

## 누룩 투입시기에 따른 막걸리의 품질특성

천재우 (천재우한식명가연구원 원장)<sup>1)</sup> 조춘봉 (청운대학교 호텔조리식당경영학과 교수)<sup>2)</sup>

### 국문요약

본 연구와 실험은 막걸리의 양조 과정에서 1단계·2단계 담금으로 밀술을 만들고, 3단계 담금으로 막걸리를 만들고, 누룩의 물리·화학적 특성에 따른 막걸리의 최적 조건을 위하여 설정하였으며, 물리·화학적 특성의 변화를 확인하고 누룩 입력 시점을 기준으로 전통적 막걸리의 특성 검사를 시행하였다. 1단계·2단계 밀술의 물리·화학적 특성을 시험한 결과, pH와 산도는 step-1 담금으로 배양 한 날에 크게 감소하였고 배양 2 일까 지는 추세가 지속되었다. 또한 아로마, 산도, 단맛 및 입안에서의 감촉 정도를 분석하기 위하여 관능검사를 실시 하였으며, 그 결과로서 아로마는 M3단계에서 4.47로 가장 높았고, 산도는 M3단계에서 3.65로 가장 높았으며, 단맛은 M1단계에서 3.88, 입안에서의 감촉으로는 M1단계에서 3.59로 가장 높았으며, 아로마와 맛을 포함한 전반적인 선호도는 M3에서 3.71로 가장 높게 나타났다.

■ 중심어: 막걸리, 양조, 밀술, 담금, 배양

## I. 서론

곡물을 이용하여 우리의 전통주인 막걸리를 빚으려면 곡물의 전분이 포도당으로 분해되는 과정을 거치게 되는데, 누룩의 효소는 곡물의 전분을 당화시키는 역할을 한다. 또한 누룩의 효소는 효소에 의하여 생성된 당분을 이용하여 개체수를 늘리기도 하면서 알코올 발효를 일으키는 역할을 한다.

막걸리에는 청량감과 비타민 B군, Lysine, Leucine과 같은 필수 아미노산 및 glutathione 등 영양가가 풍부하고 단백질, 당질 및 생효모가 함유되어 다른 주류와 차별을 볼 수 있다(Yang et al., 2011). 약주는 발효한 액을 증류과정 없이 술덧의 맑은 액을 취한 것으로 막걸리와는 다르다(Kang et al., 1998).

전통적인 방식으로 막걸리를 제조하는 경우 한 번 담금질로 제조하는 단양주(單釀酒), 두 번 담금질 제조방식을 이양주(二釀酒), 세 번 담금질 제조방식을 삼양주(三釀酒)라 하며, 이처럼 여러 번 담금질로 제조하는 술이나 막걸리를 중양주(重釀酒)라 한다. 중양주 제조방식으로 빚은 경우 술의 향기나 맛을 더욱 좋아지게 하며, 알코올 함량이 높고 저장성이 좋은 술을 얻게 된다. 뿐만 아니라 누룩으로 만든 막걸리는 알코올 특유의 냄새를 떨어뜨리면서 과일 향이나 다양한 식물의 아로마 같은 향취를 느낄 수 있는 특징이 있다.

따라서 본 연구는 다양 한 밀술 방식 중에서 자주 사용되는 죽 형태로 밀술을 만들고, 고두밥 덧술 방식으로

1)제1저자: 천재우한식명가연구원 원장, daewool1@naver.com

2)교신저자: 청운대학교 호텔조리식당경영학과 교수, cbcho@chungwoon.ac.kr

· 투고일: 2018-7-15 · 수정일: 2018-10-08 · 게재확정일: 2018-12-14

삼양주 제조방식을 채택하였으며, 제조과정에서 담금 회차별로 누룩의 양을 다르게 하여 이화학적 특성을 파악하고, 우리 전통 막걸리의 발전에 기여할 수 있는 품질의 표준화와 과학화를 위한 기초자료를 얻고자 하였다.

## II. 이론적 배경

### 2.1 막걸리에 관한 문헌고찰

막걸리는 찹쌀, 멥쌀, 보리쌀, 현미, 옥수수, 고구마, 밀 등의 전분질을 원료로 하고 발효제로서 누룩을 첨가하여 병행 복 발효 시켜 술덧을 혼탁하게 제성한 우리나라 고유의 전통주로 단맛, 신맛, 쓴맛, 매운맛과 청량감이 있는 알코올 함량이 약 6% 정도의 술이다(Lee et al., 2009). 이러한 막걸리는 단백질, 당질, 식이섬유, 비타민, 유기산 외에도 많은 양의 젖산균이 함유되어 있어 영양적 가치가 높고 생 효모가 함유되어 있기 때문에 일반 주류와는 차별화된 독특한 풍미를 가지는데(Ji and Chung, 2012), 일반적으로 막걸리에는 장내 유용균인 젖산균이 막걸리 700 mL에 약  $7 \times 10^{10}$  이상을 함유하고 있는 것으로 알려져 있다(Seo et al., 2012).

밑술은 ‘술밑’ 또는 ‘주모(酒母)’라고도 하는데 개량식 술 빚기에서 별도로 만들어 두는 ‘주모’와는 구별된다. 개량식 주모에는 누룩대신 종국(국균)을 사용하고 물과 곡물 이외 별도의 배양효모를 첨가하기 때문에 전통방식의 주모와는 다르다(Park, 2002). 밑술을 만들어 사용하는 이유는 술의 발효를 돕기 위함으로 효모의 증식과 배양에 그 목적이 있다. 오래전 선조들이 빚던 초기의 막걸리는 단양주로 빚어서 비록 낮은 함량의 일코올일지라도 그 맛이 좋아 만족하였을 것이다. 그러나 오랜 시간이 흐르면서 알코올 함량이 많은 술을 찾게 되고, 미리 담가 놓았던 술에 다시 덧술을 하면서 익히고 숙성시켰을 때 더 좋은 술을 얻을 수 있음을 발견하게 되었을 것이다.

이러한 밑술은 다양한 방식으로 사용할 수 있으며, 그 사용 방법에 따라 효모의 증식이나 배양이 달라질 수 있는데 이처럼 죽으로 빚는 밑술은 가장 오래된 방식 중의 하나로서 죽으로 빚는 술은 그 빛깔이 맑고 밝으며 술의 양이 많다는 특징이 있다(Park, 2006).

인절미 밑술 제조 방식은 1670년경 『음식지미방(飮食知味方)』과 『규곤시의방(閩壺是議方)』에 나타난 ‘인절미 굽는 법’을 통하여 인절미 밑술이 사용되었음을 알 수 있다. 인절미 밑술제조 방식은 감칠맛을 준다는 장점이 있으나 작업이 번거로워 인절미 밑술 빚기는 오늘날 널리 사용되지 않는다.

구멍떡으로 빚는 밑술의 방법을 살펴보면 쌀가루를 익반죽해 구멍이 뚫린 떡을 빚어 끓는 물에 삶아 내는 방법으로 과거 부유층이나 사대부에서 빚어 마시던 고급술에서 사용되던 방법이다(Lee, 2014). 이 방식은 투입되는 재료의 양에 비하여 생산되는 술의 양이 상대적으로 적어서 서민들이 사용하기는 경제적으로 어려움이 있는 방식이라고 하겠으나, 감미와 향기가 우수하고 저장성이 뛰어나다는 특징이 있다.

구멍떡이나 개떡이용 방식에서 변형된 물송편 밑술 방식은 일반적인 밑술 방식에 비하여 술의 색깔이 더 맑고 향이 깨끗하다는 장점이 있다.

고두밥의 방식은 우리나라에서 술빚기 형태 중 가장 나중에 사용하게 된 방법으로 ‘지에밥’이라고도 한다. 이방식은 수증기를 이용하여 쌀을 익히는 방식으로서, 술빚는 작업이나 방식으로서 가장 손쉬운 방법이다. 고두밥 밑술을 만들 때는 고두밥의 온도를 섭씨 25도 이하로 식혀서 사용해야 술의 산패를 예방할 수 있다.

쌀가루에 뜨거운 물을 부어 섞어가며 익히는 범벅의 방식으로 빚는 밑술은 반생반숙(半生半熟)의 방법을 이용하는데 생 쌀가루에 뜨거운 물을 부어 개어주어 그 모양이 된 풀이나 설익은 죽처럼 보이기도 한다(Park, 2006). 밑술의 기능으로는 효모균의 증식 및 배양에 있으며, 효모균이 충분히 증식 되었을 때 덧술 담금하여야 한다. 덧술은 말 그대로 밑술에 술을 한번 더 담금질을 하는 것으로서 보다 높은 알코올 생성과 좋은 색의 술을 얻기 위한 방식이다. 대개는 멥쌀이나 찹쌀을 주원료로 고두밥의 방법을 주로 사용한다. 덧술을 할 때 곡물을 익혀 단독으로 사용하는 것이 일반적이데 곡물 외에 누룩이나 물을 단독 혹은 함께 사용되는 방법이 있

다(Park, 2002). 덧술에 사용되는 누룩이나 물은 술의 맛과 품질을 결정짓는 밀접한 관계가 있으며, 본 연구에서는 밀술에 두 번 덧술하여 빚은 삼양주 방식을 택하였으며, 누룩의 투입시기를 다르게 하여 막걸리의 품질이나 특성이 어떻게 다른지를 알아보고 향후 전통주 품질개선 및 대중화 방안을 모색하고자 하였다.

## 2.2 누룩에 관한 문헌고찰

한반도의 역사에서도 농경시대부터 곡류, 물, 누룩을 사용하여 술 만드는 방법을 발견하였으며, 누룩의 발견은 전통주 제조의 중요한 역할을 하게 되었다. 한반도는 중국으로부터의 영향을 받아 곡술을 빚는데 국과 열을 사용했을 것이다. 『서경(書經)』 설명 편에서 술을 만들 때는 국열(麴蘖)을 사용한다고 했는데, 국(麴)은 누룩을 지칭하고 열(蘖)은 엿기름을 가리키는 것으로 고대부터 곡물을 이용하여 술을 빚는데 누룩과 곡아가 사용되었음을 알 수 있다. 누룩의 구성은 일종의 미생물 덩어리로서 주요 재료는 밀을 사용하고 있으나 지역 환경 특성에 따라 모양, 크기, 재료 등을 다르게 만들어 사용하기도 한다. 한반도에서는 삼국시대부터 지역마다 다양한 형태의 누룩을 사용하였으며, 술의 종류에 따라 탁주용, 약주용, 소주용 등으로 구분하여 누룩의 종류를 소맥누룩, 쌀누룩, 녹두누룩, 고량누룩, 연맥누룩 등 수십 종의 누룩을 사용하였다.

삼국시대 이전부터 우리 민족이 술을 제조할 때 사용되었던 것으로 알려진 전통누룩은 곡물이 단단하게 뭉쳐진 덩어리 떡 모양의 누룩이 대부분이었으며, 여기에 자연 미생물을 생육시켜 제조한 것이다. 누룩은 생곡(生穀) 자체가 구성하고 있는 효소와 *Rhizopus*, *Mucor*, *Aspergillus*, *Absidia* 속 등의 곰팡이 및 효모, 기타 균류가 번식하면서 각종 효소를 생성하고 분비하는 발효제이며, 다양한 효소를 가지는 밀술(주모)의 모체역할을 겸한 발효제의 일종이다. 이러한 특성을 갖는 누룩 막걸리에 비하여 포도주와 같은 과실주는 과일 속의 포도당을 이용하여 발효시키는 단발효 방식의 발효주이다. 하지만 곡물류를 이용하여 술을 빚는 발효주는 누룩의 곰팡이가 만들어내는 아밀라아제를 이용하여 곡물의 전분을 당화시켜 주는 동시에 효모가 당을 이용하여 발효시키고 알코올을 생성하는 즉, 당화작용과 발효가 동시에 진행되는 병행 복합효주라고 하는 것이다. 이처럼 누룩은 자연에 존재하는 미생물로 만들어지는 전통적인 재래 누룩과 증자한 전분 원료에 순수 배양한 곰팡이 균을 접종하여 제조한 개량누룩으로 분류한다(Lee and Han, 2000).

## Ⅲ. 실험방법 및 실험재료

### 3.1 실험재료 및 막걸리의 제조

본 실험을 위하여 충남 홍성지역의 유기농 친환경 농법으로 생산된 멥쌀과 찹쌀, 그리고 송학곡자 누룩과 제주 삼다수를 이용하였다. 누룩의 투입시기에 따른 막걸리의 이화학적인 특성을 파악하기 위한 막걸리 제조의 재료 배합 비율은 <Table 1>과 같다. 1단, 2단 담금을 위하여 멥쌀을 사용하였으며, 깨끗이 씻은 멥쌀을 생수에 8시간 담근 후 찹쌀을 이용하여 고두밥을 짓고 난 후 실온에서 식혔다. 물과 누룩을 섞고 20분간 적당하게 혼합한 후 살균용 소독 처리된 항아리에 붓고 25°C의 항온기에서 1단 담금 3일, 2단 담금 3일, 3단 담금 7일간 배양하였으며, 혼합 후 제조 3시간 경과한 후부터 시료로 사용하였다.

3단 담금을 위하여 찹쌀 4kg을 이용하였으며, 깨끗이 씻은 찹쌀을 6시간 동안 생수에 담근 후 대형 소쿠리를 이용하여 1시간 동안 물기를 빼고 찹쌀을 이용하여 고두밥을 짓고 실온에서 섭씨 25도 수준으로 식혔다.

준비된 고두밥에 술덧을 넣고, M3에 누룩 200g을 혼합하고 25°C에서 7일간 발효조에서 발효시켰으며, 발효 시작 첫 2일간 하루에 두 번 저어 주었다. 시료 제조 3시간부터 경과 일에 따른 pH, 적정 산도, 당도, 환원당, 색도, 알코올 함량의 변화를 1일 간격으로 평가하였고, 유리당, 유기산, 관능평가는 발효 종료 후 실시하였다.

## 3.2 실험방법

### 3.2.1 pH 및 적정 산도 측정

pH 측정을 위하여 시료 50mL를 100mL 삼각플라스크에 넣어 pH meter(HM-30V, Toa, Kobe, Japan)를 이용하여 측정하였고, 적정산도 측정은 시료 10mL에 증류수 50mL을 첨가하여 1% 페놀프탈레인 지시약 2~3방울 첨가한 후 0.1 N-NaOH용액으로 미적색(pH 8.3)이 될 때까지 3회 반복하여 소비량을 측정하고, 초산함량(%)으로 표기 하였다.

$$\text{적정 산도(\%)} = \frac{0.006 \times V \times f}{S} \times 100$$

V = 0.1N NaOH 소비량

F = 0.1N NaOH의 역가

S = 시료의 부피(mL)

### 3.2.2 당도 및 환원당 측정

당도측정을 위하여 당도계(Pocket refractometer PR-32, ATAGO Co. Japan)를 이용하여 °Brix를 측정하였으며, 환원당측정은 dinitrosalicylic acid(DNS)법에 의해 배양기간 중에 채취한 시료를 200배 희석하여 희석액 1mL에 DNS 시약 3mL을 첨가하여 혼합한 후 100°C 끓는 물에서 15분간 반응시킨 후 실온에서 냉각한 후 Spectrophotometer (Spectronic 20D+, Thermo Spectronic Co. USA)를 이용하여 575nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 환원당 함량은 glucose를 표준물질로 사용하여 작성한 표준곡선을 이용하여 환산하였다.

Table 1. Mixture ratio of step-1, step-2 Mitsul and step-3 Takju

Meshes	Ingredients (g)	Samples <sup>1)</sup>		
		M1	M2	M3
step-1	Non-glutinous rice	1,000	1,000	1,000
	<i>Nuruk</i>	600	300	200
	Water	4,000	4,000	4,000
step-2	Non-glutinous rice	1,000	1,000	1,000
	<i>Nuruk</i>	-	300	200
	Water	2,000	2,000	2,000
step-3	Glutinous rice	4,000	4,000	4,000
	<i>Nuruk</i>	-	-	200
	Water	-	-	-

<sup>1)</sup>M1: Mitsul by adding 100% of *Nuruk* into step-1 Mashing.

M2: Mitsul by adding 50% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and then adding 50% of *Nuruk* into step-2 Mashing.

M3: Takju by adding 33.3% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and another 33.3% of *Nuruk* into Step-2 Mashing, and then adding remaining 33.3% of *Nuruk* into step-3 Mashing.

### 3.2.3 색도측정

색도는 25°C에서 7일 동안 발효된 막걸리를 색차계(Colorimeter, CR-300, Minolta Co. Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하여 평균값을 Hunter값(L: lightness, a: redness, b: yellowness)로 나타내었다.

### 3.2.4 알코올함량 측정

알코올함량 측정은 국세청 주류분석방법(national tax service institute, 2008)에 따라 측정하였다. 발효 기간 중 채취한 시료 200 mL를 냉동 원심분리기를 이용하여 4°C에서 8000rpm으로 15분간 원심분리하여 취한 상등액 100mL을 메스실린더로 측정하여 500mL증류 플라스크에 가하였다. 시료가 담겨져 있던 메스실린더에 증류수 10mL로 3회 세척한 다음 삼각 플라스크에 더하였다. 삼각 플라스크를 냉각 추출기 한쪽에 연결하고 다른 한쪽에는 메스실린더를 연결하였으며, hot plate를 이용하여 시료에 열을 가하여 증류시켜 증류액이 70mL이 되면 증류를 정지하고 증류수를 보충하였으며, 100mL 눈금까지 채운 후 주정계로 알코올 도수를 측정하였다. 그리고 Gay-Lussac 주정도수 환산표에 의해 15°C로 보정하여 %(v/v)로 표시하였다.

### 3.2.5 유리당 측정

3단 담금 덧술의 발효 경과에 따른 막걸리의 유리당 농도를 측정하기 위하여 Table 2와 같은 조건으로 분석하였다. 막걸리를 냉동원심분리기를 이용하여 4°C에서 8,000×g로 15분간 원심분리하여 상등액 10mL을 취하고 0.2 µm Syringe filter(Adventec MFS Inc, Dublin CA, USA)로 여과하여 사용하였다.

Table 2. HPLC specification and operating conditions for measurement of free sugar content in *Takju*

Specifications	Operating conditions
HPLC System	Water 2695
Detector	Water 410
Mobile phase	Acetonitrile / D.W (75/25, v/v)
Flow rate	1.0 mL / min
Oven Temp	30°C
Column	Shodex Asahipak NH2P-50 (300 mm × 3.9 nm)
Injection Vol.	20 µL

### 3.2.6 유기산 측정

3단 담금 덧술의 발효경과 후에 따른 막걸리의 유기산 농도를 측정하기 위하여 Table 3과 같은 조건으로 분석하였다. 막걸리를 냉동원심분리기를 이용하여 4°C에서 8,000 × g로 15분간 원심분리 하여 상등액 10 mL을 취하고 0.45 µm Syringe filter(Adventec MFS Inc, Dublin CA, USA)로 여과하여 사용하였다.

Table 3. HPLC specification and operating conditions for measurement of organic acids content in *Takju*

Specifications	Operating conditions
Model	LC-10AD (Shimadzu)
Detector	UV detector
Mobile phase	H2SO4 0.826 mL/L
Flow rate	0.5 mL/min
Wavelength	210 nm
Oven Temp	35°C
Column	Ion Exclusion column (Aminex HPX-87H, 300 mm × 7.8 mmI.D.)
Injection Vol.	20 µL
Retention	35 min

### 3.2.7 관능검사

누룩투입시기에 따른 제조방식으로 제조한 막걸리의 관능적 특성 평가를 위하여 사전에 연구목적과 방법에 대하여 충분히 설명되고 훈련된 식음료 전문가 15명의 패널들을 대상으로 각 시료별 신맛, 단맛, 뒷맛과 향기,

입안에서 느껴지는 감촉, 그리고 전체적인 기호도, 등 6가지 항목에 대하여 5점 척도로 조사하였다. 항목별 평가 점수는 매우 좋음 5점에서 매우 나쁨 1점으로 평가하여 각각의 평균값을 산출하였으며 시료는 동일한 크기의 흰색 컵에 30mL씩 나누어 제공하고 관능검사를 실시하였다.

### 3.2.8 통계분석

각각의 실험은 3회 반복 측정하였으며, 측정결과는 SPSS 24 통계프로그램을 이용하여 분산분석을 실시하여 평균값에 대하여  $\pm$ 표준편차로 제시하였다. 각각의 시료에 대한 유의성 검정은 분산분석을 실시한 후  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test를 적용하여 제시하였다.

## 3.3 결과 및 고찰

### 3.3.1 pH 및 적정 산도 측정

술덧(혹은 덧술)의 발효과정에서 만들어지는 탄산가스, 유기산 및 기타 산 등은 발효 중인 덧술의 pH에 영향을 주어 막걸리의 성분변화와 발효진행 정도 등을 확인할 수 있는 중요한 지표로 작용한다(Jeong, et al., 2006 ; Park and Lim, 2007).

Table 4. Changes in pH during fermentation of step-1, step-2 Mitsul and step-3 Takju

Fermentation periods(days)	Samples <sup>1)</sup>			
	M1	M2	M3	
step-1	0	6.11±0.01 <sup>b2)</sup>	6.25±0.01 <sup>b</sup>	6.31±0.01 <sup>a</sup>
	1	4.72±0.00 <sup>c</sup>	4.81±0.02 <sup>b</sup>	4.92±0.02 <sup>a</sup>
	2	3.49±0.01 <sup>c</sup>	3.55±0.01 <sup>b</sup>	3.60±0.01 <sup>a</sup>
	3	3.56±0.02 <sup>a</sup>	3.57±0.01 <sup>a</sup>	3.57±0.01 <sup>a</sup>
step-2	0	3.56±0.02 <sup>a</sup>	3.57±0.01 <sup>a</sup>	3.57±0.01 <sup>a</sup>
	1	3.32±0.02 <sup>a</sup>	3.34±0.02 <sup>a</sup>	3.35±0.01 <sup>a</sup>
	2	3.34±0.01 <sup>c</sup>	3.39±0.01 <sup>b</sup>	3.41±0.01 <sup>a</sup>
	3	3.35±0.01 <sup>b</sup>	3.42±0.01 <sup>a</sup>	3.42±0.01 <sup>a</sup>
step-3	0	3.46±0.01 <sup>c</sup>	3.49±0.01 <sup>b</sup>	3.53±0.01 <sup>a</sup>
	1	3.45±0.01 <sup>c</sup>	3.48±0.01 <sup>b</sup>	3.52±0.01 <sup>a</sup>
	2	3.41±0.01 <sup>c</sup>	3.48±0.01 <sup>b</sup>	3.51±0.01 <sup>a</sup>
	3	3.40±0.01 <sup>b</sup>	3.49±0.01 <sup>a</sup>	3.50±0.01 <sup>a</sup>
	4	3.42±0.01 <sup>c</sup>	3.45±0.01 <sup>b</sup>	3.53±0.01 <sup>a</sup>
	5	3.39±0.00 <sup>c</sup>	3.48±0.01 <sup>b</sup>	3.56±0.00 <sup>a</sup>
	6	3.39±0.01 <sup>c</sup>	3.49±0.00 <sup>b</sup>	3.58±0.01 <sup>a</sup>
7	3.40±0.01 <sup>c</sup>	3.51±0.01 <sup>b</sup>	3.61±0.01 <sup>a</sup>	

<sup>1)</sup>M1: Mitsul by adding 100% of Nuruk into step-1 Mashing.

M2: Mitsul by adding 50% of Nuruk into step-1 Mashing, and then adding 50% of Nuruk into Step-2 Mashing.

M3: Takju by adding 33.3% of Nuruk into step-1 Mashing, and another 33.3% of Nuruk into step-2 Mashing, and then adding remaining 33.3% of Nuruk into step-3 Mashing.

<sup>2)</sup>Quoted values are means±standard deviations of triplicate measurements. The values with different letters in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

3단 담금 덧술의 발효 정도에 따른 pH의 변화는 Table 4에 제시하였다. 초기 1차 담금 일부터 2일차까지 pH가 크게 떨어지는 모습을 보였으며, 발효 상태는 안정적으로 나타났다. 2단, 3단 담금의 재료 투입 후 발효 종료까지는 큰 차이가 나타나지 않았다. 1단 담금 0일차에는 pH 6.11~6.31로 누룩의 사용량이 많은 M1 시료에서 pH가 가장 낮았고, 누룩의 사용량이 적은 M3 시료에서 가장 높은 pH 수치로 나타나 누룩의 사용량이 높을수록 유의적으로 낮은 pH를 나타내었다. 이는 발효 2일차까지 동일한 경향을 보이다가 1단 담금 발효경과 3일차부터 2단 담금 재료 투입 후 0일차, 1일차까지 시료간 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 2단 담금 발효

결과 2일차 후에는 3단 담금 후 발효가 끝날 때까지 대체로 누룩의 초기 투입량이 많을수록 유의적으로 낮은 pH를 보였다. 본 실험 막걸리 술덧의 pH 변화는 누룩종류를 달리 실험한 한은혜 외(Han, et al., 1997)의 보고서와 대체로 일치하였다.

### 3.3.2 pH 및 적정 산도 측정

술덧의 발효 시작 초기의 산도 총 함량은 주로 누룩이나 원료에서 나타나지만 효모균의 배양이 진행되면서 막걸리중의 효모나 젖산균 등의 미생물 활동의 결과로 생성되는 각종 유기산들이 나타나면서 총산의 함량이 늘어나게 된다. 이러한 산 생성물은 휘발성 향기 성분과 함께 막걸리의 맛과 보존성에 직접 관련되며 특히 술덧의 발효 초기 젖산균의 증식에 의한 젖산의 생성은 pH를 저하하여 잡균에 의한 오염을 방지하며 효모균이 생육하기에 적당한 환경을 조성하여 술덧 중의 효모균의 증식과 알코올 발효를 원활하게 한다(Song, Park, and Shin, 1997).

술덧의 발효 과정 중 산도 총 함량 변화는 Table 5와 같다. 1단 담금 0차일의 산도 총 함량은 0.02~0.08%로 나타났으며, 이후 발효경과 3차일까지 0.40~0.54%로 급격하게 상승하여 발효경과 2차일까지 급격하게 낮아진 pH의 변화와 유사한 변화 결과를 나타냈다. 또한 누룩의 사용량이 많은 M1에서 높게 나타났고, M2, M3의 순서로 pH가 낮았던 결과와 마찬가지로 누룩의 사용량이 많은 M1에서 높게 나타났고, M2, M3의 순서로 총산도의 함량이 높았다. 이러한 결과는 1단, 2단, 3단의 발효 진행 전체구간에서 초기 누룩의 사용량이 높은 M1에서 높게 나타났고, M2, M3의 처리구 순으로 산도 총 함량이 유의적으로 높게 나타났다. 1단 담금질 이후 2단, 3단의 재료 투입에 의한 총산의 저하와 각 담금질의 재료 투입 후 발효 진행경과 2~3차일까지는 총산의 함량이 크게 증가하였으며 이후 완만하게 증가하였다.

Table 5. Changes in acidity during fermentation of step-1, step-2 Mitsul and step-3 Takju

Fermentation periods(days)	Samples <sup>1)</sup>			
	M1	M2	M3	
step-1	0	0.08±0.06 <sup>a2)</sup>	0.05±0.10 <sup>b</sup>	0.02±0.06 <sup>c</sup>
	1	0.20±0.10 <sup>a</sup>	0.14±0.15 <sup>b</sup>	0.10±0.06 <sup>c</sup>
	2	0.45±0.06 <sup>a</sup>	0.39±0.17 <sup>b</sup>	0.32±0.15 <sup>c</sup>
	3	0.54±0.15 <sup>a</sup>	0.45±0.00 <sup>b</sup>	0.40±0.06 <sup>c</sup>
step-2	0	0.40±0.06 <sup>a</sup>	0.33±0.06 <sup>b</sup>	0.27±0.15 <sup>c</sup>
	1	0.51±0.15 <sup>a</sup>	0.45±0.21 <sup>b</sup>	0.34±0.00 <sup>c</sup>
	2	0.56±0.17 <sup>a</sup>	0.47±0.20 <sup>b</sup>	0.34±0.06 <sup>c</sup>
	3	0.58±0.23 <sup>a</sup>	0.49±0.06 <sup>b</sup>	0.36±0.06 <sup>c</sup>
step-3	0	0.42±0.12 <sup>a</sup>	0.38±0.12 <sup>b</sup>	0.27±0.15 <sup>c</sup>
	1	0.47±0.10 <sup>a</sup>	0.44±0.25 <sup>b</sup>	0.35±0.17 <sup>c</sup>
	2	0.54±0.06 <sup>a</sup>	0.45±0.26 <sup>b</sup>	0.39±0.12 <sup>c</sup>
	3	0.58±0.12 <sup>a</sup>	0.54±0.21 <sup>b</sup>	0.45±0.05 <sup>c</sup>
	4	0.59±0.12 <sup>a</sup>	0.55±0.10 <sup>b</sup>	0.49±0.00 <sup>c</sup>
	5	0.62±0.10 <sup>a</sup>	0.55±0.00 <sup>b</sup>	0.50±0.10 <sup>c</sup>
	6	0.62±0.06 <sup>a</sup>	0.57±0.15 <sup>b</sup>	0.55±0.12 <sup>c</sup>
7	0.64±0.15 <sup>a</sup>	0.60±0.06 <sup>b</sup>	0.56±0.10 <sup>c</sup>	

<sup>1)</sup>M1: Mitsul by adding 100% of Nuruk into step-1 Mashing.

M2: Mitsul by adding 50% of Nuruk into step-1 Mashing, and then adding 50% of Nuruk into step-2 Mashing.

M3: Takju by adding 33.3% of Nuruk into step-1 Mashing, and another 33.3% of Nuruk into step-2 Mashing, and then adding remaining 33.3% of Nuruk into step-3 Mashing.

<sup>2)</sup>Quoted values are means±standard deviations of triplicate measurements. The values with different letters in the same column are significantly different (p<0.05).

### 3.3.3 당도 변화

덧술의 발효 진행 중 당도 함량의 변화는 Table 6과 같다. 1단 담금 후 0차일에는 10.60~10.57 °Brix로 누룩의 사용 양과 관계없이 유의적 차이가 없었으며, 발효 진행 2차일부터 누룩의 사용량이 가장 많은 M1에서

11.20 °Brix로 가장 높게 나타났다. M2는 11.03 °Brix, M3는 10.83 °Brix로 비교적 유의적 차이가 있는 것이 관찰되었다. 발효 진행 3차일부터는 전체적으로 당도 함량이 낮아진 것으로 보아 본격적인 효모의 증식과 알코올 발효가 발효 진행 2차일부터 시작되고 있었으며, 시료 간의 유의적 차이가 명확하게 나타났다. 1단 담금 0차일과 마찬가지로 2단, 3단 담금의 재료 투입이 이루어진 2단, 3단 담금의 0차일에는 재료 투입 전보다 당도의 함량이 소폭 상승하는 모습을 나타냈다. 발효 진행 전체에서 초기 누룩의 사용량이 높았던 M1에서 높게 나왔고 M2, M3 순으로 당도 함량이 유의적으로 높게 나타났다.

Table 6. Changes in sugar content during fermentation of step-1, step-2 *Mitsul* and step-3 *Takju*

Fermentation periods(days)	Samples <sup>1)</sup>			
	M1	M2	M3	
step-1	0	10.60±0.00 <sup>a2)</sup>	10.57±0.06 <sup>a</sup>	10.57±0.06 <sup>a</sup>
	1	10.87±0.06 <sup>a</sup>	10.73±0.12 <sup>a</sup>	10.37±0.15 <sup>b</sup>
	2	11.20±0.17 <sup>a</sup>	11.03±0.06 <sup>ab</sup>	10.83±0.06 <sup>b</sup>
	3	8.03±0.06 <sup>a</sup>	7.53±0.12 <sup>b</sup>	7.23±0.06 <sup>c</sup>
step-2	0	9.03±0.06 <sup>a</sup>	8.77±0.15 <sup>b</sup>	8.17±0.06 <sup>c</sup>
	1	7.37±0.12 <sup>a</sup>	6.87±0.12 <sup>b</sup>	6.60±0.10 <sup>c</sup>
	2	6.67±0.12 <sup>a</sup>	6.03±0.06 <sup>b</sup>	5.90±0.00 <sup>b</sup>
	3	6.10±0.10 <sup>a</sup>	5.90±0.00 <sup>b</sup>	5.43±0.06 <sup>c</sup>
step-3	0	7.13±0.12 <sup>a</sup>	6.63±0.23 <sup>b</sup>	5.80±0.00 <sup>c</sup>
	1	17.37±0.12 <sup>a</sup>	17.23±0.06 <sup>a</sup>	16.13±0.06 <sup>b</sup>
	2	19.97±0.12 <sup>a</sup>	19.73±0.06 <sup>b</sup>	19.20±0.10 <sup>c</sup>
	3	19.43±0.06 <sup>a</sup>	19.20±0.00 <sup>b</sup>	18.83±0.06 <sup>c</sup>
	4	18.47±0.06 <sup>a</sup>	18.40±0.00 <sup>a</sup>	17.90±0.10 <sup>b</sup>
	5	17.77±0.06 <sup>a</sup>	17.43±0.06 <sup>b</sup>	17.00±0.00 <sup>c</sup>
	6	16.80±0.10 <sup>a</sup>	16.43±0.06 <sup>b</sup>	15.97±0.06 <sup>c</sup>
7	15.77±0.12 <sup>a</sup>	15.30±0.10 <sup>b</sup>	14.73±0.06 <sup>c</sup>	

<sup>1)</sup>M1: *Mitsul* by adding 100% of *Nuruk* into step-1 Mashing.

M2: *Mitsul* by adding 50% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and then adding 50% of *Nuruk* into step-2 Mashing.

M3: *Takju* by adding 33.3% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and another 33.3% of *Nuruk* into step-2 Mashing, and then adding remaining 33.3% of *Nuruk* into step-3 Mashing.

<sup>2)</sup>Quoted values are means±standard deviations of triplicate measurements. The values with different letters in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

### 3.3.4 환원당 변화

덧술의 발효 진행 중 막걸리 환원당 함량의 변화는 Table 7과 같다. 1단 담금 0차일의 환원당은 0.68~0.72%로 비교적 유의적인 차이를 보였으며, 1단 담금 발효 진행 3차일까지 M1에서 0.72~0.67%로 발효 진행 일이 지날수록 감소하였다. M2는 발효 진행 1차일에서 0.71%로 상승하였다가 감소하였으며, M3에서는 큰 변화가 나타나지 않았다. 2단 담금 재료 투입 후 술덧의 환원당 함량은 0.70~0.72%를 나타냈으며, M1은 2단 담금 발효 진행 3일째에 급격히 감소하였다. M2, M3에서는 발효 진행 2차일부터 급격히 감소하여 0.26, 0.23%를 나타냈다. 이는 효모에 의한 알코올 생성보다는 누룩 미생물에 의하여 분비된 amylase에 의한 당의 생성이 더 높은 것으로 이해되었다. 3단 담금 재료 투입 0차일 술덧의 환원당 함량은 0.10~0.15%로 나타났으며, 발효 진행 2차일까지 환원당 함량이 상승하였으나 이후부터 발효 종료까지 감소하는 추세를 보였다.

Table 7. Changes in reducing sugar during fermentation of step-1, step-2 *Mitsul* and step-3 *Takju*

Fermentation periods(days)	Samples <sup>1)</sup>			
	M1	M2	M3	
step-1	0	0.72±0.01 <sup>azj</sup>	0.68±0.02 <sup>ab</sup>	0.70±0.03 <sup>b</sup>
	1	0.70±0.01 <sup>a</sup>	0.71±0.02 <sup>a</sup>	0.70±0.02 <sup>a</sup>
	2	0.70±0.01 <sup>a</sup>	0.70±0.01 <sup>a</sup>	0.71±0.01 <sup>a</sup>
	3	0.67±0.03 <sup>a</sup>	0.70±0.09 <sup>a</sup>	0.70±0.01 <sup>a</sup>
step-2	0	0.70±0.00 <sup>b</sup>	0.70±0.01 <sup>b</sup>	0.72±0.02 <sup>a</sup>
	1	0.65±0.01 <sup>a</sup>	0.66±0.06 <sup>a</sup>	0.69±0.01 <sup>a</sup>
	2	0.53±0.02 <sup>a</sup>	0.44±0.06 <sup>ab</sup>	0.34±0.04 <sup>b</sup>
	3	0.32±0.01 <sup>a</sup>	0.26±0.03 <sup>b</sup>	0.23±0.02 <sup>c</sup>
step-3	0	0.15±0.00 <sup>c</sup>	0.12±0.00 <sup>a</sup>	0.10±0.00 <sup>b</sup>
	1	0.30±0.01 <sup>c</sup>	0.41±0.00 <sup>b</sup>	0.37±0.01 <sup>a</sup>
	2	0.42±0.01 <sup>b</sup>	0.44±0.04 <sup>b</sup>	0.46±0.00 <sup>a</sup>
	3	0.41±0.01 <sup>a</sup>	0.42±0.02 <sup>b</sup>	0.45±0.01 <sup>a</sup>
	4	0.35±0.02 <sup>b</sup>	0.39±0.04 <sup>a</sup>	0.35±0.01 <sup>a</sup>
	5	0.20±0.01 <sup>c</sup>	0.32±0.02 <sup>a</sup>	0.31±0.01 <sup>b</sup>
	6	0.10±0.01 <sup>b</sup>	0.20±0.01 <sup>a</sup>	0.18±0.01 <sup>a</sup>
7	0.03±0.01	0.11±0.02	0.12±0.01	

<sup>1)</sup>M1: *Mitsul* by adding 100% of *Nuruk* into step-1 Mashing.

M2: *Mitsul* by adding 50% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and then adding 50% of *Nuruk* into step-2 Mashing.

M3: *Takju* by adding 33.3% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and another 33.3% of *Nuruk* into step-2 Mashing, and then adding remaining 33.3% of *Nuruk* into step-3 Mashing.

<sup>2)</sup>Quoted values are means±standard deviations of triplicate measurements. The values with different letters in the same column are significantly different (p<0.05).

### 3.3.5 색도 변화

술덧의 발효 진행 중 막걸리의 밝은 정도를 나타내는 L-value의 변화는 Table 8과 같다. 1단 담금 시작 0차일에는 62.04~63.10이었고 발효 경과일이 지나면서 3단 담금의 종료일에는 67.24~68.05로 상승하였다. 발효 진행 전체구간에서 시료간의 유의적인 차이를 보였으며, 1단, 2단 담금의 발효 진행 중에서는 대체로 M1에서 높게 나타났으며, M2, M3 순서로 누룩의 사용량이 많은 처리구 일수록 높은 값을 보였다.

Table 8. Changes in L-value during fermentation of step-1, step-2 *Mitsul* and step-3 *Takju*

Fermentation periods(days)	Samples <sup>1)</sup>			
	M1	M2	M3	
step-1	0	63.10±0.11 <sup>azj</sup>	62.49±0.27 <sup>b</sup>	62.04±0.01 <sup>c</sup>
	1	64.49±0.15 <sup>a</sup>	62.64±0.12 <sup>b</sup>	61.41±0.11 <sup>c</sup>
	2	64.02±0.07 <sup>a</sup>	62.80±0.12 <sup>b</sup>	60.20±0.11 <sup>c</sup>
	3	66.87±0.24 <sup>a</sup>	65.92±0.09 <sup>b</sup>	61.26±0.31 <sup>c</sup>
step-2	0	63.86±0.36 <sup>a</sup>	64.31±0.15 <sup>a</sup>	62.86±0.11 <sup>b</sup>
	1	68.62±0.05 <sup>a</sup>	67.47±0.06 <sup>a</sup>	67.42±0.09 <sup>b</sup>
	2	68.27±0.18 <sup>b</sup>	68.07±0.21 <sup>a</sup>	67.47±0.25 <sup>c</sup>
	3	67.76±0.02 <sup>a</sup>	68.16±0.09 <sup>b</sup>	67.37±0.03 <sup>c</sup>
step-3	0	69.75±0.05 <sup>a</sup>	69.48±0.21 <sup>b</sup>	68.74±0.07 <sup>c</sup>
	1	71.10±0.03 <sup>b</sup>	70.80±0.04 <sup>a</sup>	70.57±0.04 <sup>a</sup>
	2	67.65±0.04 <sup>a</sup>	68.16±0.05 <sup>ab</sup>	68.32±0.13 <sup>b</sup>
	3	68.01±0.03 <sup>b</sup>	67.85±0.02 <sup>a</sup>	67.79±0.15 <sup>a</sup>
	4	67.28±0.03 <sup>c</sup>	67.62±0.15 <sup>b</sup>	67.76±0.16 <sup>a</sup>
	5	67.19±0.03 <sup>c</sup>	67.82±0.02 <sup>b</sup>	68.32±0.05 <sup>a</sup>
	6	67.41±0.12 <sup>c</sup>	67.65±0.14 <sup>b</sup>	68.20±0.03 <sup>a</sup>
7	67.86±0.03	67.24±0.04	68.05±0.04	

<sup>1)</sup>M1: *Mitsul* by adding 100% of *Nuruk* into step-1 Mashing.

M2: *Mitsul* by adding 50% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and then adding 50% of *Nuruk* into step-2 Mashing.

M3: *Takju* by adding 33.3% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and another 33.3% of *Nuruk* into step-2 Mashing, and then adding remaining 33.3% of *Nuruk* into step-3 Mashing.

<sup>2)</sup>Quoted values are means±standard deviations of triplicate measurements. The values with different letters in the same column are significantly different (p<0.05).

3단 담금의 재료 투입 후 발효 진행 4차일 이후부터는 가장 최근 첨가된 M3에서 높게 나타났고, M2, M1 순서로 높은 값을 나타내는 양상을 볼 수 있었다. 술덧의 발효 진행 중 막걸리의 채도와 관계되며 적색과 녹색의 관계도를 나타내는 a-value, 황색과 파랑색의 관계를 나타내는 b-value의 변화는 Table 9와 10에서 제시하였다. 발효 진행 중 a-value의 결과는 0값에 가까운 수치로 무채색에 가깝게 나타났으나, 1단 담금 발효시작에서부터 2단 담금 1차일까지 초기 누룩의 사용량이 많을수록 유의적으로 높게 나타났다. b-value는 1단 담금 전체 구간에서 누룩의 사용량이 많은 처리구 일수록 황색도가 높게 나타났으며, M1에서 가장 높고 M2, M3 순으로 시료간의 유의적인 차이가 잘 드러났다. 2단 담금 발효 진행 중에서는 2차일까지 1단 담금과 마찬가지로 M1에서 가장 높고 M2, M3 순으로 유의적인 차이를 보였으나 2단 담금 재료 투입 후 새롭게 추가된 누룩의 사용량이 많아진 M2처리구와 M1처리구간의 차이가 좁혀져 2단 담금 발효경과 3차일 이후 3단 담금 발효 진행 1차일까지 가장 높은 황색도를 보여주었다. 3단 담금 재료 투입 후 황색도가 다른 처리구 보다 높게 상승한 M3 시료는 발효 진행 2차일 이후부터 대체로 가장 높은 황색도를 보였다.

Table 9. Changes in a-value during fermentation of step-1, step-2 Mitsul and step-3 Takju

Fermentation periods(days)	Samples <sup>1)</sup>			
	M1 <sub>a2)</sub>	M2 <sub>b</sub>	M3 <sub>c</sub>	
step-1	0	-0.12±0.02 <sup>a</sup>	-0.59±0.04 <sup>b</sup>	-0.91±0.02 <sup>c</sup>
	1	-0.15±0.01 <sup>a</sup>	-0.6-1±0.03 <sup>b</sup>	-1±0.03 <sup>c</sup>
	2	-0.17±0.01 <sup>a</sup>	-0.94±0.02 <sup>b</sup>	-1.15±0.02 <sup>c</sup>
	3	-0.25±0.01 <sup>a</sup>	-0.79±0.04 <sup>b</sup>	-1.18±0.05 <sup>c</sup>
step-2	0	-0.65±0.06 <sup>a</sup>	-0.81±0.03 <sup>b</sup>	-1.17±0.02 <sup>c</sup>
	1	-0.32±0.03 <sup>a</sup>	-0.50±0.01 <sup>a</sup>	-0.60±0.02 <sup>b</sup>
	2	-0.43±0.01 <sup>a</sup>	-0.42±0.02 <sup>a</sup>	-0.62±0.02 <sup>b</sup>
	3	-0.35±0.03 <sup>a</sup>	-0.40±0.03 <sup>a</sup>	-0.50±0.03 <sup>b</sup>
step-3	0	0.14±0.03 <sup>a</sup>	-0.26±0.38 <sup>b</sup>	-0.17±0.02 <sup>b</sup>
	1	0.18±0.03 <sup>a</sup>	0.00±0.02 <sup>b</sup>	-0.04±0.03 <sup>a</sup>
	2	-0.21±0.04 <sup>b</sup>	-0.35±0.05 <sup>b</sup>	-0.17±0.01 <sup>a</sup>
	3	-0.31±0.01 <sup>a</sup>	-0.34±0.02 <sup>a</sup>	-0.11±0.01 <sup>a</sup>
	4	-0.39±0.06 <sup>b</sup>	-0.41±0.03 <sup>b</sup>	-0.37±0.04 <sup>a</sup>
	5	-0.41±0.04 <sup>b</sup>	-0.43±0.03 <sup>b</sup>	-0.27±0.03 <sup>a</sup>
	6	-0.43±0.03 <sup>ab</sup>	-0.49±0.02 <sup>b</sup>	-0.38±0.05 <sup>a</sup>
7	-0.46±0.03 <sup>a</sup>	-0.58±0.03 <sup>b</sup>	-0.41±0.03 <sup>a</sup>	

<sup>1)</sup>M1: Mitsul by adding 100% of Nuruk into step-1 Mashing.

M2: Mitsul by adding 50% of Nuruk into step-1 Mashing, and then adding 50% of Nuruk into step-2 Mashing.

M3: Takju by adding 33.3% of Nuruk into step-1 Mashing, and another 33.3% of Nuruk into step-2 Mashing, and then adding remaining 33.3% of Nuruk into step-3 Mashing.

<sup>2)</sup>Quoted values are means±standard deviations of triplicate measurements. The values with different letters in the same column are significantly different (p<0.05).

Table 10. Changes in b-value during fermentation of step-1, step-2 Mitsul and step-3 Takju

Fermentation periods(days)	Samples <sup>1)</sup>			
	M1	M2	M3	
step-1	0	13.58±0.01 <sup>a2)</sup>	9.33±0.07 <sup>b</sup>	7.02±0.02 <sup>c</sup>
	1	13.33±0.10 <sup>a</sup>	10.36±0.08 <sup>b</sup>	7.44±0.05 <sup>c</sup>
	2	13.99±0.06 <sup>a</sup>	10.29±0.02 <sup>b</sup>	7.01±0.04 <sup>c</sup>
	3	14.09±0.01 <sup>a</sup>	11.26±0.08 <sup>b</sup>	7.87±0.24 <sup>c</sup>
step-2	0	11.89±0.04 <sup>a</sup>	11.09±0.09 <sup>b</sup>	8.48±0.09 <sup>c</sup>
	1	13.18±0.07 <sup>a</sup>	12.90±0.04 <sup>b</sup>	10.69±0.06 <sup>c</sup>
	2	12.89±0.07 <sup>a</sup>	12.52±0.13 <sup>b</sup>	10.72±0.04 <sup>c</sup>
	3	13.07±0.05 <sup>b</sup>	13.34±0.10 <sup>a</sup>	11.23±0.01 <sup>c</sup>

step-3	0	13.23±0.09 <sup>b</sup>	13.38±0.01 <sup>a</sup>	12.12±0.03 <sup>c</sup>
	1	12.81±0.09 <sup>b</sup>	12.93±0.01 <sup>a</sup>	11.96±0.01 <sup>c</sup>
	2	11.53±0.05 <sup>b</sup>	11.65±0.05 <sup>b</sup>	11.83±0.08 <sup>a</sup>
	3	11.34±0.06 <sup>b</sup>	11.89±0.04 <sup>a</sup>	11.84±0.07 <sup>a</sup>
	4	11.28±0.01 <sup>c</sup>	11.73±0.04 <sup>a</sup>	11.52±0.04 <sup>b</sup>
	5	11.16±0.09 <sup>c</sup>	11.57±0.07 <sup>b</sup>	11.72±0.05 <sup>a</sup>
	6	11.03±0.04 <sup>c</sup>	11.37±0.04 <sup>b</sup>	11.54±0.06 <sup>a</sup>
	7	10.94±0.06 <sup>c</sup>	11.09±0.04 <sup>b</sup>	11.27±0.04 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>M1: *Mitsul* by adding 100% of *Nuruk* into step-1 Mashing.

M2: *Mitsul* by adding 50% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and then adding 50% of *Nuruk* into step-2 Mashing.

M3: *Takju* by adding 33.3% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and another 33.3% of *Nuruk* into step-2 Mashing, and then adding remaining 33.3% of *Nuruk* into step-3 Mashing.

<sup>2)</sup>Quoted values are means±standard deviations of triplicate measurements. The values with different letters in the same column are significantly different (p<0.05).

### 3.3.6 알코올 함량

막걸리는 발효 후 누룩의 효소 작용으로 곡물원료인 전분이 당분으로 분해되고, 효모의 발효 기질로 이용되어 효모의 증식과 알코올을 생성한다. 발효경과에 따른 알코올의 함량 변화를 살펴본 결과는 Table 11에 제시하였다. 1단 담금의 발효시작 후 1차일에 알코올 함량은 M1에서 높게 나왔고 M2, M3 순으로 누룩의 사용량이 높을수록 알코올 함량이 유의적으로 높게 나타났다. 또한 모든 처리구가 2차일까지는 소폭 상승하는 양상을 보였으나, 발효 진행 3차일에서 알코올의 급격한 상승을 나타냈다. 이러한 결과는 당도가 2차일까지 상승한 뒤 3차일에서 급격한 저하를 보인 결과와 상통하며 알코올 또한 초기 1단, 2단 담금 때 누룩의 사용량의 높을수록 발효 진행 전체에 걸쳐 유의적으로 높은 알코올 함량을 보여주었다.

Table 11. Changes in alcohol content during fermentation of step-1, step-2 *Mitsul* and step-3 *Takju*

Fermentation periods(days)	Samples <sup>1)</sup>		
	M1	M2	M3
step-1	0	N.D	N.D
	1	0.39±0.01 <sup>a2)</sup>	0.26±0.06 <sup>b</sup>
	2	0.90±0.01 <sup>a</sup>	0.81±0.01 <sup>b</sup>
	3	3.27±0.06 <sup>a</sup>	3.07±0.06 <sup>b</sup>
step-2	0	1.87±0.06 <sup>a</sup>	1.67±0.06 <sup>b</sup>
	1	5.10±0.00 <sup>a</sup>	4.30±0.00 <sup>b</sup>
	2	6.07±0.12 <sup>a</sup>	5.47±0.06 <sup>b</sup>
	3	6.93±0.06 <sup>a</sup>	6.70±0.00 <sup>b</sup>
step-3	0	5.8±0.00 <sup>a</sup>	4.8±0.06 <sup>b</sup>
	1	7.8±0.06 <sup>a</sup>	7.2±0.06 <sup>b</sup>
	2	9.2±0.06 <sup>a</sup>	8.6±0.06 <sup>b</sup>
	3	10.2±0.06 <sup>a</sup>	9.9±0.06 <sup>b</sup>
	4	11.9±0.10 <sup>a</sup>	11.5±0.06 <sup>b</sup>
	5	12.9±0.05 <sup>a</sup>	12.2±0.21 <sup>b</sup>
	6	13.2±0.00 <sup>a</sup>	12.7±0.06 <sup>b</sup>
	7	13.5±0.10 <sup>a</sup>	13.0±0.00 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>M1: *Mitsul* by adding 100% of *Nuruk* into step-1 Mashing.

M2: *Mitsul* by adding 50% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and then adding 50% of *Nuruk* into step-2 Mashing.

M3: *Takju* by adding 33.3% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and another 33.3% of *Nuruk* into step-2 Mashing, and then adding remaining 33.3% of *Nuruk* into step-3 Mashing.

<sup>2)</sup>Quoted values are means±standard deviations of triplicate measurements. The values with different letters in the same column are significantly different (p<0.05).

### 3.3.7 유리당 분석결과

3단 담금 덧술의 발효경과 후에 따른 막걸리의 유리당을 HPLC로 분석한 결과는 Table 12와 같다. 막걸리의 유리당 으로는 glucose, fructose, maltose, sucrose는 모든 시료구에서 검출되었다. fructose가 3.65~4.20%로 시험구중 가장 높은 함량을 나타내었으며 M1 처리구가 높았으며 M2 처리구, M3 처리구 순으로 높게 나타내었다. maltose는 0.52~0.57%를 나타내었으며, M3 처리구에서 가장 높게 나타내었다. glucose는 0.18~0.19%를 나타내었으며, sucrose는 0.13~0.15%를 나타내었다.

Table 12. Concentration of Free sugar in step-3 *Takju*

Free sugar	Samples <sup>1)</sup>		
	M1	M2	M3
Glucose	0.19	0.18	0.18
Fructose	4.20	4.10	3.65
Maltose	0.52	0.52	0.57
Sucrose	0.15	0.13	0.13

<sup>1)</sup>M1: *Mitsul* by adding 100% of *Nuruk* into step-1 Mashing.

M2: *Mitsul* by adding 50% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and then adding 50% of *Nuruk* into step-2 Mashing.

M3: *Takju* by adding 33.3% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and another 33.3% of *Nuruk* into step-2 Mashing, and then adding remaining 33.3% of *Nuruk* into step-3 Mashing.

### 3.3.8 유기산 분석결과

3단 담금 덧술의 발효경과 후에 따른 막걸리의 유기산을 HPLC로 분석한 결과는 Table 13과 같다. 막걸리의 유기산으로는 acetic acid, citric acid, lactic acid, malic acid, oxalic acid, propionic acid, succinic acid는 모든 시료구에서 검출되었다. citric acid가 3.65~4.20%로 시험구중 가장 높은 함량을 나타내었으며, succinic acid는 2.02~2.23%를 나타내어 다음 순으로 나타내었다. 시험구에 따라 다소의 차이는 있으나 lactic acid는 0.52~0.57%로 M3구가 높았으며 acetic acid는 0.18~0.19%로 M1시료구에서 높게 나타났다.

Table 13. Concentration of organic acid in step-3 *Takju*

Organic acid	Samples <sup>1)</sup>		
	M1	M2	M3
Acetic acid	0.19	0.18	0.18
Citric acid	4.20	4.10	3.65
Lactic acid	0.52	0.52	0.57
Malic acid	0.15	0.13	0.13
Oxalic acid	0.28	0.27	0.28
Propionic acid	1.08	1.08	1.03
Succinic acid	2.23	2.08	2.02

<sup>1)</sup>M1: *Mitsul* by adding 100% of *Nuruk* into step-1 Mashing.

M2: *Mitsul* by adding 50% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and then adding 50% of *Nuruk* into step-2 Mashing.

M3: *Takju* by adding 33.3% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and another 33.3% of *Nuruk* into step-2 Mashing, and then adding remaining 33.3% of *Nuruk* into step-3 Mashing.

### 3.3.9 관능검사

누룩 투입시기를 다르게 하여 담금질한 막걸리의 발효 7차일에 실시한 관능검사 결과는 Table 14에 제시하였다. 신맛, 단맛, 뒷맛, 향기, 입안에서의 감촉, 그리고 전체적인 기호도에 대한 6가지 항목 평가결과 모든 항목에서 유의적 차이를 보이지는 않았으나, 향기는 M3시료구가 4.47로 M1, M2 시료의 4.24, 4.18 점보다 높게 나타났으며, 신맛의 경우 3.65로 M3 시료가 높게 나타났다. 단맛은 M1에서 3.88로 가장 높게 나타났으며, 입안의 감촉 항목에서는 3.59로 M1에서 높았으며, 뒷맛은 3.94로 M3이 높은 경향을 보였다. 전체적인 종합 기호도 결과는 3.71로 M3가 높았으며, M2는 3.65, M1은 3.59로 비교적 낮게 나타났다.

pH, 적정 산도, 당도 및 알코올 함량과 관능적 특성을 종합적으로 살펴본 결과, 누룩 투입시기를 다르게하여 담금질한 막걸리의 이화학적으로 유의적인 차이를 나타냈으나, 관능검사 결과에는 유의적인 차이가 없었으므로 본 실험의 누룩투입시기를 달리한 3단 담금 막걸리의 품질은 관능적으로 크게 구분이 되지 않는 것으로 나타났다.

Table 14. Sensory evaluation of step-3 *Takju*

Sensory properties		Samples <sup>1)</sup>		
		M1 <sub>ad)</sub>	M2 <sub>a</sub>	M3 <sub>a</sub>
맛	신맛	3.18±0.88 <sub>a</sub>	3.59±0.87 <sub>a</sub>	3.65±1.00 <sub>a</sub>
	달맛	3.88±0.70	3.76±0.56	3.76±0.90
	떫맛	3.59±1.00 <sub>a</sub>	3.71±0.77 <sub>a</sub>	3.94±0.75 <sub>a</sub>
향기		4.24±0.75 <sub>a</sub>	4.18±0.73 <sub>a</sub>	4.47±0.80 <sub>a</sub>
	입안에서의 감촉	3.59±1.12 <sub>a</sub>	3.53±0.94 <sub>a</sub>	3.47±0.62 <sub>a</sub>
	전체적인 기호도	3.59±0.8	3.65±0.61	3.71±0.77

<sup>1)</sup>M1: *Mitsul* by adding 100% of *Nuruk* into step-1 Mashing.

M2: *Mitsul* by adding 50% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and then adding 50% of *Nuruk* into step-2 Mashing.

M3: *Takju* by adding 33.3% of *Nuruk* into step-1 Mashing, and another 33.3% of *Nuruk* into step-2 Mashing, and then adding remaining 33.3% of *Nuruk* into step-3 Mashing.

<sup>2)</sup>Quoted values are means±standard deviations of triplicate measurements. The values with different letters in the same column are significantly different (p<0.05).

## IV. 결론 및 제언

### 4.1 이화학적 실험분석 결과

누룩의 투입시기에 따른 누룩 효모의 배양 특성을 통해 막걸리제조에 필요한 최적조건을 확립하기 위하여 술덧 1단, 2단, 3단 담금 막걸리의 이화학적 특성 실험을 하였다. 술덧(1단, 2단)의 이화학적 특성을 실험한 결과 pH와 적정 산도의 변화는 1단 담금 배양 1차일에서 급격히 감소하였고, 배양 2차일까지 감소하는 경향을 보였다. 그 이후는 큰 변화를 보이지 않았다. 적정 산도는 모든 시료구에서 증가하였으며, 술덧 2단 3차일에서 0.36~0.58%, 덧술 7차일에서는 0.56~0.64%로 나타났다. 당도는 1단 담금 발효 시작일에 10.60~10.57 °Brix 이었으나 발효 2차일까지는 상승 후 배양 3차일에는 감소하는 경향을 보였으며, 2단 담금은 배양 3차일까지 계속해서 감소하는 양상을 보여주었다. 환원당 함량은 M1에서 배양일이 지날수록 감소하였으며 M2는 배양 1차일, M3은 배양 2차일에서 최대값을 나타내고 감소하였다. 알코올 함량은 배양이 경과됨에 따라 증가하였으며 배양 3차일에서 급격히 상승하였다. 2단 담금 배양 2차일에서 급격히 상승하였고, 배양 3차일에 6.60~6.93%를 나타내었으며 M1이 6.93%로 최대값을 나타내었다. 1단 담금 L값은 발효 시작일에 62.04~63.10로 M1처리구에서 가장 높았으며, 2단 담금 b값은 증가하는 양상을 보였다. 알코올 함량은 배양이 경과됨에 따라 증가하여 2단 3차일에서 6.60~6.93%를 나타내었으며 M1이 6.93%로 최대값을 나타냈다.

덧술(3단)의 pH는 발효 초기에는 3.46~3.53을 나타내었으며 M1이 최고 낮은 경향을 보였다. 발효 7차일에서 3.40~3.61을 나타냈다. 당도는 발효 시작일에 5.80~7.13 °Brix이었으나 발효 2차일에서 19.20~19.97 °Brix로 급격히 증가하여 최대값을 나타냈으며 환원당 함량은 발효 2차일까지 상승 후 감소하였다. 알코올 함량은 발효 시작일에서 4.7~5.8%를 나타내었으며 발효 7차일에서 12.8~13.5%로 나타났는데, M1처리구 막걸리가 13.5%로 가장 높았고, M2처리구, M3처리구 순으로 높게 나타났다. L값은 발효 1차일까지 증가하였으며 발효 경과에 따라 감소하는 경향을 보였다. a값은 발효 7차일에서는 M2시료구에서 -0.58로 가장 낮게 나타났으나 b값은 M2처리구에서 가장 높았고 M1처리구, M3처리구 순으로 황색도가 높았다. 유리당은 glucose, fructose, maltose, sucrose는 모든 시료구에서 검출되었으며 fructose가 3.65~4.20%로 시험구중 가장 높은 함량을 나타내었으며 유기산으로는 citric acid가 3.65~4.20%로 시험구중 가장 높은 함량을 나타내었으며 succinic acid는 2.02~2.23%를 나타내어 다음 순으로 나타났다.

관능검사에서 향기는 M3가 4.47, 신맛은 3.65로 M3, 단맛은 M1이 3.88, 입안의 감촉은 3.59로 M1이 가장 높게 나타내었으며 향기와 맛 전체적인 기호도는 3.71로 M3이 가장 높게 나타내었다.

## 4.2 제언

막걸리 제조 시 누룩의 사용 시기에 따른 막걸리의 다양화를 이끌 수 있고 향과 맛의 특성을 확인할 수 있었다. 막걸리 제조 시 대부분의 양조장에서 누룩 넣는 시기를 동일한 방식을 사용하고 있으나, 누룩 투입 시기를 다르게 함으로서 술에 미치는 영향을 고려하거나 향과 맛의 차이를 고려하지 못하고 제조하는 것이 현실이다. 주요 원인으로서는 전통 누룩의 사용보다 조효소제의 사용이 많기 때문이라 하겠다. 전통누룩을 사용함으로써 일정한 결과를 얻지 못하는 것도 한 가지 원인이라고 할 수 있다. 전통누룩을 사용하여 밑술 및 덧술 3단 담금에 따른 결과의 차이를 분석한 본 연구에서 1단 담금에서 누룩을 모두 사용한 시료구의 알코올이 제일 높게 나타남을 알 수 있었다. 1단, 2단, 3단 담금의 결과물인 막걸리를 관능검사를 통하여 결과를 알아본 결과 알코올 함량이 높은 1단에서 누룩을 모두 투입한 시료 보다 3단에서 나누어 누룩을 투입한 결과물에 선호도가 높음을 알 수 있었다. 우리 식문화의 입맛은 당의 함량이 높은 것에 치우쳐 있음을 알 수 있다. 음식점의 음식 또한 단맛이 있는 것에 선호도가 높음을 알 수 있듯이 주류에서도 같은 현상을 보이는 것이다. 1단에 총 사용량의 누룩을 투입한 결과물은 알코올이 높고 당은 3단 담금으로 나눠 누룩을 투입한 결과보다 낮아 당이 낮은 시료의 결과물이 선호도도 낮은 결과를 보였다. 선호도가 높은 시료인 누룩을 3단 담금에 나눠 사용한 결과물에서는 누룩을 1단 담금에 다 넣은 시료보다 알코올은 낮고 당이 높아 선호도가 높은 것으로 나타났다.

누룩을 넣는 시기에 따라 달라지는 이화학적인 결과물과 선호도 결과물을 토대로 막걸리 제조 시 첨가물을 사용하여 맛을 내는 것이 아닌 발효의 방법을 달리하여 향과 맛을 찾는게 중요하겠다. 현대의 소비자는 더 좋은 먹거리를 찾으려 한다. 막걸리 제조 시 첨가물을 이용한 막걸리에서 벗어나 천연 효모로 만들어진 막걸리에서 향과 맛을 만들어 소비자의 만족을 향상시켰으면 한다. 발효 방식에 따른 다양한 막걸리 상품 개발은 소비자 선택의 폭을 넓혀주는 소비자 권리라 하겠다.

## REFERENCE

- Han, E.H., T.S., Lee, B. S., Noh, and D.S. Lee(1997), "Quality characteristics in mash of *Takju* prepared by using different *Nuruk* during fermentation," *Korean Journal of Food Science Technology*, 29(3), 555-562.
- Ji, Y.J., and H. J., Chung(2012), "Changes in quality characteristics of *Makgeolli* during storage time," *Korean Journal of Food Culture*, 27(4), 383.
- Jeong, J.W., K.J., Park, M.H., Kim, and D.S., Kim(2006), "Quality characteristics of *Takju* fermentation by addition of chestnut peel powder," *Korean Journal of Food Preservation*, 13 329-336.
- Kang, M.Y., Y.S., Park, C.K., Mok, and H.G., Chang(1998), "Improvement of shelf-life of *Yakju* by membrane filtration," *Korean Journal of Food Science Technology*, 30(5), 1134-1139.
- Lee, S.W.(2014), *A Study on Traditional Korean Liquor in Jong-ga(Head & Noble Family)*, Woosong University, 25.
- Lee, T.J., D.Y., Hwang, C.Y., Lee, and H.J., Son(2009), "Changes in yeast cell number, total acid and organic acid during production and distribution process of *Makgeolli*, traditional alcohol of Korea," *Korean Journal of Microbiology*, 45(4), 391-396.

- Lee, T.S., and E.H., Han.(2000), "Volatile flavor components in mash of Takju prepared by using *Rhizopus japonicus* Nuruks," *Korean Journal of Food Science Technology*, 32(3), 944.
- Park, R.D.(2002), *우리 술 빛는 법*, O Sang, 155, 159-161.
- Park, R.D.(2006), *전통주 비법 222가지*, Korea Showcase, 36-37, 48-50.
- Park, S.H., and S.I., Lim(2007), "Quality characteristics of muffin added red yeast rice flour," *Korean Journal of Food Science Technology*, 39, 272-275.
- Seo, W.T., H.K., Cho, Y.J., Lee, Baolo., Kim, and K.M., Chol(2012), "Quality characteristics of wheat-rice *Makgeolli* by making of rice *Nuruk* prepared by *Rhizopus Oryzae* Cc01," *Korean Journal of Microbiology*, 48(2), 147.
- Song, J.C., H.J., Park, and W.C. Shin(1997), "Changes of *Takju* qualities by addition of Cyclodextrin during the brewing and aging," *Korean Journal of Food Science Technology*, 29 (5), 895-900.
- Yang, H.S., S.J., Hwang, S.H., Lee, and J.B., Eun(2011), "Fermentation characteristics and sensory characteristics of *Makgeolli* with dried citron (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) Peel," *Food Science Technology*, 43(5), 603.

## The Quality Characteristics of Makgeolli Based on Input Timing of Nuruk

Cheon, Jae-woo<sup>1)</sup>

Cho, Chun-bong<sup>2)</sup>

### Abstract

The research and the experiments were on physicochemical characteristics of Makgeolli based on input timing of Nuruk in the brewing processes, i.e., making mitsul with step-1/step-2 mashing, and making Takju with step-3 mashing, to establish the optimal conditions required for Makgeolli by checking the change of physicochemical characteristics and by inspecting culture characteristics based on input timing of Nuruk.

When testing the physicochemical characteristics of mitsul(step-1/step-2), pH and acidity were reduced drastically on Day 1 of culture with step-1 mashing and the trend continued until Day 2 of culture, while there was no large change since then. In the sensory test, the aroma was the highest in M3 at 4.47, the acerbic taste was the highest in M3 at 3.65, the sweet taste was the highest in M1 at 3.88, and the feel in the mouth was the highest in M1 at 3.59. Overall preference encompassing aroma and taste was the highest in M3 at 3.71.

*Keywords: Makgeolli, Nuruk, mitsul, mashing, physicochemical characteristics*

---

1)Author, CEO of Cheon JaeWoo Korean Food Research, daewool1@naver.com

2)Corresponding Author, Professor of Chungwoon University, cbcho@chungwoon.ac.kr

## 주 저 자 소 개

- 천 재 우(Cheon, Jae-woo)
  - 청운대학교 대학원 호텔외식경영학과(경영학석사)
  - 천재우한식명가연구원 원장
- <관심분야> : 한식요리연구가, 전통주 개발

## 교 신 저 자 소 개

- 조 춘 봉(Cho, Chun-bong)
  - 청운대학교 호텔조리식당경영학과 교수
- <관심분야> : 서비스경영, 외식경영