

한국산 6조 보리를 이용한 맥주 발효 Kinetics 특성

김지효 · 김지현 · 이승주 · 홍광원 · 권영안¹ · 박종철² · 김왕준*
동국대학교 식품생명공학과, ¹우석대학교 의식산업조리학과, ²국립 식량 과학원

Characterization of Fermentation Kinetics of Beer Made of Korean 6 Row-Barley

Ji Hyo Kim, Ji Hyun Kim, Seung Ju Lee, Kwang Won Hong, Young An Kwon¹,
Jong-Chul Park², and Wang June Kim*

Department of Food Science and Biotechnology, Dongguk University-Seoul

¹*Department of Food Science and Culinary Art, WooSuk University*

²*National Institute of Crop Science, Iksan*

Abstract

Beers are made of malted barley, hop, yeast, and water where the barley malt is the main ingredient. There are two types of barleys, two-row and six-row barley. Two-row barley is principally used in large-scale beer brewing, whereas six-row barley is incorporated in small scale brewing (e.g., microbrewery). In this study, beers were prepared from five varieties of Korean barley 1 two-row barley and 4 six-row barley, through malting, mashing, and fermentation processes. Beer fermentation parameters, namely alcohol and diacetyl contents, turbidity, foam stability, free amino nitrogen (FAN), yeast viability, color, and sensory properties were kinetically studied. From a practical point of view, the beer made of Dahyang, one of the six-row barley malts, showed the highest sensory preferences.

Key words: beer, Korean barley malts, fermentation, kinetics, six-row barley

서 론

맥주는 맥아, hop, 효모, 물을 이용하여 당화 및 발효 공정을 통해 제조되는 알코올 음료이다. 맥주는 수천 종에 이르는 다양한 종류가 있으며, 세계에서 가장 많이 소비되는 주류 중의 하나이다(Lewis and Young, 1995). 맥주는 몸에 이로운 칼륨, 마그네슘, 아연, 망간, 철분과 같은 미네랄과 비타민 B 계열의 성분을 함유하고 있으며, 이로 인해 대사 기능 촉진, 심혈관 질환 예방, 정신적 긴장 및 스트레스 해소 효과와 같은 영양학적 가치를 가지고 있는 것으로 알려져 있다(Bebb et al., 1971; Yi et al., 2004).

맥주의 원료로서 가장 중요한 보리는 이삭의 형태에 따라 2조 보리(two-row barley)와 6조 보리(six-row barley)로 구분된다. 또한 보리는 껍질이 씨알에 밀착하여 붙어 있는 겉보리(hulled barley)와 성숙 후 껍질이 씨알에서 잘 분리되

는 쌀보리(unhulled barley)로 구분된다. 국내에는 일반 보리인 6조 보리가 주로 생산되고 있으며, 2조 보리는 남부 지역 일부에서 소량 재배되고 있다. 6조 보리인 겉보리와 쌀보리는 식용으로 소비되고 있으며, 2조 보리는 맥주용으로 사용된다(Lee et al., 1994).

국내 시판되는 맥주는 대량으로 생산되는 제품이므로 그 원료를 선정할 때는 알코올 생산 수율을 최우선으로 고려한다. 따라서 탄수화물 함량이 높아 발효성 당 함량이 높은 2조 보리 맥아를 수입하여 주로 사용한다. 그러나 국내에서는 2조 보리의 재배가 어렵고, 일부 제주도 및 남부 지방에서 생산되고 있지만 그 생산량 및 품질이 외국산 보다 열등하여 그 사용에 많은 제약이 따른다. 이에 비하여 6조 보리 맥아는 단백질 함량이 상대적으로 높아 mashing 공정에서 끓임/냉각 동안 생성되는 단백질-polyphenol 화합물, 발효 공정 후 보관 중에 생성되는 haze에 의한 품질 저하가 발생할 수 있다(Lee WJ, 1989). 그러나 장점으로 당화 효소 함량이 높아 다양한 맛을 요구하는 소규모 생산 맥주에 선호된다. 맛을 다양화할 때는 쌀, 밀 등의 부원료(adjunct)의 추가 사용이 따르는데 부원료의 전분 당화를 위하여 6조 보리 맥아와 같은 높은 당화력이 요구된다. 최근 국내에서 소규모 생산 맥주 시장이 점차 증가하고 있

*Corresponding author: Wang June Kim, Department of Food Science and Biotechnology, College of Biosystem, Dongguk University, 3 Pil-dong, Jung-gu, Seoul, 100-715, Republic of Korea
Tel: +82-2-2260-3373; Fax: +82-2-2260-3373
E-mail: wjkim@dongguk.edu
Received May 1, 2013; revised May 30, 2013; accepted May 30, 2013

는 추세로 볼 때, 아직 시도된 바 없는 국산 6조 보리 적용 연구가 필요하다.

국내에서는 6조 보리의 재배가 적합한 환경에도 불구하고 수요 감소 추세로 인하여 2011년 겉보리 생산량은 12톤, 쌀보리 생산량은 43톤으로 보리 생산의 면적 및 생산량 통계가 최소치를 기록하고 있으며, 앞으로도 점점 더 낮아질 것으로 예상된다(Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, 2011). 만약 6조 보리를 이용한 맥주의 제조가 가능케 된다면 국내 농업 보호 측면에서 안정적인 국산 보리 수급과 생산기반 유지 대책 마련이 가능할 것으로 보인다. 또한 국내 작물의 소비 증대 및 농가 수입 증대에 기여할 수 있어 국내 보리 농업의 자생력 강화에 큰 기여를 할 전망이다. 본 연구에서는 국내에서 생산된 6조 보리를 이용하여 맥주를 제조할 때 발효 공정의 특성을 kinetics 관점에서 규명하였다. 맥주 발효 과정 중 품질 적성, 제조 적성, 관능 적성에 관한 특성 변화를 분석하였다. 제조 적성 평가 항목으로는 효모의 생육, 발효액 비중; 품질 적성 평가 항목으로 free amino nitrogen 함량, 색도, 최종 알코올 함량, 쓴맛, 탁도, 거품 안정성, diacetyl 함량을 확인하였다. 또한 관능 적성 항목으로는 향, 맛, 입안 촉감(mouth-feel), 뒷맛(aftertaste)에 대한 13 가지 속성의 변화를 평가하였다.

재료 및 방법

재료

2012년 전라북도 익산에서 수확된 2조 보리와 6조 보리를 사용하였다. 2조 보리의 경우 진양(Jinyang), 6조 보리는 쌀보리인 자수정(Jasujung)과 흰찰쌀(Hinchalssal)을, 겉보리인 다향(Dahyang)과 삼광찰(Samgwangchal)을 사용하였다. 효모는 가정용 맥주 제조에 자주 사용되는 Hefeweizen ale yeast WLP 300(Whitelabs, San Diego, USA)를 사용하였다. Hop은 Hallertauer traditional pellet type(Hopsteiner, Mainburg, Germany)을 사용하였으며, 이 hop의 α -acid 함량은 10%로 구성되어 있다. 본 실험의 목적은 국내산 보리의 맥주발효 적성을 알아보기 위함이며 따라서 수입종은 실험대상에서 제외하였다. 또한 국산보리의 일반성분은 이미 알려진 것이므로 실시하지 않았다.

제맥

제맥은 Automatic Micromalting Systems(Phoenix Biosystems Co., Australia)을 이용하여 침맥(Steeping)과 발아(Germination), 배조(Kilning)의 3 단계로 진행이 되었다. 침맥은 15°C에서 wet steeping과 dry steeping을 3회 반복하여 실시하였으며, germination은 16°C에서 총 5일간 보리를 발아시킨 후 재근하여 사용하였다. 배조는 처음 30분간 45°C를 유지한 후, 65°C까지 각 5°C의 온도 구간별 온도 증가속도를 점차 감소시킨 다음, 85°C까지는 온도 증가속도를 점차 크게 하여

제맥하였다(Chemists, A.S.O.B.). 제조된 맥아는 효소 및 주성분의 추출율을 높이기 위해 1mm의 간극의 Drum mill(Malt Drum Mill, Jeil Industry Co., Seoul, Korea)을 이용하여 잘게 분쇄하였다. 쌀보리의 경우 husk의 분리가 관찰되었으나 회수하여 사용하였다.

당화

맥아를 EBC Congress mash법(Horsley et al., 1995)에 따라 당화하여 맥즙을 제조하였다. 곱게 분쇄한 맥아 50g을 45°C, 200 mL의 증류수에 잘 섞은 다음 45°C에서 30분간 당화 시킨 후 1°C/min의 속도로 25분 동안 온도를 증가시켜 맥즙의 온도를 70°C까지 가열하였다. 그 후 70°C의 증류수 100 mL를 첨가하여 70°C를 유지하면서 1시간 더 당화시켰다. 당화가 완료되면 20°C로 맥즙을 식히고 증류수를 첨가하여 무게를 450g로 맞춘 후 주름진 여과지 No.597 1/2(Whatman, Germany)를 이용하여 여과한 후 사용하였으며 쌀보리의 경우 회수된 husk를 사용하였고 실험실규모 제조인 까닭에 filter bed 문제가 발생하지 않았다.

발효

맥즙에 hop을 3회에 걸쳐 1/2, 1/4, 1/4로 나누어 넣으며, 각각 10분, 5분, 5분씩 끓여 주었다. 이후 맥즙의 온도를 20°C가 될 때까지 급속 냉각시켰다. 냉각 후 알코올 도수 예측 및 당화의 정도를 파악하기 위한 초기 비중을 측정하였다. 여기에 미리 증식한 효모를 주입한 뒤, 공기 차단기를 설치하여 20°C에서 4일간 1차 발효를 실시하였다. 1차 발효 후 만들어진 young beer를 병입한 후 15°C의 온도에서 7일간 2차 발효를 시켜 숙성시켰다.

효모의 생육 측정

효모의 생육 변화는 ASBC 방법(Crumplen and Lewis, 1997a)을 기준으로 하여 측정하였다. 살아있는 효모의 수를 측정하기 위해 methylene blue 염색법과 hemocytometer를 사용하였다. 이 과정은 효모의 증식 기간을 제외한 1차 발효 4일 및 2차 발효 7일, 총 11일 동안의 생육 변화 양상을 확인하여 각 품종별로 비교하였다.

알코올 함량 측정

알코올 함량은 알코올 증류 장치를 이용하여 알코올을 증류시킨 후 주정계(211-DK-12, Deakwang, Seoul, Korea)를 이용하여 비중의 변화를 보았으며, 이를 주정분 온도 환산표를 통해 알코올 함량을 환산하여 예측하였다. 이를 각 품종별 맥주의 최종 알코올 함량을 측정, 비교하여 분석하였다.

비중 측정

발효액을 100 mL씩 취하여 이를 메스실린더에 넣고, 비

중계(200-DK-6, Deakwang, Seoul, Korea)를 이용하여 비중의 변화를 측정하였다. 비중의 변화는 맥즙, 1차 발효 종료 후, 2차 발효 종료 후 맥주 상태에 대한 비중의 변화 값을 각 품종별로 비교 분석하였다.

쓴맛 측정

맥주의 쓴맛에 대한 측정의 경우 ASBC에 제시된 방법(Crumplen and Lewis, 1997b)을 사용하였다. 맥주를 거품의 손실이 없도록 가스를 제거하여 20°C로 조절하고 10 mL를 원심분관에 취한 후 6 N 염산 0.5 mL, iso-octane 20 mL를 가하여 밀봉한 다음 진탕하였다(250 rpm, 15 min). 3000 rpm에서 3분간 원심분리 후 iso-octane 층을 취해 순수한 iso-octane을 대조로 275 nm에서 흡광도(A)를 측정하였다. 이를 각 품종별 맥주의 최종 제품 측정값을 비교하여 분석하였다.

$$\text{Bitterness} = 50 \times A$$

거품 안정성 측정

맥주의 거품 안정성에 대한 측정의 경우 ASBC에 제시된 방법(Crumplen and Lewis, 1997c)을 이용하여 실험하였다. 하부에 cock이 있는 유리 칼럼의 높이와 직경을 사용하였다. 시료 50 mL를 붓고 30초 후에 거품 이외의 하층액을 제거한 후 cock을 다시 막았다. 그 후 230초간 거품이 꺼지는 시간을 허용하여 깨진 거품의 양(b)과 남은 거품 양(c)을 측정하여 다음과 같은 식으로 거품 안정성(sigma)을 산출하였다. 이를 각 품종별로 거품 안정성을 측정, 비교하여 분석하였다(Ratnavathi et al., 2000).

$$\Sigma = \frac{230}{2.303 \log \left[\frac{b+c}{c} \right]}$$

색도 측정

색도계(CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하였으며, Hunter L(lightness), a(redness), b(yellowness)의 값을 측정하여 이에 대한 변화 양상을 각 품종별 비교를 통해 분석하였다.

탁도 측정

Spectrophotometer(UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 700 nm에서의 흡광도가 430 nm에서 측정된 흡광도 보다 ≤ 0.039 배라면 탁도가 “없음”으로, 아니라면 “있음”으로 결정하여 각 품종별 맥주의 차이를 알아보았다(Crumplen and Lewis, 1997d).

Free amino nitrogen 함량 측정

Free amino nitrogen(FAN) 함량 변화 측정은 AOAC에 제시된 방법(Horwitz and Latimer, 2011)을 이용하여 실험하

였다. 맥주 발효 과정별로 2 mL를 취하여 1 mL ninhydrine 발색제를 첨가한 뒤 16 분 동안 항온수조에서 100°C로 가열하였다. 그 후 20 분 동안 20°C±1°C에서 식힌 다음 5 mL의 희석액을 넣었다. 완벽하게 섞고 증류수와 비교하여 570 nm에서 30 분 이내에 흡광도를 측정하였다. 이 실험을 3 반복하며 흡광도(A)의 평균에서 평균 blank 흡광도를 뺀 값을 계산하여 FAN의 함량을 계산하였다. 이 변화 양상을 각 품종별로 비교하여 분석하였다.

$$\text{FAN (mg/L)} = \text{net A of test solution} \times 2 \times \text{dilution} / \text{net A of standard solution}$$

Diacetyl 함량 측정

Diacetyl 함량 측정은 spectrophotometer(UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용한 비색법으로 측정하였다. 0.175 M iso-niazide 용액 10 mL에 acetic acid 몇 방울을 넣어 산성화시킨다. 여기에 2.9×10^{-4} M diacetyl solution 5 mL과 0.15 M ZR(IV)염 1 mL를 더해 주었다. 3 M HCl과 4 M NaOH로 pH를 1.7±0.1로 조정시킨 후 제조한 용액을 50 mL 부피 플라스크에 옮겨서 물로 희석하였다. 약 30 분 뒤, diacetyl의 농도를 20-200 ppb 사이로 나타내어 calibration curve를 작성하였다(Rafael et al., 1993). 시료 25 mL을 NaCl 포화용액 70 mL과 섞어준 뒤, 이 혼합물을 iso-niazide 용액 20 mL에 30 mL이 포집될 때까지 증류시킨다. 이 값을 calibration curve와 대조하여 diacetyl의 양을 측정하였다(Garca-Villanova and Garca Estepa, 1995; Hernandez et al., 1995).

관능 검사

차이식별검사 방법을 이용하였으며, 패널 요원으로 동국대 식품공학과 대학생 30 명 중에서 패널 요원의 차이식별 능력, 참여의식, 편견 유무 등을 고려하여 10 명을 선발하였다. 관능 검사는 일회 검사당 시료 수가 많아 다시료 차이식별검사 방법인 불완전 블록법을 이용하여 실험을 설계하였다(Kim KW and Lee YC, 1996). 검사 항목은 ASBC 규격에 정의된 묘사 용어 중 맥주의 맛을 대표할 수 있는 관능적 특성 중 향 특성 5 개, 맛 특성 6 개, 입안 촉감 특성 1 개, 뒷맛 특성 1 개 항목을 선택하여 사용하였다(Crumplen and Lewis, 1997e). 향 특성 5 가지는 Aromatic(O1), Cereal(O2), Sour(O3), Sweet(O4), Carbonation(O5)의 강도로 정의하였다. 맛 특성 6 가지는 Aromatic(T1), Cereal(T2), Sour(T3), Sweet(T4), Bitter(T5), Carbonation(T6)의 강도로 정의하였다. 입안 촉감 특성은 Carbonation(M1)의 강도로 정의하며, 뒷맛 특성은 Carbonation(A1)의 강도로 정의하였다(Table 1). 각 용어에 대한 평점은 0-10 범위의 숫자 항목 척도로 표시하여 속성에 대한 차이의 세기로 평가하였다.

Table 1. The sensory attributes in classification of beer flavor.

Flavor class	Attribute	Description	Abbreviations of flavor			
			Odor	Taste	Mouth-feel	Aftertaste
Class 1	Aromatic	Alcoholic, fruity, esters	O1	T1		
Class 3	Cereal	Raw grain flavor, husk-like, mealy, malty	O2	T2		
Class 9	Sour	Vinegar, sour milk, lactic	O3	T3		
Class 10	Sweet	Honey, syrupy	O4	T4		
Class 12	Bitter	Bitter		T5		
Class 13	Mouth-coating	Carbonation, astringent, warming, metallic	O5	T6	M1	A1

통계 처리

평균값의 차이 분석은 $p = 0.05$ 의 유의적 수준에서 분산 분석(Analysis of variance, ANOVA)하였으며, 통계분석 프로그램인 SPSS(Statistical Package for the Social Science Version 21.0)을 이용하였다. Duncan's 다중비교법(multiple comparison test)을 적용하였다.

결과 및 고찰

비중의 변화

맥즙의 비중은 1차 발효 후 현격히 떨어졌으며 2차 발효 후에도 더 감소하여 지속적으로 알코올이 생성됨을 나타냈다(Fig. 1). 2조 보리인 진양 보리는 맥즙 단계부터 발효 종료 시점까지 다량 보리를 제외한 6조 보리에 비해 높은 것을 볼 수 있다. Preedy(2009)의 보고로부터 Weizen 맥주는 상면발효 방식의 ale로 만들어지며 이로 인해 짧은 기간 내에 비중이 감소하는 특징을 갖는다. 초기 비중은 1.044-1.052 부터 시작하여 최종 비중은 약 1.010-1.014 로 알려졌는데, 실험 결과 진양보리 및 다량보리가 이 값에 가장 가까웠으며, 이를 통해 발효의 정도 및 알코올 생성에 대한 결과가 예측되어 제품의 최적 적합성 정도를 알 수 있었다.

효모의 생육 변화

Methylene blue를 이용하여 효모의 생육 변화를 확인한

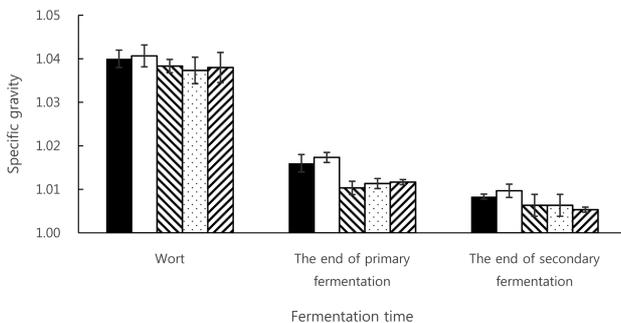


Fig. 1. Kinetic change of specific gravity of 5 different beers. ■, Jinyang; □, Dahyang; ▨, Hinchalssal; ▤, Samgwangchal; ▥, Jasujung. Error bars represent standard deviation (n=3).

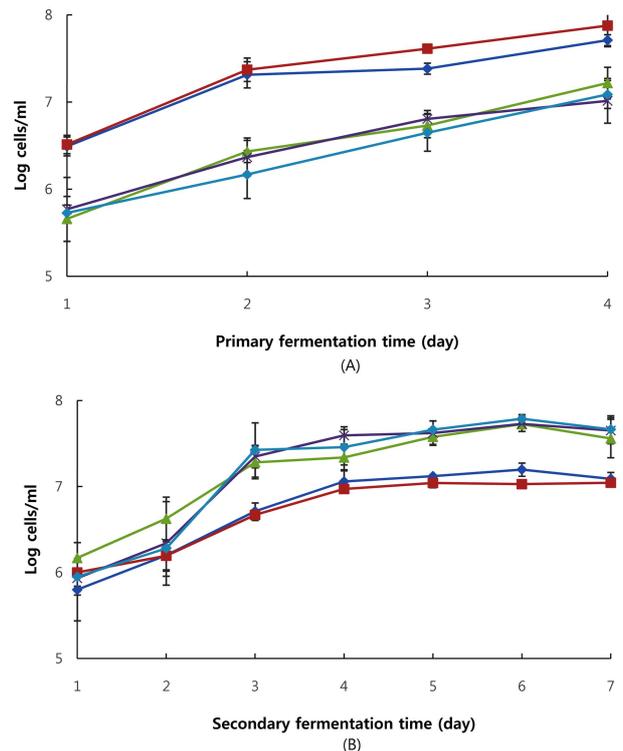


Fig. 2. Kinetic change of yeast viability of 5 different beers. A: primary fermentation, B: secondary fermentation. ●, Jinyang; ■, Dahyang; ▲, Hinchalssal; ×, Samgwangchal; ◆, Jasujung. Error bars represent standard deviation (n=3).

결과는 Fig. 2와 같다. 맥주 발효 과정 중 효모의 생육은 효모 세포의 성장에 대한 활성 정도로 정의되며, 이는 발효의 정도를 나타낼 수 있는 지표라 볼 수 있다(Jones, 1987; Boulton, 1991). 1차 발효 기간에서는 효모가 지속적으로 성장하였으며, 이 중 2조 보리인 진양 보리는 약 1.22 log cells/mL로 증가하였고, 6조 보리에서 다량 보리기에 가장 가까운 범위로 성장함을 볼 수 있다. 2차 발효에서는 4일차까지 증가 추세를 보이다 이후로는 균의 성장이 일정하게 유지됨을 볼 수 있다. 2차 발효에서 진양 보리에 대한 효모 성장은 약 1.29 log cells/mL로 증가하였고, 6조 보리 중 다량 보리는 이와 유사한 추세를 보였으나, 흰찰쌀, 삼광찰 및 자수정 보리는 보다 높은 성장을 보였다. Boulton and Quain(2006)에 의하면 효모의 초기 주입량은

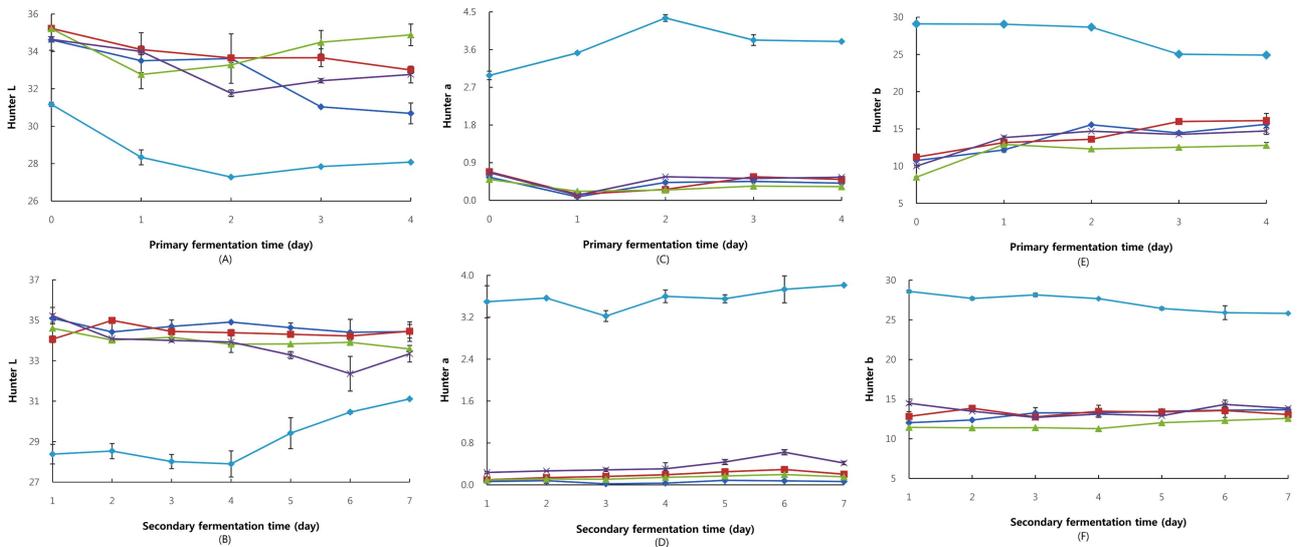


Fig. 3. Kinetic change of color of 5 different beers. A: L value in primary fermentation, B: L value in secondary fermentation, C: a value in primary fermentation, D: a value in secondary fermentation, E: b value in primary fermentation, F: b value in secondary fermentation. ●, Jinyang; ■, Dahyang; ▲, Hinchalssal; ×, Samgwangchal; ◆, Jasujung. Error bars represent standard deviation (n=3).

약 5×10^6 cells/mL로 하였을 때 growth phase는 최대 2 log cells/mL 정도 늘어나는 것으로 보고된 바 있다. 보리 품종 간 나타난 차이는 효모의 생육에 있어 필요한 단백질이나 탄수화물의 양이 달라져 그 생육 정도에 영향을 미쳤음을 알 수 있다(Kane and Roth, 1974). 특히 비중의 결과와 비교해 보았을 때, 1차 발효 및 2차 발효 기간 동안 효모가 탄수화물을 이용함에 있어 진양 보리와 다향 보리가 그 이용 양이 작아 균 성장이 낮아진 것으로 볼 수 있다.

색도 변화

발효 기간을 통해 나타난 색도의 변화는 Fig. 3과 같다. 밝기를 나타내는 L 값은 발효 기간이 경과함에 따라 약간 감소하는 경향을 보였다. 6조 보리 중 자수정 보리는 외관상으로 보아도 어두운 색을 형성하였으며, 이를 통해 상당히 유의적인 차이가 나타났다($p < 0.05$). 이는 발효 과정 중 효모의 성장으로 인한 탁도의 영향으로 인해 변하는 경우로 볼 수 있다(Siebert et al., 1996).

적색도를 나타내는 a 값은 자수정 보리를 제외한 모든 보리가 대체로 낮은 값을 나타내지만, 발효가 진행될수록 점점 진해지는 모습을 볼 수 있었다. 또한 자수정 보리는 외관상으로 보아도 상당히 붉은 모습을 나타내었으며, 실제 측정치 또한 높은 값을 보이며, 발효가 진행될수록 더욱 강한 값을 나타냄을 볼 수 있다. a 값에서 2조 보리인 진양 보리와 가장 유사하게 나타난 보리로는 흰찰쌀 보리였지만, 다향, 삼광찰 보리에서도 큰 차이가 나타나지는 않았다.

황색도를 나타내는 b 값은 큰 변화를 나타내지는 않으나, 발효가 진행될수록 점점 진해지는 모습을 볼 수 있었다. L

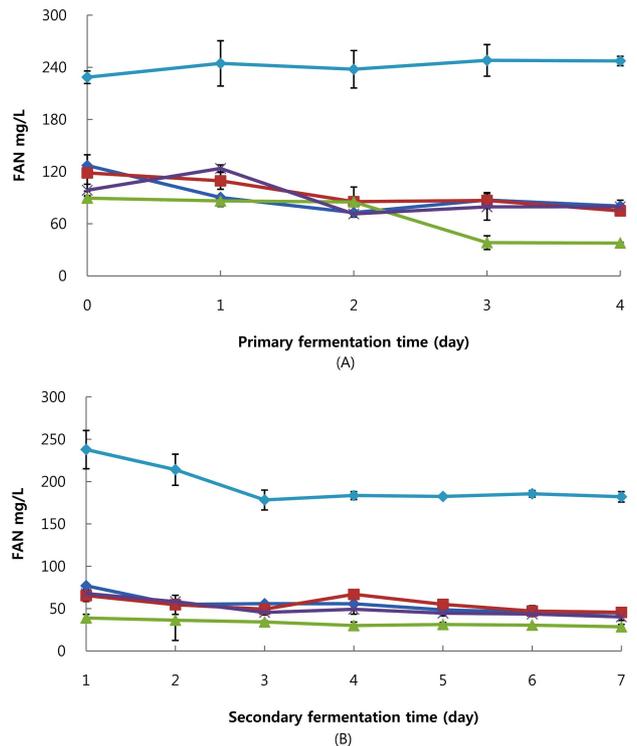


Fig. 4. Kinetic change of free amino nitrogen of 5 different beers. A: primary fermentation, B: secondary fermentation. ●, Jinyang; ■, Dahyang; ▲, Hinchalssal; ×, Samgwangchal; ◆, Jasujung. Error bars represent standard deviation (n=3).

값 및 a 값과 유사하게 b 값 또한 자수정 보리는 다른 보리들에 비해 상당히 큰 차이를 나타냈으며, 2조 보리인 진양 보리와는 다향 보리가 가장 유사하게 나타났다. 이는 보

리에 있는 미량의 색소 성분에 의해 결정됨을 볼 수 있다 (Bamforth, 2009).

Free amino nitrogen 함량 변화

FAN 함량 변화는 Fig. 4와 같았다. FAN 함량은 효모가 단백질 및 peptide를 대사 과정 중에 이용함에 따라 함량이 줄어들게 된다. 모든 보리에서 FAN 함량은 서서히 줄어드는 모습을 볼 수 있는데, 이는 FAN 함량이 단백질의 분해산물 형성에 관련이 있으며, 이러한 FAN의 농도가 높을수록 혼탁도, 쓴맛, 거품 안정성 등에 큰 영향을 제공하여 맥주품질의 안정성을 떨어뜨리게 되므로(Schildbach, 1987), 값이 줄어드는 것이 중요하다. 자수정 보리는 FAN 함량이 다른 보리에 비해 매우 높았고, 흰찰쌀 보리는 진

양 보리에 비해 더 낮은 함량을 나타냈다. 다향, 삼광찰 보리는 진양 보리와 큰 차이를 나타내지 않았으며, 유의적 차이 또한 크게 나타나지 않았다($p > 0.05$).

관능 속성 변화

관능검사 변화값의 결과는 Table 2, 3, 4와 같다. 관능검사 결과 Aromatic 항목을 나타내는 O1, T1의 강도는 발효가 진행될수록 점차 증가하는 모습을 볼 수 있었으며, 이는 발효 진행에 따른 alcohol 생성량의 증가 결과(Van Maris et al., 2006)로 볼 수 있다. O1, T1에서 가장 강도가 높은 시료는 다향 보리였으며, 이는 진양 보리와 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$). 탄산의 향, 맛, 후미, 입안촉감을 나타내는 O5, T6, A1, M1의 강도는 점차 증가하는

Table 2. Sensory properties of wort made of 5 different barleys.

Sensory attribute	Beer wort				
	Jinyang	Dahyang	Hinchalssal	Samgwangchal	Jasujung
O1	4.00±0.94 ^a	2.90±0.99 ^b	2.25±0.71 ^b	2.25±1.49 ^b	4.38±0.92 ^a
O2	6.40±0.84 ^a	5.20±0.79 ^b	3.50±1.31 ^c	4.00±0.76 ^c	3.88±0.99 ^c
O3	1.80±0.63 ^a	2.70±1.06 ^b	3.50±0.53 ^c	1.75±0.46 ^{ab}	2.13±1.36 ^{ab}
O4	3.90±0.88 ^a	4.10±1.29 ^a	2.63±1.51 ^b	3.50±0.76 ^{ab}	4.50±0.76 ^a
O5	1.70±0.95 ^a	0.80±0.79 ^b	1.00±0.76 ^{ab}	0.50±0.76 ^b	0.63±0.74 ^{ab}
T1	4.80±0.63 ^a	3.70±1.06 ^{bc}	3.13±0.64 ^c	3.63±0.52 ^{bc}	4.13±0.64 ^b
T2	6.20±0.63 ^a	4.50±1.08 ^b	3.13±0.64 ^c	4.50±0.76 ^b	4.63±0.92 ^b
T3	2.90±0.88 ^a	1.40±0.70 ^c	2.63±0.92 ^a	1.50±0.53 ^{bc}	2.25±0.71 ^{ab}
T4	4.80±0.63 ^a	4.30±1.06 ^{ab}	4.38±1.19 ^{ab}	3.88±0.64 ^b	3.25±1.16 ^b
T5	0.20±0.42 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.13±0.35 ^a	0.13±0.35 ^a
T6	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
M1	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
A1	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

Means in the same row with different letters (a-c) are significantly different ($p < 0.05$).

Mean±standard deviation (n=3).

Table 3. Sensory properties of young beer from the primary fermentation, made of 5 different barleys.

Sensory attribute	Young beer from the primary fermentation				
	Jinyang	Dahyang	Hinchalssal	Samgwangchal	Jasujung
O1	5.30±0.67 ^a	5.14±0.69 ^a	3.14±0.69 ^b	3.43±0.53 ^b	4.14±0.69 ^c
O2	5.30±0.67 ^a	4.57±0.79 ^{ab}	2.86±0.38 ^c	3.71±1.25 ^{bc}	3.71±1.11 ^b
O3	2.40±0.70 ^a	3.29±0.76 ^b	5.71±0.49 ^d	4.57±0.79 ^c	4.00±1.15 ^{bc}
O4	4.30±0.82 ^{ab}	5.14±1.07 ^a	1.29±0.76 ^c	3.43±1.51 ^b	4.43±0.53 ^{ab}
O5	5.70±0.48 ^a	5.43±0.79 ^a	1.86±0.69 ^c	2.14±0.90 ^c	3.14±0.90 ^b
T1	5.90±0.57 ^a	3.57±0.98 ^b	4.00±0.58 ^b	4.29±0.49 ^b	2.86±0.69 ^c
T2	5.30±0.48 ^a	4.29±0.76 ^b	3.14±0.69 ^c	3.29±0.49 ^c	2.71±0.76 ^c
T3	2.40±0.52 ^a	2.71±0.76 ^a	5.14±0.90 ^c	4.43±0.53 ^{bc}	3.71±0.76 ^b
T4	4.70±0.48 ^a	4.14±0.69 ^a	2.86±0.68 ^{bc}	2.57±0.53 ^c	3.43±0.79 ^b
T5	2.40±0.70 ^a	3.57±0.53 ^b	4.43±0.53 ^c	4.14±0.69 ^{bc}	3.71±1.11 ^{bc}
T6	6.22±0.67 ^a	5.86±0.69 ^a	2.14±1.07 ^c	2.14±0.38 ^c	3.57±0.98 ^b
M1	6.60±0.52 ^a	6.14±0.90 ^a	1.86±1.07 ^c	3.29±0.76 ^b	2.57±0.53 ^{bc}
A1	6.30±0.48 ^a	6.29±0.95 ^a	1.71±0.76 ^c	2.57±0.53 ^b	3.14±0.69 ^b

Means in the same row with different letters (a-d) are significantly different ($p < 0.05$).

Mean±standard deviation (n=3).

Table 4. Sensory properties of beer from the secondary fermentation, made of 5 different barleys.

Sensory attribute	Beer from the secondary fermentation				
	Jinyang	Dahyang	Hinchalssal	Samgwangchal	Jasujung
O1	5.29±0.49 ^{ab}	5.88±0.99 ^a	4.75±0.89 ^b	4.78±0.64 ^b	3.29±1.11 ^c
O2	4.43±0.53 ^{ab}	4.75±0.71 ^a	3.50±0.76 ^c	3.63±0.52 ^{bc}	4.43±1.27 ^{ab}
O3	1.43±0.53 ^a	2.00±1.07 ^{ab}	2.38±0.52 ^b	1.50±0.53 ^a	1.57±0.79 ^a
O4	4.57±0.53 ^a	4.88±0.83 ^a	2.63±0.74 ^b	3.38±0.74 ^b	3.00±0.82 ^b
O5	6.14±0.69 ^a	5.75±1.04 ^a	2.13±0.71 ^b	2.88±0.83 ^b	2.43±0.98 ^b
T1	5.71±0.76 ^a	6.13±0.99 ^a	4.00±0.82 ^b	3.38±0.92 ^{bc}	2.86±0.69 ^c
T2	5.29±0.76 ^a	4.38±0.74 ^a	3.13±0.83 ^b	2.88±1.13 ^b	4.57±0.79 ^a
T3	2.00±0.58 ^{ab}	2.50±1.07 ^{bc}	1.63±0.92 ^a	2.75±0.89 ^{bc}	3.14±1.07 ^c
T4	5.14±0.38 ^a	4.50±0.53 ^b	1.50±0.53 ^d	3.00±0.76 ^c	2.57±0.53 ^c
T5	4.71±0.49 ^a	5.00±0.76 ^a	6.50±0.53 ^b	6.38±0.74 ^b	6.29±0.76 ^b
T6	6.29±0.49 ^a	5.38±0.74 ^b	2.13±0.83 ^{cd}	2.63±0.52 ^c	1.71±0.76 ^d
M1	6.14±0.38 ^a	5.38±0.92 ^b	1.88±0.64 ^c	2.14±0.69 ^c	1.29±0.49 ^c
A1	6.43±0.53 ^a	4.88±0.64 ^b	1.88±0.99 ^c	1.75±1.04 ^c	1.71±0.95 ^c

Means in the same row with different letters (a-d) are significantly different ($p < 0.05$).
Mean±standard deviation (n=3).

모습을 볼 수 있었는데, 이는 발효가 진행될수록 탄산 양이 증가함에 따른 결과로 볼 수 있다(Lodolo et al., 2008). 진양 보리와 다향 보리의 탄산 강도가 지속적으로 가장 강하게 나타났으며, T6를 제외한 두 보리간의 탄산 강도의 유의적 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$). Cereal과 Sweet의 향과 맛을 나타내는 O2, O4, T2, T4는 감소하는 결과를 볼 수 있으며, 이는 맥즙을 끓이고 발효 과정에서 고유의 cereal, sweet 향과 맛이 감소함으로써 나타난 결과로 볼 수 있다. O2와 O4, T2 모두 진양 보리 및 다향 보리의 강도가 가장 높았으며, 자수정 보리 또한 높은 강도를 나타내었다. 세 보리간의 유의적 차이는 나타나지 않았음을 볼 수 있었다($p > 0.05$). 반면 T4는 진양 보리와 모든 보리간의 유의적 차이가 발생하였다($p < 0.05$). O3와 T3는 1차 발효 직전에는 강한 강도가 나타났으나, 2차 발효 이후로 크게 감소하였는데, 이는 효모의 생육 정도에 따라 sour의 특징이 결정된 것으로 보인다. O3의 경우 진양 보리가 가장 낮은 강도를 보였으며, 삼광찰 보리와 자수정 보리가 유의적 차이가 나타나지 않았고, 흰찰쌀 보리에서 유의적 차이가 나타남을 볼 수 있다. T3의 경우 진양 보리와 비교하였을 때, 자수정 보리를 제외한 모든 보리에서 유의적 차

이가 나타나지 않았으며, 진양 보리에 비해 흰찰쌀, 삼광찰 보리가 높은 값이 나왔다. 맥주의 쓴맛을 나타내는 T5는 발효가 진행될수록 더 강해지는 것을 볼 수 있었으며, 이는 hop에서 나오는 성분에 따라 전체적으로 향미 성분과 맛 성분의 차이가 나타나지 않았으며, 향미 성분이 제품에 맛에 관여하는 것을 볼 수 있었다. 진양 보리의 쓴맛 강도는 서서히 감소하는 것을 볼 수 있으며, 진양보리와 비교하여 다향 보리는 유의적 차이가 나타나지 않았으며($p > 0.05$), 다른 보리들은 유의적 차이가 나타났다($p < 0.05$).

알코올 및 Diacetyl 함량, 쓴맛, 탁도, 거품안정성 측정

알코올 및 diacetyl 함량, 쓴맛, 탁도, 거품안정성 측정 결과 값은 Table 5와 같다. 본 실험에서 제조한 Weizen beer의 표준 알코올 농도 범위는 4.3-5.6%로 알려져 있다(Preedly, 2009b). 모든 보리의 측정치는 표준 알코올 농도 범위에 근접하였으며, 쌀보리는 4.48%로 알코올 농도가 가장 높았다. 진양 보리의 알코올 농도는 큰 편차로 인해 평균 4.17%로 낮은 측정치를 보이거나 표준 알코올 농도 범위에 근접한 것으로 보인다.

또한, 쓴맛 정도는 주로 hop에서 나오는 유도체인 iso- α

Table 5. Quality factors of beer made of 5 different barleys.

Factor	Jinyang	Dahyang	Hinchalssal	Samgwangchal	Jasujung
Alcohol (%)	4.17±0.61	4.4±0.1	4.87±0.31	4.33±0.21	4.1±0.23
Bitter taste	15.9±4.5	17.1±5.3	19.2±2.1	19.5±0.8	19.9±1.6
Turbidity	Exist	Exist	Exist	Exist	Exist
Foam stability	406.1±46.1	397.5±81.9	306.8±87.7	361.5±101.4	656.5±131.9
Diacetyl	37.6±5.3	44.3±10.3	94.3±34.8	31.6±10.6	52.3±14.7

Mean±standard deviation (n=3).

acid 함량에 따라 나타나며, 맥주의 iso-octane으로 산성화 되어 추출된 bitter substances를 측정하여 결정된다 (MEBAK Brautechnische Analysemethoden, 2002). 측정 표준 범위는 10-40 BU로 모든 보리의 측정치가 범위에 속하였으나 6조 보리 중 흰찰쌀, 삼광찰, 자수정 보리는 각각 19.2, 19.53, 19.92 BU로 높은 반면, 다향보리는 17.1 BU로 낮아 2조 보리인 진양 보리의 15.87 BU에 가장 가까운 쓴맛 정도를 보였다. 탁도는 맥주의 발효과정 중 효모의 성장 및 단백질, polyphenol의 존재 등을 통해 발생하며 (Siebert et al., 1996), 맥주의 발효 유무를 확인할 수 있는 척도로 사용된다. 모든 보리의 측정치 중 탁도가 발생하였기에 맥주의 발효 진행이 잘 되었음을 볼 수 있다. 거품안정성은 맥주 품질 특성에 있어 가장 기초적이고 가장 중요한 항목으로 (Kordialik-Bogacka and Antczak., 1996), Hop으로부터 유리되는 iso- α acid와 malt로부터 기인한 많은 protein 및 polypeptide에 의해 생성된다 (Evans et al., 2008). 거품의 안정성을 통해 탄산을 유지하고 맥주의 품질을 좋게 해줌으로써, 보다 경쟁력 있는 제품을 만들 수 있게 된다. 거품안정성의 수치가 높을수록 보다 안정하다는 것을 뜻하는데, 자수정 보리가 상당히 안정한 값이 나왔고, 다향, 삼광찰 보리는 진양 보리와 유사한 값이 나왔는데, 이는 FAN과 같은 단백질의 함량에 따라 비슷한 결과가 나타난 것으로 예상해볼 수 있다. Diacetyl은 맥주에 buttermilk와 같은 off-flavor를 형성하여 맥주의 품질에 영향을 준다. Diacetyl의 함량은 맥주의 질소 함량, pH, 온도 등에 따른 발효 조건에 의해 영향을 받으며, 70 ppb 이하로 내려가야 맥주의 품질에 영향을 주지 않기에, 효모의 양 조절 및 저온 유지가 중요하다 (Tolls et al., 1970). Diacetyl 함량은 흰찰쌀을 제외한 모든 보리에서 70 ppb를 넘지 않았으며, 이를 통해 맥주 품질에 크게 영향을 받지 않음을 볼 수 있다.

본 연구를 통해 국내산 보리인 다향이 맥주보리로 가능성이 확인 되었으며 향후 연구로서 수입보리와 비교시험 및 보리의 일반성분 차이에 따른 품종 별 발효적성 연구가 진행되어야 할 것이다.

요 약

본 연구는 6조 보리를 이용하여 양조한 맥주의 발효 중 여러 특성의 변화를 측정하여 6조 보리 맥주의 제품 가능성을 확인해 보았다. 실험은 2조 보리 1종과 6조 보리 4종을 이용하여 제맥, 당화, 발효 공정을 통해 맥주를 제조하였으며, 제조 공정 중 발효 특성의 변화를 확인하였다. 발효 특성 항목으로 효모의 생육, 비중, 색도, 거품 안정성, free amino acid, 13 개의 관능 속성 변화를 측정하였고, 최종 제품인 맥주의 알코올 함량, 쓴맛, 탁도, diacetyl을 측

정하였다. 결과적으로 6조 보리인 다향이 2조 보리인 진양과 발효 kinetics 특성이 가장 유사하게 나타나 맥주 제조에 적합한 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농림수산물식품부 농림기술개발사업(112071-3) 연구결과의 일부로서 연구비 지원에 감사 드립니다.

참고문헌

- Bamforth CW. 2009. Beer: A quality perspective. Academic Press, p. 221.
- Bebb HT, Houser HB, Witschi JC, Littell AS, Fuller RK. 1971. Calorie and nutrient contribution of alcoholic beverages to the usual diets of 155 adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 24: 1042-1052.
- Boulton C, 1991. Yeast management and the control of brewery fermentations. *Brewers Guardian.* 120: 25-29.
- Boulton C, Quain D. 2006. Brewing yeast & Fermentation. Blackwell Science, pp. 426.
- Crumplen RM, Lewis MJ. 1997a. Laboratory methods for craft brewers. *The Am. Soc. Brewing Chem.*, pp. 53-57.
- Crumplen RM, Lewis MJ. 1997b. Laboratory methods for craft brewers. *The Am. Soc. Brewing Chem.*, pp. 41-45.
- Crumplen RM, Lewis MJ. 1997c. Laboratory methods for craft brewers. *The Am. Soc. Brewing Chem.*, pp. 39-40.
- Crumplen RM, Lewis MJ. 1997d. Laboratory methods for craft brewers. *The Am. Soc. Brewing Chem.*, p. 35.
- Crumplen RM, Lewis MJ. 1997e. Laboratory methods for craft brewers. *The Am. Soc. Brewing Chem.*, pp. 78-83.
- Evans DE, Surrel A., Sheehy M, Stewart DC, Robinson L.H. 2008. Comparison of foam quality and the influence of hop alpha-acids and proteins using five foam analysis methods. *J. Am. Soc. Brewing Chem.* 66: 1-10.
- Garca-Villanova RJ, Garca Estepa RM. 1993. Spectrophotometric determination of total vicinal diketones with isoniazide and a zirconium salt. *Fresenius J. Anal. Chem.* 347: 276-279.
- Hernandez GEJ, Estepa RG, Rivas IR. 1995. Analysis of diacetyl in yogurt by two new spectrophotometric and fluorometric methods. *Food Chem.* 53: 315-319.
- Horsley RD, Schwarz PB, Hammond JJ. 1995. Genetic diversity in malt quality of North American six-rowed spring barley. *Crop Sci.* 35: 113-118.
- Horwitz W, Latimer GW. 2011. Official methods of analysis of AOAC International. AOAC International, pp. 39-40.
- Jones RP. 1987. Measures of cell death and deactivation and their meaning. *Progress Biochem.* 22: 129-134.
- Kane SM, Roth R. 1974. Carbohydrate metabolism development in yeast during ascospore. *J. Bacteriol.* 118: 8-14.
- Kim KW, Lee YC. 1996. Food sensory evaluation. Seoul Hakyoonsa, pp. 277-279.
- Kordialik-Bogacka E, Antczak N. 2011. Prediction of beer foam stability from malt components. *Czech J. Food Sci.* 29: 243-249.
- Lee CK, Lee YT. 1994. Effects of varietal variation in barley on

- β -glucan and malting quality characteristics. Kor. J. Food Sci. Technol. 26: 172-177.
- Lee WJ. 1989. Malting quality characteristics of Korean and North American barley varieties. J. Kor. Agric. Chem. Soc. 32: 203-208.
- Lewis MJ, Young TW. 1995. Brewing. Chapman & Hall, London, UK. pp. 1-7.
- Lodolo EJ, Kock JL, Axcell BC, Brooks M. 2008. The yeast *Saccharomyces cerevisiae* – the main character in beer brewing. FEMS Yeast Res. 8: 1018-1036.
- MEBAK Brautechnische Analysemethoden 4th Edition 2, Method 2.18.1, 2002, p. 114.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2011. Statistics of Agriculture. Available from: <http://www.mafra.go.kr>. Accessed Sep. 19, 2011.
- Preedy VR. 2009a. Beer in health and disease prevention. Academic Press, p. 21.
- Preedy VR. 2009b. Beer in health and disease prevention. Academic Press, pp. 22-27.
- Ratnavathi CV, Ravi SB, Subramanian V, Rao NS. 2000. A study on the suitability of unmalted sorghum as a brewing adjunct. J. Institute Brewing. 106: 383-387.
- Schildbach. 1987. R. Studies of the nitrogen content and nitrogen composition of barley, malt and beer. Brewers Digest 52: 42-47, 53.
- Siebert KJ, Carrasco A, Lynn PY. 1996. Formation of protein-polyphenol haze in beverages. J. Agric. Food Chem. 44: 1997-2005.
- Tolls TN, Shovers J, Sandine WE, Elliker PR. 1970. Enzymatic removal of diacetyl from beer. Am. Soc. Microbiol. 19: 649-657.
- Van Maris AJA, Abbott DA, Bellissimi E, Van den Brink J, Kuyper M, Luttik MAH, Wisselink HW, Scheffers WA, Van Dijken JP, Pronk JT. 2006. Alcoholic fermentation of carbon sources in biomass hydrolysates by *Saccharomyces cerevisiae*. Antonie van Leeuwenhoek 90: 391-418.
- Yi JJ, Ohrr HC, Yi SW, Chung WJ. 2004. Association of drinking patterns and health characteristics with beverage preference. J. Prev. Med. Public Health 37: 133-140.