

## 쌀 가공처리에 따른 쌀 맥즙 및 쌀 맥주의 품질특성

박지영 · 이석기 · 최인덕 · 최혜선 · 김남걸 · 신동선 · 정광호 · 박장환 · 오세관<sup>1\*</sup>  
농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부, <sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 작물육종과

### Quality Characteristics of Rice Wort and Rice Beer by Rice Processing

Jiyoung Park, Seuk-Ki Lee, Induck Choi, Hye-Sun Choi, Nangeol Kim, Dong Sun Shin,  
Kwang-Ho Jeong, Chang-Hwan Park and Sea-Kwan Oh<sup>1\*</sup>

Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

<sup>1</sup>National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

#### Abstract

Rice in Korea is a highly valuable food resource that serves both as staple food and ingredient in various processed edibles. This study was conducted to explore pre-treatment methods for rice that result in good saccharification upon production of rice beer. When rice was subjected to fine grinding, steeping, roasting, gelatinizing, or puffing prior to saccharification with malt, wort containing puffed rice had the highest soluble solid content ( $^{\circ}\text{Bx}$ ). Upon production of wort without the addition of any enzymes for liquefaction or saccharification, the addition of 30% rice resulted in the highest soluble solid content ( $^{\circ}\text{Bx}$ ). Production of beer containing 10, 20, or 30% of either roasted or puffed rice showed that wort containing 30% puffed rice had the highest soluble solid content (15.4  $^{\circ}\text{Bx}$ ) with good saccharification. The resulting beer likewise exhibited higher alcohol content (5.0-5.4%) than the beer that had roasted rice added, without the turbidity and with less bitterness. Therefore, rice puffing was considered a beneficial processing method to enhance rice saccharification and to facilitate both the production of fine quality beers and rice beer containing puffed rice.

**Key words:** rice beer, rice, saccharification, puffed rice, quality

## 서 론

우리나라의 주류시장은 2017년 기준, 약 9조원에서 맥주 시장 점유율이 약 45%를 육박하고 있는 것으로 나타났으며, 그 다음이 소주로 나타났다(NTS, 2018). 최근 국내 맥주 소비동향은 맥주 선호도가 다양해지면서 수입 맥주 시장이 커져가고 있으며, 특히 '수제맥주 페스티벌 및 펍순례'라는 신조어가 생겨날 정도로 맥주의 다양한 맛, 향 등을 찾는 소비자들이 증가하고 있다. 이에 따라 '라거 맥주(Lager beer)' 중심의 시장에서 '에일 맥주(Ale beer)'의 맛을 가진 차별화된 지역특화맥주 출시도 증가하고 있는 추세이다. 국내에서는 이러한 맥주의 다양화 시대적 배경에서 2018년 1월에 맥주주세법을 개정하여 쌀을 20% 이상 함유한 쌀 맥주를 제조할 경우 출고량 기준으로 세율을 72%에서

30%를 적용하는 것으로 개정하게 되면서 국내 지역별 수제맥주회사에서는 차별화된 쌀맥주 출시에 관심을 가지고 있다.

우리나라에서 쌀(Rice, *Orzya sativa* L.)은 주식일 뿐만 아니라 다양한 가공식품원료로서 그의 가치가 높은 식품자원이다. 그러나 식생활의 서구화 및 맛벌이 부부 증가 등과 같은 다양한 사회적 변화로 인하여 소비량은 매년 1-2 kg씩 점차 감소추세에 있어 2016년에는 61.9 kg까지 줄었다(Statistics Korea, 2018). 또한 FTA 협정에 따라 매년 40만 9천 톤의 쌀이 의무적으로 수입되고 있으며, 2015년도 쌀 수입개방에 따라 다양한 형태의 가공용 쌀이 추가로 수입되고 있을 뿐 아니라, 국내 생산 쌀의 수량성이 높은 품종의 개발보급을 통하여 생산이 증가되어 쌀 재고량이 많아져 수급조절에 어려움이 있다. 따라서 국내 쌀 소비확대와 새로운 수요창출을 위한 연구노력이 지속적으로 요구되고 있다. 이에 따라 농촌진흥청에서는 국내 식품가공업체와 연계하여 즉석밥, 쌀국수, 쌀빵, 쌀음료 등 다양한 쌀 가공식품개발 연구를 통하여 시장경쟁력을 높이고 있다(Shin *et al.*, 2016). 이러한 배경으로부터 맥주의 원료로 쌀을 소비한다면 쌀 재고의 문제점 해결과 맥

\*Corresponding author: Sea-kwan Oh, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju-Gun, Jeollabuk-do 55365, 16429, Korea

Tel: +82-63-238-5223

E-mail: ohskwan@korea.kr

Received September 2, 2019; revised November 5, 2019; accepted November 20, 2019

주의 다양성을 증대하는 효과를 함께 볼 수 있을 것으로 판단된다.

쌀을 이용한 주류 개발연구는 막걸리를 비롯한 탁주를 중심으로 이루어져 왔고, 맥주에 부 원료로 적용하기 위한 연구도 일부 시도된 바 있다. Lee *et al.* (1998)은 쌀을 50% 이상 첨가한 맥주는 맥아 100% 맥주보다 당화가 용이하지 않았다고 보고하였다. Hyun *et al.* (2012)의 연구결과에 따르면 쌀맥주 가공과정 시 당화효율을 개선하기 위하여 아밀라아제를 첨가하였으나 맥주의 거품안정성 및 색도 등과 같은 품질 저하가 발생하였다고 발표하였다. 최근 해외에서도 쌀을 이용하여 맥주제조를 위한 연구 결과가 발표되고 있는데 Das *et al.* (2014)은 쌀맥주의 품질 개선을 위하여 스타터를 활용하였으며, Mayer *et al.* (2016)은 rice malt를 이용하여 맥주 가공기술을 확립한 결과를 보고하였다. 국내에서도 쌀가루가 잘되는 연질미 품종인 한가루를 이용하여 맥주 가공적성을 탐색한 바 있고, 현미의 첨가비율에 따른 맥주 품질을 비교한 바 있다(Kim *et al.*, 2017; Lee *et al.*, 2017). 선행연구에서는 전처리되지 않은 생쌀을 이용하기 때문에 맥아와 호화 온도 차이로 인하여 호화가 잘 안되어 별도의 액화과정이 추가되었다. 당화온도 보다 고온인 95°C에서 쌀을 먼저 투입하여 열처리한 후 다시 맥아와의 동시당화를 위해 냉각이 필요하기 때문에 액화조 설비가 없을 경우에 상업양조에서 당화에 어려움이 있거나, 여과 등 양조에 번거로움이 있었다.

따라서 본 연구에서는 맥아와 동시에 투입하더라도 당화가 용이한 쌀맥주 양조 공정을 개선하고, 맥주 제조 시 당화가 잘되는 쌀의 전처리 방법에 대해 탐색하고자 수행되었다. 기존에 쌀가루를 투입할 때 여과의 효율성을 고려해서 맥아와 비슷한 크기로 거칠게 분쇄하여 투입을 하였는데 본 연구에서는 쌀의 미세분쇄, 수침처리, 볶음처리, 고두밥 형태의 호화처리, 팽화처리를 이용하여 당화실험을 수행하였고, 그 중 2가지를 이용하여 20 L 규모로 맥주양조적성을 평가하였고, 쌀의 가공방법에 따른 쌀 맥주제조기술개발의 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 시험재료

본 연구에 사용된 시험재료는 2017년도에 농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 시험연구포장(수원)에서 표준재 배법으로 생산된 연질미 전분구조를 가진 한가루 품종의 현미(Brown rice)를 이용하여 가공 한 후 맥즙과 맥주제조에 사용하였다. 그 외에 맥주원료는 상용 맥아(Pilsner, Weyermann, Brennerstraße, Bamberg, Germany), 상용 홉 2종(Centennial, Hopsteiner, New York, NY, USA; Cascade, Hopsteiner, New York, NY, USA)과 상용 효모(Safale US-05, Algist Bruggerman Langerbruggekaai, Grand, Belgium) 등을 사용하였다.

### 맥주 원료쌀의 팽화, 볶음, 가열 및 분쇄가공처리에 따른 맥즙 제조

쌀맥주 제조에 있어서 적합한 원료 가공처리방법을 탐색하기 위해 쌀가루용 연질미 품종인 한가루를 팽화, 볶음, 가열 및 분쇄처리를 하여 맥아 첨가량의 40% 대신 팽화미를 첨가하여 맥즙을 제조하였고 본 실험의 각 처리조건을 Table 1에 나타내었다. 각각 가공 처리된 쌀을 첨가한 쌀맥주의 양조적성 평가를 위한 실험으로 500 mL 플라스크와 항온수조를 이용하여 65-78°C의 당화처리를 수행한 다음에 가용성 고형분을 측정하였다. 쌀맥주의 당화력 비교를 위해 control1(C1)은 맥아만을 분쇄기(roll mill)로 거칠게 분쇄하여 100% 맥즙을 제조하였고, control2(C2)는 처리되지 않은 연질미 생쌀을 가루를 내어 이용하여 끓이는 단계를 거쳐 호화를 시킨 다음, 맥아와 혼합하여 당화를 거쳐 맥즙(wort)을 제조하였다(Kim *et al.*, 2017). 가용성 고형분 함량 증가 및 당화과정 개선을 위해 비교된 쌀 전처리조건은 treatment1(T1)-treatment6(T6)이다. T1은 C2와 동일하게 맥아크기로 거칠게 분쇄하여 별도의 호화처리 없이 맥아와 함께 당화시켰고, T2는 쌀가루용 분쇄기(cyclone mill)를 이용하여 분쇄 후 100 mesh 체에 친후, T3은 T1과 동일하게 분쇄 후 12시간 수침한 이후에 물을 빼고, 모두 T1과 동일하게 맥아를 첨가하여 당화과정을 수

**Table 1. Rice processing conditions and mixing ratios tested for wort saccharification**

Samples	Ratio of addition		Treatment of rice	Grinding size	Treatment before saccharification
	Malt	Rice			
Control 1 (C1)	100	0	-	Coarse	Untreated
Control 2 (C2)	60	40	Untreated	Coarse	95°C, 30 min
Treatment 1 (T1)	60	40	Untreated	Coarse	Untreated
Treatment 2 (T2)	60	40	Untreated	Fine	Untreated
Treatment 3 (T3)	60	40	Untreated	Coarse	12 h soak
Treatment 4 (T4)	60	40	Roasted	Coarse	Untreated
Treatment 5 (T5)	60	40	Steamed	-	Untreated
Treatment 6 (T6)	60	40	Puffed	-	Untreated

행하였다. T4는 원적외선 만능볶음기(Model FEC-006, Biotech, Incheon, Korea)로 210°C에서 10분 처리하였고, T5는 물에 불려놓은 쌀을 20분간 찌서 호화시켰으며, T6은 팽화기로 팽화시킨 다음 맥아와 함께 플라스크에서 당화과정을 수행하였다.

#### 팽화미 혼합 비율에 따른 맥즙 제조

쌀을 맥주의 전분질 원료로 첨가할 때, 액화처리를 하거나 당화효소 처리를 하지 않고, 상용 맥아와의 동시에 당화시켰을 경우에 쌀 시료의 적정 첨가비율 범위를 탐색하고자, 본 연구에서 이용한 쌀 가공 처리 중 하나인 팽화미를 이용하여 혼합비율을 10, 20, 30, 40, 50%로 맥아를 대체하여 첨가한 후 맥즙을 제조하였고, 담금 온도별 당도를 총 4번 측정하여 당화실험을 수행하였다.

#### 가공 처리된 맥주원료의 일반성분 및 환원당 분석

일반성분(수분, 회분, 지방 및 단백질) 분석은 AOAC 방법(2000)에 의하여 정량하였다. 수분은 105°C 상압가열건조법, 회분은 600°C 직접 회화법으로 측정하였다. 지질은 에틸에테르를 용매로 soxhlet 추출기(Soxtec System HT 1043 extraction unit, Foss Tecator, Hoganas, Sweden)로 분석하였고, 단백질은 kjeldahl법으로 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Mulgrave, Australia)로 측정하였다. 환원당 분석은 시료추출액을 희석한 용액 1 mL에 dinitrosalicylic (DNS)시약 3 mL를 넣고 끓는 수조에서 5분 동안 끓인 다음, 실온에서 냉각하였다. 흡광도기를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 분석하였고 glucose standard curve를 이용하여 환원당 함량(% w/v)을 계산하였다.

#### 쌀 맥주의 제조과정

쌀맥주 제조는 국립식량과학원에서 자체적으로 수립한 공정을 변형하여 양조에 활용하였다. 맥아 5 kg를 이용하여 10%맥아로 제조한 맥주와 맥아의 일부를 한가루 현미로 대체하여 첨가량을 10%, 20%, 30%비율로 볶음처리 및 팽화처리 된 현미의 수분을 보정하여 혼합하였고, 20 L 양조수를 첨가하여 가온하였다. 물의 온도가 65°C에 도달하였을 때에 맥아와 팽화미를 동시에 첨가하였고, 72°C를 거쳐 78°C까지 당화과정을 1시간 동안 수행하여 당화액(wort)을 얻었다. 그다음 당화에 사용한 맥박(맥아, 쌀의 잔존물)을 제거하고, 홉을 첨가하여 100°C에서 60분당 끓이면서 홉 2.5% (50 g, w/v)을 끓임 시작과 함께 1회, 끓임 종료 10분전에 1회로 나누어서 첨가하였다. 그리고 끓임 맥즙을 냉각시키고 발효조에 옮겨 담은 후, 상면발효용의 건조효모를 당화액 기준으로 0.58% (11.5 g, w/v)을 첨가하여 20°C에서 7일간 1차 발효를 진행하였다. 그후 20 L 숙성통(keg)로 옮겨 담아 2°C의 저온 숙성실에서 숙성시킨 다음 3일후에 맥주 품질분석에 활용하였다.

#### 맥즙과 맥주의 가용성 고형분 및 비중 측정

맥즙과 맥주의 가용성 고형분 함량을 분석하기 위해서 여과를 거친 당화액을 20°C로 냉각을 시켜 일정하게 온도를 유지시키고 시료 당 1 mL가량을 취하여 당도계(PAL-1, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 비중의 경우는 시료 100 mL씩 취하여 메스실린더에 넣고 비중계(200-DK-6, DeaKwang, Seoul, Korea)를 이용하여 국제청주류분석규정에 준하여 분석하였다(NTS Liquors Licence Aid Center, 2013).

#### 볶은쌀과 팽화미로 제조한 쌀맥주의 품질분석

시료첨가 형태에 따라 제조한 맥주의 알코올 함량은 증류법(NTS Liquors Licence Aid Center, 2010)으로 분석하였으며, 증류후 거품 알코올-온도 보정표에서 15°C로 보정한 알코올 함량을 표준 보정곡선에 대입하여 알코올 함량(% v/v)을 계산하였으며, pH는 pH meter기(Model 750, iSTEC, Seoul, Korea)로 측정하였다.

맥주의 탁도의 측정은 ASBC법에 따라 700 nm에서의 흡광도가 430 nm에서 측정한 흡광도의 차이를 측정하였다(Lekkas *et al.*, 2009). 쓴맛은 탄산가스를 제거 후 20°C로 온도를 조절하고 10 mL의 시료를 취해 6 N 염산 0.5 mL, 이소옥탄 20 mL를 가하여 밀봉한 다음 진탕기를 250 rpm에서 15분간 흔들었다. 3,000 rpm에서 3분간 원심분리 후 이소옥탄 층을 10 mm 셀에 취해 순수한 이소옥탄을 대조로 275 nm에서 흡광도 A를 측정하였다(AACC, 2000).

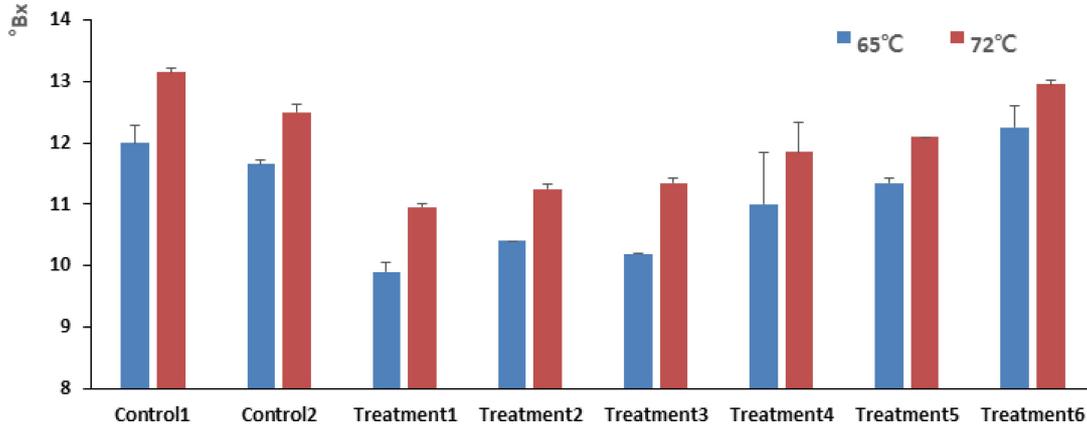
#### 통계분석

자료분석은 SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) PC package를 이용하였다. 실험결과는 3번 반복값을 구하여 평균±표준편차로 나타내었으며, 각 변수에 대해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 사후검정으로는 Duncan's multiple range test를 적용하였으며,  $\alpha = 0.05$  수준에서 유의성을 검정하였다.

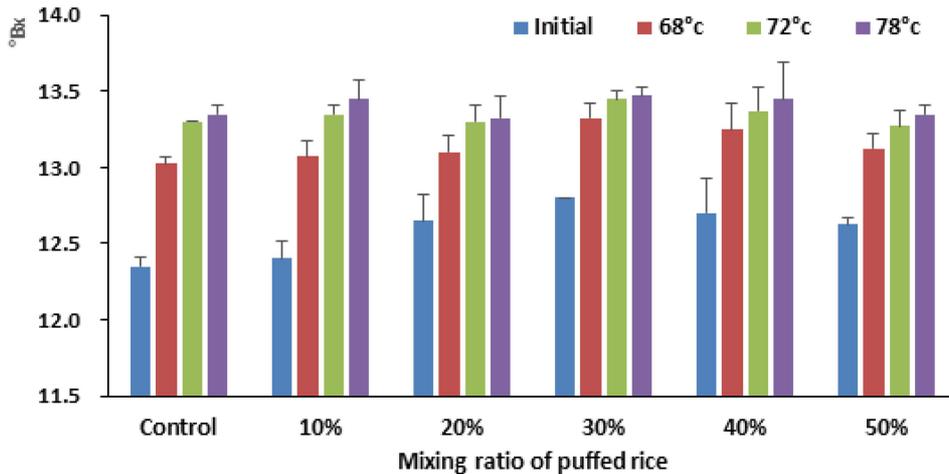
## 결과 및 고찰

#### 가공처리에 따른 맥즙의 가용성 고형분

Table 1에서 제시된 쌀의 가공처리에 따라 맥즙을 제조하였고, 당도를 측정한 담금 온도에 따라 65°C와 72°C에서 각각 1번 가용성 고형분을 측정한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 첫 번째 당도를 측정한 1 step에서 팽화미를 첨가한 T6의 가용성 고형분이 12.25 °Bx로 높은 값을 나타내었는데 기존의 별도의 술에 끓여서 호화 처리하는 공정을 추가한 C2와 다른 처리군에 비해서도 높은 결과를 보였으며, 맥아만 첨가하여 당화를 한 C1의 12 °Bx보다도 높아 빨리 당화력이 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 또한 담금 온도를 변화시켜 두 번째 당도를 측정한 2 step에서도 C1를



**Fig. 1. Soluble solid content in wort depending on the rice processing method.** C1, beer containing 100% malt; C2, rice wort processed with an additional boiling step at 95°C for 30 min; T1, wort mixed with coarsely ground rice to the size of malt; T2, wort mixed with finely ground rice powder; T3, wort mixed with rice steeped for 12 h; T4, wort mixed with roasted rice; T5, wort mixed with gelatinized rice in the hard-boiled state; and T6, wort mixed with puffed rice. Results are expressed as mean±standard deviation (n=3).



**Fig. 2. Comparison of the soluble solid content of wort mixed with puffed rice using different rice mixing ratios.** Results are expressed as mean±SD (n=3).

제외하고는 T6, C2, T5, T4 순서로 높은 결과를 나타내었고, 평균값이 각각 12.95, 12.5, 12.1, 11.85의 값을 나타내었다. 분쇄를 미세하게 하거나(T2), 수침처리를 하는 것(T3)은 거칠게 분쇄하여 바로 당화를 한 맥즙(T1)보다는 당도가 다소 높았지만, 맥아의 효소만으로 당화가 충분하지 않은 결과를 보였다. 그중 볶음 처리된 쌀을 이용한 맥즙은 당도 값의 편차가 팽화나, 호화 처리된 쌀을 첨가한 맥즙에 비해 높은 경향을 보였다. 따라서 본 연구결과에서는 팽화미를 첨가한 맥즙제조 방법에서 초기 당화 속도뿐만 아니라, 총 가용성 고형분 함량이 높아 쌀맥주 양조를 위해서는 적합한 방법이라고 판단하였다.

An *et al.* (2017)에 의하면 주류제조를 위한 당화에 쌀의 전처리가 미치는 영향에 대해 알아보고자 쌀을 8가지 방법으로 처리하여 전통문헌에 당화방식으로 나와 있는 고두밥을 비롯한 호화형태로 실험을 진행한 바 있다. Roopa *et*

*al.* (2008)의 보고에 따르면 볶음이나 압력처리는 소화율을 23% 증가시켜서 소화가 빨리되는 전분의 함량을 높일 수 있다고 하였는데, 본 연구에서도 유사한 결과를 얻었다고 판단되며 본 당화실험에서 가용성 고형분 함량이 높았던 팽화미, 고두밥, 볶은쌀 중 고두밥을 제외한 팽화처리와 볶음 처리된 쌀을 이용하여 양조적성을 비교하기로 하였다.

**팽화미 혼합비율에 따른 맥즙 가용성 고형분**

맥아와 동시에 담금이 가능한 쌀맥주를 양조하기 위해서 적합한 첨가 비율을 탐색하고자 당화실험을 수행한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 다양한 가공 처리된 쌀을 이용하여 맥즙을 제조하였을 때 가용성 고형분 함량이 가장 높았던 팽화미를 채택하여 혼합비율에 따른 맥즙 가용성 고형분을 측정하여 맥주양조를 위한 쌀 첨가량을 설정하기 위해 수행하였다. 본 연구에서는 맥아를 제외하고 효소제를 따로

첨가하지 않고 당화력을 비교하기 위해 부원료 50% 이상 일 때 당화력이 크게 떨어진다는 Lee & Lee (2007)에 따라 쌀의 비율을 50%까지만 첨가하여 당화액을 제조하여 그 결과를 비교하였다. 담금 조건에 따라 온도가 올라가고, 시간이 증가할수록 가용성 고형분이 12.4에서 13.5 °Bx로 증가하여 부원료를 첨가하지 않고 맥아로만 당화시킨 대조군에 비해 가용성 고형분이 같거나 높게 나타난 결과를 보였다. 이는 쌀을 따로 가공 처리를 하지 않고 맥아와 동시에 당화를 하는데 팽화미를 첨가하는 것이 효과적이라는 것으로 판단되었다. Lee *et al.*, (2017)은 전처리 되지 않은 한가루의 현미가루를 10-40% 첨가하여 제조한 맥주의 품질이 첨가비율에 따라 가용성 고형분이 증가하는 것으로 나타났으나, 본 연구에서는 30%까지는 팽화미의 함량이 많아질수록 가용성 고형분이 높아졌고, 40%와 50%를 첨가한 맥주에서는 가용성 고형분이 비슷하거나 감소하는 결과를 보여 최대 팽화미 30%정도를 첨가하는 것이 효소를 첨가하지 않고 상용맥아와 혼합만으로 당화액을 제조할 때 효과적이었다고 생각되어 쌀맥주 양조시 본 연구결과를 반영하여 쌀 10, 20, 30%를 첨가한 맥주를 양조하여 품질분석에 이용하였다.

#### 맥주 원료 일반 성분 및 환원당 분석

맥주 원료 중 전분질 원료로 사용된 맥아와 Table 1에서 가공 처리된 시료중에서 실제 활용성이 높은 맥주 양조적 성을 검토하기 위하여 볶은쌀과 팽화미 2종의 원료특성을 분석한 결과를 Table 2에 나타내었다. 시료의 수분은 각각 볶은쌀 4.17%, 팽화미 8.20%의 함량을 보여 수분 함량

14%를 기본으로 계산한 값으로 증량을 보정하여 맥주 양조에 활용하였다. 회분, 단백질 및 지방의 경우 볶은쌀이 팽화미에 비해 0.24%, 1%, 1.44% 높게 나타났는데 이는 팽화과정에서 전분질 부분의 전분팽창이 일어나서 미강의 왁스층 등이 일부 탈락되는 현상을 보였는데, 팽화에 기인한 것으로 생각된다. 이에 총전분은 볶은쌀, 팽화미 각각 77.81%, 80.20%를 나타내어 팽화미가 높았으며 72.94%의 함량을 보이는 맥아에 비해 높았다. 그리고 환원당 함량의 경우는 볶음과 팽화 처리한 2종이 맥아에 비해 낮았으며, 볶은쌀에 비해 팽화미가 0.13% 높은 결과를 보였다. Park *et al.* (2018)에서 볶음처리에 활용되었던 밥쌀용 품종인 새일미가 단백질 함량은 6.24%로서 연질미 품종인 한가루보다 낮았지만 볶음 온도별(180-270°C) 전분함량은 78-81%로서 한가루와 비슷하거나 약간 높은 결과를 보였는데 이는 쌀의 품종간 특성차이로 보이며 앞으로 가공 처리된 쌀을 이용한 맥주양조에 있어서 다양한 품종의 적용도 필요할 것으로 생각된다.

#### 볶은쌀과 팽화미 첨가비율별 맥주와 맥주의 비중 및 가용성 고형분

볶은쌀과 팽화미를 맥아량 대비 10-30%으로 첨가하여 상면발효방식의 에일 쌀맥주를 제조하였고, 당화후 맥주와 발효후의 맥주의 비중과 가용성 고형분의 함량을 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다. 맥주의 비중의 경우, 대조군은 1.051 g/L, 볶은쌀을 첨가한 경우 1.050-1.051 g/L을 보였고, 일반적인 Weizen 타입의 에일 맥주가 보통 1.044-1.052 g/L 사이라고 한 Lee (2015)의 선행연구를 보아 본

**Table 2. Approximate composition of beer ingredients and content of reducing sugars**

Samples	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Total starch (%)	Reducing sugar (%)
Malt	5.62±0.06 <sup>b</sup>	1.19±0.00 <sup>c</sup>	8.006±0.045 <sup>a</sup>	1.466±0.205 <sup>c</sup>	72.94±0.83 <sup>c</sup>	2.39±0.00 <sup>a</sup>
Roasted BR	4.17±0.14 <sup>c</sup>	1.98±0.00 <sup>a</sup>	8.393±0.037 <sup>a</sup>	3.909±0.009 <sup>a</sup>	77.81±0.33 <sup>b</sup>	1.00±0.02 <sup>c</sup>
Puffed BR	8.20±0.09 <sup>a</sup>	1.74±0.01 <sup>b</sup>	7.393±0.016 <sup>b</sup>	2.466±0.021 <sup>b</sup>	80.20±0.06 <sup>a</sup>	1.13±0.02 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Values indicate the means of three replications.

<sup>a-c</sup>Different letters within the same column indicate significant differences ( $p < 0.05$ ).

**Table 3. Specific gravity and sugar content (°Bx) of wort and beer based on the added amount of roasted or puffed brown rice**

Samples	Mixing ratio (%)	Specific gravity (g/L)		Sugar (°Bx)		
		Wort	Beer	Wort	Beer	
Control (Malt)	100	1.051±0.001 <sup>b</sup>	1.016±0.002 <sup>ab</sup>	14.2±0.4 <sup>bc</sup>	7.5±0.2 <sup>bc</sup>	
	Roasted BR	10	1.051±0.001 <sup>b</sup>	1.020±0.001 <sup>a</sup>	13.5±0.1 <sup>bc</sup>	7.6±0.1 <sup>b</sup>
		20	1.051±0.001 <sup>b</sup>	1.020±0.001 <sup>a</sup>	13.2±0.2 <sup>c</sup>	7.7±0.1 <sup>b</sup>
Puffed BR	30	1.050±0 <sup>b</sup>	1.020±0.001 <sup>a</sup>	13.3±0.2 <sup>c</sup>	8.6±0.2 <sup>a</sup>	
	10	1.052±0 <sup>ab</sup>	1.016±0.001 <sup>ab</sup>	14.4±0.2 <sup>bc</sup>	7.9±0.1 <sup>b</sup>	
		20	1.052±0.001 <sup>ab</sup>	1.016±0.001 <sup>ab</sup>	14.5±0.3 <sup>ab</sup>	7.9±0.1 <sup>b</sup>
30	1.054±0.001 <sup>a</sup>	1.014±0.002 <sup>b</sup>	15.4±0.2 <sup>a</sup>	7.1±0.2 <sup>c</sup>		

<sup>1)</sup>Values indicate the means of three replications.

<sup>a-c</sup>Different letters within the same column indicate significant differences ( $p < 0.05$ ).

연구에서도 당화가 적절하게 이뤄졌다고 판단되었다. 특히 팽화미를 첨가한 경우는 맥주비중이 1.052-1.054 g/L의 범위로 다소 높은 경향을 나타내었다. 발효가 끝난후 맥주의 비중은 1.014-1.020 g/L 범위로 나타났으며 대조군과 팽화미 첨가 맥주는 비슷한 비중을 나타내었다. 타 연구에서 수행된 에일 타입의 맥주와도 비슷하였지만 볶은쌀을 첨가한 맥주는 비중이 높은 결과를 보였고, 그 중 팽화미 30% 첨가한 맥즙의 비중은 가장 높았다. 당도 또한 15.4 °Bx로 높은 결과를 보여 팽화미를 첨가하는 것이 가용성 고형분 증가를 위한 좋은 전분질 원료가 될 수 있다고 생각된다.

**볶은쌀과 팽화미 첨가비율별 맥주의 품질 특성**

우리나라 국세청은 주류분석 규정에 명시되어 있는 알코올 함량 등을 포함하여 9개의 시험 등을 통해 품질관리 기준을 설정하고 있다(Kim *et al.*, 2013). 본 연구결과로부터 볶은쌀과 팽화미의 첨가 비율별 맥주의 알코올, pH, 탁도, 쓴맛 분석 결과를 Table 4에 나타내었다. 알코올 함량의 경우 대조군에 비해 볶은쌀을 첨가한 쌀맥주에서는 3.8-4.2%의 범위로 낮았으며, 팽화미를 첨가한 쌀맥주에서는 5.0-5.4%로 높은 결과를 보였다. 그 중 팽화미 30%에서 가장 높은 결과를 보여 당화 액의 비중 및 가용성 고형분 함량 분석결과와 일치하는 경향을 나타내었지만, 2가지 처리 쌀 맥주에서는 쌀 첨가비율별 유의한 결과를 나타내지는 않았다. 맥주의 산도(pH)는 맛이나 효모의 성장에 영향을 주고 맥주 품질 및 공정상 중요한 역할을 하는 것으로 알려져있는데(Kaneda H *et al.*, 1997) 본 연구결과에서 쌀 함량이 많아질수록 pH는 떨어지는 경향을 나타내었으며, 대조군에 비해 쌀맥주의 pH가 낮아 선행 연구결과와 유사하였다(Lee *et al.*, 2017). 한편 쌀의 함량이 증가할수록 pH가 증가했다는 선행연구결과도 있었는데(Hyeun *et al.*, 2012) 이는 당화가 많이 진전될수록 pH는 낮아진다고 보고된 바가 있고(Kim *et al.*, 1999), 맥아의 양이 줄어 당화효소 양이 적어지는 것에 기인된다는 이와 비슷한 연구결과가 도출된 연구들이 있다(Ratnavathi *et al.*, 2000). 본 연구결과는 당화실험을 통해 °Bx 값이 올라가는 적정 쌀의 혼합비율인 30% 첨가의 경우를 적용하여 쌀맥주를 제

조하였기 때문에 당도가 높아졌고 당화가 최대로 잘 되어 쌀 첨가비율이 30%일 경우에서 pH가 최대로 낮아지는 결과가 얻어진 것이라고 판단되었다. 탁도는 700 nm에서의 흡광도가 430 nm에서 측정한 흡광도의 차이가 0.039 이하일 때 탁도가 “없음”으로 결정하고, 아니라면 탁도가 “있음”으로 결정을 하는데 본 연구에서는 수치화하여 나타내었다. 맥아 100% 제조한 맥주(대조군)는 탁도가 없는데 비해 볶은쌀을 첨가한 쌀맥주는 그 함량에 관계없이 모두 탁도가 인정되었다. 반면에 팽화미를 첨가하여 제조한 쌀맥주의 경우는 대조군보다 흡광도 차이가 통계적으로 유의하진 않았지만, 낮은 값을 나타내어 모두 탁도 없음을 보였다. 이는 팽화미 맥주가 맥아 100%를 이용한 일반맥주처럼 맑고 투명한 맥주가 만들어져 발효가 원활하고, 맥주양조적성이 좋다고 판단된다. Boekel (2006)은 곡물의 볶는 열처리 방법은 비효소적 갈색화 반응인 메일라드 반응 등으로 인해 명도가 낮아지고 색도변화 등도 생길 수 있다고 하였으며, 이러한 이화학적 특성 변화들은 맥주의 혼탁(haze)을 유발하여 맥주 품질에 좋지 않은 영향을 줄 수 있다고 생각된다. 한편 팽화미 쌀맥주의 경우는 첨가비율이 증가되더라도 탁도는 나타나지 않아 쌀 첨가량이 증가할수록 혼탁한 느낌이 강한 결과를 도출한 선행연구결과와는 다른 결과를 나타내었다(Hyeun *et al.*, 2012). 이에 따라 쌀 첨가 함량보다는 쌀의 당화액의 품질차이에 따라 맥주 품질이 달라지는 등 다양한 요인이 있을 것이라 판단된다. 쓴맛 측정의 결과 대조군 25.4에 비해 볶은쌀 첨가 쌀맥주는 비슷하거나 다소 낮은 경향을 보인데 반해, 팽화미를 첨가한 쌀맥주에서는 14.6-17.9로 유의하게 낮은 결과를 나타내었고, 쌀은 품종마다 맥주를 제조했을 때 다른 쓴맛을 나타낸 결과는 한가루를 쌀맥주 제조에 이용할 때에는 선행연구결과와 비슷한 결과 값을 나타내는 것으로 확인되었다(Kim *et al.*, 2017). 한편, 쌀 첨가비율에 따른 쓴맛 측정결과와는 유의하지는 않은 경향을 나타내었다. 따라서 쌀을 이용하였을때는 맥아만을 이용한 맥주에 비해 쓴맛이 낮아지는 결과를 보인다고 할수 있으며, 이는 쌀을 첨가했을 때 맥주가 부드러워지는 맛과 향기 특성에 대해서는 추가적으로 세밀한 연구가 필요하다.

**Table 4. Alcohol, pH, turbidity and bitterness of beer based on the added amount of roasted or puffed brown rice**

Samples	Mixing ratio (%)	Alcohol (%)	pH	Turbidity	Bitterness	
Control (Malt)	100	4.8±0.6 <sup>ab</sup>	4.27±0.01 <sup>a</sup>	0.03±0.0 <sup>bc</sup>	25.4±1.0 <sup>a</sup>	
	Roasted BR	10	3.9±0.2 <sup>c</sup>	4.19±0.08 <sup>a</sup>	0.079±0.012 <sup>a</sup>	22.8±0.9 <sup>ab</sup>
		20	4.2±0.2 <sup>ab</sup>	4.18±0.08 <sup>a</sup>	0.052±0.009 <sup>b</sup>	21.2±1.6 <sup>b</sup>
Puffed BR	30	3.8±0.2 <sup>c</sup>	4.15±0.07 <sup>a</sup>	0.044±0.010 <sup>bc</sup>	24.9±1.6 <sup>a</sup>	
	10	5.0±0.1 <sup>a</sup>	4.2±0.07 <sup>a</sup>	0.027±0.003 <sup>bc</sup>	16.4±0.6 <sup>cd</sup>	
	20	5.0±0.2 <sup>a</sup>	4.16±0.08 <sup>a</sup>	0.026±0.008 <sup>bc</sup>	17.9±1.1 <sup>c</sup>	
	30	5.4±0.1 <sup>a</sup>	4.15±0.06 <sup>a</sup>	0.024±0.004 <sup>c</sup>	14.6±0.5 <sup>d</sup>	

<sup>1)</sup>Values indicate the means of three replications.

<sup>a-c</sup>Different letters within the same column indicate significant differences (*p*<0.05).

## 요 약

우리나라에서 쌀(Rice, *Orzya sativa* L.)은 주식일 뿐만 아니라 다양한 가공식품원료로서 그의 가치가 높은 식품자원이다. 본 연구는 쌀맥주 제조 시 당화가 잘되는 쌀의 전처리 방법에 대해 탐색하고자 수행되었다. 쌀을 미세분쇄, 수침처리, 볶음처리, 호화처리, 팽화처리 후 맥아와 함께 당화를 한 결과, 팽화미를 함유한 맥즙이 가장 높은 당도(°Bx)를 나타내었다. 또한 액화 및 당화효소를 첨가하지 않고, 맥즙을 제조 시 쌀 30% 첨가했을 때 당도가 가장 높은 결과를 나타내었다. 볶은쌀과 팽화미를 이용하여 10, 20, 30% 첨가한 맥주를 제조한 결과 팽화미를 30% 첨가한 맥즙의 가용성고형분이 15.4 °Bx로 가장 높고 당화도 잘되었으며, 맥주의 알코올함량이 5.0-5.4%로 볶은쌀 첨가 맥주에 비해 높았으며, 탁도가 없었고 쓴맛도 적은 결과를 보였다. 팽화처리는 쌀의 당화를 개선 할 수 있는 좋은 가공방법이라고 생각되며, 팽화미를 첨가한 쌀맥주 제조방법은 편리하고, 좋은 품질의 맥주를 생산 할 수 있는 방법 중의 하나라고 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원 농업과학기술사업(과제번호: PJ012794012019)의 지원에 의해 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

## References

- AACC. 2000. Approved methods of the AACC. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
- An J. O., Jeong J. H., Lee S.J. 2017. Effect of rice pre-treatment on enzymatic saccharification for brewing. *J. of Microbiology*. 45: 277-283.
- Boekel M. A. 2006. Formation of flavour compounds in the maillard reaction. *Biotechnol. Adv.* 24: 230-233.
- Das, A. J., Khawas, P., Miyaji, T., Deka, S. C. 2014. Effect of various microbial starters for amyolytic fermentation on some quality attributes of rice beer. *Int. Food Res. J.* 21: 2443-2450.
- Hyeun, S. K., Kwon, Y. A., Lee, S. J. 2012. Quality Characteristics of Brewed Beer with Rice Adjunct. *Food Eng. Progress.* 16: 139-144.
- Hyun, S. K., Kwon, Y. A., Lee, S. J. 2012. Quality characteristics of brewed beer with rice adjunct. *Food Eng. Progress.* 16: 139-144.
- Kaneda H, Takashio M, Tamaki T, Osawa T. 1997. Influence of pH on flavour staling during beer storage. *J. Inst. Brew.* 103: 21-23.
- Kim, H. J., Park, J. Y., Lee, S. K., Park, H. Y., Cho, D. H., Choi, H. S., Oh, S. K. 2017. Quality characteristics of rice cultivars suitable for rice beer. *Korean J. Crop Sci.* 62: 113-117.
- Kim, K. H., Park, S. J., Kim, J. E., Dong, H., Park, I. S., Lee, J., Hyun, S. Y., Noh, B. S. 2013. Assessment of physicochemical characteristics among different types of pale ale beer. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45: 142-147.
- Lee, J. Y., Mook, C. G., Park, J. H., Jang, H. K., Goo, D. J. 1998. Optimal preparation of saccharified rice solution for *Bifidobacterium* fermentation. *Agric. Chem. Biotechnol.* 41: 527-532.
- Lee K. G., Lee S. J. 2007. Development of beer containing high percentage (>50%) of rice. Dongkuk Univ. Seoul, Korea.
- Lee S. J. 2015. Development of brewing technology for specialty premium beer using domestic regional six-row barley. Dongkuk Univ. Seoul, Korea.
- Lee, S. K., Park, J. Y., Park, H. Y., Choi, H. S., Cho, D. H., Oh, S. K., Kim, H. J. 2017. Evaluation of quality characteristics of beer by addition of rice rate. *Korean J. Food Preserv.* 24: 758-763.
- Lekkas C., Hill A.E., Taidi B., Hodgson J., and Stewart G.G. 2009. The role of small wort peptides in brewing fermentations. *J. Inst. Brew.* 115: 134-139.
- Mayer, H., Ceccaroni, D., Marconi, O., Sileoni, V., Perretti, G., Fantozzi, P. 2014. Development of an all rice malt beer: A gluten free alternative. *LWT-Food Sci. Technol.* 67: 67-73.
- NTS. 2018. 『Liquor Tax Return』 National Tax Statistics. Sejong. Korea. Retrieved from [http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M\\_01\\_01&vwcd=MT\\_ZTITLE&parmTabId=M\\_01\\_01&parentId=M.1;M1.2;133\\_13301.3;#SelectStatsBoxDiv](http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01&vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01&parentId=M.1;M1.2;133_13301.3;#SelectStatsBoxDiv).
- NTS Liquors Licence Aid Center. 2010. Coursebook on the preparation of *Takju* and *Yakju*. 20-39.
- NTS Liquors Licence Aid Center. 2013. Regulation of alcoholic beverage analysis for national tax service. Sejong. Korea.
- Park, J. Y., Lee, S. K., Choi, I. D., Choi, H. S., Shin, D. S., Park, H. Y., Han, S. I., Oh, S. K. 2018. Starch content and *in vitro* hydrolysis index of rice varieties containing resistant starch. *Korean J. Crop Sci.* 63: 304-313.
- Ratnavathi CV, Bala Ravi S, Subramanian V, Rao NS. 2000. A study on the suitability of unmalted sorghum as a brewing adjunct. *J. Inst. Brew.* 106: 383-387.
- Roopa, S., and K. S. Premavalli. 2008. Effect of processing on starch fractions in different varieties of finger millet. *Food Chem.* 106: 875-882.
- Shin, D. S., Choi, Y. J., Sim, E. Y., Oh, S. K., Kim, S. J., Lee, S. K., Woo, K. S., Kim, H. J., Park, H. Y. 2016. Comparison of the hydration, gelatinization and saccharification properties of processing type rice for beverage development. *Korean J. Food Nutr.* 29: 618-627.
- Statistics Korea. 2018. 『Grain Consumption Survey』 Statistical Information Report. Daejeon. Korea. Retrieved from <https://meta.narastat.kr/metascv/index.do?confmNo=101049&inputYear=2018>.