식품공학 학사학위논문

술지게미를 활용한 에일 맥주의 발효 특성 및 항산화 활성 평가

국립목포대학교 공과대학

식품공학과

진 주 영

김 가 현

이 아 름

정 승 회

지도교수: 김 현 중

2025년 2월

술지게미를 활용한 에일 맥주의 발효 특성 및 항산화 활성 평가

이 논문을 식품공학 학사학위 논문으로 제출함

국립목포대학교 공과대학

식품공학과

진 주 영

김 가 현

이 아 름

정 승 희

지도교수 김 현 중

상기자의 식품공학 학사학위 논문을 인준함

심사위원장 이 현 준 (인)

심사위원 김 현 중 (인)

2025년 2월

목 차

국문초록

제1장 서 론 ····· 1

제2장 재료 및 방법 ····· 3

1. 실험 재료 ····· 3
2. 술지게미의 건조 ····· 3
3. 건조한 술지게미를 활용한 맥주의 제조 ····· 3
4. 발효 과정 중 효모 변화 ····· 7
5. 관능 평가 ····· 7
6. 맥주의 이화학적 품질 평가 ····· 9
   가. 총산 ····· 9
   나. 아미노산도 ····· 9
   다. 비중 및 pH ····· 10
   라. 색도 ····· 10
   마. 당도 ····· 10
   바. 알코올 함량 ····· 11
7. 맥주 및 맥주 원료의 항산화 활성 평가 ····· 11
   가. 총 페놀 함량 ····· 11
   나. ABTS 라디칼 소거능 활성 ····· 12
   다. DPPH 라디칼 소거능 활성 ····· 12
8. 통계처리 ····· 13

제3장 결과 및 고찰 ····· 14
1. 건조한 술지게미를 활용한 맥주의 제조 ····· 14
2. 발효 과정 중 효모 변화 ····· 16
3. 술지게미를 활용하여 제조된 맥주의 관능 평가 결과 ····· 18
4. 맥주의 이화학적 품질 평가 ····· 21
5. 맥주 및 맥주 원료의 항산화 활성 평가 ····· 23
가. 맥주 원료의 항산화 활성 평가 ····· 23
나. 맥주의 항산화 활성 평가 ····· 25

제4장 요약 및 결론 ····· 27

참고문헌 ····· 29

술지게미를 활용한 에일 맥주의 발효 특성 및 항산화 활성 평가

진 주 영, 김 가 현, 이 아 름, 정 승 회

목포대학교 공과대학 식품공학과

(지도교수 : 김 현 중)

(초록)

술지게미(주박)란 탁주를 빚을 때 발생하는 양조 부산물로서 식이섬유를 포함한 탄수화물, 단백질, 지방 등 3대 영양소가 풍부한 고부가 가치 원료이며 일반식으로 섭취할 수 있는 수준의 영양성분을 가지고 있다. 최근 국세청 주류 규제 개선 방안 발표로 술지게미의 엄격했던 제조 시설 이용 제한이 완화되면서 다양한 식품 소재로 연구되고 있다. 본 연구는 술지게미의 맥주 원료로서의 가치를 평가하고 술지게미와 맥아를 비율별로 배합하여 맥주를 제조하였다. 제조한 맥주의 품질 특성 분석을 통해 새로운 맥주 제조의 가능성을 확인하고자 하였으며 폐기되는 술지게미의 활용 방안을 제안하는데 그 목적을 두었다. 술지게미와 맥아의 배합 비율별로 맥주를 제조한 뒤, 맥주의 관능 평가를 진행하여 기호도를 평가하였다. 또한 총산, 아미노산, 비중, pH, 색, 당도, 알코올 함량 등의 이화학적 품질 평가를 진행하였으며 맥주의 발효 과정 중 CFU 변화를 확인하였다. 제조된 맥주와 술지게미의 항산화력은 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능, 총 페놀 함량 분석을 통해 비교하였다. 본 연구의 결과로 술지게미를 활용하여 맥주의 원료인 맥아의 대체 식품 소재로서 가능성을 확인하였고 폐기되는 술지게미의 식품적 활용 가치를 높일 수 있을 것으로 기대한다.

제1장 서 론

탁주를 빚을 때 발생하는 찌꺼기는 재강이라 부른다. 재강에 남아 있는 알코올을 물과 섞어 최대한 짜내고 남은 양조 부산물을 주박(酒粕)이라 하며 흔히 술지게미로도 불린다. 탁주로부터 분리된 술지게미는 발효에 사용되는 원료, 발효 방법, 제성 방법에 의해 항균 및 항산화, 항비만 등 다양한 특성이 나타난다(1,2). 술지게미에는 전분, 단백질 외에도 섬유소, 무기질, 비타민, 알코올, 효모, 효소 등의 다양한 영양성분을 다량 함유하고 있다고 보고하였다(3,4). 영양학적으로 우수한 술지게미는 식량이 부족하던 시기 대체 식품으로 활용되기도 하였다(5). 최근 식품을 제조하거나 상품화할 때 발생하는 폐기물이나 부산물을 이용하여 낮은 상품 가치의 자원을 재가공해 새로운 가치를 만드는 '푸드 업사이클링'의 재료로 술지게미가 주목되었고 관련된 연구도 진행되고 있다. 관련된 연구로는 폐기되는 막걸리 주박 이용 제조 고추장 품질 특성 연구, 주박 추출물 분말을 첨가한 증편의 항산화 특성과 품질 특성 연구, 주박 첨가 약과의 이화학적 특성 연구, 탁주 주박 분말을 첨가한 쿠키의 품질 특성 연구, 주박에 침지한 닭고기 테린의 품질 특성 연구 등과 같이 다양한 식품에 술지게미를 활용하는 연구들이 보고되고 있다(6,7,8,9,10). 이뿐만 아니라 최근에는 탁주 및 약주와 같은 전통주 술지게미의 에탄올 추출물에서 항산화 활성을 나타내는 페놀성 화합물을 분리하는 연구가 있다. 분리된 페놀성 화합물로는 gentisic acid, chlorogenic acid, caffeic acid, cinnamic acid, syringic acid, coumaric acid, ferulic acid, gallic acid, vanillic acid 및 sinapic acid이며, 이들 물질은 항산화, 항균, 항혈전 활성 등이 보고되어 술지게미의 유용한 생리활성 물질로 추정된다는 연구가 보고되었다(11).

국세청 주요 주류 출고량 현황에 따르면 2014년도부터 2023년까지 맥주의 출고량이 높은 비율을 차지하고 있다(12). 2014년 소규모 맥주 제조업의 외부 유통이 허용되며 판매가 가능해짐에 따라 Lager, Ale 맥주 이외에도 Stout, Porter 맥주로 소비자 선택의 폭이 넓어지게 되었다(15). 최근 가정에서 맥주를 제조하는 Home-brew가 등장하며 수제 맥주에 관한 연구도 활발히 진행되고 있

다. 또한 Tsukamoto 등에 따르면 맥아 이외에 사용되는 부원료의 종류에 따라 맥주와 발포주의 성분이 변화된다고 보고되어, 부원료로 지역 농산물을 활용하여 맥주에 건강 기능성의 부가가치를 부여하고 지역의 특성을 살린 맥주를 개발할 수 있을 것이라 예상하였다(14,15). 이 밖에도 항산화제를 함유한 식물 추출물을 알코올음료에 첨가하면 알코올음료의 독성 작용을 줄이고 특정한 맛을 부여하거나 더 긴 유통기한을 가질 수 있다고 보고하였다(16). 이에 따라 막걸리와 누룩에서 분리한 효모를 이용한 맥주 발효, 전통 누룩으로부터 분리한 효모의 쌀 맥주 발효 특성, 전통 누룩을 이용한 ale 맥주 제조 및 품질 특성, 율무미강 추출물을 첨가하여 항산화능을 포함한 맥주, 녹차 추출물을 첨가하여 polyphenol 강화 맥주와 같이 최근 지역의 특산물을 활용하거나 항산화능을 포함한 맥주 제조에 관한 다양한 연구가 지속되고 있다(17,18,19,20,21).

본 연구는 술지게미를 원료로 활용한 맥주를 제조하고 그 특성을 연구하기 위해 진행되었으며 술지게미를 활용한 새로운 지역 맥주 제조의 가능성을 확인하고자 하였다. 또한 항산화능을 첨가한 맥주에 대한 연구가 진행되어 오고 있음에 따라 술지게미의 항산화능을 녹여낸 맥주를 제조하고자 하였다. ABTS 라디칼 소거능, DPPH 라디칼 소거능, 총 페놀 함량 실험을 통해 술지게미와 술지게미를 원료로 사용한 맥주의 항산화 활성 평가를 진행하였다. 또한 술지게미를 활용한 맥주의 발효 과정 중 술지게미 첨가 비율에 따른 효모 집락 수를 측정하였고 제조된 맥주의 맛과 향, 소비자 기호도를 비교해 보고자 기존 맥아 맥주와 관능평가를 진행하였다. 완성된 맥주의 이화학적 품질 평가를 위해 총산, 아미노산, 비중, pH, 색도, 당도, 알코올 함량을 확인하였다. 본 연구를 통해 지역의 특색을 살린 맥주를 제조함과 동시에 생리활성 기능을 담은 맥주를 제조하고자 하였으며 이를 통하여 식품학적, 영양학적으로 주목받지 못하는 술지게미의 활용 방안을 찾고자 하였다. 또한 폐기되는 술지게미의 양을 줄이고 수입 맥아의 대체 원료로서 술지게미가 이용될 수 있을 것으로 기대한다.

제2장 재료 및 방법

1. 실험 재료

본 연구에 사용한 술지게미는 전남 무안군 일로 주조장에서 확보하였다. 맥즙용 Pale Malt(Weyermann, DEU), Caramel Malt(Briess, USA), Carapils Malt (Weyermann, DEU), Magnum Hop(Hopunion, USA), Cascade Hop(Hopsteiner, USA), Simcoe Hop(Hopunion, USA)과 맥주 제조용 효모 Safale US-05(Dry Ale Yeast, *Saccharomyces cerevisiae*)는 크래프트브루어(Korea, Busan)에서 구입하여 사용하였다.

2. 술지게미의 건조

식품용 면포로 술지게미의 수분을 짜낸 뒤 열풍 건조기에서 105℃ 온도에서 2시간 건조 후 혼합한 뒤, 다시 2시간 동안 건조하였다. 건조로 수분을 제거한 술지게미는 실온에서 온도를 낮춘 뒤 4℃에서 냉장 보관하여 맥주 재료로 사용하였다.

3. 건조한 술지게미를 활용한 맥주의 제조

건조한 술지게미를 첨가한 맥주의 배합비는 Table 1에 따라 배합한 뒤, Figure 1을 따라 Pale Ale 맥주를 제조하였다. 맥주의 제조에 사용된 건조한 술지게미와 맥아의 비율은 0%:100%, 30%:70%, 50%:50%, 70%:30%로 총 4가지의 조건으로 맥주를 제조하였다.

맥주의 제조 방법은 다음과 같다. 맥주 5 L 기준으로 70℃ 온수 5 L에 맥아와 건조한 술지게미를 정량하여 첨가하고 70℃를 유지하면서 60분간 당화한다. 이

후 곡물을 분리하고 남은 당분은 생수로 헹궈 스파징 후, 100℃로 가열하여 60분간 가열한다. 맥즙이 끓기 시작하면 Magnum Hop 5 g을 첨가하고 55분 뒤 Cascade Hop 7 g을 첨가한다. 이후 5분 뒤 Simcoe Hop 7 g을 넣고 가열을 끝낸다. 28℃ 까지 온도를 낮추고 발효조에 옮기고 생수로 5 L를 맞춘 후 건조 효모(Safale US-05 Dry Ale Yeast) 5.75 g 접종 후 혼합하여 20℃에서 14일간 1차 발효한 다음, 맥주 1 L 당 7 g의 콘슈가를 첨가하여 보당 처리를 한 뒤 병입을 하였다. 맥주는 밀봉하여 20℃에서 7일간 2차 발효를 하고 4℃ 냉장에서 보관하였다.

Table 1. Formula for the preparation of Pale Ale.

Content of Rice wine lees (%)	Rice wine lees (g)	Malt (g)	Dry yeast (g)	Magnum hop (g)	Cascade hop (g)	Simcoe hop (g)	Water (mL)
0	0	3,600	5.75	5	7	7	5,000
30	1,080	2,520	5.75	5	7	7	5,000
50	1,800	1,800	5.75	5	7	7	5,000
70	2,520	1,080	5.75	5	7	7	5,000

% means the contents of rice wine lees as raw material for brewing. 0%, malt 100%; 30%, malt 70% and rice wine lees 30%; 50%, malt 50% and rice wine lees 50%; 70%, malt 30% and rice wine lees 70%.

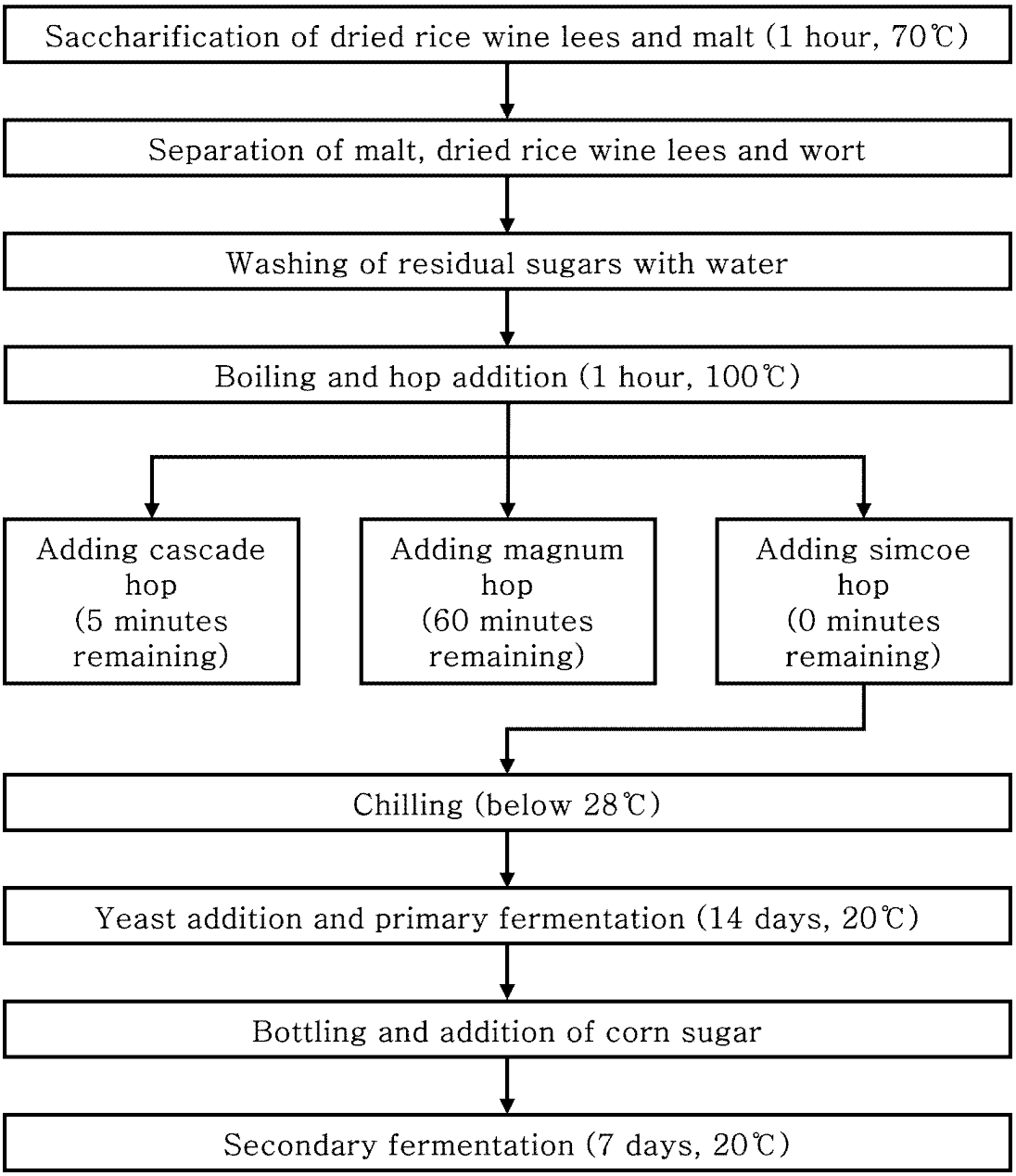


Figure 1. Flow diagram of brewing process.

4. 발효 과정 중 효모 변화

발효 과정 중, 효모 개체 수 변화를 측정하기 위해 YPD agar(Yeast Extract Peptone Dextrose, Difco, USA) 배지에 각 비율마다 4개의 시료 맥주를 십진 희석법으로 희석하여 0.1 mL를 도말한 뒤 배양기(BI250, HANKUK S&I, KOR)에서 30℃의 조건으로 48시간 동안 배양 후, 형성한 집락 수를 계수하여 콜로니 형성 단위(Colony Forming Units; CFU/mL)로 나타내었다(18). 맥주를 제조한 1일 차부터 2차 발효가 끝난 시점인 21일 차까지 2일 간격으로 효모 개체 수 변화를 확인하였다.

5. 관능 평가

술지게미를 첨가한 맥주의 관능 평가는 목포대학교 식품공학과 재학생 및 대학원생 40명을 패널로 하여 5점 척도법을 바탕으로 Figure 2의 관능 평가지를 제작하여 평가하였다. 관능 평가 항목은 맥주의 색(color), 단맛(sweetness), 신맛(sourness), 쓴맛(bitterness), 향(aroma), 목넘김(smoothness)을 평가하였다. 시식 후 선호도에서 매우 좋다 5점, 좋다 4점, 보통 3점, 나쁘다 2점, 매우 나쁘다 1점으로 채점을 하였으며 각 평가 항목의 점수를 합산 후, 평균을 계산하여 전반적인 기호도(overall acceptability) 항목으로 설정하였다(22). 관능 평가는 시료별로 세 자릿수 난수를 부여하여 구분하여 진행하였다.

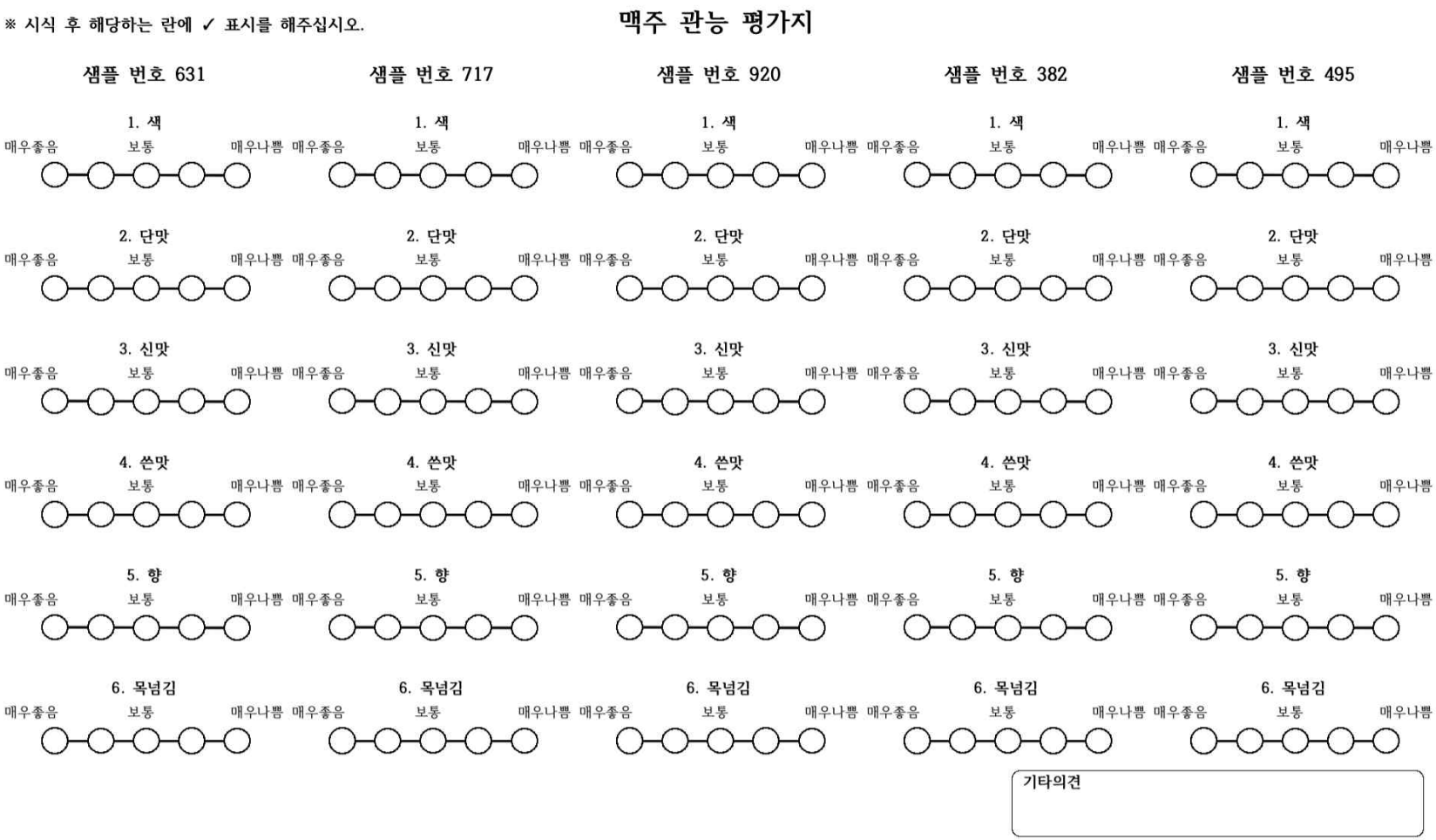


Figure 2. Sensory evaluation sheet of beer with added rice wine lees.

6. 맥주의 이화학적 품질 평가

맥주의 이화학적 품질 평가는 국세청 주류 분석규정(NTS liquor license supp-ort center)에 따라 평가하였다(21).

가. 총산

250 mL의 증류수를 2분간 끓인 뒤 시료 맥주 25 mL를 가한 뒤 1분간 끓이다 30초가 남았을 때 다시 끓도록 조절을 한다. 실온이 될 때까지 완전히 식힌 뒤 페놀프탈레인 지시약을 몇 방울 가한 뒤 혼합해 준다. 이후 0.1 N NaOH로 담홍색이 될 때까지 가한다. 이때 소비된 NaOH의 사용량(mL)을 측정하여 아래의 식으로 산도를 환산하였다.

$$\text{Total acidity} = 0.1\ \text{N NaOH(mL)} \times F \times 0.4$$

$$F = 1.001\ (F : 0.1\ \text{N NaOH의 역가})$$

나. 아미노산도

250 mL의 증류수를 2분간 끓인 뒤 시료 맥주 25 mL를 가한 뒤 1분간 끓이다 30초가 남았을 때 다시 끓도록 조절한다. 실온이 될 때까지 완전히 식힌 뒤 페놀프탈레인 지시약을 몇 방울 가한 뒤 혼합 후 0.1 N NaOH로 담홍색이 될 때까지 가하여 중화시킨다. 여기에 중성 포르말린 용액 5 mL를 가하여 유리된 산을 0.1 N NaOH로 담홍색이 될 때까지 가한다. 이때 소비된 NaOH 사용량(mL)을 측정하여 아래의 식으로 아미노산도를 환산하였다.

$$\text{아미노산도} = 0.1\ \text{N NaOH(mL)} \times F$$

F = 1.001 (F : 0.1 N NaOH의 역가)

다. 비중 및 pH

시료맥주 200 mL를 실린더에 취하고 15℃에서 실린더에 비중계를 띄운다. 비중계의 움직임이 멈추면 눈금을 확인하여 비중을 측정한다. pH는 pH meter(pH-220L, Istek Inc., KOR) 기기를 이용하여 측정하였다.

라. 색도

색도는 E.B.C(European Brewery Convention)값을 측정하였다. 가스를 제거한 시료 맥주를 분광광도계(Ultrospec 2100 pro, Biochrom Ltd., GBR) 700 nm에서 흡광도가 430 nm에서 흡광도에 0.039를 곱한 값 이하라면 맥주가 투명한 것으로 430 nm 흡광도를 맥주의 색도로 확인하고 그 이상이면 시료맥주가 혼탁한 것이므로 15,000 ×g 원심분리기(1730R, LaboGene, DNK)에서 2분 동안 원심분리를 하여 상층액만 분리한 뒤 430 nm에서 흡광도를 측정하고 아래의 식으로 색도를 환산하였다.

색도(E.B.C 단위) = 25 × 희석배수 × A

A = 맥주의 흡광도

마. 당도

당도는 굴절당도계를 이용하여 측정하였다. 영점을 조정한 굴절당도계에 시료 맥주를 몇 방을 가하여 측정하였다.

바. 알코올 함량

알코올 함량은 500 mL 플라스크에 시료맥주 100 mL를 취하고 증류수 30 mL를 가한 뒤 혼합하였다. 플라스크를 냉각기와 증류장치에 연결하고 증류용액이 70 mL가 될 때까지 증류하였다. 증류용액 70 mL를 증류수로 100 mL 정용한 뒤 혼합하였다. 이후 굴절주도계를 이용하여 알코올 함량을 측정하고 온도 보완 표를 참고하여 온도 보정을 하였다.

7. 맥주 및 맥주 원료의 항산화 활성 평가

가. 총 페놀 함량

총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 시험법에 따라 진행하였다(24,25). 시료의 추출은 99% ethanol을 시료 맥주와 맥주 원료의 각 10배 비율로 가하여 20시간 동안 교반한 뒤 여과하여 농축 후 동결건조 과정을 거쳤으며, 분쇄한 시료를 0.75 g 취한 뒤 증류수 6.25 mL를 가하여 혼합한 뒤 사용하였다. 시료 추출 용액 100 µL에 2 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent(Sigma- Aldrich Co., USA)를 50 µL 가하여 발색시키고 20% Na_2CO_3 300 µL를 가한 뒤 균질화하여 30분간 실온 암소에서 반응시킨다. 이후 H_2O 1 mL를 가한 뒤 균질화 후 96-Well plate에 취해 Microplate reader 장비(SPARK 10M, Tecan Ltd., CHE)를 이용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 gallic acid를 사용했으며 0 µg/mL, 6 µg/mL, 12 µg/mL, 25 µg/mL, 50 µg/mL, 100 µg/mL 농도로 희석하여 표준용액으로 사용하였고 위와 동일한 조건으로 표준물질의 흡광도를 측정하였다. 표준용액을 이용하여 검량곡선을 작성하였고 총 페놀 함량을 구하였다.

나. ABTS 라디칼 소거능 활성

시료의 추출은 99% ethanol을 시료 맥주와 맥주 원료의 각 10배 비율로 가하여 20시간 동안 교반한 뒤 여과하여 농축 후 사용하였다. $ABTS^+$ 시약은 Wang 등에 따라 7 mM ABTS(Glentham Life Sciences, GBR)와 2.5 mM potassium persulfate 수용액을 각각 제조하여 95:5(v/v) 비율이 되도록 시약을 제조한 뒤 4℃에서 16시간 동안 암소 반응 시킨 뒤 사용하였다(26). $ABTS^+$ 시약이 735 nm 분광광도계(Ultrospec 2100 pro, Biochrom Ltd., GBR)에서 흡광도가 0.7 ± 0.15가 될 때까지 증류수로 희석한다. 희석한 $ABTS^+$ 시약 500 μL와 시료 추출 용액 100 μL를 가한 뒤 균질화 후 30분간 실온 암소에서 반응시킨다. Blank는 70% ethanol 100 μL와 $ABTS^+$ 시약은 위와 동일한 용량을 가해 혼합하였으며 균질화 후 30분간 실온 암소에서 반응시켰다(26). 이후 Microplate reader 장비(SPARK 10M, Tecan Ltd., CHE)를 이용하여 735 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정한 흡광도는 아래의 식으로 ABTS 라디칼 소거능을 환산하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging (\%)} = \{(A_{cs} - A_s) \times A_{cs}\} \times 100$$

$$A_{cs} = \text{Blank 1} - \text{Blank 2}$$
$$A_s = \text{Absorbance of sample} - \text{Blank 2}$$

다. DPPH 라디칼 소거능 활성

DPPH 라디칼 소거능 활성은 OxiTec™ DPPH Antioxidant Assay kit(BO-DPH-200, Biomax Co., Ltd., KOR)로 진행하였으며 시험법을 따랐다. 시료의 추출은 99% ethanol을 시료 맥주와 맥주 원료의 각 10배 비율로 가하여 20시간 동안 교반한 뒤 여과하여 농축 후 사용하였다. 시료 추출액 20 μL,

assay buffer 80 μL, DPPH 시약 100 μL를 가한 뒤 혼합하였으며 Blank는 99% ethanol 20 μL와 assay buffer, DPPH 시약은 위와 동일한 용량을 가해 혼합하였다. 96-Well plate에 취한 뒤 30분간 실온 암소에서 반응시킨다. 이후 Microplate reader 장비를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 Trolox를 사용했으며 0 μg/mL, 10 μg/mL, 20 μg/mL, 40 μg/mL, 60 μg/mL, 80 μg/mL 농도로 희석하여 표준용액으로 사용하였고 위와 동일한 조건으로 표준물질의 흡광도를 측정하였다. 측정한 흡광도는 아래의 식으로 DPPH 라디칼 소거능을 환산하였다.

$$\text{ABTS radical scavenging (\%)} = \{(A_{control} - A_{sample}) / A_{control}\} \times 100$$

$A_{control}$ = Absorbance of blank

A_{sample} = Absorbance of sample

8. 통계처리

모든 실험 결과는 3회 반복하여 평균과 표준편차(mean±SD)로 나타내었다. 연구 결과의 통계분석은 Statistical Package for Social Sciences(SPSS, 30.0, IBM, Chicago, IL, USA) software를 이용하여 one-way ANOVA test로 분석하였으며, 시료 간의 유의성은 Duncan's multiple range test로 $P<0.05$ 수준에서 비교하였다.

제3장 결과 및 고찰

1. 건조한 술지게미를 활용한 맥주의 제조

제조된 맥주의 결과는 Figure 3과 같다. 맥주의 원료로 사용된 건조한 술지게미와 맥아의 비율은 0%:100%, 30%:70%, 50%:50%, 70%:30%의 총 4가지의 조건으로 맥주를 제조하였다. 제조된 맥주는 20℃에서 14일간 1차 발효한 다음, 맥주 1 L 당 7 g의 콘슈가를 첨가하여 보당 처리 및 병입 후, 20℃에서 7일간 2차 발효를 진행하고 4℃ 냉장에서 보관하였다. 육안으로 보았을 때 맥아 100% 맥주의 색이 가장 진하며 술지게미 70% 제조 맥주는 옅지만 다른 맥주들에 비해 탁도가 높았으며 이는 술지게미의 입자가 작아 여과 과정에서 걸러지지 못한 입자가 있는 것으로 예상된다. 50%의 비율로 제조된 맥주의 색이 가장 옅었으며 이는 쌀의 비율이 증가할수록 색이 밝은 쌀가루 혼합 맥주의 양조 특성 및 조건 설정 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다(27).



Figure 3. Manufactured beer by adding dried rice wine lees at variation ratio as raw material.

% means the contents of rice wine lees as raw material for brewing. 0%, malt 100%; 30%, malt 70% and rice wine lees 30%; 50%, malt 50% and rice wine lees 50%; 70%, malt 30% and rice wine lees 70%.

2. 발효 과정 중 효모 변화

맥주의 발효 과정 중 CFU 변화에 따른 그래프는 Figure 3와 같다. 발효에서는 물질대사에 의해 알코올과 이산화탄소, 발효 부산물이 생성되어 맥주 품질에 영향을 주게 된다(20). 또한 맥주는 1차 발효 기간 동안 알코올이 생성되고, 2차 발효 기간 동안 탄산이 생성된다. 맥아만으로 제조된 맥주(0%)의 효모 개체 수는 1차 발효 기간 동안 미세하게 증가하는 경향을 보였으나 2차 발효가 시작되는 15일 차의 2.05×10^7 CFU/mL에서 17일 차에 3.82×10^6 CFU/mL로 감소했다. 이후 다시 증가하여 25일 차를 제외하고 10^7 CFU/mL를 유지하는 것으로 나타났다. 술지게미를 활용한 맥주 중 30%와 50%의 경우, 1차 발효 기간 중 지속적으로 증가하는 경향이 나타났으며 2차 발효 기간 중 맥아만으로 제조된 맥주와 비슷하게 효모의 수가 감소하는 경향을 나타냈다. 술지게미 70%로 맥주를 제조한 경우, 1차 발효 및 2차 발효 기간 동안 증가하는 경향을 나타냈으며 특히 15일 차의 3.84×10^6 CFU/mL에서 17일 차에 4.23×10^7 CFU/mL로 급격히 증가하는 경향을 보였다. 이러한 2차 발효 기간 동안 살아있는 효모 개체 수의 유지나 증가는 2차 발효 기간 중 효모들이 지속적으로 맥주의 풍미나 특성의 변화에 관여하는 것으로 생각된다. 또한 모든 비율에서 균 수가 증가하는 경향을 보였는데 이는 맥주 효모로 쓰인 *Saccaromyces cerevisiae*가 빠른 발효속도와 내당성, 내알코올성으로 인하여 효모 수가 증가한 것으로 보여진다(13).

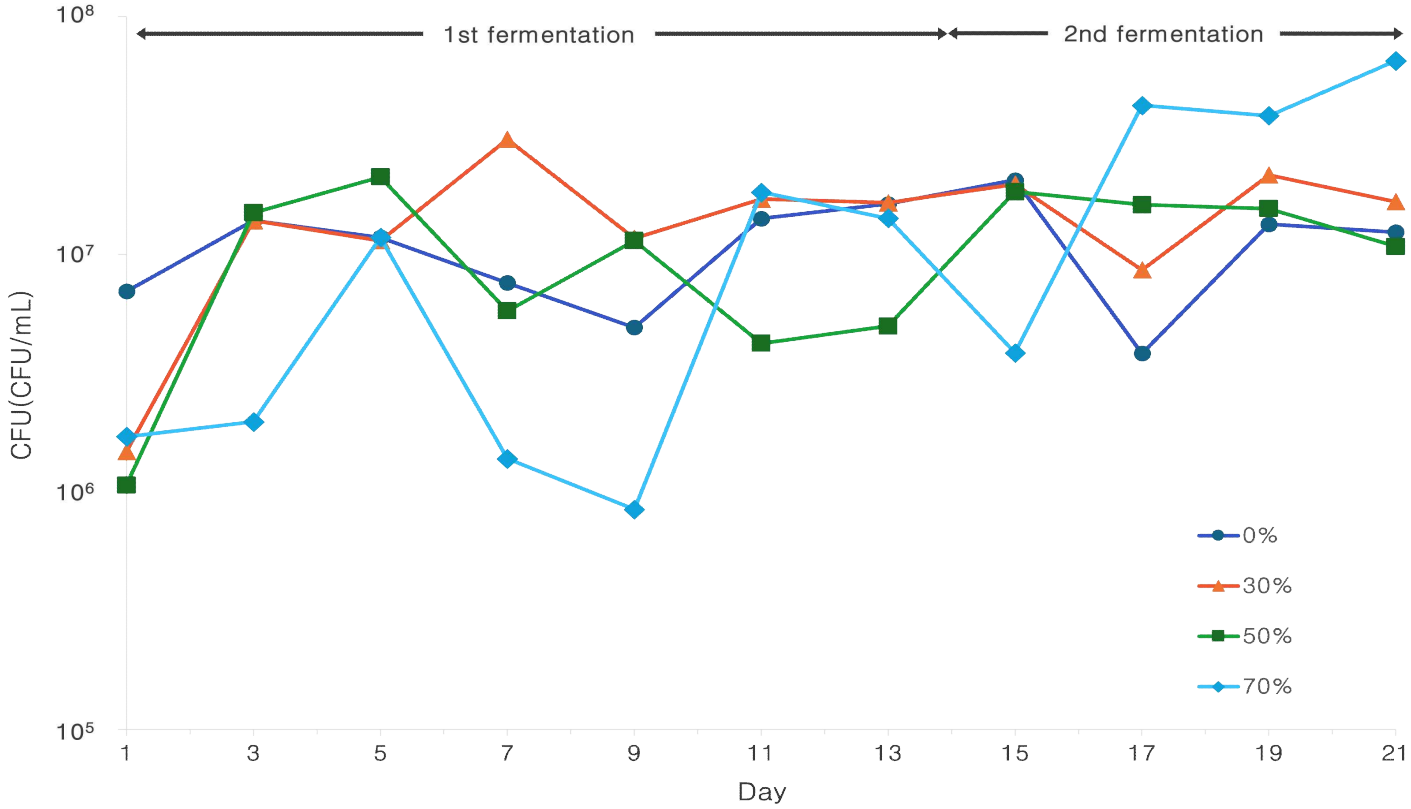


Figure 4. Variation of yeast population during beer fermentation period.

The population of yeast is expressed as colony forming unit per milliliter(CFU/mL). % means the contents of rice wine lees as raw material for brewing. 0%, malt 100%; 30%, malt 70% and rice wine lees 30%; 50%, malt 50% and rice wine lees 50%; 70%, malt 30% and rice wine lees 70%.

3. 술지게미를 활용하여 제조된 맥주의 관능 평가 결과

맥주의 관능 평가 결과는 Figure 4 및 Table 2에 나타내었다. 각 평가 항목인 색, 단맛, 신맛, 쓴맛, 아로마(향), 목넘김은 5점 척도법으로 평균값과 표준편차로 나타내었으며 전반적인 기호도(overall accept-ability) 항목은 모든 항목 값을 합산한 뒤, 평균값과 표준편차로 나타내었다. Figure 4를 보았을 때 0%와 50%가 큰 육각형을 그리고 있으며 Table 2를 통해 술지게미를 활용하여 제조된 맥주(30%, 50%, 70%) 중 단맛, 쓴맛, 목넘김 항목에서 술지게미 함유량 30% 맥주가 가장 좋은 결과를 나타내었고 전반적인 기호도도 30% 맥주가 제일 좋은 결과를 나타내었다. 술지게미 함유량 30%와 50% 맥주는 맥아로만 제조한 맥주(0%)에 비하여 전반적인 기호도 결과가 유의적으로 높게 나타났다. 30% 맥주의 경우 시판 맥주와 비교하였을 때 높거나 유사한 기호도를 보였고 0% 맥주와 비교하였을 때에도 단맛과 향 부분에서 차이를 보였다. 50% 맥주의 경우 모든 항목에서 시판 맥주의 기호도와 유의적 차이를 보이지 않았으며 아로마의 기호도가 0% 맥주보다 높게 나타났다. 반면 술지게미가 70% 활용된 맥주의 경우 색, 향 항목에서 시판 맥주와 유의적으로 기호도가 떨어지는 것으로 나타났으며 0% 맥주와 색, 단맛, 신맛, 목넘김 항목에서 유의적으로 기호도가 떨어지는 결과를 나타내었다. 본 관능 평가 결과는 시판되는 맥주와 비교하였을 때 술지게미로 제조한 맥주(30%, 50%)의 기호도에 차이가 없는 것으로 나타나 술지게미를 맥주 제조에 활용 가능성이 높음을 시사하였다.

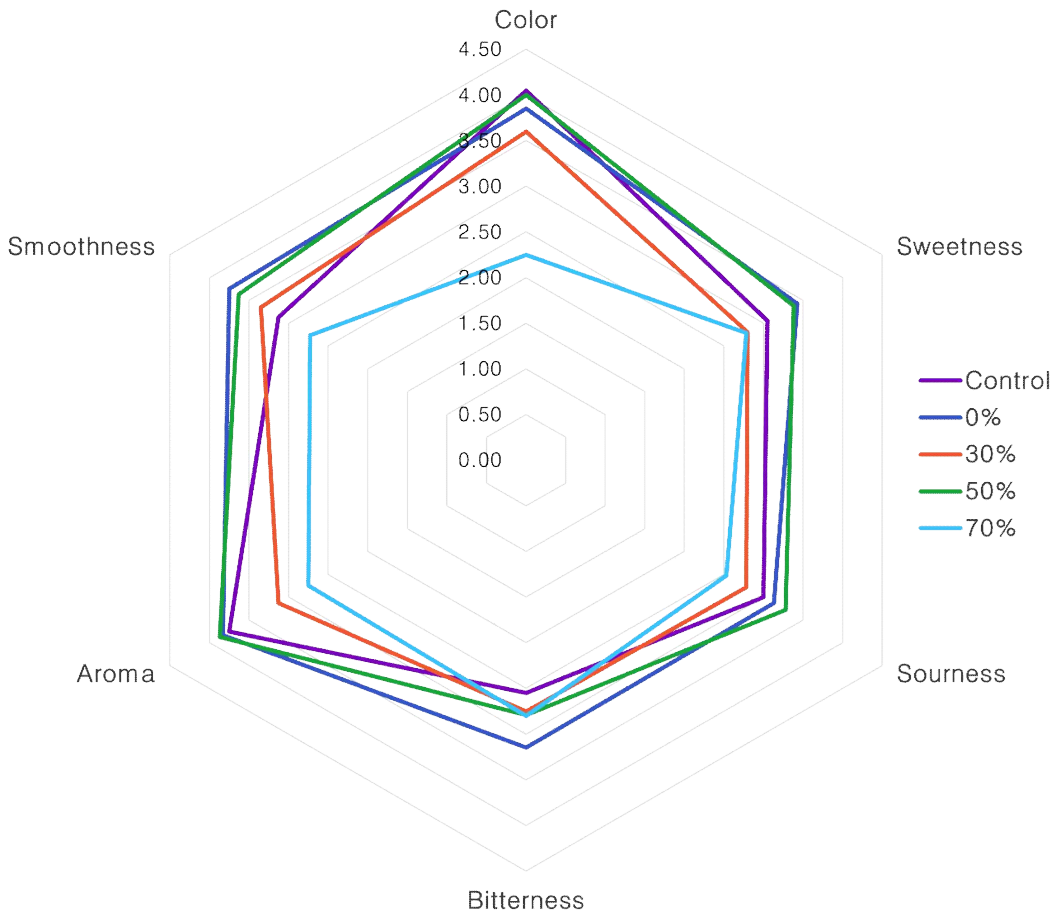


Figure 4. Radial graph of sensory evaluation results.

% means the contents of rice wine lees as raw material for brewing. Control, commercial beer; 0%, malt 100%; 30%, malt 70% and rice wine lees 30%; 50%, malt 50% and rice wine lees 50%; 70%, malt 30% and rice wine lees 70%.

Table 2. Sensory evaluation results of manufactured beer with rice wine lees.

Content of Rice wine lees (%)[1)]	Color	Sweetness	Sourness	Bitterness	Aroma	Smoothness	Overall accept ability
Control	4.05 ± 0.87^{b}	3.05 ± 1.24^{ab}	3.00 ± 1.18^{ab}	2.55 ± 1.20^{a}	3.75 ± 1.21^{b}	3.13 ± 1.24^{ab}	19.53 ± 4.70^{bc}
0	3.60 ± 1.13^{b}	2.80 ± 1.18^{b}	2.78 ± 1.00^{b}	2.75 ± 1.20^{ab}	3.13 ± 1.16^{a}	3.35 ± 1.14^{bc}	18.40 ± 4.75^{b}
30	3.85 ± 1.12^{b}	3.43 ± 1.17^{a}	3.13 ± 1.23^{ab}	3.15 ± 1.21^{b}	3.83 ± 1.08^{b}	3.75 ± 1.19^{c}	21.13 ± 5.36^{c}
50	4.00 ± 1.00^{b}	3.38 ± 1.07^{b}	3.28 ± 0.94^{b}	2.79 ± 1.06^{ab}	3.87 ± 1.08^{b}	3.63 ± 1.08^{bc}	20.82 ± 4.28^{c}
70	2.25 ± 1.22^{a}	2.78 ± 1.21^{a}	2.53 ± 1.62^{a}	2.80 ± 1.24^{ab}	2.75 ± 1.17^{a}	2.73 ± 1.18^{a}	15.83 ± 5.54^{a}

Means with letters (a-c) in the same column are significantly different according to Duncan's multiple range test (P<0.05) presented as means ± SD (n=3).

[1)] Control, commercial beer; 0, malt 100%; 30, malt 70% and rice wine lees 30%; 50, malt 50% and rice wine lees 50%; 70, malt 30% and rice wine lees 70%.

4. 맥주의 이화학적 품질 평가

술지게미를 활용하여 제조한 맥주의 이화학적인 품질 평가 결과는 Table 3과 같다. 총 산도(총산)의 경우, 맥아만 사용한 맥주(0%)와 비교했을 때 술지게미를 원료로 발효한 모든 맥주에서 모두 유의적 차이를 보이지 않았으며 아미노산도의 경우도 유의적 차이를 보이지 않았다. 비중과 당도 또한 유의적 차이를 보이지 않았으나 당도의 경우 술지게미가 30% 활용된 맥주에서 가장 낮은 값을 보였다. pH의 경우 모두 pH 4.07에서 pH 4.40 사이로 측정 되어졌으며 술지게미가 활용된 맥주들만 비교했을 때 술지게미 활용 비율이 증가할수록 pH는 다소 감소하는 모습을 보였다. 이는 발효 맥주의 정상 pH가 4.2-4.4라는 보고에 따라 기존 맥주와 차이가 없는 것으로 생각된다(19). 색도(E.B.C)의 경우 술지게미 비율이 50%인 맥주는 맥아로만 제조된 맥주에 비해 낮은 값을 보이며 이는 일반적인 에일 맥주의 색이 아닌 필스너 맥주와 유사한 색을 보였다. 색도 값은 맥아만 사용된 맥주에 비해 술지게미 첨가 맥주가 낮은 값을 보이는데 이는 쌀의 색도가 낮고 맥아 비율이 적게 투입된 원인으로 보인다(27). 알코올 함량의 경우 술지게미가 활용된 맥주들이 유의적인 낮은 값을 보이지만 관능 평가 결과와 함께 보았을 때 낮은 알코올 함량이 맥주의 기호도에는 영향을 끼치지 않은 것으로 사료되어진다.

Table 3. Physicochemical characteristics of manufactured beer with rice wine lees

Content of Rice wine lees (%)[1)]	Total acidity	Amino acid content	Specific gravity	pH	Color (E.B.C)	Sugar content (°Brix)	Alcohol content (%, v/v)
0	34.57 ± 4.05^{ab}	1.93 ± 0.21^{a}	1.02	4.07 ± 0.01^{a}	24.31 ± 0.98^{b}	8.10	4.30 ± 0.26^{b}
30	36.30 ± 6.75^{ab}	2.37 ± 1.01^{a}	1.01	4.40 ± 0.01^{d}	23.91 ± 0.96^{b}	5.10	2.10 ± 0.12^{a}
50	41.37 ± 1.41^{b}	1.57 ± 0.21^{a}	1.01	4.32 ± 0.01^{c}	14.68 ± 0.59^{a}	7.10	2.20 ± 0.10^{a}
70	30.43 ± 2.44^{a}	2.17 ± 0.06^{a}	1.01	4.22 ± 0.01^{b}	20.45 ± 0.82^{ab}	7.10	2.20 ± 0.05^{a}

Means with letters (a-d) in the same column are significantly different according to Duncan's multiple range test (P<0.05) presented as means ± SD (n=3).

1) Control, commercial beer; 0, malt 100%; 30, malt 70% and rice wine lees 30%; 50, malt 50% and rice wine lees 50%; 70, malt 30% and rice wine lees 70%.

5. 맥주 및 맥주 원료의 항산화 활성 평가

가. 맥주 원료의 항산화 활성 평가

맥주 원료의 항산화 활성 결과는 Table 4와 같다. 원료의 항산화 활성을 담은 맥주가 제조될 수 있는지 확인하기 위해 총 페놀, DPPH 라디칼 소거 활성 및 ABTS 라디칼 소거 활성을 측정하였다. Cho 등의 연구에 따르면 플라보노이드 등의 폴리페놀 화합물은 항산화 및 항균 등 다양한 생리활성을 나타내며, 특히 phenolics 화합물이 항산화 활성에 관여하는 것으로 보고되었다(28). 술지게미의 총 페놀 함량은 126.11 mg GAE/mL로 맥아와 약 33 mg GAE/mL로 가장 많은 차이를 보이는데 이는 전통주 주박의 주요 활성 물질로 예측되는 gentisic acid, chlorogenic acid 등 다양한 페놀성 화합물이 술지게미에 다량 함유되어 있다고 보고되어 졌으며 이렇게 다량 함유된 페놀성 화합물로 인하여 술지게미의 총 페놀 함량이 높게 나온 것으로 생각되어진다(11). Lee 와 Moon의 연구에서는 ABTS 라디칼 소거능 실험을 통해 친수성 화합물의 항산화력을 확인했고, 본 실험 결과 술지게미보다 맥아가 약 15%의 높은 항산화능을 나타내었다(29). 이를 통해 맥아에는 친수성 화합물이 많다는 것을 예측할 수 있었다. 술지게미의 DPPH 라디칼 소거 활성능의 경우 85.65%로 맥아보다 약 4% 높은 활성을 보였다. Cho 등의 연구에서 쌀누룩의 경우 54.98%의 라디칼 소거 활성능을 가진다고 보고했으며 이 밖에도 Kim 등의 결과에 따르면 주박 에탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거능이 80% 이상의 높은 전자공여능을 나타내어 본 연구와 유사한 결과를 보였다(2,28). 본 결과로 술지게미의 항산화 활성을 확인하였으며 술지게미가 맥주의 원료로 활용되었을 때 술지게미의 항산화능이 맥주에 포함될 것을 기대하였다.

Table 4. Evaluation of antioxidant activity of dried rice wine lees and malt for brewing raw materials used in this study.

Samples	Total phenolic content (mg GAE/mL) [1)]	ABTS free radical scavenging (%)	DPPH free radical scavenging (%)
Dried rice wine lees	126.11 ± 5.05[a]	87.11 ± 0.32[b]	85.65 ± 2.67[a]
Malt	92.82 ± 4.74[b]	102.13 ± 0.18[a]	81.96 ± 1.89[b]

Data presented as means ± SD (n=3). Letters (a-b) in the same column are significantly different according to Kruskal -Wallis H and Friedman test ($P<0.05$).

[1)] mg GAE/L, milligrams of Gallic Acid Equivalents per liter.

나. 맥주의 항산화 활성 평가

시판 맥주와 제조한 맥주의 항산화 활성은 Table 5와 같다. Table 4에서 맥주의 원료로 사용된 술지게미가 항산화 활성이 있는 것으로 나타나 원료로 사용된 술지게미의 양이 증가할수록 맥주의 항산화능이 증가될 것이라 예측하였다. 그러나 항산화능 측정 결과, 제조된 맥주에서 술지게미 함량이 높아질수록 항산화 활성이 유의적으로 낮아지는 것을 확인하였다. 술지게미 비율에 따른 맥주(30%, 50%, 70%) 중에서 총페놀 함량과 ABTS 라디칼 소거능 결과로 30%의 술지게미 제조 맥주가 높은 값을, DPPH 라디칼 소거능 결과로는 술지게미의 비율이 50%인 맥주가 높은 값을 보였다. 이는 맥주를 제조하는 과정에서 술지게미의 항산화 물질이 충분히 추출되지 못한 것으로 예측된다. 또한 Kim 등에 따르면 ABTS 라디칼 소거능과 DPPH 라디칼 소거능의 경우 0일 차에서 20일 차에 걸쳐 감소하였음을 알 수 있다(30). 시판되는 맥주와 비교했을 때 총페놀 함량의 경우 30% 맥주와 유의적 차이를 보이지 않았으나 다른 비율(50%, 70%)에서는 낮은 총페놀 함량을 보였다. ABTS 라디칼 소거능과 DPPH 라디칼 소거능에서는 술지게미 비율이 늘어날수록 시판 맥주보다 유의적으로 낮아지는 경향을 보였다. Lee 와 Moon의 연구 결과에 따르면, ABTS 라디칼 소거 활성은 친수성 화합물에 의한다(29). 본 결과에서 ABTS 라디칼 소거 활성 결과는 DPPH 라디칼 소거능보다 높은 값을 보이는데 이는 물로 당화되는 과정에서 추출된 친수성 화합물에 의한 것이라 예측된다. 또한 우국생 주박 시료의 경우 에탄올 추출물이 열수 추출물보다 우수한 소거능을 나타내는 결과를 통해 당화 과정을 통한 열수 추출 과정에서 술지게미의 항산화 물질이 많이 추출되지 못했다고 생각되어진다(4).

Table 5. Antioxidant activities of manufactured beer with rice wine lees.

Content of Rice wine lees (%)[1)]	Total phenolic content (mg GAE/L)[2)]	ABTS free radical scavenging (%)	DPPH free radical scavenging (%)
Control	101.55 ± 3.23^{b}	89.35 ± 0.35^{e}	62.50 ± 3.05^{d}
0	91.94 ± 2.16^{b}	64.57 ± 2.18^{d}	55.72 ± 2.77^{cd}
30	98.99 ± 1.86^{b}	60.14 ± 1.25^{c}	47.76 ± 1.34^{b}
50	43.18 ± 6.82^{a}	52.26 ± 0.54^{b}	50.59 ± 2.26^{b}
70	30.35 ± 11.44^{a}	41.30 ± 0.91^{a}	38.37 ± 4.27^{a}

Means with letters (a-e) in the same column are significantly different according to Duncan's multiple range test (P<0.05). presented as means ± SD (n=3).

[1)] Control, commercial beer; 0, malt 100%; 30, malt 70% and rice wine lees 30%; 50, malt 50% and rice wine lees 50%; 70, malt 30% and rice wine lees 70%.

[2)] mg GAE/L, milligrams of Gallic Acid Equivalents per liter.

제 4장 요약 및 결론

본 연구에서는 술지게미를 원료로 활용한 맥주를 제조하였다. 4시간 건조를 통해 수분을 제거한 술지게미를 비율에 따라 맥아와 섞어 맥주를 제조하였으며 이에 따른 이화학적 품질 평가, 발효 과정 중 CFU 변화, 맥주 원료와 맥주의 항산화 활성 측정, 관능 평가를 통해 최적의 술지게미 원료 비율을 찾고 술지게미를 활용한 맥주 제조의 가능성을 연구하였다. 발효 과정 중 CFU는 술지게미 70% 맥주를 제외하고 비슷한 발효 패턴을 보였으며 모든 비율에서 효모의 CFU 수가 증가하는 경향을 보였는데 이는 맥주 효모가 빠른 발효속도와 내당성, 내알코올성으로 인하여 효모 수가 증가한 것으로 보여진다. 이화학적 품질 평가를 통해 총 산도(총산)와 아미노산도, 비중, 당도의 경우 맥아만 사용된 맥주(0%)와 유의적 차이를 보이지 않았으며 pH의 경우 술지게미 활용 비율이 증가할수록 다소 감소했으나 발효 맥주의 정상 pH에 해당하는 범위였다. 색도(EBC)의 경우 술지게미를 원료로 제조한 맥주는 맥아로 제조한 맥주에 비해 낮은 값을 보이는데 이는 쌀의 색도가 낮고 맥아 첨가 비율이 적어졌기 때문으로 사료된다. 술지게미를 원료로 제조한 맥주의 알코올 함량 또한 유의적으로 낮은 값을 보이는데 관능 평가 결과와 함께 보았을 때 맥주의 기호도에 영향을 끼치지 않은 것으로 나타났다. 맥주 원료(술지게미, 맥아)의 항산화 활성 평가의 경우 총 페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능에서 술지게미는 맥아보다 높은 항산화능을 나타내었다. 그 중 총 페놀 함량의 경우 126.11 mg GAE/mL로 가장 높은 값을 보였으며 이는 Phenolics 화합물이 다량 함유되어 있을 것이라 사료된다. ABTS 라디칼 소거능의 경우 술지게미가 맥아보다 약 15% 낮은 값을 가지며 이는 맥아에 친수성 화합물이 많이 포함되어 있기 때문으로 예측된다. 제조된 맥주의 항산화 활성을 보았을 때 술지게미 첨가 비율이 증가할수록 총 페놀 함량과 ABTS 라디칼 소거능, DPPH 라디칼 소거능은 감소하는 것을 나타내었다. 관능 평가의 경우 전반적인 기호도는 술지게미 30% 맥주가 제일 좋은 결과를 나타냈고, 특히 술지게미 30%, 50% 맥주의 경우 기호도가 맥아로만 제조한 맥주(0%)에 비하여 모든 항목에서 높게 나타났으며 시판되는 맥주와도 차이가 없거나 높은 것으로 나타났

다. 본 연구를 통해 식품학적, 영양학적 가치를 함유한 술지게미를 활용하여 특색을 가진 지역 맥주 개발에 의의를 두고 있다. 특히 영양학적으로 우수하여 식품으로 활용할 수 있고 항산화 활성을 포함한 기능성 성분을 가진 술지게미의 활용 방안을 찾고자 하였다. 본 연구의 결과로 수입 맥아의 대체 원료로써 사용 가능성을 확인하여 특색을 살린 새로운 지역 맥주 제조와 더불어 술지게미가 다양한 식품 산업 분야에서 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

1. Lee MS. Dietary Fiber from Lees of Unpolished Rice : Clinical Effect on the Obese, M.S. Dissertation, Ajou University, Suwon, Korea. (2010)

2. Kim TY, Jeon TW, Kwak JS, Yeo SH, Kim SB, Kim JS. Antimicrobial, Antioxidant and SOD-Like Activity Effect of Jubak Extracts. The Korean Society of Food Science and Nutrition 23(3), 299-305 (2010)

3. Cho SY, Park JW, Rhee C. Edible Films from Protein Concentrates of Rice Wine Meal. Korean J. Food Sci. Technol. 30(5). 1097-1106 (1998)

4. Kim MS, Lee YS, Kim JS, Shin WC, Sohn HY. Evaluation of in-vitro Anti-thrombosis and Anti-oxidation Activity of Lees of Takju (Wookukseng), Journal of Life Science 25(4), 425-432 (2015)

5. Kim SM, Yoon CH, Cho WK. Quality Characteristics of Noodle added with Takju(Korean turbid rice wine) lees. Journal of the Korean Society of Food Culture 22(3), 359-364 (2007)

6. Bae AY. Characteristics of Gochujang made with Makgeolli Lees (Master's thesis). Sejong University (2019)

7. Go YS, Sim GH. Antioxidative Activites and Quality Evaluation of Jeung-pyun added with Ju-bak Powder(Master's thesis). Sookmyung Women's University (2019)

8. Cho EJ, Yang MO, Kang HJ. Physicochemical Characteristics of Yackwa with Added Rice Wine Cake. Journal of the East Asian Society of Dietary Life 17(1), 94-102 (2007)

9. Im CY, Kim MH, Kang WW. Quality characteristics of cookies added with Takju pomace powder. Korean Journal of Food Preservation. The Korean Society of Food Preservation 24(1), 8-12 (2017)

10. Lee JP. The Quality Characteristics of Chicken Terrine Marinated in Jubak (Rice Wine Lees). Culinary Science & Hospitality Research, Culinary Science & Hospitality Research 25(3), 173-179 (2019)

11. Kim MS, Shin WC, Sohn HY. Application of the Lees of Domestic Traditional Wine and its Useful Biological Activity. Journal of Life Science 25(9), 1072-1079 (2015)

12. Korea Alcohol & Liquor Industry Association, A new year issue of Korea Alcohol & Liquor Industry Association (2015)

13. Jung SJ. Beer Production and Properties using Nuruk, a Korean Fermentation Starter(Master's thesis). Sejong University (2015)

14. Tsukamoto A, Fukushima M, Nagashima T, Hashimoto N, Saito K, Noda T. Production and Properties of Low-malt Beer Using Extremely Fine Potato Starch. Journal of Applied Glycoscience, The Japanese Society of Applies Glycoscience 56(4), 281-286 (2009)

15. Yang HN, Oh EB, Park JS, Jung MY, Choi DS. Brewing and Properties of Low-Malt Beer with a Sweet Potato Paste. The Korean Journal of

Food And Nutrition 30(3), 491-500 (2017)

16. Penkina N, Tatar L, Zaychenko G, Lytkin D. Research of the toxicological and pharmacological effects of new blends on the body of biological objects. Journal of Jkrainian Food 4(4) 577-586 (2015)

17. Choi JS, Kwon YS, Kang HY, Kang JE. Quality characteristics of beer made using yeasts isolated from makgeolli or nuruk. Korean Journal of Food Preservation, The Korean Society of Food Preservation 29(7), 1164-1173 (2022)

18. Jung EJ, Kim GS, Park JY, Jeong C. A Study on the Fermentation Characteristics of Yeast for Rice Beer Separated from Traditional Nuruk. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Korea Academia-Industrial cooperation Society 20(11), 376-385 (2019)

19. Jung SJ, Chung CH. Production and properties of ale beer with Nuruk, a Korean fermentation starter, Korean Journal of Food Science and Technology 49(2), 132-140, (2017)

20. Kim YS. Quality Characteristics of Beer Produced Using Coix lacryma-jobi Bran Extract(Master's thesis). Seoul National University of Science and Technology (2022)

21. Yeom HC. The Effect of Green Tea Extracts on the Fermentation Properties of Polyphenol-Enriched Beers. Journal of the Korean Home Economics Association 46(3), 49-55 (2008)

22. Roh HS, Park JS, Oh JS, Kang ST. Quality Character istics of Low Malt Beer Made with Moisturized and Heat Treated Purple Corn. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 48(8) 887-89 (2009)

23. National Tax Service(NTS) Liquors Licence Aid Center, Analysis of Liquor Regulatory. Liquors Licence Aid Center, Seoul, Korea, 1-68 (2008)

24. Dudonne S, Vitrac X, Coutiere P, Woillez M, Mérillon JM. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. Journal of agricultural and food chemistry 57(5), 1768-1774 (2009)

25. Lee HR, Jung BR, Park JY, Hwang IW, Kim SK, Choi JU, Lee SH, Chung SK. Antioxidant activity and total phenolic contents of grape juice products in the Korean market. Korean journal of food preservation 15(3), 445-449 (2008)

26. Wang SJ, Lee HJ, Cho JY, Park KH, Moon JH. Isolation and Identification of Antioxidants from Makgeolli. Korean Journal of Food Science and Technology. Korean Society of Food Science and Technology 44(1), 14-20 (2012)

27. Lee SH, Cheong C. Brewing Characteristics and Condition Setting of Beer Using Rice Flour. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society 19(9), 206-214 (2018)

28. Cho KM, Hwang CE, Ahn MJ, Lee HY, Joo OS. Quality characteristics and antioxidant activities of makgeolli prepared using rice nuruk containing bitter melon (Momordica charantia). Korean Journal of Food Preservation 23(2) 259-266 (2016)

29. Lee HH, Moon YS. Assessment of the Important Factors Influencing Consistent and Accurate ABTS Assay, Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 48(3) 390-393 (2019)

30. Kim YS, Yong JE, Kang ST. Quality Characteristics of Beer Produced Using Coix lacryma-jobi Bran Extract, Journal of the East Asian Society of Dietary Life. The East Asian Society of Dietary Life 33(1), 1-9 (2023)