

청주 제조시 담금방법에 따른 발효 및 품질 특성

배균호, 이상현, 정철*
서울벤처대학원대학교 융합산업학과

Fermentation and Quality Characteristics of Korean Traditional Cheongju by Different Mashing Methods

Gyun-Ho Bae, Sang-Hyeon Lee, Chul Cheong*

Dept. of Convergence Industry, Seoul Venture University

요약 본 연구는 재래누룩의 누룩곰팡이를 접종한 쌀누룩을 이용하여 담금방법을 달리한 청주를 제조한 후 발효 및 품질 특성을 연구하는데 있다. 발효제 투입비율, 양조용수 비율, 발효온도, 원료쌀의 도정비율을 달리한 청주 술덧을 제조하여 30-50일간 발효시켰다. 쌀누룩을 발효제로 하여 총 원료 대비 투입비율이 15%일 때 알코올 발효속도가 느렸으나 최종 알코올 함량은 17%(v/v)로 다른 시료와 마찬가지로 동일하게 나타났다. 또한 누룩투입비율이 높을수록 청주의 총유기산이 많이 생성되었고 그중 구연산, 주석산, 사과산은 많이, 호박산은 적게 생성되었다. 한편 양조용수비율이 낮을수록 불완전발효가 일어났으며, 알코올 함량은 모든 시료가 17%(v/v)로 유사하였다. 양조용수 비율이 높을수록 청주의 총 유기산은 적게 검출되었으며 구연산과 주석산은 적게, 호박산은 많이 나타났다. 발효온도가 저온일수록 발효초반의 당화와 발효속도는 늦었으나 지속적인 발효가 진행되어 10℃의 경우 최종 알코올 함량은 18.1%로 가장 높았다. 저온일수록 n-propanol, isobutanol, isoamyl alcohol 등의 고급알코올과 총 유기산이 적게 생성되었으며, 이때 구연산과 사과산은 많이, 호박산은 적게 생성되었다. 도정도가 높을수록 알코올함량, 총 유기산과 고급알코올이 적게 생성되었으며, 특히 10%도정미 사용시 도정도 20% 이상의 다른 시료들에 비해 현저히 많이 생성되었다.

Abstract This study was conducted to investigate the characteristics of fermentation and quality of Cheongju prepared by mashing using rice Nuruk inoculated with *Aspergillus oryzae*. Mashers were prepared by fermentation for 30-50 days using different amounts of fermenting agent, brewing water, milling ratios and fermenting temperatures. Adding fermenting agent at 15% resulted in slow fermentation, but a final alcohol content of 17% (v/v), similar to other samples tested. Addition of higher amounts of Nuruk resulted in increased amounts of citric acid, tartaric acid and malic acid, but low levels of succinic acid. Incomplete fermentation occurred when the ratio of brewing water was low, but the alcohol content (17%) of all samples was similar. When the amount of brewing water was high, the organic acid was levels were high. The speed of saccharification and fermentation was low when fermentation was conducted at 10°C, but the final alcohol content was the highest at this temperature. However, the content of n-propanol, isobutanol, isoamyl alcohol and organic acid was low at low temperature. At this time, the content of citric acid and malic acid was low, but the content of succinic acid was high. A higher milling degree resulted in a lower content of alcohol, organic acid and higher alcohols, with 10% milling resulting in a significantly higher content than the other samples.

Keywords : Aroma, Cheongju, Milling degree, Nuruk, Organic acid

본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(한국형 청주제조에 적합한 양조공정 확립, PJ01007402)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding Author : Chul Cheong(Seoul Venture Univ.)

Tel: +82-2-3470-5270 email: chulcheong@hotmail.com

Received July 26, 2016

Revised (1st August 4, 2016, 2nd August 8, 2016)

Accepted August 11, 2016

Published August 31, 2016

1. 서론

한국의 전통주는 전분질이 주된 성분인 쌀을 주원료로 하고 발효에 필요한 당화과정이 필요하며 누룩이 그 역할을 하고 있다. 누룩은 거칠게 분쇄한 밀등의 원료에 곰팡이 등의 미생물을 생육시켜 전분을 당화시킬 수 있는 효소를 생성시킨 것으로 당화제의 역할을 함과 동시에 야생효모와 같은 발효미생물들의 복합체로써 발효제의 역할도 동시에 하고 있다. 누룩의 종류에 따라서 그 누룩이 갖고 있는 다양한 미생물에 의해 발효특성이 달라지므로 누룩은 술의 맛, 향 및 색상 등의 품질특성에 큰 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다[1,2]. 재래식 누룩은 *Aspergillus*속(누룩곰팡이속)과 *Rhizopus*속(거미줄곰팡이속)의 곰팡이가 많으며 그 외에 또 다양한 곰팡이, 효모, 세균이 존재하여 미생물상이 매우 복잡하고 통제가 어려워 주류품질의 균일화의 어려움과 당화력이 부족한 단점이 있지만[3,4], 다양한 미생물들에 의한 주류 품질특성의 다양성을 가지는 장점이 있다[5].

한편 현대식 양조에서는 주류 품질의 균일화 및 안정화를 위해 호화시킨 전분질원료에 양조 유용곰팡이를 인위적으로 접종 배양시켜 만든 양조원료이자 당화제 역할을 하는 입국(날알누룩)이 많이 이용되고 있다. *Aspergillus oryzae*(황국균. 이하 *Asp. oryzae*) 입국은 전분당화력이나 단백질 분해력이 강하여 약주, 청주, 사케(일본 청주) 등의 제조에 이용되고 있으나 한국 고유의 균을 이용하지 못하고 있는 실정이다. *Aspergillus luchuensis*(백국균) 입국은 *Aspergillus niger*(흑국균)의 백색변이주로 당화효소와 유기산 생성능력이 좋아 이를 이용한 입국양조시 술덧의 pH를 낮추어 안전발효에 도움이 되어 최근 탁주 및 현대식 소주 제조에 많이 사용하고 있으나[6], 유기산의 신맛이 강하며[3], 아미노산의 함량이 낮고 향과 맛의 다양성과 풍부함이 재래누룩으로 제조한 술보다 부족하다고 알려져 있다.

따라서 재래누룩에서 당화능이 우수한 곰팡이균과 발효능이 우수한 효모를 순수 분리하여 우수 균주를 통한 양조가 체계적으로 연구될 필요가 있으며 본 연구에서는 국립농업과학원의 유용 양조미생물 연구에서 유용 양조균으로 추정되는 *Asp. oryzae* 83-10 곰팡이와 *Saccharomyces cerevisiae* Y190 효모를 이용하여 청주의 품질 개선을 위한 담금방법에 대한 연구를 하고자 한다.

한편 청주의 주원료인 쌀은 백미의 경우 전분질이 약 80%를 차지하며 5%내외의 단백질과 기타 지질 및 무기

질로 구성되어 있는데 외피에 가까울수록 단백질 및 지질성분의 구성비가 높다. 원료속의 단백질은 술덧의 아미노산도 및 효모의 생육에 큰 영향을 미치며 주류의 착색 및 향기형성에도 크게 관여한다. 청주의 경우 단백질의 과다로 인한 주질의 악영향을 줄이기 위해 도정율을 높임으로 단백질 함량을 줄여 아미노산 대사를 억제하는 방법이 주로 사용되고 있다[7,8]. 탁주를 제외한 약주나 청주 제조시 쌀의 도정도에 따른 연구는, 도정도를 달리한 소곡주의 품질특성 연구[9], 도정도가 진양주의 품질에 미치는 영향[10], 도정도에 따른 참쌀발효주의 이화학적 특성 및 휘발성 향기성분 연구[11] 등 모두 참쌀에 대한 연구였으며 멥쌀에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 한국 고유의 양조미생물을 활용하여, 주원료인 멥쌀의 도정도를 달리한 청주의 발효 및 품질 특성을 파악하고자 하였고, 발효제(쌀누룩)의 투입량, 양조용수 사용량, 발효온도를 달리하는 등 청주 제조시 담금방법에 따른 발효 및 품질특성 연구를 통해, 일본의 사케와는 다른 한국적인 청주를 개발하는 데 있어서 제품의 품질개선과 제조기술을 연구하는데 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

본 실험에 사용한 원료는 강원도 철원에서 채배한 철원 오대쌀을 철원농협에서 왕겨만 분리한 현미를 구입하여 사용하였다. 도정은 세로형 연삭식 정미기(Laboratorial polishing machine, Model SDB2A, Satake Co., Tokyo, Japan)를 이용하였으며, 현미 중량 기준으로 10%, 20%, 30% 및 40%를 도정하여 사용하였다. 효모와 누룩은 재래누룩에서 분리·동정한 *Saccharomyces cerevisiae* Y190 배양효모와 *Asp. oryzae* 83-10을 접종, 배양한 쌀날알누룩(이하 누룩, 당화력 130SP, 농촌진흥청 발효식품과 제조)을 이용하였다.

2.2 청주 제조

청주는 밀술과 1차 덧술, 2차 덧술의 3단계 방법으로 제조를 하였으며 원료는 총 원료대비 7%, 33%, 60%로 나누어 사용하였다. 쌀은 1시간 이상 물에 침지후 물을 뺀 다음 증기로 찐 후 냉각하여 고두밥을 만든 후 사용하였다. 밀술은 20℃에서 3일간, 1차 덧술 후 2일간, 2

차 덧술후 발효 완료시까지 발효시켰으며, 담금방법의 최적조건을 파악하기 위해 쌀날알누룩(이하 입국)의 투입량, 양조용수비율과 발효온도를 달리하였고, 도정도를 달리한 원료를 사용하였다.

2.3 일반성분 분석

쌀누룩 발효주의 발효과정 중 발효 각 단계에서 술덧을 채취하여 일반성분분석을 하였다. pH는 pH meter(Orion 720A, Thermo orion, Beverly, MA, USA)를 사용하여 측정하였으며, 산도는 여과액 10 mL를 취하고 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.2까지 적정하여 소비된 NaOH의 양을 mL로 나타내었다. 알코올 함량은 100 mL를 취하여 증류를 한 후에 주정계를 사용하여 표시도를 읽어 Gay-Lussac 표로서 15℃로 보정하여 알코올 함량을 %(v/v) 농도로 나타내었다[18]. 비중은 채취한 시료를 100 mL 메스실린더에 채우고 15℃에서 비중계(표준비중계, No. 6, Hanascale, Seoul, Korea)로 측정하였다. 가용성 고형분 함량(°Brix)은 굴절당도계 (ABBE, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

2.4 향기성분 분석

발효도중 생성되는 methyl alcohol, acetaldehyde, fusel oil 등 주류의 향기성분을 구성하는 저비점 발효부산물은 국세청기술연구소 주류분석규정[19]에 따라 청주 100 mL에 증류수 30 mL를 넣고 heating mantle에서 가열하여 메스실린더에 증류액 95 mL를 취하고, 증류수를 넣어 전량을 100 mL로 정용한 후 가스크로마토그래프(Agilent Technologies, Fort Worth, Texas, USA)를 이용하여 분석하였다[19].

2.5 유기산 분석

유기산은 청주 10 g에 75% ethyl alcohol 150 mL를 넣고 1간 동안 환류냉각 추출(85℃) 한 후 여과, 감압 농축하여 증류수를 첨가하여 100 mL로 보정한 후 0.45 μ m 멤브레인 필터(MFS, USA)로 여과하였고, 술덧과 발효주는 원심분리 후 0.45 μ m 멤브레인 필터로 여과한 다음 ion chromatograph(Metrohm, Bleiche West, Switzerland)로 분석하였다[20].

2.6 통계처리

분석 결과는 mean $\pm$ SD로 표시하였으며, SPSS 프로그

램(Version 10.0, SPSS, Chicago II, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)후 유의차가 있는 항목에 대하여는 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 시료간의 유의차를 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 발효제 투입량

도정도 30%인 쌀을 원료로 발효온도 20℃하에서 발효제 투입량을 총 원료기준 15%, 25%, 35%로 달리한 청주 술덧의 pH, 알코올 함량, 가용성고형성분(Brix)의 변화는 Fig. 1과 같다. 밀술의 pH는 4.2 였고 1차 덧술과 2차 덧술 후 pH는 3.4-3.5로 급격히 낮아졌다가 발효 후반으로 갈수록 완만히 높아져 최종 pH는 4.5로 나타났다. 술덧의 pH는 누룩의 차이에 따라 달라지며[12], 효모의 생육과 발효과정에서 생성되는 다양한 유기산의 농도에 영향을 받는데 발효초기 낮은 pH는 유해세균의 증식을 억제하여 안전발효에 도움이 된다. *Asp. oryzae* 쌀누룩을 이용한 본 시료 술덧의 pH는 Baek 등[13]의 황국균을 이용한 쌀누룩 막걸리의 품질특성 연구에서 막걸리 술덧의 pH와 유사하게 나타났다. 발효 초반에는 누룩의 투입비율을 적게 한 AO15% 시료의 pH가 다소 낮았으나 발효 중반이후에는 모든 시료가 pH 4.5로 동일하게 나타났다. 발효완료 후 총산도는 AO15%가 6, AO25%가 6.4, AO35%가 6.8로 나타나 누룩투입비율이 높을수록 총산이 많이 생성되는 것으로 나타나 Lee 등[14]의 연구와 동일하였다. 발효 중반까지의 술덧의 알코올 함량은 누룩투입비율이 높을수록 많았으나 발효 완료 후에는 17.1%(v/v)로 동일하게 나타났다. 누룩투입비율이 높을수록 발효초반 Brix가 높은 것으로 보아 이는 전분질원료를 더 빨리 당화하여 효모가 충분히 알코올 발효하는데 영향을 미친 것으로 판단된다. 최종 술덧은 누룩투입비율에 상관없이 12.4 Brix로 동일하였고 최종 알코올 함량도 동일하게 나타나 총 원료대비 15%의 쌀누룩 투입시에도 발효는 충분히 이루어짐을 알 수 있었다.

누룩투입비율에 따른 청주의 유기산 함유량은 Table 1과 같다. 총 유기산은 누룩비율 15% 투입시 1,962 mg/L, 25% 투입시 2,125 mg/L, 35% 투입시 2,235 mg/L로써 누룩투입비율이 높을수록 총유기산은 증가하였다. 약주나 청주 제조시 산도의 변화는 누룩 또는 주모

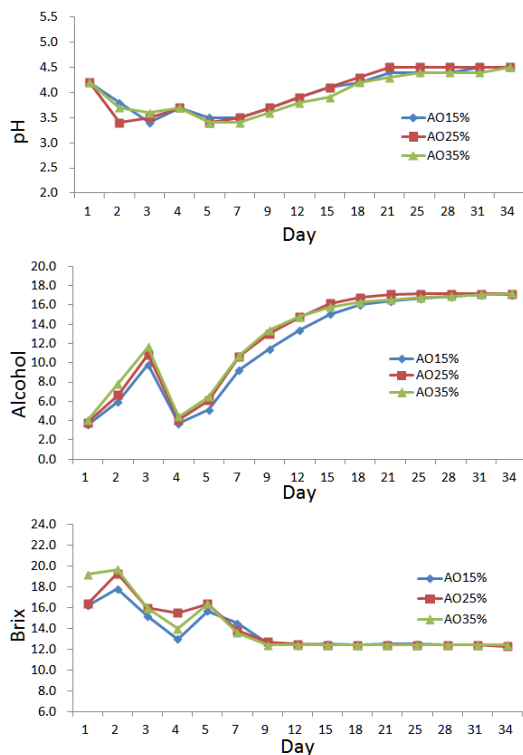


Fig. 1. Changes of pH, alcohol, brix during fermentation by different Nuruk ratio.

로 첨가되는 산을 제외하면 대부분 효모의 대사로부터 생성되는데 succinic, lactic, malic, citric, acetic acid 가 주로 생성된다[15]. 누룩투입비율에 상관없이 lactic acid 와 citric acid가 많이 생성되었고 acetic, malic, succinic,

tartaric acid의 순서대로 많이 생성되는 것으로 나타나 succinic acid가 주요 유기산으로 생성되는 것으로 나타난 Shin 등[16]의 연구결과와 달랐다. Succinic acid는 과다할 경우 주질이 거칠어지는데 누룩투입비율이 낮을 수록 많이 생성되었다. 또한 누룩투입이 높을수록 citric acid와 tartaric acid는 급격히 증가하였으며 malic acid는 약간 증가하였고 lactic acid는 감소하여 누룩투입비율이 유기산 조성에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

누룩투입비율에 따른 청주의 휘발성향기성분은 Table 2와 같다. Aldehyde는 15% 누룩투입시 약 40mg/L으로 25%, 35% 누룩투입시의 50mg/L보다 낮게 나타났다. Aldehyde는 효모의 발효대사 부산물로 발효초기에 많이 생성되나 발효와 숙성을 거치면서 농도가 서서히 감소하는 것으로 알려져 있다. Aldehyde와 마찬가지로 ethyl acetate도 15% 누룩투입시 다소 낮게 생성된 것으로 나타났다. Ester류는 방향성을 가지는 미량의 향기성분으로 주류의 품질에 중요한 영향을 미친다. 그중 ethyl acetate는 발효과정 중 효모와 미생물에 의해 지방산이 ester화 되어 나타나며 탁주, 약주, 맥주, 소주 등에서 특이한 과일향이 나는 주요한 향기성분이지만 농도가 지나치게 높으면 오히려 쓴맛의 원인이 되는 것으로 알려져 있다[2]. *n*-propanol, isobutanol, isoamyl alcohol 등의 고급알코올은 술덧 발효중의 아미노산대사와 관련되어 생성되며 발효가 완료되면 더이상 생성되지 않는다. Isoamyl alcohol은 아미노산인 leucine으로부터 생성되는 바나나향의 감미성 방향성분으로 탁·약주나 맥주의 향미에 큰 영향이 주는 것으로 알려져 있으며[11], 고급

Table 1. Organic acid contents of Cheongju brewed by different methods

Organic acid (mg/L)		Citric acid	Tartaric acid	Malic acid	Succinic acid	Lactic acid	Acetic acid	Total acid
Nuruk ratio	15%	464±5.7 ^a	51±3.2 ^a	246±5.9 ^a	212±5.7 ^a	633±2.7 ^a	356±4.5 ^a	1,962±25.0 ^a
	25%	588±6.3 ^b	68±2.1 ^a	253±3.9 ^b	179±4.1 ^b	625±3.0 ^b	412±5.8 ^b	2,125±28.0 ^b
	35%	660±6.9 ^c	152±4.3 ^c	266±4.6 ^c	144±6.9 ^c	607±6.3 ^c	406±3.1 ^b	2,235±38.1 ^c
Water ratio	110%	685±5.3 ^a	126±3.3 ^a	247±7.1 ^a	117±9.0 ^a	544±6.1 ^a	514±9.8 ^a	2,233±35.9 ^a
	130%	620±7.6 ^b	149±3.7 ^b	273±6.2 ^b	130±11.2 ^b	597±5.5 ^b	370±7.0 ^b	2,139±23.8 ^b
	150%	588±8.1 ^c	68±3.1 ^c	253±8.0 ^c	179±3.5 ^c	625±7.7 ^c	412±8.2 ^b	2,125±15.0 ^c
	170%	543±5.1	-	250±6.0 ^c	210±6.8	604±8.0 ^d	391±5.9	1,998±33.7 ^d
Fermentation temperature	10°C	469±4.9 ^a	-	230±4.8 ^a	310±8.3 ^a	477±5.4 ^a	494±7.1 ^a	1,980±28.0 ^a
	15°C	555±7.1 ^b	-	246±6.1 ^b	210±5.2 ^b	616±6.0 ^b	477±4.8 ^b	2,104±16.7 ^b
	20°C	588±8.0 ^c	68±2.5	253±3.5 ^c	179±6.8 ^c	625±3.8 ^b	412±5.5 ^c	2,125±24.0 ^c
Milling degree	10%	798±9.1 ^a	-	249±5.5 ^a	700±5.1 ^a	670±10.1 ^a	162±7.1 ^a	2,579±21.6 ^a
	20%	552±4.6 ^b	-	227±7.9 ^b	344±4.2 ^b	499±5.9 ^b	522±9.0 ^b	2,144±30.0 ^b
	30%	523±6.2 ^c	-	244±5.8 ^a	320±6.0 ^c	472±7.4 ^b	491±7.3 ^c	2,050±32.8 ^c
	40%	533±6.9	-	237±9.1 ^b	301±4.2 ^d	491±5.5 ^b	529±6.4 ^b	2,091±35.7 ^d

Values with different letters were significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. Each value is expressed as Mean±SD(n=3).

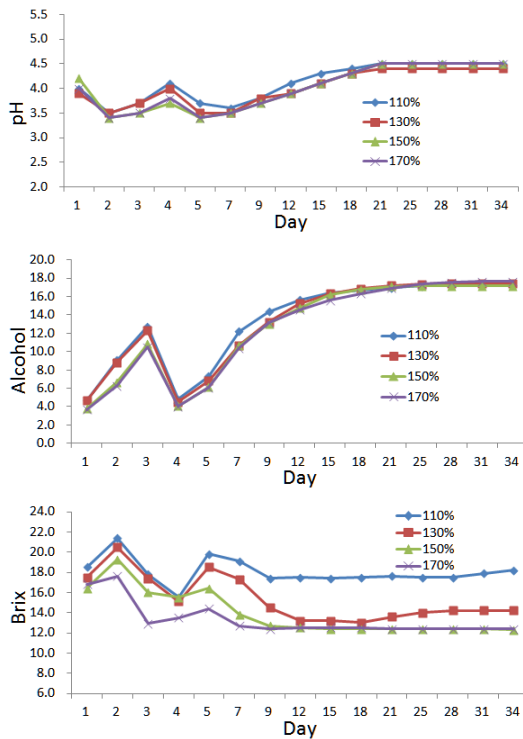


Fig. 2. Changes of pH, alcohol, brix during fermentation by different water ratio.

알코올 중에서 317-344mg/L로 가장 많이 생성되었으며 *n*-propanol과 isobutanol과 함께 누룩투입비율에 따른 큰 차이는 없었으나 25% 투입시 다소 적게 나타났다.

3.2 양조용수비율

도정도 30%인 쌀을 원료로 발효온도 20℃하에서 총 원료대비 양조용수 사용비율(이하 급수율)을 110%, 130%, 150%, 170%로 달리하여 제조한 청주 술덧의 pH, 알코올 함량, 가용성고형성분(Brix)의 변화는 Fig. 2와 같다. 1차 덧술과 2차 덧술후 pH는 3.4-3.7로 급격히 낮아졌는데 급수율이 낮을수록 술덧의 pH는 높게 나타나 Son 등[17]의 연구와 동일하였으며, 발효 후반으로 갈수록 완만히 높아져 최종 pH는 4.4-4.5로 유사하게 나타났다. 발효완료 후 총산도는 110% 급수시 6.8, 170% 급수시 6.0으로 나타나 급수율이 높을수록 총산도가 낮게 나타나 Son 등[17]의 연구와 동일하였다. 발효 중반까지의 술덧의 알코올 생성은 급수율이 낮을수록 많았다. 이는 낮은 급수율에서 발효에 충분한 당이 더 빨리 생성되어 효모가 이용한 것으로 판단된다. 발효종료 후에는 17.1-17.6%(v/v)로 유사하게 나타나 실질적인 총알콜량은 급수율이 높을수록 많이 생성된 것으로 추정되며 Son 등[17]의 연구와 유사하였다. 급수율이 제일 낮은 110% 시료 술덧은 발효초반부터 발효종료시까지 다른 시료에 비해 가용성고형분이 매우 높게 나타나 17Brix 이상을 유지하였는데 최종 알코올 함량도 높은 것으로 보아 알코올의 삼투압으로 인한 효모의 활성저하와 사멸로 원료전분의 불완전발효가 나타난 것으로 생각된다. 급수율 130%의 경우도 발효후반 Brix가 다소 증가하는 것으로 나타났고 150%와 170% 급수시에는 약 12Brix로 동일하여 발효가 충분히 일어난 것으로 보이며, 130% 내외의 급수율로 발효주의 단맛을 조절할 수

Table 2. Volatile compounds in Cheongju brewed by different methods

Volatile compounds (mg/L)		Aldehyde	Ethyl acetate	<i>n</i> -Propanol	Isobutanol	<i>n</i> -Butanol	Isoamyl alcohol
Nuruk ratio	15%	40.50±1.2 ^a	38.99±2.1 ^a	150.35±3.4 ^a	195.73±4.7 ^a	8.60±0.2 ^a	344.48±5.9 ^a
	25%	50.73±2.3 ^b	40.60±1.1 ^b	148.24±4.2 ^a	168.80±7.3 ^b	7.42±0.6 ^b	316.86±7.4 ^b
	35%	50.03±1.7 ^b	40.51±1.0 ^b	153.09±5.2 ^a	183.04±4.7 ^c	5.74±0.5 ^c	333.97±7.9 ^c
Water ratio	110%	62.96±4.4 ^a	40.79±2.0 ^a	126.27±4.7 ^a	189.39±6.3 ^a	-	314.47±8.4 ^a
	130%	43.07±3.7 ^b	37.04±2.1 ^b	140.27±6.2 ^b	198.95±4.8 ^b	4.19±0.1 ^a	342.68±9.2 ^b
	150%	50.73±6.1 ^c	40.60±3.2 ^a	148.24±2.5 ^c	168.80±5.2 ^c	7.42±0.2 ^b	316.86±4.9 ^a
	170%	48.01±2.1 ^c	45.50±3.4 ^c	139.11±3.6 ^b	172.33±8.2 ^c	6.45±0.8 ^b	330.20±7.9 ^c
Fermentation temperature	10°C	31.40±1.1 ^a	55.94±2.2 ^a	114.58±4.7 ^a	94.73±3.7 ^a	7.69±0.3 ^a	235.32±5.5 ^a
	15°C	44.10±3.1 ^b	59.22±2.0 ^b	148.14±5.1 ^b	140.71±3.1 ^b	10.74±1.1 ^b	283.21±6.9 ^b
	20°C	50.73±2.0 ^c	40.60±1.6 ^c	148.24±6.8 ^b	168.80±3.0 ^c	7.42±0.2 ^a	316.86±5.3 ^c
Milling degree	10%	29.27±1.2 ^a	61.38±2.9 ^a	155.42±3.6 ^a	119.49±2.5 ^a	10.59±0.3 ^a	297.30±8.3 ^a
	20%	35.48±3.1 ^b	66.46±1.6 ^b	123.87±2.8 ^b	109.73±5.1 ^b	6.58±0.4 ^b	251.41±5.9 ^b
	30%	32.19±2.0 ^b	49.23±1.4 ^c	117.95±3.6 ^b	84.09±5.2 ^c	7.37±0.2 ^b	205.01±6.0 ^c
	40%	17.11±1.2 ^c	52.94±1.4 ^d	110.65±4.1 ^c	80.67±5.9 ^c	7.27±0.1 ^b	194.32±7.9 ^d

Values with different letters were significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test. Each value is expressed as Mean±SD(n=3).

있으리라 여겨진다.

양조용수비율에 따른 청주의 유기산 함유량은 Table 1과 같다. 총 유기산은 급수율 110% 투입시 2,233 mg/L, 170% 투입시 1,998 mg/L로써 급수율이 높을수록 총유기산은 감소하였다. 급수율이 높을수록 citric acid와 tartaric acid는 적게 생성되었으며 succinic acid는 많이 생성되어 급수율도 유기산 조성에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

양조용수비율에 따른 청주의 휘발성향기성분은 Table 2와 같다. 저비점 휘발성 향기성분 중 aldehyde는 130% 급수시 제일 적게 생성되었으며 110% 급수시 가장 많이 생성된 것으로 나타났다. Aldehyde와 마찬가지로 ethyl acetate도 130% 급수시 다소 낮게 생성된 것으로 나타났다. Isoamyl alcohol과 isobutanol은 130% 급수시에 많이 생성되었고 n-propanol은 150% 급수시에 많이 생성되었는데 급수율과 고급알코올 생성과는 상관관계가 적은 것으로 판단된다.

3.3 발효온도

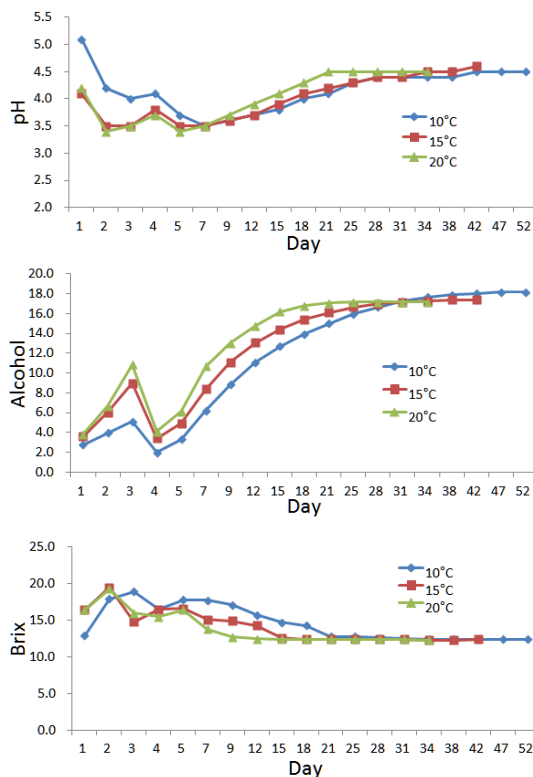


Fig. 3. Changes of pH, alcohol, brix during fermentation by different fermentation temperature.

도정도 30%인 쌀과 총원료대비 양조용수를 150% 사용하여 발효온도를 10°C, 15°C, 20°C로 달리하여 제조한 청주 술덧의 pH, 알코올 함량, 가용성고형성분(Brix)의 변화는 Fig. 3와 같다. 1차 덧술과 2차 덧술 pH는 3.4-3.5로 급격히 낮아졌는데 10°C 발효에서의 술덧의 pH가 15°C, 20°C 발효보다 높게 나타났다. 이는 발효초기 저온으로 인한 미생물의 활성도가 떨어져 유기산 생성이 적었기 때문이라 판단된다. 발효 후반으로 갈수록 완만히 높아져 최종 pH는 4.5-4.6로 유사하게 나타났다. 발효완료 후 총산도는 10°C 발효에서 6.0, 15°C에서 6.2, 20°C에서 6.4로 나타나 저온발효에서 낮게 나타났다. 발효 중반까지의 술덧의 알코올 생성은 10°C 저온발효시에 알코올 생성속도가 현저히 늦었다. 또한 발효 중반까지 발효온도가 낮을수록 가용성고형분(Brix)이 높게 나타났는데 이는 저온에서 효소의 촉매활성 저하보다 효모의 활성도 저하가 더 컸기 때문인 것으로 판단된다. 하지만 발효종료후의 알코올농도가 10°C발효에서 18.1%(v/v), 15°C발효에서 17.4%(v/v), 20°C에서 17.1%(v/v)로 나타나 저온발효에서 더 천천히 오래 알코올발효를 함으로써 최종알코올 농도가 높아짐을 알 수 있다.

발효온도에 따른 청주의 유기산 함유량은 Table 1과 같다. 총 유기산은 10°C 발효시 1,980mg/L, 15°C 발효시 2,104mg/L, 20°C 발효시 2,125mg/L으로 발효온도가 낮을수록 총유기산은 적게 생성되었다. 발효온도가 낮을수록 citric acid와 malic acid, lactic acid는 적게 생성되었으며 succinic acid와 acetic acid는 많이 생성되어 발효온도가 유기산 조성에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

발효온도에 따른 청주의 휘발성향기성분은 Table 2와 같다. 저비점 휘발성 향기성분 중 aldehyde는 발효온도가 낮을수록 적게 나타났으며 ethyl acetate는 15°C 발효시 다소 높게 생성된 것으로 나타났다. Isoamyl alcohol과 isobutanol은 저온에서 발효할수록 적게 생성되었고 n-propanol도 10°C에서 가장 적게 생성된 것으로 나타났다.

3.4 쌀도정도

원료쌀을 현미 중량 기준으로 10%, 20%, 30%, 40%를 도정하여 도정도를 달리한 후, 급수율을 130%로 하고 10°C 발효온도에서 제조한 청주 술덧의 pH, 알코올 함량, 가용성고형성분(Brix)의 변화는 Fig. 4와 같다. 도정도 10%인 일반백미 술덧의 pH는 4.0-4.8로 도정도

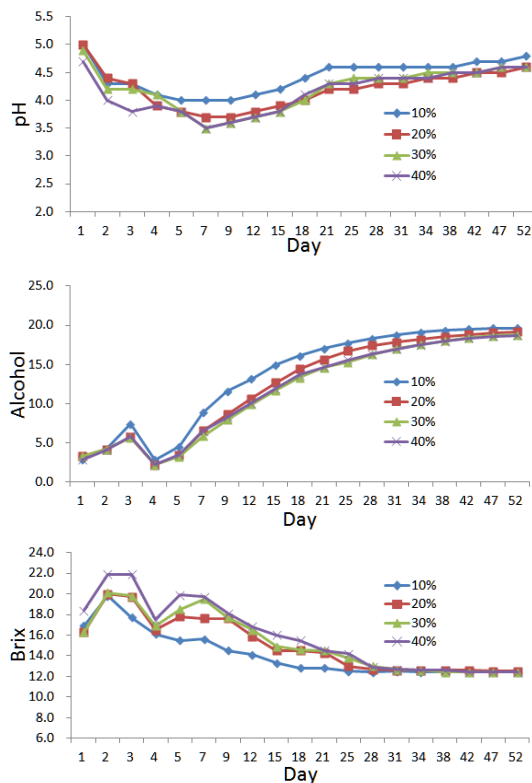


Fig. 4. Changes of pH, alcohol, brix during fermentation by different milling degree.

20-40%의 pH 3.5-4.6과 다르게 유의적으로 높게 나타났으며 이는 Chun 등[7], Kim 등[9]의 연구결과와 일치하였으며 도정도 20-40% 시료에서는 차이가 미비하였다. 발효 완료 후 총산도는 10%도정미 사용시 6.2, 20%도정미는 6.4, 30%와 40%도정미는 6.6으로 나타나 도정도가 증가함에 따라 다소 증가하는 것으로 나타났다. 술덧의 알코올 생성은 10%도정미 사용시에 알코올 생성속도가 현저히 빨랐으며 최종 알코올농도도 19.6%(v/v)로 가장 높았고 20%도정미는 19.2%(v/v), 30%도정미는 18.8%(v/v), 40%도정미는 18.7%(v/v)로 도정도가 높을수록 알코올농도는 낮아졌는데 감소폭은 줄어 Kim 등[9]의 결과와 같았다. 또한 10%도정미 사용시 발효 중반까지 가장 낮은 가용성 고형분(Brix)을 보였는데 이는 저도정미가 단백질, 지방, 무기질성분이 많아 효모의 생육과 활성화에 기여하여 알코올발효가 더 많이 일어나 당의 소비가 많았던 것으로 판단된다.

원료쌀의 도정도에 따른 청주의 유기산 함유량은 Table 1과 같다. 총 유기산은 10%도정미는 2,579mg/L,

20%도정미는 2,144mg/L, 30%도정미는 2,050mg/L, 40%도정미 사용시 2,091mg/L로 나타나 원료쌀의 도정도가 높을수록 적게 생성되는 것으로 나타났다. 특히 10%도정미 사용시 citric, succinic, lactic acid가 많이 생성된 것에 비해 20%-40% 도정미의 경우는 현저히 적게 생성되었고 도정도에 따른 유의미한 차이가 나타나지 않아 20% 이상의 도정은 유기산조성에 큰 영향을 미치지 않지만 그 이상의 도정을 증가에 따른 영향은 미비한 것으로 나타났다.

원료쌀의 도정도에 따른 청주의 휘발성향기성분은 Table 2와 같다. Aldehyde는 40%도정미 사용시 가장 적게 나타났고 ethyl acetate는 30%도정미 사용시 가장 적게 나타났다. 또한 *n*-propanol, isobutanol, isoamyl alcohol 모두 도정도가 높을수록 적게 생성되는 것으로 나타나 유기산과 마찬가지로 20% 이상의 도정효과가 컸으며 30%도정미와 40%도정미의 차이는 미비하였다.

4. 결론

한국 고유의 양조미생물을 활용하여 청주의 품질개선 및 최적의 담금공정을 확립하기 위해, 발효제(쌀누룩)의 투입량, 양조용수 사용량, 발효온도 및 원료쌀의 도정도를 달리하여 담금방법에 따른 발효 및 품질특성을 파악하였다. *Asp. oryzae* 83-10 쌀누룩을 총 원료대비 15%, 25%, 35%를 투입한 결과 누룩투입비율이 높을수록 총산이 많이 생성되었으며 최종알코올농도는 누룩투입비율과 상관없이 약 17%(v/v)로 유사하게 나타났다. 또한 누룩투입비율이 높을수록 청주의 유기산이 많이 생성되었고 누룩투입비율이 유기산 조성에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

양조용수비율을 총원료대비 110%, 130%, 150%, 170%로 달리하여 제조한 청주의 최종 pH는 4.4-4.5로 유사하였으며, 급수율이 높을수록 총산도는 낮게 나타났다. 최종 알코올농도는 17.1 - 17.6%(v/v)로 유사하게 나타나 실질적인 총알콜량은 급수율이 높을수록 많이 생성된 것으로 추정된다. 급수율 130% 이하에서는 가용성고형분이 매우 높았고 최종 알코올 농도도 높게 나타나 술덧의 당이 발효에 완전히 이용되지 않은 것으로 나타났다. 급수율이 높을수록 총유기산은 감소하였는데 급수율도 유기산 조성에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

발효온도를 10℃, 15℃, 20℃로 달리한 청주의 최종

pH는 4.5-4.6로 유사하게 나타났으며 총산은 저온발효 시 적게 생성되었다. 발효온도가 낮을수록 발효중 가용 성고형분이 높았고 알코올이 천천히 생성되었으나 최종 알코올 농도는 18.1%(v/v)로 가장 높아, 저온발효시 더 천천히 오래 알코올발효가 진행됨으로써 최종알코올 농도가 높아지는 것으로 나타났다. 발효온도가 낮을수록 총유기산은 적게 나타났는데 발효온도가 유기산 조성에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 발효완료된 청주의 isoamyl alcohol과 isobutanol은 저온에서 발효할수록 적게 생성되어 온도가 향기성분에 영향을 미침을 알 수 있다.

원료쌀의 도정도를 10%, 20%, 30%, 40%로 달리하여 제조한 청주는 10%도정미 사용시 pH가 4.0-4.8로 도정도 20-40%의 pH 3.5-4.6과 다르게 유의적으로 높게 나타났고 최종 알코올농도도 19.6%(v/v)로 가장 높았으며 유기산과 고급알코올이 많이 생성되었다. 도정도가 높을수록 알코올농도는 다소 낮아졌으며, 총 유기산과 고급알코올이 적게 생성되어 원료쌀의 도정도가 유기산과 향기성분의 조성에 중요한 영향을 미치는 요인으로 파악되었다.

이상과 같이 누룩투입량과 양조용수의 양, 발효온도, 원료의 도정도는 술덧의 pH와 산도에 각각 영향을 미치고 최종알코올함량, 유기산 및 향기성분의 조성에도 영향을 미치고 있음을 알 수 있으며, 유기산은 누룩투입량이 적을수록 양조용수가 많을수록, 발효온도가 낮을수록, 도정도가 높을수록 낮았으며, 고급알코올은 발효온도가 낮을수록, 도정도가 높을수록 낮게 나타나는 것으로 파악되었고, 청주의 품질개선 및 한국형 청주의 개발에 위해서 각각의 담금방식의 조합에 의한 관능평가가 좀 더 세밀하게 연구될 필요가 있다.

References

- [1] S. M. Woo, J. S. Shin, J. H. Seong, S. H. Yeo, J. H. Choi, et al, "Quality characteristics of brown rice Takju by different nuruks", J. Korean Soc. Food Sci. Nutr, vol. 39, no. 2, pp. 301-307, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2010.39.2.301>
- [2] E. H. Han, T. S. Lee, B. S. Noh, D. S. Lee, "Volatile flavor components in mash of takju prepared by using different nuruks", Korean J. Food Sci. Technol, vol. 29, no.3, pp. 563-570, 1997.
- [3] M. H. So, Y. S. Lee, W. S. Noh, "Changes in microorganism and main components during takju brewing by a modified nuruk", Korean Food Nutr, vol. 12, no. 3, pp. 226-232, 1999.
- [4] S. J. Lee, B. H. Ahn, "Sensory profiling of rice wines made with nuruks using different ingredients", Korean J. Food Sci. Technol, vol. 42, no. 1, pp. 119-123, 2010.
- [5] S. S. Lee, K. S. Kim, A. H. Eom, C. K. Sung, I. P. Hong, "Production of Korean Traditional Rice-wines Made from Cultures of the Single Fungal Isolates under Laboratory Conditions", Korean J. Mycology, vol. 30, no. 1, pp. 61-65, 2002.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4489/KJM.2002.30.1.061>
- [6] D. H. Lee, Y. S. Lee, C. H. Cho, I. T. Park, J. H. Kim, et al, "The Qualities of liquor distilled from ipguk (koji) or nuruk under reduced or atmospheric pressure", Korean J. Food Sci. Technol, vol. 46, no. 1, pp. 25-32, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9721/KJFST.2014.46.1.25>
- [7] Y. Iemura, K. Kataoka, S. Hara, "Effects of the Polishing Ratio of Rice on Nitrogen Content of Sake Mash", J. Brew. Soc. Japan, vol. 91, no.2, pp. 130-135, 1996.
DOI: <http://dx.doi.org/10.6013/jbrewsocjapan1988.91.130>
- [8] Y. Anazawa, Y. Nabekura, K. Satoh, Y. Satoh, S. Ohno, et al, "Polishing Properties of Sake Rice Koshtanrei for High-Quality Sake Brewing", Biosci. Biotechnol. Biochem, vol. 77, no. 10, pp. 2160-2165, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1271/bbb.130515>
- [9] A. R. Chun, D. J. Kim, M. R. Yoon, S. K. Oh, I. S. Choi, et al, "Effect of Milling Degree on the Physicochemical and Sensory Quality of Sogokju", J. Korean Soc. Food Sci. Nutr, vol. 41, no. 1, pp. 136-142, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2012.41.1.136>
- [10] J. B. Eun, T. Y. Jin, M. H. Wang, "The Effect of Waxy Glutinous Rice Degree of Milling on the Quality of Jinyangju, a Korean Traditional Rice Wine", Korean J. Food Sci. Technol, vol. 39, no. 5, pp. 546-551, 2007.
- [11] H. R. Kim, A. R. Lee, Y. H. Kwon, H. J. Lee, S. J. Jo, et al, "Physicochemical Characteristics and Volatile Compounds of Glutinous Rice Wines Depending on the Milling Degrees", Korean J. Food Sci. Technol, vol. 42, no. 1, pp. 75-81, 2010.
- [12] W. T. Seo, H. K. Cho, J. Y. Lee, B. Kim, K. M. Cho, "Quality Characteristics of Wheat-Rice Makgeolli by Making of Rice Nuruk Prepared by Rhizopus oryzae CCS01", Korean J. Microbiology, vol. 48, no. 2, pp. 147-155, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7845/kjm.2012.48.2.147>
- [13] S. Y. Baek, J. Y. Kim, H. J. Yun, J. H. Choi, H. S. Choi, et al, "Quality Characteristics of Makgeolli and Nuruk Grain Inoculated with Aspergillus oryzae N041", J East Asian Dietary Life, vol. 21, no. 6, pp. 877-881, 2011.
- [14] D. H. Lee, H. Y. Kang, Y. S. Lee, C. H. Choi, S. J. Kim, et al, "Effects of Yeast and Nuruk on the Quality of Korean Yakju", Korean J. Microbiol. Biotechnol, vol. 39, no. 3, pp. 274-280, 2011.
- [15] J. M. Noh, J. E. Kang, J. H. Choi, S. T. Jeong, H. S. Choi, "Changes in Physicochemical Properties of Yakju Prepared by Accelerated Aging without Protease",

Korean. J. Food Sci. Technol, vol. 46, no. 6, pp. 702-709, 2014.

DOI: <http://dx.doi.org/10.9721/KJFST.2014.46.6.702>

- [16] C. S. Shin, Y. J. Park, S. K. Lee, "Selection of koji and yeast strain for improvement of Choungju quality", J. Korean. Soc. Applied Biological Chemistry, vol. 39, no. 1, pp. 9-15, 1996.
- [17] H. S. Son, B. D. Park, B. K. Ko, C. H. Lee, "Quality characteristics of Takju produced by adding different amounts of water", Korean J. Food Sci. Technol, vol. 43, no. 4, pp. 453-457, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9721/KJFST.2011.43.4.453>
- [18] Brewing Society of Japan, *Component of the alcoholic beverages*, pp. 50-62, Shin Nippon Printing Co. Ltd., Tokyo, Japan, 1999.
- [19] NTS liquors licence aid center, *Regulation of analysis in alcoholic beverage*, pp. 1-68, 2008.
- [20] H. C. Cho, S. A. Kang, S. I. Choi, C. Cheong, "Quality Characteristics of Fruit Spirits from a Copper Distillation Apparatus", J. Korean Soc. Food Sci. Nutr, vol. 42, no. 5, pp. 743-752, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2013.42.5.743>

정 철(Chul Cheong)

[정회원]



- 1996년 2월 : 독일 뮌헨공대 식품학과(이학석사)
- 2002년 2월 : 독일 베를린공대 생물공학과 (이학박사)
- 2006년 2월 ~ 현재 : 서울벤처대학원대학교 융합산업학과 교수
- 2010년 3월 ~ 현재 : 한국식품연구회 주류품질인증 심사위원
- 2015년 2월 ~ 현재 : 한국식품과학회 양조분과위원회 위원장

<관심분야>

양조학, 발효식품학

배 군 호(Gyun-Ho Bae)

[정회원]



- 2014년 2월 : 단국대학교 식품영양학과 (이학석사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 서울벤처대학원대학교 융합산업학과 박사과정

<관심분야>

양조학, 박효식품학

이 상 현(Sang-Hyeon, Lee)

[정회원]



- 2016년 2월 : 서울벤처대학원대학교 융합산업학과 (경영학석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 서울벤처대학원대학교 융합산업학과 박사과정

<관심분야>

양조학, 발효식품학