

보리의 품종 및 도정률이 막걸리의 품질 특성에 미치는 영향

박혜영¹ · 최인덕¹ · 오세관¹ · 우관식¹ · 윤순덕¹ · 김현주¹ · 심은영¹ · 정석태²

¹국립식량과학원 수확후이용과

²국립농업과학원 발효식품과

Effects of Different Cultivars and Milling Degrees on Quality Characteristics of Barley *Makgeolli*

Hye-Young Park¹, Induck Choi¹, Sea Kwan Oh¹, Koan Sik Woo¹, Soon Duck Yoon¹, Hyun-Joo Kim¹, Eun-Yeong Sim¹, and Seok Tae Jeong²

¹Crop Post-harvest Technology Division, National Institute of Crop Science, RDA

²Fermented Food Science Division, National Academy of Agricultural Science, RDA

ABSTRACT The purpose of this study was to evaluate the effects of cultivar and milling degree of barley on quality characteristics of *Makgeolli* as well as compare differences between barley *Makgeolli* and rice *Makgeolli*. *Saessal-bori* groups (Ss-4, Ss-12, and Ss-18) showed dry lees contents of 92.3 g, 69.4 g, and 63.8 g, respectively, whereas *Huinchalssal-bori* groups (Hcs-6, Hcs-14, and Hcs-20) showed contents of 62.3 g, 42.2 g, and 32.2 g. There were significant differences in quality characteristics between milling degrees and cultivars ($P<0.05$). The moisture, ash, crude protein, and crude fat contents of raw materials decreased with elevated milling degree. Especially, ash content of raw materials had a direct effect on *Makgeolli*. The pH, total acidity, and amino acidity milling with elevated decreased degree. There were no differences in total sugar or alcohol content in *Makgeolli* according to milling degree of barley, whereas there were significant differences between cultivars. Barley *Makgeolli* showed total sugar and alcohol contents of 10.7~11.8°Brix and 14.07~15.07%, respectively, which were significantly lower than 12.0~12.2°Brix and 17.27~17.77% in rice *Makgeolli* ($P<0.05$). Differences in colors of raw barley according to milling degree had effects on chromaticity of *Makgeolli*; as milling degree increased, L and b values increased. Lactic acid bacteria counts were 7.21, 6.99, and 6.67 log CFU/mL in Ss-4, Ss-12, and Ss-18, respectively, as well as 6.14, 5.39, and 5.65 log CFU/mL in Hcs-6, Hcs-14, and Hcs-20, which suggests significant reductions with increased milling degree ($P<0.05$). The same trend was observed in yeast as a key quality of *Makgeolli*. Suspension stability differed depending on milling degree, so it is expected that suspension stability can be improved by adjusting milling degree.

Key words: barley, cultivar, milling degree, *Makgeolli*

서 론

우리나라 식품공전에서 규정하는 주류에는 탁주, 약주, 청주, 맥주, 과일주, 소주, 위스키, 브랜디 등의 식품유형이 있으며 그중 막걸리가 포함되는 탁주는 전분질 원료와 국을 주원료로 하여 발효시킨 술덧을 혼탁하게 제성한 것이라고 정의하고 있다(1). 막걸리(*Makgeolli*, Korean rice wine)는 빠른 시간 안에 술을 제조하고 탄산에 의해 시원한 청량미를 주며 영양성분이 많아 오랜 기간 동안 한국인들에게 사랑받는 가장 한국적인 술로 함께 하였다(2). 과거 쌀을 주원료로 하였으나 한때 쌀 수급량 저하로 막걸리 가공에 쌀 이용이

금지되면서 밀 막걸리가 일반화되었다(2). 그러나 최근 영양이나 기능성을 고려한 다양한 전분원료 즉, 조(3), 수수(4), 팥(5), 흑미(6), 현미(7,8), 찹쌀(8), 고구마(9) 등과 감(10), 석류(11), 포도(12), 블루베리(13), 크랜베리(14), 아로니아(15) 등의 부채료를 이용한 주류 연구가 활발히 수행되고 있으나 쌀과 함께 대표적 식량자원으로 알려진 보리는 미진한 수준이다.

보리(*Hordeum vulgare* L.)는 벼목 화본과에 속하며 성숙 후 껍질의 종실 밀착 여부에 따라 겉보리와 쌀보리로 나뉜다. 영양성분은 쌀과 비교하여 당질이 77%로 다소 낮은 반면, 콜레스테롤 저하 효과와 관련된 식이섬유는 밀가루의 5배, 쌀의 16배에 해당하고 한국인들에게 부족하기 쉬운 칼슘과 철은 각각 8배, 5배 수준이다(16). 전분 특성을 달리하는 찰보리와 메보리는 가공에 따라 다른 특성을 나타내며, 타 곡물에 비해 원곡 도정에 따라 영양소의 유실율도 적다고 알려져 있다. 원곡도정에 따른 주류 가공연구(17-19)

Received 14 September 2015; Accepted 7 December 2015

Corresponding author: Seok Tae Jeong, Fermented Food Science Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Jeonbuk 55365, Korea

E-mail: jst@korea.kr, Phone: +82-63-238-3615

는 대부분 쌀 위주로 이루어지고 있다. 도정률이 증가함에 따라 지방 및 회분 함량이 크게 감소하고(20) 쌀가루의 물 결합능력, 팽윤력과 용해도는 증가하는 반면에 아밀로그래프에서 초기 호화온도는 낮아지고 최고 점도가 높아지는(21) 한편, 발효 시 알코올 함량은 감소하고 환원당은 증가하는(17) 등의 결과로 곡물의 도정률이 식품가공에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있다.

본 연구에서는 다양하게 도정된 새쌀보리와 흰찰쌀보리를 원료로 하여 제조된 막걸리 품질 특성을 살펴 품종이나 도정률이 막걸리의 품질 특성에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 이와 더불어 기존 막걸리와의 원료에 따른 차이를 살펴보고자 양조 적성이 우수하다고 알려진 설갱과 일반쌀인 신동진을 대조구로 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용된 보리 품종인 새쌀보리(*Saessal-bori*, Suwon, Korea), 흰찰쌀보리(*Huinchalssal-bori*, Suwon, Korea), 쌀 품종인 설갱(*Seolgaeng*, Andong, Korea)은 농촌진흥청 국립식량과학원에서 2014년에 관행재배된 작물을 수확하여 사용하였다. 또 하나의 대조구로 쌀 품종인 신동진(*Sindongjin*, Kimje, Korea)을 사용하였으며 동김제농협으로부터 구매하였다. 막걸리 제조를 위한 발효제로 입국은 천일산업(Cheonil Co., Yeosu, Korea)에서 탁주제조용을 구입하였고, 누룩은 우리밀로 제조한 재래누룩(Nuruk, Jinjugokja, Jinju, Korea), 효모는 건조형태로 상품화된 *Saccharomyces cerevisiae*(La Parisienne, Societe Industrielle Lesaffre, Marcq en Baroeul, France)를 구입하여 사용하였다.

원료 도정

원료 보리는 도정기(Barley mill DK 108, Dongyang Techtool Co., Daegu, Korea)를 이용하여 도정하였다. 도

Table 1. Sample abbreviation of grains with different milling degrees and cultivars

Material	Cultivar	Degree of milling (%)	Sample abbreviation
Rice	<i>Seolgaeng</i>	8	Sg-8
		8	Sdj-8
Barley	<i>Saessal-bori</i>	4	Ss-4
		12	Ss-12
		18	Ss-18
	<i>Huinchalssal-bori</i>	6	Hcs-6
		14	Hcs-14
		20	Hcs-20

정 전후의 무게 차이로 계산된 도정률은 새쌀보리 4%, 12%, 18%이고 흰찰쌀보리는 6%, 14%, 20%였다. 그 외 대조구인 쌀은 8% 도정된 백미를 받아 사용하였다(Fig. 1). 원료곡의 종류, 품종, 도정률에 따른 시료 약어는 Table 1과 같다.

막걸리 제조

원료곡의 종류, 품종, 도정률에 따른 막걸리의 특성 차이를 살펴보고자 막걸리는 모두 동일한 조건으로 제조하였다(Fig. 2). 도정된 보리는 세척 후 3배 부피의 물에 3시간(쌀은 2시간) 동안 침지하였고 1시간 동안 물빼기 하였다. 100°C에서 1시간 증자 후 실온으로 식은 원료곡에 생 원료 무게 대비하여 입국은 20%(w/w), 재래누룩은 1%(w/w), 가수량 180%(w/w), 효모는 생 원료와 물 첨가량을 합한 양의 0.05%(w/w)를 첨가하였다. 25°C 발효실에서 7일간 발효시켰으며 발효 3일차까지 1일 1회 술덧을 고루 저어 섞어 주었고 7일차에 거르기 한 후 거른 여액을 시료액으로 분석하였다.

주박량 및 주박함수율 측정

주박량 측정을 위하여 술덧 전량을 거름망에 걸러 남은 주박을 모아 알루미늄 용기(25×15 cm)에 펼친 후, 100°C 드라이오븐에서 24시간 동안 건조하였다. 건조된 주박을

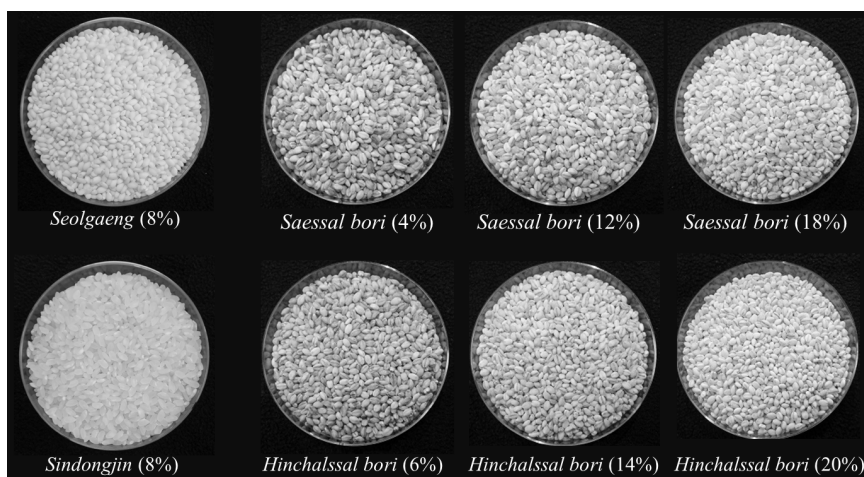


Fig. 1. Appearance of the grain with different milling degree and cultivars.

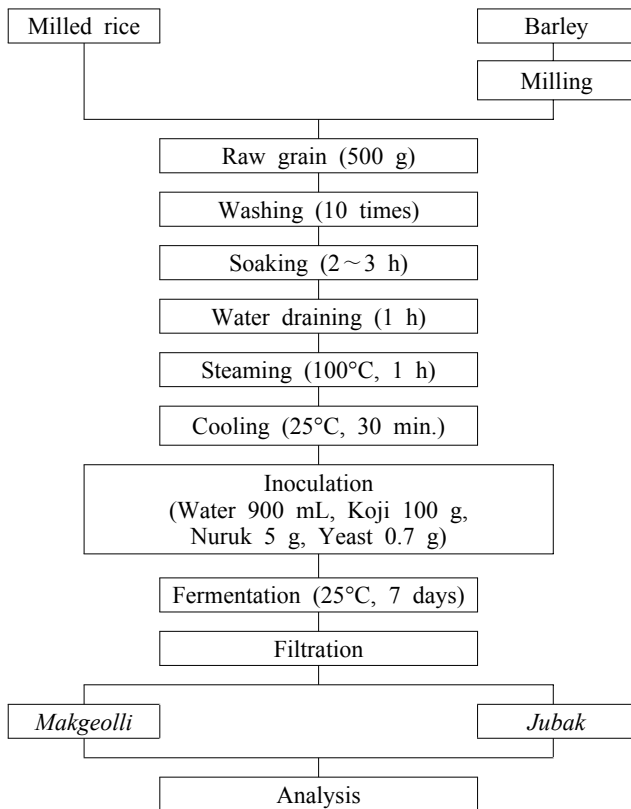


Fig. 2. Schematic diagram of Makgeolli using barley different milling degree and cultivar.

30분 방랭하여 측정된 무게를 주박량(g)으로 하였고, 주박 함유율(% w/w)은 건조 전 주박 무게를 대비한 건조 전후 무게 차이로 나타냈다.

일반성분 분석

도정률을 달리한 막걸리와 원료의 수분정량은 상압건조방법으로 105°C에서 건조하여 정량하였고, 조회분은 600°C에서 직접회화법으로 회화 후 측정하였다. 조단백질은 semi-micro-Kjeldahl법으로 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Mulgrave, Australia)로 분석하였으며, 조지방은 Soxhlet 추출기(Soxtec System HT 1043 extraction unit, Foss Tecator)를 사용하여 diethyl ether로 추출하여 정량하였다. 탄수화물은 시료 100 g에 수분, 조지방, 조단백질, 조회분 값을 감하여 산출하였다.

pH, 총산 및 아미노산도 측정

pH는 pH meter(Metrohm 691, Metrohm, Herisau, Switzerland)로 상온에서 측정하였고, 총산은 시료 10 mL에 0.1 N NaOH(F=1.000) 용액을 넣어 pH 8.2가 될 때까지 소비된 NaOH의 mL를 측정하여 젖산(lactic acid) 함량으로 환산하였다. 아미노산도는 시료액 10 mL에 중성 formaldehyde 5 mL를 가하여 유리된 아미노산을 0.1 N NaOH 용액으로 적정하고 pH 8.2까지 소비된 NaOH의 mL를 측정

한 후 글리신(glycine) 함량으로 환산하였다.

가용성 고형분 및 알코올 함량 측정

가용성 고형분 함량은 시료액을 취하여 당도계(PAL-3, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였으며, 알코올 함량은 시료액 100 mL에 증류수 100 mL를 혼합하여 증류하였다. 증류액 약 90 mL를 받고 증류수로 100 mL로 정용한 후 증류액을 15°C로 조정한 다음 주정계를 이용하여 측정하였다(22).

색도 측정

시료의 색도는 색도계(Ultra Scan Pro Spectrophotometer, Hunter Lab, Reston, VA, USA)를 이용하였으며 RTRAN-regular transmission 모드에서 Hunter's value 인 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값으로 평가하였다.

미생물 측정

균일하게 혼합된 시료를 saline 용액에 단계 희석한 후 유산균은 MRS agar(Difco, Franklin Lakes, NJ, USA)를 이용하여 37°C에서 48시간 배양하였고, 효모는 YPD agar(Difco)를 이용하여 25°C에서 72시간 배양하여 계수한 값을 log CFU/mL로 나타냈다.

현탁안정성 측정

So와 Lee(23)의 방법을 응용하여 시료액과 증류수를 1:1 (v/v)로 혼합한 후 100 mL 메스실린더에 100 mL를 넣고 15°C에서 시간 경과에 따른 탁주의 불투명층의 부피를 1시간 간격으로 측정하여 전체 부피에 대한 백분율로 나타내었다.

통계처리

모든 분석 결과 값은 SPSS program(version 12.0, SPSS, Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하고 평균값은 one-way analysis of variance(ANOVA)로 비교하였으며, Duncan's multiple range test를 실시하여 5%(P<0.05) 유의 수준에서 평균 간의 다중비교를 실시하였다. 그 외 두 집단 간 유의성 비교는 독립표본 T-검정으로 하였다.

결과 및 고찰

품종 및 도정률이 다른 막걸리의 주박량 및 주박함수율

4%, 12%, 18% 도정된 새싹보리와 6%, 14%, 20% 도정된 흰찰쌀보리를 원료곡으로 하여 막걸리를 제조하였으며 술덧 전량을 거른 후 얻은 주박을 건조시켜 주박 무게와 함유율을 비교하였다(Fig. 3). 건조된 주박의 양은 도정률 증가에 따라 새싹보리는 92.3 g, 69.4 g, 63.8 g이었고, 흰찰쌀보리는 62.3 g, 42.2 g, 32.2 g으로 나타나 보리 두 품종

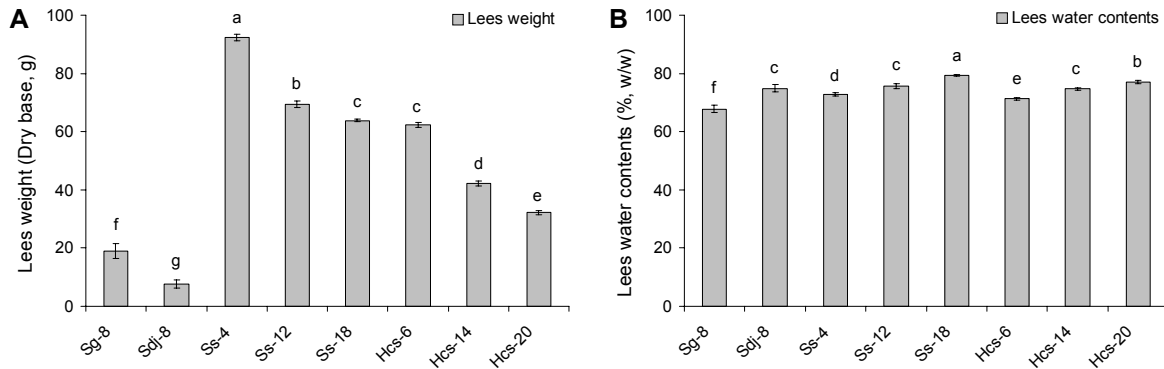


Fig. 3. Dried lees weight (A) and lees water contents (B) of *Makgeolli* with different milling degrees and cultivars. Variety of groups are same as Table 1. Values are mean±standard deviation (n=3). Different letters (a-g) on the bars indicate significant differences ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

모두 도정을 많이 할수록 주박량이 유의적으로 감소하였다 ($P<0.05$). 보리 품종 간 주박량 차이를 살펴보았을 때 Ss-18과 Hcs-6은 같은 그룹(c그룹)으로 분류되나 도정률 차이를 보여 새쌀보리보다 흰찰쌀보리가 같은 도정 수준에서 더 적은 주박량을 나타냈다. 이러한 주박량 결과로 메성보리보다는 찰성보리의 작업효율이 더 용이하나 주박을 부산물로 이용한다면 메성보리가 더 적합하다고 판단된다. 한편 이러한 차이는 발효과정 중 내부 전분질 등의 용출도 및 발효과정 중 전분의 당화에 따른 차이로 사료된다. 한편 대조구 중 신동진은 7.7 g으로 도정률이 유사했던 Ss-12나 Hcs-6의 11%와 24% 수준을 나타내 막걸리 원료에 따른 주박량의 큰 차이를 보였다.

주박을 건조하기 전후의 무게로부터 얻은 주박함수율은 보리 도정률이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($P<0.05$). 즉 도정률 증가에 따라 새쌀보리는 72.7%, 75.7%, 79.3%였고, 흰찰쌀보리는 71.3%, 74.7%, 77.1%로 두 품종 모두 도정을 많이 할수록 주박함수율이 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 이것은 도정을 적게 할수록 불용성 물질 입자가 많아지고 주박의 입자 크기가 커서 물의 보유력이 감소하여 주박량은 많고, 주박함수율은 낮아지는 것으로 생각된다. 한편 쌀 품종 간 비교에서도 설갱과 신동진의 주박함수율은 67.8%, 74.9%로 나타나 주박량이 적었던 설갱이 높은 주박함수율을 나타냈다. 관련 연구에서 탁주 제조 시 발효제의 종류(24)나 혼합비율(23)을 달리하였을 때 생성되는 주박량이 차이를 보임으로써 본 연구에서의 품목이나 품종, 도정률 외에 발효제도 주박량을 결정하는 주요한 인자임을 알 수 있었다.

주박은 청주나 약주를 빚은 후 술을 걸러내는 과정에서 생성되는 부산물로 탁주로부터 분리된 주박은 식량이 부족했던 시기에 대체식품의 역할을 담당하기도 하고, 최근 뇌경색, 심근경색 및 동맥경화를 예방하고 알레르기 체질 개선, 미백 효과를 나타내는 등에 따른 건강식품과 기능성 식품, 기능성 미용소재로의 이용이 확대되고 있다(25-29). 술 제조 시 용도 다양화에 따라 술 이외의 주박의 2차 가공이 필요하

다면 원료곡 종류, 품종, 도정률, 발효제 등의 선택으로 부산물의 양을 증대시킬 수 있을 것으로 사료된다.

품종 및 도정률이 다른 막걸리와 원료의 일반성분

보리의 품종과 도정률이 막걸리에 미치는 영향을 살펴보고자 원료와 막걸리의 일반성분을 분석하여 Table 2에 나타내었다. 보리 원료의 모든 일반성분은 두 품종 내 도정률에 따른 유의적 차이를 나타냈고($P<0.05$), 도정률 증가에 따라 탄수화물은 증가, 그 외 성분은 감소하였다. 이러한 결과는 Lee 등(18)과 Chun 등(19)의 도정도에 따른 원료곡의 일반성분 변화와 일치하였다. 이는 도정에 따라 외피와 호분층이 제거되면서 여기에 포함되어 있는 단백질, 지방 등이 함께 제거되고 상대적으로 내부 전분층의 비율이 높아지면서 도정률에 따라 상반된 조성을 갖게 된 것으로 생각된다. 한편 원료곡 도정률에 따른 유의적 차이가 막걸리 품질에 영향을 끼쳤을 것으로 생각되는 일반성분은 회분으로 두 가지 보리 막걸리에서 도정률 증가에 따라 모두 유의적 감소를 보여, 원료에서 유래하는 회분 함량에 대한 영향을 받았을 것으로 사료된다.

품종 및 도정률이 다른 막걸리의 pH, 총산 및 아미노산도

품종 및 도정률에 따른 막걸리의 특성 차이를 원료곡 수준에서 살피기 위하여 모든 이화학 및 미생물 분석은 제성을 하지 않은 막걸리를 시료액으로 하였다. pH는 막걸리의 발효과정에서 생성되는 다양한 유기산의 종류와 농도 등에 영향을 받으므로 발효 진행 상황을 예측할 수 있는 중요한 지표이다(30). 보리의 도정률 증가에 따른 pH는 새쌀보리가 도정도에 따라 각각 4.04, 3.88, 3.87이었고 흰찰쌀보리가 도정도에 따라 각각 4.37, 4.13, 4.09로 유의적 감소($P<0.05$)를 나타냈다(Table 3). 이는 원료곡 도정률에 따른 차이로 생성되는 유기산 종류와 농도에 영향을 받았을 것으로 생각되며, 그에 따른 산 해리도의 차이에 원인을 들 수 있겠다. Kim 등(17)의 도정도에 따른 찰쌀 발효주 연구와 Lee 등(18)의 오대쌀 도정도에 따른 막걸리 품질 연구에서 도정

Table 2. Proximate composition of raw materials and *Makgeolli* from rice and barley having different milling degree and cultivars (unit: %)

Sample	Variety ¹⁾	Moisture	Ash	Crude protein	Crude fat	Carbohydrate
Raw material	Sg-8	12.53±0.12 ²⁾	0.46±0.02	4.83±0.02	1.08±0.08	81.09±0.23
	Sdj-8	11.80±0.12	0.40±0.02	5.99±0.07	0.82±0.04	80.99±0.05
	t-value	7.571 ^{**}	4.256 [*]	-27.558 ^{***}	4.839 ^{**}	0.770
	Ss-4	11.36±0.04 ³⁾	1.23±0.02 ^a	8.80±0.11 ^a	0.51±0.01 ^a	78.10±0.12 ^c
	Ss-12	10.70±0.02 ^b	1.06±0.01 ^b	8.57±0.07 ^b	0.34±0.02 ^b	79.34±0.06 ^b
	Ss-18	10.63±0.01 ^c	0.86±0.03 ^c	8.08±0.13 ^c	0.27±0.03 ^c	80.16±0.08 ^a
	Hcs-6	8.78±0.12 ^a	1.71±0.01 ^a	10.82±0.21 ^a	3.52±0.18 ^a	75.17±0.29 ^c
	Hcs-14	8.13±0.12 ^b	1.32±0.02 ^b	10.47±0.25 ^a	1.69±0.03 ^b	78.39±0.22 ^b
	Hcs-20	8.03±0.08 ^b	1.00±0.07 ^c	9.86±0.03 ^b	1.23±0.05 ^c	79.87±0.11 ^a
	Sg-8	92.70±0.59	0.08±0.01	2.66±0.08	0.03±0.00	4.54±0.64
	Sdj-8	92.67±0.13	0.12±0.01	2.29±0.03	0.05±0.01	4.87±0.10
	t-value	0.097	-4.221 [*]	8.011 ^{***}	-4.000 [*]	-0.901
<i>Makgeolli</i>	Ss-4	92.70±0.03 ^b	0.28±0.05 ^a	3.02±0.06 ^b	0.06±0.01	3.95±0.07
	Ss-12	92.76±0.02 ^b	0.20±0.01 ^b	3.12±0.01 ^a	0.07±0.01	3.86±0.00
	Ss-18	92.86±0.03 ^a	0.17±0.03 ^b	3.05±0.01 ^{ab}	0.05±0.01	3.87±0.03
	Hcs-6	92.50±0.24	0.35±0.05 ^a	3.45±0.13 ^a	0.05±0.01	3.65±0.21
	Hcs-14	92.66±0.14	0.25±0.02 ^b	3.25±0.05 ^c	0.05±0.01	3.79±0.16
	Hcs-20	92.76±0.05	0.18±0.01 ^c	3.28±0.09 ^{ab}	0.05±0.01	3.74±0.13

¹⁾Variety of groups are same as Table 1.

²⁾Values are mean±standard deviation (n=3).

³⁾Values with different letters in the same column differ significantly ($P<0.05$).

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$.

Table 3. Chemical properties of *Makgeolli* brewed from rice and barley having different milling degree and cultivars

Variety ¹⁾	pH	Total acidity (%, lactic acid base)	Amino acidity (%, glycine acid base)	Total sugar contents (°Brix)	Alcohol contents (%)
Sg-8	4.06±0.07 ^{bc2)3)}	0.93±0.02 ^a	1.07±0.02 ^{bc}	12.20±0.17 ^a	17.77±0.06 ^a
Sdj-8	3.99±0.05 ^c	0.85±0.00 ^{bc}	0.99±0.04 ^c	12.00±0.20 ^a	17.21±0.06 ^a
Ss-4	4.04±0.03 ^{bc}	0.91±0.01 ^{ab}	1.09±0.02 ^{ab}	10.93±0.15 ^{cd}	15.00±0.00 ^b
Ss-12	3.88±0.02 ^d	0.87±0.04 ^{bc}	1.07±0.03 ^{bc}	10.73±0.21 ^d	15.07±0.12 ^b
Ss-18	3.87±0.01 ^d	0.88±0.01 ^{abc}	1.04±0.02 ^{cd}	11.17±0.15 ^c	15.00±0.53 ^b
Hcs-6	4.37±0.12 ^a	0.94±0.04 ^a	1.11±0.01 ^a	11.57±0.06 ^b	14.07±0.12 ^c
Hcs-14	4.13±0.03 ^b	0.90±0.01 ^{abc}	1.07±0.02 ^{bc}	11.67±0.21 ^b	14.27±0.12 ^c
Hcs-20	4.09±0.02 ^{bc}	0.85±0.05 ^c	1.02±0.01 ^{de}	11.67±0.12 ^b	14.20±0.10 ^c

¹⁾Variety of groups are same as Table 1.

²⁾Values are mean±standard deviation (n=3).

³⁾Values with different letters in the same column differ significantly ($P<0.05$).

도를 증가시켰을 때 pH 감소 경향을 나타내 본 결과와 일치함을 보였다.

보리의 총산 함량은 새쌀보리가 0.91~0.88%, 흰찰쌀보리가 0.94~0.85%를 나타냈고, 도정률 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다(Table 3). 이는 종피, 호분층, 배아 등에 다양한 영양소 구성으로 미생물 증식에 영향을 줄 수 있어 도정률이 낮을수록 미생물 증식과 관련된 총산 함량이 증대된 것으로 생각된다.

아미노산도는 Ss-4, Ss-12, Ss-18이 1.09%, 1.07%, 1.04%를 나타냈고 Hcs6, Hcs-14, Hcs-20이 1.11%, 1.07%, 1.02%를 나타내어 도정률 증가에 따라 유의적 감소를 나타냈으나($P<0.05$) 큰 차이를 보이지는 않았다(Table 3).

한편 전분 구조가 등글고 연질미로 알려진 설갱(31)은 신동진보다 높게 나타나, 막걸리의 맛과 관련된 품질지표인 아미노산도는 원료곡의 품종, 도정률에 따른 차이를 나타냈다. Kim 등(17)의 연구에서도 찹쌀 도정도에 따른 발효주에서 도정도 증가에 따라 낮은 아미노산도를 보여 본 결과와 일치함을 보였는데, 이는 도정률 증가에 따라 원료곡 단백질 함량도 함께 감소한 것이 주요 요인으로 사료된다(18,19).

품종 및 도정률이 다른 막걸리의 가용성 고형분 및 알코올 함량

가용성 고형분은 발효에 중요한 인자로 발효기간에 따른 변화를 나타내며 알코올 생성과 밀접한 관계를 갖는다(32).

원료곡에서 유래하는 전분으로부터 당화과정을 거쳐 단당류 생성이 이루어지며 단당류로부터 알코올이 생성된다. 따라서 알코올 발효에 앞서 우선되어야 할 것은 전분의 당화과정이며 당화가 잘되지 않으면 알코올 발효가 일어나지 않아 산패로 될 가능성이 있다(2). 보리 도정률에 따른 막걸리의 가용성 고형분 함량은 새쌀보리가 10.73~11.17°Brix, 흰찰쌀보리가 11.57~11.67°Brix로 도정률 간 차이를 보이지 않았으나, 품종 간 유의적 차이를 나타냈다($P<0.05$). 한편 대조구인 설괘과 신동진은 품종 간 차이를 보이지 않았고, 보리 막걸리와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(Table 3).

고형분 함량과 유사한 경향으로 보리 도정률에 따른 막걸리의 알코올 함량도 새쌀보리가 15.00~15.07%, 흰찰쌀보리가 14.07~14.27%였고 도정률 간 차이는 없었으나 품종 간 차이를 보였다. 새쌀보리와 흰찰쌀보리의 가용성 고형분 함량과 알코올 함량의 관계를 살펴보면, 가용성 고형분 함량이 낮았던 새쌀보리가 유의적으로 높은 알코올 함량을 나타냄으로써 당 소비에 의한 알코올 생성을 확인할 수 있었다(Table 3). 그러나 쌀 막걸리와 보리 막걸리를 비교했을 때 가용성 고형분 함량이 유의적으로 높았음에도 높은 알코올 함량을 나타냈던 것은 원료인 쌀과 보리의 전분 함량, 전분 구조, 당화 정도, 수분흡수율 등의 차이 때문인 것으로 사료된다. 한편 1949년 이전까지 시판 막걸리의 알코올 도수에 대한 기준이 없었으나 1949년 이후 제정한 막걸리의 알코올 분 규정을 따로 마련하였으며 현재는 3도 이상으로 규정되고 있다(2).

품종 및 도정률이 다른 막걸리의 색도 및 미생물

도정률을 달리하는 보리 막걸리와 대조구인 쌀 막걸리의 색도 분석 결과는 Table 4와 같다. L값은 Sg-8과 Sdj-8이 유의적으로 높은 수준을 나타내 원료곡에 따른 보리와 쌀의 차이를 나타냈으며, 보리의 도정률에 따른 색도는 도정률 증가에 따라 L값과 b값이 유의적 증가를 보였다($P<0.05$). Eun 등(32)의 연구에서 쌀의 도정도 증가에 따라 L값의 증가는 본 연구 결과와 일치함을 보였으나 b값은 감소함을 보여 본 연구 결과와 상이함을 보였고, 쌀과 보리 원료 차이에

의할 것으로 생각된다.

미생물은 유산균과 효모의 생균수를 측정하였으며 결과는 Table 4와 같다. 유산균수 분석 결과 Ss-4, Ss-12, Ss-18은 7.21, 6.99, 6.67 log CFU/mL였고 Hcs-6, Hcs-14, Hcs-20은 6.14, 5.39, 5.65 log CFU/mL로 두 품종 모두 도정률 증가에 따라 유의적으로 감소하였고($P<0.05$) 품종 간 비교에서 새쌀보리가 흰찰쌀보리와 비교하여 10배 정도 높은 수준을 보였다. 이러한 경향은 효모수 측정에서도 같았으며 새쌀보리가 7.18~7.40 log CFU/mL, 흰찰쌀보리가 6.16~6.51 log CFU/mL를 나타냈다. 대조구인 쌀은 6.37, 6.46 log CFU/mL를 나타냈으며 쌀 품종 간 유의적 차이는 없었다. 이러한 결과는 도정을 달리한 막걸리 원료곡의 배유(endosperm), 배아(embryo) 구성 차이에 따라 미생물 증식에 영향을 주는 단백질, 지방, 무기질 및 비타민 함량에 기인할 것으로 사료된다.

품종 및 도정률이 다른 막걸리의 현탁안정성

막걸리에서 현탁안정성은 시간당 부유물의 부피 변화 즉, 막걸리를 흔들어서 균질한 상태에서 시간경과에 따라 부유물 침전에 의하여 변화하는 탁한 부분의 부피나 높이를 측정하여 나타낼 수 있다. 따라서 현탁안정성이 좋다고 하는 것은 단위시간당 탁한 부분의 부피나 높이의 변화가 적은 것을 의미한다. 본 연구에서는 원료곡 도정률 차이가 현탁안정성에 미치는 영향을 살펴보고자 모든 처리구를 물과 1:1로 희석한 후 단위시간당 탁한 부분의 부피를 측정하여 Fig. 4에 나타냈다. Fig. 4A에 Ss-8과 Sdj-8의 현탁안정성은 1시간 경과에 70.0, 69.3%였으나 2시간 경과 후에는 48.0, 43.3%로 크게 감소하였다. 반면 보리 막걸리의 2시간 후 현탁안정성은 Fig. 4B에서 Ss-4, Ss-12, Ss-18은 52.7, 56.3, 54.7%를 나타냈고, Fig. 4C에서 Hcs-6, Hcs-14, Hcs-20은 44.3, 45.7, 55.7%를 나타내어, 새쌀보리는 쌀 막걸리와 비교하여 현탁안정성이 우수하였다.

또한 보리의 도정률에 따른 현탁안정성은 흰찰쌀보리에서 도정률이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였고 새쌀보리에서도 4시간 이후에 같은 결과를 나타내 품종에 따른 일

Table 4. Color value and microorganism of *Makgeolli* brewed from rice and barley having different milling degree and cultivars

Variety ¹⁾	Color value			Microorganism (log CFU/mL)	
	L	a	b	Lactic acid bacteria	Yeast
Sg-8	2.05±0.10 ^{b2)3)}	0.91±0.12 ^d	2.66±0.20 ^a	5.73±0.25 ^d	6.37±0.02 ^c
Sdj-8	2.20±0.05 ^a	1.11±0.08 ^{bcd}	2.83±0.06 ^a	5.60±0.14 ^d	6.46±0.17 ^c
Ss-4	1.17±0.08 ^e	0.98±0.16 ^{cd}	1.67±0.13 ^c	7.21±0.15 ^a	7.40±0.04 ^a
Ss-12	1.33±0.16 ^d	0.84±0.23 ^d	1.81±0.24 ^{bc}	6.99±0.02 ^{ab}	7.28±0.02 ^{ab}
Ss-18	1.47±0.06 ^d	0.92±0.25 ^d	1.85±0.06 ^{bc}	6.67±0.23 ^b	7.18±0.05 ^b
Hcs-6	1.36±0.06 ^d	1.30±0.17 ^{ab}	2.05±0.18 ^b	6.14±0.17 ^c	6.51±0.10 ^c
Hcs-14	1.77±0.08 ^c	1.53±0.12 ^a	2.64±0.21 ^a	5.39±0.02 ^d	6.35±0.01 ^c
Hcs-20	1.85±0.03 ^c	1.27±0.12 ^{abc}	2.81±0.08 ^a	5.65±0.21 ^d	6.16±0.04 ^d

¹⁾Variety of groups are same as Table 1.

²⁾Values are mean±standard deviation (n=3).

³⁾Values with different letters in the same column differ significantly ($P<0.05$).

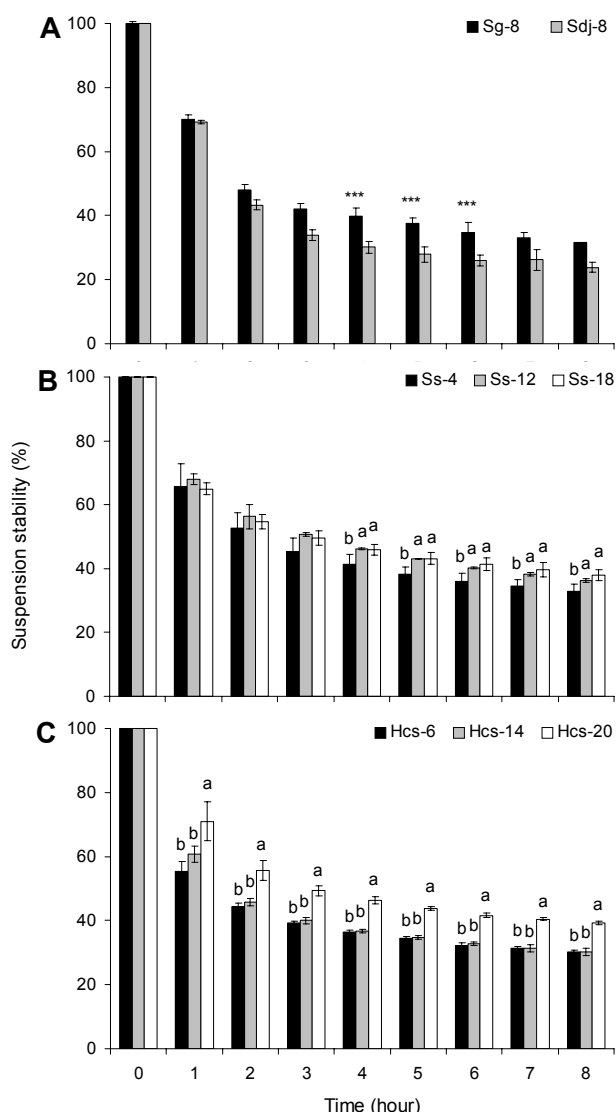


Fig. 4. Suspension stability of *Makgeolli* brewed from rice and barley having different milling degree and cultivars. Variety of groups are same as Table 1. Values are mean±standard deviation (n=3). Asterisks (***) on the bars indicate significant differences ($P<0.001$) by t-test. Different letters (a,b) on the bars indicate significant differences ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

부 차이를 나타내며, 대체적으로 도정을 많이 한 처리구에서 현탁안정도가 높았다(Fig. 4B, 4C). 이는 도정률을 증가시키면 따라서 막걸리 현탁용액 내에 부유할 수 있는 크고 무거운 입자가 제거되었기 때문으로 생각된다. 관련 이론으로 수층에서 입자의 침전 속도는 입자 크기와 밀도에 의해 결정되며, 입자가 크고 밀도가 높을수록 침전 속도가 증가한다는 Stokes 법칙을 통해 도정률로 인한 입자 크기가 현탁안정성에 영향을 주었을 것으로 사료된다(33). 한편 So 등(24)의 연구에서는 개량누룩의 상용을 달리한 탁주에서도 현탁안정성이 큰 차이를 보여 도정률 외 발효제에 의해서도 현탁안정성이 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 그 외 계면에 고정되는 이온층과 용액 내부 전위차를 나타내는 제타전위(zeta

potential)는 콜로이드 용액의 안정도와 관련되는데, 일반적으로 $0\sim\pm 5$ mV이면 용매에서 빠르게 응집하여 침전하고 $\pm 30\sim\pm 60$ mV일 때 분산이 잘되며 ± 61 mV 이상이면 매우 안정한 상태를 나타낸다는 연구 보고가 있다(34). Paik 등(35)의 연구에서 갈습의 나노 및 마이크로 입자의 제타전위가 ± 10 mV 이하로 나타났으며 응집과 침전이 쉽게 이루어진 것을 확인하였고 상대적으로 입자가 큰 마이크로 갈습 입자가 좀 더 불안정하였다. 향후 도정률에 따른 현탁안정성을 구명하기 위해서 도정률과 입자 크기, 제타전위, 점도 등과의 상관성을 확인하는 것이 필요하겠다.

요 약

본 연구에서는 보리의 품종 및 도정률이 막걸리 품질 특성에 미치는 영향과 대조구인 기존 쌀 막걸리와 보리 막걸리의 차이를 살펴보고자 하였다. 건조주박량은 새쌀보리 그룹인 Ss-4, Ss-12, Ss-18이 92.3 g, 69.4 g, 63.8 g을 나타냈고, 흰찰쌀보리 그룹인 Hcs-6, Hcs-14, Hcs-20은 62.3 g, 42.2 g, 32.2 g을 나타내 도정률과 품종 간 유의적인 감소를 나타냈으며($P<0.05$), 주박함수율은 도정률 증가에 비례하였다. 한편 Ss-8, Sdj-8의 주박량은 19.0 g, 7.7 g으로 쌀과 보리 원료에 따른 큰 차이를 나타냈다. 원료 도정률 증가에 따라 탄수화물은 증가, 그 외 성분은 감소하였고, 그중 희분은 막걸리에 직접적 영향을 주었을 것으로 생각된다. pH, 총산 함량, 아미노산도는 도정률 증가에 따라 감소하였는데, 이는 도정 정도를 달리하는 원료 특성에 따라 생성되는 유기산과 함유된 영양성분의 차이에 기인할 것으로 보인다. 보리 도정률에 따른 막걸리의 가용성 고형분 함량과 알코올 함량은 도정률에 따른 차이를 보이지 않았으나 품종 간 차이를 보였고 보리 막걸리는 $10.7\sim 11.8^\circ\text{Brix}$, $14.07\sim 15.07\%$ 로 쌀 막걸리 $12.0\sim 12.2^\circ\text{Brix}$, $17.27\sim 17.77\%$ 와 비교하여 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$). 도정에 따른 원료곡의 색차이는 막걸리의 색에도 영향을 주어 도정률 증가에 따라 L값과 b값이 증가하였다. 발효와 관련한 유산균수는 Ss-4, Ss-12, Ss-18이 7.21, 6.99, 6.67 log CFU/mL였고, Hcs-6, Hcs-14, Hcs-20은 6.14, 5.39, 5.65 log CFU/mL로 도정률 증가에 따른 유의적 감소를 나타냈다($P<0.05$). 이러한 결과는 효모에서도 같은 경향을 보였고, 특히 막걸리의 주요 품질로 현탁안정성이 도정률에 따른 차이를 보여 도정률 조정으로 현탁안정성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

본 논문은 국립식량과학원 기관고유사업(과제번호 PJ 011337)에 의한 연구 결과의 일부이며, 이에 깊은 감사드립니다.

REFERENCES

1. Korea Food & Drug Administration. 2015. Handbook on the food code. http://fse.foodnara.go.kr/residue/RS/jsp/menu_02_01_03.jsp?idx=69 (accessed Sep 2015).
2. Ryu IS. 2014. *Textbook of Korea traditional alcoholic drink*. 1st ed. Gyomunsa, Paju, Korea. p 140-153.
3. Woo KS, Lee JS, Ko JY, Song SB, Oh BG, Kang JR, Nam MH, Ryu IS, Seo MC. 2010. Physicochemical characteristics of Korean traditional wine fermented from foxtail millet (*Setaria italica* Beauv.) and *nuruk* at different addition rates. *Korean J Food Sci Technol* 42: 298-303.
4. Woo KS, Ko JY, Song SB, Lee JS, Oh BG, Kang JR, Nam MH, Ryu IS, Jeong HS, Seo MC. 2010. 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.
5. Chen Y, Hwang JA, Chang YH. 2013. Quality characteristics of *Makgeolli* added with red bean. *Korean J Food Cookery Sci* 29: 777-784.
6. Kim OS, Park SS, Sung JM. 2012. Antioxidant activity and fermentation characteristics of traditional black rice wine. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1693-1700.
7. Baek CH, Choi JH, Choi HS, Jeong ST, Kim JH, Jeong YJ, Yeo SH. 2013. Quality characteristics of brown rice *makgeolli* produced under differing conditions. *Korean J Microbiol Biotechnol* 41: 168-175.
8. Lee HS, Park YS, Bai DH. 2014. Quality characteristics of *makgeolli* (rice wine) fermented with *koji* by starch types. *Food Eng Prog* 18: 215-221.
9. Cheon JE, Baik MY, Choi SW, Kim CN, Kim BY. 2013. Optimization of *Makgeolli* manufacture using several sweet potatoes. *Korean J Food & Nutr* 26: 29-34.
10. Im CY, Jeong ST, Choi HS, Choi JH, Yeo SH, Kang WW. 2012. Characteristics of *Gammakgeolli* added with processed forms of persimmon. *Korean J Food Preserv* 19: 159-166.
11. Kim BH, Eun JB. 2012. Physicochemical and sensory characteristics of *makgeolli* with pomegranate (*Punica granatum* L.) juice concentrate added. *Korean J Food Sci Technol* 44: 417-421.
12. Kim GW, Lee JH, Lee SA, Shim JY. 2012. Brewing characteristics of grape-*makgeolli*. *Food Eng Prog* 16: 263-269.
13. Jeon MH, Lee WJ. 2011. Characteristics of blueberry added *Makgeolli*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 444-449.
14. Lee HN, Lee JM, Chang YH. 2013. Quality characteristics of *Makgeolli* supplemented with cranberries. *J East Asian Soc Dietary Life* 23: 85-91.
15. Lee SA, Kim GW, Hwang ES, Shim JY. 2014. Stability of anthocyanin pigment in *aronia makgeolli*. *Food Eng Prog* 18: 374-381.
16. Seog HM. 2010. Physicochemical characterization of barley. *Food Culture* 3: 302-305.
17. Kim HR, Lee AR, Kwon YH, Lee HJ, Jo SJ, Kim JH, Ahn BH. 2010. Physicochemical characteristics and volatile compounds of glutinous rice wines depending on the milling degrees. *Korean J Food Sci Technol* 42: 75-81.
18. Lee Y, Yi H, Hwang KT, Kim DH, Kim HJ, Jung CM, Choi YH. 2012. The qualities of *makgeolli* (Korean rice wine) made with different rice cultivars, milling degrees of rice, and *nuruks*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1785-1791.
19. Chun A, Kim DJ, Yoon MR, Oh SK, Choi IS, Hong HC, Kim YG. 2012. Effect of milling degree on the physicochemical and sensory quality of *Sogokju*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 136-142.
20. Kim SR, Ahn JY, Lee HY, Ha TY. 2004. Various properties and phenolic acid contents of rices and rice brans with different milling fractions. *Korean J Food Sci Technol* 36: 930-936.
21. Kim KA, Jeon ER. 1996. Physicochemical properties and hydration of rice on various polishing degrees. *Korean J Food Sci Technol* 28: 959-964.
22. NTS Liquors Licence Aid Center. 2010. *Coursebook on the preparation of Takju and Yakju*. NTS Liquors Licence Aid Center, Seoul, Korea. p 20-39.
23. So MH, Lee JW. 1996. Takju brewing by combined use of *Rhizopus japonicus*-*nuruk* and *Aspergillus oryzae*-*nuruk*. *J Korean Soc Food Nutr* 25: 157-162.
24. So MH, Lee YS, Noh WS. 1999. Improvement in the quality of Takju by a modified Nuruk. *Korean J Food & Nutr* 12: 427-432.
25. Kim SM, Cho WK. 2006. Effects of *Takju* (Korean turbid rice wine) lees on the serum glucose levels in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Food Culture* 21: 638-643.
26. Kwon SC, Jeon TW, Park JS, Kwak JS, Kim TY. 2012. Inhibitory effect on tyrosinase, ACE and xanthine oxidase, and nitrite scavenging activities of *Jubak* (alcohol filter cake) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1191-1196.
27. Seo GU, Choi SY, Kim TW, Ryu SG, Park JH, Lee SC. 2013. Functional activities of *makgeolli* by-products as cosmetic materials. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 505-511.
28. Kim MS, Lee YS, Kim JS, Shin WC, Sohn HY. 2014. Evaluation of *in-vitro* antithrombosis activity of lees of Korean traditional wine. *J Life Sci* 24: 865-872.
29. Lee S, Lee SJ, Kwon YY, Baek SH, Kim JS, Sohn HY, Shin WC. 2014. Skin whitening and anti-wrinkle effects of extract from *Jubak* of oriental herbal liquor. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 1695-1700.
30. 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.
31. Oh SK, Kim DJ, Ryu SJ, Chun A, Yoon MR, Choi IS, Hong HC, Kim YK. 2011. Quality characteristics of Korean traditional wine using *Seolgaengbyeol* for brewing rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1189-1194.
32. Eun JB, Jin TY, Wang MH. 2007. The effect of waxy glutinous rice degree of milling on the quality of *Jinyangju*, a Korean traditional rice wine. *Korean J Food Sci Technol* 39: 546-551.
33. Batchelor GK. 1967. *An introduction to fluid dynamics*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. p 233.
34. Parsons SA, Judd SJ, Stephenson T, Udol S, Wang BL. 1997. Magnetically augmented water treatment. *Process Saf Environ Prot* 75: 98-104.
35. Paik SYR, Ryu JN, Ko SH. 2012. Comparison of physicochemical properties of calcium carbonate nano- and micro-powders. *Food Eng Prog* 16: 134-138.