

발효온도에 따른 보리와 밀 혼합막걸리의 품질 특성

신동선 · 정석태** · 심은영* · 이석기* · 김현주* · 우관식* · 오세관* · 김시주* · 박혜영*

동원대학교 호텔관광대학, *농촌진흥청 국립식량과학원 수확후이용과,
**농촌진흥청 국립농업과학원 발효식품과

Quality Characteristics of Mixed *Makgeolli* with Barley and Wheat by Fermentation Temperature

Dong-Sun Shin, Seok-Tae Jeong**, Eun-Yeong Sim*, Seuk Ki Lee*, Hyun-Joo Kim*, Koan Sik Woo*,
Sea-Kwan Oh*, Si-Ju Kim* and †Hye-Young Park*

Hotel Tourism Department, Tong Won University, Gwangju, Gyeonggi 12813, Korea

*Crop Post-Harvest Technology Division, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16613, Korea

**Fermented Food Science Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

Abstract

This study aimed to evaluate the fermentation characteristics of mixed *Makgeolli* with barley and wheats under, fermentation at different temperatures (20, 25, and 30°C) and time (3, 6, and 9 days). The pH and sugar of mixed *Makgeolli* were 3.68~4.26 and 12.30~17.31 °Brix, respectively. The total acidity showed proportionate increase with fermentation temperature and time; whereas, reducing sugar contents decreased with increasing fermentation temperature and time. The alcohol contents of mixed *Makgeolli* varied significantly by fermentation temperature and time ($p < 0.05$). In terms of color values, the L value decreased with increasing fermentation temperatures, and a value increased significantly with increasing fermentation time. The number of microorganisms (yeast, total bacteria and lactic acid bacteria) in mixed *Makgeolli* decreased progressively with increasing fermentation temperature and time. Among the organic acids (citric, lactic, malic, and pyruvic acids) in mixed *Makgeolli*, citric and lactic acid was present at the highest concentrations. From these results, the optimum fermentation conditions of mixed *Makgeolli* with barley and wheat were 20~25°C for 6 days.

Key words: barley, wheat, *Makgeolli*, fermentation characteristics

서론

우리나라 고유의 전통주인 막걸리는 쌀과 밀을 주원료로 누룩을 첨가하여 발효시킨 술덧을 혼탁하게 제성한 것으로서 단맛, 신맛, 쓴맛, 매운맛 및 청량감 등의 독특한 향미를 내는 발효주이다(Kim 등 2011). 막걸리는 단백질, 비타민, 식이섬유, 유기산 등의 영양성분이 많으며(Woo 등 2010b), 신진대사를 원활히 하는 많은 양의 유산균이 함유되어 있고, 생효모에 의한 성장작용과 기능성 물질이 함유되어 있어서 영

양 및 기능적으로 우수하다(Lee & Han 2001; Song & Park 2003; Kwak 등 2014). 이러한 막걸리의 기능성물질은 충분한 영양으로 증식한 미생물과 그 대사산물에 의해 부가되므로, 맛과 향은 물론, 기능성까지 고려한 소재개발이 가능할 것으로 보인다(Rhee 등 2014). 막걸리의 발효과정에서 증식되는 미생물은 알코올 생산에 관여하는 효모와 전분을 포도당으로 분해하여 효모의 알코올 생산을 돕는 곰팡이류, 젖산을 생성하여 보존의 효과를 높이는 유산균류 등이 있다. 특히, 생균수 중에서 가장 많은 효모는 *Saccharomyces cerevisiae*이며,

† Corresponding author: Hye-Young Park, Crop Post-Harvest Technology Division, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon, 16613, Korea. Tel: +82-31-695-0636, Fax: +82-31-695-4085, E-mail: phy0316@korea.kr

유산균에 비해 많은 것으로 연구 보고되었다(Yoon 등 2012; Rhee 등 2014).

막걸리에 대한 연구로는 주로 다양한 원료를 이용한 것이 대부분으로 율피가루(Jeong 등 2006), 팽화미분(Kim 등 2007), 수수(Woo 등 2010a), 현미(Lee 등 2014a), 보리(Park 등 2015) 등의 연구보고가 있었으며, 생리기능 활성에 대한 연구(Kim 등 2012; Jung & Kim 2015), 항균활성에 대한 연구(Sim & Kim 2016) 등이 보고되었다. 또한, 최근 막걸리가 암세포의 성장을 억제한다는 연구가 보고됨에 따라 막걸리에 대한 소비자의 관심도가 증대되면서 품질뿐만 아니라, 원료나 제조 방법에 따른 다양화, 소비패턴의 변화로 인한 고급화 등 소비자의 욕구가 커지고 있다(Ha 등 2014; Shin 등 2015).

보리(*Hordeum vulgare* L.)는 식이섬유와 β -glucan을 함유하고 있는 기능성 소재로 관심이 높아지고 있는 식량자원이며, 다른 곡류에 비해 발효가 잘 되는 가공학적 특성이 있다(Choe & Youn 2005; Seo & Park 2014). 밀(*Triticum aestivum* L.)은 당질과 단백질, 비타민 등과 같은 영양분이 풍부하지만, 국내에서 소비되는 대부분의 밀이 수입에 의존하고 있어, 국내산 밀의 자급률(0.7%)을 높이려고 노력하고 있다(Kim & Yi 2010; Han 등 2014). 현재까지 국산 밀을 이용한 가공에 대한 연구는 빵(Lee 2003; Kang 등 2010), 파스타(Park 등 2009) 및 국수(Kim 등 2011) 등 대부분의 연구가 제빵과 제면 특성에 치우쳐 있어 국산 밀 소비촉진을 위한 다양한 가공품 개발과 품질에 관한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 100% 국내산 보리와 밀의 혼합막걸리를 제조하여 막걸리의 품질연구를 위한 기초자료로서 발효온도 및 시간에 따른 이화학적 특성, 환원당 및 알코올 함량, 색도, 미생물수, 유기산 등의 발효특성을 비교 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

막걸리 제조 원료에 사용된 보리와 밀은 2015년에 재배 및 수확한 것으로 흰찰쌀보리(*Huinchalssal-bori*, Gunsan, Korea), 백중밀(*Baegjoong-mil*, Gwangju, Korea)을 사용하였다. 발효제인 입국은 탁주제조용으로 천일산업(Cheonil Co., Yeosu, Korea)에서 구입하였으며, 누룩은 우리밀로 제조한 재래누룩(Nuruk, Jinjugokja, Jinju, Korea)을 광천상회에서 구입하여 사용하였다. 효모는 건조된 *Saccharomyces cerevisiae*(La Parisienne, Societe Industrielle Lesaffre, Marcq en Baroeul, France)를 구입하여 실험에 사용하였다. 보리 도정은 도정기(Barley mill DK 108, Dongyang Techtool Co., Daegu, Korea)를 이용하였으며, 밀은 Buhler mill(MLU-202, SWISS)를 이용하여 AACCI Ap-

proved Methods 26-31.01(AACC 2010)방법에 따라 제분수율이 70%로 되도록 제분하였다.

2. 막걸리 제조 및 발효조건

보리와 밀 혼합막걸리 제조를 위하여 흰찰쌀보리와 백중밀을 1:1(w/w) 비율로 혼합하였으며, 원료곡의 무게는 세척 전 무게 1,500 g이 되도록 준비하였다. 보리는 세척 후 3배 부피의 물을 첨가하여 3시간 동안 침지한 다음 30분 동안 물빼기를 하였다. 이 원료곡을 100°C에서 1시간 동안 증자한 후 실온으로 식혔다. 제분한 밀은 물 50 mL를 스프레이하여 덩어리지지 않게 비벼서 보리와 동일한 조건으로 증자하였다. 증자된 보리와 밀의 혼합곡에 수침전 원료곡 무게에 대비하여 입국은 20%(w/w), 재래누룩은 1%(w/w), 가수량은 180%(w/w), 효모는 수침전 원료곡과 물 첨가량을 합한 양의 0.05%(w/w)를 첨가하여 고루 섞어 주었다. 막걸리 재료를 혼합한 후 온도를 20, 25 및 30°C로 설정된 항온기에서 막걸리 발효를 진행하였다. 발효기간 중 경시적 변화를 살펴보기 위하여 발효 3, 6, 9일차에 발효 중인 술덧을 채취하여 착즙 후 분석용 시료로 하였다(Park 등 2015).

3. 보리와 밀 혼합막걸리의 이화학적 특성

보리와 밀 혼합막걸리의 이화학적 특성인 pH, 당도 및 총산을 국제청 주류분석 규정(NTS Liquors Licence Aid Center, 2010)에 따라 측정하였다. pH 측정은 pH meter(Metrohm 691, Metrohm, Herisau, Switzerland)를 이용하여 상온에서 측정하였고, 당도 측정은 당도계(PAL-3, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하였다. 총산 측정은 시료를 10 mL 넣고 여기에 0.1 N NaOH($F=1.000$) 용액을 넣어서 pH 8.2가 될 때까지 소비된 NaOH의 mL를 측정하여 젖산(lactic acid)의 함량(%)으로 환산하였다.

4. 보리와 밀 혼합막걸리의 환원당과 알코올 함량

보리와 밀 혼합막걸리의 환원당은 DNS(3,5-dinitrosalicylic acid) 분석방법으로 측정하였다. 즉, 희석한 시료용액 1 mL에 DNS 시약 1 mL를 넣고 끓는 수욕 중에서 5분간 반응시킨 다음 실온에서 냉각하였다. 반응물이 잘 혼합되도록 섞어준 후 분광광도계(T80+ UVNIS Spectrophotometer, PG, Instruments, Alma Park, UK)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였으며, glucose standard curve를 이용하여 환원당 함량(% w/v)을 계산하였다(Lee 등 2014a). 발효 술덧 내의 알코올 함량은 발효 술덧을 부직포로 조여과하여 얻어진 여액 100 mL에 증류수 100 mL를 넣어 혼합한 후 증류하였다. 증류액을 약 80 mL 받은 다음 증류수를 넣어 100 mL로 정용하고, 증류액의 온도를 15°C로 보정한 다음 주정계를 이용하여 측정하였다

(NTS Liquors Licence Aid Center, 2010).

5. 보리와 밀 혼합막걸리의 색도

보리와 밀 혼합막걸리의 색도 측정은 색도계(Ultra Scan Pro Spectrophotometer, Hunter Lab, Reston, VA, USA)를 이용하여 RTRAN-regular transmission 모드에서 Hunter's value인 명도(L-value), 적색도(a-value), 황색도(b-value) 값으로 측정하였다(Shin 등 2016).

6. 보리와 밀 혼합막걸리의 미생물 수

보리와 밀 혼합막걸리를 균일하게 혼합하고, saline 용액에 단계별로 희석한 다음, 효모균수는 YPD agar (Difco, Franklin Lakes, NJ, USA)배지에 접종하여 25°C에서 72시간 배양한 후 백색의 효모집락수를 계수하였다. 총균수는 PCA(plate count agar, NJ, USA)배지에 도달한 후 37°C에서 48시간 배양하여 생성된 집락수를 계수하였으며, 유산균수는 MRS agar(Difco, Franklin Lakes, NJ, USA)배지에 도달하고, 37°C에서 48시간 배양하여 생성된 황색집락을 젯산균으로 계수하였다. 실험은 3회 반복수행하여 평균값으로 나타내었으며, 생성된 집락 수를 계수하여 log CFU/mL로 나타내었다(Park 등 2015).

7. 보리와 밀 혼합막걸리의 유기산 조성

보리와 밀 혼합막걸리를 균일하게 잘 혼합하여 시료 10 mL를 취하고 0.45 µm membrane filter로 여과한 다음, HLB Sep-pak C18 cartridge(Waters Co., USA)에 통과시켜 HPLC (Dionex Ultimate 3000, pump, autosampler, USA)를 이용하여 유기산 분석용 시료로 사용하였다. 분석에 사용된 column은 Aminex 87H(300 mm×6.5 mm, Waters Co., USA), mobile phase

는 0.01N sulfuric acid를 사용하였으며, flow rate는 0.5 mL/min, injection volume은 10 µL로 하여 UV detector(Shodex RI-101, RefractoMAX520, Japan)에서 검출하였다. 표준품은 lactic acid, citric acid, malic acid 및 pyruvic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하였다(Lee 등 2014b).

8. 통계분석

본 연구결과에 대한 측정값은 SPSS 통계 package program (version 12.0, SPSS, Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균값과 표준편차를 산출하였고, 평균값은 one-way analysis of variance (ANOVA)로 비교하였으며, Duncan's multiple range test를 실시하여 5%($p<0.05$) 유의수준에서 평균 간의 다중비교를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 보리와 밀 혼합막걸리의 이화학적 특성

발효온도에 따른 보리와 밀 혼합막걸리의 pH, 당도 및 총산 함량은 Table 1에 나타내었다. 먼저 동일한 발효시간 및 온도에 따른 pH 변화를 살펴본 결과, 온도가 증가함에 따라 pH도 함께 증가하는 경향을 보였다. 발효온도 20, 25 및 30°C에서 3일간 발효 시 pH는 각각 3.68, 3.68 및 3.91이었으나, 9일간 발효 시에는 각각 pH 3.90, 4.22 및 4.26을 나타내었다. 혼합막걸리의 pH는 발효온도 외에 발효시간 증가에 따라 전반적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 당도도 pH와 동일하게 같은 발효시간대에 발효온도가 증가할수록 당도도 증가하는 경향을 보였고, 특히 9일차에 발효온도 20, 25 및 30°C

Table 1. Physicochemical properties of mixed *Makgeolli* with barley and wheat during fermentation at different temperatures

	Fermentation temperature (°C)	Fermentation period (day)		
		3	6	9
pH	20	3.68±0.05 ^{1)bc2)C3)}	3.80±0.13 ^{bAB3)}	3.90±0.07 ^{bA}
	25	3.68±0.01 ^{bC}	3.97±0.02 ^{aB}	4.22±0.05 ^{aA}
	30	3.91±0.04 ^{aC}	4.05±0.05 ^{aB}	4.26±0.02 ^{aA}
Sugar (°Bx)	20	15.90±1.57 ^A	12.83±0.85 ^B	12.30±0.00 ^{CB}
	25	15.30±0.12 ^A	13.40±0.43 ^B	13.87±0.15 ^{BB}
	30	16.75±0.25 ^{AB}	14.86±1.64 ^C	17.31±0.33 ^{AA}
Total acid (%)	20	0.58±0.11 ^b	0.62±0.09 ^b	0.74±0.04 ^b
	25	1.09±0.05 ^{aB}	1.00±0.01 ^{aC}	1.15±0.03 ^{aA}
	30	1.07±0.05 ^a	1.09±0.07 ^a	1.17±0.06 ^a

¹⁾ All values are mean±S.D. (n=3).

²⁾ Any means in the same column followed by the small letter(^{a-c}) are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

³⁾ Any means in the same row followed by the capital letter(^{A-C}) are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

발효 시 12.30, 13.87 및 17.31 °Brix를 나타내어 발효온도 증가 가장 큰 차이를 나타내었다. 총산은 20°C에서 발효 시 3일차에 0.58%, 6일차에 0.62%, 9일차에 0.74%를 나타내 30°C에서 발효 시 발효시간 증가에 따라 1.07, 1.09 및 1.17%보다 낮은 수준을 나타냈다. 이러한 결과는 Kang 등(2016)의 연구에서 막걸리의 발효에 따른 총산을 측정된 결과, 발효온도와 발효 기간에 따라 점차적으로 증가하였다고 보고한 결과와 본 실험과 유사한 경향이였다. 또한, 본 실험에서 막걸리의 pH와 총산의 함량이 비례적이지 않은 것으로 나타났는데, 이는 So 등(1999)의 보고에서와 같이 막걸리의 발효과정에서 단백질이 분해되면서 펩티드와 아미노산이 증가하여 완충작용을 높여주기 때문이라고 판단하였다. 총산 함량은 발효식품 가공 시 발효과정을 모니터링할 수 있는 가장 중요한 지표로(Song 등 1997), 발효온도를 낮추었을 때 총산 함량이 낮은 수준으로 발효 속도가 늦다는 것을 예측할 수 있었다. 이는 발효온도를 높였을 때 발효 속도 증가에 따라 제조기간을 단축할 수 있는 장점이 있으나, 막걸리의 품질특성과 관능특성도 함께 고려되어야 하며, 제품 생산기간 단축 외에도 제품에 대한 품질향상이 될 수 있는가를 고려해야 할 것이다.

2. 보리와 밀 혼합막걸리의 환원당과 알코올 함량

발효온도에 따른 보리와 밀 혼합막걸리의 환원당과 알코올 함량의 변화는 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 앞서 총산 함량을 통해 발효온도 증가에 따라 발효 속도가 빨라질 수 있음을 언급하였는데(Table 1), Fig. 1에서 발효온도에 따른 발효 속도를 확실히 비교할 수 있었다. 막걸리의 발효과정 중에는 당의 생성과 함께 알코올 전환이 복합적으로 이루어지기 때문에 환원당 감소에 비례하여 알코올 함량이 증가한다(Choi 등 2011). 전반적으로 발효온도 20°C와 25°C에서는 발효시간이 경과됨에 따라 환원당은 감소하고, 알코올은 증가하는 경향을 보였다. 그러나 발효온도 30°C에서는 발효 6일차가 경과되면서 다시 알코올은 증가하여 발효 3, 6 및 9일차에 각각 9.47, 14.13 및 7.30%를 나타내었으며, 환원당은 감소하다가 다시 증가하여 각각 41.23, 18.37 및 41.09 mg/mL를 나타내었다. 이는 일정농도 이상의 알코올이 생성되면 초산균 등에 의해 알코올이 이용되면서 다시 알코올 함량이 감소될 수 있고, 높아진 알코올 농도에 의하여 생육이 억제되었던 관련 미생물들이 알코올 농도 저하로 다시 증식하면서 당 함량 등의 증가가 이루어졌을 것으로 사료된다. 환원당과 매우 밀접한 관련이 있는 당도 변화도 발효온도 30°C에서 같은 경향을 보였다(Table 1). Jin 등(2000)의 연구에서 막걸리의 알코올 함량은 술의 보존과 향미에 영향을 주는 성분으로 함량이 다소 높아야 한다는 보고가 있었으며, Kang 등(2016)은 막걸리 발효온도 30°C에서 7일차에 알코올 함량이 상당히 감소하여 적정

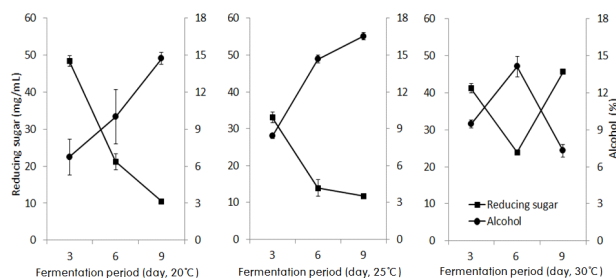


Fig. 1. Changes of reducing sugar and alcohol contents in mixed *Makgeolli* with barley and wheat during fermentation at different temperatures.

발효시기가 경과된 것으로 판단하기도 하였다. 따라서 기존 연구보고와 본 연구 결과로 미루어 보면, 발효온도 20~25°C에서의 막걸리 발효가 적절한 당 소비에 따른 알코올 생성을 이루어 품질 안전을 기대할 수 있으며, 높은 알코올 수율을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

3. 보리와 밀 혼합막걸리의 색도

보리와 밀 혼합막걸리의 발효온도에 따른 색도의 차이를 살펴본 결과는 Table 2와 같았다. 명도를 나타내는 L값은 대부분 발효온도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 발효온도 20°C, 25°C 및 30°C에서 각각 발효 6일차에 70.54, 65.95, 64.50와 발효 9일차에 65.31, 62.03, 60.39를 나타내었다. 특히, 30°C에서는 20°C와 25°C와 다르게 큰 차이를 보였는데, 발효온도 증가에 따라 막걸리에 포함된 여러 성분의 산화적 갈변이나 효소적 갈변에 의한 것으로 추측되며, 이러한 갈변현상은 온도에 영향을 받아 온도 증가에 따라 가속화되기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 품질에 중요한 영향을 주는 명도는 20°C에서 가장 안정적이었다. 한편, 적색도를 나타내는 b값과 황색도를 나타내는 a값은 발효 9일차에 발효온도에 따른 유의적 차이를 보이지 않았으며, 발효시간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$).

4. 보리와 밀 혼합막걸리의 미생물 수

보리와 밀 혼합막걸리의 발효온도와 발효시간 경과에 따른 효모, 총균 및 유산균의 수를 Fig. 2에 나타내었다. 효모수는 발효 3일차에 발효온도 20°C, 25°C 및 30°C에서 각각 8.14, 7.93 및 7.67 Log(CFU/mL)로 가장 높은 수준을 나타냈고, 발효시간 경과에 따라 감소하였다. 이것은 발효온도 20°C, 25°C 및 30°C와 상관없이 총균수와 유산균수가 모두 동일하게 나타났다. 다만, 발효온도에 따라 발효시간 경과에 따른 감소정도가 달라, 발효온도가 높을수록 미생물 수가 더 크게 감소하였다. 이는 빠른 발효진행에 따라 적절하게 증식된 미생물에 의하여 영양소의 고갈이나, pH, 산, 알코올 함량 등의 발효환

Table 2. Calorimetric characteristics of mixed *Makgeolli* with barley and wheat

	Fermentation temperature (°C)	Fermentation period (day)		
		3	6	9
L (Lightness)	20	70.81±0.60 ^{1) b2) A3)}	70.54±0.39 ^{aA}	65.31±1.22 ^{aB}
	25	71.94±0.36 ^{aA}	65.95±0.38 ^{bB}	62.03±0.22 ^{bC}
	30	69.71±0.44 ^{cA}	64.50±0.54 ^{cB}	60.39±0.13 ^{cC}
a (Redness)	20	-0.28±0.08 ^B	-0.12±0.18 ^{cB}	0.61±0.14 ^A
	25	-0.09±0.05 ^C	0.50±0.05 ^{aB}	0.55±0.16 ^A
	30	-0.24±0.17 ^B	0.21±0.15 ^{bA}	0.46±0.11 ^A
b (Yellowness)	20	15.91±0.20 ^{bC}	17.35±0.64 ^{bB}	18.45±0.55 ^A
	25	17.05±0.36 ^{aB}	18.52±0.58 ^{aA}	18.32±0.20 ^A
	30	16.65±0.42 ^{aB}	18.07±0.15 ^{abA}	18.34±0.32 ^A

1) All values are mean±S.D. (n=3).

2) Any means in the same column followed by the small letter(^{a~c}) are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

3) Any means in the same row followed by the capital letter(^{A~C}) are not significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

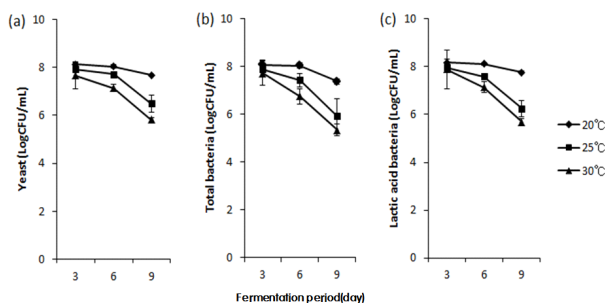


Fig. 2. Changes of yeast counts, total bacterial counts and lactic acid bacterial counts in mixed *Makgeolli* with barley and wheat during fermentation at different temperatures.

경 변화에 따른 것으로 사료된다. 또한, 막걸리 술덧의 발효가 잘 되어서 잡균에 의한 산패가 일어나지 않으려면 효모수는 $10^7 \sim 10^8$ CFU/mL 정도 되어야 한다(Lee 등 2014a)고 보고하였는데, 본 연구결과 나타난 효모수는 20°C에서는 발효 9일차, 25°C와 30°C에서는 발효 6일차까지 정상적인 발효가 진행되었을 것으로 사료된다. 한편, Park 등(2012)는 막걸리 술덧의 발효 초기인 2일차에 효모, 유산균 및 총균수가 10^8 CFU/mL 이상이었다가 발효 후기인 9일차에 발효시간이 경과할수록 감소하였다는 결과가 보고되었으며, Lee 등(2014b)는 막걸리 술덧의 발효초기 효모수는 10^8 CFU/mL 이상, 유산균수는 10^6 CFU/mL, 총균수는 10^7 CFU/mL이었다고 한 보고와 본 실험과 비슷한 경향이였다. 따라서, 막걸리의 술덧의 미생물수는 발효온도나 시간에 따라 다르게 나타나므로 적절한 술덧의 발효조건이 필요하며, 이는 막걸리의 품질변화에 직접적인 영향을 미칠 것으로 사료된다.

5. 보리와 밀 혼합막걸리의 유기산 조성

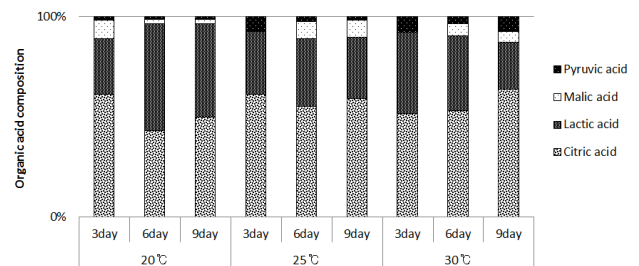


Fig. 3. Changes of organic acid composition in mixed *Makgeolli* with barley and wheat during storage at different temperatures.

보리와 밀 혼합막걸리의 발효온도에 따른 유기산 함량을 분석하여 유기산 조성을 Fig. 3에 나타내었다. 막걸리의 유기산은 미량 존재하면 맛과 향을 높이지만 acetic acid가 다량 존재하면 알코올이 산화되어 초산발효가 되므로 품질저하의 원인이 된다(Woo 등 2010b). 유기산을 분석한 결과, acetic acid는 검출되지 않아 품질저하는 관찰되지 않았고, Shin 등(2016)의 연구결과와 유사한 경향을 보였다. 발효온도나 시간에 따른 유기산 조성에서 citric acid와 lactic acid가 대부분을 차지했으며, 그 외 malic acid와 pyruvic acid도 일부 검출되었다. Citric acid는 검출된 유기산 중에서 함유량이 가장 높았으며, 발효 9일차에 발효온도가 증가할수록 증가하는 경향을 보였으나, 유산균이 생성하는 lactic acid는 발효 9일차에 발효온도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 반면, pyruvic acid와 malic acid는 발효온도 증가에 따라 조금씩 증가하는 경향을 나타내 앞서 citric acid 및 lactic acid와는 상반된 경향을 보였다. 이는 막걸리의 발효과정 중 미생물에 의해 젖산이나 초산 등에 많이 생성되는데(Kang 등 2016), 발효시간이 경과

함에 따라 발효 9일차에는 초산이 더 많이 생성되어 적절한 발효시기가 경과되었음을 알 수 있었다.

결론적으로 발효온도와 발효기간에 따른 막걸리의 알코올 수율, 잔존하는 환원당 함량, 유기산 함량, 당도, 미생물 군수 등을 고려했을 때 20~25℃에서 6일간 발효시키는 것이 보리와 밀 혼합막걸리 제조의 최적 조건으로 사료된다.

요 약

보리와 밀의 혼합막걸리 제조조건을 설정하기 위하여 발효온도(20, 25, 30℃) 및 시간(3, 6, 9일)을 달리하여 제조한 혼합막걸리의 발효특성을 조사하였다. pH와 당도는 발효온도 및 시간이 증가함에 따라 전반적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 총산은 발효온도와 시간에 따라 비례적으로 증가하였다. 환원당과 알코올 함량은 발효온도 20℃와 25℃에서는 발효시간이 경과됨에 따라 환원당은 감소하고, 알코올은 증가하는 반면, 발효온도 30℃에서는 발효 6일에 알코올 함량이 감소하였다. 색도는 L값은 대부분 발효온도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며, a값과 b값은 발효 9일차에 발효온도에 따른 유의적 차이를 보이지 않았으나, 발효시간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다 ($p < 0.05$). 보리와 밀 혼합막걸리의 미생물수를 측정된 결과, 효모수는 발효 3일차에 발효온도 20℃, 25℃ 및 30℃에서 각각 8.14, 7.93 및 7.67 Log(CFU/mL)로 가장 높은 수준을 나타냈고, 발효시간 경과에 따라 감소하였다. 이것은 발효온도와 상관없이 총균수와 유산균수가 모두 동일하게 나타났다. 유기산 조성은 citric acid와 lactic acid가 대부분을 차지했으며, 그 외 malic acid와 pyruvic acid도 일부 검출되었다. 이상의 결과를 종합했을 때 보리와 밀 혼합막걸리의 최적 발효조건은 발효온도 20~25℃에서 6일간 발효했을 때 우수한 막걸리를 제조할 수 있을 것으로 판단하였다.

감사의 글

본 논문은 국립식량과학원 기관고유사업(과제번호 PJ01133703)에 의한 연구결과의 일부이며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

References

- AACC International (AACCI). 2010. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Methods 26-31.01, 44-15.02, 46-30.14, 08-0.4.01, 56-70.01, 56-0.01, 38-12.02
- Choe JS, Youn JY. 2005. The chemical composition of barley and wheat varieties. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34:223-229
- Choi JH, Jeon JA, Jung ST, Park JH, Park SY, Lee CH, Kim TJ, Choi HS, Yeo SH. 2011. Quality characteristics of *Seoktanju* fermented by using different commercial *Nuruks*. *Korean J Microbiol Biotechnol* 39:56-62
- Ha JH, Shim YS, Cho YS, Seo DW, Jang HW, Jang HJ. 2014. Analysis of E,E-farnesol and Squalene in *Makgeolli* using stir bar sorptive extraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry. *Korean J Anal Sci* 27:60-65
- Han SH, Choi SW, Kim TY, Lee DJ, Chae JH. 2014. International Grains Demand-Supply Trends and the Future. pp. 69-113. Korea Rural Economic Institute
- Jeong JW, Park KJ, Kim MH, Kim DS. 2006. Quality characteristics of *Takju* fermentation by addition of chestnut peel powder. *Korean J Food Preserv* 13:329-336
- Jin TY, Chung HJ, Eun JB. 2000. The effect of fermentation temperature on the quality of *jinyangju*, a Korean traditional rice wine. *Korean J Food Sci Technol* 38:414-418
- Jung SE, Kim SH. 2015. Probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from commercial raw *Makgeolli*. *Korean J Food Sci Technol* 47:44-50
- Kang CS, Park CS, Park JC, Kim HS, Cheong YK, Kim KH, Kim KJ, Park KH, Kim JG. 2010. Flour characteristics and end-use quality of Korean wheat cultivars II. End-use properties. *Korean J Breed Sci* 42:75-86
- Kang SM, Kim SJ, Ko KH, Nam SH. 2016. Formation of biogenic amines and bioactivities of *Makgeolli* under different fermentation conditions. *Korean J Food Preserv* 23:402-412
- Kim GM, Jung WJ, Shin JH, Kang MJ, Sung NJ. 2011. Preparation and quality characteristics of *Makgeolli* made with black garlic extract and *Sulgidduk*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:759-766
- Kim JY, Sung KW, Bae HW, Yi YH. 2007. pH, acidity, color, reducing sugar, total sugar, alcohol and organoleptic characteristics of puffed rice powder added *Takju* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 39:266-271
- Kim JY, Yi YH. 2010. pH, acidity, color, amino acids, reducing sugars, total sugars, and alcohol in puffed millet powder containing millet *Takju* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 42:727-732
- Kim YH, Min JH, Kang MG, Kim JH, Ahn BH, Kim HK, Lee JS. 2012. Physicochemical properties, lactic acid bacteria content and physiological functionalities of Korean commercial *Makgeolli*. *Korean J Microbiol Biotechnol* 40:325-332
- Kim YJ, Ju JC, Kim RY, Kim WT, Park JH, Chun SS. 2011.

- Cooking properties of fresh pasta using Korean wheat and *Durum rimachinata*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1474-1481
- Kwak HJ, Kim JY, Lee HS, Kim SM. 2014. Formation of biogenic amines by *Lactobacillus plantarum* isolated from *Makgeolli*. *Korean J Food Sci Technol* 46:438-445
- Lee HS, Park YS, Bai DH. 2014a. Quality characteristics of *Makgeolli* (rice wine) fermented with *Koji* by starch types. *Food Eng Prog* 18:215-221
- Lee JH, Kim GW, Shim JY. 2014b. Characteristics of *Makgeolli* sul-dut by pre-treatment of rice and *Koji*. *Food Eng Prog* 18:50-59
- Lee TS, Han EH. 2001. Volatile flavor components in mash of *Takju* prepared by using *Aspergillus oryzae nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 33:366-372
- Lee YT. 2003. Quality characteristics of high-fiber breads added with domestic wheat bran. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 46:323-328
- NTS Liquors Licence Aid Center. 2010. Coursebook on the preparation of *Takju* and *Yakju*. NTS Liquors Licence Aid Center, Seoul, Korea. pp. 20-39
- Park HY, Choi ID, Oh SK, Woo KS, Yoon SD, Kim HJ, Sim EY, Jeong ST. 2015. Effects of different cultivars and milling degrees on quality characteristics of barley *Makgeolli*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1839-1846
- Park JH, Yeo SH, Choi JH, Jeong ST, Choi HS. 2012. Production of *Makgeolli* using rice treated with *gaeryang Nuruk* (for non-steaming process) extract. *Korean J Food Preserv* 19:144-152
- Park KT, Kim MY, Chun SS. 2009. Quality characteristics of Korean wheat wet noodles with pomegranate cortex powder. *Korean J Cul Res* 15:128-136
- Rhee YK, Nam SH, Kim HR, Cho CW, Lee YC, Kim YC, Hong HD. 2014. Effect of crude polysaccharide isolated from *Mageoli* mash under different fermentation conditions on immune-stimulating activity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1835-1842
- Seo JS, Park ID. 2014. Quality properties of barley *Kochujang* added with germinated barley powder. *Korean Soc Food Culture* 29:187-194
- Shin DS, Choi YJ, Jeong ST, Sim EY, Lee SK, Kim HJ, Woo KS, Kim SJ, Oh SK, Park HY. 2016. Quality characteristics of mixed *Makgeolli* with barley and wheat. *Korean J Food Nutr* 29:565-572
- Shin EJ, Kim SH, Kim JH, Ha JH, Hwang JT. 2015. Dealcoholized Korean rice wine (*Makgeolli*) exerts potent anti-tumor effect in AGS human gastric adenocarcinoma cells and tumor xenograft mice. *J Microbiol Biotechnol* 25:1485-1492
- Sim HS, Kim MD. 2016. Antipathogenic activity of *Bacillus amyloliquefaciens* isolated from Korean traditional rice wine. *Microbiol Biotechnol Lett* 44:98-105
- So MH, Lee YS, Noh WS. 1999. Improvement in the quality of *Takju* by a modified *Nuruk*. *Korean J Food Nutr* 12:427-432
- Song JC, Park HJ. 2003. *Takju* brewing using the uncooked germed brown rice at second stage mash. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:847-854
- Song JC, Park HJ, Shin WC. 1997. Change of *Takju* qualities by addition of cyclodextrin during the brewing and aging. *Korean J Food Sci Technol* 29:895-900
- Woo KS, Ko JY, Song SB, Lee JS, Oh BG, Kang JR, Nam MH, Ryu IS, Jeong HS, Seo MC. 2010a. Physicochemical characteristics of Korean traditional wine prepared by addition of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) using different *Nuruks*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:548-553
- Woo SM, Shin JS, Seong JH, Yeo SH, Choi JH, Kim TY, Jeong YJ. 2010b. Quality characteristics of brown rice *Takju* by different *Nuruks*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:301-307
- Yoon SS, Choi JA, Kim KH, Song TS, Park YS. 2012. Populations and potential association of *Saccharomyces cerevisiae* with lactic acid bacteria in naturally fermented Korean rice wine. *Food Sci Biotechnol* 21:419-424

Received 24 January, 2017

Revised 11 March, 2017

Accepted 27 March, 2017