

고식이섬유 쌀 품종을 이용한 막걸리의 품질 특성

곽지은 · [†]이정희 · 김혜원 · 이점식 · 천아름 · 윤미라 · 오세관 · 장재기 · 김보경
농촌진흥청 국립식량과학원

Quality Properties of *Makgeolli* Brewed with Fiber-rich Rice Cultivars

Jieun Kwak, [†]Jeong-Heui Lee, Hye-Won Kim, Jeom-Sig Lee, Areum Chun, Mi-Ra Yoon,
Sea-Kwan Oh, Jaeki Chang and Bo-Kyeong Kim

National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 441-857, Korea

Abstract

Goami2, *Goami3* and *Goami4* were identified as fiber-rich rice cultivars which were developed by mutation breeding with *Ilpum*. The purpose of this study was to develop a method for producing *Makgeolli* with the fiber-rich rice cultivars, *Goami2*, *Goami3*, *Goami4*, and to investigate the characteristics of *Makgeolli* during the fermentation process. *Makgeolli* was produced herein by fermentation steamed rice (SR), raw rice flour (RF), and steamed rice flour (SF) from *Goami2*, *Goami3*, *Goami4*, *Ilpum* and *Sealgaeng* rice cultivars. The physicochemical characteristics including alcohol and sugar content, pH, total acidity, TDF (total dietary fiber), and color of the *Makgeolli* samples were analyzed. *Makgeolli* produced with *Ilpum* and *Sealgaeng* showed satisfactory fermentation characteristics in alcohol and sugar content when SR, RF and SF were used. In the case of *Goami2*, *Goami3*, and *Goami4*, the use of SF resulted in 17.2~20.1% alcohol content, whereas only 10% alcohol was produced by SR. The sugar contents in the SF-*makgeolli* samples were also higher (9~10 °Brix) than in the SR-*makgeolli* (5.35~5.44 °Brix) for *Goami2* and *Goami4* cultivars. The dietary fiber contents of the *Makgeolli* samples produced using SF from the fiber-rich rice cultivars were higher (1.35~1.52 g/100 mL) than those produced with *Ilpum* and *Sealgaeng* (0.74~0.87 g/100 mL). From these results, it may be suggested that SF would be an appropriate material to brew *Makgeolli* using fiber-rich rice cultivars to obtain better physicochemical and functional qualities.

Key words: *Goami2*, *Goami3*, *Goami4*, total dietary fiber, *Makgeolli*, rice flour

서 론

쌀은 우리나라의 가장 중요한 식량자원으로 국내 곡류 소비량 1위를 차지하고 있으나, 최근 식습관의 서구화, 다양화 등의 이유로 국내 쌀 생산 및 소비량이 매년 감소 추세에 있다. 이에 쌀 소비를 촉진하기 위하여 영양성과 기능성이 강화된 새로운 쌀 품종들이 개발되고 있으며, 이 품종들을 이용한 다양한 쌀 가공품의 개발이 필요한 현실이다. 특히 술을 이용한 쌀 소비는 다른 쌀 가공품에 비해 부가가치가 높아 농가의 소득 증대에 기여하는 바가 크며, 특히 막걸리는 우리 술을

대표하는 상품으로서 다양한 영양성분 및 생리활성을 가지고 있을 뿐 아니라(Lee 등 2011a), 우리 민족의 역사와 전통을 담고 있는 문화상품이기도 하다. 따라서 다양한 재료와 제조 방법을 이용한 막걸리의 품질특성 연구를 통하여 그 가치를 높이는 노력은 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

고아미2호는 일품벼에 MNU(N-methyl-N-nitroso-urea)를 처리한 돌연변이 품종 중의 하나로 식이섬유 함량이 일반 쌀에 비해 약 2배 높은 특징을 가지고 있으며(Kang 등 2004), 고아미2호의 발아 및 생육 초기의 단점을 개선한 고아미3호, 고아미4호 또한 식이섬유 함량이 높은 특징을 가지고 있다(Lee

[†] Corresponding author: Jeong-Heui Lee, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 441-857, Korea. Tel: +82-31-290-6719, Fax: +82-31-290-6730, E-mail: lejehe@korea.kr

등 2011b). 인체 내 효소에 의해 분해되지 않는 식이섬유는 식후 포만감을 지속시켜 열량 섭취량을 감소시키고(Tordottit 등 1991), 소장에서의 당 흡수를 지연시켜 혈당을 감소시킬 뿐 아니라(Lee & Shin 2002), 수분 보유능으로 통변을 쉽게 하고, 장내세균의 발효 대사산물 생산을 돕는 기질로 작용하여 대장의 운동성에 영향(Blackburn 등 1984)을 미치는 등 다양한 생리활성을 나타내어 최근 각광받는 식품 소재가 되었다. 또한, 식이섬유 함량이 높은 고아미2호로 조리한 밥을 섭취한 경우, 일반쌀 섭취에 비하여 체중 감소 효과가 크고, 비만 환자의 중성지방 감소에 도움을 준다는 연구결과(Lee & Shin 2002)가 발표됨에 따라 고아미2호 등을 소재로 한 다양한 연구가 이루어지고 있다(Lee 등 2005; Jung 등 2007; Han 등 2009).

본 연구진은 기능성 쌀을 이용한 가공품 개발의 일환으로 일품벼 유래 돌연변이 품종들이면서 전분 조성이 다양한 설갱, 백진주, 고아미2호, 고아미3호 및 고아미4호를 이용한 막걸리의 품질특성을 전보(Chun 등 2014)에서 보고한 바 있으나, 식이섬유 함량이 높은 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호의 경우, 원료곡을 증자하여 제조하는 일반적인 막걸리 양조 방식을 이용하였을 때 알코올 및 당도가 일반 품종의 절반 가까이 낮아 막걸리의 품질특성을 만족시키지 못하였다. 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호 품종들은 아밀로펙틴 결정형도 일반 품종과 그 형태가 다른 것으로 알려져 있는데, Yoon 등(2013)에 따르면 X선 회절도를 측정하여 아밀로펙틴 분자구조의 결정성을 확인한 결과, 일품벼 등의 일반 품종은 구조가 치밀하고 수분이 적은 쌀 전분의 A형 양상을 나타내는 반면, 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호의 아밀로펙틴은 감자 등의 괴경식품 전분에서 확인되는 B형 형태를 나타낸다고 하였다. 이와 같은 전분구조의 특징 또한 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호를 이용한 막걸리 제조방법이 일반적인 쌀 막걸리 제조방법과 달라야 하는 이유가 될 것이다.

다양한 제조방법을 이용하여 고식이섬유 품종들의 막걸리 양조를 시도하던 중 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호 원료의 쌀가루를 양조에 이용하게 되었는데, 이들 쌀가루를 증자하여 막걸리를 제조하면 발효가 충분히 일어나지 않던 기존의 문제점이 개선되어 막걸리 규격에 적합한 당도 및 알코올 농도가 유지될 뿐 아니라, 식이섬유 또한 2배 가까이 풍부한 막걸리 제조가 가능하였다. 따라서 본 연구에서는 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호의 쌀가루를 이용한 고식이섬유 막걸리의 제조방법 및 품질특성에 관한 정보를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에서는 2011년도에 국립식량과학원 답작 포장에서

표준재배법에 의하여 재배 수확한 식이섬유를 다량 함유하고 있는 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호와 일반 품종인 일품벼, 그리고 양조에 적합한 품종으로 잘 알려진 설갱벼를 원료곡으로 하여 막걸리 양조 적성 실험에 사용하였다. 막걸리 제조를 위한 원료곡은 제현기(SY88-TH, Ssangyong Ltd., Incheon, Korea) 및 시험용 도정기(MC-90A, Toyo, Japan)를 이용하여 정백율 91%로 도정하여 사용하였으며, 막걸리 제조를 위한 쌀가루는 도정된 백미를 기류식 제분기(Air-Classification Mill, ACM185, Hankook Crusher Co., Korea)로 건식 제분한 후 100 mesh 체를 통과시켜 사용하였다.

2. 막걸리 제조

각 품종별 막걸리 제조는 모두 2단 담금법으로 수행하였는데, 이 방법은 알코올 발효를 위한 효모의 증식과 당화 촉진, 품종의 균일화, 효모 증식에 필요한 산소 공급 면에서 보다 효율적인 발효를 수행할 수 있는 방법으로 알려져 있다(Song 등 2003). 먼저, 막걸리 제조법 중 흔히 쓰이는 압력 증자 막걸리를 제조하기 위하여 수세한 원료곡 210 g을 6시간 동안 침지한 후 고압 증기솥을 이용하여 증자하여 식히고, 건조효모(dry yeast, Choheung, Ansan, Korea) 7 g, 누룩(Bio nuruk R, Korea Enzyme Co. Ltd., Hwaseong, Korea) 4 g과 물 315 g을 고루 섞어 1차 담금을 하였다. 2차 담금은 24시간 후에 실시하였는데, 동일한 시료의 쌀 700 g을 1차와 동일한 방법으로 증자하여 누룩 14 g과 물 1,050 g을 섞어 25°C에서 발효시켰다.

기류식 분쇄기를 이용한 쌀가루 막걸리는 증자법과 무증자법으로 각각 제조하였는데, 무증자 막걸리의 경우, 쌀가루 210 g에 물과 누룩, 효모를 섞어 혼화하고, 1일 동안 발효하여 1차 담금을 한 후, 2차 담금에는 쌀가루 700 g에 1차 담금과 동일 비율의 누룩과 효모를 섞어 25°C에서 최대 20일 동안 발효시켰다. 증자법을 이용한 쌀가루 막걸리 제조에는 쌀가루와 동량의 물을 첨가하여 설기떡을 찌듯 쌀가루를 증자하여 사용하였고, 물의 양을 제외한 나머지 조성 및 제조방법은 쌀가루 무증자 막걸리 제조법과 동일하게 하였다. 1, 2차 담금에 첨가되는 건조효모와 누룩은 각각 원료곡 대비 0.8%와 2%(w/v)에 해당하는 양을 사용하였으며, 자세한 막걸리의 기본조성은 Table 2와 같고, 제조방법은 Fig. 1과 같다.

3. 원료곡의 이화학 특성

품종별 원료곡의 일반성분은 AOAC법(1995)에 준하여 분석하였으며, 수분 함량은 상압가열건조법, 단백질은 Micro Kjeldahl 법(Foss Digester 2020, Foss Kjeltex 2400, Foss Tecator, Huddinge, Sweden), 조회분은 550°C 회화법, 조지방은 Soxhlet 추출법으로 각각 3회 반복 측정하였다. 또한 아밀로스 함량은 Julianos (1985)의 방법에 따라 비색정량법을 이용하여 측정하였으며,

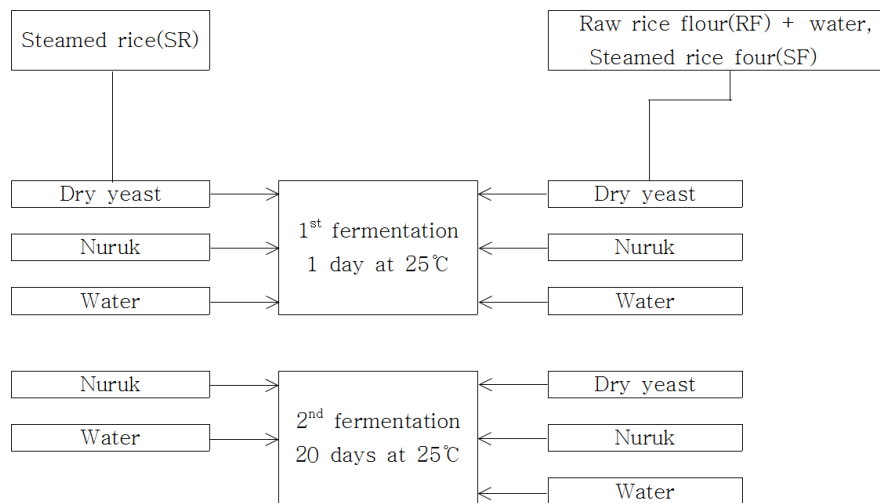


Fig. 1. Schematic diagram of Makgeolli using fiber-rich rice cultivars. SR: steamed rice, RF: raw rice flour, SF: steamed rice flour

총 식이섬유 함량은 AOAC(1995) 방법에 의한 Total fiber dietary kit(Megazyme International Ireland Limited, Wicklow, Ireland)를 이용하여 정량하였다.

4. 막걸리의 품질 특성

막걸리의 이화학적 특성을 조사하기 위하여 막걸리를 채취한 후 100 mesh 체에 통과시켜 불용물질을 제거한 후 분석에 사용하였다. 막걸리의 알코올 함량은 막걸리 100 μ L를 취하여 70 μ L 정도 될 때까지 증류한 다음, 물을 가하여 100 μ L가 되도록 조절한 후 알코올 비중계로 알코올 도수(%)를 측정하고, 온도 보정표를 이용하여 환산하였다. 산도는 막걸리를 여과한 여액을 10 μ L 취한 후 1% phenolphthalein 지시약을 2~3방울 첨가하여 담록색으로 변화하는데 소비된 0.1N NaOH 용액의 mL 수로 나타내었다. pH는 막걸리 여과액을 pH meter(Model 320, Thermo Orion, Beverly, MA, USA)로 측정하였으며, 당도는 굴절당도계(Master-2T, Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정 후 $^{\circ}$ Brix로 나타내었다. 막걸리의 색 특성은 색차계(Model CM-3500D, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter value로 L(lightness), a(redness) 그리고 b(yellowness) 값을 나타내었다. 또한 막걸리에서의 총식이섬유 함량은 원료곡에서와 동일한 방법으로 분석하였다.

5. 통계처리

분석 값은 각 시험항목별로 3회 반복하여 분석하였으며, 분석결과에 대한 통계처리는 SPSS Version 18.0 package program을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 하였으며, Duncan's multiple range test 방법을 사용하여 0.05% 수준에서 각 처리구 간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 원료곡의 일반성분 분석

막걸리 제조에 사용된 2011년산 원료곡의 일반성분 분석 결과(Table 1), 고식이섬유 품종들이면서 아밀로스 함량이 높은 것으로 알려진 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호의 아밀로스 함량은 각각 33.8%, 34.7%, 37.1%로 일품벼(20.8%)나 설강벼(20.3%)에 비하여 유의적으로 높았다. 고아미2호를 비롯한 고식이섬유 품종들은 조지방과 단백질, 회분 함량에 있어서도 일품벼 및 설강벼에 비하여 높은 값을 나타내었다. 뿐만 아니라, 총 식이섬유 함량 또한 품종 간의 뚜렷한 차이를 보였는데, 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호의 총 식이섬유 함량은 4.4~8.6 g/100 g으로 일품벼(2.5 g/100 g) 대비 1.7~3.4배 높았다. 이러한 결과는 2009년도에 재배된 동일 품종들의 분석 결과(Chun 등 2014)와도 유사한 경향이였다. 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호와 같은 고식이섬유 품종들은 식이섬유 함

Table 1. Physicochemical characteristics of raw rice cultivars

Cultivar	Moisture (%)	Amylose (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Ash (%)	TDF ¹⁾ (g/100 g)
Goami2	14.4 ^c	33.8 ^c	7.4 ^b	1.14 ^b	0.44 ^b	4.5 ^b
Goami3	15.3 ^b	34.7 ^b	8.0 ^b	1.15 ^b	0.55 ^a	8.6 ^a
Goami4	15.6 ^a	37.1 ^a	8.2 ^a	1.49 ^a	0.55 ^a	4.4 ^b
Ilpum	13.5 ^d	20.8 ^d	6.5 ^d	0.51 ^d	0.35 ^b	2.5 ^c
Sealgaeng	12.8 ^e	20.3 ^d	7.2 ^c	0.60 ^c	0.36 ^b	2.8 ^c

¹⁾ TDF: Total dietary fiber

Mean with same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

량이 높은 장점을 가지고 있으나, 일반 품종과는 달리 아밀로스 함량이 높아 호화 과정 중의 팽윤이 억제되고, 점성이 낮으며, 호화개시온도가 75.7~76.7°C로 일품벼나 설강벼보다 7°C 이상 높은 것으로 보고되어 있다(Yoon 등 2013). 따라서 식이 섬유와 아밀로스 함량이 높은 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호 품종들은 원료곡의 조성부터 일반 품종들과 차별화 되어 있어, 이러한 특징들은 다양한 제품 개발에 이용될 수 있을 것으로 생각되었다.

2. 고아미를 이용한 막걸리의 품질 특성

1) 알코올 함량 변화

제조방법을 달리 한 품종별 막걸리의 발효기간 동안의 알코올 함량 변화는 Fig. 2와 같다. 알코올 함량은 막걸리의 품질을 좌우하는 요인 중의 하나인데, 설강벼 및 일품벼의 막걸리에서는 제조방법에 따른 큰 차이 없이 담금 초기부터 알코올 생성량이 급격히 증가하여 7~9일째에 최고치를 보인 후, 그 이후에는 소폭 감소하거나, 농도가 유지되어 알코올 농도 20% 정도에서 발효가 완성된 형태를 보였다. 반면, 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호 원료곡을 압력 증자했을 때의 막걸리는 알코올 생성이 발효 11일까지 완만히 증가하다가 만족할 수준의 알코올을 생성하지 못하고 발효가 멈추어버린 양상이었다. 일반적인 막걸리 제조법에서의 증자 과정은 효소에 의한 전분 분해를 도울 목적으로 행해지는데, 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호 등의 품종들은 증자과정 중에도 호화가 완전히 이루어지지 않아, 미생물에 의한 당화작용 및 알코올 발효 과정이 충분히 일어나지 않는 것으로 추정된다(Chun

등 2014). 하지만 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호 막걸리 제조에 쌀가루 증자 혹은 쌀가루 무증자 방법을 적용하였더니 양조 후 9일째까지 알코올 생성량이 급격히 증가하여 원료곡의 압력증자 막걸리에서 10% 정도의 알코올 생성량이 최종 17.2~20.1% 수준까지 높아져, 발효가 성공적으로 이루어졌음을 확인할 수 있었다. 원료곡에 일반 증자법을 이용하여 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호 막걸리를 제조하였던 전보(Chun 등 2014)의 연구 결과에서도 알코올 생성량이 10~10.5% 수준이었던 것과 비교해 보더라도 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호 품종은 쌀가루로 분쇄하여 제조한 막걸리에서의 알코올 생성능이 눈에 띄게 높은 것을 알 수 있었다. 이러한 이유는 동일 품종의 쌀을 가루로 내어 막걸리를 제조할 경우, 전체 전분의 양은 동일하나, 입자의 표면적 차이로 인하여 쌀 전분과 효소의 반응시간에 차이가 생겨 알코올 생성량이 달라지는 것(Lee 등 2012a)으로 사료된다.

2) 당 함량 변화

각 품종별 제조방법에 따른 막걸리의 발효기간 동안의 당 함량 변화는 Fig. 3과 같다. 모든 품종의 막걸리에서 발효기간 동안의 당 함량은 유사한 경향을 보였는데, 전체적으로 발효 2일째에 당도가 급감하였다가 3일째에 잠시 회복 후 7일째까지는 다시 서서히 감소하였고, 7일 이후에는 거의 유사한 수준의 당도를 유지하여 막걸리가 완성되었음을 알 수 있었다. 당도가 발효 2일째에 급격히 떨어진 이유는 2단 담금 후의 보당으로 인하여 효모에 의한 알코올 발효가 급격히 진전되어 일시적으로 당의 함량이 감소하였을 것으로 추측할 수 있고, 3일째에는 전분 분해에 의한 당 생성 속도가 소폭 증가

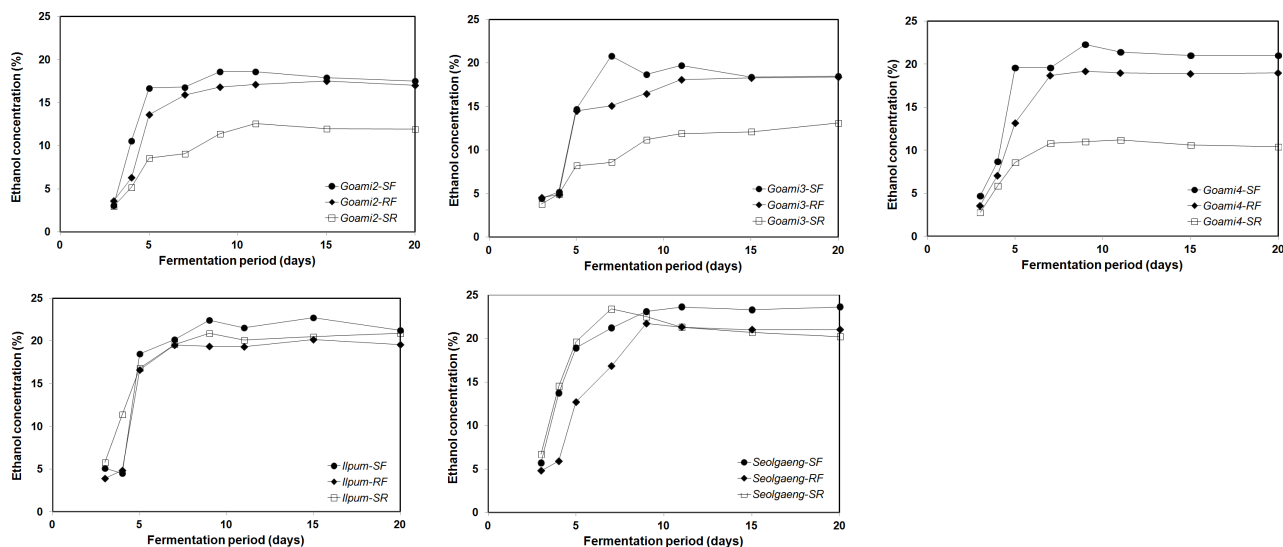


Fig. 2. Changes in alcohol contents of *Makgeolli* with fiber-rich rice cultivars during fermentation period. SF: steamed rice flour, RF: raw rice flour, SR: steamed rice

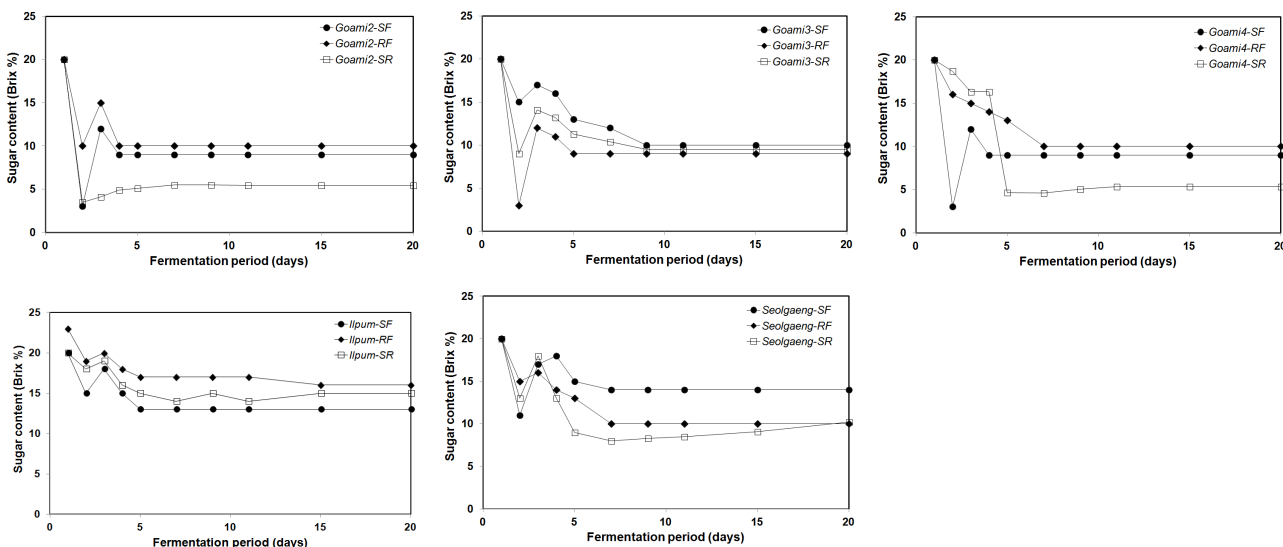


Fig. 3. Changes in total sugar contents of *Makgeolli* with fiber-rich rice cultivars during fermentation period. SF: steamed rice flour, RF: raw rice flour, SR: steamed rice

했다가 4일째부터 7~9일째 사이에는 알코올 발효가 천천히 이루어지며, 당 함량이 서서히 감소하였을 것으로 생각된다. 막걸리에서의 알코올 함량과 당의 생성량은 밀접한 관련이 있는데, 일반적으로 당이 많을수록 효모의 활동이 활발해지고, 뒤따라 알코올 생성이 촉진되는 것으로 보고되어 있다(Lee 등 2012a). 본 연구 결과에서의 당 함량 변화는 Jim 등(2008)의 결과와도 일치하였는데, 막걸리 제조에서의 amylase는 원료곡의 전분을 당분으로 분해하는 당화 작용을 하고, 당화작용으로 분해된 당분은 효모의 영양원이나 발효기질로 사용되므로, 발효 후기에 총당 함량이 서서히 감소한다고 하였다(Jin 등 2008). 품종간 차이에서는 일품벼로 제조한 막걸리의 당도가 13~15 °Brix로 가장 높았고, 다음으로 설갱벼로 제조한 막걸리의 당도(9.5~13.5 °Brix)가 높았다. 일품벼 막걸리는 제조 방법에 따른 변이가 적었고, 설갱벼 막걸리는 쌀가루 증자법으로 제조한 막걸리의 당도가 가장 높았다. 한편, 고아미2호와 고아미4호를 이용한 막걸리는 원료곡을 분쇄하지 않고 압력증자하여 제조한 막걸리에서 가장 낮은 5 °Brix의 당 생성량을 보였으나, 쌀가루를 이용한 막걸리에서는 일반 품종 막걸리와 유사한 수준인 9~10 °Brix, 고아미3호는 제조방법에 따른 변화가 거의 없이 9~10 °Brix 수준의 당 농도를 나타내었다. 고아미3호와 설갱벼의 경우, 쌀가루 증자법 막걸리에서 당 함량이 가장 높았고, 고아미2호, 고아미4호, 일품의 경우에는 쌀가루 무증자법 막걸리에서 당 생성이 우수하였으나, 설갱벼를 제외한 품종들에서는 쌀가루의 증자법과 쌀가루 무증자법을 이용한 막걸리에서의 당도가 유사하여 증자여부가 막걸리의 당도에 큰 영향을 주지는 않는 것으로 보였다. 이와 같이 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호 막걸리는 알

코올 생성뿐 아니라, 당 함량에서도 쌀가루를 이용하여 양조할 경우, 더 우수한 막걸리의 품질 특성을 나타내는 것으로 확인되었고, 그것은 쌀가루의 입도가 영향을 주기 때문으로 생각할 수 있으며, 쌀가루의 입도가 낮아지면 효소가 반응할 수 있는 표면적이 넓어져 더 활발하게 전분을 포도당으로 전환시켜주기 때문으로 생각된다.

3) 산도

산도는 막걸리의 풍미와 보존성에 영향을 주는 중요한 요인으로, 발효가 진행되는 동안 술덧 중의 효모, 젖산균 등의 작용으로 생성된 유기산에 의해 증가하는데, 산도가 지나치게 높은 경우 발효가 과도하게 일어났음을 알 수 있고, 산도가 너무 낮으면 막걸리 특유의 산미를 느낄 수 없어(Lee 등 2000) 적정산도를 유지하는 것이 중요하다. 본 실험에서 제조한 품종별 막걸리의 산도는 2.5~4.1 범위에 있었으며(Table 3), 품종 간 유의한 차이가 있었는데, 고아미2호와 고아미3호를 이용한 막걸리는 일품벼 및 설갱벼를 이용한 막걸리보다 높은 산도 값을 나타내었다. 다양한 품종의 쌀 막걸리를 제조하여 품질 특성을 비교하였던 Kwon 등(2013)의 연구에서도 쌀 품종에 따라 총산의 증가 양상이 달랐다는 유사한 결과를 보고하였는데, 그 이유는 원료곡의 성분에 따라 발효가 진행되는 동안 효모나 젖산균에 의해 생성되는 유기산의 종류 및 양이 다르며, 생성된 유기산이 총산의 함량에 영향을 주기 때문이다(Han 등 1997). 한편, 쌀을 압력 증자하거나 쌀가루를 증자 또는 무증자 방법으로 양조한 막걸리에서 산도 값의 차이가 크지 않은 것으로 보아, 막걸리에서의 산도 값은 제조방법보다 쌀 자체 특성에 의한 영향이 더 큰 것으로 보이며, 시

Table 2. The mixing ratio of raw ingredients in Makgeolli brewing

Stage	Materials	SF ¹⁾	RF ²⁾	SR ³⁾
1 st stage	Rice(g)	-	-	210
	Rice powder(g)	210	210	-
	Nuruk(g)	4	4	4
	Yeast(g)	2	2	7
	Water(mL)	315	420	315
2 nd stage	Rice(g)	-	-	700
	Rice powder(g)	700	700	-
	Nuruk(g)	14	14	10
	Yeast(g)	6	6	-
	Water(mL)	1,050	1,400	735

¹⁾ SF: steamed rice flour, ²⁾ RF: raw rice flour, ³⁾ SR: steamed rice

중의 유통 막걸리 13종에 대한 산도 측정 결과(Park 등 2011) 값이 2.05~4.72인 것과 비교해 볼 때 본 실험에서 제조한 막걸리들의 산도 값은 모두 정상범위의 있음이 확인되었다.

4) pH

품종과 제조방법을 달리하여 제조한 막걸리에서 pH를 측정한 결과, 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호의 막걸리는 pH가 3.18~4.09 범위에 있었고, 일품벼와 설갱벼의 pH는 3.85~4.5이었다(Table 3). 막걸리에서의 pH 값은 막걸리의 발효 진행 상황과 알코올 생성 정도를 짐작할 수 있는 지표인데, 막걸리의 액성이 혐기성으로 갈수록 알코올 생성이 감소하고, 초산과 글리세롤 생성이 증가하여 잡균에 의한 오염 가능성이 높아지는 것으로 알려져 있다(Song 등 1997). 일반적으로 백미를 이용한 막걸리의 pH는 3.4~4.2 수준으로 보고되어 있는데(Lee 등 2011a), 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호 원료곡을 압력 증자 방식으로 막걸리를 제조하였을 때에는 막걸리의 일반적인 pH 범위보다는 낮은 pH 3.18~3.32 값을 나타내었다. 그러나 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호의 원료곡을 쌀가루로 분쇄하여 증자 및 무증자법으로 제조한 막걸리에서는 pH 3.61~4.09 값을 나타내어 모두 정상 pH 범위에 포함되었다. 이러한 사실로 미루어 보아 고식이섬유 품종들의 막걸리 양조에서 쌀가루를 내어 막걸리를 제조하는 경우, 원료곡 자체를 이용하는 경우에 비하여 미생물 발효가 바람직한 방향으로 유도되고 있음을 짐작할 수 있다.

5) 식이섬유 함량

품종 및 제조방법에 따른 막걸리의 식이섬유 함량을 분석한 결과, 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호 쌀가루를 증자하여 제조한 막걸리에서 식이섬유 함량이 유의적으로 높았으

Table 3. Chemical characteristics of Makgeolli with fiber-rich rice cultivars

Cultivar	Type	Acidity (mL)	pH	TDF ¹⁾ (g/100 mL)
Goami2	SF ²⁾	3.62 ^{abc}	3.76 ^{ef}	1.35 ^c
	RF ³⁾	4.10 ^a	4.09 ^{abc}	0.72 ⁱ
	SR ⁴⁾	3.70 ^{abc}	3.35 ^{gh}	0.75 ^{hi}
Goami3	SF	3.30 ^{bcd}	3.75 ^{ef}	1.44 ^b
	RF	3.90 ^{ab}	4.00 ^{cd}	0.80 ^{gf}
	SR	3.13 ^{cde}	3.18 ^h	0.75 ^{hi}
Goami4	SF	3.32 ^{bc}	3.61 ^f	1.52 ^a
	RF	2.93 ^{def}	4.03 ^{bcd}	0.85 ^d
	SR	2.92 ^{def}	3.42 ^g	0.96 ^e
Ilpum	SF	2.30 ^f	4.05 ^{abc}	0.87 ^f
	RF	2.85 ^{def}	4.25 ^{abc}	0.74 ^{hi}
	SR	2.53 ^{ef}	4.50 ^a	0.79 ^{ghi}
Seolgaeng	SF	2.80 ^{def}	3.85 ^{de}	0.85 ^{fg}
	RF	3.30 ^{bcd}	4.07 ^{abc}	0.78 ^{ghi}
	SR	2.50 ^{ef}	4.30 ^{ab}	0.74 ^{hi}

¹⁾ TDF: Total dietary fiber, ²⁾ SF: steamed rice flour

³⁾ RF: raw rice flour, ⁴⁾ SR: steamed rice

Mean with same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

며(Table 3), 특히 고아미4호 쌀가루를 증자하여 제조한 막걸리의 식이섬유 함량은 동일한 방법으로 제조한 일품벼 및 설갱벼 막걸리의 식이섬유 함량에 비해 1.7배 이상 높은 유의적인 값을 나타내었다. 모든 품종 막걸리에서의 식이섬유 함량은 쌀가루를 이용한 증자법, 쌀가루를 이용한 무증자법, 원료곡을 이용한 압력증자법의 순으로 높았다. 이러한 결과를 통하여 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호를 이용한 고식이섬유 막걸리 제조를 위해서는 쌀가루 증자법을 이용하는 것이 가장 적합할 것으로 생각되며, 이렇게 제조된 고식이섬유 막걸리는 일반적인 품질뿐 아니라, 기능적 품질 또한 우수하다는 결과를 확인할 수 있었다.

6) 색도

품종별 막걸리의 색도는 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)를 측정하였는데, 제조방법에 있어서는 쌀가루 무증자법으로 제조한 막걸리의 명도가 유의적으로 낮았고, 품종 간의 차이에서는 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호 막걸리의 명도가 일품벼 및 설갱벼에 비하여 전반적으로 높았다(Table 4). 적색도의 경우, 품종 간의 차이는 유의적이지 않았고, 제조방법에서는 쌀가루 증자 막걸리의 적색도가 쌀가루 무증자 또는 원료곡 압력증자 막걸리와 비교하여 낮은 경향을 보였다. 황색도

Table 4. Color values of *Makgeolli* with fiber-rich rice cultivars

Cultivar	Type	Color value		
		L	a	b
Goami2	SF ¹⁾	72.00 ^{ab}	0.29 ^{de}	11.51 ^{ef}
	RF ²⁾	60.69 ^{fg}	2.24 ^a	13.66 ^{ab}
	SR ³⁾	72.97 ^a	1.01 ^{bcd}	12.84 ^{bcd}
Goami3	SF	70.51 ^{bc}	0.48 ^{cde}	11.62 ^{ef}
	RF	61.15 ^f	1.37 ^b	13.85 ^{ab}
	SR	73.42 ^a	1.09 ^{bc}	13.35 ^{bc}
Goami4	SF	68.90 ^c	0.83 ^{bcd}	11.49 ^{ef}
	RF	65.02 ^{de}	0.91 ^{bcd}	12.95 ^a
	SR	72.99 ^a	1.25 ^b	13.65 ^{ab}
Ilpum	SF	64.01 ^d	0.34 ^{de}	10.86 ^f
	RF	58.92 ^g	0.83 ^{bcd}	13.65 ^{ab}
	SR	63.94 ^d	1.39 ^b	13.7 ^{ab}
Seolgaeng	SF	61.80 ^{ef}	0.18 ^e	12.51 ^{cde}
	RF	62.63 ^{def}	0.23 ^e	12.51 ^{cde}
	SR	72.22 ^{ab}	0.67 ^{bcd}	12.18 ^{de}

¹⁾ SF: steamed rice flour, ²⁾ RF: raw rice flour, ³⁾ SR: steamed rice
Mean with same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

또한 품종 간의 차이가 유의적이지 않았으며, 제조방법에서는 적색도와 마찬가지로 쌀가루 증자 막걸리에서의 황색도가 쌀가루 무증자법이나 원료곡 압력증자법에서보다 낮았다. 보통 쌀 막걸리에서의 색도는 품종이나 도정도에 따른 영향이 적고, 막걸리 제조 시 사용하는 누룩에 따라 색도의 차이가 발생하는 것으로 알려져 있으며, 그 이유는 막걸리 제조에 사용된 누룩 속의 미생물이 효소작용을 일으켜 원료성분을 분해하여 막걸리의 색을 나타내기 때문이다(Lee 등 2012b).

요약 및 결론

본 연구에서 사용된 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호는 일반쌀에 비하여 식이섬유 함량이 2배 이상 높은 특징을 가지고 있다. 이러한 특징을 막걸리 제조에 응용하고자 하는 시도가 있었으나, 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호는 호화온도가 높아 호화가 어렵고, 아밀로펙틴 분자들의 구조 또한 일반쌀들과 달라 일반적인 막걸리 제조법으로는 막걸리에 적합한 품질특성을 만족시키지 못하였다. 따라서, 이러한 문제점을 개선하기 위하여 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호의 쌀가루 증자법을 이용하여 막걸리를 양조하였고, 그 결과, 기존의 방법으로는 발효가 완성되지 못하여 10%에 머물렀던 알

코올 함량이 약 20% 수준까지 향상되었고, 당 함량 또한 기존의 5 °Brix에서 10 °Brix까지 향상된 막걸리 품질 특성을 나타내었다. 뿐만 아니라, 이렇게 완성된 막걸리에서의 식이섬유 함량도 일반 품종에 비해 약 1.7배 높아, 고식이섬유 막걸리 제조가 가능하였다. 따라서, 고아미2호, 고아미3호, 고아미4호 등의 품종을 이용한 고식이섬유 막걸리 제조에는 쌀가루 증자법을 이용하는 것이 적합할 것으로 생각된다. 향후 고식이섬유 막걸리의 기능성 및 관능적 특성 연구가 추가로 수행된다면 전통주 시장에서도 우수한 경쟁력을 가질 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(세부과제명: 품종별 식빵, 건면, 쿠키용 건식 쌀가루의 물리화학적 제분특성 구명, 세부과제번호: PJ00924703)의 지원으로 수행되었습니다.

References

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. AOAC International
Blackburn NA, Redfern JS, Jarjis OH. 1984. The mechanism of action of guar gum in improving glucose tolerance in man. *Clin Sci* 66:329-336
Chun AR, Kim DJ, Yoon MR, Oh SK, Choi IS. 2014. Quality characteristics of *Makgeolli* of rice cultivars with different starch compositions. *Korea J Food & Nutr* 27:50-58
Han EH, Lee TS, Noh BS, Lee DS. 1997. Quality characteristics in mash of *Takju* prepared by using different *nuruk* during fermentation. *Korea J Food Sci Technol* 29:555-562
Han JA. 2009. Digestive, physical and sensory properties of cookies made of dry-heated OSA-high amylose rice starch. *Korean J Food Sci Technol* 41:668-672
Jin TY, Wang MH, Yin Y, Eun JB. 2008. Effect of *Citrus junos* peel on the quality and antioxidant activity of traditional rice wine, *Jinyangju*. *J Soc Food Sci Nutr* 37:76-82
Juliano BO. 1985. Polysaccharide, proteins, and lipids of rice. In *Rice Chemistry and Technology*. pp.59-120. The American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN, USA
Jung YJ, Seo HS, Myung J, Shin JM, Lee EJ, Hwang IK. 2007. Physicochemical and sensory characteristics of rice cookies based on goami2 with sesames (white and black) and perilla seeds. *Korean J Food Culture* 23:785-792
Kang HJ, Seo HS, Hwang IK. 2004. Comparison of gelatini-

- zation and retrogradation characteristics among endosperm mutant rices derived from Ilpumbyeo. *J Food Sci Technol* 36:879-884
- Kwon YH, Lee AR, Kim HR, Kim JH, Ahn BH. 2013. Quality properties of *Makgeolli* brewed with various rice and koji. *Korean J Food Sci Technol* 45:70-76
- Lee C, Shin JS. 2002. The effect of dietary fiber content of rice on the postprandial serum glucose response in normal subject. *Korean J Food & Nutr* 15:173-177
- Lee HJ, Lee IS, Jeong HS. 2012b. Characteristics of *Takju* with different varieties of rice and particle size. *The Korean Journal of Culinary Research* 18:191-205
- Lee JH, Seo HS, Lee SY, Kim HS, Hwang IK. 2005. Soaking properties and quality characteristics of Korean white gruel with different blending time of high-dietary fiber rice 'goami 2'. *Korean J Food Cookery Sci* 21:927-935
- Lee SB, Shin YS, Lee KS, Hwang HG, Jeong OY, Yang CI, Choi YH, Yang SJ, Jeon YH, Hong HC, Kim HY, Cho YC, Lee JH, Yea JD, Oh MK, Kim MK, Kim YK, Jeong KH, Lee YT. 2011a. A medium-maturing, high non-dietary starch, specialty rice cultivar 'Goami 3'. *Korean J Breed Sci* 43: 595-599
- Lee SJ, Kim JH, Jung YW, Park S, Shin WC, Park CS, Hong S, Kim GW. 2011b. 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 Y, Yi H, Hwang KT, Kim DH, Kim HJ, Jung CM, Choi YH. 2012a. 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
- 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
- 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* 12:71-79
- Song JC, Park HJ. 2003. *Takju* brewing using the uncooked germed brown rice at second stage mash. *J Korean Soc Food Sci Nut* 32:847-854
- Tordottit I, Alpsten M, Holm G, Sandberg AS, Tolli J. 1991. A small does of soluble alginate-fiber affects postprandial glycemia and gastric emptying in human with diabetes. *J Nutr* 121: 795-799
- Yoon MR, Lee JS, Lee JH, Kwak J, Chun A, Kim BK. 2013. Content and characteristics of resistant starch in high amylose mutant rice varieties derived from Ilpum. *Korean J Breed Sci* 45:324-331

접 수 : 2014년 8월 27일
 최종수정 : 2014년 9월 25일
 채 택 : 2014년 9월 30일