Food Eng. Prog.
Vol. 18, No. 1. pp. 50~59 (2014.02)
DOI http://dx.doi.org/10.13050/foodengprog.2014.18.1.50

산업식품공학
Food Engineering Progress

쌀의 전처리 방법과 발효제에 따른 막걸리 술덧의 품질 특성

이진호[1] · 김계원[2] · 심재용[1,2]*
[1]한경대학교 식품생물공학과, [2]한경대학교 양조연구센터

Characteristics of *Makgeolli Sul-dut* by Pre-treatment of Rice and *Koji*

Jin-Ho Lee[1], Gye-Won Kim[2], and Jae-Yong Shim[1,2]*
[1]Department of Food & Biotechnology, Hankyong National University
[2]Brewing Research Center, Hankyong National University

Abstract

This study aimed to evaluate the fermentation profile, organic acid composition, and volatile flavor components in the meshes of *Sul-dut* prepared using different pre-treatment methods of rice (*Godubap, Baeksulgi*, and *Ikbanjuk*) and different fermentation agents (*Nuruk* and *Ipguk*). Among the three pre-treatment methods used, *Ikbanjuk* produced the lowest alcohol content (12.2% for Nuruk and 12.6% for *Ipguk*) and the titratable acidity of the different fermentation profiles seemed to be related to the degree of gelatinization during the pre-treatment of rice. The degree of gelatinizaion for *Godubab* and *Baeksulgi* was 100%, while that for *Ikbanjuk* was only 62.5%. Generally, titratable acidity was higher in the *Ipguk* group compared with the *Nuruk* group regardless of the pre-treatment method. Citric acid was the major organic acid in the *Ipguk* group, while lactic acid was the major organic acid in the *Nuruk* group. In particular, *Ikbanjuk* produced the largest amount of lactic acid in *Nuruk*. Volatile flavor components of *Sul-dut* were largely dependent on the fermentation agents and were less affected by the pre-treatment method.

Key words: *makgeolli*, pre-treatment, *sul-dut*, fermentation profile, flavor

서 론

술은 인류의 역사와 함께 시작되었다. 고대에 사람들이 마셨던 술 중에서 가장 오래된 술은 과실주였고, 유목을 하던 목축시대에는 가축의 젖을 원료로 한 유주(乳酒)를 제조하여 마셨으며, 유목민이 한 곳에 정착하여 농사를 짓기 시작하면서 곡물을 이용하여 만든 술이 탄생하게 되었다. 막걸리는 우리나라에서 가장 오래된 술로서 주세법상 탁주로 분류되어 있으며, 곡류와 녹말이 포함된 재료에 물과 발효제를 혼합하여 발효시킨 술덧을 혼탁하게 거른 술을 말한다. 획일화 되어있는 현재 양조 방식과는 달리 조선시대 명의였던 전수의의 산가요록(山家要錄)에는 멥쌀가루로 떡이나, 익반죽의 형태로 가공 후 첨가하여 술을 빚는 등 여러 양조 방법이 기록되어있는데 쌀의 전처리 방식에 따라 막걸리 주질의 차이를 보인다고 알려져 있다(Jeon, 1450). 막걸리 양조에 사용되는 발효제로는 예로부터 재래누룩이 사용되어왔는데, 이러한 재래누룩은 술에 다양한 맛과 향을 부여하는 장점이 있지만 원료와 주변환경 등에 따라 효소활성의 균일성을 유지하는데 어려움이 있다고 알려져 있다(Lee et al., 2004). 일정한 품질의 막걸리를 대량생산하기 위해서는 술덧의 발효 안정성이 중요하기 때문에 현재는 전분질 원료에 특정 곰팡이를 배양한 입국을 사용하거나 개량 누룩을 사용하는 방법이 보편적으로 사용되어지고 있다(So et al., 1999a).

한편 막걸리의 주원료인 쌀을 당화시켜 알코올 발효하기 위해서는 일반적으로 고두밥 등으로 호화시키는 전처리 공정을 거치게 되는데 쌀의 전처리 방법에 따라 호화도가 달라질 수 있으며, 전분의 호화도에 따른 생전분의 함량은 술덧의 발효속도에 영향을 줄 수 있다고 알려져 있다(Lee et al., 2001). 현재까지의 전분 원료의 호화도에 따른 막걸리 발효에 관한 연구를 살펴보면 *Rhizopus oryzae*에 의한 생전분 분해에 관한 연구(Kim et al., 1985), *Aspergillus niger*가 생성하는 생전분 분해효소의 정제와 특성(Chung, 1997), 생전분 분해효소를 이용한 현미 알코올 발효조건의 모니터링(Shin et al., 2003), 쌀의 품종과 가공방법을 달리

*Corresponding author: Jae-Yong Shim, Department of Food & Biotechnology, Hankyong National University, 67 Seokjeong-dong, Anseong-si, Gyeonggi-do, 456-749, Korea
Tel: +82-31-670-5158; Fax: +82-31-677-0990
E-mail: jyshim@hknu.ac.kr
Received November 25, 2013; revised January 24, 2014; accepted February 2, 2014

한 탁주의 품질특성(Lee, 2011), 증자 혹은 무증자 탁주 및 약주의 품질특성 및 발효관련 미생물 분석(Kim et al., 2011), 설기떡을 이용한 흑마늘 막걸리의 제조와 품질 특성(Sung et al., 2011) 등이 있었으며, 막걸리의 이화학적 특성 연구로는 효모 종류를 달리한 탁주 술덧의 휘발성 향기성분(Lee et al., 2007), 쌀누룩으로 담금한 탁주 술덧의 유기산, 유리당 및 유리아미노산의 함량(Lee et al., 2004), 전분질 원료를 혼용하여 담금한 탁주의 유리당, 유기산 및 미량알코올 함량(Whang & Lee, 2004), 원료를 달리 하는 탁주 숙성료중의 유기산 및 당류의 검색에 관한 연구(Chung, 1967), 쌀의 품종, 쌀의 도정도, 누룩에 따른 막걸리의 품질특성(Lee et al., 2012) 등에 대한 연구가 수행되었으나, 쌀의 전처리 방법과 발효제에 따른 발효특성과 이에 따른 막걸리의 품질특성에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 막걸리의 주 원료로 사용되는 쌀의 전처리 방법을 다르게 하여 만든 고두밥, 백설기, 익반죽을 주원료로 막걸리 양조 산업 현장에서 보편적으로 사용되고 있는 입국과 개량누룩을 발효제로 사용하여 막걸리 담금 시 발효특성을 비교하고 제조된 막걸리 술덧의 이화학적 특성 및 맛과 향기성분을 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

쌀은 시판중인 안성마춤쌀(추청)을 사용하였다. 당화를 위한 발효제는 한국효소주식회사의 Bio누룩(개량누룩)과 경기도막걸리 사업단의 입국을 사용하였다. 효모는 시판 건조효모인 LaParisienne(S.I. Lesaffre, France)을 구입하여 사용하였다.

고두밥 제조

멥쌀을 5 번 세미 후, 2시간 물에 침지하고 30분 동안 물빼기를 한 뒤에 2시간 동안 증미 후 30분간 실온에서 냉각하여 고두밥을 제조하였다.

익반죽 제조

멥쌀을 5 번 세미 후, 2시간 물에 침지하고 30분 동안 물빼기를 한 뒤에 roller mill(Kyung Chang Machinery, Daegu, Korea)로 분쇄하여 끓는 물(첨가량의 2/3)과 섞은 뒤 반죽하고, 찬물(첨가량의 1/3)을 섞은 후 30분간 실온에서 냉각하여 익반죽을 제조하였다. 익반죽 제조 시 사용되는 물의 양은 1 단 및 2 단 담금 첨가 시 사용되는 물을 사용하였다.

백설기 제조

멥쌀을 5 번 세미 후, 2시간 물에 침지하고 30분 동안 물 빼기를 한 뒤에 roller mill로 분쇄하여 쌀가루로 만들어 20 mesh 체에 내린 후 증자기(Bluebrew lab, Seongnam, Korea)를 사용하여 30분 동안 증자 후 30분간 실온에서 냉각하여 백설기를 제조하였다.

누룩 막걸리 담금

쌀 1,000 g으로 고두밥, 익반죽 및 백설기 제조 후 각각 누룩 15.6 g과 효모 7.5 g 및 물 2,000 mL를 첨가한 뒤 잘 섞어서 25ºC에서 24시간 동안 발효시키고, 발효 2 일차에 1 일차 담금의 2 배에 해당하는 고두밥, 익반죽, 백설기와 물 및 누룩을 첨가하여 25ºC에서 8 일 동안 발효시켰다(Table 1).

입국 막걸리 담금

입국 176 g과 효모 7.5 g 및 물 274 mL로 주모를 제조하였다. 주모에 쌀 130 g으로 고두밥, 익반죽 및 백설기를 제조하여 각각 입국 694 g과 물 1,726 mL를 첨가하여 25ºC에서 24시간 동안 발효시키고 쌀 2,000 g으로 고두밥, 익반죽, 백설기 제조 후 물 4,000 mL를 첨가하여 25ºC에서 8 일 동안 발효시켰다(Table 1).

호화도

시료의 호화도는 백설기, 익반죽, 고두밥 시료를 동결건조하여 분쇄한 뒤에 80 mesh로 체질하여 사용하였으며, 대조구로 사용한 생쌀가루는 쌀을 건식분쇄 후 80 mesh에 체질하여 제조하였다. 시료의 호화도 분석은 시차주사열량계(DSC, SHIN DO 2920, TA Instruments, New Castle, DE, USA)를 이용해 측정하였다. 2 mg의 시료를 알루미늄팬에 정확하게 무게를 달아 담고, 10 μL의 증류수를 첨가

Table 1. Material composition of *Sul-dut* using *Ipguk* and *Nuruk*.

	Seed Mashing			1st Mashing							2nd Mashing					
	Ipguk (g)	Yeast (g)	Water (mL)	*Baeksulgi* (g)	*Ikbanjuk* (g)	*Godubap* (g)	*Ipguk* (g)	*Nuruk* (g)	Yeast (g)	Water (mL)	*Baeksulgi* (g)	*Ikbanjuk* (g)	*Godubap* (g)	*Ipguk* (g)	*Nuruk* (g)	Water (mL)
Nuruk method	-	-	-	1,000	-	-	-	15.6	7.5	2,000	2,000	-	-	-	31.2	4,000
	-	-	-	-	1,000	-	-	15.6	7.5	2,000	-	2,000	-	-	31.2	4,000
	-	-	-	-	-	1,000	-	15.6	7.5	2,000	-	-	2,000	-	31.2	4,000
Ipguk method	176	7.5	274	130	-	-	694	-	-	1,726	2,000	-	-	-	-	4,000
	176	7.5	274	-	130	-	694	-	-	1,726	-	2,000	-	-	-	4,000
	176	7.5	274	-	-	130	694	-	-	1,726	-	-	2,000	-	-	4,000

하여 밀봉한 후 1시간 동안 상온에서 방치한 다음 분석을 실시하였다. 모든 시료는 25°C에서 110°C까지 10°C/min의 속도로 가열하였다. 대조구로는 빈 알루미늄 팬을 사용하였다. 전분의 흡열 peak로부터 엔탈피 ΔH를 구한 다음 대조구의 엔탈피(ΔH_{raw})와 각 시료의 엔탈피($\Delta H_{treated}$)로부터 다음과 같은 식을 사용하여 호화 정도를 비교하였다(Tan et al., 2009; Cha, 2012).

$$A_t = \text{Un-gelatinized starch (\%)} = (\Delta H_{treated}/\Delta H_{raw}) \times 100$$
$$\text{Gelatinized starch (\%)} = 100 - A_t$$

입도 분석 및 침전도

술덧의 입도는 입도분석기(Mastersizer 3000, Malvern Instruments Ltd., Malvern, England) 를 사용하여 분석하였다. 침전도는 발효 종료된 9 일차 시료 100 mL을 메스실린더에 mess up 하여 상온에 방치 후 정치시키면서 5 분 간격으로 1시간 동안 관찰한 뒤에 30 분 간격으로 4 회 측정하였으며, 총 210 분을 관찰하여 전체 높이에 대한 백분율로 나타내었다.

발효제의 효소 활성 및 고형분 함량

개량 누룩과 입국의 당화력(SP)과 단백분해력(SAP)은 식품첨가물공전(KFAC, 2013)에 따라 실험하였다. 고형분 함량 측정은 적외선 수분 측정기(Model MX-50, AND, Tokyo, Japan)를 이용하여 시료 5 g을 취하여 105°C에서 건조하여 측정하였다. (고형분 함량(%) = 100 – 수분함량(%))

적정산도 및 pH

적정산도는 국세청 주류분석규정(NTS, 2010)에 따라 10 mL의 시료를 취하여 혼합지시약(Bromothymol Blue 0.2 g, Neutral Red 0.1 g, 95% ethyl alcohol 300 mL)을 2-3 방울 떨어뜨린 다음 0.1 N NaOH로 중화 적정하여 적정치 값을 나타내었다. pH는 pH meter(HI2215-02, HANA Instruments, Woonsocket, RI, USA)로 측정하였다.

알코올 및 환원당 함량

알코올 함량은 국세청 주류분석규정(NTS, 2010)의 주정분석에 따라 시료 100 mL를 취하고 15 mL의 물로 2 회 씻은 액을 합쳐서 증류시킨 후 증류액 80 mL를 회수한 다음 100 mL까지 증류수로 채운 후 Density meter(DMA 35 Portable Density Meter, Anton Paar, Austria-Europe)를 이용하여 20°C에서 측정하였다. 환원당은 DNS(dinitrosalicylic acid) 법(Chae et al., 2008)에 따라 분광광도계(Genesys 10-S, Thermo Fisher Scientific Inc. Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였으며 표준당은 포도당으로 하여 환원당으로 계산하였다.

미생물 균총

모든 처리구에서 미생물 균총수는 술덧의 정상적인 발효 경과의 예측에 가장 중요한 발효 초기시점과 발효 종료 후 술덧 변화에 대한 예후를 예측하기 위하여 발효 종료시점에서 측정하였다. 효모와 총균수 측정은 시료를 단계희석법으로 멸균수에 희석시킨 후 3M사의 Petrifilm에 1 mL씩 분주하여 30°C에서 48시간 배양하였다. 유산균은 Amphotericin B solution(A2942-100 mL, Sigma)이 2.5 ppm이 되도록 MRS 배지에 첨가하여 제조 후 시료 100 μL을 도말하여 30°C에서 48시간 배양하였다.

유기산

유기산은 HPLC(HPLC-20A series, SHIMADZU co., Tokyo, Japan)로 post-column방법을 적용하여 분석하였다. 막걸리 술덧의 시료는 0.45 μm membrane filter을 사용하여 여과한 후 SHODEX RSpak KC-811(8.0 mm ID×300 mm) column을 2 개 연결하여 사용하였으며 oven의 온도는 63°C, flow rate는 0.8 mL/min 였으며, 이동상은 3 mM perchloric acid 였고, injection volume은 10 μL이었다. 분리된 유기산은 reaction coil에서 0.2 mM BTB, 15 mM Na_2HPO_4, 2 mM NaOH를 사용하여 발색시켰으며, 이때 온도는 25°C, 발색용액의 flow rate는 1.0 mL/min로 하였고, 440 nm에서의 흡광도를 측정하여 검출하였다. 모든 실험은 3 반복으로 진행하였다.

휘발성 성분

휘발성 성분은 GC-MS(Agilent 6890N GC/Agilent 5973 mass selective detector(MSD, Agilent Co., Pal Alto, CA, USA))를 사용하여 분석하였다. 휘발성 성분의 추출은 SPME fiber(50/30 μm divinylbenzene, carboxen on polydimethylsiloxane) (Supelco Co., Bellefonte, PA, USA)를 사용하였으며, 막걸리 시료 10 mL을 20 mL headspace vial에 넣고 teflon cap으로 밀봉하였다. 50°C에서 30분간 평형상태에 도달시킨 후, SPME fiber를 1 cm 노출시켜 30 분 동안 휘발성 성분을 흡착시킨 후 GC의 injector port(200°C)에 fiber를 노출시키고 1 분 동안 탈착하였다. Chromatography를 하기 위한 GC/MS의 column은 DB-5ms (60 m length×0.25 mm i.d.×0.25 μm film thickness: J & W Scientific, Folsom, CA, USA)를 사용하였고, oven 온도는 40°C에서 5분간 유지한 후 200°C까지 5°C/min의 속도로 승온시켜 20분간 유지하였다. Injector 온도는 200°C, detector 온도는 250°C였으며, carrier gas로는 helium을 사용하였고 유속은 1.1 mL/min이었다. Ionization voltage는 70 eV, 그리고 분석할 분자량의 범위(m/z)는 33-500으로 하여 분석하였다. 모든 실험은 duplicate로 진행하였다.

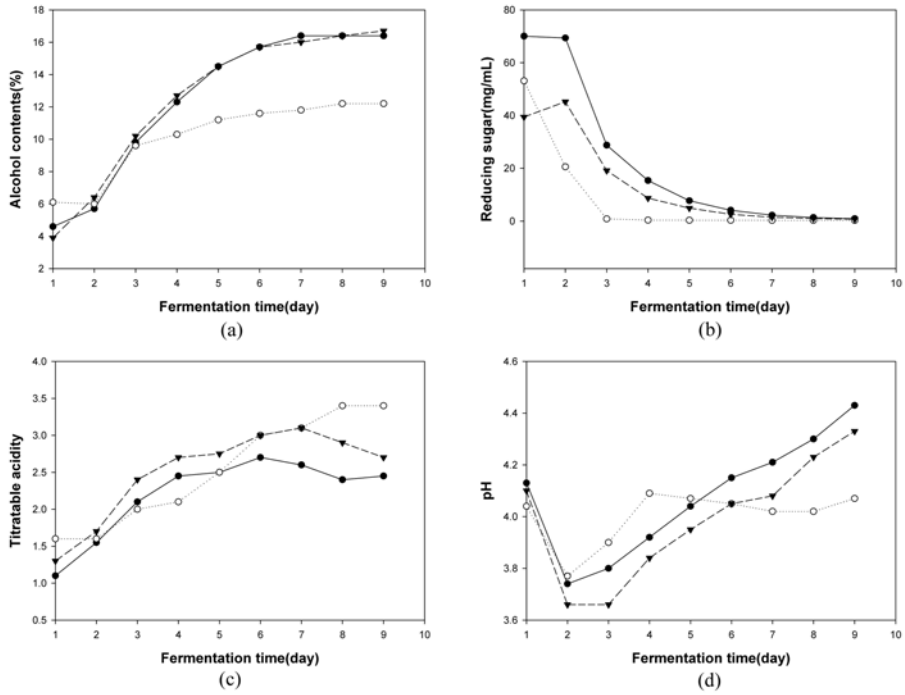

Fig. 1. Changes in (a) alcohol contents, (b) reducing sugar, (c) titratable acidity, (d) pH during fermentation of *Sul-dut* using *Nuruk* (● *Baeksulgi,* ○ *Ikbanjuk,* ▼ *Godubap*).

관능평가 및 맛 분석 장치 분석

관능검사는 한경대학교 식품생물공학과 학생 15 명을 대상으로 색, 향, 맛 및 전반적 기호도에 대해 9 단계 평점법을 사용하였다.

통계처리

통계처리는 SPSS 18.0 version에 의해 분산분석(ANOVA)를 실시하였으며(SPSS, 2011, Chicago, IL, USA), 각 측정값 간의 유의성을Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)로 검정하였다.

결과 및 고찰

누룩 발효 술덧의 이화학적 특성

개량누룩을 발효제로 사용하고 백설기, 익반죽 및 고두밥으로 원료 전처리를 달리하여 제조한 막걸리를 25°C에서 9일간 발효하면서 술덧의 이화학적 특성을 조사 한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 알코올 함량의 변화는 발효초기에는 알코올 함량의 증가속도가 익반죽, 백설기, 고두밥이 비슷하였지만(Fig. 1a), 4 일차에서는 익반죽의 알코올 함량의 증가가 현저히 줄어들었다. 발효 종료 시점인 발효 9 일차의 알코올 함량은 고두밥과 백설기가 각각 16.7%와 16.4%로 비슷하였으나, 익반죽은 12.2%로 가장 낮은 알코올 함량을 나타내었다. 이와 같은 결과로부터 전처리 방법에 따라 발효 종료 시 최종 알코올 함량에 차이를 나타났으며, 이러한 현상은 전처리 방법에 따른 호화도의 차이로 생각된다. 술덧의 입도가 작아질수록 당도가 높아진다는 연구결과(Lee, 2011)와 유사하게 본 연구에서도 발효 1 일차에 백설기의 환원당 함량이 70.06 mg/mL로 가장 높았으며 익반죽 53.1 mg/mL, 고두밥 39.42 mg/mL순으로 나타나 쌀을 분쇄하여 제조한 익반죽과 백설기 술덧의 발효 초기 환원당 함량이 고두밥에 비해 높게 나타났다(Fig. 1b). 그러나 발효 2 일차부터 익반죽의 환원당 농도는 급격히 감소하여 발효 3 일차에는 다른 전처리군의 환원당 농도보다 낮은 농도를 보였으며, 이러한 현상은 익반죽의 호화도에 따라서 발효 초반에 호화전분이 우선적으로 분해되고 발효가 진행됨에 따라 상대적으로 생전분의 함량이 증가했기 때문으로 생각된다. 백설기와 고두밥 역시 발효 초기에 환원당 농도가 현저히 감소하였으나 발효 4 일 이후에는 다소 완만하게 감소하는 경향을 보였다. 산도의 경우 발효 1 일차에 익반죽이 1.6 mL로 가장 높았고 백설기와 고두밥은 각각 1.1, 1.3 mL로 나타났다. 발효가 진행되면서 모든 전처리군에서 산도가 완만히 증가하였으나 발효 7 일차 이후 백설기와 고두밥 군에서는 산도가 다소 감소하였다. 발효 종료 시 산도는 익반죽이 3.4 mL로 가장 높았고, 고두밥 2.7 mL, 백설기 2.45 mL 순이었다(Fig. 1c). pH는 발효 2 일차에 모든 처리군에서 급격히 감소하였고 2 일차 이후 백설기와 고두밥의 경우 점차적으로 증가하여 발효 말기 각각 4.43, 4.33의 값을 보였으나 익반죽의 경우 발효 4 일차까지 증가하다가 이후 pH 4 부근에서 유지되었다(Fig.

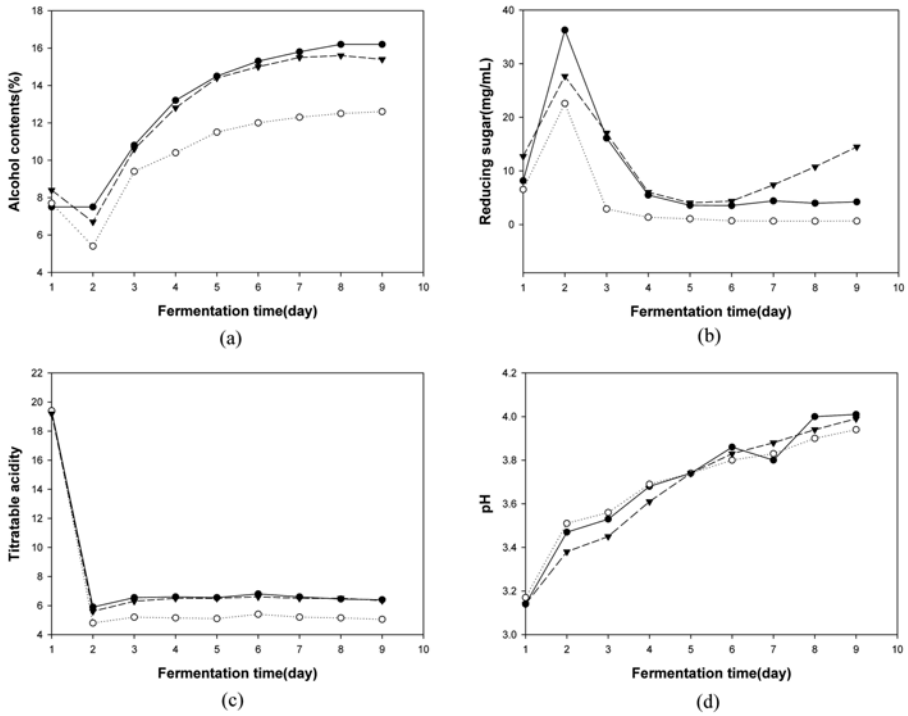

Fig. 2. Changes in (a) alcohol contents, (b) reducing sugar, (c) titratable acidity, (d) pH during fermentation of *Sul-dut* using *Ipguk* (● *Baeksulgi,* ○ *Ikbanjuk,* ▼ *Godubap*).

1d). 익반죽 군에서 나타난 경향은 유산균의 증식에 의한 lactic acid의 생성 증가 때문으로 보여지며, 산도가 증가하는데 반해 pH가 감소된 것으로 판단된다.

입국 발효 술덧의 이화학적 특성변화

입국을 발효제로 사용하여 백설기, 익반죽 및 고두밥으로 원료 전처리를 달리하여 제조한 막걸리를 25°C에서 9 일간 발효하면서 술덧의 이화학적 특성을 조사한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 알코올 함량 변화는 1 단 담금 후 2 일차에서 익반죽의 경우 알코올 함량이 5.4%로 백설기 7.5%와 고두밥 6.7%보다 낮게 나타났으며 발효가 진행되면서도 누룩 익반죽군과 마찬가지로 낮은 알코올 함량을 나타내었다(Fig. 2a). 발효 종료 시점인 발효 9 일차의 알코올 함량은 백설기가 16.2%로 가장 높았으며, 고두밥 15.5%, 익반죽 12.6% 순으로 나타나 누룩을 발효제로 사용하였을 때와 비슷한 알코올 함량을 나타내었다. 이러한 현상은 입국과 누룩의 당화력을 약 75,000 SP로 맞추어 발효를 실시하였기 때문으로 생각된다(Table 1). 환원당 농도는 2 단 담금 후인 2 일차에서 백설기 36.27 mg/mL, 익반죽 22.58 mg/mL, 고두밥 27.68 mg/mL 등의 함량을 나타내었으며, 발효 3 일차에서 백설기 16.12 mg/mL, 익반죽 2.89 mg/mL, 고두밥 17.08 mg/mL등으로 익반죽은 다른 처리구보다 낮은 환원당 함량을 나타내어 누룩군에서와 동일하게 호화도의 차이에 따라 당화 속도에 차이가 생겼기 때문으로 추정된다(Fig. 2b). 다만 고두밥 군에서는 발효 7 일차부터 환원당이 축적되는 현상이 나타나는데 이는 효모의 개체수가 줄어들면서 알코올 발효의 진행이 지연되었기 때문으로 생각된다(Table 3). 적정산도는 발효 1 일차에는 백설기, 익반죽, 고두밥이 각각 19.4, 19.4, 19.2 mL로 비슷하였고 발효 후기인 9 일차에서는 익반죽이 5.05 mL로 백설기와 고두밥의 6.4 mL와 6.35 mL에 비해 다소 낮은 값을 보여 알코올 생성과 비슷한 경향을 나타내었다(Fig. 2c). pH는 전처리 시료 간의 차이는 크지 않았으며 발효가 진행되는 동안 점차 증가하여 발효 9 일차에는 백설기 4.01, 익반죽 3.94, 고두밥 3.99로 나타났다(Fig. 2d). 입국 발효 술덧에서는 누룩 발효 술덧에 비해 산도가 높았는데 이러한 결과는 산 생성이 많은 입국을 사용하였기 때문이며(Kwon et al., 2013), 발효 9 일차에서 효모를 제외한 유산균 및 총균의 수가 적어(Table 3) 세균의 오염으로부터 안정성을 나타내었다.

전처리에 따른 쌀 전분의 호화도

DSC를 사용한 시료의 흡열 peak는 전분의 분자 구조에서 호화 상전이에 필요한 에너지량을 나타내는데(Choi, 2010), amylose에 대하여는 비가역반응을 나타냄으로 amylose 함량이 높은 멥쌀의 호화도 측정에 자주 사용되어지고 있다(Kim, 1996). 시료 전분들을 가열하여 얻은 DSC thermogram을 Fig. 3에 나타내었다. 백설기와 고두밥에서는 peak가 발생하지 않아 전분이 완전히 호화되었음을 알 수 있었고, 익반죽과 쌀가루에서는 흡열 peak를 보였다. 익반죽에서 T_o, T_p, ΔH는 각각 63.2, 68.3°C와 3.4 J/g 이였으며, 쌀가루

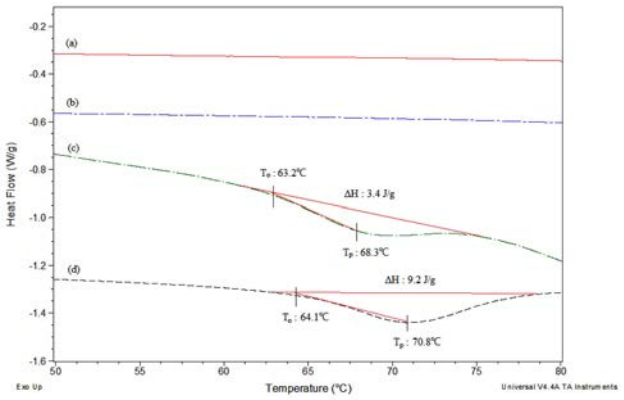

Fig. 3. DSC thermogram of (a) *Baesulgi*, (b) *Godubap*, (c) *Ikbanjuk*, (d) rice powder.

에서의 T_o, T_p, ΔH는 각각 64.1, 70.8℃와 9.2 J/g 으로 나타났다. 쌀가루에 대한 익반죽 가루의 호화도는 62.5%로 나타나 다른 처리군과 달리 불완전 호화로 인한 생전분이 포함되어있음을 알 수 있었다. 일반적으로 전분의 호화점보다 낮은 온도로 가열 처리하는 annealing 처리한 전분의 경우 T_p가 생전분에 비해 높은 온도로 이동하는 Kim & Shin(1990)의 연구결과와는 달리 익반죽의 T_p는 생전분 보다 낮은 온도로 이동하는 경향을 나타내었는데 이는 익반죽에 호화전분과 생전분이 혼합되어 있기 때문으로 생각된다.

Table 2. Characteristics of *koji*.

Sample	SP[1)]	SAP[2)]	Acidity[3)]	MC[4)]
Ipguk	85.89	6.47	8.4	6.55
Total enzyme	74,724	5,629	-	-
Nuruk	1,609.89	23.71	1.2	7.51
Total enzyme	75,342	1,110	-	-

[1)]SP : saccaharogenic power.
[2)]SAP : spectrophotometric acid protease unit.
[3)]Acidity : titratable acidity.
[4)]MC : moisture content (%).

발효제 효소 활성

발효제로 사용한 입국과 개량 누룩의 당화력, 단백분해력, 산도, 수분함량을 측정하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다. 개량누룩은 당화력이 뛰어난 *Rhizopus* sp., *Aspergillus* sp., 등을 밀기울에 배양한 것으로(Kim et al., 1997) 쌀에 단일균주인 *Aspergillus kawachii*등을 배양시킨 입국에 비해 당화력(SP)과 단백분해력(SAP) 등이 월등히 높았다.

술덧 중 미생물 균총

발효 1, 2, 9 일차 막걸리 술덧의 생균수를 Table 3에 나타내었다. 누룩 발효 술덧에서는 발효 초기인 1, 2 일차에서 효모수가 1.0×10^8 CFU/mL이상으로 유산균과 총균수(1.0×10^6-1.0×10^7 CFU/mL)보다 많았으며, 발효 후기인 9 일차에서 효모수가 백설기와 고두밥은 1.0×10^7 CFU/mL미만으로 감소하였고 익반죽 군에서는 6.03×10^7 CFU/mL으로 다른군에 비해 적게 감소하였다. 다만 발효 1, 2 일차에 많았던 유산균 및 총균수는 발효 9 일차에서는 전체적으로 감소하여 백설기와 고두밥 군에서는 유산균수가 1.0×10^4 CFU/mL 미만으로 검출되지 않았으며, 총균수도 5.0×10^5 CFU/mL미만으로 검출되었다. 익반죽군에서는 유산균의 균총수가 4.65×10^6 CFU/mL으로 생전분의 분해에 의한 올리고당 생성에 의해 유산균의 생육이 증가한 것으로 판단된다. 반면 입국 발효에서는 발효 1, 2 일차에 효모위주의 미생물 생태를 나타내었으며 발효 9 일차에서는 10 배 이하씩 감소하였다. 높은 산도의 영향으로 1.0×10^4 CFU/mL이상이었던 총균수가 점차 감소하여 발효 9 일차에는 1.0×10^3 CFU/mL미만으로 검출되지 않았다. 입국 발효에서 효모의 감소는 발효 2 일 이후 효모의 균총수가 점차 감소하기 시작한다는 Park et al.(2004)와 Park et al.(2012) 등의 보고와 비슷한 경향을 나타내었다.

고형물의 함량과 입도분석 및 침전도

막걸리 고형물의 함량과 입도분석 결과는 Table 4에 나타내었다. 막걸리 고형물함량은 누룩 사용시 처리군간의 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 입국 사용 시 고두밥,

Table 3. Changes of viable cells during fermentation of *Sul-dut*. **(Unit : CFU/mL)**

Sample treatments	Day	*Nuruk*			*Ipguk*		
		Yeast	Lactic acid bacteria	Total bacteria	Yeast	Lactic acid bacteria	Total bacteria
Baeksulgi	1	1.77×10^8	2.34×10^6	4.3×10^6	2.44×10^8	$<10^3$	1.7×10^4
	2	1.22×10^8	6.15×10^6	2.9×10^6	1.77×10^8	$<10^3$	5.9×10^3
	9	5.58×10^6	$<10^4$	3.6×10^5	3.78×10^6	$<10^3$	$<10^3$
Ikbanjuk	1	1.61×10^8	9.65×10^5	5.4×10^5	2.41×10^8	$<10^3$	1.85×10^4
	2	1.18×10^8	9.6×10^6	5.7×10^6	1.29×10^8	$<10^3$	1.75×10^3
	9	6.03×10^7	4.65×10^6	8×10^4	6.75×10^7	$<10^3$	$<10^3$
Godubap	1	1.41×10^8	3.65×10^6	3.6×10^6	2.27×10^8	$<10^3$	1.65×10^4
	2	1.9×10^8	6.8×10^6	3.1×10^6	1.83×10^8	$<10^3$	1.75×10^3
	9	4.88×10^6	$<10^4$	2×10^5	8×10^4	$<10^3$	$<10^3$

Table 4. Total solid contents and particle size analysis of *Sul-dut*.

	Ipguk			*Nuruk*		
	Baeksulgi	*Ikbanjuk*	*Godubap*	*Baeksulgi*	*Ikbanjuk*	*Godubap*
Solid contents (%)	4.33±0.08[1)b]	2.92±0.15[c]	5.91±0.17[a]	3.14±0.10[c]	3.01±0.17[c]	3.10±0.07[c]
Solid size (μm)	5.62±0.06[e]	6.20±0.00[c]	5.32±0.07[f]	8.18±0.02[a]	7.07±0.05[b]	6.07±0.02[d]

[1)]Mean±SD.
[a-b]Means with different letters in the same row are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

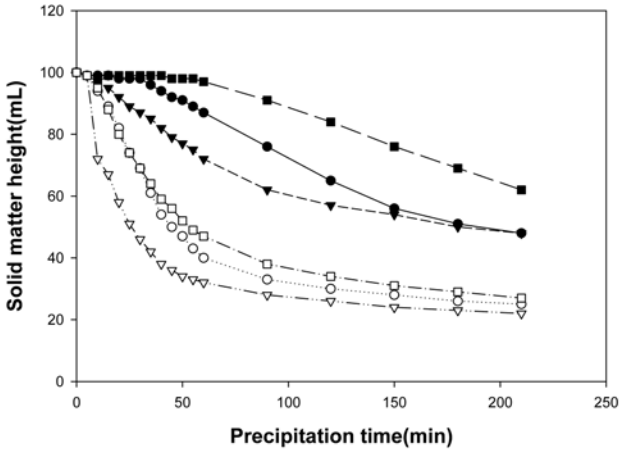

Fig. 4. Floating stability of pre-treated *Sul-dut* (■ *Nuruk Godubap*, ▼ *Nuruk Ikbanjuk*, ● *Nuruk Baeksulgi*, □ *Ipguk Godubap*, ▽ *Ipguk Ikbanjuk*, ○ *Ipguk Baeksulgi*).

백설기, 익반죽이 각각 5.91, 4.33, 2.92%로 고두밥의 고형물 함량이 가장 많았으며 익반죽이 가장 적었다. 고형물 입자의 크기는 입국군이 백설기, 익반죽, 고두밥에서 각각 5.62, 6.2, 5.32 μm로 나타나 누룩군의 8.18, 7.07, 6.07 μm 보다 평균적으로 작았으며 이는 사용된 누룩에서 유래된 비 발효성 물질이나 효소제에 따른 전분질의 가수분해정도의 차이에서 기인한 것으로 생각된다. 입국군과 누룩군 모두 백설기와 익반죽보다 고두밥의 고형물 입자크기가 작았다. 이러한 경향은 백설기군에서 침전에 의한 응집에 의하여 입자의 평균 크기가 커진 것으로 판단된다.

막걸리 고형물의 침전도를 시간에 따라 고형물의 침전 높이로 표시한 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 전반적으로 입국 발효 술덧보다 누룩 발효 술덧이 전처리방법과 상관없이 대체로 침전이 지연되는 경향을 보였는데 본 연구에서 확인된 것처럼 입국 발효 술덧에서 누룩 발효 술덧보다 산도가 높았던 것을 고려한다면 So(1984)의 결과와 일치하는 것으로 판단된다. 누룩 발효 술덧에서는 입자가 가장 작은 고두밥이 가장 천천히 침전되었으며 생전분의 함량이 높았던 익반죽이 가장 빨리 침전되었다. 입국 발효 술덧에서도 누룩 발효 술덧과 마찬가지로 입국 익반죽이 가장 빠르게 침전물을 형성하였으며, 침전 초반에는 고두밥이 백설기와 비슷한 속도로 침전되었으나 시간이 지나면서 입자가 더 큰 백설기가 빨리 가라앉았다.

유기산 조성

각 시험구의 유기산 조성 및 함량은 Table 5에 나타내었다. 모든 시험구에서 공통적으로 fumaric acid는 검출되지 않았다. 입국군에서는 백설기, 익반죽, 고두밥군에서 citric acid가 각각 3,738.5, 3,011.1, 3,913.8 mg/mL로 다른 유기산에 비해 많이 검출되었는데 이러한 결과는 So et al. (1999b)의 연구결과와 유사하였고 입국 발효 시험군에서는 citric acid 이외에 succinic acid, malic acid, lactic acid 등이 주로 검출되었으며 oxalic acid, acetic acid등이 미량 검출되었다. 누룩군에서는 lactic acid와 succinic acid가 높게 검출되어 개량 누룩을 사용하여 발효한 술덧의 주요 유기산이 lactic acid와 succinic acid라는 So et al.(1999b)의 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 누룩 발효 시험군에서 lactic acid 함량이 전반적으로 높게 검출되었는데 이러한 경향은 입국 발효 시험군 보다 발효초기 유산균이 많았기 때문이다. 특히 누룩 익반죽군에서 lactic acid가 1,612.4 mg/mL로 모든

Table 5. Organic acid contents of *Sul-dut* made from treated rice by different method.

Kogi	Pre-Treatment	Organic acid (mg/mL)										Total acid
		Oxalic	Citric	Tartaric	Malic	Succinic	Fumaric	Lactic	Formic	Acetic	Pyroglutamic	
Ipguk	*Baeksulgi*	55.7	3,738.5	nd[1)]	319.0	652.1	nd	324.7	nd	106.2	18.9	5,215.1
	Ikbanjuk	62.7	3,011.1	nd	245.6	546.1	nd	214.8	nd	84.0	16.6	4,180.9
	Godubap	36.8	3,913.8	nd	334.6	749.5	nd	359.6	nd	88.2	13.4	5,497.5
Nuruk	*Baeksulgi*	22.1	365.7	5.9	171.3	861.8	nd	458.4	3.8	67.7	1.0	1,957.7
	Ikbanjuk	1.4	268.9	3.1	1.8	599.3	nd	1,612.4	nd	512.6	nd	2,999.5
	Godubap	23.0	411.2	4.3	161.9	950.9	nd	597.6	nd	60.1	nd	2,208.9

nd : not detected.

Table 6. Volatile compounds of various *Sul-dut*.

c	RI[a]	Compounds name	Peak Area ($\times10^7$)					
			Ipguk			*Nuruk*		
			Baeksulgi	*Ikbanjuk*	*Godubap*	*Baeksulgi*	*Ikbanjuk*	*Godubap*
1	<800	ethanol	86.2(8.9)[b]	108.4(11.0)	97.8(1.8)	91.4(6.7)	84.5(25.6)	88.0(13.0)
2	<800	ethyl acetate	11.8(4.9)	8.5(50.7)	10.8(22.5)	6.0(68.9)	6.1(60.8)	9.2(10.1)
3	<800	isobutyl alcohol	7.9(7.8)	9.2(16.7)	10.8(4.7)	17.3(25.5)	10.9(14.2)	17.7(30.1)
4	<800	3-methyl-1-butanol	31.3(2.8)	36.3(2.2)	44.4(2.8)	36.9(10.6)	32.5(3.2)	37.1(14.1)
5	<800	2-methyl-1-butanol	10.3(28.9)	13.0(4.1)	10.7(9.1)	14.8(3.7)	14.5(1.7)	15.5(1.9)
6	<800	isobutyl acetate	1.4(7.7)	0.9(2.2)	1.7(18.8)	2.7(0.4)	1.5(9.0)	3.7(5.1)
7	<800	2,3-butanediol	1.4(10.8)	0.8(13.5)	1.0(36.3)	0.6(5.7)	1.2(31.7)	0.8(35.7)
8	801	ethyl butyrate	1.0(20.0)	1.0(9.2)	0.7(21.2)	0.7(16.2)	0.6(8.6)	0.5(28.9)
9	876	isoamyl acetate	26.2(5.9)	26.4(0.4)	22.8(12.0)	20.0(0.6)	16.5(4.1)	24.5(2.7)
10	902	methoxy phenyl oxime	1.7(12.7)	3.1(69.4)	1.0(32.5)	3.4(84.9)	2.7(35.0)	1.1(2.5)
11	998	ethyl hexanoate	7.7(2.3)	8.0(0.8)	6.4(9.5)	9.7(0.7)	11.2(2.0)	6.6(0.8)
12	1097	ethyl heptanoate	0.3(3.5)	0.2(6.3)	0.2(20.9)	0.3(8.5)	0.2(4.6)	0.3(1.3)
13	1122	phenylethanol	56.1(1.2)	83.6(4.0)	66.0(12.4)	43.1(15.9)	68.4(0.1)	47.2(5.5)
14	1177	diethyl butanedioate	0.3(7.2)	0.4(9.8)	0.4(15.0)	0.7(13.6)	4.0(2.1)	0.9(3.1)
15	1197	ethyl octanoate	51.6(0.6)	59.3(4.3)	49.7(2.8)	56.0(8.9)	53.0(7.1)	42.0(7.4)
16	1261	phenethyl acetate	37.3(6.6)	43.0(6.9)	38.5(2.9)	10.1(12.8)	8.6(6.7)	18.8(9.9)
17	1291	propyl octanoate	0.3(4.7)	0.3(25.2)	0.3(3.1)	0.2(8.6)	0.1(21.7)	0.2(22.7)
18	1294	ethyl nonanoate	0.3(4.8)	2.0(17.2)	2.6(9.0)	4.1(18.5)	1.4(9.2)	2.4(14.1)
19	1317	4-ethenyl-2-methoxyl phenol	0.3(6.8)	0.7(28.3)	0.2(29.8)	0.6(52.0)	0.5(5.1)	1.3(29.6)
20	1347	2-methylpropyl octanoate	0.3(0.9)	0.4(18.9)	0.4(1.3)	1.2(24.1)	0.8(20.4)	0.9(18.6)
21	1396	ethyl decanoate	57.7(2.9)	61.8(8.4)	56.9(1.8)	65.1(14.5)	59.1(10.4)	44.6(18.8)
22	1447	isoamyl octanoate	1.0(5.8)	1.5(14.8)	0.9(38.9)	2.1(18.3)	1.3(16.8)	1.0(30.6)
23	1449	2-methylbutyl octanoate	0.3(7.5)	0.4(10.9)	0.3(15.0)	0.5(21.1)	0.5(9.5)	0.3(30.4)
24	1544	isobutyl decanoate	0.3(2.9)	0.2(8.5)	0.2(3.9)	0.5(19.1)	0.4(8.4)	0.3(33.2)
25	1592	ethyl dodecanoate	12.5(12.2)	13.0(5.7)	10.9(7.3)	13.5(16.8)	12.5(3.0)	7.2(29.9)
26	1638	3-methylbutyl decanoate	0.2(17.6)	0.2(10.4)	0.2(1.7)	0.2(24.1)	0.2(9.0)	0.2(32.3)
27	1790	ethyl tetradecanoate	2.7(18.5)	2.8(1.7)	2.8(2.9)	2.5(29.4)	2.7(5.0)	2.2(23.8)
28	1997	ethyl hexadecanoate	4.9(6.4)	5.7(4.5)	5.5(7.8)	2.9(60.6)	3.7(14.7)	4.8(20.0)

[a] Reteution indices were determined on DB-5ms using C8-C19 as exterual reference.
[b] CV% = (standard deviation/peak area average)×100 (column: DB-5ms)

시험군에서 가장 높게 검출되었는데 이러한 결과는 유산균이 4.65×10^6 CFU/mL 로 타 시험군에 비해 많아 lactic acid 생성량이 높은 것과 발효 9 일차에서 확인된 것처럼 산도가 증가하지 않으며, 동시에 pH는 증가하는 전형적인 MLF (malolactic fermentation)가 진행되었기 때문이다.

휘발성분

막걸리 시료에 따른 휘발성분의 차이를 검정하기 위하여 GC-MS를 이용하여 휘발성분을 분석한 결과는 Table 6에 나타내었다. Ethyl acetate는 백설기의 경우 입국 발효 시험군에서 11.8로 누룩 발효 시험군의 6.0보다 많은 함량을 나타내었고, isobutyl alcohol는 입국 발효 시험군에서 고두밥과 백설기가 각각 10.8과 7.9로 각각 17.7과 17.3을 나타낸 누룩 발효 시험군에 비해 소량 검출되었다. Isobutyl acetate에서는 누룩 발효 시험군에서 입국 발효 시험군보다 많이 검출되었으며, diethyl butanedioate는 유독 누룩으로 발효한 익반죽군에서 많이 검출되었다. Phenethyl acetate는 누룩 발효 시험군보다 입국 발효 시험군에서 다량 검출되었으며, ethyl nonanate는 백설기의 경우 입국 발효 시험군에서 0.3으로 가장 작았고 누룩 발효 시험군에서 4.1로 가

Table 7. Sensory evaluation of *Sul-dut*.

Sample		Sensory evaluation			
		Color	Flavor	Taste	Overall
Nuruk	*Baeksulgi*	6.50±1.61[1)a]	5.43±1.87[a]	4.00±1.24[a]	4.71±1.82[ab]
	Ikbanjuk	6.21±2.15[a]	6.07±1.54[a]	4.86±2.03[a]	5.64±1.60[a]
	Godubap	6.64±1.74[a]	4.86±1.88[a]	3.93±1.82[a]	4.21±2.12[ab]
Ipguk	*Baeksulgi*	6.14±1.83[a]	5.86±2.11[a]	3.79±1.81[a]	4.36±1.86[ab]
	Ikbanjuk	6.07±2.30[a]	5.79±1.85[a]	4.14±1.51[a]	4.64±1.82[ab]
	Godubap	5.64±1.65[a]	4.93±2.16[a]	3.57±2.34[a]	3.50±1.74[b]

[1)]Mean±SD.
[a-b]Means with different letters in the same column are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

장 많았다. 2-Methylpropyl octanoate는 입국 발효 시험군보다 누룩 발효 시험군에서 많이 확인되었다. 휘발성분은 전반적으로 발효제의 종류에 따라 큰 차이를 보여 누룩군과 입국군간의 차이가 확연히 나타났고 전처리에 따른 변화는 발효제의 종류에 따른 변화보다는 적었으나 일부 휘발성분에서의 차이를 보여 전처리에 따라 휘발성분의 변화가 있음을 알 수 있었다.

관능평가

관능평가는 15 명의 패널을 대상으로 실시하였으며 그 결과는 Table 7에 나타내었다. 색, 맛 등에서 유의적인 차이를 나타내지 않았으며 술덧의 휘발성 성분 함량은 발효제에 따라 다르게 나타났지만, 술덧의 향에서 유의적인 관능 차이는 나타나지 않았다. 전반적인 기호도는 모든 처리구에서 비슷하였으나, 입국 고두밥군이 3.50 점으로 기호도가 낮았고 누룩 익반죽군이 5.64 점으로 기호도가 높았다.

요 약

쌀 원료를 백설기, 익반죽, 고두밥으로 전처리를 달리하여 입국과 개량누룩을 사용하여 발효시킨 막걸리 술덧의 특성을 분석하였다. 백설기와 고두밥의 경우 충분한 가열처리로 인해 전분이 완전히 호화되었으나 익반죽의 경우 부분적인 호화로 인해 37.5%의 생전분을 함유하고 있어 발효 profile의 차이를 보였는데 최종 알코올 함량이 다른 처리군에 비해 낮았고 환원당 함량이 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 발효제에 따른 술덧의 적정산도는 입국군에서 전반적으로 높게 측정되었으며, 초기 pH는 누룩군에서 약 4.1 정도를 나타내었고, 입국군에서는 약 3.1로 큰 차이를 나타내었다. 이러한 술덧의 초기 산도와 pH는 미생물에 의한 안전발효라는 이점을 제공해주었다. 침전도는 고두밥이 가장 낮아 백설기와, 익반죽에 비하여 천천히 가라앉았으며 생전분 함량이 높은 익반죽이 가장 높았다. 누룩 익반죽군에서는 9 일차에서 유산균의 균총수가 4.65×10^6 CFU/mL로 가장 많이 검출되었으며, 이에 따라 9 일차에서의 lactic acid가 1,612.4 mg/mL로 가장 많이 검출되었다. 사용된 발효제의 종류에 따라 향기성분에서 차이를 보였고 전처리에 따른 술덧의 물리 · 화학적 특성과 관능 품질의 차이를 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한경대학교 2012 년도 학술연구조성비의 지원에 의한 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

Chung MJ. 1997. Purification and characteristics of raw starch hydrolyzing enzyme from *Aspergillus niger*. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 25: 166-172.

Chung JH. 1967. Studies on the identification of organic acids and sugars in the fermented mash of the *Takju* made from different raw – materials. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 8: 39-43.

Chae SK, Gang GS, Rue ID, Ma SJ, Bang GY, Oh MH, Oh SH. 2008. Standard food analysis. Ji-Gu Publishing Co. Paju, Gyeonggi-do, Korea, pp. 403-404.

Cha YH. 2012. Effect of ohmic heating at subgelatinization temperatures on thermal-property of potato starch. Korean J. Food & Nutr. 25: 1068-1074.

Jeon SE. 1450. San-ga-yo-rok, Korea, pp. 68-88.

Choi ID. 2010. Physicochemical properties of rice cultivars with different amylose contents. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 1313-1319.

KFAC. 2013. Korea food additives code. Ministry of Food and Drug Safety. Korea.

Kwon YH, Lee AR, Kim HR, Kim JH, Ahn BH. 2013. Quality properties of *Makgeolli* brewed with various rice and *Koji*. Korean J. Food Sci. Technol. 45: 70-76.

Kim CJ, Oh MJ, Lee JS. 1985. Studies on digestion of raw starch *by Rhizopus oryzae*-optimum condition of enzyme production and ethanol fermentation. Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng. 13: 329-337.

Kim KS, Kim MJ, Kim BH, Han JK, Lee SY. 2011. Analysis of quality properties and fermentative microbial profiles of *Takju* and *Yakju* brewed with or without steaming process. J. Food Hyg. Safety. 26: 64-69.

Kim HS, Hyun JS, Kim J, Ha HP, Yu TS. 1997. Characteristics of useful fungi isolated from traditional Korean *Nuruk*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 767-774.

Kim SG, Sin MS. 1990. Gelatinization properties of rice starch by heat-moisture treatment. Korean J. Soc. Food Sci. 6: 33-39.

Kim CS. 1996. Degree of retrogradation of non-waxy and waxy rice cakes during storage determined by DSC and enzymatic methods. Korean J. Soc. Food Sci. 12: 186-192.

Lee HS, Lee TS, Noh BS. 2004. Organic acid, free sugar and free amino acid of *Takju* prepared using rice *Nuruks*. J. Natural Sci. SWINS. 16: 75-83.

Lee HS, Lee TS, Noh BS. 2007. Volatile flavor components in the mashes of *Takju* prepared using different yeasts. Korean J. Food Sci. Technol. 39: 593-599.

Lee YJ, Yi HC, Hwang KT, Kim DH, Kim HJ, Jung CM, Choi YH. 2012. The qualities of *Makgeolli* (Korean rice wine) made with different rice cultivars, milling degrees of rice, and *Nuruks*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 1785-1791.

Lee HJ. 2011. Quality characteristics of *Takju* by different rice varieties and processing methods. M.S. thesis, Sookmyung women's Univ., Seoul, Korea.

Lee OS, Jeong YJ, Ha YD, Kim KE, Shin JS, Kown H. 2001. Monitoring of alcohol fermentation condition with brown rice using raw starch-digesting enzyme. Korean J. Postharvest Sci.

Technol. 8: 412-418.
NTS. 2010. Alcohol analysis regulation. Technical service institute of national tax service. National Tax Service. Seoul, Korea.
Park JH, Bae SM, Yook C, Kim JS. 2004. Fermentation characteristics of *Takju* prepared with old rice. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 609-612.
Park JH, Yeo SH, Choi JH, Jeong ST, Choi HS. 2012. Production of *Makgeolli* Using Rice Treated *with Gaeryang-Nuruk* (for Non-steaming Process) Extract. Korean J. Food Preserv. 19: 144-152.
Sung NJ, Kim GM, Jung WJ, Shin JH, Kang MJ. 2011. Preparation and quality characteristics of *Makgeolli* made with black garlic extract and *Sulgidduk.* J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 759-766.
So MH. 1984. Influences of proteolytic ability of lactic acid bacteria on acid production and precipitates occurrence in liquid yogurt preparation. Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng. 12: 285-291.
So MH, Lee YS, Noh WS. 1999a. Improvement in the quality of *Takju* by a modified *Nuruk*. Korean J. Food&Nutr. 12: 427-432.
So MH, Lee YS, Han SH, Noh WS. 1999b. Analysis of major flavor compounds in *Takju* mash brewed with a modified *Nuruk*. Korean J. Food & Nutr. 12: 421-426.
Shin JS, Lee OS, Kim KE, Jeong YJ. 2003. Monitoring of alcohol fermentation condition of brown rice using raw starch digesting Enzyme. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 375-380.
Tan FJ, Dai WT, Hsu KC. 2009. Changes in gelatinization and rheological characteristics of japonica rice starch induced by pressure/heat combinations. J. Cereal Sci. 49: 285-289.
Whang MY, Lee TS. 2004. The contents of free sugar, organic acid and minor alcohol of *Takju* prepared by blended starchy materials. J. Natural Sci. SWINS. 16: 55-62.