간 원심분리 후 상등액을 사용하였다.

### 생전분 분해효소를 이용한 현미식초제조

생전분 분해효소를 이용한 현미알콜발효는 중심합성계획법에 따라 최적화된 조건 즉, 40 mesh 현미분말 1 kg에 생전분 분해 효소 34 g, 수돗물 3,500 mL를 가하고 주모 5%(w/v)를 접종하여 30°C에서 50 rpm으로 60시간 배양하였다. 초산발효는 알콜발효 후 여액의 알콜농도를 7%로 희석하여 초기산도 1로 조절한 후 30°C에서 200 rpm으로 배양하면서 2일 간격으로 성분 분석을 하였다.

### pH 및 총산

pH는 시료 10 mL를 취하여 pH meter(Metrohm 691,

Swiss)로 측정하였으며, 총산은 0.1 N NaOH용액으로 중화 적정하여 초산으로 환산하였다(13).

### 수율

식초의 수율은 발효 초기의 알콜농도에 따른 이론적인 초산 생성량에 대한 순수 초산 생성량을 백분율로 나타내었다(13).

초산수율(%) =

$$\left[ \frac{\text{최종산도}(\%, \text{w/v}) - \text{초기산도}(\%)}{\text{초기알콜농도}(\%, \text{v/v}) \times 1.304} \right] \times 100$$

### 유기산

유기산은 먼저 발효액을 hexane으로 유지성분을 제거하고 sep-pak C<sub>18</sub> cartridge로 색소 및 단백질성분을 제거한 후 0.45 µm membrane filter로 여과하여 high performance liquid chromatograph(HP 2690, Waters Co. USA)를 사용하여 분석하였으며(14), column은 µ-Bondapak C<sub>18</sub>(Waters Co.)을 이용하여 10 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>(pH 2.32)을 이동상(flow rate 0.6 mL/min)으로 UV detector(210 nm)를 이용해서 분석하였다.

### 유리아미노산

유리아미노산은 시료에 75% 에탄올(v/v) 용액을 가하여 80°C로 유지되는 수욕조에서 1시간동안 환류냉각시키면서 유리아미노산을 추출하였다. 추출액은 냉각, 여과, 감압농축시켜 증류수로 100 mL되게 정용한 후 이중 50 mL를 취하고 여기에 25% trichloroacetic acid(TCA) 용액을 동량 가하여 1시간 동안 냉장 보관하면서 단백질을 침전시킨 다음 원심분리(3,000 rpm, 20 min)하였다. 상등액을 감압하에 농축건고시킨 다음 lithium citrate buffer(pH 2.2)에 용해시키고 0.22 µm membrane filter로 여과한 여액을 amino acid autoanalyzer(LS 8800, Pharmtek, Japan)를 이용해서 분석하였다(14).

### 무기질

무기성분의 분석은 시료를 50배 희석한 후 시험용액으로 하였으며, 측정시 각각의 표준용액은 1,000 ppm의 standard 용액을 1, 10, 100 ppm으로 희석하여 Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometer(JY38S, Jobin-Yvon, France)를 사용하여 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 초기알콜농도가 초산발효에 미치는 영향

**pH 및 총산함량의 변화**: 초산발효시 초기알콜농도가 초산 생성량에 미치는 영향을 조사한 결과 Fig. 1과 같다. pH는 발효초기 3.49~4.0으로 발효가 진행됨에 따라 점차 감소하여 총산이 최고치를 나타낸 시점에서 2.90~3.03으로 가장 낮게 나타난 후 발효가 진행될수록 알콜농도 4~7%에서는 증가하는 경향이었으나, 알콜농도 8%와 10%에서는 감소하는 경향으로 나타났다. 총산은 모든 구간에서 발효 1일부터 서

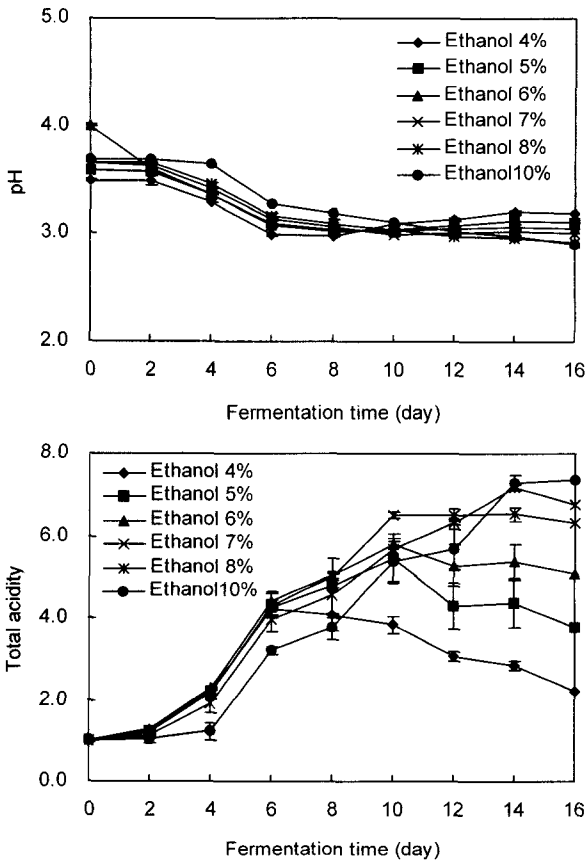


Fig. 1. Effect of initial alcohol content on pH (top) and total acidity (bottom) during vinegar fermentation of brown rice.

서히 증가하여 발효 4일과 6일 사이에서 가장 큰 증가의 폭을 나타내었다. 또한 알콜농도 4%에서는 발효 6일에 총산 4.23으로 최고치를 나타내었고, 알콜농도 5%와 6%에서는 발효 10일에 각각 총산 5.46, 5.79, 알콜농도 7%와 8%에서는 발효 14일에 각각 총산 6.50, 7.18, 알콜농도 10%에서는 발효 16일에 7.28로 최고치를 나타낸 후 모든 구간에서 감소하는 경향이였다. Kim 등(15)은 매실식초를 제조할 때 알콜함량 8% 이상에서는 총산의 증가가 적었으며, 알콜 6%가 가장 효과적이었다고 보고한 바 있고, Kim(16)의 무화과 식초제조에서는 알콜 8~9%에서 총산 7.08~7.56의 초산발효액을 얻을 수 있었다고 보고하였고, Park 등(17)은 고농도알콜 내성 초산균을 이용하였을 때 초산발효 20일에 총산이 9에 도달하였다고 보고한 바 있다. 이러한 알콜함량에 따른 총산함량의 차이는 시료 및 발효 균주에 따라 차이가 심한 것으로 생각되며, 본 실험에 사용된 *A. pasteurianus* 균주도 7~8%의 알콜농도에 비교적 내성이 있는 초산균임을 알 수 있었다.

**초산수율 :** 초기알콜농도가 초산수율에 미치는 영향은 구간별 총산함량이 가장 높은 수치를 나타내는 시점에서 수율을 조사하였으며 그 결과 Fig. 2와 같다. 알콜농도 4, 7 및 8%에서 각각 54, 58 및 54%로 나타났으며, 알콜농도 5%와 6%에서 각각 68%, 61%의 높은 수율로 나타났다. 그러나 알콜함량 10%에서는 33%로 가장 낮게 나타났다. Kim 등(15)

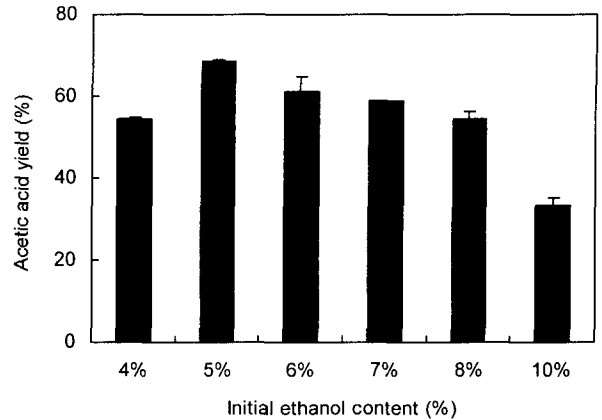


Fig. 2. Effect of initial alcohol content on the vinegar fermentation of brown rice.

은 매실식초제조시 알콜함량 8%이상에서 산도의 증가가 적어 알콜 6%가 가장 효과적이었다는 보고와 같이 본 실험의 초기 알콜함량은 5~6%에서 초산수율 60%이상으로 초산발효에 효과적임을 알 수 있었다.

**초기산도가 초산발효에 미치는 영향**

**pH 및 총산함량의 변화 :** 초기산도가 초산발효에 미치는 영향을 조사하기 위해 현미 알콜발효액을 여과 후 초기 알콜농도를 6%로 조정하여 초기산도를 0.5, 1.0, 1.5 및 2.0으로 조절한 후 30°C에서 10일간 배양하였으며, 그 결과 Fig. 3과 같다. pH는 발효초기 각각 4.06, 3.77, 3.57 및 3.44로 나타났으나, 발효가 진행됨에 따라 점점 감소하여 총산함량이 각각 최고치를 나타낸 발효 6일과 8일에 3.07, 3.05, 3.02 및 3.44로 모두 감소하였으며, 그 후 발효가 진행될수록 증가하는 경향이였다.

총산은 모두 발효 1일부터 서서히 증가하여 초기총산 0.5에서는 발효 8일에 4.78로 최고치를 나타내었고, 1.0, 1.5, 2.0에서는 발효 6일에 총산이 5.88, 5.79, 5.21로 최고치를 나타낸 후 감소하는 경향이였다. Kim 등(18)은 보리식초제조시 초기산도가 증가할수록 초산발효의 유도기가 길어지므로 2%로 조절하는 것이 적당하다고 보고 하였고, Oh(19)의 배를 이용한 식초제조시 초기산도 0.5 및 1.0에서 산막유해균의 오염으로 초산발효가 잘 진행되지 않았으나 초기산도 2 이상에서는 발효가 잘 진행되었으며 총산의 차이는 없었다고 보고된 바 있다. 본 실험의 결과에 의하면 초기산도가 초산발효를 저해하지 않는 것으로 나타났으며, 유도기 없이 발효 1일째부터 총산이 증가한 것은 종초의 배양방법에 따른 차이로 생각된다.

**초산수율 :** 초산발효시 초기산도가 초산수율에 미치는 영향은 각 구간별 총산함량이 가장 높은 시점에서 수율을 조사하였으며, 그 결과 Fig. 4와 같다. 초기총산 1.0에서 62%, 0.5, 1.5, 및 2.0에서 각각 45, 54, 및 41%로 초기총산 1.0에서 가장 높은 수율로 나타났다. Jeong 등(20)의 감식초제조시 초기산도를 1로 조절할 때 발효 수율이 우수하였다는 보고와 일치

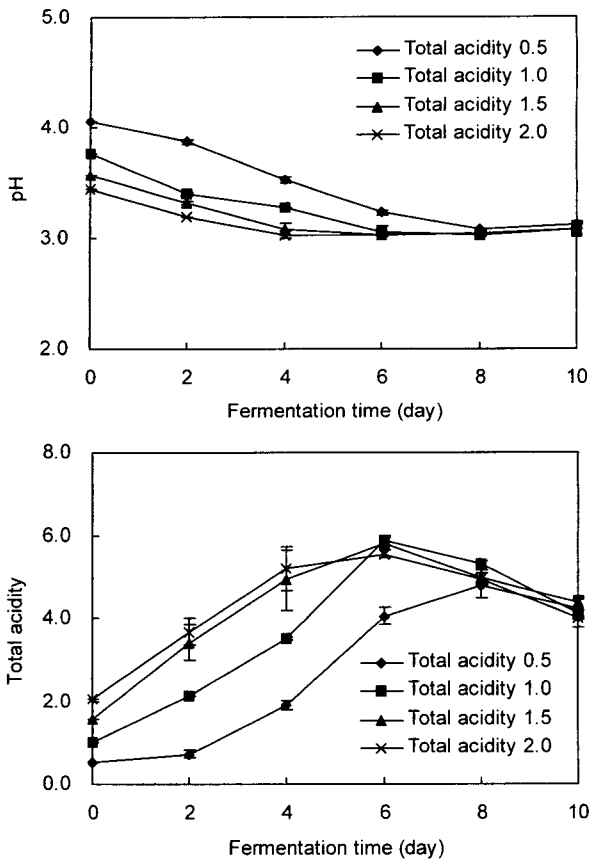


Fig. 3. Effect of initial total acidity on pH (top) and total acidity (bottom) during vinegar fermentation of brown rice.

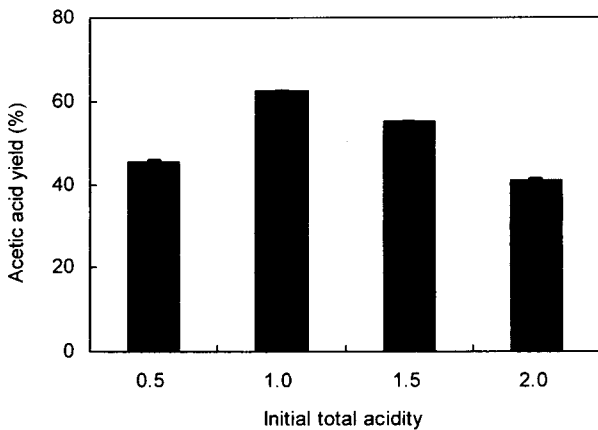


Fig. 4. Effect of initial total acidity content on the vinegar fermentation of brown rice.

하는 것으로 나타났다.

생전분 분해효소를 이용한 현미식초의 품질변화

**pH 및 총산의 변화:** pH 및 총산을 조사한 결과는 Fig. 5와 같으며, pH는 발효초기 3.67에서 발효가 진행됨에 따라 점차 감소하는 경향이었으며 발효 14일에 3.16으로 나타났다.

총산은 발효초기 1.02로 발효가 진행됨에 따라 서서히 증가하여 발효 2일에 1.54, 발효 12일에 6.53으로 가장 높은 수치를 나타낸 후 감소하는 경향이였다. Jeong 등(21)의 2단계 발효에 의한 현미식초제조에서 pH가 3.34, Seo 등(22)의 감자식초제조시 3.02, Moon 등(23)의 현미식초에서 2.55~3.24로 보고된 바 있으며, 본 실험의 pH 범위와 유사하였다. 또한 Moon 등(23)의 식초종류별 총산은 양조식초 5.44~5.70, 사과식초 6.03~6.11, 현미식초 3.65~6.12로 보고되었으며, Jeong 등(21)의 현미 증자 후 2단계 발효에 의한 현미식초제조시 총산이 5.78로 보고된 바 있으나, 본 실험의 총산 범위보다 낮은 함량이므로 생전분 분해효소를 이용한 현미식초제조에 따른 어려움은 없을 것으로 생각된다.

**유기산 함량의 변화:** 초산발효 중 유기산 함량의 변화는 Table 1과 같다. 유기산은 oxalic, malic, acetic, citric 및 succinic acid가 검출되었으며, acetic acid가 가장 높은 함량으로 나타났다. Oxalic acid는 발효초기 40.01 mg%로 발효가 진행됨에 따른 큰 변화는 없었으며, malic acid 함량은 발효초기 121.28 mg%로 발효가 진행됨에 따라 증가하는 경향으로 나타났다. Acetic acid는 발효초기 1,854.33 mg%로 발효가 진행

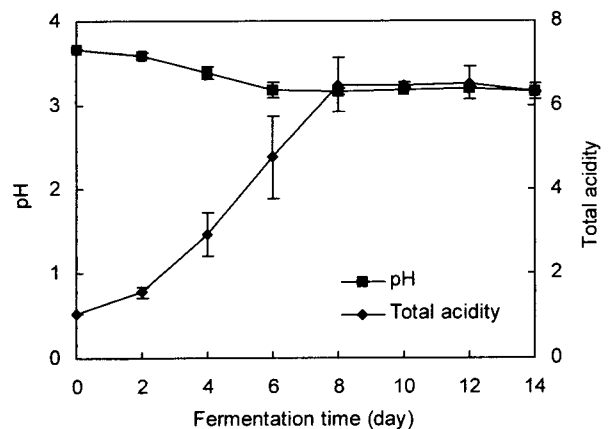


Fig. 5. Changes of total acidity and pH during acetic acid fermentation.

Table 1. Changes of organic acid content during acetic acid fermentation of the non-steamed brown rice

Organic acid	Fermentation time (day)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	
Oxalic acid	40.01	40.87	42.00	42.59	41.41	42.84	43.84	42.31	
Malic acid	121.28	130.57	124.94	145.17	146.24	151.33	150.51	151.18	
Acetic acid	1854.33	2221.43	3541.01	5212.20	6353.21	6675.88	6711.07	6595.41	
Citric acid	411.32	456.03	464.77	419.09	482.11	517.81	541.41	385.89	
Succinic acid	86.01	88.69	94.88	68.18	117.64	123.64	132.78	66.43	
Total	2,512.95	2,937.59	4,267.6	5,887.23	7,140.61	7,511.5	7,579.61	7,241.22	

됨에 따라 서서히 증가하는 경향이었으며, 발효 12일에 6,711.07 mg%로 최고치를 나타낸 후 감소하였다. Citric 및 succinic acid는 발효초기 각각 411.32와 86.01 mg%로 발효가 진행됨에 따라 증가하는 경향이었으며, 발효 12일에 citric 및 succinic acid 함량이 각각 541.41, 132.78 mg%로 가장 높게 나타난 후 감소하였다. 조(10)의 현미식초의 주된 유기산은 acetic, tartaric, malic, lactic 및 succinic acid로 보고하였으나, 본 연구에서는 lactic acid는 검출되지 않았으나 citric acid가 검출되었으며 acetic acid 다음으로 높은 함량으로 나타났다. 심(24)의 식초의 유기산은 체내대사에 관여하여 TCA cycle을 도와준다고 보고된 바와 같이 현미식초는 초산을 비롯한 다

량의 유기산 등이 체액을 산성으로 하는 젖산 등의 생성을 방지 및 분해시키는데 도움을 줌으로써 인체대사에 촉진적 역할을 할 수 있을 것으로 생각된다.

**유리아미노산 함량**: 초산발효 중 유리아미노산 조성은 Table 2와 같다. 아미노산은 원료에서 유리하지만 초산발효 중 총 유리아미노산은 1,121.09 mg%였다. 유리아미노산 중  $\gamma$ -aminobutyric acid(GABA),  $\alpha$ -aminoadipic acid, alanine 이 주된 아미노산으로 그 함량은 각각 539.05, 115.03, 59.85 mg%로 나타났다. 또한 아미노산 중 필수아미노산은 threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, lysine의 7종이 검출되었고 그 함량은 182.25 mg%로 나타났다. Jeong 등(21)의 2단계발효에 의한 현미식초제조시 필수 아미노산함량은 73.72 mg%,  $\gamma$ -aminobutyric acid는 34.66 mg%보다 본 실험의 생전분 분해효소를 이용한 현미식초에서 매우 높은 함량으로 나타났다. Moon 등(23)에 따르면 시판 현미식초의 필수아미노산 함량은 16.35~228.22 mg%로 제조법에 따라 함량차이가 크다는 보고가 있었고, Seo 등(22)의 초산균에 따른 감자식초는 필수아미노산이 7.60~10.27 mg%로 초산발효균주에 따른 차이는 없었다고 보고한 바와 같이 본 실험의 필수아미노산함량과의 차이는 원료처리방법에 따른 것으로 생각된다. 또한 Oh and Choi(25)의 발아 현미 생산시 키토산 처리는  $\gamma$ -aminobutyric acid의 생성을 증진시킨다고 보고된 바 있고, 키토산 처리에 의해 GABA 함량이 증진된 배추첨가 식이는 만성적인 알콜섭취로 인해 증가된 쥐간 중의 triglyceride 및 총지질 함량을 유의적으로 낮추어 준다는 보고(26)와 식물세포내 GABA 생성체계에는 glutamic acid, glutamate decarboxylase, 칼슘, 칼모둘린 등의 여러 인자가 관련되어 있는 것으로 확인된 바 있다(27-29). 따라서 본 실험에서  $\gamma$ -aminobutyric acid함량이 유리아미노산 중 가장 높게 나타나 현미식초의 생리활성 물질로 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 쌀에 부족하기 쉬운 lysine, 감칠맛과 관련된 glutamic acid가 다량 함유되어 있어 식품 조리시 그 품질 향상에 기여할 것으로 기대된다.

**무기질 함량**

무기질 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 현미식초의 미량성분 중 P와 K함량이 각각 535.15, 523.80 ppm으로 가장 높았으며, 다음으로 Mg이 263.56 ppm, Na는 125.49 ppm으로 나타났다. Jeong 등(21,30,31)의 2단계 발효법에 의한 현

**Table 2. Free amino acid composition of the non-steamed brown rice vinegars**

Free amino acid	Content (mg%)
Phosphoserine	3.72
Taurine	14.90
Phosphoethanolamine	0.18
Urea	1.22
Aspartic acid	3.14
Hydroxyproline	2.44
Threonine	16.01
Serine	12.75
Asparagine	13.66
Glutamic acid	33.07
Glutamine	ND
Sarcosine	1.08
$\alpha$ -Aminoadipic acid	115.03
Proline	25.57
Glycine	24.58
Alanine	59.85
Citulline	0.55
$\alpha$ -Aminobutyric acid	0.47
Valine	42.62
Cystine	0.66
Methionine	8.85
Cystathionine	3.94
Isoleucine	12.00
Leucine	31.90
Tyrosine	23.63
Phenylalanine	33.45
$\alpha$ -Alanine	1.43
$\alpha$ -Aminoisobutyric acid	2.10
$\gamma$ -Aminobutyric acid	539.05
DL-Allohydroxylysine	0.37
Ornithine	24.18
Lysine	37.42
1-Methylhistidine	ND
Histidine	9.21
3-Methylhistidine	0.41
Anserine	ND
Carnosine	0.37
Arginine	21.28
TA <sup>2)</sup>	1,121.09
EA <sup>3)</sup>	182.25

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

<sup>2)</sup>TA: Total amino acid.

<sup>3)</sup>EA: Essential amino acid (Thr+Val+Met+Ile+Leu+Phe+Lys).

**Table 3. Mineral composition of the non-steamed brown rice vinegars**

Mineral	Content (ppm)
Ca	trace
P	535.15±0.36 <sup>1)</sup>
Mg	263.56±0.76
K	523.80±0.45
Na	125.49±0.08
Total	1,322.51

<sup>1)</sup>Values are mean±SD (n=3).

미식초의 K, Na 함량이 179.0, 14.8 ppm으로 나타났으며, 과실식초의 K 함량 436~871, Na 함량 11.62 ppm으로 본 실험의 생전분 분해효소를 이용한 현미식초의 함량이 높게 나타났다. 이러한 결과는 원료 및 시료처리방법에 따른 차이로 생각되며 본 실험의 생전분 분해효소를 이용한 현미식초에는 유기산을 포함한 각종 무기질 함량이 매우 풍부한 것으로 나타났다.

## 요 약

본 연구에서는 생전분 분해효소를 이용한 비열처리 현미식초 제조방법 확립과 초산발효 중 성분변화를 조사하였다. 초기 알콜농도별, 초기 산도별로 각각 실험한 결과 pH는 초기 알콜농도별 실험치와 초기 산도별 실험치 모두 발효 초기 3.44~4.06에서 발효가 진행됨에 따라 점점 감소하여 총산이 가장 높은 수치를 나타낸 시점에서 각각 2.90~3.44로 가장 낮은 수치를 나타낸 후 증가하는 경향이였다. 총산은 알콜농도가 높을수록 총산함량도 각각 4.23, 5.46, 5.79, 6.50 및 7.18로 점점 높게 나타났으며, 초기 산도별 실험에서는 모두 발효 1일째부터 서서히 증가하여 각각 4.78, 5.88, 5.79 및 5.21로 최고치를 나타낸 후 감소하는 경향이였다. 초산 수율은 알콜농도 5%와 6%에서 60%이상으로 높게 나타났으며, 초기 산도 1.0에서 62%로 가장 높게 나타났다. 또한 초산발효과정 중 성분변화를 조사한 결과 pH는 발효초기 3.67에서 발효가 진행됨에 따라 점점 감소하여 3.16으로 나타났으며, 총산은 발효초기 1.02로 발효 1일째부터 총산이 서서히 증가하여 발효 2일에 1.54, 발효 12일에 6.53으로 가장 높은 수치를 나타낸 후 감소하는 경향이였다. 유기산 조성은 oxalic, malic, acetic, citric 및 succinic acid가 검출되었으며, 유기산 중 acetic acid가 가장 높은 함량으로 나타났다. 유리아미노산은 1,121.09 mg%이었으며,  $\gamma$ -aminobutyric acid,  $\alpha$ -amino adipic acid, alanine이 주된 아미노산으로 나타났으며, 특히  $\gamma$ -aminobutyric acid는 539.05 mg%로 아미노산중에서 가장 높은 함량으로 나타났다. 무기질함량은 P와 K함량이 유사하게 높은 함량으로 나타났으며, 다음으로 Mg, Na, Ca순으로 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 계명대학교 전통미생물자원개발 및 산업화연구센터(RRC)의 지원에 의하여 수행된 결과의 일부이며 연구비 지원에 감사드립니다.

## 문 헌

1. Juliano BO. 1985. Production and utilization of rice. In *Rice, Chemistry and Technology*. 2nd ed. Am Assoc Cereal Chem, St. Paul, MN. p 1-7.
2. 이현유. 1995. 쌀관련 식품의 생리활성 기능과 산업화의 과제.

- 인제식품과학포럼논집. p 43-84.
3. Nakagawa K, Onoto A. 1996. Accumulation of  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) in the rice germ. *Food Processing* 31: 43-46.
  4. Krogsgaard-Larsen P. 1989. GABA receptors. In *Receptor Pharmacology and Function*. Williams M, Glennon RA, Timmermans PMWM, eds. Marcel Dekker, Inc., New York. p 349-383.
  5. Toshimi A, Aiko O, Megumi A, Megumi Y. 1970. Characteristics of edible rice bran oil. *Shokuryo Kenkyujo Hokoku* 25: 37-43.
  6. 이창호. 1998. 현미의 기능성. *식품기술* 11: 3-6.
  7. Park KH, Oh BH, Hong SS, Lee KH. 1984. Production of alcohol from starch without cooking. *J Korean Agric Chem Soc* 27: 198-204.
  8. 한국식품공업협회. 2000. 식품공전. 식품의약청. p 382-383.
  9. Jeong YJ, Lee MH. 2000. A view and prospect of vinegar industry. *Food Industry and Nutrition* 5: 7-12.
  10. 조병희. 1987. 시판 식초의 품질특성에 관한 연구. 석사학위, 서울여자대학교.
  11. Kim SD, Jang KS, Kim MK. 1994. Fermentation of apple vinegar in the farmhouse. *J East Asian Soc Diet Life* 4: 75-86.
  12. Kim SD, Lee JS, Kim MK. 1994. Fermentation of acidic beverage with dropped peach. *J East Asian Soc Diet Life* 4: 135-146.
  13. Jeong YJ, Lee GD, Kim KS. 1998. Optimization for the fermentation condition of persimmon vinegar using response surface methodology. *Korean J Food Sci Technol* 5: 1203-1208.
  14. Jeong YJ, Seo JH, Jung SH, Shin SR, Kim KS. 1998. The quality comparison of uncleaned rice vinegar by two stages fermentation with commercial uncleaned rice vinegar. *Korean J Postharvest Sci Technol* 5: 374-379.
  15. Kim YD, Kang SH, Kang SK. 1996. Studies on the acetic acid fermentation using Maesil juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 695-700.
  16. Kim DH. 1999. Studies on the production of vinegar from fig. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 53-60.
  17. Park KS, Chang DS, Cho HR, Park UY. 1994. Investigation of the cultural characteristics of high concentration ethanol resistant *Acetobacter* sp. *J Korean Soc Food Nutr* 23: 666-670.
  18. Kim HJ, Park SH, Park CH. 1985. Studies on the production of vinegar from barley. *Korean J Food Sci Technol* 17: 350-354.
  19. Oh YJ. 1992. A study on cultural conditions for acetic acid production employing pear juice. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 377-380.
  20. Jeong ST, Kim JG, Chang HS, Kim TB, Choi JU. 1996. Optimum condition of acetic acid fermentation for persimmon vinegar preparation and quality evaluation of persimmon vinegar. *Korean J Post-Harvest Sci Technol Agri Products* 3: 171-178.
  21. Jeong YJ, Seo JH, Jung SH, Shin SR, Kim KS. 1998. The quality comparison of uncleaned rice vinegar by two stages fermentation with commercial uncleaned rice vinegar. *Korean J Postharvest Sci Technol* 5: 374-379.
  22. Seo JH, Jeong YJ, Kim JN, Woo CJ, Yoon SR, Kim TH. 2001. Quality comparison of potato vinegar produced by various acetobacter bacteria. *Korean J Postharvest Sci Technol* 8: 60-65.
  23. Moon SY, Chung HC, Yoon HN. 1997. Comparative analysis of commercial vinegars in physicochemical properties, minor components and organoleptic tastes. *Korean J Food Sci Technol* 29: 663-670.

24. 심길순. 1984. 식초의 인체대사 및 건강. *식품과학* 17: 51-59.
25. Oh SH, Choi WG. 2000. Production of the quality germinated brown rices containing high  $\gamma$ -aminobutyric acid by chitosan application. *Korean J Biotechnol Bioeng* 15: 615-620.
26. Cha SH, Oh SH. 2000. Investigation of  $\gamma$ -aminobutyric acid in Chinese cabbages and effects of the cabbage diets on lipid metabolism and liver function of rats administered with ethanol. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 500-505.
27. Oh SH, Cha YS. 2000. Regulation of  $\gamma$ -aminobutyric acid production in tobacco plants by expressing a mutant calmodulin gene. *Agric Chem Biotechnol* 42: 69-73.
28. Snedden WA, Arazi T, Feomm H, Shelp BJ. 1995. Calcium/calmodulin activation of soybean glutamate decarboxylase. *Plant Physiol* 108: 543-549.
29. Yun SJ, Oh SH. 1998. Cloning and characterization of a tobacco cDNA encoding calcium/calmodulin-dependent glutamate decarboxylase. *Mol Cells* 8: 125-129.
30. Jeong YJ, Seo JH, Lee GD, Park NY, Choi TH. 1999. The quality comparison of apple vinegar by two stages fermentation with commercial apple vinegar. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 353-358.
31. Jeong YJ, Lee MH, Seo KI, Kim JN, Lee YS. 1998. The quality comparison of grape vinegar by two stages fermentation with traditional grape vinegar. *J East Asian Diet Life* 8: 462-468.

(2003년 1월 29일 접수; 2003년 4월 7일 채택)