pISSN 1225-4339 eISSN 2287-4992
Korean J. Food Nutr. Vol. 29. No. 5, 777~784 (2016)
http://dx.doi.org/10.9799/ksfan.2016.29.5.777

THE KOREAN JOURNAL OF
한국식품영양학회지
FOOD AND NUTRITION

국산 밀 품종 및 제분율에 따른 막걸리의 품질 특성

심은영 · 이석기 · 우관식 · 김현주 · 강천식* · 김시주 · 오세관 · †박혜영
농촌진흥청 국립식량과학원 수확후이용과, *농촌진흥청 국립식량과학원 작물육종과

The Quality Characteristics of Wheat-*Makgeolli* Made from Different Cultivars and Milling Rates

Eun-Yeong Sim, Seuk Ki Lee, Koan Sik Woo, Hyun-Joo Kim, Chon-Sik Kang*, Si Ju Kim, Sea-Kwan Oh and †Hye-Young Park
Crop Post-harvest Technology Division, National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16613, Korea
**Crop Breeding Division, National Institute of Crop Science, RDA, Wansan 54875, Korea*

Abstract

This study aimed to evaluate the quality characteristics of wheat-*Makgeolli* (WM), a traditional Korean cereal alcoholic drink, using three varieties of wheat, namely Jokyoung (JK), Baegjoong (BJ) and Keumkang (KK). Samples of WM brewed from 100%, 85% and 70% milling rates of the three Korean wheat cultivars were analyzed for alcohol, pH, coloring degree, total acids, soluble solid, free sugars, and organic acids. As the milling rates in wheat decreased, total sugar content in WM increased while the pH of all samples decreased. The WM exhibited 0.95~1.27% in acidity, 10.2~12.5 °Brix in total sugar, and 14~16% in alcohol content. The most organic acids in WM was lactic acid, ranging in all the samples from 85.3~650.3 mg%. The results showed that BJ under a 70% milling rate had the highest reducing sugar contents and 15.97% in alcohol content. The carbohydrate content increased with the milling rate of wheat. Resulting in a positive correlation between carbohydrate content of wheat and total acids, reducing sugars (p<0.001), and alcohol content (p<0.05) in WM. Total sugar content is positively correlated with alcohol and reducing sugar content (p<0.001). Considering the yield, the milling rates will be adjusted to raw material prices.

Key words: milling rate, cultivars, wheat, wheat-*Makgeolli*, alcohol content

서 론

막걸리는 찹쌀, 멥쌀, 보리, 밀가루, 옥수수, 고구마 등을 쪄서 누룩과 물을 섞어 발효시킨 한국 고유의 술로서 발효 후 증류 등의 다른 공정을 거치지 않고 막 걸러 마신다 하여 '막걸리'라는 이름을 갖게 되었다. 한국에서 역사가 가장 오래된 술로, 빛깔이 뜨물처럼 희고 탁하며, 알코올 성분이 6~7도로 낮은 술로 알려져 있다. 막걸리에는 일반 주류와는 달리 상당량의 단백질과 lysine과 같은 필수 아미노산, 당질이 들어있고 소량의 비타민, 미량의 생리활성물질 등이 들어있어 영양학적 가치가 높을 뿐만 아니라 생 효모가 함유되어 있기 때문에 다른 주류와 비교할 수 없는 특이한 맛을 가진다(Park & Lee 2002). 발효를 위해 사용되는 누룩은 원료로 밀이 주로 사용되고 지방에 따라 쌀이나 보리, 녹두 등을 넣기도 하는데 누룩은 곡류의 주성분인 전분질을 분해하여 포도당으로 만들어 주는 주된 효소원이다(Yeo & Jeong 2010). 지금까지 막걸리 제조 시 멥쌀, 찹쌀, 보리쌀(Lee 등 1996a), 볶은 쌀(Lee & Lee 2000), 팽화미분(Kim 등 2007), 율피가루(Jeong 등 2006), 밀 등의 다양한 원료를 이용한 연구를 진행하여 원료의 다양화를 이루었다. 실제 시중에 판매 중인 대다수의 막걸리는 쌀, 밀, 쌀과 밀의 혼합, 그 외 보리 등 기타 작물을 혼합하여 생산하고 있는데, 특히 밀은 국내에서 우리 밀이 생산되고 있음에도, 막

† 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

걸리 제조에 이용되는 거의 모든 밀 원료가 수입산이라는 것이 문제점이다.

밀(*Triticum aestivum* L.)은 벼과의 한해살이풀로 높이는 1 m 내외이며 소맥이라고도 한다. 세계 곡물 생산량에서 옥수수에 이어 2위를 차지하며 보통 낟알을 빻아 밀가루를 만들어 빵, 과자, 국수 등을 만들어 섭취한다. 밀에는 당질, 단백질 및 비타민 E와 B 등과 같은 영양분이 풍부하며 신라, 백제시대의 유적 등에서 발견될 정도로 우리나라에서 오래된 작물 중 하나이다(Kim 등 2010; Kim 등 2011). 그러나 국내에서 소비되는 밀의 대부분이 수입에 의존하고 있는 실정이며, 쌀 자급률 100%에 비해 밀의 자급률은 0.7%에 불과한 상황이다(Han 등 2014). 현재 국산 밀을 활용한 가공품으로는 국수 및 파스타 제조와 같은 제면연구가 대부분으로 국산 밀 자급률 증대와 소비 촉진을 위한 새로운 가공이용 연구가 필요한 시점이다.

금강밀은 조숙, 다수성인 백립계 밀로 다목적용 밀가루로 적합하다. 제분율이 72%로 높고, 천립중이 44 g, 단백질 11%, 회분 0.41% 함량을 보이며(Park 등 2008) mixograph 특성을 분석한 결과 반죽의 안정성이 다른 품종에 비해 비교적 높다. 백중밀은 백립계 밀로, 도복에 강하고 농업형질이 우수하며, 제분율이 높고 밀가루 색이 밝으며 국수적성이 우수해 생면용 밀가루로 적합한 품종이다. 금강밀이 모본이며, 제분율 72.4%, 천립중이 39.8 g, 단백질 8.8%, 회분 0.41%의 특성을 보인다(Park 등 2008). 조경밀도 백립계 밀로 제분율이 높고 경질밀로써 제빵용으로 추천되는 품종이다. 제분율 72%, 천립중 44.6 g, 회분 0.46%, 단백질 12.3%의 특성을 보인다(Kang 등 2006).

본 연구는 양질의 국산 밀로 소비자의 기호에 맞는 막걸리를 생산하여 국산 밀의 소비확대에 기여를 하고자 농촌진흥청 국립식량과학원에서 육성한 대표 밀 품종인 금강밀, 백중밀, 조경밀을 각 3가지를 이용하였고, 원료 밀 제분율이 막걸리 품질특성에 미치는 영향을 살피고자 70, 85, 100%로 제분한 원료를 이용, 막걸리를 제조하여 품질 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 재료 및 원료 특성 검정

금강밀과 백중밀은 한국우리밀농업협동조합(광주광역시)에서, 조경밀은 우리밀조합(경상남도 합천군)에서 2015년에 각각 구매하여 사용하였다. 제분기(MLU-202, Buhler Bros, Inc, UZWIL, Switzerland)로 제분한 뒤, 밀가루의 부분별 중량비를 이용하여 품종에 따른 제분율을 계산하여 각각 70, 85 및 100%인 밀가루를 제조하여 사용하였다. 누룩은 송학곡자(광주광역시)에서 구입하여 사용하였고, 효모(*Saccharomyces cerevisiae*)는 시중유통제품(La Parisienne, Societe Industrielle Lesaffre, Marcq en Baroeul, France)을 구입하여 사용하였다. 막걸리 제조에 사용된 발효용기는 용량 5 L 크기의 플라스틱 용기를 사용하였으며, 담금 용수는 정수기 물을 사용하였다. 원료곡의 일반성분은 AOAC(2002) 방법에 따라 수분 함량은 105℃ 상압가열건조법, 조단백질은 Micro Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 조회분은 550℃ 회화법으로 측정하였으며 탄수화물은 100중량에서 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량을 제외한 중량으로 계산하였다.

2. 밀 막걸리 제조

밀 품종 및 제분율 별로 준비된 시료를 망체에 300 g씩 각각 무게를 달고 90 mL의 물을 넣고 잘 섞어주었다. 그 후 증자기(Electric Steamer, DA-2, Dong-a, Hanam, Korea)로 1시간 증자하는 동안 20분 간격으로 망을 뒤집어 주었다. 증자 완료 후 각각의 시료를 플라스틱 발효통에 넣고 입국 60 g, 누룩 3 g, 효모 0.42 g, 물 540 mL를 넣고 잘 섞은 후 25℃에서 발효를 진행시켰다. 담금 후 2일 간 하루 2회씩 잘 저어주었다. 담금 7일 후에 착즙하여 분석하였다.

3. 밀 막걸리의 품질특성 검정

밀 품종 및 제분율별로 제조된 막걸리의 가용성 고형분 함량은 당도계(PAL-3, Atago, Tokyo, Japan)로 측정하였고, 색도는 색차계 전용 50 mm 투명용기(Petri-dish, 1870-712, Konica Minolta INC., Osaka, Japan)에 옮겨 담은 후 색차계(CM-3500d, Konica Minolta INC., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 기계는 측정 전 표준백판(L=97.75, a=0.49, b=1.96)을 표준화한 후 사용하였으며 명도(L-value), 적색도(a-value) 및 황색도(b-value)를 측정하였다. pH는 pH meter(Model 750, iSTEC, Seoul, Korea)로 측정하였고, 총산은 시료 5 mL에 증류수 20 mL를 넣은 후 0.1 N NaOH로 적정하여 pH 8.2가 될 때까지 소비된 NaOH의 용량(mL)을 측정하여 젖산 함량으로 환산하였다. 알코올 함량은 증류법(NTS Liquors Licence Aid Center, 2010)으로 분석하였으며, 증류 후 알코올-온도 보정표에서 15℃로 보정한 알코올 함량을 표준 보정곡선에 대입하여 알코올 함량(%, v/v)을 계산하였다.

4. 밀 막걸리의 환원당 및 유리당 함량 분석

밀 품종 및 제분율별 막걸리의 환원당 함량은 DNS(dinitrosalicylic acid)법을 준하여 비색 정량하였으며(Luchsinger & Cornesky 1962), 표준물질로 glucose(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 이용하여 표준곡선을 작성하여 계산하였다. Shin & Jeong(2003)의 방법에 따라 유리당 함량은 일정 비율로 희석하여 여과한 후 HPLC(Dionex ultimate 3000, Dionex,

Chelmsford, MA, USA)를 이용하여 분석하였다. 검출기는 RI detector(RI-101, Shodex, New York, NY , USA)를 사용하였고 컬럼은 이당류의 경우 Aminex 87P column(7.8×300 mm, Bio-rad Laboratories, Inc., Hercules, CA, USA)으로 80℃에서, 단당류는 Sugar-pak(6.5×300 mm, Waters, Milford, MA, USA) 컬럼을 70℃에서, 3차 증류수를 용매로 분당 0.5 mL 유속으로 정량 분석하였다. 주입량은 10 μL이었으며 3회 반복하여 분석하였고 표준품은 sucrose, glucose, mannitol, sorbitol, arabinose(Sigma-Aldrich)를 사용하였다.

5. 밀 막걸리의 유기산 함량 분석

밀 품종 및 제분율별 막걸리의 유기산 함량은 Jeong 등(2006)의 방법을 조정하여 분석하였다. 시료를 균일하게 혼합한 후 시료 10 mL를 취하여 0.45 μm membrane filter로 여과하여 분석용 시료로 사용하였다. 시료 중 각각의 유기산 함량은 HPLC(Ultimate 3000, Dionex-Softron GmbH, Germering, Germany)로 40℃에서 analysis columns(Aminex 87P, 7.8×300 mm, Bio-rad Laboratories, California, USA)를 사용하였으며, UV-Detector(ERC, Refracto MAX 520, Tokyo, Japan)를 사용하여 210 nm에서 검출하였다. 이동상은 0.01 N H_2SO_4를 사용하여 0.5 mL/min의 유속으로 흘려주었다. 주입량은 10 μL이었고 3회 반복 측정하였으며, 표준품은 lactic acid, citric acid, malic acid 및 pyruvic acid를 사용하였다.

6. 통계분석

본 실험결과는 SPSS package(version 16.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 다범위검정(Duncan's multiple range test)을 통하여 $p<0.05$ 수준에서 유의성 있는 그룹간의 차이를 검정하였으며, 상관관계는 Pearson의 상관계수로 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 원료곡의 일반성분

밀 막걸리의 시험재료인 3가지 품종(금강밀, 백중밀, 조경밀)의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 수분과 회분 함량은 10.09~11.76%, 0.53~1.77%, 조단백은 8.27~13.10%이었고 제분율이 높을수록 조단백과 회분의 함량이 증가하는 경향을 보였다. 회분과 조단백질은 100% 제분된 백중밀과 조경밀에서 각각 가장 높은 함량을 보였고, 탄수화물은 70% 제분 금강밀과 백중밀이 각각 78.37, 78.16%으로 동일한 제분율의 조경밀 75.7%보다 현저히 높은 함량을 나타냈다. 한편 총 전분은 70% 제분된 금강밀, 백중밀, 조경밀이 각각 86.10, 81.47, 77.84%로 품종에 따른 차이를 나타냈다(data not shown). 이와 같은 결과로 탄수화물 함량이 높고 전분가가 높은 금강밀과 백중밀이 당화 및 발효공정에 유리하다고 생각된다(Park 등 2010).

2. 막걸리의 이화학적 특성

밀 제분율별 막걸리의 품질특성인 가용성 고형분, 색도, pH, 총산, 알코올 함량 측정 결과를 Table 2에 나타내었다. 가용성 고형분 함량을 측정한 결과, 조경밀과 백중밀의 70% 제분율에서 12.33, 12.19 °Brix로 가장 높게 나타났으며 백중밀 100% 제분율에서 10.94 °Brix로 가장 낮았다. 막걸리를 6% 알코올 함량으로 제성하고 가용성 고형물을 측정하였더니 4.5 °Brix(data not shown)로 시판막걸리의 고형분 함량 2.9~4.7 °Brix로 측정한 연구결과(Park 등 2010)와 유사하였다. 또한

Table 1. The general ingredients with different wheat varieties and milling rate

VR[1)]	MR (%)	Moisture (%)	Ash (%)	Crude lipid (%)	Crude protein (%)	Carbohydrate (%)
KK	70	11.72±0.11[2)a3)]	0.54±0.02[g]	1.10±0.14[de]	8.27±0.00[i]	78.37±0.23[a]
	85	11.76±0.02[a]	0.84±0.01[e]	1.56±0.07[ab]	8.77±0.02[h]	77.07±0.12[b]
	100	11.45±0.07[b]	1.50±0.04[c]	1.41±0.15[bc]	9.27±0.01[g]	76.37±0.16[c]
BJ	70	10.74±0.13[c]	0.62±0.02[f]	0.95±0.14[e]	9.53±0.01[f]	78.16±0.04[a]
	85	10.43±0.01[d]	1.13±0.00[d]	1.74±0.03[a]	10.15±0.01[e]	76.55±0.03[c]
	100	10.21±0.04[ef]	1.77±0.02[a]	1.36±0.08[bcd]	10.77±0.02[d]	75.89±0.09[d]
JK	70	10.26±0.02[e]	0.53±0.00[g]	1.17±0.03[cde]	12.34±0.11[c]	75.70±0.06[d]
	85	10.09±0.01[f]	0.89±0.01[e]	1.63±0.04[ab]	12.52±0.06[b]	74.87±0.13[e]
	100	10.15±0.04[ef]	1.70±0.08[b]	1.49±0.24[ab]	13.10±0.04[a]	73.56±0.17[f]

[1)] VR: Varieties, MR: Milling rate, KK: *T. aestivum* L. cv. Keumkang, BJ: cv. Beagjoong, JK: cv. Jokoung

[2)] Each value is mean±SE (n=3).

[3)] Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

Table 2. Quality characteristics of wheat-*Makgeolli* of different wheat varieties and milling rate

VR[1)]	MR (%)	pH	Total acids (Lactic acid%)	Total sugar contents(°Bx)	Alcohol (%)	Color		
						L*	a*	b*
KK	70	3.93±0.03[2)f3)]	1.16±0.06^{ab}	11.61±0.26^{bc}	14.80±0.92^{abc}	23.17±0.58^{a}	13.85±0.12^{de}	36.48±0.91^{a}
	85	4.06±0.02^{d}	1.09±0.02^{bcd}	11.05±0.24^{cd}	14.87±0.23^{abc}	21.77±0.62^{ab}	14.57±0.12^{bc}	34.91±0.94^{ab}
	100	4.26±0.06^{b}	1.14±0.06^{bc}	11.06±0.66^{cd}	14.93±0.99^{abc}	17.44±1.27^{c}	15.30±0.27^{a}	28.65±1.93^{c}
BJ	70	3.96±0.02^{ef}	1.24±0.03^{a}	12.19±0.17^{ab}	15.97±0.06^{a}	21.24±1.62^{ab}	13.94±0.51^{de}	33.72±2.05^{ab}
	85	4.16±0.04^{c}	1.12±0.06^{bc}	11.19±0.34^{cd}	15.27±0.42^{ab}	20.07±1.94^{b}	14.76±0.36^{b}	32.38±2.79^{b}
	100	4.38±0.01^{a}	1.03±0.03^{cd}	10.94±0.08^{d}	14.60±0.8^{bc}	16.40±0.09^{c}	15.36±0.08^{a}	26.99±0.14^{c}
JK	70	3.93±0.01^{f}	1.09±0.07^{bcd}	12.33±0.17^{a}	15.13±0.64^{abc}	23.09±0.65^{a}	13.49±0.21^{e}	36.01±0.74^{a}
	85	3.99±0.04^{e}	1.06±0.09^{bcd}	11.62±0.39^{bc}	15.27±0.31^{ab}	21.63±0.68^{ab}	14.27±0.04^{cd}	34.37±0.97^{ab}
	100	4.16±0.02^{c}	1.00±0.04^{d}	10.99±0.42^{cd}	14.00±0.53^{c}	20.62±0.8^{b}	14.25±0.24^{cd}	32.94±1.10^{b}

1) VR: Varieties, MR: Milling rate, KK: *T. aestivum* L. cv. Keumkang, BJ: cv. Beagjoong, JK: cv. Jokoung

2) Each value is mean±SE (n=3).

3) Any means in the same column followed by the same letter are not significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test. L*= lightness, a*=redness, b*=ellowness

원료밀의 명도값(L*)이 83.68~91.59(data not shown)에서 막걸리 발효과정을 통해 16.4~23.17로 낮아졌다.

pH는 함유되어 있는 유기산 종류에 따른 수소이온의 해리도에 의한 것으로 막걸리에서 발효진행 상황과 알코올 생성 정도를 짐작할 수 있는 중요한 지표 중 하나로 이용된다(Park 등 2011). 본 연구의 막걸리의 제성하기 전 pH의 범위는 3.93~4.38로 시판 막걸리와 유사하였다. 100% 제분율 백중밀에서 pH 4.38로 가장 높았고, 70% 제분율 금강밀과 조경밀에서 pH 3.93으로 가장 낮았다(Table 2). 일반적으로 막걸리 발효 시 pH가 낮아지는 것은 발효 초기에 호기적인 탄수화물대사로 인한 산성 중간생성물(intermediate products)과 효모에 의한 발효과정 중에 succinic acid, pyruvic acid 등 유기산의 생성에 기인하는 것으로 알려져 있다(Song 등 1997). 총산은 막걸리의 풍미와 저장성에 영향을 미치는 인자로서 발효가 진행되면서 효모나 젖산균 등 미생물 작용으로 생성된 다양한 유기산에 의해 총산 함량이 증가한 것으로 여겨진다. Table 2에 제시한 바와 같이 제분율이 감소할수록 총산의 함량도 함께 증가하였고, 그 함량은 금강밀, 백중밀과 조경밀이 각각 0.73~0.78, 0.69~0.83, 0.66~0.73%였다. 이와 같은 결과는 밀의 품종이 발효에 영향을 미치는 것으로 생각되며, 막걸리의 총산은 Lee 등(1996b)과 Park 등(2004)의 보고와 비슷한 경향을 보였다. 총산 함량이 지나치게 많으면 이상발효에 의해 탁주가 산패되어서 산미가 강해진다(Jeong 등 2006). 본 실험에서는 70% 제분율 백중밀의 알코올 함량이 15.97%(v/v)로 가장 높았으며 100% 제분율 조경밀에서 14%(v/v)로 가장 낮은 수치를 보였다. 70% 제분율에서 생성 알코올 함량에 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았으나 다른 맥류인 보리막걸리의 14~15% 알코올 함량(Park 등 2015)보다 수치가 높은 것을 확인하였다. 이와 같은 차이는 전분의 종류, 전분가 및 품종 등에 기인한 것으로 판단된다.

3. 막걸리의 환원당 및 유리당

환원당 함량은 70% 제분율에서, 금강밀, 백중밀과 조경밀이 각각 4.58, 4.71 및 4.04%로 품종 간 통계적으로 유의적인 차이가 없었다(Table 3). 그러나 제분율 간에는 환원당 함량에 차이를 보였는데, 이는 처리구 별로 첨가한 누룩이나 입국의 α-amylase, β-amylase 두 효소와 기질 간 친화도가 달라 호화된 밀 원료의 액화나 당화에 각기 다른 영향을 주게 돼 궁극적으로 밀 막걸리의 환원당 함량 차이를 야기한다고 판단된다. 또한 처리구별로 기질 중의 불순물의 함량 역시 영향을 끼칠 것이라 생각된다. 그리고 술덧의 숙성 중 환원당의 감소는 효모수 및 알코올의 생성과 밀접한 관계를 가지는데, 특히 발효 중에는 당의 생성과 알코올로의 전환이 복합적으로 진행되기 때문에 환원당의 감소와 비례하여 알코올 농도가 증가하게 된다(Choi 등 2011). 본 연구의 밀 막걸리의 유리당 분석 결과, sucrose, glucose, arabinose와 당 알코올인 mannitol, sorbitol이 검출되었다(Table 3). 밀 막걸리의 sucrose는 0~59.8 mg%로 원료밀의 2.26~9.00 g/kg(data not shown)과 비교 시 상당량 감소하였고 9가지 처리구 중 백중밀 70% 제분율에서 가장 높았다. Glucose의 경우, 원료 밀에서 0.21~0.56 g/kg(data not shown), 막걸리에서는 159.4~560.7 mg% 범위를 보이며 원료 밀 대비 상당량 증가하였고, 특히 70% 제분율 조경밀에서 가장 높았다. 이러한 결과는 앞서 살펴본 당화효소의 기질인 탄수화물 함량이 높았던 처리구에서 당화반응과 기타반

Table 3. Contents of reducing sugar and the composition of free sugar of wheat-*Makgeolli* of different wheat varieties and milling rate

VR[1)]	MR (%)	Free sugar (mg%)					Reducing sugar (%)
		Sucrose	Glucose	Mannitol	Sorbitol	Arabinose	
KK	70	35.7±17.0[2)ab3)]	328.4± 41.3[b]	528.8±18.1[a]	64.1±4.4[b]	113.7± 1.8[f]	4.58±0.24[a]
	85	4.2± 2.9[b]	212.7± 27.4[bcd]	481.9± 9.2[b]	61.6±3.9[b]	143.7± 2.4[e]	3.45±0.09[bc]
	100	8.4± 3.0[b]	159.4± 30.0[d]	417.8±27.3[c]	64.4±3.4[b]	201.9± 5.3[d]	3.68±0.43[bc]
BJ	70	59.8±29.4[a]	320.7± 37.8[bc]	515.3±14.0[a]	71.7±3.2[a]	143.5± 2.3[e]	4.71±0.62[a]
	85	6.4± 1.4[b]	268.6± 39.1[bcd]	426.1±10.5[c]	71.4±2.4[a]	230.1± 5.6[c]	3.55±0.21[bc]
	100	5.3± 0.0[b]	276.2± 34.8[cd]	410.3± 8.6[c]	73.4±4.1[a]	244.9± 9.1[b]	3.46±0.22[bc]
JK	70	21.4±25.6[b]	560.7± 73.1[a]	480.1±26.3[b]	61.3±3.4[b]	150.2± 7.0[e]	4.04±0.85[ab]
	85	17.0±11.9[b]	330.6±124.7[b]	427.4±14.3[c]	54.4±5.2[c]	210.4±16.0[d]	2.89±0.07[c]
	100	ND	204.8± 87.2[cd]	370.1±12.4[d]	59.3±3.3[bc]	282.3± 8.1[a]	2.94±0.28[c]

[1)] VR: Varieties, MR: Milling rate, KK: *T. aestivum* L. cv. Keumkang, BJ: cv. Beagjoong, JK: cv. Jokoung
[2)] Each value is mean±SE (n=3).
[3)] Any means in the same column followed by the same letter are not significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test.
[4)] ND: Not detection

응에 의한 유리당, 환원당의 함량이 더 높았던 것으로 판단된다(Lee 등 2001). 검출된 당알콜 중 mannitol은 품종에 관계없이 70% 제분율에서 가장 함량이 높았고, sorbitol은 제분율에 관계없이 백중밀에서 가장 높은 함량을 나타냈다. Arabinose는 백중밀과 조경밀이 금강밀에 비해 다소 높은 함량을 나타내었다. 추후 지속적인 연구를 통해 밀 막걸리의 발효과정 중에 당알코올이 생성되는 원리와 기작에 대한 구명이 필요하다고 생각한다.

4. 막걸리의 유기산

밀 막걸리의 유기산을 HPLC로 분석한 결과는 Table 4와 같다. 유기산은 술에서 신맛을 내는 중요한 성분으로 미량으로는 탁주의 맛과 향을 높이는 역할을 하지만 acetic acid가 다량 존재하면 발효과정에서 오염이 되어 알코올의 산화로 초산발효단계로 진행하므로 주질을 저하시키는 요인이 된다(Woo 등 2010). 탁주 제조 시 생성되는 유기산의 대부분이 lactic acid, acetic acid, succinic acid, citric acid 등이라는 연구보고(Choi 등 1992)가 있고 쌀로 만든 살균막걸리와 비살균막걸리를 비교한 연구도 있다(Lee 등 2011). 살균막걸리의 경우 citric acid 농도가 가장 높았고, lactic acid, acetic acid의 순

Table 4. Organic acid contents of wheat-*Makgeolli* of different wheat varieties and milling rate

VR[1)]	MR(%)	Organic acid (mg%)			
		Citric acid	Malic acid	Pyruvic acid	Lactic acid
KK	70	124.8± 4.3[2)a3)]	12.8±1.1[a]	5.5±0.3[bc]	85.3± 6.4[d]
	85	99.9±11.4[ab]	6.9±0.7[bc]	3.7±0.3[e]	120.7±16.8[d]
	100	107.7± 7.8[ab]	5.0±0.9[c]	4.2±0.2[de]	282.9±35.1[c]
BJ	70	122.9± 3.2[ab]	6.3±1.8[bc]	4.8±0.3[cd]	98.9± 9.1[d]
	85	106.0±18.3[ab]	7.8±1.2[b]	5.4±0.5[bc]	503.6±37.5[b]
	100	114.8±13.3[ab]	7.3±0.2[bc]	5.3±0.8[bc]	530.1±68.8[b]
JK	70	103.9±10.8[ab]	8.6±0.4[b]	5.5±0.5[bc]	238.3±13.3[c]
	85	108.3±13.6[ab]	8.3±1.5[b]	6.5±0.5[a]	504.2±82.0[b]
	100	98.3± 4.0[b]	8.0±0.4[b]	6.1±0.0[ab]	650.3±32.5[a]

[1)] VR: Varieties, MR: Milling rate, KK: *T. aestivum* L. cv. Keumkang, BJ: cv. Beagjoong, JK: cv. Jokoung
[2)] Each value is mean±SE (n=3).
[3)] Any means in the same column followed by the same letter are not significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test.

으로 많았지만 비살균 막걸리의 경우 lactic acid의 함량이 가장 높았으며 citric acid, acetic acid의 순으로 많았다(Lee 등 2011). 본 연구에서는 밀 품종에 따른 제분율별 총 유기산의 구성 비율은 서로 상이하였지만 비살균막걸리로써 lactic acid가 85.3~650.3 mg%로 가장 많았고, 그 다음으로 citric acid와 malic acid는 98.3~124.8, 5.0~12.8 mg% 범위를 나타내었다. Lactic acid의 경우, 같은 제분율의 품종별 막걸리 비교시 조경밀이 650.3, 504.2, 238.3 mg%(100, 85, 70% 제분율)로 가장 높았다. 입국 제조 시 *Aspergillus kawachii*에 의해 구연산(citric acid)이 생산된다는 보고가 있다(So 등 1999). 쌀 누룩보다 밀 누룩에서 malic acid가 현저히 높다는 보고(Park & Lee 2002)가 있고 본 실험에서는 밀 누룩에 막걸리 원료 또한 밀을 사용하였으므로 다른 막걸리들에 비해 malic acid의 함량이 높은 것으로 생각된다. 막걸리 발효에서 malo-lactic fermentation(MLF)은 알코올 발효 후 *Lactobacillus* sp.와 *Leuconostoc* sp. 등과 같은 특정 유산균에 의해 일어나는 발효로서 이로 인하여 malic acid가 lactic acid로 전환된다. 막걸리 발효에서의 MLF가 적절히 이루어지면 산도의 감소로 부드러운 주질, acetaldehyde의 감소로 풍미 개선, 발효 중 미생물학적 안정성 증대와 같은 긍정적인 효과를 제공한다(Lee 등 2011). 선행연구에서 시판 살균 및 비 살균 막걸리의 유기산 분석결과 비 살균 막걸리의 lactic acid/malic acid의 비율은 3.4를 나타냈고(Lee 등 2011), 본 연구에서는 금강밀 70% 제분율에서 6.66, 백중밀 70% 제분율에서는 15.69로 lactic acid는 상대적으로 malic acid 함량에 비해 높은 수준을 나타냈다.

5. 원료밀의 일반성분과 밀막걸리 품질 특성 인자 간의 상관관계

본 연구에서 분석된 막걸리의 관련 인자들 간의 관계를 알아보기 위해 원료밀의 일반성분 및 막걸리의 품질 관련인자 간의 상관관계를 분석하였다(Table 5). 원료곡의 수분 함량은 원료곡의 단백질과 탄수화물과의 r 값이 각각 −0.887(p<0.001) 및 −0.692(p<0.001)로 부의 상관관계를 나타내었고, 밀 막걸리의 환원당과는 0.405(p<0.05)로 정의 상관을 보였다. 원료곡의 회분 함량은 조지방 함량과의 r 값이 0.415(p<0.05)로 정의 상관을 나타낸 반면 밀 막걸리 품질특성 인자들과의 상관에서는 모두 부의 상관을 나타내었다. 원료곡의 조지방 함량은 막걸리의 환원당 함량, 가용성 고형분 함량 및 총산 간에 각각 r=−0.714(p<0.001), r=−0.571(p<0.001), r=−0.460(p<0.05)으로 부의상관을, pH와는 r=0.396(p<0.05)으로 정의상관을 나타내었다. 원료곡의 단백질 함량은 밀 막걸리의 총산 함량 및 환원당 함량과의 상관분석에서 r 값이 각각 r=−0.561(p<0.001), r=−0.530(p<0.001)으로 부의 상관을 보였다. 원료곡의 탄수화물 함량은 밀 막걸리의 총산, 알코올 및 환원당 함량과의 상관분석에서 각각 r=0.724(p<0.001), r=0.406(p<0.05) 및 r=0.732(p<0.001)로 정의 상관을 나타내었다. 가용성 고형물의 함량은 알코올, 환원당 함량과 r=0.607(p<0.001), r=0.5(p<0.001)로 정의 상관을, pH와는 r=−0.656(p<0.001)으로 부의 상관관계를 나타내었다(p<0.001). pH는 총산 함량과의 r 값이 −0.414(p<0.05)로 부의 상관을 나타내었다. 또한 총산은 환원당 함량과 r=0.548(p<0.001)로 정의 상관을 보였으며 알코올 함량 역시 환원당 함량과의 r 값이 0.459(p<0.05)로 정의 상관관계를 나타내었다.

요 약

본 연구는 국내산 밀 품종에 따른 제분율 별로 밀 막걸리의 품질특성을 평가하고자 수행하였다. 원료곡의 탄수화물은

Table 5. The correlation of factors affecting quality characteristics of wheat-*Makgeolli*

Factor		Wheat				Wheat-*Makgeolli*				
		Ash	Lipid	Protein	Carbohydrate	Total sugar contents	pH	Total acids	Alcohol	Reducing sugar
Wheat	Moisture	−0.315^{NS}	−0.122^{NS}	−0.887**	−0.692**	−0.128^{NS}	−0.110^{NS}	0.380^{NS}	0.068^{NS}	0.405*
	Ash	1.0	0.415*	0.292^{NS}	−0.589**	−0.698**	−0.898**	−0.510**	−0.458*	−0.547**
	Lipid	-	1.0	0.236^{NS}	−0.527**	−0.571**	0.396*	−0.460*	0.215^{NS}	−0.714**
	Protein	-	-	1.0	−0.890**	0.095^{NS}	0.006^{NS}	−0.561**	−0.214^{NS}	−0.530**
	Carbohydrate	-	-	-	1.0	0.275^{NS}	−0.314^{NS}	0.724**	0.406*	0.732**
Wheat-*Makgeolli*	Total sugar contents	-	-	-	-	1.0	−0.656**	0.433^{NS}	0.607**	0.500**
	pH	-	-	-	-	-	1.0	−0.414*	−0.263^{NS}	−0.360^{NS}
	Total acids	-	-	-	-	-	-	1.0	0.351^{NS}	0.548**
	Alcohol	-	-	-	-	-	-	-	1.0	0.459*

^{NS}, *, **: Nonsignificant or significant at p<0.05, or p<0.001, respectively.

70% 제분율의 금강밀, 백중밀이 78.37, 78.16%로 가장 높았다. 밀의 품종 및 제분율에 따른 막걸리의 품질특성을 검정한 결과, 가용성 고형분 함량, 환원당, 알코올은 각각 10.94~12.33 °Brix, 2.89~4.71%, 14~15.97% 범위를 나타냈으며 백중밀 70% 제분율에서 알코올 15.97%, 환원당 4.71%로 가장 높은 함량을 나타냈다. 밀 막걸리의 glucose 함량은 159.4~560.7 mg%의 범위를 보이며 원료 밀 대비 상당량 증가하였고 그 외 mannitol과 arabinose도 존재하였다. 밀 막걸리의 유기산 분석에서, 유산균에 의한 대사산물인 lactic acid는 85.3~650.3 mg%의 분포를 나타내며 가장 높은 수준을 나타냈고 제분율 증가에 따라 그 함량도 증가하였고 제분율별 품종 비교에서는 조경밀이 가장 높았다. 밀 막걸리의 품질 관련인자의 상관성 분석에서는 원료곡의 단백질 함량은 밀 막걸리의 총산, 환원당과 부의 상관을 보였고(p<0.001), 원료곡의 탄수화물 함량은 밀 막걸리의 총산, 환원당(p<0.001) 및 알코올 함량(p<0.05)과 정의 상관을 나타내었다. 가용성 고형물의 함량은 알코올, 환원당 함량과 정의상관을, pH와는 부의 상관관계를 나타내었다(p<0.001). 밀 막걸리의 알코올 함량 비교 시 70, 85% 제분율에서 품종과 제분율에 따른 차이가 존재하지 않았으므로 85% 밀가루도 막걸리용으로 이용 가능할 것이라 생각된다. 하지만 품종과 제분율에 따라 함유하는 유리당과 유기산 등 여러 가지 품질특성이 상이하기 때문에 이를 고려한 원료의 선택이 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원 농업과학기술 연구개발사업(세부과제번호: PJ01133701)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

AOAC. 2002. Official Method of Analysis 16th. The Association of Official Chemists, Washington, D.C. USA

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

Choi SH, Kim OK, Lee MW. 1992. A study on the gas chromatographic analysis of alcohols and organic acids during *Takju* fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 24:272-278

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

Kang MS, Lee CK, Park DS, Ku BC, Park KG, Ko JM, Hyun JN, Kim JC, Nam JH, Suh DY, Kim SJ, Yun YS, Hwang JJ, Kim JG. 2006. A new white wheat cultivar, “Joyoung” for bread making. *Korean J Breed* 38:139-140

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 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

Kim YJ, Kim RY, Park JH, Ju JC, Kim WT, Chun SS. 2010. Physicochemical characteristic of Korean wheat semolina. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:837-842

Lee JS, Lee TS, Noh BS, Park SO. 1996a. Quality characteristics of mash of *Takju* prepared by different raw materials. *Korean J Food Sci Technol* 28:330-336

Lee SB, Ko GH, Yang JY, Oh SH. 2001. Food Fermentation. pp.217-218. Hyoil Publishing Co., Seoul. Korea

Lee SJ, Kim JH, Jung YW, Park SY, Shin WC, Park CS, Hong SY, Kim GW. 2011. Composition of organic acids and physiological functionality of commercial *Makgeolli*. *Korean J Food Sci Technol* 43:206-212

Lee SM, Lee TS. 2000. Effect of roasted rice and defatted soybean on the quality characteristics of *Takju* during fermentation. *J Nat Sci* 12:71-79

Lee TS, Choi JY, Lee JS, Lee DS. 1996b. Volatile flavor components in mash of nonglutinous rice *Takju* during fermentation. *J Korean Soc App Bio Chem* 39:249-254

Luchsinger WW, Cornesky RA. 1962. Reducing power by the dinitrosalicylic acid method. *Anal Biochem* 4:346-347

NTS Liquors Licence Aid Center. 2010. Coursebook on the preparation of *Takju* and *Yakju*. pp. 20-39

Park CS, Heo HY, Kang MS, Lee CK, Park GG, Park JC, Kim HS, Kim HS, Hwang JJ, Cheong YK, Kim JG. 2008. New White wheat variety, “Baegjoong” with high yield, good noodle quality and moderate to pre-harvest sprouting. *Kor J Breed Sci* 40:153-158

Park CS, Lee TS. 2002. Quality characteristics of *Takju* prepared by wheat flour *Nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 34:269-

302

Park CW, Jang SY, Park EJ, Yeo SH, Kim OM, Jeong YJ. 2011. Comparison of the quality characteristics of commercial *Makgeolli* type in South Korea. *Korean J Food Preserv* 18:884-890

Park HY, Choi ID, Oh SK, Woo KS, Yoon SD, Kim HJ, 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, Bae SM, Yook C, Kim JS. 2004. Fermentation characteristics of *Takju* prepared with old rice. *Korean J Food Sci Technol* 36:609-615

Park JS, Chung BW, Bae JO, Lee JH, Jung MY, Choi DS. 2010. Effects of sweet potato cultivars and koji types on general properties and volatile flavor compounds in sweet potato *soju*. *Korean J Food Sci Technol* 42:468-474

Shin JS, Jeong YJ. 2003. Changes in the components of acetic acid fermentation of brown rice using raw starch digesting enzyme. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:381-387

So MH, Lee YS, Noh WS. 1999. Changes in microorganisms and main components during *Takju* brewing by a modified *Nuruk*. *Korean J Food Nutr* 12:226-232

Song JC, Park HJ, Shin WC. 1997. Changes of *Takju* qualities by addition of cyclodextrin during the brewing and aging. *Korean J Food Sci Technol* 29:895-900

Woo SM, Shin JS, Seong JH, Yeo SH, Choi JH, Kim TY, Jeong YJ. 2010. Quality characteristics of brown rice *Takju* by different *Nuruks*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:301-307

Yeo SH, Jeong YJ. 2010. Current trends and development a plan in the Korean *Makgeolli* industry. *Food Sci Industry* 43:55-64

Received 06 September, 2016
Revised 30 September, 2016
Accepted 24 October, 2016