



## 습열처리 자색옥수수를 이용한 저맥아 맥주의 품질 특성

Quality Characteristics of Low Malt Beer Made with Moisturized and Heat Treated Purple Corn

---

저자 (Authors)	노현수, 박주선, 오종수, 강성태 Hyeon-Su Roh, Ju-Seon Park, Jong-Soo Oh, Sung-Tae Kang
출처 (Source)	<a href="#">한국식품영양과학회지 48(8)</a> , 2019.8, 887-895(9 pages) <a href="#">Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 48(8)</a> , 2019.8, 887-895(9 pages)
발행처 (Publisher)	<a href="#">한국식품영양과학회</a> The Korean Society of Food Science and Nutrition
URL	<a href="http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE08768042">http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE08768042</a>
APA Style	노현수, 박주선, 오종수, 강성태 (2019). 습열처리 자색옥수수를 이용한 저맥아 맥주의 품질 특성. 한국식품영양과학회지, 48(8), 887-895
이용정보 (Accessed)	서울과학기술대학교 220.149.***.141 2020/01/03 13:52 (KST)

---

### 저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

### Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

## 습열처리 자색옥수수를 이용한 저맥아 맥주의 품질 특성

노현수 · 박주선 · 오종수 · 강성태

서울과학기술대학교 식품공학과

### Quality Characteristics of Low Malt Beer Made with Moisturized and Heat Treated Purple Corn

Hyeon-Su Roh, Ju-Seon Park, Jong-Soo Oh, and Sung-Tae Kang

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

**ABSTRACT** In this study, the quality characteristics of beer during fermentation and at the time of storage were investigated after saccharification by replacing the malt (20, 40, and 60%) with MH80/15 (purple corn that was moisturized and then heated at 80°C for 15 min). During the fermentation period of all samples of beer, the pH and number of yeast cells were at a level suitable for inducing fermentation. The value and the anthocyanin content of the beer tended to increase with the increasing amount of added purple corn. The content of glucose and maltose was significantly higher in the PH20 sample, in which the malt was replaced with 20% of the MH80/15 in the sugar composition of the wort. Therefore, the alcohol content of the PH20 sample was the highest after fermentation. For the sensory evaluation, there was no significant difference between the PH20 sample and the other experimental samples in overall acceptability. Further, as the amount of purple corn was increased, then the score for the color preference was high.

**Key words:** purple corn, low-malt beer, saccharification, moisture heat treatment, anthocyanin

## 서 론

맥주의 역사는 BC 2000~4000년경의 고대 이집트인과 수메르인의 기록에서 찾아볼 수 있으며 대중적인 음료와 종교의식의 재료로 생산, 소비되었다고 한다(Fox, 1993; Ross 등, 2002). 맥주는 맥아와 물을 이용해 당화 과정을 거쳐 당화액(wort)을 제조한 후 홉을 첨가해 효모로 발효시킨 단행 북발효주로 필요에 따라 전분질 원료를 부원료로 첨가한다(Yang 등, 2017). 맥주의 종류는 발효 균주와 발효 형태에 따라 크게 Ale 맥주와 Lager 맥주로 구분된다. 일반적으로 Ale 맥주는 18~20°C에서 7일 이내로 발효하여 숙성과정을 거치게 되고 Lager 맥주는 8~12°C에서 2주 이내로 발효하여 숙성하는 형태이다(Berlowska 등, 2015). 따라서 상온에 가까운 발효 온도와 발효 기간이 짧은 특성을 가진 Ale 맥주는 소규모 맥주 양조업체에서 주로 생산되고 있고 Lager 맥주는 비교적 큰 규모의 양조업체에서 생산되고 있다.

기존 우리나라의 맥주 시장은 Lager 형태의 맥주를 주로

출시하여 고정적인 맥주의 맛을 제공했지만, 최근 국내에 해외 맥주의 유입으로 Ale, Porter 형태 등의 다양한 맥주 제품들이 소비자에게 판매되어 맥주의 다양한 맛을 제공하고 있다(Kim 등, 2013). 한편 소규모 맥주 양조장은 최근 주세법의 개정에 따라 맥주를 연간 200 kL 이내로 양조 시 기존 맥주와 비교하여 세금이 60% 감면되어 시설 수가 증가하는 추세이다(Money Today, 2018). 소규모 맥주 양조는 맥아의 선택과 부재료의 첨가가 자유롭고 소규모 시설확보가 용이하여 맥주의 다양한 맛을 제공할 수 있어 한편에서는 '크래프트 맥주 펍순례'라는 용어가 등장할 정도로 맥주의 다양한 맛, 향 등을 찾는 소비자들이 증가하고 있다(Kim 등, 2017).

수년 동안 전분, 쌀, 밀, 타피오카, 옥수수 및 사탕수수와 같은 재료는 맥주 양조업체에서 효모의 알코올 생산을 위해 맥아 대체물로 사용되었다(Figueroa 등, 1995; Pei 등, 2010). 맥아 이외에 대체물을 이용할 때 이점은 현지 농작물의 이용성을 향상시킬 수 있다는 점과 맥주의 다양한 맛을 제공함과 동시에 경제적으로 맥아를 대체할 수 있다는 점이다(Diakabana 등, 2013; Glatthar 등, 2005; Ugboaja 등, 1991). 한편 우리나라 주세법 시행령 제3조 4항에는 원료 곡류 중 맥아의 사용 중량은 녹말이 포함된 재료, 당분 또는 캐러멜의 중량과 맥아의 합계 중량을 기준으로 하여 100분의 10 이상이어야 한다고 정의하고 있고, 또한 부원료가 맥아 중량

Received 30 April 2019; Accepted 12 July 2019

Corresponding author: Sung-Tae Kang, Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Korea

E-mail: kst@seoultech.ac.kr, Phone: +82-2-970-6736

Author Information: Hyeon-Su Roh (Researcher), Ju-Seon Park (Researcher), Jong-Soo Oh (Researcher), Sung-Tae Kang (Professor)

의 50%를 초과하는 것을 발포주(beer-like beverage)라 정의하고 있다(Tsukamoto 등, 2009). 현재 국내에서는 맥주 제조 시 쌀을 이용하여 맥아를 대체하는 연구(Kim 등, 2017; Lee 등, 2017)가 다양하게 진행되었고 또한 국외에서도 쌀을 이용하여 글루텐 프리 맥주를 양조하는 연구(Mayer 등, 2016)와 옥수수를 이용하여 맥아를 대체한 맥주 연구(Poreda 등, 2014) 등이 진행되었다. 국내에서 쌀을 제외한 전분을 사용한 맥주는 자색고구마를 이용한 저맥아 맥주 연구(Yang 등, 2017)와 한국산 6조 보리를 사용한 맥주 연구(Han 등, 2016) 등이 진행되었으나, 그 외 다양한 전분 재료를 맥주에 적용한 발효연구와 맥주의 색에 영향을 줄 수 있는 재료를 적용한 연구는 미미한 실정이다.

자색옥수수(*Zea mays* L.)는 외떡잎식물 벼목 화본과의 한해살이풀로서 음식과 음료 혹은 섬유를 염색하는 염색약으로 주로 사용되었으나, 최근 항산화 효과(Ramos-Escudero 등, 2012) 이외에 여러 생리활성 효과가 있는 것으로 확인되어 다양한 연구가 진행되었다. 자색옥수수는 안토시아닌 성분이 풍부하여 안토시아닌으로부터 유래하는 생리활성을 기대할 수 있다(Coe 등, 1988). 안토시아닌은 활성산소종(reactive oxygen species)에서 야기되는 산화적 스트레스(oxidative stress)에 의한 신경세포의 손상보호 기능을 하며(Smith 등, 2000), 항산화 활성(Moyer 등, 2002), 지질대사 조절 기능(Tusba 등, 2003), 시력 및 난소 기능 향상(Kim 등, 2001) 등 다양한 생리활성을 나타낸다. 안토시아닌과 같은 천연색소는 합성색소보다 고가이며 열과 빛, pH 등의 환경요인에 의한 안정성과 용해성이 떨어진다는 단점이 있지만, 식품에 적용하였을 경우 자연스러운 색조와 영양성과 기능성이 있다는 장점이 있다(Lee, 2007). 이러한 자색옥수수의 천연색소를 식품에 적용한 사례는 자색옥수수 속대를 이용한 음료 연구(Jeong, 2015)가 있었지만, 주류에 적용한 연구는 아직 없는 실정이다.

본 연구의 목적은 맥아보다 비교적 경제적인 자색옥수수로 맥아를 대체하여 기존 맥주와 유사한 알코올 함량을 가지며 동시에 천연색소를 맥주에 적용하고 관능적으로 우수한 맥주를 제조하는 것이다. 따라서 최근 증가하고 있는 소규모 공장에서 제조하기 용이한 Ale 맥주 공정(Yang 등, 2017)을 참고하여 80°C에서 15분 동안 습열 처리한 자색옥수수로 맥아를 각각 20%, 40%, 60% 대체하였을 때 자색옥수수-맥아 맥주의 발효 특성 및 색도와 안토시아닌 함량, 관능평가 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 시약

본 연구에 사용한 자색옥수수는 강원도 홍천군 효성농원으로부터 구입하고 표준체(25 mesh)를 사용하여 체에 통과시킨 후 통과한 시료를 따로 분리해 실험에 사용하였다. 맥주 제조용 맥아는 맥아즙 제조용 Pilsen malt(Briess, Chil-

ton, WI, USA)를 서울호브루(Seoul, Korea)로부터 구입하여 분쇄 후 표준체(12 mesh)를 사용해 체에 통과시킨 다음, 통과한 시료를 따로 분리해 실험에 사용하였다. 당화용 효소제는 *Bacillus subtilis*로 생산된 액상효소 Spezyme LT300 ( $\alpha$ -amylase)을 (주)비전바이오캡(Seongnam, Korea)으로부터 제공받아 사용하였고  $\alpha$ -amylase 역가는 식품첨가물공전 세균성  $\alpha$ -amylase 역가 방법으로 분석 시 40,000 BAU/g이었다. 효모는 Lesaffre사(Marcq-en-Baroeul, France)의 Safale US-05 Ale Yeast(*Saccharomyces cerevisiae*)를 구입하여 사용하였다.

### 자색옥수수의 가열처리

자색옥수수의 습열처리는 Yook과 Cho(1996)의 방법에 준하여 실시하였다. 습열처리 과정은 포화 수증기를 이용하여 열을 가하는 방식으로 tray(stainless, 가로 25 cm, 세로 35 cm, 높이 7 cm)에 자색옥수수 분말의 높이가 0.5 cm 이하가 되도록 고루 펼친 다음 고압멸균기(MLS-3020, Sanyo Electric Co., Ltd., Osaka, Japan)에 넣고 80°C에서 15분 가열하여 MH80/15로 표기하였다. 가열이 끝난 시료는 온도를 낮추기 위해 얼음을 이용하여 온도를 낮추었으며 그 후 데시케이터에 2시간 방치시켜 실험에 사용하였다.

### 자색옥수수-맥아 맥주의 제조

맥주 제조에 사용한 효모의 활성화를 위하여 250 mL 삼각플라스크에 맥아 23.25 g을 넣고 증류수 100 mL를 첨가한 후 67°C에서 1시간 당화하여 당화물(100 mL)을 제조하였다. 이후 고압 멸균하고 효모 1 g을 첨가하여 25°C에서 24시간 동안 2회 계대 배양한 후 맥주 발효 시 액상 형태로 접종하여 사용하였다.

자색옥수수-맥아 맥주는 Yang 등(2017)의 방법에 준하여 Table 1의 배합비에 따라 배합하고 Fig. 1에 따라 Ale 타입으로 제조하였다. 80°C에서 15분간 습열 처리한 자색옥수수(MH80/15)로 맥아를 각각 20%, 40%, 60% 대체(w/w)하여 제조한 맥주를 각각 PH20, PH40, PH60으로

**Table 1.** Formation for the preparation of purple corn-malt wort<sup>1)</sup>

	Beer samples <sup>2)</sup>			
	Control	PH20	PH40	PH60
MH80/15 <sup>3)</sup> (g)	0	46.5	93	139.5
Malt (g)	232.5	186	139.5	93
Spezyme LT300 ( $\mu$ L)	233	233	233	233
Hop (g)	1.25	1.25	1.25	1.25
Water (mL)	1,000	1,000	1,000	1,000

<sup>1)</sup>Wort made with moisture-heat treated purple corn at 80°C for 15 minutes.

<sup>2)</sup>PH20, beer with 20% substitution of malt with MH80/15; PH40, beer with 40% substitution of malt with MH80/15; PH60, beer with 60% substitution of malt with MH80/15.

<sup>3)</sup>MH80/15: purple corn moisture-heat treated at 80°C for 15 minutes.

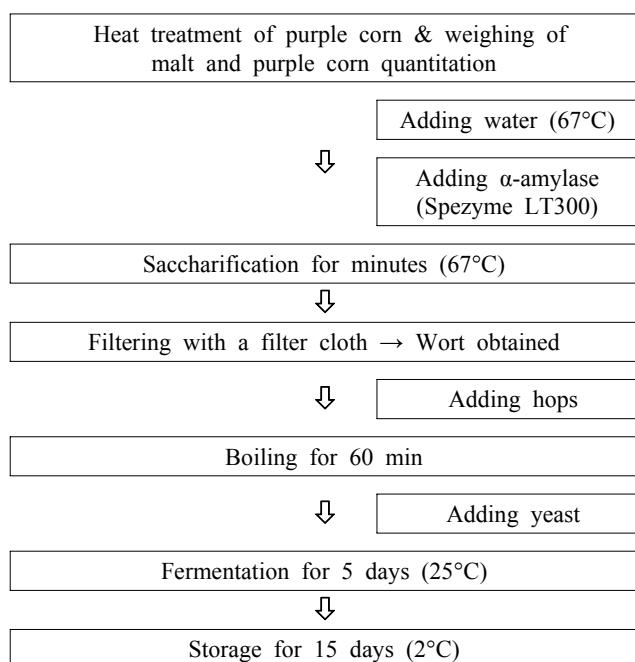


Fig. 1. Flow diagram of purple corn-malt beer preparation.

나타내었다. 2 L 삼각플라스크에 맥아와 자색옥수수를 정량하여 넣고 맥아와 자색옥수수 총량의 0.1%(w/w)에 해당하는 α-amylase와 67°C의 온수를 첨가하였다. 이후 항온수조에서 67°C로 60분간 효소 반응시키면서 10분마다 1분씩 100 rpm으로 흔들며 자색옥수수-맥아 당화액을 제조한 후 흡을 1.25 g 첨가하고 60분간 100°C로 가열하였다. 발효 전 맥아즙의 당 조성을 HPLC로 측정하였다. 이후 맥아즙 총량의 0.5%(v/v)에 해당하는 효모액을 접종하고 25°C에서 5일간 발효시키면서 1일마다 효모균 수와 환원당, pH, 안토시아닌 함량, 색도, 알코올 함량을 측정하였고 2°C에서 15일간 저장하면서 5일 간격으로 동일 항목을 측정하였다 (Yang 등, 2017).

**pH와 효모균 수 측정**

pH는 pH meter(PHM 210, Radiometer, Lyon, France)를 이용하여 측정하였다. 발효 및 저장과정 동안 맥주의 효모균 수를 측정하기 위하여 시료 상등액 1 mL에 멸균 식염수 9 mL를 혼합하여 10배 단계희석법으로 희석한 후, 각각의 희석액 1 mL를 취하고 배지를 분주하였다. 효모균 수 측정 배지는 PDA 배지(potato dextrose agar; Difco, Franklin Lakes, NJ, USA)를 사용하였고, 25°C 항온기에서 48시간 배양한 후 생성된 집락 수를 계수하여 시료 1 mL당 CFU(colony forming unit)로 3회 반복실험을 하여 평균값으로 나타내었다.

**색도 측정**

시료 10 mL를 투명한 petri dish(50×12 mm)에 담아 색차계(color reader; CR-20, Konica Minolta, Inc., Tokyo,

Japan)를 사용하여 Hunter L(lightness), a(redness), b(yellowness)를 측정하였다. 이때 표준 백색판의 L, a, b 값은 각각 95.1, -0.1, 3.9였다. 각 실험은 3회 반복 측정하여 평균값과 표준편차로 나타내었다.

**안토시아닌 함량 측정**

총 안토시아닌 함량 측정은 Lee 등(2005)의 방법을 응용하여 측정하였다. 시료 1 mL에 2 mL의 pH 1.0 buffer(0.2 M KCl+0.2 M HCl) 또는 pH 4.5 buffer(0.2 M potassium phosphate+0.1 M citric acid)를 각각 혼합한 후 520 nm와 700 nm에서 UV spectrophotometer(GENESYS 10 UV, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA)로 흡광도를 측정하고 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{Total anthocyanin content (cyanidin-3-glucoside, mg/100 g)} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times 1}$$

A = (A<sub>λ520</sub> - A<sub>λ700</sub>)pH 1.0 - (A<sub>λ520</sub> - A<sub>λ700</sub>)pH 4.5  
 MW = molecular weight of cyanidin-3-glucoside = 449.2 g/mol  
 DF = dilution factor  
 ε = the molar absorptivity = 26,900 L/cm·mol

**HPLC를 이용한 당 분석**

실험장비로 사용된 기기는 Dionex사(Sunnyvale, CA, USA)의 P680을 사용했으며, column은 Waters Carbohydrate High Performance 4 μm(4.6×250 mm; Waters, Milford, MA, USA)를 사용해 분석하였다. HPLC 분석에 사용된 이동상으로는 acetonitrile과 water를 79:21(v:v)의 비율로 사용했으며 모든 용매는 사용 전 필터로 여과 후 탈기해 사용하였다. 유속은 1.0 mL/min이었으며 분석 시간은 isocratic으로 20분간 분석하였다. 시료는 10 μL를 주입하였다. 표준용액 조제와 시험용액에 사용한 희석액은 3차 증류수를 사용하였다. HPLC 기기분석에 사용한 시약은 Honeywell B&J ACS(Charlotte, NC, USA)에서 구입한 acetonitrile과 Fisher사(Hampton, NH, USA)의 HPLC용 water를 사용하였다. 본 실험에 사용된 individual sugar(fructose, glucose, sucrose, maltose, lactose) 표준품은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입해 사용하였다. HPLC 분석조건은 Table 2와 같이 설정하였다.

Table 2. Analytical conditions of HPLC for sugar analysis

Instrument	Conditions
Column	Waters Carbohydrate High Performance 4 μm (4.6×250 mm)
Mobile phase	Acetonitrile : Water (HPLC) = 79:21
Detector	RI detector
Column temperature	30°C
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	10 μL

### 환원당과 알코올 함량 측정

환원당 측정은 DNS법(Miller, 1959)으로 측정하였다. Test tube에 DNS 용액 2 mL와 증류수 7 mL를 혼합한 후 시료 1 mL를 혼합해 증탕으로 100°C에서 10분간 가열하였다. 가열된 시료의 온도를 상온까지 낮추어 UV spectrophotometer(Genesys10UV, Thermo spectronic Co., Waltham, MA, USA)로 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 test tube에 glucose(Sigma-Aldrich Co.)를 증류수로 단계별 희석하여 작성하였다. 자색옥수수-맥아 맥주의 알코올 함량은 증류법(Ha 등, 2012)으로 분석했으며, 증류 후 알코올-온도 보정표에서 15°C로 보정한 알코올 함량을 표준 보정곡선에 대입하여 알코올 함량(% v/v)을 계산하였다.

### 관능검사

맥주의 관능평가는 공공기관생명윤리위원회의 IRB 승인(2018-2775-001)을 받은 후 IRB 절차에 따라 진행되었다. 연구대상자선정은 관능평가 경험이 있는 서울과학기술대학교 식품공학과 학생 40명을 대상으로 하였고 본 실험의 목적과 평가방법 및 평가항목에 대해 설명한 후 9점 척도법(1점, 매우 싫다; 4점, 좋지도 싫지도 않다; 9점, 매우 좋다) 조사를 실시하였다. 평가 항목은 색(color), 단맛(sweetness), 신맛(sourness), 쓴맛(bitterness), 입안에서의 느낌(mouth-feel), 향(flavor)으로 나누어 모두 6가지 항목을 평가하고 각 항목의 점수를 합하여 전반적인 기호도(overall acceptability)로 정의하였다. 맥주 시료 간에 탄산감과 온도를 균일하게 유지하기 위해 저장이 완료된 맥주를 500 mL의 플라스틱 용기에 병입하여 2°C의 저장고에서 하루 동안 보관한 후 꺼내어 30분 이내로 관능검사에 사용하였다. 시료는 편견을 최소화하기 위해 무작위로 조합된 세 자리 난수표로 구분하여 맥주 30 mL를 50 mL 용량의 일회용 컵에 담아서 제공했으며, 제시 순서는 매일마다 랜덤하게 제공하였다. 각 시료 테스트 후 제공된 물로 입안을 헹구어 입에 남는 감각을 제거하고 다음 시료를 평가하도록 하였다.

### 통계처리

실험 결과는 SPSS 22.0(Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균값과 표준편차를 계산하고, 분산분석(ANOVA)을 이용하여  $F < 0.05$  수준에서 다중범위 검정(Duncan's multiple range test)을 실시하여 시료 간 유의적인 차이를 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 자색옥수수-맥아 맥주의 발효 및 저장 기간 중 pH 변화

자색옥수수 분말을 80°C에서 15분 습열 가열한 MH80/15를 이용하여 맥아를 각각 20%, 40%, 60% 대체하고 25°C에서 5일간 발효하면서 매일 pH 변화를 측정 후 2°C

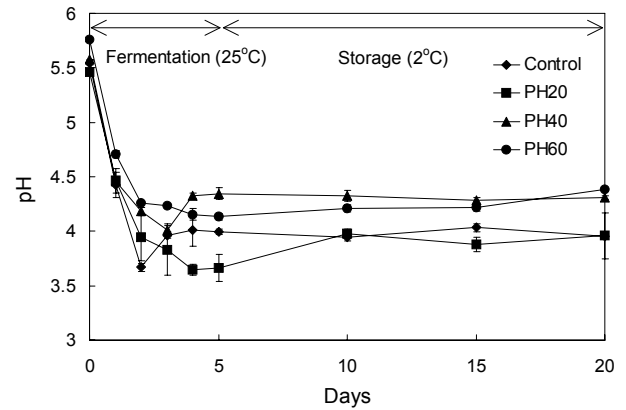
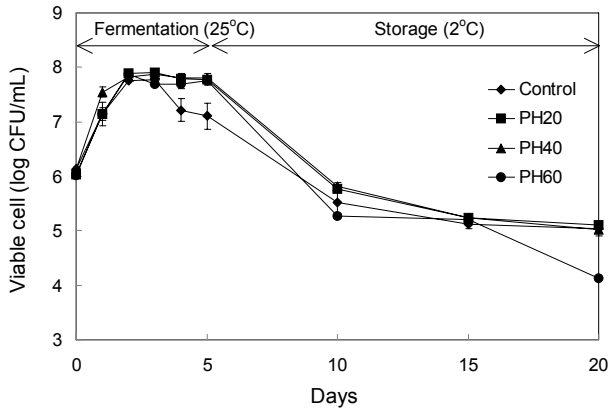


Fig. 2. pH change of purple corn-malt beer during fermentation and storage. Fermentation was carried out at 25°C for 5 days and storage was continued at 2°C for 15 days. Refer to Table 1 for brewing.

에서 15일간 저장하면서 5일마다 pH 변화를 측정하여 Fig. 2에 나타내었다. 발효 전 당화액 시료의 pH는 5.46~5.89로 나타났고 자색옥수수 함량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 한편 Cheong 등(2015)은 일반적인 맥주 공정에서 발효 전 당화액의 pH가 높은 값을 나타내면 발효가 느리고 불완전한 발효에 따라 고미 성분 및 단백질 제거가 저하되어 전체적으로 맥주 품질에 부정적으로 작용한다고 보고하여 자색옥수수-맥아 당화액의 pH인 5.46~5.89는 맥주 발효에 적합하다고 판단하였다. 발효 및 저장 기간 중 모든 실험군의 pH는 발효 초기 감소하는 경향을 나타내었고 발효 후기와 저장 기간에 증가하는 경향을 나타내었다. 맥아를 20% 대체한 PH20의 pH가 발효 4일 차에 3.65로 모든 실험군 중 발효 기간에 pH가 가장 낮게 나타났다. 한편 Coote와 Kirsop(1976)은 맥주의 pH가 발효 기간에 감소하는 주요인은 효모의 당 분해를 통한 유기산 생성과 아미노산 흡수이고 부요인은 인산과 탄산의 생성이라고 보고하여, 본 실험에서 발효 초기 맥주의 pH가 감소하였다가 다시 증가하는 원인은 효모의 당분해로 생성된 유기산 등의 영향으로 pH가 감소하였다가 이후 맥주의 탄산 용해도가 감소하여 나타나는 결과로 판단되었다. Jung과 Chung(2017)의 누룩을 이용한 맥주 연구에서도 초기 pH 5.7에서 발효 초기 4.1로 감소한 후 4.2~4.4로 증가하는 경향을 나타내어 본 실험과 유사한 경향을 나타내었다. 저장 15일 이후 실험군의 pH는 3.95~4.38로 자색옥수수 함량이 많을수록 증가하는 경향을 나타내었고 일반적인 맥주의 pH인 4와 유사하였다(Kaneda 등, 1997). Hyeun 등(2012)의 쌀을 첨가한 맥주의 품질 특성 연구에서도 쌀의 대체 비율이 높아질수록 맥주의 pH가 증가하여 본 실험과 유사한 경향을 나타내었다. 한편 Lee(2007)의 연구에서는 자색옥수수 색소의 식품산업 응용연구에서 안토시아닌 색소를 pH 3보다 높은 산성에서 80일간 저장할 때 잔존율이 90% 이상이고 알칼리로 갈수록 잔존율이 급격하게 감소한다고 보고하여 본 실험에서 발효



**Fig. 3.** Viable cell change of purple corn-malt beer during fermentation and storage. Fermentation was carried out at 25°C for 5 days and storage was continued at 2°C for 15 days. Refer to Table 1 for brewing.

기간에 pH가 감소한 경향이 자색옥수수-맥아 맥주의 안토시아닌 유지에 유리하게 작용할 것으로 판단되었다.

**자색옥수수-맥아 맥주의 발효 및 저장 기간 중 효모 수 변화**

자색옥수수-맥아 맥주를 25°C에서 5일간 발효하면서 매일 각 시료의 효모 수 변화를 측정하였고 2°C에서 15일간 저장하면서 5일마다 효모 수 변화를 측정하여 Fig. 3에 나타내었다. 초기 당화액의 효모 수는 6.01~6.14 log CFU/mL로 조절하였다. 발효 1일 차부터 3일 차에는 모든 시료에서 7.00 log CFU/mL 수준으로 유지되었다. 발효 4일 차와 5일 차에는 대조군의 효모 수가 다른 시료의 효모 수보다 낮았지만 7.00 log CFU/mL 수준을 유지하였다. 한편 Ying 등 (2013)의 팔을 첨가한 막걸리 연구와 Jung과 Chung(2017)의 누룩을 첨가한 맥주 연구에서 발효 기간 중 효모 수가 각각 7.00~8.00 log CFU/mL와 7.00 log CFU/mL를 유지하여 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다. 발효 기간 이후 효모 수는 감소하는 경향을 나타내어 10일 차에 모든 시료의 효모 수가 5.00 log CFU/mL 수준으로 감소하였으며, 저장 기간 이후 효모 수는 4.00 log CFU/mL 수준으로 감소하였다. Jung과 Chung(2017)의 누룩을 이용한 맥주 연구에서 용존산소와 탄소원은 발효 기간보다 저장 기간에 감소하여 효모 수 감소에 영향을 준다고 보고하여 본 실험의 경향과 유사하였다. 한편 Brányik 등(2005)의 고정화 효모를 이용한 맥주 연속발효연구에서 맥주 효모의 세포 내 대사 조성물들이 세포막을 통해 환경과 반응하고 신진대사를 조절하여 외부 환경에 적응한다고 보고하여 발효 기간 이후에도 4.00 log CFU/mL 수준을 유지한 것으로 사료된다.

**자색옥수수-맥아 맥주의 발효 및 저장 기간 중 색도 변화**

자색옥수수-맥아 맥주를 5일간 발효하면서 매일 색도를 측정하였고 이후 15일간 저장하면서 5일마다 동일 항목을 측정하였다. 색도는 L값, a값, b값(Table 3)으로 나타내었

**Table 3.** Color value change of purple corn-malt beer during fermentation and storage

Color value	Beer samples <sup>1)</sup>	Period (day) <sup>2)</sup>								
		0	1	2	3	4	5			
L	Control	41.77±0.45 <sup>Aa3)</sup>	39.43±0.59 <sup>Ba</sup>	41.13±0.47 <sup>Aa</sup>	41.63±0.38 <sup>Aa</sup>	41.33±0.90 <sup>Aa</sup>	41.33±0.23 <sup>Aa</sup>	41.43±0.32 <sup>Aa</sup>	41.40±0.17 <sup>Aa</sup>	40.87±0.35 <sup>Aa</sup>
	PH20	37.13±0.70 <sup>Bb</sup>	36.00±0.70 <sup>Bb</sup>	36.00±0.36 <sup>Bb</sup>	39.47±0.15 <sup>Cb</sup>	41.20±0.17 <sup>Aa</sup>	40.50±0.40 <sup>ABa</sup>	40.47±0.67 <sup>ABb</sup>	40.30±0.44 <sup>BCb</sup>	40.30±0.26 <sup>BCb</sup>
	PH40	33.10±0.61 <sup>Fe</sup>	35.20±0.30 <sup>Eb</sup>	36.43±0.40 <sup>Bb</sup>	37.33±0.21 <sup>Cd</sup>	34.97±0.21 <sup>Fb</sup>	37.50±0.53 <sup>BCb</sup>	38.17±0.21 <sup>ABc</sup>	37.87±0.67 <sup>BCc</sup>	38.67±0.15 <sup>Ac</sup>
	PH60	29.77±0.64 <sup>Ed</sup>	32.37±0.29 <sup>Dc</sup>	32.73±1.42 <sup>Dc</sup>	37.97±0.47 <sup>BCb</sup>	36.00±0.62 <sup>BCb</sup>	35.27±0.65 <sup>Cc</sup>	35.33±0.40 <sup>Cd</sup>	36.00±0.36 <sup>BCd</sup>	36.67±0.38 <sup>Bd</sup>
a	Control	-0.03±0.40 <sup>NSd</sup>	0.03±0.21 <sup>d</sup>	-0.27±0.32 <sup>d</sup>	0.13±0.21 <sup>d</sup>	0.10±0.10 <sup>d</sup>	-0.23±0.38 <sup>d</sup>	-0.03±0.32 <sup>d</sup>	-0.13±0.06 <sup>d</sup>	-0.17±0.25 <sup>d</sup>
	PH20	2.73±0.23 <sup>Ac</sup>	1.17±0.06 <sup>Bc</sup>	0.90±0.10 <sup>Cc</sup>	0.50±0.10 <sup>Dc</sup>	0.90±0.00 <sup>Cc</sup>	0.87±0.06 <sup>Cc</sup>	0.93±0.12 <sup>Cc</sup>	0.93±0.15 <sup>Cc</sup>	0.77±0.06 <sup>Cc</sup>
	PH40	4.73±0.06 <sup>Ab</sup>	4.33±0.12 <sup>Bb</sup>	2.57±0.06 <sup>Cb</sup>	2.20±0.10 <sup>Pb</sup>	2.53±0.15 <sup>Cb</sup>	2.40±0.20 <sup>CDb</sup>	2.50±0.10 <sup>Cb</sup>	2.40±0.17 <sup>CDb</sup>	2.27±0.06 <sup>CDb</sup>
	PH60	5.53±0.15 <sup>Aa</sup>	4.73±0.21 <sup>Ba</sup>	5.47±0.32 <sup>Aa</sup>	3.43±0.21 <sup>Da</sup>	3.50±0.35 <sup>Da</sup>	3.90±0.17 <sup>Ca</sup>	4.53±0.25 <sup>Ba</sup>	3.93±0.06 <sup>Ca</sup>	3.37±0.12 <sup>Da</sup>
b	Control	5.43±0.72 <sup>Aa</sup>	4.43±0.58 <sup>Ba</sup>	4.03±0.32 <sup>BCa</sup>	3.67±0.15 <sup>CDa</sup>	3.27±0.15 <sup>Da</sup>	3.27±0.21 <sup>Da</sup>	3.27±0.12 <sup>Da</sup>	3.33±0.21 <sup>Da</sup>	3.43±0.15 <sup>CDa</sup>
	PH20	3.23±0.25 <sup>Ac</sup>	2.87±0.25 <sup>ABc</sup>	2.77±0.15 <sup>Bc</sup>	1.50±0.26 <sup>Cb</sup>	1.37±0.23 <sup>Cb</sup>	1.50±0.20 <sup>Cc</sup>	1.77±0.12 <sup>Cb</sup>	1.50±0.26 <sup>Cb</sup>	1.70±0.26 <sup>Cc</sup>
	PH40	4.43±0.31 <sup>Ab</sup>	3.80±0.17 <sup>BAb</sup>	3.53±0.29 <sup>BCDb</sup>	3.73±0.15 <sup>BCa</sup>	3.27±0.25 <sup>DEa</sup>	3.17±0.23 <sup>DEa</sup>	3.00±0.17 <sup>EFa</sup>	3.00±0.40 <sup>EFa</sup>	2.63±0.32 <sup>Fb</sup>
	PH60	4.07±0.21 <sup>Ab</sup>	3.50±0.40 <sup>Bbc</sup>	3.50±0.17 <sup>Bb</sup>	3.57±0.42 <sup>ABa</sup>	2.93±0.31 <sup>Ca</sup>	2.67±0.31 <sup>Ca</sup>	2.93±0.29 <sup>Ca</sup>	2.90±0.36 <sup>Ca</sup>	2.37±0.12 <sup>Cb</sup>

<sup>1)</sup>Refer to Table 1.

<sup>2)</sup>Fermentation was carried out at 25°C for 5 days and storage was continued at 2°C for 15 days.

<sup>3)</sup>Values are mean±standard deviation (n=3).

<sup>4)</sup>Values with different superscripts in a row (A-F) and a column (a-d) are significantly different at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

<sup>NS</sup>Not significantly different.

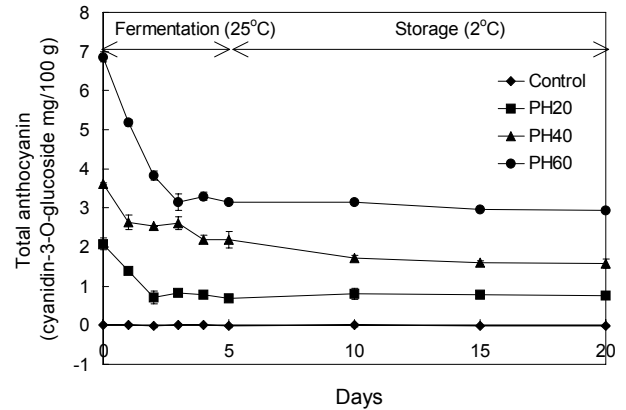
다. 발효 전 당화액의 L값은 대조군이 41.77로 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었고 열처리 자색옥수수 60% 첨가군 (PH60)이 29.77로 유의적으로 가장 낮은 값을 나타내었다 ( $P < 0.05$ ). 발효 기간에는 대조군을 제외한 모든 시료에서 시간이 지날수록 L값이 증가하는 경향을 나타내었다. 저장 기간 이후 대조군이 40.87로 가장 높게 나타났고 자색옥수수 첨가량이 증가할수록 L값은 감소하는 경향을 나타내었다.

발효 전 당화액의 a값은 PH60이 5.53으로 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었고 대조군이 -0.03으로 유의적으로 가장 낮았다 ( $P < 0.05$ ). 발효 기간에는 뚜렷한 경향성이 없는 대조군을 제외한 모든 시료에서 시간이 지날수록 a값이 감소하는 경향을 나타내었다. 저장 기간 이후 맥주의 a값은 자색옥수수 첨가량이 증가할수록 유의적으로 높게 나타났다 ( $P < 0.05$ ).

발효 전 당화액의 b값은 대조군이 5.43으로 유의적으로 가장 높았고 열처리 자색옥수수 20% 첨가군(PH20)이 3.23으로 유의적으로 가장 낮은 값을 나타내었다 ( $P < 0.05$ ). 발효 기간에는 모든 시료에서 시간이 지날수록 b값이 감소하는 경향을 나타내었다. 저장 기간 이후 대조군이 3.43으로 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었고 PH20은 1.70을 나타내어 시료 중 가장 낮은 값을 나타내었다 ( $P < 0.05$ ).

**자색옥수수-맥아 맥주의 발효 및 저장 기간 중 안토시아닌 변화**

자색옥수수-맥아 맥주를 5일간 발효하면서 매일 안토시아닌 함량을 측정하였고 이후 15일간 저장하면서 5일마다 동일 항목을 측정하여 Fig. 4에 나타내었다. 자색옥수수가 첨가되지 않은 대조군의 안토시아닌 함량은 발효 기간과 저장 기간 모두 0.01 mg/100 g 이하로 매우 적은 함량을 나타내었다. 발효 전 당화액의 안토시아닌 함량은 자색옥수수의 맥아 대체량이 증가할수록 증가하였다. 모든 시료의 안토시아닌은 발효 초기 급격하게 감소하여 발효 3일 이후 유지되는 경향을 나타내었으며, 저장 기간에는 큰 차이가 나타나지 않았다. 저장 기간 이후 맥주의 안토시아닌의 함량은 PH60이 2.93 mg/100 g으로 가장 높았고 자색옥수수 함량이 감소할수록 안토시아닌 함량도 감소하였다. Yoon 등(1997)의 유색미 안토시아닌 안정성 연구에서 당에 의해 안토시아닌



**Fig. 4.** Total anthocyanin content change of purple corn-malt beer during fermentation and storage. Fermentation was carried out at 25°C for 5 days and storage was continued at 2°C for 15 days. Refer to Table 1 for brewing.

의 분해 촉진 효과가 증가한다고 보고하였으며, fructose, sucrose, galactose, maltose, glucose 순으로 분해 촉진 효과가 크다고 보고하여 본 연구에서 발효 초기 높은 당 농도가 안토시아닌이 발효 초기 급격하게 감소한 결과에 영향을 준 것으로 판단되었다. 한편 Srivastava 등(2007)은 저장 온도가 식품의 안토시아닌 함량에 영향을 주며 블루베리 주스를 23°C에서 60일간 저장하였을 때 안토시아닌 함량이 절반으로 감소한다고 보고하였고, Góssinger 등(2009)은 딸기주스의 안토시아닌 함량 유지를 위하여 4°C 이하로 보관하는 것이 가장 적절하다고 보고하였다. 따라서 본 실험에서 25°C로 유지된 발효 기간보다 2°C로 유지된 저장 기간이 맥주의 안토시아닌 유지에 유리하였다고 판단되었다.

**HPLC 분석법에 의한 자색옥수수-맥아 당화액의 발효성 당 정량**

자색옥수수 분말을 80°C에서 15분 습열 가열한 MH80/15를 이용해 맥아를 각각 20%, 40%, 60% 대체하고 당화액을 제조한 후 당 성분을 측정하여 Table 4에 나타내었다. Fructose 함량은 당화액의 자색옥수수 함량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었지만, 시료 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ( $P > 0.05$ ). Glucose 함량은 환원당 함량이 가장 높았던 PH20이 8.98 g/L로 유의적으로 가장 높게 나

**Table 4.** Sugar contents of purple corn-malt wort before fermentation

Beer samples <sup>1)</sup>	Sugar contents (g/L)			
	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose
Control	0.74±0.39 <sup>NS2)</sup>	7.30±0.34 <sup>c3)</sup>	5.46±0.62 <sup>a</sup>	64.94±2.92 <sup>a</sup>
PH20	0.62±0.18	8.98±0.17 <sup>a</sup>	5.18±1.02 <sup>ab</sup>	66.54±6.43 <sup>a</sup>
PH40	0.65±0.12	8.38±0.59 <sup>ab</sup>	3.78±0.43 <sup>cd</sup>	54.76±4.31 <sup>bc</sup>
PH60	0.53±0.28	8.73±0.14 <sup>ab</sup>	3.32±0.71 <sup>d</sup>	48.98±0.96 <sup>cd</sup>

<sup>1)</sup> Refer to Table 1.

<sup>2)</sup> Values are mean±standard deviation (n=3).

<sup>3)</sup> Values with different superscripts within a column (a-d) were significantly different by Duncan's multiple range test ( $P < 0.05$ ).

<sup>NS</sup> Not significantly different.

타났으며, 맥아만 사용한 대조군이 7.30 g/L로 유의적으로 가장 낮게 나타났다( $P < 0.05$ ). Sucrose 함량은 대조군이 5.46 g/L로 가장 높았고, 당화액의 자색옥수수 함량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내어 PH60이 3.32 g/L로 유의적으로 가장 낮게 나타났다( $P < 0.05$ ). Maltose 함량은 대조군과 PH20이 각각 64.94 g/L와 66.54 g/L로 당화액 시료 중 유의적으로 가장 높게 나타났다( $P < 0.05$ ). 맥아 함량이 감소하고 자색옥수수의 대체 비율이 증가하면서 maltose 함량은 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다( $P < 0.05$ ). 한편 Budd(1977)는 maltose가 맥아전분이 당화되어 생성되는 주성분이라고 보고하여 본 실험에서 자색옥수수의 대체 비율이 증가하면서 맥아 함량이 감소한 결과가 maltose의 감소에 영향을 준 것으로 판단되었다.

Lee 등(1995)은 쌀로 맥아를 대체한 연구에서 쌀 함량이 증가할수록 glucose와 maltose 함량이 감소한다고 보고하였으나, 본 실험에서 자색옥수수로 맥아를 대체한 시료는 glucose 함량이 대조군보다 높게 나타났고 대조군과 PH20은 maltose 함량에 유의적 차이가 나타나지 않았다. 결과적으로 PH20 당화액이 주발효성 당인 glucose 함량이 증가하고 maltose 함량이 대조군과 유사하여 가장 높은 환원당 함량(16.48 g/L)을 나타낸 것으로 판단되었으며, 발효 후 맥주의 알코올 함량(8.63%) 또한 가장 높게 나타나 알코올 생산에 적합하다고 사료되었다.

**자색옥수수-맥아 맥주의 발효 및 저장 기간 중 환원당과 알코올 함량 변화**

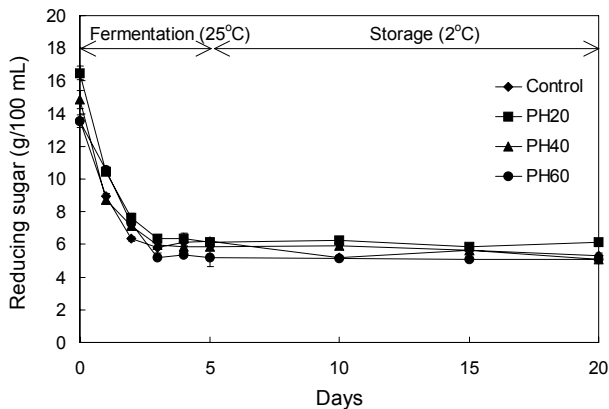
자색옥수수-맥아 맥주를 5일간 발효하면서 매일 환원당(Fig. 5)과 알코올 함량(Fig. 6)을 측정하였고 이후 15일간 저장하면서 5일마다 동일 항목을 측정하였다. 발효 전 당화액의 환원당 함량을 대체 비율별로 비교하였을 때 PH20이 가장 높았고 PH40, 대조군 그리고 PH60 순으로 높게 나타났다. 발효 기간 중 효모에 의하여 환원당이 알코올로 전환

되어 환원당 함량이 감소하였고 저장 이후 5.09~5.87 g/100 mL로 감소하였다.

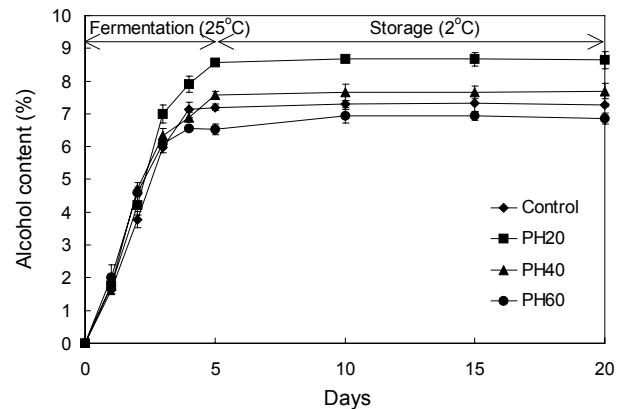
본 실험에서 자색옥수수 20% 대체군과 40% 대체군이 당화 후 대조군보다 높은 환원당 함량을 나타냈지만, 60% 대체군은 대조군보다 환원당 함량이 낮았다. 이는 맥아의 대체 비율이 증가하면서 맥아에 포함된 효소가 감소하여 당화력이 감소한 결과로 사료되었고 추가 효소( $\alpha$ -amylase)를 첨가하였지만, 맥아가 가지고 있는 다양한 전분 분해효소를 대체하기에 부족했던 것으로 판단되었다.

자색옥수수-맥아 맥주의 알코올 함량은 모든 시료가 발효 기간에 급격히 증가하였다. 발효 후 알코올 농도는 당이 알코올로 전환되는 특성상 환원당이 높은 시료가 높은 알코올 함량을 나타내었으며, 시료 PH20의 알코올 농도가 8.63%로 가장 높은 값을 나타내었다. 저장 기간 모든 시료의 알코올 함량은 발효 후 알코올 함량이 유지되는 경향을 나타내었다. 한편 Poreda 등(2014)의 옥수수를 이용한 맥주 제조 연구에서 옥수수로 맥아를 10%와 20% 대체했을 때 알코올 함량이 각각 7.13%와 7.14%로 나타나 대조군의 알코올 함량인 6.70%보다 높다고 보고하여 본 연구의 경향과 유사하였다.

본 연구에서 사용한 맥아의 전분 함량은 79.59%로 자색옥수수의 전분 함량인 73.95%(Lee 등, 2016)보다 더 높았음에도 불구하고 최종적으로 PH20과 PH40이 대조군보다 높은 알코올 함량을 나타냈다. 이는 분쇄도가 맥아(12 mesh)보다 높은 자색옥수수(25 mesh)의 효소 작용 표면적이 증가하여 당화가 더 유리하였기 때문으로 판단되었다. 한편 Cheong 등(2015)은 맥아의 분쇄도에 따라 최종 맥주의 맛에 많은 영향을 미치며 맥아가 과도하게 분쇄되면 맥주 여과 공정에서 비효율적이며, 맥아에서 탄닌 성분이 과도하게 용출되어 맥주의 기호도에 부정적 영향을 준다고 보고하였다. 또한 Daiber(1975)는 탄닌이 amylase의 저해제로 작용한다고 보고하여 맥아의 과도한 분쇄는 맥주 제조에 부정적



**Fig. 5.** Reducing sugar change of purple corn-malt beer during fermentation and storage. Fermentation was carried out at 25°C for 5 days and storage was continued at 2°C for 15 days. Refer to Table 1 for brewing.



**Fig. 6.** Alcohol contents change of purple corn-malt beer during fermentation and storage. Fermentation was carried out at 25°C for 5 days and storage was continued at 2°C for 15 days. Refer to Table 1 for brewing.



**Table 5.** Sensory evaluation of beer replacing malt with purple corn

Beer samples <sup>1)</sup>	Color	Sweetness	Sourness	Bitterness	Mouthfeel	Flavor	Overall preference
Control	5.79±1.89 <sup>ab2)3)</sup>	5.64±2.02 <sup>NS</sup>	5.07±1.86 <sup>NS</sup>	5.57±1.91 <sup>NS</sup>	5.71±1.98 <sup>NS</sup>	5.43±1.60 <sup>NS</sup>	5.54±1.11 <sup>NS</sup>
PH20	5.07±1.59 <sup>b</sup>	5.36±2.06	4.93±1.82	5.50±2.65	5.36±1.69	4.79±1.97	5.17±1.36
PH40	5.79±1.42 <sup>ab</sup>	5.79±1.72	5.79±1.53	5.71±1.64	5.50±2.03	5.36±1.82	5.65±1.08
PH60	6.71±1.82 <sup>a</sup>	5.43±1.79	4.93±1.33	5.14±1.96	5.21±1.76	4.79±1.63	5.37±1.08

<sup>1)</sup>Refer to Table 1.

<sup>2)</sup>Values are mean±standard deviation (n=40).

<sup>3)</sup>Values with different superscripts within a column (a,b) were significantly different by Duncan's multiple range test ( $P<0.05$ ).

<sup>NS</sup>Not significantly different.

영향을 줄 것으로 판단되었다.

### 자색옥수수-맥아 맥주의 관능평가

자색옥수수-맥아 맥주의 색, 단맛, 신맛, 쓴맛, 입안에서의 느낌, 향기, 전반적인 기호도를 평가한 결과를 Table 5에 나타내었다. 색에서는 MH80/15로 맥아를 60% 대체하여 제조한 PH60이 6.71로 유의적으로 가장 높은 점수를 나타내었으며, MH80/15로 20%를 대체하여 제조한 PH20이 5.07로 유의적으로 가장 낮은 점수를 나타내었다( $P<0.05$ ). 한편 Cevallos-Casals와 Cisneros-Zevallos(2004)의 천연색소 추출물의 안토시아닌 안정성 연구에서 자색옥수수의 안토시아닌 추출물의 색은 pH 4 부근에서 orange-red로 변한다고 보고하였고 본 실험에서는 pH가 4에 가까운 맥주의 색이 붉은빛을 나타내어 유사하였다. 따라서 이러한 자색옥수수 특유의 안토시아닌에 의한 색 변화가 색 기호도에 긍정적 영향을 준 것으로 판단되었다.

색을 제외한 단맛, 신맛, 쓴맛, 입안에서의 느낌, 향기, 전반적인 기호도의 평가점수는 자색옥수수 대체 비율과 관계없이 모두 유의적인 차이가 없었다( $P>0.05$ ). 따라서 80°C에서 15분간 습열 처리한 자색옥수수의 이용과 20%, 40%, 60%의 맥아 대체가 기호도에 큰 영향을 주지 않은 것으로 판단되었으며, 안토시아닌이 함유된 기능성 음료로서의 맥주가 관능적으로 기존 맥아만 사용한 맥주만큼 우수한 것으로 사료되었다.

## 요 약

본 연구에서는 80°C에서 15분간 습열 처리한 자색옥수수(MH80/15)로 맥아를 20%, 40%, 60% 대체하고 자색옥수수-맥아 맥주를 제조하였다. MH80/15를 이용하여 제조한 맥주 당화액의 pH는 5.46~5.89로 효모 생육과 효소의 작용에 적합하였고 발효 후 pH는 3.95~4.38로 일반적인 맥주의 pH와 유사하였다. 발효 기간 중 효모의 생육은 7.00 log CFU/mL를 유지하였다. 자색옥수수 첨가량이 감소할수록 L값은 증가하는 경향을 나타내었다. a값은 자색옥수수 첨가량이 증가할수록 증가하였고 b값은 자색옥수수를 첨가하지 않은 대조군이 가장 높게 나타났다. 안토시아닌 함량은 발효 기간에 초기 2.08~6.86에서 발효 5일 후 0.69~3.14로 감

소하였으며 저장 기간에는 0.75~2.93으로 유지되었다. 자색옥수수-맥아 당화액의 환원당 함량과 가용성 고형분은 MH80/15로 맥아를 20% 대체한 PH20 당화액이 가장 높게 나타났으며, HPLC를 이용한 당 분석에서도 주발효성 당인 maltose와 glucose가 PH20 당화액에서 가장 높게 나타났고 발효 후 알코올 함량도 8.63%로 실험군 중 가장 높게 나타났다. 관능평가의 전반적인 기호도 항목에서 PH20과 다른 실험군 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 따라서 MH80/15로 맥아를 20% 대체하여 제조했을 때 품질 및 발효 특성, 관능적 특성에 부정적 영향을 미치지 않으며 알코올과 안토시아닌이 향상된 맥주를 제조할 수 있을 것으로 사료되었으며, 40%와 60% 대체군 또한 소규모 맥주산업의 제품 다양화에 도움이 될 것으로 사료되었다.

## REFERENCES

- Berlowska J, Kregiel D, Rajkowska K. Biodiversity of brewery yeast strains and their fermentative activities. *Yeast*. 2015. 32:289-300.
- Brányik T, Vicente AA, Dostálek P, Teixeira JA. Continuous beer fermentation using immobilized yeast cell bioreactor systems. *Biotechnol Prog*. 2005. 21:653-663.
- Budd JA. Wort sugar uptake by brewer's yeast. *Appl Microbiol Biotechnol*. 1977. 3:267-272.
- Cevallos-Casals BA, Cisneros-Zevallos L. Stability of anthocyanin-based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants. *Food Chem*. 2004. 86:69-77.
- Cheong C, Park CS, Ye SH, Cho HC, Noh BS. *Brewing science*. Korea Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs, Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corp, Kwangmoonkag, Paju, Korea. 2015. p 125-126.
- Coe Jr. EH, Neuffer MG, Hoisington DA. The genetics of corn. In: *Corn and Corn Improvement*. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. 1988. p 146-170.
- Coote N, Kirsop BH. Factors responsible for the decrease in pH during beer fermentations. *J Inst Brew*. 1976. 82:149-153.
- Daiber KH. Enzyme inhibition by polyphenols of sorghum grain and malt. *J Sci Food Agric*. 1975. 26:1399-1411.
- Diakabana P, Mvoula-Tsiéri M, Dhellot J, Kobawila SC, Louembé D. Physico-chemical characterization of brew during the brewing corn malt in the production of maize beer in Congo. *Adv J Food Sci Technol*. 2013. 5:671-677.
- Figuroa JDC, Martinez BF, Rios E. Effect of sorghum endosperm type on the quality of adjuncts for the brewing industry.

- J Am Soc Brew Chem. 1995. 53:5-9.
- Fox PF. Cheese: An overview. In: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Chapman & Hall, London, UK. 1993. p 1-36.
- Glatthar J, Heinisch JJ, Senn T. Unmalted triticale cultivars as brewing adjuncts: effects of enzyme activities and composition on beer wort quality. J Sci Food Agric. 2005. 85:647-654.
- Gössinger M, Moritz S, Hermes M, Wendelin S, Scherbichler H, Halbwirth H, et al. Effects of processing parameters on colour stability of strawberry nectar from puree. J Food Eng. 2009. 90:171-178.
- Ha SJ, Yang SK, In YW, Kim YJ, Oh SW. Changes in microbial and physicochemical properties of single-brewed *Makgeolli* by high hydrostatic pressure treatment during fermentation. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2012. 41:1176-1181.
- Han H, Kim J, Choi E, Ahn H, Kim WJ. Characteristics of beer produced from Korean six-row barley with the addition of adjuncts. J Inst Brew. 2016. 122:500-507.
- Hyeun SK, Kwon YA, Lee SJ. Quality characteristics of brewed beer with rice adjunct. Food Eng Prog. 2012. 16:139-144.
- Jeong JY. Quality characteristics of beverage containing water extract from purple corn cob. Master's thesis. Chung-Ang University, Seoul, Korea. 2015.
- Jung S, Chung CH. Production and properties of ale beer with *Nuruk*, a Korean fermentation starter. Korean J Food Sci Technol. 2017. 49:132-140.
- Kaneda H, Takashio M, Tamaki T, Osawa T. Influence of pH on flavour staling during beer storage. J Inst Brew. 1997. 103: 21-23.
- Kim BS, Park YK, Kang BS. The effect of Rubi Fructus on the ovulation and ovary in rats. Korea J Herbol. 2001. 16:139-152.
- Kim HJ, Park JY, Lee SK, Park HY, Cho D, Choi HS, et al. Quality characteristics of rice cultivars suitable for rice beer. Korean J Crop Sci. 2017. 62:113-117.
- Kim KH, Park SJ, Kim JE, Dong H, Park IS, Lee JH, et al. Assessment of physicochemical characteristics among different types of pale ale beer. Korean J Food Sci Technol. 2013. 45:142-147.
- Lee CY. Antioxidant effect of anthocyanins from purple corn (*Zea mays* L.) and its application to food. Dissertation. Kangwon National University, Chuncheon, Korea. 2007.
- Lee J, Durst RW, Wrolstad RE. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative Study. J AOAC Int. 2005. 88:1269-1278.
- Lee KY, Kim TH, Lim SH, Park JY, Kim KH, Ahn MS, et al. Proximate, free sugar, fatty acids composition and anthocyanins of Saekso 2 corn kernels. J Food Hyg Saf. 2016. 31:335-341.
- Lee SK, Park JY, Park HY, Choi HS, Cho D, Oh SK, et al. Evaluation of quality characteristics of beer by addition of rice rate. Korean J Food Preserv. 2017. 24:758-763.
- Lee WJ, Cho MK, Chung KM. Quality characteristics of Korean rice as brewing adjunct. Korean J Food Sci Technol. 1995. 27:516-519.
- Mayer H, Ceccaroni D, Marconi O, Sileoni V, Perretti G, Fantozzi P. Development of an all rice malt beer: a gluten free alternative. LWT—Food Sci Technol. 2016. 67:67-73.
- Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal Chem. 1959. 31:426-428.
- Money Today. South Korea drunk with handmade beer. 2018 [cited 2019 Apr 4]. Available from: <http://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2018041121103226479&type=1>
- Moyer RA, Hummer KE, Finn CE, Frei B, Wrolstad RE. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: vaccinium, rubus, and ribes. J Agric Food Chem. 2002. 50:519-525.
- Pei SC, Li YH, Zhang YY, Cai L, Lee WJ. Detection of aflatoxin B1 in corn, rice, and barley by ELISA, using a heavy-chain IgG<sub>2b</sub> isotype monoclonal antibody. J Am Soc Brew Chem. 2010. 68:10-14.
- Poreda A, Czarnik A, Zdaniewicz M, Jakubowski M, Antkiewicz P. Corn grist adjunct—application and influence on the brewing process and beer quality. J Inst Brew. 2014. 120:77-81.
- Ramos-Escudero F, Muñoz AM, Alvarado-Ortiz C, Alvarado Á, Yáñez JA. Purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds profile and its assessment as an agent against oxidative stress in isolated mouse organs. J Med Food. 2012. 15:206-215.
- Ross RP, Morgan S, Hill C. Preservation and fermentation: past, present and future. Int J Food Microbiol. 2002. 79:3-16.
- Smith MA, Rottkamp A, Nunomura A, Raina AK, Perry G. Oxidative stress in Alzheimer's disease. Biochim Biophys Acta. 2000. 1502:139-144.
- Srivastava A, Akoh CC, Yi W, Fischer J, Krewer G. Effect of storage conditions on the biological activity of phenolic compounds of blueberry extract packed in glass bottles. J Agric Food Chem. 2007. 55:2705-2713.
- Tsukamoto A, Fukushima M, Nagashima T, Hashimoto N, Saito K, Noda T. Production and properties of low-malt beer using extremely fine potato starch. J Appl Glycosci. 2009. 56:281-286.
- Tusda T, Horio F, Uchida K, Aoki H, Osawa T. Dietary cyanidin 3-O-β-D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. J Nutr. 2003. 133: 2125-2130.
- Ugboaja FC, Bednarski W, Babuchowski A. The technology and properties of beer produced from unmalted sorghum or maize grains. World J Microbiol Biotechnol. 1991. 7:225-230.
- Yang HN, Oh EB, Park JS, Jung MY, Choi DS. Brewing and properties of low-malt beer with a sweet potato paste. Korean J Food Nutr. 2017. 30:491-500.
- Ying C, Hwang J, Chang YH. Quality characteristics of Makgeolli added with red bean. Korean J Food Cook Sci. 2013. 29: 777-784.
- Yook C, Cho SC. Application of heat/moisture-treated rices for *sikhe* preparation. Korean J Food Sci Technol. 1996. 28:1119-1125.
- Yoon JM, Cho MH, Hahn TR, Paik YS, Yoon HH. Physicochemical stability of anthocyanins from a Korean pigmented rice variety as natural food colorants. Korean J Food Sci Technol. 1997. 29:211-217.