

## 팽화차조 첨가에 따른 조 막걸리의 양조 중 pH, 산도, 색도, 아미노산, 환원당, 총당 및 알코올 함량 변화

김지영 · 이영현\*

서울과학기술대학교 식품공학과

### pH, Acidity, Color, Amino Acids, Reducing Sugars, Total Sugars, and Alcohol in Puffed Millet Powder Containing Millet *Takju* during Fermentation

Ji Young Kim and Young Hyoun Yi\*

Food Science & Technology Department, Seoul National University of Science and Technology

**Abstract** The pH, acidity, color, amino acid, reducing sugar, total sugar, and alcohol contents of puffed millet powder supplemented with different concentrations of millet *takju* were investigated during 10 days of fermentation. The pH ranged from 4.06 to 4.58 at day 1 but decreased drastically to 3.55-3.64 at day 2. With the exception of day 1, a higher pH was observed with a higher concentration of puffed millet powder ( $p < 0.05$ ). Acidity tended to increase quickly over time, especially for the 0% sample after day 4 ( $p < 0.05$ ). The sudden increase of acidity at day 2 agreed with the pH decrease. A lower concentration of puffed millet powder resulted in a greater Hunter "L" value ( $p < 0.05$ ) and tended to show lower Hunter "a" and higher Hunter "b" values on the same day. Amino acids increased over time, and a higher concentration of puffed millet powder resulted in lower amino acid content on the same day after day 3 ( $p < 0.05$ ). After a rapid reduction in reducing sugar on day 2 ( $p < 0.05$ ), minimal differences were observed in the samples after day 4. The 75% puffed millet powder sample showed the highest reducing sugar content, except on days 8 and 9 ( $p < 0.05$ ). Total sugars decreased rapidly by day 3, and then either remained unchanged or decreased after day 4. Higher alcohol concentrations were observed with higher concentrations of puffed millet powder, except on day 1 ( $p < 0.05$ ).

**Key words:** *takju*, puffed millet powder, pH, color, amino acids, sugar, alcohol

## 서 론

국내 주류의 2008년 출고 현황은 맥주(56.1%)와 소주(27.9%) 그리고 탁주(4.9%)순으로 나타났다. 탁주의 연도별 소비량은 2004년 16만 1천 kL에서 2006년 17만 kL 그리고 2008년에는 17만 6천 kL로 꾸준히 증가되었다(1). 이러한 이유는 탁주 원료 및 유통지역 등에 대한 정부의 규제가 완화되면서 막걸리의 품질이 향상된 것으로 여겨진다. 또한 최근 웰빙 지향적인 성향에 따라 알코올 함량이 낮은 저도주의 소비자 호응이 증가하는 현상에 의한 것으로도 설명 될 수 있다.

조(粟)는 벼과에 속하는 식물로서 수분조질 기능이 높아 저장성이 우수하며 주로 주곡과 섞어먹는 혼식용으로 사용되었다(2,3). 발농사가 주로 이루어진 제주도에서는 좁쌀을 주 원료로 이용한 오메기술이 전통식품으로 자리 잡고 있다(4,5). 좁쌀을 양조 원료로 이용하면 다른 원료에 비하여 알갱이가 작고 껍질이 단단하기 때문에 증자 후에도 녹말의 노출이 어렵다. 따라서 다른 원료

보다 증자 시간을 늘려 충분히 호화 된 후에 당화시켜야 한다. 또는 당화력이 강한 균주를 이용하거나 효소제를 사용하여 알코올 발효에 지장이 없도록 해야 한다(5).

팽화차조는 조와 쌀을 3:1로 혼합한 후 압출성형공법을 이용하여 알과화시킨 전분이다. 팽화차조를 양조 원료로 이용하면 전분이 이미 호화되었기 때문에 효소작용이 용이하여 당화가 대단히 잘 된다. 빠른 당화작용으로 인하여 발효기간 단축이 예상된다. 또한 세미, 침미, 절수, 증자 및 냉각과정을 거치지 않고 직접 양조용수에 담금한 후 숙성시킬 수 있다. 여러 공정의 생략에 따른 양조용수와 폐수량의 감소뿐만 아니라 인건비, 시설유지비와 에너지 절감도 기대된다.

현재까지 조와 관련된 연구로는 제과 및 제빵에 첨가하여 품질특성을 조사한 연구(2,6)와 제주도 전통주인 오메기술(4,5,7,8)에 관한 조사만 있을 뿐 팽화차조를 이용하여 탁주 제조 및 공정 개선을 조사한 연구는 미약한 실정이다. 본 연구에서는 팽화차조를 이용한 탁주의 제품화 및 활용가능성을 알아보기 위하여 팽화차조 첨가량을 달리하여 제조한 탁주의 pH, 산도, 색도, 아미노산, 환원당 및 총당의 변화와 알코올 생성능력을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 전분재료

탁주제조용 전분으로 2007년산 쌀(푸른쌀농장, Uijeongbu, Korea)과 2007년산 차조(이천농산, Seoul, Korea)를 시중에서 구매하였

\*Corresponding author: Young Hyoun Yi, Food Science & Technology Department, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea  
Tel: 82-2-970-6454  
Fax: 82-2-976-6460  
E-mail: youngyi@snut.ac.kr  
Received July 19, 2010; revised September 1, 2010; accepted September 2, 2010

다. 팽화차조는 점보식품 주식회사(Hwaseong, Korea)에서 제공받았다. 효모 *Saccharomyces cerevisiae*는 송천효모개발연구소(Cheongyang, Korea)에서 그리고 누룩은 진주곡자(Jinju, Korea)에서 구매하여 사용하였다.

### 막걸리 담금

조 막걸리 담금은 차조와 쌀을 3:1로 혼합하여 제조 하였다. 차조 1500 g을 세척하여 15시간 동안 물에 침지한 후 물기를 제거하였다. 물기를 뺀 조를 찹통에 30분간 증자하여 고두밥을 만든 후 잘 펼쳐주면서 식혔다. 쌀 500 g을 세척하여 3시간동안 물에 침지한 후 물기를 제거하였다. 물기를 뺀 쌀을 찹통에 40분간 증자하여 고두밥을 만든 후 잘 펼쳐주면서 식혔다. 물 6000 mL에 yeast 8 g을 넣어 잘 녹여주었다. 양동이에 yeast를 녹인 물 6000 mL와 누룩 800 g을 넣어 잘 저은 후 냉각된 차조 고두밥과 쌀 고두밥을 넣고 고루 섞어서 완성하였다. 만든 시료를 25°C의 incubator(Samhwa Scientific Co, Seoul, Korea)에서 10일간 발효시켰다(5,9,10).

차조와 팽화차조를 혼합한 막걸리 담금은 차조에 대한 팽화차조의 비율을 각각 25, 50, 75%(w/w)로 하여 시료를 제조하였다. 팽화차조 25%가 함유된 막걸리 담금은 차조 1125 g과 쌀 375g을 위와 같은 방법으로 각각 고두밥을 제조하였다. Yeast 8 g을 물 6000 mL에 넣어 녹인 후 누룩 800 g 그리고 팽화차조 500 g을 넣어 덩어리지지 않게 잘 저어주었다. 냉각된 차조 고두밥과 쌀 고두밥을 넣고 고루 섞어서 완성하였다. 팽화차조 50%는 3:1로 혼합한 차조와 쌀 1000 g과 팽화차조 1000 g을 혼합하였고 75%는 3:1로 혼합한 차조와 쌀 500 g과 팽화차조 1500 g을 혼합하였다.

### pH

시료 20 mL를 100 mL 삼각플라스크에 넣고 pH meter(420A, Thermo Orion, Beverly, MA, USA)를 이용하여 1일 간격으로 술덧을 채취하여 측정하였다.

### 산도

여과된 시료 10 mL에 1%(v/v) phenolphthalein(Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd., Siheung, Korea) 지시약을 2-3방울 떨어뜨렸다. Buret을 통하여 0.1 N(w/v) NaOH 용액으로 시료가 미적색이 될 때까지 적정하였다. 적정 소비량(mL)을 측정한 후 다음식에 의해 시료중의 총산을 lactic acid로 환산 하였다(11).

$$\text{산도}(\% \text{젖산}) = \frac{0.009 \times \text{NaOH 소비량}(\text{mL}) \times \text{NaOH 역가}}{\text{시료의 부피}} \times 100$$

### 색도

막걸리의 색도는 Color meter(JC 801, Color Techno System Corporation, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 먼저 기기의 측정경에 표준색판(X=94.30, Y=96.11, Z=114.55)을 설치하여 보정하였다. 시료를 원형 cell에 넣어 측정한 후 L(명도, Lightness), a(적색도, redness) 및 b(황색도, yellowness)값으로 나타내었다.

### 아미노산

아미노산 함량은 국제청 주류분석규정(12)에 따라 측정하였다. 시료 10 mL에 0.5%(v/v) phenolphthalein 시약을 2-3방울 떨어뜨렸다. Buret을 통하여 0.1 N(w/v) NaOH 용액으로 시료가 담홍색이 될 때까지 중화시켰다. 여기에 중성 formalin용액 5 mL를 가하여 아미노산을 유리시켰다. 유리된 아미노산을 0.1 N(w/v) NaOH

용액으로 시료가 담홍색이 될 때까지 적정하였다. 적정소비량을 측정한 후 다음식에 의하여 시료중의 아미노산을 glycine으로 환산하였다.

$$\text{아미노산}(\text{g}/100 \text{ mL}) = \{\text{NaOH 소비량}(\text{mL}) \times \text{NaOH 역가}\} \times 0.0075 \times 10$$

### 환원당

환원당은 dinitrosalicylic acid(DNS)법(13)에 의해 측정하였다. 시료 1 mL를 100 mL volumetric flask에 넣고 증류수로 정용하였다. 시료 농도가 0.1-1.0 mg/mL일 때 최적 흡광도를 나타내기 때문에 위와 같이 희석하였다. 용액 1 mL를 test tube에 넣고 DNS reagent 1 mL를 혼합한 후 끓는 물에서 15분 동안 증탕 시켰다. 상온에서 충분히 냉각한 후 증류수 3 mL를 넣어 희석하였다. Spectrometer(UV-2101(PC)S, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan)를 이용하여 546 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 당 정량은 glucose를 표준물질로 사용하여 상기방법으로 작성한 표준곡선으로부터 환산하였다.

### 총당

총당은 페놀-황산법(14)으로 측정하였다. 먼저 환원당과 같은 방법으로 시료를 희석한 후 사용하였다. Test tube에 희석된 용액 2 mL와 5%(v/v) phenol(Shinyo Pure Chemicals Co., Ltd., Osaka, Japan) 용액 1 mL를 넣고 혼합시켰다. 여기에 95% 황산(Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd.) 5 mL를 가하여 발열시킨 후 30분 동안 상온에서 방치하였다. Spectrometer를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. 당 정량은 glucose를 표준물질로 사용하여 상기방법으로 작성한 표준곡선으로부터 환산하였다.

### 알코올 함량

알코올 함량은 국제청 주류분석규정(12)에 따라 측정하였다. 메스실린더에 시료 100 mL를 취한 후 500 mL 삼각 플라스크에 옮겼다. 시료가 넣어져있던 메스실린더를 증류수 10 mL로 3회 씻은 후 그 액을 삼각 플라스크에 합쳤다. 냉각기 한쪽에 삼각 플라스크를 연결하고 다른 한쪽에는 수기로 100 mL 메스실린더를 연결하였다. Soxhlet heater(Samhwa Scientific Co.)를 이용하여 시료에 열을 가하였다. 증류액이 70 mL가 되면 증류를 정지하고 증류수를 보충하여 메스실린더의 100 mL 눈금까지 정용하였다. 잘 흔들어 주정계(Deakwang, Inc., Seoul, Korea)로 측정한 후 Gay-Lussac 주정도수환산표에 의해 온도 보정을 실시하였다.

### 통계처리

실험결과는 통계분석용 프로그램 SPSS(15)를 이용하여 분산분석을 실시하였다. 유의한 차이가 있는 경우 Tukey법을 이용하여  $p < 0.05$  수준에서 차이에 대한 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### pH

탁주에서 pH는 발효진행 상황과 알코올 생성정도를 짐작할 수 있는 중요한 지표의 하나로 이용된다(16). 팽화차조 첨가량에 따른 조 막걸리의 발효 중 pH 변화는 Table 1과 같다. 발효 1일 막걸리의 pH는 4.06-4.58의 범위였으나 2일에는 3.55-3.64로 급격히 감소하였다. 이러한 변화는 술덧에 생육하는 미생물 작용으로 유기산 등의 생성이 빠르게 진행되었기 때문으로 여겨진다(17). pH

**Table 1. pH of millet *takju* with 0, 25, 50 and 75% of puffed millet powder during fermentation at 25°C<sup>1)2)3)</sup>**

Day	Puffed millet powder (%)			
	0	25	50	75
1	4.06 <sup>Da</sup>	4.58 <sup>Aa</sup>	4.31 <sup>Ba</sup>	4.17 <sup>Ca</sup>
2	3.58 <sup>Bb</sup>	3.55 <sup>Cg</sup>	3.57 <sup>Bg</sup>	3.64 <sup>Ah</sup>
3	3.54 <sup>Cc</sup>	3.61 <sup>Bf</sup>	3.62 <sup>Bf</sup>	3.70 <sup>Ag</sup>
4	3.58 <sup>Cb</sup>	3.60 <sup>Cf</sup>	3.66 <sup>Be</sup>	3.74 <sup>Af</sup>
5	3.58 <sup>Db</sup>	3.70 <sup>Cbc</sup>	3.74 <sup>Bc</sup>	3.87 <sup>Ac</sup>
6	3.57 <sup>Db</sup>	3.69 <sup>Cod</sup>	3.71 <sup>Bd</sup>	3.81 <sup>Ad</sup>
7	3.48 <sup>De</sup>	3.65 <sup>Cc</sup>	3.68 <sup>Be</sup>	3.78 <sup>Ac</sup>
8	3.51 <sup>Dd</sup>	3.67 <sup>Cd</sup>	3.71 <sup>Bd</sup>	3.81 <sup>Ad</sup>
9	3.51 <sup>Dd</sup>	3.72 <sup>Cb</sup>	3.79 <sup>Bb</sup>	3.90 <sup>Ab</sup>
10	3.48 <sup>De</sup>	3.70 <sup>Cc</sup>	3.78 <sup>Bb</sup>	3.89 <sup>Ab</sup>

<sup>1)</sup>Each number is a mean of 5 observations.

<sup>2)ABCD</sup>Means within a row not followed by the same letter are significantly different ( $p<0.05$ )

<sup>3)abcde fgh</sup>Means within a column not followed by the same letter are significantly different ( $p<0.05$ )

**Table 2. Lactic acid (%) of millet *takju* with 0, 25, 50 and 75% of puffed millet powder during fermentation at 25°C<sup>1)2)3)</sup>**

Day	Puffed millet powder (%)			
	0	25	50	75
1	0.33 <sup>Ci</sup>	0.33 <sup>Ch</sup>	0.48 <sup>Be</sup>	0.56 <sup>Af</sup>
2	0.92 <sup>Bh</sup>	0.94 <sup>Bg</sup>	1.08 <sup>Ac</sup>	1.10 <sup>Aa</sup>
3	0.98 <sup>Cg</sup>	0.96 <sup>Cg</sup>	1.02 <sup>Bd</sup>	1.04 <sup>Accd</sup>
4	1.04 <sup>Af</sup>	1.00 <sup>Bf</sup>	1.02 <sup>Ad</sup>	1.00 <sup>Be</sup>
5	1.17 <sup>Ae</sup>	1.09 <sup>Be</sup>	1.07 <sup>Bc</sup>	1.04 <sup>Ccd</sup>
6	1.27 <sup>Ad</sup>	1.17 <sup>Bd</sup>	1.12 <sup>Cb</sup>	1.04 <sup>Dcd</sup>
7	1.36 <sup>Ac</sup>	1.19 <sup>Bd</sup>	1.14 <sup>Cb</sup>	1.02 <sup>Dde</sup>
8	1.45 <sup>Ab</sup>	1.29 <sup>Bb</sup>	1.21 <sup>Ca</sup>	1.07 <sup>Db</sup>
9	1.47 <sup>Ab</sup>	1.26 <sup>Bc</sup>	1.19 <sup>Ca</sup>	1.06 <sup>Dbc</sup>
10	1.67 <sup>Aa</sup>	1.37 <sup>Ba</sup>	1.22 <sup>Ca</sup>	1.11 <sup>Da</sup>

<sup>1)</sup>Each number is a mean of 4 observations.

<sup>2)ABCD</sup>Means within a row not followed by the same letter are significantly different ( $p<0.05$ )

<sup>3)abcde fgh</sup>Means within a column not followed by the same letter are significantly different ( $p<0.05$ )

의 저하는 부패균에 의한 오염방지 역할을 함과 동시에 활발한 효모균의 증식을 가져와 정상적인 발효가 일어나게 한다(18). 팽화차조 0%를 제외한 모든 시료의 pH는 발효 2일부터 5일까지 서서히 증가하였고( $p<0.05$ ) 6일 이후에는 큰 변화를 나타내지 않았다. 발효 1일을 제외한 동일한 발효일에는 팽화차조 75%가 항상 높았으며 3일 이후부터는 팽화차조 첨가량이 증가할수록 pH도 높거나 같았다( $p<0.05$ ). 이러한 변화는 Kim 등(19)의 팽화미분 첨가에 따른 탁주의 pH 결과와 유사하였다.

**산도**

팽화차조 첨가량에 따른 조 막걸리의 발효 중 산도 변화는 Table 2와 같다. 발효 1일 막걸리의 산도는 0.33-0.56%였으나 2일에는 0.92-1.10%로 증가되어 pH가 급격히 저하된 시점과 일치하였다. Lee 등(20)과 So 등(21)의 탁주연구에서도 발효초기 산도가 급격히 증가되었으며 홍국 쌀을 첨가한 Jin 등(22)의 약주연구와도 유사하였다.

**Table 3. Hunter color value of millet *takju* with 0, 25, 50 and 75% of puffed millet powder during fermentation at 25°C<sup>1)2)3)</sup>**

Color	Day	Puffed millet powder (%)			
		0	25	50	75
L (Lightness)	1	66.03 <sup>Ad</sup>	61.85 <sup>Bg</sup>	61.12 <sup>Ce</sup>	59.13 <sup>Df</sup>
	2	71.06 <sup>Abc</sup>	67.99 <sup>Bc</sup>	66.79 <sup>Ca</sup>	64.10 <sup>Da</sup>
	3	71.13 <sup>Abc</sup>	67.95 <sup>Bc</sup>	66.29 <sup>Cb</sup>	63.03 <sup>Db</sup>
	4	71.92 <sup>Aa</sup>	68.18 <sup>Bb</sup>	65.66 <sup>Cc</sup>	62.89 <sup>Db</sup>
	5	70.87 <sup>Ac</sup>	67.55 <sup>Bd</sup>	65.62 <sup>Cc</sup>	62.06 <sup>Dc</sup>
	6	70.93 <sup>Ac</sup>	67.09 <sup>Bf</sup>	65.07 <sup>Cd</sup>	61.38 <sup>Dd</sup>
	7	71.27 <sup>Ab</sup>	67.32 <sup>Be</sup>	65.13 <sup>Cd</sup>	61.01 <sup>De</sup>
	8	70.90 <sup>Ac</sup>	67.93 <sup>Bc</sup>	65.13 <sup>Cd</sup>	61.54 <sup>Dd</sup>
	9	70.93 <sup>Ac</sup>	67.86 <sup>Bc</sup>	65.26 <sup>Cd</sup>	61.37 <sup>Dd</sup>
	10	71.68 <sup>Aa</sup>	68.45 <sup>Ba</sup>	65.58 <sup>Cc</sup>	61.37 <sup>Dd</sup>
a (Redness)	1	0.63 <sup>Aa</sup>	0.71 <sup>Ab</sup>	0.23 <sup>Bde</sup>	0.28 <sup>Be</sup>
	2	0.33 <sup>Cbc</sup>	0.73 <sup>Ab</sup>	0.36 <sup>Cc</sup>	0.60 <sup>Bd</sup>
	3	0.58 <sup>Da</sup>	1.05 <sup>Ba</sup>	0.82 <sup>Cb</sup>	1.17 <sup>Ab</sup>
	4	0.68 <sup>Ca</sup>	1.19 <sup>Ba</sup>	1.04 <sup>Ba</sup>	1.47 <sup>Aa</sup>
	5	0.31 <sup>Cbc</sup>	0.47 <sup>Bc</sup>	0.35 <sup>Ccd</sup>	0.77 <sup>Ac</sup>
	6	0.42 <sup>Bb</sup>	0.55 <sup>Bc</sup>	0.43 <sup>Bc</sup>	0.82 <sup>Ac</sup>
	7	0.28 <sup>Cbc</sup>	0.48 <sup>Bc</sup>	0.39 <sup>Bc</sup>	0.78 <sup>Ac</sup>
	8	0.12 <sup>Cd</sup>	0.48 <sup>Ac</sup>	0.31 <sup>Bcd</sup>	0.61 <sup>Ad</sup>
	9	0.20 <sup>Bcd</sup>	0.59 <sup>Abc</sup>	0.20 <sup>Be</sup>	0.52 <sup>Ad</sup>
	10	-0.41 <sup>De</sup>	0.14 <sup>Ad</sup>	-0.21 <sup>Cf</sup>	-0.04 <sup>Bf</sup>
b (Yellowness)	1	20.09 <sup>Ad</sup>	18.16 <sup>Bh</sup>	15.70 <sup>Cf</sup>	15.06 <sup>Di</sup>
	2	20.91 <sup>Aa</sup>	21.09 <sup>Ac</sup>	19.09 <sup>Bbc</sup>	18.95 <sup>Bc</sup>
	3	20.64 <sup>Aab</sup>	20.84 <sup>Ad</sup>	19.23 <sup>Cb</sup>	19.48 <sup>Bb</sup>
	4	20.86 <sup>Bab</sup>	21.04 <sup>Ac</sup>	19.61 <sup>Da</sup>	20.14 <sup>Ca</sup>
	5	20.65 <sup>Aab</sup>	20.27 <sup>Be</sup>	18.99 <sup>Dc</sup>	19.48 <sup>Cb</sup>
	6	20.23 <sup>Ac</sup>	19.83 <sup>Bf</sup>	18.11 <sup>De</sup>	18.74 <sup>Cd</sup>
	7	19.41 <sup>Ae</sup>	19.56 <sup>Ag</sup>	18.50 <sup>Bd</sup>	18.21 <sup>Bf</sup>
	8	19.67 <sup>Be</sup>	20.01 <sup>Af</sup>	18.36 <sup>Cd</sup>	17.86 <sup>Dh</sup>
	9	20.48 <sup>Bbc</sup>	21.32 <sup>Ab</sup>	19.12 <sup>Cbc</sup>	18.48 <sup>De</sup>
	10	20.07 <sup>Bd</sup>	21.67 <sup>Aa</sup>	19.16 <sup>Cbc</sup>	18.05 <sup>Dg</sup>

<sup>1)</sup>Each number is a mean of 5 observations.

<sup>2)ABCD</sup>Means within a row not followed by the same letter are significantly different ( $p<0.05$ )

<sup>3)abcde fgh</sup>Means within a column not followed by the same letter are significantly different ( $p<0.05$ )

팽화차조 0과 25%는 발효기간이 경과될수록 산도가 빠르게 증가하였고( $p<0.05$ ) 50과 75%도 증가하는 경향을 보였다. 발효 4일 이후부터는 0%가 급격히 증가되어 발효 10일 1.67%로 가장 높았다( $p<0.05$ ). 발효가 진행되면서 효모나 젖산균 등 미생물 작용으로 생성된 각종 유기산에 의해 총산함량이 증가한 것으로 사료된다(20). 산도는 막걸리의 풍미 중 신맛을 나타내는 대표적인 지표로서 0%의 경우 팽화차조가 첨가된 시료에 비해서 다소 산미가 강할 것으로 예상된다.

**색도**

팽화차조 첨가량에 따른 조 막걸리의 발효 중 색도 변화는 Table 3과 같다. 막걸리의 밝은 정도를 나타내는 L값은 발효1일 59.13-66.03에서 2일 64.10-71.06으로 상승하였다. 팽화차조 50과 75%는 발효기간이 경과될수록 감소하는 경향을 보였다. 동일한 발효일에는 팽화차조 첨가량이 증가할수록 L값이 유의적으로 항상 낮았다( $p<0.05$ ). 이러한 변화는 조의 팽화과정 중 extruder내부

**Table 4. Amino acid (%) of millet *takju* with 0, 25, 50 and 75% of puffed millet powder during fermentation at 25°C<sup>1)2)3)</sup>**

Day	Puffed millet powder (%)			
	0	25	50	75
1	0.16 <sup>Ai</sup>	0.16 <sup>Ai</sup>	0.13 <sup>Bj</sup>	0.16 <sup>Ai</sup>
2	0.19 <sup>Ah</sup>	0.17 <sup>ABi</sup>	0.16 <sup>Bi</sup>	0.16 <sup>Bi</sup>
3	0.23 <sup>Ag</sup>	0.20 <sup>Bh</sup>	0.20 <sup>Bh</sup>	0.20 <sup>Bh</sup>
4	0.30 <sup>Af</sup>	0.26 <sup>Bg</sup>	0.25 <sup>Bg</sup>	0.25 <sup>Bg</sup>
5	0.32 <sup>Ae</sup>	0.29 <sup>Bf</sup>	0.29 <sup>Bf</sup>	0.27 <sup>Bf</sup>
6	0.37 <sup>Ad</sup>	0.37 <sup>ABe</sup>	0.36 <sup>BCe</sup>	0.35 <sup>Ce</sup>
7	0.45 <sup>Ac</sup>	0.43 <sup>Bd</sup>	0.41 <sup>Cd</sup>	0.40 <sup>Cd</sup>
8	0.47 <sup>Ac</sup>	0.46 <sup>Ac</sup>	0.43 <sup>Bc</sup>	0.43 <sup>Bc</sup>
9	0.53 <sup>Ab</sup>	0.52 <sup>Ab</sup>	0.49 <sup>Bb</sup>	0.47 <sup>Bb</sup>
10	0.62 <sup>Aa</sup>	0.59 <sup>Ba</sup>	0.55 <sup>Ca</sup>	0.52 <sup>Da</sup>

<sup>1)</sup>Each number is a mean of 4 observations.

<sup>2)ABCD</sup>Means within a row not followed by the same letter are significantly different ( $p < 0.05$ )

<sup>3)abcde</sup>Means within a column not followed by the same letter are significantly different ( $p < 0.05$ )

에서 발생하는 충밀립열과 고온 및 고압에 의해서 갈변화 반응이 일어났기 때문으로 보인다(23).

적색도를 나타내는 a값은 발효 초기에는 증가하다가 5일 이후부터 감소하는 경향을 보였다. 발효 1일을 제외한 동일한 발효일에는 팽화차조 75%가 높은 경향을 나타내 L값과 반대되는 결과를 보였다. 황색도를 나타내는 b값은 모든 시료가 발효 2일에 증가하였다( $p < 0.05$ ). 팽화차조 첨가량이 높을수록 낮아지는 경향을 나타내 a값과 반대되는 경향을 보였고 Kim과 Yi(24)의 팽화미분을 첨가한 밀가루 탁주의 색도 결과와 유사하였다.

### 아미노산

효모의 영양원으로 이용되는 아미노산은 fusel oil과 ester 등의 향기성분으로 변화하는 중요한 성분이다(25). 술에 감칠맛을 부여하나 지나치게 많이 생성될 때에는 술덧이 노주화된것 같은 느끼한 맛을 낸다(17). 팽화차조 첨가량에 따른 조 막걸리의 발효 중 아미노산 변화는 Table 4와 같다. 발효 1일 막걸리의 아미노산 함량은 0.13-0.16%였으나 발효기간이 진행될수록 유의적으로 증가하여 10일에는 0.52-0.62%로 나타났다( $p < 0.05$ ). So 등(21)의 연구에서도 발효가 진행될수록 아미노산 함량이 증가하였다. 발효기간 중 미생물이 생산한 acid protease와 peptidase 등의 효소에 의해 차조와 누룩 중에 함유된 단백질이 분해되어 증가한 것으로 여겨진다(26).

발효 3일 이후 동일한 발효일에는 팽화차조 첨가량이 증가할수록 아미노산함량이 낮게 나타났다( $p < 0.05$ ). So(27)의 보고에 의하면 pH가 높을 때 단백질 분해효소의 활성도는 낮아지고 당화효소의 활성도는 높아졌다. 본 실험의 측정결과 팽화차조 첨가량이 증가할수록 pH가 증가하여 아미노산 함량이 낮게 나타난 것으로 여겨진다.

### 환원당

원료 중 전분은 당화 amylase작용에 의해서 큰 전분분자가 작은 전분분자로 분해되고 다시 glucose로 분해된다. 분해된 glucose는 알코올 발효의 기질로 이용되는 중요한 성분이다(12). 발효 1일 팽화차조 함량이 0, 25, 50 그리고 75%로 증가할수록 환원당 함량도 7.40, 8.77, 12.31 그리고 12.62%로 높았다. 발효 8일과 9

**Table 5. Reducing sugar(%) of millet *takju* with 0, 25, 50 and 75% of puffed millet powder during fermentation at 25°C<sup>1)2)3)</sup>**

Day	Puffed millet powder (%)			
	0	25	50	75
1	7.40 <sup>Da</sup>	8.77 <sup>Ca</sup>	12.31 <sup>Ba</sup>	12.62 <sup>Aa</sup>
2	1.68 <sup>Db</sup>	2.15 <sup>Cb</sup>	2.75 <sup>Bb</sup>	3.39 <sup>Ab</sup>
3	1.40 <sup>Cc</sup>	1.67 <sup>Bc</sup>	1.73 <sup>Bd</sup>	2.03 <sup>Ac</sup>
4	1.30 <sup>Ccde</sup>	1.31 <sup>Ce</sup>	1.35 <sup>Be</sup>	1.50 <sup>Ad</sup>
5	1.36 <sup>Acde</sup>	1.29 <sup>Ae</sup>	1.29 <sup>Ae</sup>	1.30 <sup>Afg</sup>
6	1.36 <sup>Acde</sup>	1.33 <sup>Ae</sup>	1.31 <sup>Ae</sup>	1.35 <sup>Ade</sup>
7	1.29 <sup>Bde</sup>	1.30 <sup>Be</sup>	1.31 <sup>Be</sup>	1.43 <sup>Ade</sup>
8	1.24 <sup>Ce</sup>	1.52 <sup>Bd</sup>	2.33 <sup>Ac</sup>	1.46 <sup>Bde</sup>
9	1.35 <sup>Acde</sup>	1.34 <sup>Ae</sup>	1.29 <sup>Be</sup>	1.31 <sup>Bef</sup>
10	1.28 <sup>Ade</sup>	1.27 <sup>Ae</sup>	1.28 <sup>Ae</sup>	1.26 <sup>Ag</sup>

<sup>1)</sup>Each number is a mean of 5 observations.

<sup>2)ABCD</sup>Means within a row not followed by the same letter are significantly different ( $p < 0.05$ )

<sup>3)abcde</sup>Means within a column not followed by the same letter are significantly different ( $p < 0.05$ )

일을 제외한 동일한 발효일에는 팽화차조 75%가 가장 높았다( $p < 0.05$ ). 이러한 결과는 팽화차조가 넓은 표면적으로 인하여 증가한 차조보다 더 쉽게 amylase작용을 받았기 때문으로 여겨진다. 팽화미분을 첨가한 탁주의 연구에서도 팽화미분 첨가량이 증가할수록 당 함량이 높았다(19).

팽화차조 첨가량과 관계없이 동일한 시료에서 발효 2일 환원당이 급격히 감소하였으며( $p < 0.05$ ) 4일 이후부터는 큰 차이를 보이지 않았다(Table 5). 술덧 중 당분이 알코올과 탄산가스로 분해되었기 때문에 급격히 감소된 것으로 여겨진다(12). 육안으로 관찰한 결과에서도 발효 2일과 3일에 기포가 왕성하게 발생하는 것을 확인하였다. 이러한 경향은 Han 등(10)과 Kim 등(19)의 보고와 동일하게 나타났다.

### 총당

식품 중에 존재하는 당류는 화학적으로 환원성을 갖는 환원당과 환원성을 갖지 않는 비환원당으로 나눌 수 있으며 이를 합하여 총당이라고 한다. 탁주에서 당분은 미생물의 발효기질로 이용되어 에탄올을 생성하며 술 향기 생성과 감미에도 영향을 주는 주요 성분이다(20). 발효 1일 팽화차조를 0, 25, 50 그리고 75% 첨가한 시료의 총당 함량은 각각 10.36, 14.11, 22.83 그리고 26.73%로 팽화차조 함량이 높을수록 총당 함량도 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 팽화차조 첨가량과 관계없이 모든 시료는 발효 3일까지 급격히 감소하였고 ( $p < 0.05$ ) 4일 이후부터는 큰 변화를 보이지 않아 환원당 함량과 비슷한 경향을 보여주었다(Table 6). 발효 초기 총당의 감소는 당분이 술덧 중에 생육하는 효모나 젖산균 등의 발효기질로 이용되었기 때문으로 보인다(28). 이러한 결과는 Lee 등(20)과 Park과 Lee(26)의 총당 보고와 유사하였다.

### 알코올

발효 1일 알코올 함량은 0.7-1.2%의 범위였으나 발효 1일에는 0, 25, 50 그리고 75%의 시료가 각각 6.9, 7.7, 8.7 그리고 9.6%로 급격히 증가하였다( $p < 0.05$ ). 알코올 증가는 당이 급격히 감소하는 시점과 일치 하였으며 발효초기 환원당 및 총당의 소모량과 비례하였다(Table 7). 이러한 변화는 탁주에 율피가루를 첨가한 Jeoung 등(29)과 묵은쌀을 사용한 Park 등(30)의 결과와 유사

**Table 6. Total sugar (%) of millet *takju* with 0, 25, 50 and 75% of puffed millet powder during fermentation at 25°C<sup>1)2)3)</sup>**

Day	Puffed millet powder (%)			
	0	25	50	75
1	10.36 <sup>Da</sup>	14.11 <sup>Ca</sup>	22.83 <sup>Ba</sup>	26.73 <sup>Aa</sup>
2	2.49 <sup>Db</sup>	4.69 <sup>Cb</sup>	7.74 <sup>Bb</sup>	11.68 <sup>Ab</sup>
3	2.18 <sup>Dcd</sup>	2.39 <sup>Cc</sup>	3.17 <sup>Bc</sup>	4.62 <sup>Ac</sup>
4	1.92 <sup>Ce</sup>	2.34 <sup>Bc</sup>	2.47 <sup>Bd</sup>	3.04 <sup>Ad</sup>
5	2.16 <sup>Bcd</sup>	1.97 <sup>Cc</sup>	2.30 <sup>Bde</sup>	2.66 <sup>Ad</sup>
6	2.25 <sup>Bc</sup>	2.10 <sup>Cc</sup>	2.28 <sup>Bde</sup>	2.93 <sup>Ad</sup>
7	2.00 <sup>Cde</sup>	2.03 <sup>Cc</sup>	2.08 <sup>Be</sup>	2.23 <sup>Ae</sup>
8	2.02 <sup>Cde</sup>	2.42 <sup>Ac</sup>	2.28 <sup>Bde</sup>	2.15 <sup>BCe</sup>
9	2.06 <sup>Bcd</sup>	2.15 <sup>Ac</sup>	2.02 <sup>Ae</sup>	2.05 <sup>Ae</sup>
10	2.13 <sup>Ac</sup>	1.95 <sup>Cc</sup>	2.15 <sup>Ade</sup>	2.00 <sup>Be</sup>

<sup>1)</sup>Each number is a mean of 5 observations.

<sup>2)ABCD</sup>Means within a row not followed by the same letter are significantly different ( $p < 0.05$ )

<sup>3)abcde</sup>Means within a column not followed by the same letter are significantly different ( $p < 0.05$ )

**Table 7. Alcohol (%) of millet *takju* with 0, 25, 50 and 75% of puffed millet powder during fermentation at 25°C<sup>1)2)3)</sup>**

Day	Puffed millet powder (%)			
	0	25	50	75
1	0.9 <sup>Bf</sup>	0.7 <sup>Cf</sup>	1.0 <sup>Ba</sup>	1.2 <sup>Af</sup>
2	6.9 <sup>De</sup>	7.7 <sup>Ce</sup>	8.7 <sup>Be</sup>	9.6 <sup>Ae</sup>
3	7.3 <sup>Dd</sup>	9.1 <sup>Cd</sup>	10.3 <sup>Bd</sup>	11.3 <sup>Ad</sup>
4	7.6 <sup>De</sup>	9.7 <sup>Cb</sup>	10.7 <sup>Bc</sup>	12.1 <sup>Ac</sup>
5	7.8 <sup>Db</sup>	9.8 <sup>Cab</sup>	11.1 <sup>Ba</sup>	12.4 <sup>Ab</sup>
6	7.8 <sup>Db</sup>	9.9 <sup>Ca</sup>	10.9 <sup>Bbc</sup>	12.5 <sup>Aab</sup>
7	7.9 <sup>Dab</sup>	9.9 <sup>Ca</sup>	10.9 <sup>Bb</sup>	12.6 <sup>Aa</sup>
8	8.0 <sup>Da</sup>	9.8 <sup>Cab</sup>	10.7 <sup>Bc</sup>	12.4 <sup>Ab</sup>
9	7.6 <sup>De</sup>	9.4 <sup>Cc</sup>	10.4 <sup>Bd</sup>	12.5 <sup>Aab</sup>
10	7.5 <sup>De</sup>	9.4 <sup>Cc</sup>	10.4 <sup>Bd</sup>	12.6 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Each number is a mean of 4 observations.

<sup>2)ABCD</sup>Means within a row not followed by the same letter are significantly different ( $p < 0.05$ )

<sup>3)abcde</sup>Means within a column not followed by the same letter are significantly different ( $p < 0.05$ )

하였다.

알코올 농도는 막걸리의 주질을 결정하는 가장 중요한 성분이다(29). Jin 등(31)에 의하면 술덧 중 에탄올 함량은 다소 높아야 한다고 보고하였다. 본 실험결과 발효 1일을 제외한 모든 발효일에는 팽화차조 첨가량이 0에서 75%로 증가할수록 알코올 함량도 항상 높았고( $p < 0.05$ ) 발효도 빠르게 진행되었다.

## 요약

팽화차조 첨가량을 0, 25, 50 및 75%(w/w)로 하여 제조한 막걸리의 pH, 산도, 색도, 아미노산, 환원당, 총당 그리고 알코올 함량 변화를 조사하였다. 발효 1일 막걸리의 pH는 4.06-4.58의 범위였으나 2일에는 3.55-3.64로 급격히 감소하였다. 발효 1일을 제외한 동일한 발효일에는 팽화차조 75%가 항상 높았으며 3일 이후부터는 팽화차조 첨가량이 증가할수록 pH도 높거나 같았다( $p < 0.05$ ). 산도는 2일에는 증가되어 pH가 급격히 저하된 시점과

일치하였다. 발효기간이 경과될수록 증가하는 경향을 보였다. 발효 4일 이후부터는 0%가 급격히 증가되어 발효 10일 1.67%로 가장 높았다( $p < 0.05$ ). 색도에서 L값은 발효 1일 59.13-66.03에서 2일 64.10-71.06으로 상승하였다. 동일한 발효일에는 팽화차조 첨가량이 증가할수록 L값이 유의적으로 항상 낮았다( $p < 0.05$ ). 팽화차조 함량이 높을수록 적색도는 높은 경향을 나타내 L값과는 반대였고 황색도는 낮아 L값과는 유사한 경향을 보였다. 아미노산 함량은 발효기간이 진행될수록 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). 발효 3일 이후 동일한 발효일에는 팽화차조 첨가량이 증가할수록 아미노산함량이 낮게 나타났다( $p < 0.05$ ). 환원당은 발효 2일 급격히 감소하였으며( $p < 0.05$ ) 4일 이후부터는 큰 차이를 보이지 않았다. 발효 8일과 9일을 제외한 동일한 발효일에는 팽화차조 75%가 가장 높았다( $p < 0.05$ ). 총당은 발효 3일까지 급격히 감소하였고( $p < 0.05$ ) 4일 이후부터는 큰 변화를 보이지 않아 환원당 함량과 비슷한 경향을 보여주었다. 알코올 함량은 발효 1일을 제외한 모든 발효일에서 팽화차조 첨가량이 증가할수록 높게 나타났고( $p < 0.05$ ) 발효도 빠르게 진행되었다.

## 감사의 글

본 연구는 재단법인 산학협동재단과 점보식품주식회사의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 문헌

1. NTSRK. Statistical Yearbook of National Tax. National Tax Service Republic of Korea. Seoul, Korea. pp. 684-688 (2009)
2. Lee MH, Chang HG, Yoo YJ. Effect of the millet and waxy millet on properties of white layer cake. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 395-402 (2005)
3. Lim HJ, Yum CA. Effect of cereals on the physicochemical and sensory characteristics of *noti*. Koren J. Soc. Food Sci. 12: 166-177 (1996)
4. Jwa MK, Lim SB, Mok CK, Park YS. Inactivation of microorganisms and enzymes in foxtail millet *takju* by high hydrostatic pressure treatment. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 226-230 (2001)
5. Kim JY, Koh JS. Fermentation characteristics of Jeju foxtail millet-wine by isolated alcoholic yeast and saccharifying Mold. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 47: 85-91 (2004)
6. Chang HG. Quality characteristics of sponge cakes containing various levels of millet flour. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 952-958 (2004)
7. Chung JH, Mok CK, Lim SB, Park YS. Quality improvement of foxtail millet *yakju* by ultrafiltration process. Food Eng. Prog. 9: 133-138 (2005)
8. Kang YJ, Oh YJ, Koh JS. Non thermal process and quality changes of foxtail millet *yakju* by micro filtration. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 277-284 (2005)
9. Kim HS, Yang YT, Jung YH, Koh JS, Kang YJ. Clarification of foxtail millet wine. Korean J. Food Sci. Technol. 24: 101-106 (1992)
10. Han EH, Lee TS, Noh BS, Lee DS. Quality characteristics in mash of *takju* prepared by using different *nuruk* during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 555-562 (1997)
11. Kang MY, Park YS, Mok CK, Chang HG. Improvement of shelf-life of *yakju* by membrane filtration. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 1134-1139 (1998)
12. NTSTSI. Manufacturing guideline of *takju* and *yakju*. National Tax Service Technical Service Institute. Seoul, Korea. pp. 195-198 (2005)
13. The Korea Society of Food Science and Nutrition. Handbook of Experiments in Food Science and Nutrition. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 151-152 (2000)

14. Kang KH, Noh BS, Seo JH, Hur WD. Food Analytics. Sung Kyun Kwan University. Seoul, Korea. pp. 109-110 (1998)
15. SPSS. Statistical Package for Social Science for Windows. Rel. 14.0. SPSS Inc., Chicago, IL, USA
16. Song JC, Park HJ. *Takju* brewing using the uncooked germed brown rice at second stage mash. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 847-854 (2003)
17. Joung EJ, Paek NS, Kim YM. Studies on Korean *takju* using the by-product of rice milling. Korean J. Food Nutr. 17: 199-205 (2004)
18. Seo MY, Lee JK, Ahn BH, Cha SK. The changes of microflora during the fermentation of *takju* and *yakju*. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 61-66 (2005)
19. Kim JY, Sung KW, Bae HW, Yi YH. pH, acidity, color, reducing sugar, total sugar, alcohol, and organoleptic characteristics of puffed rice powder added *takju* during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 39: 266-271 (2007)
20. Lee JS, Lee TS, Noh BS, Park SO. Quality characteristics of mash of *takju* prepared by different raw materials. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 330-336 (1996)
21. So MH, Lee YS, Noh WS. Changes in microorganisms and min components during *takju* brewing by a modified *nuruk*. Korean J. Food Nutr. 12: 226-232 (1999)
22. Jin TY, Kim ES, Eun JB, Wang SJ, Wang MH. Changes in physicochemical and sensory characteristics of rice wine, *yakju* prepared with different amount of red yeast rice. Korean J. Food Sci. Technol. 39: 309-314 (2007)
23. Korean Research for Food Extrusion Technology. Food Extrusion Technology. Yurim Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 13-17. (1992)
24. Kim JY, Yi YH. pH, acidity, color, reducing sugar, total sugar, alcohol, and organoleptic characteristics of puffed rice powder added wheat flour *takju* during fermentation. Food Eng. Prog. 12: 71-77 (2008)
25. Shin JH, Choi DJ, Sung NJ. Nutritional properties of *yakju* brewed with natural plants. Korean J. Food Nutr. 17: 18-24 (2004)
26. Park CS, Lee TS. Quality characteristics of *takju* prepared by wheat flour *nuruks*. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 296-302 (2002)
27. So MH. Aptitudes for *takju* brewing of wheat flour-*nuluks* made with different mold species. Korean J. Food Nutr. 8: 6-12 (1995)
28. In HY, Lee TS, Lee DS, Noh BS. Quality characteristics of *soju* mashes brewed by korean traditional method. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 134-140 (1995)
29. Jeoung JW, Park KJ, Kim MH, Kim DS. Quality Characteristics of *takju* fermentation by addition of chestnut peel powder. Korean J. Food Preserv. 13: 329-336 (2006)
30. Park JH, Bae SM, Yook C, Kim JS. Fermentation characteristics of *takju* prepared with old rice. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 609-615 (2004)
31. Jin TY, Chung HJ, Eun JB. The effect of replacement levels of non-waxy rice on the quality of *jinyangju*, a Korean traditional rice wine made of glutinous rice. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 939-943 (2005)