

누룽지를 첨가한 저맥아 맥주의 발효와 품질특성 연구

용지은 · 홍세연 · 박진영 · 강성태*

서울과학기술대학교 식품생명공학과

Investigating the Fermentation and Quality Characteristics of Low-Malt Beer With Nurungji: A Potential Malt Substitute in Beer Production

Ji-Eun Yong, Se-Yeon Hong, Jin-Young Park, and Sung-Tae Kang*

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

Abstract

This study explored the suitability of nurungji as a substitute for malt. Rice beers (R20, R40, R60) and nurungji beers (N20, N40, N60) were prepared by substituting 20%, 40%, and 60% malt with the rice and nurungji, respectively. All samples were fermented at 25°C for 5 days and stored at 2°C for 15 days to study quality characteristics. The pH value of wort solution was the highest at R60. The viable cell counts of all samples were not significantly different during fermentation and storage. As the amount of rice and nurungji increased, the L value in chromaticity increased, whereas the a and b values tended to decrease during fermentation and storage. The reducing sugar, soluble solid contents, and specific gravity of the wort solution were higher in nurungji beer than in rice beer. After fermentation and storage, the alcohol content of N40 was 5.83%, the highest among the prepared rice and nurungji beers. The total polyphenol, flavonoid contents, DPPH, and ABTS scavenging activity of beer decreased with increased rice and nurungji substitution ratios during fermentation and storage. Notably, nurungji beer showed higher antioxidant activity than rice beer during fermentation and storage.

Keywords: nurungji, low-malt beer, quality characteristics

서 론

최근 국내 맥주 시장은 기존 ‘라거맥주(Lager beer)’ 중심의 시장에서 ‘에일맥주(Ale beer)’ 등 다양하고 차별화된 맛을 가진 지역특화맥주 개발 및 제품 출시가 증가하고 있다(Park et al., 2019). 이러한 추세에 따라 기존 맥주에 보리 이외의 다른 부산물을 첨가하여 기능성과 기호성을 부가한 맥주의 개발이 늘어나고 있으며, 현재까지 사용된 맥주 부원료는 정제 전분으로 옥수수 전분, 고구마 전분과 감자 전분, 전분질 원료로는 쌀, 옥수수, 사탕수수 및 그의 맥아 등이 있다(Yang et al., 2017). 맥아 이외에 대체물을 이용할 때 이점은 현지 농작물의 이용성을 향상시킬 수 있다는 점과 맥주의 다양한 맛을 제공함과 동시에 경제적으로 맥아를 대체할 수 있다는 점이다(Glatthar et al., 2005; Diakabana et al., 2013).

전분 재료는 변성처리 되지 않은 생전분 형태로 이용되

기도 하지만 당화력을 증가시키기 위해 다양한 전처리 방법을 거친 후 산업에 이용되고 있다(Roh et al., 2019). 전분의 성질 또는 기능성을 물리적 방법으로 변화시키는 데는 주로 가열방법이 쓰이고 있으며, Takahashi et al. (1982)은 여러 전분을 가열처리했을 때 200-220°C에서 전분의 텍스트린 화와 230-250°C에서 카라멜화 반응이 관찰되었다고 하였다. Kainuma et al. (1973)은 전분을 roaster로 처리한 경우 180°C에서 전분의 rebranching과 repolymerization 현상이 일어남을 보고하였으며, Yook & Cho (1996)의 연구에서는 열처리를 가한 쌀을 이용하여 식혜를 제조했을 때 당화속도가 크게 증가하였다고 보고하였다.

쌀을 이용한 전통 식품인 누룽지는 밥을 짓고 난 후 수분이 증발하여 솥 바닥에 놓인 쌀이나 보리, 콩 같은 것들이 그대로 늘어붙어 형성된 것이며, 누룽지 특유의 고소한 향과 독특한 맛 때문에 예로부터 즐겨 먹던 우리나라의 전통 간식 중 하나이다(Park & Kang, 2021). 최근 우리 전통식품에 대한 긍정적인 평가와 더불어 간편하게 먹을 수 있는 편의식품의 수요가 증가하면서 누룽지는 쌀의 소비를 증대시킬 수 있는 하나의 방안으로 제시되고 있다(Hwang et al., 2020). 누룽지 제조 시 일어나는 갈변은 아미노카보닐 반응에 의해 발생하는 비효소적 갈변으로 갈변에 의해 생성된 물질들은 환원성 성분에 의한 라디칼 소거작용, 과산화물

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

Tel: +82-2-970-6736

E-mail: kst@seoultech.ac.kr

Received June 12, 2023; revised February 8, 2024; accepted March 18, 2024

분해 작용 및 중합물의 금속봉쇄작용 등의 기능이 인정되고 있으며(Hwang & Kim, 1973), 특히 항산화능 등의 생리활성이 있는 것으로 알려져 있다(Yang & Choi, 2016). 이러한 누룽지를 식품에 적용한 사례는 누룽지 가루를 첨가한 파운드케이크(Choi & Lee, 2022), 식빵(Choi et al., 2017)이 있으며 주류에 적용한 연구는 아직 보고된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 누룽지와 쌀을 부원료로 사용하여 Ale 타입의 쌀 맥주(R 시료)와 누룽지 맥주(N 시료)를 양조하고 품질 특성 및 기능성을 비교하는 연구를 수행하였다. 맥주의 원료로 쌀의 가공식품인 누룽지를 소비한다면 국내 쌀 소비 확대와 맥주의 다양성을 증대시킬 수 있는 효과를 함께 볼 수 있을 것으로 판단된다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용한 쌀은 2021년에 생산된 후 2021년 9월 2일 경기도 이천에서 도정한 쌀을 사용하였으며 맥아와 홉은 각각 Pale ale malt (Weyermann, Germany), Cascade 7.8% pellets (Yakima Chief, Yakima, WA, USA)를 서울홈브루(Seoul Homebrew, Seoul, Korea)에서 구입하였다. 효모는 Lesaffre사(Marcq-en-Baroeul, France)의 Safale US-05 Ale yeast (*Saccharomyces cerevisiae*)를 구입하여 사용하였다. 효모는 맥아 23.25 g과 증류수 100 mL를 혼합하여 67°C에서 1시간 당화시켰다. 그 후 멸균과정을 거치고 효모 1 g을 첨가하여 25°C에서 24시간 동안 2회 계대배양하고 맥주 발효 시 효모액을 액상형태로 접종하였다.

쌀가루, 누룽지 제조

쌀가루는 쌀 200 g을 1분간 3회 세척하고 체에 걸러 탈수 공정을 거친 후 증류수 200 mL로 가수한 뒤 3시간 동안 수침하였다. 그 후 1시간 동안 상온에서 자연 탈수하여 후드믹서(HP-300SR, Besco Corp., Bucheon, Korea)로 분쇄하고 25 mesh 체를 통과시켜 쌀가루 제조하였다. 제조한 쌀가루는

열풍건조기(HQ-FD0156, Coretech CO., Anyang, Korea)에서 40°C, 18시간 동안 열풍 건조 후 실험에 사용하였다. 누룽지는 쌀 200 g을 1분간 3번 세척하고 체에 걸러 탈수 공정을 거친 후 증류수 200 mL로 가수한 뒤 3시간 동안 수침하고 전기밥솥(LJ-MD062T, Lihom, Cheonan, Korea)을 이용하여 밥을 제조하였다. 제조된 밥은 20 g씩 정량하여 누룽지 제조 장치의 성형틀 위에 올려놓고 온도를 220°C로 설정한 후 3분간 가열하였다. 누룽지 제조 장치(NRP-100, Hansum Inc., Seoul, Korea)는 공압실린더(KMQ50-250, F.TEC Inc., Gunpo, Korea)가 부착된 판상구조로 가열판 상부와 하부의 온도 조절이 가능한 알루미늄 합금의 압착판으로 구성되어 있으며, 에어 컴프레서(QJS109, JITOOL Inc., Gwangju, Korea)를 함께 사용하여 누룽지를 제조하였다. 제조된 누룽지는 상온에서 1시간 보관 후 후드믹서를 이용해 분쇄하고, 25 mesh 체를 통과시킨 후 실온에서 18시간 방냉하여 실험에 사용하였다.

맥주의 제조

맥주는 Roh et al. (2019)의 방법을 인용하여 Table 1의

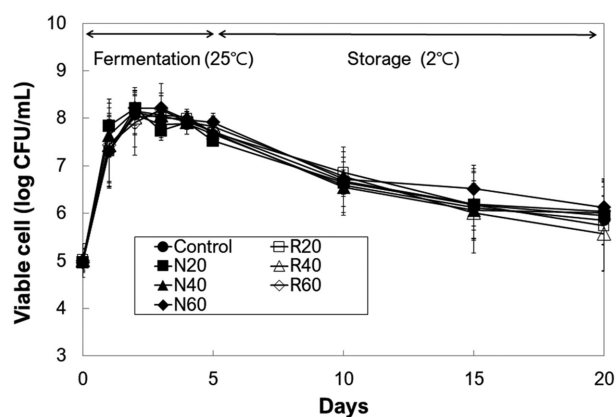


Fig. 1. Viable cell change of rice beer and nurungji beer during fermentation and storage. Refer to the Table 1 for brewing.

Table 1. Formula for the preparation of rice beer and nurungji beer

	Beer samples ¹⁾						
	Control	R20	N20	R40	N40	R60	N60
Rice powder (g)	0	74.4	0	148.8	0	223.2	0
Nurungji powder ²⁾ (g)	0	0	74.4	0	148.8	0	223.2
Malt (g)	372	297.6	297.6	223.2	223.2	148.8	148.8
Hop (g)	2	2	2	2	2	2	2
Water (mL)	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600

¹⁾R20; Beer with 20% substitution of malt with rice powder, R40; Beer with 40% substitution of malt with rice powder, R60; Beer with 60% substitution of malt with rice powder, N20; Beer with 20% substitution of malt with nurungji powder, N40; Beer with 40% substitution of malt with nurungji powder, N60; Beer with 60% substitution of malt with nurungji powder

²⁾Nurungji sample was prepared by heating cooked rice at 220°C for 3 min

배합비에 따라 배합하고 Fig. 1에 따라 Ale 타입으로 제조하였다. 쌀이나 누룽지를 첨가하지 않고 맥아만으로 제조한 맥주를 대조군(Control)으로 나타내었고 쌀로 맥아를 20%, 40%, 60% 대체한 맥주를 각각 R20, R40, R60, 누룽지로 맥아를 20%, 40%, 60% 대체한 맥주를 각각 N20, N40, N60으로 나타내었다. 2 L 삼각플라스크에 맥아와 쌀, 누룽지를 정량하여 넣고 1600 mL의 물을 첨가하였다. 이후 항온수조에서 67°C로 60분간 10분마다 1분씩 100 rpm으로 흔들며 대조군, 쌀 맥주, 누룽지 맥주의 당화액을 제조한 후 맥아와 부원료를 걸러내고 여과 잔사에 80°C의 온수로 스파징하여 최종부피를 1600 mL로 맞추었다. 각 맥아즙은 100°C로 60분간 가열하며 홉 2 g을 첨가하였고 당화액이 25°C가 될 때까지 식힌 후 홉은 걸러내고 당화액 총량의 0.5% (v/v)의 효모액을 접종하였다. 그 후 에어락을 꽂아 25°C에서 5일간 발효시키면서 pH, 효모수, 환원당, 가용성 고형분, 색도, 비중, 알코올 함량, 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성을 측정하였고 2°C에서 15일간 저장하면서 5일 간격으로 동일 항목을 측정하였다.

환원당 측정

환원당 측정은 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) 법에 의한 비색법으로 측정하였다. Test tube에 시료 1 mL와 DNS 용액 2 mL, 증류수 7 mL를 혼합한 후 증탕으로 100°C에서 10분간 가열하였다. 가열된 시료는 상온에서 충분히 냉각하고 UV spectrophotometer (Genesys10UV, Thermofisher Scientific, Waltham, MA, USA)로 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 Test tube에 glucose (Sigma-Aldrich Co., Taufkirchen, Germany)를 증류수로 단계별 희석하여 작성하였다.

가용성 고형분 및 알코올 함량 측정

가용성 고형분은 당도계(SCM-1000, HM Digital, Carson, CA, USA)로 측정하여 Brix°로 나타내었다. 알코올 함량은 증류법(Ha et al., 2012)으로 분석하였으며, 증류 후 알코올-온도 보정표에 의해 온도 보정을 실시하고 알코올 함량(% v/v)을 계산하였다.

색도 측정

색도는 색차계(Color Reader, CR-20, Konica Minolta, Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 시료 10 mL을 투명한 petri dish (50 × 15 mm)에 담아 측정한 후 Hunter L(명도, lightness), a(적색도, redness), b(황색도, yellowness)로 나타내었고, 사용된 표준 백색관의 L^* value는 95.1, a^* value는 -0.1, b^* value는 3.9이었다.

비중 및 pH 측정

비중은 시료 100 mL를 100 mL 메스실린더에 넣고 비중

계(200-DK-6, Deakwang, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다. pH는 pH meter (ST2100, Ohaus, NJ, USA)를 이용하여 측정하였다.

효모균수 측정

효모균수는 PDA 배지(Potato Dextrose Agar; Difco, Franklin Lakes, NJ, USA)를 사용하여 생균수를 측정하였다. 십진희석법으로 희석한 각각의 희석액 1 mL를 주입평판법에 의해 접종하고 25°C 항온기에서 48시간 배양하여 집락수를 계수해 colony forming units (CFU/mL)로 나타내었으며 3회 반복 실험을 실시하였다.

총 폴리페놀 및 플라보노이드 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법으로 측정하였다. 시료용액 100 μ L에 Folin-ciocalteu's phenol reagent 50 μ L와 증류수 700 μ L를 첨가하여 혼합하고 20% sodium carbonate 150 μ L를 가하여 암소에서 20분간 방치한 후 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid를 사용하였다. 플라보노이드 함량은 Shen et al. (2009)의 방법으로 측정하였다. 시료 250 μ L에 5% sodium nitrite 75 μ L를 가하여 5분간 방치하고 10% AlCl₃ 150 μ L와 1 M sodium hydroxide 500 μ L를 가하여 혼합한 후 암소에서 15분간 방치하고 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 catechin을 사용하였다.

DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성 측정

DPPH 라디칼 소거 활성은 Cheung et al. (2003)의 방법에 준하여 분석하였다. 증류수에 맥주 시료를 10배 희석하여 분석시료용액으로 사용하였다. 분석시료용액 50 μ L에 0.2 mM DPPH 800 μ L를 첨가 후 혼합물을 암소에서 20분간 반응시키고 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. ATBS 라디칼 소거능 측정은 Re et al. (1999)의 방법을 변형하여 측정하였다. 7.0 mM 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)와 2.45 mM potassium persulfate를 최종농도로 혼합하여 실온인 암소에서 20시간 동안 반응시켜 라디칼을 생성시켰다. 라디칼이 생성된 ABTS를 증류수로 희석하여 735 nm에서 값이 1.4-1.5가 되도록 하여 ABTS solution을 제조했다. 분석시료용액 100 μ L에 ABTS solution 900 μ L를 넣고 735 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정은 3회 반복 실험하였고 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능은 다음의 식을 이용하여 구하였다.

DPPH, ABTS radical scavenging activity (%)

$$= \left(1 - \frac{\text{Sample absorbance}}{\text{Control absorbance}}\right) \times 100 \quad (1)$$

통계처리

실험결과는 SPSS 27.0 (Statistical Package for Social Science,

SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균값과 표준편차를 계산하고, 분산분석(ANOVA)을 이용하여 95%의 유의 수준에서 $p < 0.05$ 다중범위 검정(Duncan's multiple range test)을 실시하여 시료 간 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

pH 변화

쌀 맥주와 누룽지 맥주의 발효 기간과 저장 기간에 따른 pH 변화는 Table 2에 나타내었다. 발효 전 당화액의 pH는 대조군이 5.69, R 시료군이 5.80-5.94, N 시료군이 5.70-5.77로 나타났고 쌀과 누룽지의 함량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다. Hyeun et al. (2012)은 쌀을 첨가한 맥주의 품질특성 연구에서 쌀의 대체 비율이 높아질수록 맥주의 pH가 증가하여 본 실험과 유사한 경향을 보였다. 당화액의 높은 pH는 맥주의 발효 공정에서 발효가 느려지고 불완전한 발효에 따라 고미 성분 및 단백질을 제거가 저하되어 전체적으로 맥주 품질에 부정적으로 작용하며, α -amylase 효소의 최적 pH는 5.6-5.8로 보고된 바 있어(Cheong et al., 2015), 쌀보다 누룽지가 맥주 부원료로서 맥주 발효에 더 적합하였다. 저장 완료 후 대조군과 R 시료군, 그리고 N 시료군의 pH 범위는 각각 4.40, 3.64-4.12, 그리고 3.82-4.22를 나타냈다. 한편 시판 상면발효맥주 12종의 pH 수준이 3.71-4.78로

나타나(Sung & Lee, 2017), R60을 제외한 시료에서 유사한 pH 범위를 나타냈다고 판단된다.

환원당, 가용성 고형분, 비중 변화

쌀 맥주, 누룽지 맥주의 발효 기간과 저장 기간에 따른 환원당, 가용성 고형분, 비중은 Table 2에 나타내었다. 발효 전 당화액의 환원당 함량은 대조군이 8.88 g/100 mL, R 시료군이 8.58-8.74 g/100 mL, N 시료군이 8.99-9.57 g/100 mL로 N 시료군이 가장 높게 나타났으며 대조군과 R 시료 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 본 연구에서 N 시료군이 생쌀가루를 사용한 R 시료군 보다 높은 환원당 함량을 보인 것은 누룽지 제조과정에서 가열에 의한 쌀 전분 입자의 변형이 일어났기 때문이라고 생각된다. 발효 기간 동안에는 환원당이 효모에 의하여 알코올로 전환됨에 따라 환원당 함량이 감소하였고 저장 완료 후 모든 시료에서 1.63-3.12 g/100 mL로 감소하였다.

발효 전 당화액의 가용성 고형분은 대조군이 13.40 Brix°, R 시료군이 13.72-14.00 Brix°, N 시료군이 14.00-15.54 Brix°로 나타났으며 N 시료군이 R 시료군 보다 높게 나타나 환원당 함량의 결과와 유사하였다. Lee et al. (2017)의 쌀 첨가 비율에 따른 맥주 연구에서도 쌀 첨가량이 많을수록 가용성 고형분 함량이 증가하여 본 실험과 유사하였다. 한편 N 시료군이 R 시료군 보다 가용성 고형분이 높게 나타난 것

Table 2. pH, reducing sugar, soluble solid contents, and specific gravity of rice beer and nurungji beer during fermentation and storage

	Days	Control	R20	R40	R60	N20	N40	N60
pH	0	5.69±0.03 ^{1)Ac2)}	5.80±0.02 ^{Ac}	5.88±0.02 ^{Ab}	5.94±0.02 ^{Aa}	5.70±0.02 ^{Ac}	5.73±0.02 ^{Adc}	5.77±0.05 ^{AcD}
	5	4.38±0.15 ^{Ba}	4.13±0.11 ^{Bb}	3.88±0.01 ^{Bc}	3.64±0.04 ^{Bd}	4.18±0.13 ^{Bb}	4.04±0.03 ^{Bb}	3.83±0.05 ^{Bc}
	10	4.41±0.13 ^{Ba}	4.11±0.10 ^{Bbc}	3.86±0.05 ^{Bd}	3.64±0.04 ^{Bc}	4.20±0.11 ^{Bb}	4.03±0.04 ^{Bc}	3.82±0.04 ^{Bd}
	15	4.37±0.10 ^{Ba}	4.12±0.09 ^{Bbc}	3.86±0.06 ^{Bd}	3.64±0.04 ^{Bc}	4.17±0.08 ^{Bb}	4.01±0.02 ^{Bc}	3.77±0.10 ^{Bdc}
	20	4.40±0.13 ^{Ba}	4.12±0.09 ^{Bb}	3.91±0.09 ^{Bcd}	3.64±0.04 ^{Bc}	4.22±0.14 ^{Bb}	4.05±0.09 ^{Bbc}	3.82±0.05 ^{Bd}
Reducing sugar (g/100 mL)	0	8.88±0.54 ^{Ab}	8.58±0.37 ^{Ab}	8.61±0.28 ^{Ab}	8.74±0.12 ^{Ab}	8.99±0.39 ^{Aab}	9.16±0.25 ^{Aab}	9.57±0.39 ^{Aa}
	5	1.63±0.30 ^{Bc}	2.37±0.48 ^{Bb}	2.54±0.14 ^{Bb}	3.74±0.46 ^{Ba}	2.08±0.36 ^{Bbc}	2.37±0.17 ^{Bb}	3.43±0.46 ^{Ba}
	10	1.60±0.27 ^{Bc}	2.01±0.19 ^{Bc}	2.01±0.17 ^{Cc}	3.41±0.42 ^{BCa}	1.73±0.27 ^{Bc}	2.06±0.06 ^{Cc}	2.74±0.39 ^{Cb}
	15	1.63±0.22 ^{Bc}	1.91±0.19 ^{Bc}	1.86±0.20 ^{Cc}	3.24±0.29 ^{BCa}	1.66±0.19 ^{Bc}	1.93±0.08 ^{Cc}	2.54±0.30 ^{Cb}
	20	1.63±0.24 ^{Bc}	1.86±0.13 ^{Bc}	1.94±0.09 ^{Cc}	3.12±0.16 ^{Ca}	1.73±0.11 ^{Bc}	1.84±0.09 ^{Cc}	2.56±0.29 ^{Cb}
Soluble solid content (°Brix)	0	13.40±0.53 ^{Ac}	13.72±0.25 ^{Ac}	13.84±0.22 ^{Abc}	14.00±0.46 ^{Abc}	14.00±0.61 ^{Abc}	14.70±0.61 ^{Aab}	15.54±0.58 ^{Aa}
	5	6.92±0.57 ^{Bc}	7.53±0.06 ^{Bbc}	7.79±0.12 ^{Bb}	8.38±0.14 ^{Ba}	7.24±0.51 ^{Bbc}	7.78±0.52 ^{Bb}	8.60±0.17 ^{Ba}
	10	6.92±0.59 ^{Bc}	7.43±0.05 ^{Bbc}	7.60±0.20 ^{BCb}	8.44±0.12 ^{Ba}	7.19±0.47 ^{Bbc}	7.63±0.31 ^{Bb}	8.58±0.16 ^{Ba}
	15	6.98±0.60 ^{Bb}	7.31±0.12 ^{Bb}	7.51±0.19 ^{BCb}	8.27±0.27 ^{Ba}	7.17±0.45 ^{Bb}	7.53±0.31 ^{Bb}	8.43±0.29 ^{Ba}
	20	6.83±0.47 ^{Bb}	7.31±0.27 ^{Bb}	7.43±0.15 ^{Cb}	8.26±0.26 ^{Ba}	7.11±0.46 ^{Bb}	7.40±0.30 ^{Bb}	8.29±0.25 ^{Ba}
Specific gravity	0	1.052±0.002 ^{Ab}	1.052±0.002 ^{Ab}	1.052±0.002 ^{Ab}	1.052±0.002 ^{Ab}	1.054±0.001 ^{Aab}	1.057±0.001 ^{Aa}	1.057±0.001 ^{Aa}
	5	1.012±0.001 ^{Bd}	1.014±0.003 ^{Bcd}	1.016±0.002 ^{Bbc}	1.022±0.001 ^{Ba}	1.013±0.002 ^{Bcd}	1.017±0.001 ^{Bbc}	1.018±0.002 ^{Bb}
	10	1.012±0.001 ^{Bc}	1.013±0.002 ^{Bc}	1.016±0.001 ^{Bb}	1.022±0.002 ^{Ba}	1.013±0.002 ^{Bc}	1.016±0.001 ^{Bb}	1.018±0.002 ^{Bb}
	15	1.012±0.001 ^{Bcd}	1.011±0.003 ^{Bd}	1.015±0.002 ^{Bbc}	1.021±0.002 ^{Ba}	1.013±0.002 ^{Bcd}	1.014±0.002 ^{Bbcd}	1.017±0.002 ^{Bb}
	20	1.012±0.001 ^{Bd}	1.012±0.002 ^{Bd}	1.015±0.002 ^{Bbc}	1.021±0.002 ^{Ba}	1.013±0.002 ^{Bcd}	1.015±0.002 ^{Bcd}	1.018±0.002 ^{Bb}

¹⁾Values are mean±standard deviation (n=3).

²⁾Values with different superscripts a column (A-C) and a row (a-e) are significant at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

은 누룽지를 고온에서 가열시키는 동안 쌀 전분이 열가수 분해로 텍스트린과 소당류로 분해된 결과로 판단된다(Park & Oh, 1997). 발효 기간 동안 가용성 고형분은 모든 맥주 시료가 초기 13.40-15.54 Brix^o에서 급격히 감소하여 20일차에 6.83-8.29 Brix^o로 나타났다.

발효 전 당화액의 비중은 대조군과 R 시료군이 1.052 g/cm³, N 시료군이 1.054-1.057 g/cm³로 N40, N60이 가장 높은 비중을 보였고 대조군과 R 시료군이 가장 낮게 나타나 환원당 함량의 경향과 유사하였다. 비중은 모든 시료가 초기 1.052-1.057 g/cm³에서 발효 기간 동안 급격히 감소하였고 저장 기간 동안 유지되어 20일차에 1.012-1.021 g/cm³를 나타내었다.

색도 변화

쌀 맥주와 누룽지 맥주의 발효 기간과 저장 기간에 따른 색도는 Table 3에 나타내었다. 발효 전 당화액의 L 값은 대조군이 38.73으로 가장 낮은 값을 나타내었고 R 시료군과 N 시료군은 각각 40.17-40.63과 39.07-39.47로 나타났다. 저장 완료 후 20일차 시료의 L 값은 대조군이 가장 낮게 나타났고 R60이 가장 높은 값을 보였으며 부원료의 첨가량이 증가할수록 L 값은 증가하는 경향을 나타내었다. 동일한 맥아 대체율의 L 값은 누룽지를 첨가한 N 시료군이 쌀을 첨가한 R 시료군 보다 낮게 나타났다. 발효 전 당화액의 a 값은 대조군이 0.33, R 시료군과 N 시료군이 각각 -0.03 - -0.63과 0.40 - -0.03으로 N 시료군이 R 시료군 보다 높은 값을 보여주었다. 발효 및 저장 기간 동안에도 맥주의 a 값은 같은 경향이 유지되었다. 한편 발효 전 당화액

의 b 값은 대조군이 7.10으로 유의적으로 가장 높았고 R 시료군과 N 시료군은 각각 3.10-5.53과 5.53-6.57로 N 시료군이 R 시료군 보다 높은 값을 보여주었다. 그리고 b 값은 모든 시료가 발효 기간이 지날수록 감소하는 경향을 보였다. 20일차 시료의 b 값은 대조군이 5.83으로 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었고 R60은 1.87로 가장 낮은 값을 보였다. Lee et al. (2017)의 쌀 첨가비율에 따른 맥주 연구에서도 쌀 첨가량이 증가할수록 명도는 증가하고 적색도 및 황색도는 감소하는 경향을 보여 본 연구와 일치하였다. N 시료군은 누룽지의 Maillard 반응에 의한 멜라노이딘 색소의 생성으로 R 시료군 보다 명도는 감소하고 적색도와 황색도가 증가하였다고 판단된다. 전반적으로 R 시료군, N 시료군의 L, a, b 값을 대조군과 비교하였을 때 동일한 맥아 대체율에서 N 시료군이 R 시료군 보다 대조군과 더 유사한 경향을 보였다.

효모수와 알코올 함량 변화

쌀 맥주와 누룽지 맥주의 발효 기간과 저장 기간에 따른 효모수 변화를 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. 초기 당화액의 효모수는 4.96-5.02 log CFU/mL였으며 시료 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 모든 시료는 발효 1일째부터 급격한 증가를 보여 발효 2-3일째 8.19-8.21 log CFU/mL로 최고치에 도달하였다. 발효 기간 이후 모든 시료는 점차 효모수가 감소하는 경향을 나타내어 저장 후 효모수는 5-6 log CFU/mL 수준으로 감소하였다. Jung & Chung (2017)은 누룩을 이용한 맥주 연구에서 저장 기간 동안 낮은 온도와 용존 산소 및 탄소원의 고갈로 인해 균수가 감소한 것으로 판단

Table 3. L*, a*, b* value of rice beer and nurungji beer during fermentation and storage

	Days	Control	R20	R40	R60	N20	N40	N60
L* value	0	38.73±0.32 ^{1)NSc2)}	40.17±0.42 ^{NSab}	40.27±0.67 ^{NSab}	40.63±0.85 ^{NSa}	39.07±0.51 ^{NSbc}	39.33±0.67 ^{NSbc}	39.47±0.78 ^{NSbc}
	5	38.80±0.36 ^c	39.63±0.40 ^{bc}	40.00±0.70 ^b	41.03±0.25 ^a	39.27±0.47 ^{bc}	39.60±0.60 ^{bc}	39.90±0.36 ^b
	10	39.33±0.74 ^b	40.17±0.64 ^{ab}	39.87±0.61 ^{ab}	41.03±0.50 ^a	39.07±0.81 ^b	40.00±0.40 ^{ab}	40.00±0.62 ^{ab}
	15	39.17±0.75 ^b	39.57±1.18 ^{ab}	40.23±0.21 ^{ab}	40.87±0.85 ^a	39.23±0.74 ^b	39.63±0.45 ^{ab}	39.50±0.60 ^{ab}
	20	39.60±0.80 ^b	40.30±0.17 ^{ab}	40.27±0.67 ^{ab}	41.00±0.52 ^a	40.03±0.21 ^b	40.03±0.32 ^b	40.03±0.25 ^b
a* value	0	0.33±0.15 ^{NSa}	-0.03±0.15 ^{NSb}	-0.43±0.06 ^{NSc}	-0.63±0.15 ^{NSc}	0.40±0.10 ^{NSa}	0.30±0.10 ^{Aa}	-0.03±0.23 ^{NSb}
	5	0.43±0.23 ^a	-0.20±0.10 ^{bc}	-0.33±0.15 ^c	-0.37±0.12 ^c	0.53±0.31 ^a	0.37±0.15 ^{ABa}	0.03±0.12 ^b
	10	0.37±0.15 ^a	-0.13±0.15 ^b	-0.30±0.20 ^{bc}	-0.50±0.26 ^c	0.33±0.06 ^a	0.27±0.12 ^{ABa}	-0.07±0.21 ^b
	15	0.37±0.31 ^a	-0.10±0.10 ^{bc}	-0.30±0.26 ^c	-0.30±0.20 ^c	0.33±0.21 ^a	0.23±0.06 ^{ABab}	0.00±0.10 ^{abc}
	20	0.37±0.25 ^a	-0.10±0.20 ^c	-0.40±0.10 ^d	-0.50±0.10 ^d	0.20±0.10 ^{ab}	0.13±0.06 ^{Babc}	-0.07±0.15 ^{bc}
b* value	0	7.10±0.10 ^{Aa}	5.53±0.40 ^{Ad}	4.43±0.06 ^{Ac}	3.10±0.20 ^{Af}	6.57±0.21 ^{Ab}	5.97±0.32 ^{Ac}	5.53±0.15 ^{Ad}
	5	6.03±0.68 ^{Ba}	4.87±0.32 ^{Bbcd}	3.63±0.49 ^{Bd}	2.10±0.95 ^{Bc}	5.50±0.56 ^{Bab}	4.60±0.61 ^{Bbc}	3.77±0.35 ^{Bcd}
	10	6.10±0.70 ^{Ba}	4.77±0.42 ^{Bb}	3.70±0.26 ^{Bc}	1.87±0.21 ^{Bd}	5.60±0.56 ^{Ba}	4.70±0.53 ^{Bb}	3.77±0.45 ^{Bc}
	15	5.97±0.57 ^{Ba}	4.83±0.32 ^{Bb}	3.50±0.44 ^{Bc}	1.83±0.21 ^{Bd}	5.40±0.20 ^{Bab}	4.73±0.42 ^{Bb}	3.63±0.40 ^{Bc}
	20	5.83±0.25 ^{Ba}	4.73±0.31 ^{Bb}	3.33±0.42 ^{Bc}	1.87±0.42 ^{Bd}	5.17±0.21 ^{Bb}	4.67±0.59 ^{Bb}	3.83±0.31 ^{Bc}

¹⁾Values are mean±standard deviation (n=3).

²⁾Values with different superscripts a column (A-B) and a row (a-f) are significant at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

^{NS}Not significantly different.

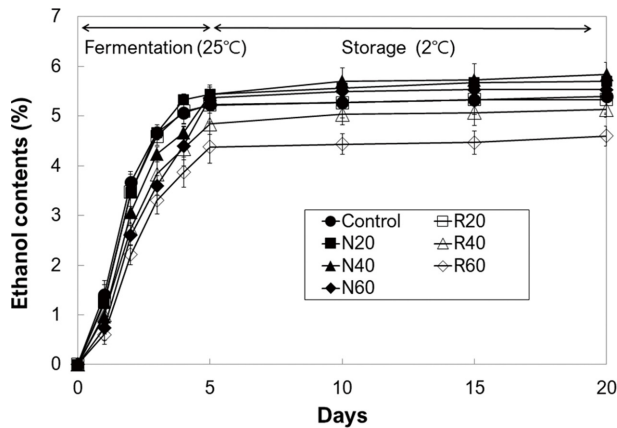


Fig. 2. Ethanol contents change of rice beer and nurungji beer during fermentation and storage. Refer to the Table 1 for brewing.

하였다.

쌀 맥주와 누룽지 맥주의 발효 기간과 저장 기간에 따른 알코올 함량은 Fig. 2와 같다. 모든 시료가 발효 기간 5일까지 상승하다가 저장 기간 동안 유지되는 경향을 나타내었다. 20일차의 알코올 함량은 대조군이 5.40%, R 시료군이 4.60-5.33%로 쌀 첨가량이 증가할수록 감소하였고, N 시료

군은 5.53-5.83%로 N40, N20, N60 순으로 높은 함량을 보였다. 환원당과 가용성 고형분 함량 그리고 비중 값이 높았던 N 시료군이 R 시료군 보다 높은 알코올 함량을 나타내었다. 그리고 60% 대체군(R60과 N60)이 20% 대체군(R20과 N20)과 40% 대체군(R40과 N40) 보다 낮은 알코올 함량을 보여 주었다.

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 변화

쌀 맥주와 누룽지 맥주의 발효 기간과 저장 기간에 따른 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Table 4에 나타내었다. 발효 전 당화액의 폴리페놀 함량은 대조군이 376.64 GAE $\mu\text{g/mL}$ 로 가장 높은 함량을 나타냈으며, 부원료의 맥아 대체율이 증가할수록 감소하였다. 쌀을 사용한 R20, R40, 그리고 R60의 발효 전 폴리페놀 함량은 각각 305.66, 265.92, 그리고 203.52 GAE $\mu\text{g/mL}$ 로 나타났다. 누룽지를 사용한 N20, N40, 그리고 N60의 폴리페놀 함량은 345.42, 292.59, 그리고 254.30 GAE $\mu\text{g/mL}$ 로 나타나 동일한 맥아 대체율 시료를 비교하였을 때 R 시료군이 N 시료군 보다 적게 나타났다. 모든 시료는 발효 기간 중 총 폴리페놀 함량이 감소하였으며, 저장 기간에는 유지되는 경향을 보였다. 20일차 맥주의 폴리페놀 함량은 대조군과 N20이 각각 323.04과 308.59 GAE $\mu\text{g/mL}$ 로 가장 높았고 R60이 160.02 GAE $\mu\text{g/mL}$ 로 가

Table 4. Total Polyphenol, flavonoid, DPPH and ABTS radical scavenging of rice beer and nurungji beer during fermentation and storage

	Days	Control	R20	R40	R60	N20	N40	N60
Total polyphenol (GAE $\mu\text{g/mL}$)	0	376.64 \pm 7.97 ^{1)Aa2)}	305.66 \pm 8.09 ^{Ac}	265.92 \pm 4.46 ^{Ad}	203.52 \pm 2.67 ^{Ac}	345.42 \pm 5.34 ^{NSb}	292.59 \pm 14.78 ^{Ac}	254.30 \pm 5.53 ^{Ad}
	5	333.82 \pm 13.46 ^{Ba}	262.96 \pm 10.46 ^{Bb}	216.13 \pm 5.51 ^{Bc}	173.16 \pm 12.80 ^{Bd}	318.85 \pm 27.00 ^a	253.85 \pm 14.48 ^{Bb}	214.35 \pm 3.57 ^{Bc}
	10	328.49 \pm 17.59 ^{Ba}	255.76 \pm 8.09 ^{Bb}	209.80 \pm 3.76 ^{Bc}	163.64 \pm 4.04 ^{BCd}	315.08 \pm 24.01 ^a	251.05 \pm 16.55 ^{Bb}	208.11 \pm 5.51 ^{Cc}
	15	325.67 \pm 20.60 ^{Ba}	253.58 \pm 8.42 ^{Bb}	204.67 \pm 6.67 ^{CDc}	161.49 \pm 3.47 ^{BCd}	308.91 \pm 23.96 ^a	244.61 \pm 15.71 ^{Bb}	207.47 \pm 4.76 ^{Cc}
	20	323.04 \pm 22.44 ^{Ba}	254.84 \pm 10.45 ^{Bb}	198.72 \pm 2.98 ^{Dc}	160.02 \pm 4.85 ^{Cd}	308.59 \pm 21.98 ^a	239.28 \pm 17.31 ^{Bb}	200.88 \pm 6.62 ^{Cc}
Total flavonoid (CE $\mu\text{g/mL}$)	0	178.67 \pm 7.13 ^{NSa}	136.64 \pm 7.03 ^{Ac}	116.73 \pm 9.39 ^{NSd}	102.20 \pm 2.94 ^{NSc}	151.93 \pm 12.08 ^{NSb}	129.81 \pm 2.02 ^{NScd}	118.37 \pm 6.59 ^{NSd}
	5	172.54 \pm 17.05 ^a	134.19 \pm 8.10 ^{ABbc}	111.47 \pm 10.50 ^{dc}	97.41 \pm 4.67 ^{ce}	144.70 \pm 12.74 ^b	120.41 \pm 10.18 ^{cd}	107.39 \pm 9.84 ^{de}
	10	172.86 \pm 13.91 ^a	133.55 \pm 4.44 ^{ABbc}	109.42 \pm 10.05 ^{dc}	98.34 \pm 4.02 ^{ce}	143.75 \pm 11.89 ^b	120.17 \pm 11.74 ^{cd}	105.00 \pm 8.40 ^{de}
	15	171.67 \pm 12.84 ^a	127.94 \pm 6.84 ^{ABbc}	109.32 \pm 8.07 ^{cdc}	96.18 \pm 1.61 ^{ce}	142.95 \pm 13.36 ^b	117.74 \pm 12.42 ^{ab}	105.80 \pm 11.11 ^{de}
	20	165.77 \pm 19.35 ^a	122.58 \pm 4.53 ^{Cbc}	109.32 \pm 7.80 ^{cd}	97.95 \pm 2.08 ^d	139.56 \pm 14.32 ^b	116.05 \pm 13.42 ^{cd}	102.32 \pm 9.52 ^{cd}
DPPH (%)	0	37.82 \pm 3.76 ^{NSa}	25.70 \pm 3.81 ^{NSbc}	22.12 \pm 1.76 ^{Ac}	17.55 \pm 1.72 ^{NSd}	29.03 \pm 1.77 ^{Ab}	25.61 \pm 1.32 ^{Abc}	21.61 \pm 0.81 ^{Ac}
	5	33.01 \pm 2.57 ^a	23.38 \pm 2.45 ^b	19.43 \pm 1.27 ^{Bcd}	14.25 \pm 2.01 ^c	25.05 \pm 1.72 ^{Bb}	21.91 \pm 0.48 ^{Bbc}	18.53 \pm 0.73 ^{Bd}
	10	32.66 \pm 3.10 ^a	23.37 \pm 2.45 ^b	19.29 \pm 1.05 ^{Bc}	14.16 \pm 2.00 ^d	25.04 \pm 1.64 ^{Bb}	21.71 \pm 0.57 ^{Bbc}	18.43 \pm 0.70 ^{Bc}
	15	33.12 \pm 2.14 ^a	23.37 \pm 2.70 ^{bc}	19.41 \pm 0.95 ^{Bdc}	14.18 \pm 2.05 ^f	24.98 \pm 1.63 ^{Bb}	21.66 \pm 0.42 ^{Bcd}	18.46 \pm 0.74 ^{Bc}
	20	32.81 \pm 2.45 ^a	23.08 \pm 2.63 ^{bc}	19.09 \pm 1.04 ^{Bdc}	14.09 \pm 2.06 ^f	25.62 \pm 2.27 ^{Bb}	21.57 \pm 0.46 ^{Bcd}	18.16 \pm 0.90 ^{Bc}
ABTS (%)	0	26.24 \pm 1.88 ^{Aa}	21.90 \pm 1.36 ^{Abc}	18.44 \pm 1.99 ^{Ac}	13.38 \pm 2.36 ^{NSd}	23.80 \pm 1.82 ^{Aab}	21.55 \pm 1.75 ^{Abc}	18.43 \pm 1.95 ^{Ad}
	5	20.51 \pm 1.58 ^{Ba}	16.56 \pm 1.93 ^{Bb}	12.61 \pm 2.38 ^{Bc}	9.41 \pm 2.17 ^d	18.15 \pm 1.35 ^{Bab}	16.41 \pm 0.53 ^{Bb}	13.06 \pm 1.23 ^{Bc}
	10	19.86 \pm 1.37 ^{Ba}	16.24 \pm 1.86 ^{Bb}	12.01 \pm 2.31 ^{Bcd}	9.14 \pm 2.38 ^d	18.07 \pm 1.19 ^{Bab}	15.94 \pm 0.69 ^{Bb}	12.57 \pm 0.94 ^{Bc}
	15	19.80 \pm 1.43 ^{Ba}	15.86 \pm 2.09 ^{Bb}	11.52 \pm 1.90 ^{Bc}	9.00 \pm 2.37 ^c	17.98 \pm 1.28 ^{Bab}	15.55 \pm 0.83 ^{Bb}	11.92 \pm 1.71 ^{Bc}
	20	19.72 \pm 1.47 ^{Ba}	15.73 \pm 1.30 ^{Bbc}	11.53 \pm 1.05 ^{Bd}	8.87 \pm 2.41 ^c	17.57 \pm 1.35 ^{Bab}	14.88 \pm 0.54 ^{Bc}	11.97 \pm 1.25 ^{Bd}

¹⁾Values are mean \pm standard deviation (n=3).

²⁾Values with different superscripts a column (A-D) and a row (a-f) are significant at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{NS}Not significantly different.

장 낮았다. 대조군과 N20은 발효 전 당화액의 폴리페놀 함량이 각각 376.64 GAE $\mu\text{g/mL}$ 와 345.42 GAE $\mu\text{g/mL}$ 로 유의적인 차이가 나타났지만 발효 기간과 저장 기간을 지나면서 감소하여 20일차에 323.04 GAE $\mu\text{g/mL}$ 과 308.59 GAE $\mu\text{g/mL}$ 로 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p < 0.05$). 따라서 누룽지 20%로 맥아를 대체했을 때 기존 맥주만큼의 폴리페놀 함량을 가진 맥주를 제조할 수 있을 것으로 판단되었다. 한편 일반적으로 맥주의 폴리페놀 함량은 100-300 mg/L로 보고된 바 있으며(Leiper et al., 2005), 본 연구의 모든 시료가 일반적인 맥주와 유사한 폴리페놀 함량을 보였다. 발효 전 당화액의 플라보노이드 함량도 대조군이 178.67 CE $\mu\text{g/mL}$ 로 가장 높은 함량을 나타냈으며, 부원료의 맥아 대체율이 증가할수록 감소하였다. 쌀을 사용한 R20, R40, 그리고 R60의 발효 전 플라보노이드 함량은 각각 136.64, 116.73, 그리고 102.20 CE $\mu\text{g/mL}$ 로 나타났다. 누룽지를 사용한 N20, N40, 그리고 N60의 플라보노이드 함량은 151.93, 129.81, 그리고 118.37 CE $\mu\text{g/mL}$ 로 나타나 동일한 맥아 대체율 시료를 비교하였을 때 R 시료군이 N 시료군 보다 적게 나타났다. 20일차 맥주의 플라보노이드 함량은 대조군이 165.77 CE $\mu\text{g/mL}$ 로 가장 높았고 R60이 97.95 CE $\mu\text{g/mL}$ 로 가장 낮았다. 동일한 맥아 대체율 시료가 R 시료군 보다 N 시료군의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 더 높게 나타난 것은 누룽지 제조 시 밥 가열 과정에서 막 구조가 붕괴되면서 누룽지 내부의 폴리페놀 화합물들이 용출되며, 고온에서의 가열을 통해 식품 매트릭스가 연화되고 결합형 플라보노이드가 유리형으로 전환되어 플라보노이드의 용출이 증가한 결과로 생각된다(Harakotr et al., 2014).

DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성 변화

쌀 맥주와 누룽지 맥주의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성을 측정하여 Table 4에 나타내었다. 발효 전 당화액의 대조군의 DPPH 라디칼 소거 활성은 37.82%로 가장 높은 활성을 나타냈으며, 부원료의 맥아 대체율이 증가할수록 감소하였다. 동일한 맥아 대체율 시료를 비교하였을 때 R 시료군이 N 시료군 보다 낮은 활성을 보였다. 모든 시료는 발효 기간 중 DPPH 라디칼 소거 활성이 감소하였으며, 저장 기간에는 유지되는 경향을 보였다. 20일차 맥주의 DPPH 라디칼 소거 활성은 대조군이 32.81%로 가장 높았고 R60이 14.09%로 가장 낮았다. 발효 전 당화액의 ABTS 라디칼 소거 활성도 대조군이 26.24%로 가장 높은 함량을 나타냈으며, 부원료의 맥아 대체율이 증가할수록 감소하였다. 동일한 맥아 대체율 시료를 비교하였을 때 R 시료군이 N 시료군 보다 낮은 활성을 보였다. 모든 시료는 발효 기간 중 ABTS 라디칼 소거 활성이 감소하였으며, 저장 기간에는 유지되는 경향을 보였다. 20일차 맥주의 ABTS 라디칼 소거 활성은 대조군이 19.72%로 가장 높았고 R60이 8.87%로 가장 낮은 값을 보였다.

요 약

본 연구는 맥주 부원료로서 누룽지의 적합성을 탐색하기 위하여 쌀을 이용한 가공식품인 누룽지로 맥아를 일부 대체한 저맥아 맥주 연구를 진행하였다. 누룽지로 맥아를 20%, 40%, 60% 대체하여 각각 N20, N40, N60의 Ale 맥주를 제조하였고 쌀로 맥아를 20%, 40%, 60% 대체하여 각각 R20, R40, R60의 Ale 맥주를 제조하였다. 모든 시료의 발효 전 당화액의 pH는 R 시료군이 N 시료군 보다 높게 나타났으며 발효 기간 중 pH는 감소하였다. 발효 및 저장 기간 중 효모의 생육은 모든 시료에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 발효 및 저장 기간 동안 쌀, 누룽지 첨가량이 증가할수록 맥주의 L 값은 증가하는 경향을 나타내었고 R 시료군의 L 값이 N 시료군 보다 높게 나타났다. 또한 쌀, 누룽지의 맥아 대체율이 증가할수록 맥주의 a 값과 b 값은 감소하였고, R 시료군의 a 값과 b 값은 N 시료군 보다 낮은 값을 나타내었다. 발효 전 당화액의 환원당과 비중, 가용성 고형분 함량은 N 시료군이 R 시료군 보다 높게 나타났다. 알코올 함량은 저장 20일 후 모든 시료 중 N40이 5.83%로 가장 높은 값을 나타내었고 R60이 4.6%로 가장 낮은 값을 나타내었다. 발효 및 저장 기간 중 맥주의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성은 대조군이 가장 높은 값을 보였으며 쌀과 누룽지의 맥아 대체율이 증가할수록 감소하였다. 또한 누룽지로 맥아를 일부 대체한 N 시료군의 항산화 물질의 함량과 항산화 활성이 쌀로 맥아를 일부 대체한 R 시료군 보다 높게 나타났다. 이러한 결과로부터 누룽지로 맥아를 대체하여 맥주를 제조하였을 때 알코올 함량과 항산화 활성이 증가된 맥주의 제조가 가능하였다.

References

- Cheong C, Park CS, Ye SH, Cho HC, Noh BS. 2015. Brewing science. Korea Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs, Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corp., Kwangmoonkag., Paju, Korea, pp. 150.
- Cheung LM, Cheung CK, Ooi VEC. 2003. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. Food Chem. 81: 249-255.
- Choi IJ, Kim DY, Chung CH. 2017. Quality characteristics of pan bread with nurungji powder. Culi. Sci. & Hos. Res. 23(7): 159-166.
- Choi IJ, Lee JH. 2022. Quality characteristics and optimization of pound cake added nurungji powder. Culi. Sci. & Hos. Res. 28(6): 1-9.
- Diakabana P, Mvoula-Tsiéri M, Dhellot J, Kobawila SC, Louembé D. 2013. Physico-chemical characterization of brew during the brewing corn malt in the production of maize beer in Congo. Adv. J. Food Sci. Technol. 5: 671-677.

- Glatthar J, Heinisch JJ, Senn T. 2005. Unmalted triticale cultivars as brewing adjuncts: effects of enzyme activities and composition on beer wort quality. *J. Sci. Food Agric.* 85: 647-654.
- Ha SJ, Yang SK, In YW, Kim Y., Oh SW. 2012. Changes in microbial and physicochemical properties of single-brewed Makgeolli by high hydrostatic pressure treatment during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 1176-1181.
- Harakotr B, Suriharn B, Tangwongchai R, Scott MP, Lertrat K. 2014. Anthocyanin, phenolics and antioxidant activity changes in purple waxy corn as affected by traditional cooking. *Food Chem.* 164: 510-517.
- Hwang CI, Kim DH. 1973. The antioxidant oxidants. *Wld. Hlth. Org. Techn. Rept. Ser.* 228-233.
- Hwang ES, Lee HK, Moon SJ. 2020. Quality characteristics, acrylamide content, and antioxidant activities of nurungji manufactured with various heating times. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 49(6): 601-607.
- Hyeun SK, Kwon YA, Lee SJ. 2012. Quality characteristics of brewed beer with rice adjunct. *Food Eng. Prog.* 16(2): 139-144.
- Jung SJ, Chung CH. 2017. Production and properties of ale beer with nuruk, a Korean fermentation starter. *Korean J. Food Sci. Technol.* 49(2): 132-140.
- Kainuma K, Furukawa T, Suzuki S. 1973. Changes in the chemical and physical properties of starch during dextrinization. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.* 20: 1.
- Lee SK, Park JY, Park HY, Choi HS, Cho DH, Oh SK, Kim HJ. 2017. Evaluation of quality characteristics of beer by addition of rice rate. *Korean J. Food Preserv.* 24(6): 758-763.
- Leiper KA, Stewart GG, McKeown IP, Nock T, Thompson MJ. 2005. Optimising beer stabilisation by the selective removal of tannoids and sensitive proteins. *J. Inst. Brew.* 111: 118-127.
- Park JS, Kang ST. 2021. Quality characteristics of nurungji added with barley sprout powder. *Food Eng. Prog.* 25: 1-7.
- Park JY, Lee SK, Choi ID, Choi HS, Kim NG, Shin DS, Jeong KH, Park CH, Oh SK. 2019. Quality characteristics of rice wort and rice beer by rice processing. *Food Eng. Prog.* 23(4): 290-296.
- Park YH, Oh YJ. 1997. The physicochemical characteristics of instant nuroong-gi. *Korean J. Soc. Food Sci. Nutr.* 26: 632-638.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26: 1231-1237.
- Roh HS, Park JS, Oh JS, Kang ST. 2019. Quality characteristics of low malt beer made with moisturized and heat treated purple corn. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 48(8): 887-895.
- Shen Y, Jin L, Xiao P, Lu Y, Bao J. 2009. Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. *J. Cereal Sci.* 49(1): 106-111.
- Sung SA, Lee SJ. 2017. Physicochemical and sensory characteristics of commercial top-fermented beers. *Korean J. Food Sci. Technol.* 49(1): 35-43.
- Takahashi K, Shirai K, Wada K. 1982. Structural changes in starch granules of low moisture content during heating. *Agr. Biol. Chem.* 46(10): 2505-2511.
- Yang HN, Oh EB, Park JS, Jung MY, Choi DS. 2017. Brewing and properties of low-malt beer with a sweet potato paste. *Korean J. Food Nutr.* 30(3): 491-500.
- Yang JW, Choi IS. 2016. The physicochemical characteristics and antioxidant properties of commercial nurungji products in Korea. *Korean J. Food Cook Sci.* 32(5): 575-584.
- Yook C, Cho SC. 1996. Application of heat/moisture-treated rices for sikhe preparation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28(6): 1119-1125.

Author Information

- 용지은:** 서울과학기술대학교 식품생명공학과 석사과정
홍세연: 서울과학기술대학교 식품생명공학과 학부과정
박진영: 서울과학기술대학교 식품생명공학과 학부과정
강성태: 서울과학기술대학교 식품생명공학과 교수