전분 조성이 다양한 벼 품종별 막걸리 품질 특성

†천아름 · 김대중 · 윤미라 · 오세관 · 최임수

농촌진흥청 국립식량과학원

Quality Characteristics of *Makgeolli* of Rice Cultivars with Different Starch Compositions

†Areum Chun, Dae-Jung Kim, Mi-Ra Yoon, Sea-Kwan Oh and Im-Soo Choi

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

Abstract

Makgeolli, known as *takju*, is a traditional alcoholic beverage which is native in Korea. It is made from various rice and other cereals. This study is carried out to compare the physicochemical characteristics and functional quality of *makgeolli* from various rice cultivars according to different amylose contents and amylopectin compositions. The 'Goami2', 'Goami3', and 'Goami4' have high amylose contents and lower proportional degrees of polymerization (DP) 6~12 and higher proportions of DP 13~24 in amylopectin of milled rice. Various variations are shown in pasting properties (viscosities) and gelatinization characteristics, and it is supposed to be related to both the amylose contents and the amylopectin compositions of raw rice. The *makgeolli* is being manufactured by using the 2-step-brewing method. The *makgeolli* is analyzed for alcohol contents, pH levels, total acids, Hunter color values and organic acid compositions. The *makgeolli* of 'Goami2', 'Goami3', and 'Goami4' have showed higher *makgeolli* yields, lower ethanol contents and less sweetness than other cultivars, and they also have high non-digestible carbohydrates contents which are derived from their high non-digestible carbohydrates contents in milled rice. Therefore, we are able to suggest that it is necessary to improve the *makgeolli* fermentation processes of 'Goami2', 'Goami3', and 'Goami4'.

Key words: *makgeolli*, rice, Goami2, non-digestible carbohydrates

서 론

막걸리는 주류법(제4조제2항) 상 발효주 중 탁주에 속하는 주류로서, 녹말이 포함된 재료와 국(麴) 및 물을 원료로 하여 발효시킨 술덧을 여과하지 않고 혼탁하게 제성한 것 등을 일컫는다. 막걸리(탁주)는 대표적인 쌀 가공제품으로서 전체 주류에서 차지하는 비중은 크지 않으나, 2005년부터 최근 6년간 생산량, 출하량, 내수량 및 수출량 추이가 꾸준한 증가 추세를 보이고 있으며, 앞으로도 증가 추세가 지속될 전망이다(Lee SY 2013).

최근 지속적인 막걸리 소비 활성화 및 신수요 창출을 위한 연구가 꾸준히 이어져, 쌀 도정도에 따른 막걸리 품질 연구

(Lee 등 2012), 쌀 품종을 달리한 입국의 제조 연구(Kwon 등 2013), 흑미 첨가 막걸리 연구(Kim 등 2012) 등이 활발히 보고되고 있다. 또한 막걸리의 전지방세포 분화 억제, 항암 효과 등과 같은 다양한 생리활성이 보고되고 있으며(Lee & Shin 2011), 소비자의 75~77% 이상이 막걸리의 세계화, 고급화 및 기능성 첨가 등을 위한 새로운 막걸리 개발의 필요성을 제기하고 있어(Kang 등 2012), 기능성 원료에 대한 다양한 검토가 요구되고 있다. 그러나 막걸리의 80% 이상이 수입 쌀로 제조되고 있어 국내 쌀 소비 활성화와 품질 고품질화를 위한 전용 품종 개발 등이 시급한 실정이다(Yeo & Jeong 2010). 이에 막걸리 원료로 다양한 벼 품종과 형태에 대한 연구가 지속적으로 보고되고 있고(Song & Park 2003; Kwon 등 2013), 전통주

† Corresponding author: Areum Chun, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 441-857, Korea. Tel: +82-31-290-6720, Fax: +82-31-290-6730, E-mail: areum@korea.kr

에 적합한 양조용 품종으로 ‘설갱’의 우수한 가공적성이 보고된 바 있으나(Oh 등 2011), 유색미 등을 제외한 일반 품종 간 차이는 크지 않은 것으로 보고되었다(Kim 등 2012; Lee 등 2012).

양조용 품종인 ‘설갱(Sulgaeng)’은 ‘고아미2호(Goami2)’, ‘백진주(Baegjinju)’와 함께 ‘일품(Ilpumbyeo)’에서 유래된 전분 돌연변이 품종으로, 아밀로스 함량은 ‘일품’과 비슷하나, 아밀로펙틴의 단쇄(중합도 12 이하) 비율이 높은 특징이 있다(Yoon 등 2011). ‘고아미2호’는 높은 난소화성 다당류 함량(Choi I 2010), 낮은 아밀로펙틴 단쇄 비율 및 높은 장쇄 비율이 보고된 바 있으며(Butardo 등 2012), 이 ‘고아미2호’를 육종 모본으로 하여 개량된 ‘고아미3호(Goami3)’, ‘고아미4호(Goami4)’ 중 ‘고아미4호’ 또한 이와 유사한 아밀로스 함량과 아밀로펙틴의 낮은 단쇄 비율 및 높은 장쇄(중합도 37 이상) 비율을 지닌 것으로 보고되었다(Yoon 등 2011). 본 실험은 이러한 전분 조성이 다양한 벼 품종별 막걸리 특성을 분석하여 막걸리 품질 다양화 및 고급화를 위한 자료를 제공하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 시험 재료

본 연구는 전분 조성이 다양한 쌀 품종별 막걸리 특성 비교를 위해 농촌진흥청 국립식량과학원에서 2009년 표준재배법에 따라 재배된 ‘일품’, ‘설갱’, ‘백진주’, ‘고아미2호’, ‘고아미3호’ 및 ‘고아미4호’를 재료로 선정하여 총 6품종을 실험에 사용하였다.

2. 도정 및 막걸리 제조

품종별 원료곡의 가공은 현미기(Model SY88-TH, Ssangyoung Ltd., Incheon, Korea)로 제현하고, 마찰식 정미기(Model MCM-250, Satake Engineering Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 백미로 도정하였다.

막걸리 제조는 증자 2단 담금으로 제조되었다. 먼저 쌀 900 g을 2-6시간 수분이 포화상태에 도달하도록 불린 후, 1시간 증자하여 식히고, 효모(dry yeast, Choheung, Ansan, Korea) 24 g, 누룩(Bio nuruk R, Korea Enzyme Co. Ltd., Hwaseong, Korea) 18 g과 물 1,120 mL를 고루 섞어 주었으며, 24시간 후 동일한 시료의 쌀 2,100 g을 1차와 동일하게 불려 증자하고 누룩 42 g과 물 2,630 mL를 섞고 7일간 발효시킨 후 믹서로 갈아 100 mesh 체에 통과시켜 수율을 측정하였으며, 물을 첨가하지 않은 원주 상태로 냉장(4℃)·냉동(-20℃) 보관하여 분석용 시료로 사용하였다.

3. 원료곡의 이화학 특성

품종별 백미의 수분 함량(상압가열건조법), 아밀로스(요오드 비색법), 단백질(Kjeldahl 질소 정량법), 지방(Soxhlet 추출법), 회분(550℃ 직접 회화법) 및 무기물(ICP spectrometer; iCAP6000 Series, Thermo Electron Corporation, Cambridge, UK)은 AOAC(1995)법에 준하여 3반복으로 측정하였다.

품종별 쌀가루의 호화특성은 Rapid Visco Analyzer(Model RVA-3D, Newport Scientific, Warriewood, Australia)로 Chun 등(2005)과 같이 50℃에서 1분간 정치 후 3분 30초 동안 일정속도로 95℃까지 상승시키고, 3분간 유지 후 다시 4분간 50℃로 냉각하여 1분 30초 정치하는 조건으로 호화개시온도(gelatinization temperature), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 치반점도(setback viscosity), 강하점도(break-down viscosity) 및 최종점도(final viscosity) 등을 3반복 측정하였다.

품종별 전분의 아밀로펙틴 조성은 HPAEC-PAD(high performance anion exchange chromatography-pulse amperometric detection)를 이용하여 Nagamine 등(1996)과 Nishi 등(2001)의 방법에 의해 3반복으로 분석하였다.

품종별 취반 특성 차이를 비교하기 위해 백미 8 g을 이용하여 Chun 등(2005)의 방법에 따라 가열흡수율, 팽창용적, 용출고형물, 요오드 비색도, pH를 조사하였으며, 모두 3반복 실험하였다.

4. 막걸리의 품질 특성

막걸리의 색 특성은 색차계(Model CM-3500D, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter value로 L(lightness), a(redness) 및 b(yellowness) 값을 3반복으로 측정하다(Bae 등 2001).

막걸리의 품질 특성은 주로 국세청 기술연구소의 주류분석규정(National Tax Service Technical Service Institute, 2008)에 따라 수행하였다. 알코올 함량은 막걸리 100 mL를 증류장치에 수기에 취한 후 약 70 mL 정도를 증류한 다음, 증류수를 가하여 최종 용량이 100 mL가 되도록 조절한 후 알코올 비중계로 알코올 도수(%)를 측정하고, 온도 보정표를 이용하여 환산하였다. 당도는 굴절당도계(Master-2T, Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 발효액의 당도를 측정 후 °Bx로 표시하였고, pH는 여과액에 pH meter(Model 320, Thermo Orion, Beverly, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 산도는 주류분석규정의 총산 분석기준에 따라 분석하였다.

막걸리의 유기산 함량은 시료를 적당히 희석하여 0.45 µm syringe filter(Millipore, Billerica, MA, USA)로 여과하여 20 µL를 HPLC(Thermo Separation Products, San Jose, CA, USA)에 주입하였다. 표준물질로 citric acid, L(+)-tartaric acid, DL-malic acid, succinic acid, acetic acid, lactic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. 컬럼은 Aminex Ion exclusion

HPX-87H와 Aminex Cation-H guard column(7.8×300 mm, Bio-rad Lab., Hercules, CA, USA)을 사용하였으며, UV(215 nm) 검출기로 검출하였고, 이동상은 0.008 N H₂SO₄를 0.6 μ l/min의 유속으로 흘려주었다.

5. 난소화성 다당류 함량 분석

원료곡과 막걸리의 난소화성 다당류 함량은 총 식이섬유 함량으로 결정되었으며, Total dietary fibre assay kit(Megazyme International Ireland Limited, Wicklow, Ireland)와 Dietary Fibre Analysis System(Fibertec, FOSS Analytic, Denmark)을 이용하여 AOAC(1995) 방법으로 정량하였다.

6. 통계 분석

원료곡과 막걸리의 모든 분석 결과는 통계 처리 프로그램인 SAS(Statistical analysis system, Enterprise guide 4.3)를 이용하여 품종별 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 품종별 원료곡 품질 특성 변이

원료곡 백미의 일반성분 분석결과는 Table 1과 같았다. 먼저 아밀로스 함량은 반찰벼로 분류되는 ‘백진주’가 10.9%로 가장 낮았고, 일반 메벼로 분류되는 ‘일품’과 ‘설갱’이 각각 20.1, 20.0%였으며, ‘고아미2호’, ‘고아미3호’, ‘고아미4호’는 품종명에서 나타났듯이 30.4~35.8%의 높은 아밀로스 함량을 나타내었다. ‘고아미2호’, ‘고아미3호’, ‘고아미4호’는 지방 함량도 유의하게 높아 다른 품종의 지방 함량(0.6%)보다 2배 이상 많은 1.6~2.0%의 지방 함량을 나타내었고, 회분 함량과 칼슘, 마그네슘, 망간, 아연 등의 무기물도 유의하게 높은 함량을 나타냄을 확인할 수 있었다. 또한 이러한 결과는 Choi I(2010)가 보고한 ‘고아미2호’, ‘일품’, ‘설갱’, ‘백진주’에 대한 분석 결과와 동일한 경향이였다.

품종별 아밀로펙틴 조성을 중합도(Degree of Polymerization, DP)를 통해 살펴본 결과, 중합도 DP 6-12의 단쇄는 ‘고아미2호’, ‘고아미3호’, ‘고아미4호’가 20.4~21.4%의 범위로 ‘일품’, ‘설갱’, ‘백진주’의 32.8~34.9%와 달리 그 함량이 적음을 알 수 있었고, DP 13~24의 중쇄 비율은 상대적으로 높음을 확인할 수 있었다(Table 2). 그 중에서도 ‘고아미4호’는 ‘고아미2호’, ‘고아미3호’에 비해 단쇄 비율이 상대적으로 유의하게 높았으며, DP 25~36의 중쇄 비율은 ‘고아미2호’, ‘고아미3호’가 각각 13.4%, 13.2%로 유의하게 높고, ‘고아미4호’와 ‘설갱’, ‘백진주’가 11.1~11.7%의 범위로 통계적으로 동일하였으며, ‘일품’이 9.9%로 가장 낮은 함량을 보였다. DP 37~60의 장쇄는 일부 품종 간에 차이가 보이기도 하였으나, 전체적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. DP 6~12의 단쇄 비율이 낮고, DP 13~24의 중쇄 비율이 높은 특성은 주로 Japonica 품종과 비교 시 Indica 품종에서 나타나는 것으로(Nakamura 등 2002), Takemoto-Kuno 등(2006)은 그 이유가 Indica 품종의 starch synthase I의 활성이 낮기 때문으로 이유를 제시한 바 있고, 최근 ‘고아미2호’의 전분 특성은 amylose extender 돌연변이

Table 2. Amylopectin chain length distributions by rice cultivars

Cultivar	DP ¹⁾ 6~12 (%)	DP 13~24 (%)	DP 25~36 (%)	DP 37~60 (%)
IP	34.9±0.4 ^{a2)}	51.7±0.0 ^c	9.9±0.2 ^c	3.6±0.2 ^c
SG	33.0±0.1 ^b	51.2±0.1 ^c	11.1±0.1 ^b	4.8±0.1 ^a
BJ	32.8±0.1 ^b	51.4±0.1 ^c	11.4±0.0 ^b	4.5±0.0 ^a
GA2	20.4±0.4 ^d	62.1±0.3 ^b	13.4±0.4 ^a	4.2±0.3 ^{abc}
GA3	20.5±0.1 ^d	62.5±0.1 ^{ab}	13.2±0.1 ^a	3.8±0.1 ^{bc}
GA4	21.4±0.6 ^c	62.6±0.5 ^a	11.7±0.6 ^b	4.3±0.5 ^{ab}

¹⁾ Degree of polymerization. ²⁾ Each value is mean±standard deviation and 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 1. Physicochemical characteristics of milled rice by cultivars

Cultivar	Moisture (%)	Amylose (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Ash (%)	Minerals(μ g/g)				
						Ca	Fe	Mg	Mn	Zn
IP ¹⁾	10.0 ^{e2)}	20.1 ^c	6.0 ^c	0.6 ^d	0.4 ^b	383.1 ^b	34.6 ^a	555 ^f	20 ^f	34.3 ^d
SG	15.4 ^a	20.0 ^c	4.7 ^f	0.6 ^d	0.5 ^b	285.2 ^c	23.4 ^a	848 ^d	30 ^d	41.8 ^c
BJ	10.1 ^c	10.9 ^d	6.4 ^d	0.6 ^d	0.6 ^b	393.4 ^b	28.5 ^a	765 ^e	22 ^e	39.8 ^c
GA2	11.6 ^c	30.4 ^b	7.6 ^a	2.0 ^a	0.9 ^a	504.7 ^a	43.3 ^a	1,331 ^c	50 ^b	50.0 ^b
GA3	11.1 ^d	31.3 ^b	7.2 ^b	1.8 ^b	0.9 ^a	518.5 ^a	29.3 ^a	1,376 ^b	52 ^a	57.8 ^a
GA4	14.1 ^b	35.8 ^a	7.1 ^c	1.6 ^c	1.0 ^a	509.3 ^a	38.5 ^a	1,493 ^a	45 ^c	59.4 ^a

¹⁾ IP: Ilpumbyeo, SG: Sulgaeng, BJ: Baegjinju, GA2: Goami2, GA3: Goami3, GA4: Goami4. ²⁾ Any means in the same column followed by the same letter are not significantly($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

인 ‘IR36ae’와 유사하나, ‘IR36ae’이 나타내는 starch branching enzyme IIb (SBEIIb 또는 ae) 결함은 나타나지 않은 것으로 보고되어(Butardo 등 2012), 앞으로 고아미2호 등의 전분 조성을 야기하는 원인 유전자 규명을 위한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

이러한 전분 조성의 차이가 막걸리 제조 시 고두밥을 만드는 과정에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보기 위해 호화특성과 취반 특성을 Table 3, 4와 같이 살펴보았다. 점성은 전분인 아밀로스와 아밀로펙틴에 영향을 받는다고 알려져 있고(Jane 등 1999), 아밀로스는 팽윤을 억제하는 특성이 있으며(Tester & Morrison 1990a; Tester & Morrison 1990b), 아밀로펙틴 구조의 차이는 전분 호화 과정 중 팽윤된 전분립의 붕괴 정도에 영향을 주어 아밀로펙틴의 긴 사슬은 이와 부의 상관관계를, 짧은 사슬은 정의 상관관계가 있다고 보고된 바 있다(Han & Hamaker 2001). 이와 관련된 품종별 최고점도(peak viscosity)를 살펴보면, ‘백진주’, ‘일품’, ‘설갱’이 각각 193.9 RVU, 186.9 RVU, 180.9 RVU로 ‘고아미4호’ 97.4 RVU보다 높았으며, ‘고아미3호’ 53.3 RVU, ‘고아미2호’ 48.7 RVU로 최고점도가 아밀로펙틴 단쇄(DP 6-12)와 상관계수(r^2) 0.97($p<0.05$)의 높은 상관관계를 나타내어 앞선 연구결과와 유사한 경향으로 단쇄의 높고 낮음에 따라 최고점도가 영향을 받음을 확인할 수 있었다(자료 생략). 이러한 결과를 바탕으로 ‘고아미2호’ 등의 낮은 점성은 아밀로펙틴의 높은 단쇄 비율과 높은 아밀로스 함량에 기인하는 것으로 판단되었다.

‘고아미2호’, ‘고아미3호’, ‘고아미4호’는 호화개시온도가 78.5~80.6℃로 ‘일품’ 등에 비해 유의하게 10℃ 이상 높고(Table 3), 가열흡수비와 팽창용적이 각각 2.09~2.13, 25.02~26.78 cm^3 로 다른 품종의 2.63~2.97, 28.67~38.41 cm^3 에 비해 유의하게 낮았다(Table 4). 이를 통해 ‘고아미2호’ 등은 증자의 주된 목적인 입국 중의 amylase가 원료 전분에 쉽게 작용하기 위한 쌀의 호화(Yum SK 2011)가 이루어지지 않음을 확인할 수 있었으며, 막걸리 제조를 위해 증자과정에서 호화를 증진

Table 4. Cooking characteristics of milled rice grain using an electric rice cooker

Cultivar	Water absorption ratio	Volume expansion (cm^3)	pH	Iodine index ¹⁾	Soluble solid (mg)
IP	2.63 ^{c2)}	30.43 ^b	6.93 ^a	0.09 ^c	5.17 ^b
SG	2.97 ^a	38.41 ^a	6.95 ^a	0.14 ^b	4.40 ^c
BJ	2.84 ^b	28.67 ^{bc}	6.88 ^b	0.04 ^d	4.12 ^c
GA2	2.09 ^d	25.35 ^d	6.64 ^d	0.17 ^a	4.76 ^{bc}
GA3	2.13 ^d	25.02 ^d	6.71 ^c	0.17 ^a	5.12 ^b
GA4	2.11 ^d	26.78 ^{cd}	6.93 ^a	0.19 ^a	5.85 ^a

¹⁾ OD 600 nm. ²⁾ Any means in the same column followed by the same letter are not significantly($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

시키기 위한 가공 방법 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

2. 품종별 막걸리 품질 특성 변이

벼 품종별 막걸리의 수율과 색 특성은 Fig. 1의 A와 같았다. 원료곡 투입량에 대한 막걸리 제조 수율은 ‘일품’, ‘설갱’, ‘백진주’보다 ‘고아미2호’, ‘고아미3호’, ‘고아미4호’의 제조 수율이 30% 가량 높았다. 이는 ‘일품’, ‘설갱’, ‘백진주’의 백미 천립중이 각각 19.8 g, 20.4 g, 19.0 g(Chun 등 2005; Oh 등 2011)인데 반해, ‘고아미2호’, ‘고아미3호’, ‘고아미4호’가 각각 14.6 g, 14.1 g, 17.3 g(Korea Seed & Variety Service, 2013)으로, 그 밀도가 낮아 원료곡의 부피가 상대적으로 높은 것이 한 원인으로 추정되었다.

원료곡 품종 간 막걸리의 색 특성의 차이를 살펴보면(Fig. 1. B, C, D), ‘고아미3호’의 명도가 74.7로 가장 높았으며, ‘백진주’가 65.8로 가장 낮았다. 적색도는 품종 간 유의한 차이를 보이지 않았고, 황색도는 ‘고아미2호’와 ‘고아미3호’가 13.9, 13.6으로 유의하게 높았다.

Table 3. Pasting characteristics of milled rice flour by cultivars

Cultivar	Peak viscosity (RVU ¹⁾)	Trough viscosity (RVU)	Final viscosity (RVU)	Breakdown ²⁾ (RVU)	Setback ³⁾ (RVU)	Pasting temperature (°C)
IP	186.9 ^{b4)}	101.1 ^b	204.9 ^a	85.8 ^b	18.0 ^e	68.0 ^c
SG	180.9 ^e	121.1 ^a	207.1 ^a	59.8 ^c	26.2 ^d	68.0 ^c
BJ	193.9 ^a	67.7 ^d	104.6 ^d	126.2 ^a	-89.3 ^f	68.0 ^c
GA2	48.7 ^f	41.4 ^f	102.7 ^d	7.3 ^e	54.0 ^b	79.6 ^a
GA3	53.3 ^e	45.3 ^e	109.6 ^c	8.0 ^e	56.3 ^a	80.6 ^a
GA4	97.4 ^d	87.6 ^c	135.2 ^b	9.8 ^d	37.8 ^c	78.5 ^b

¹⁾ Rapid visco units. ²⁾ Peak viscosity minus hot viscosity. ³⁾ Final viscosity minus peak viscosity. ⁴⁾ Any means in the same column followed by the same letter are not significantly($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

Fig. 1. Color properties and yield of makgeolli from 6 rice cultivars. A: Yield(%), B: Lightness(L), C: Redness(a), D: Yellowness(b). Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

‘설갱’, ‘백진주’, ‘일품’의 알코올 함량은 17.3~18.0% 범위로 통계적인 유의차는 없었으며, 기존의 Kwon 등(2013)의 결과보다 다소 높았고, Joung 등(2004)과는 유사하였으나, ‘고아미2호’와 ‘고아미3호’, ‘고아미4호’는 10.0~10.5%로 앞선 결과들에 비해 현저히 낮은 알코올 함량을 나타냈다(Fig. 2). 당도는 ‘설갱’, ‘백진주’, ‘일품’이 11.1~12.6 brix 범위인데 반하여, ‘고아미2호’, ‘고아미3호’, ‘고아미4호’는 6.1~6.7 brix으로 절반 가까이 낮았다. pH는 품종별로 유의한 차이를 보이지 않았으나, pH 4.1~4.5의 범위를 나타내어, Lee 등(2012)이 제시한 일반적인 막걸리 범위에 속해 정상발효가 진행된 것으로 판단되었다. 산도는 막걸리 특유의 산미의 원인물질(Lee & Park 1995)로 품종별 산도 함량 증가 양상 차이(Kwon 등 2013) 등이 보고된 바 있으나, 본 시험재료에서는 품종 간 유의한 차이를 나타내지 않았다.

난소화성 다당류 함량이 높은 ‘고아미2호’는 높은 호화개시온도(88℃)를 지니고 있으며, 95℃에서 일정시간 가열한 후

에도 전분입자가 일반 품종과 달리 완전히 호화되지 않는 특징을 지니고 있다(Chun 등 2005). 또한 고아미2호와 같이 둥근 전분입자보다는 다각형 전분입자가 무증자 당화 및 발효에 효과적인 것으로 보고된 바 있다(Han & Chung 1985). 따라서 ‘고아미2호’와 ‘고아미3호’, ‘고아미4호’는 특유의 아밀로펙틴 조성 이외에도 높은 난소화성 다당류 함량, 높은 호화개시온도 등으로 인해 증자 후 전분의 형태가 막걸리 발효 시 전분 액화를 통한 당화작용과 알코올 발효과정에 충분하지 않을 것으로 추정되었으며, ‘고아미2호’, ‘고아미3호’, ‘고아미4호’ 막걸리의 낮은 알코올 함량과 당도가 이를 뒷받침해 주었다(Fig. 2).

막걸리 발효에서 유산 발효 결과, malic acid가 lactic acid로 전환되며(Kwon 등 2013), 비살균 막걸리의 유기산은 lactic acid가 주를 이룬다고 보고되고 있다(Lee 등 2011). 이와 동일하게 본 실험에서 제조된 막걸리도 lactic acid의 함량이 가장 높음을 알 수 있었다(Table 5). 쌀 품종별로는 ‘고아미4호’의

Fig. 2. Chemical properties of *makgeolli* brewed from 6 raw rice cultivars. A: Ethanol contents, B: Brix degree, C: pH, D: Total acidity. 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 5. Organic acid content of *makgeolli* by rice cultivars

Cultivar	Organic acid content(mg%)					
	Citric acid	Tartaric acid	Malic acid	Succinic acid	Acetic acid	Lactic acid
IP	69.6 ^{a1)}	9.6 ^b	50.6 ^b	nd ²⁾	24.7 ^{cd}	566.4 ^{ab}
SG	50.1 ^a	32.3 ^{ab}	55.5 ^b	79.0 ^b	17.1 ^d	341.7 ^b
BJ	24.7 ^a	24.0 ^{ab}	170.4 ^a	nd ²⁾	23.3 ^{cd}	556.8 ^{ab}
GA2	47.8 ^a	42.6 ^a	49.1 ^b	82.5 ^b	52.2 ^b	529.6 ^{ab}
GA3	40.9 ^a	51.8 ^a	86.9 ^b	123.4 ^b	43.0 ^{bc}	335.3 ^b
GA4	104.5 ^a	nd ²⁾	151.1 ^a	207.4 ^a	77.1 ^a	765.3 ^a

¹⁾ Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

²⁾ Not detected.

유기산 함량이 malic acid, succinic acid, acetic acid 등에서 유의하게 높은 특성을 나타내는 등 품종별로 유기산 함량과 조성이 상이함을 확인할 수 있었고, 이는 쌀 품종별로 유기산

조성 차이를 보인다는 Kwon 등(2013)의 결과와 동일하였다. 막걸리와 원료곡의 난소화성 다당류 함량은 뚜렷한 품종 간 차이를 나타내었다(Fig. 3). 난소화성 다당류는 그 분석 원

Fig. 3. Non-digestible carbohydrates of milled rice(A) and *makgeolli*(B) brewed from 6 rice cultivars. Any means in the same column followed by the same letter are not significantly($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

리에 따라 Englyst 등(1982)이 정의한 아밀라아제에 반응하지 않는 전분 분할(fraction)인 저항전분(Resistant Starch)도 포함되어 있다. Lee 등(2004)은 당뇨 유발 쥐가 난소화성 다당류 함량이 높은 ‘고아미2호’ 섭취 시 혈중 저밀도 지질단백질-콜레스테롤(low density lipoprotein-cholesterol) 감소 효과와 간 지질함량 감소 효과 등이 있음을 보고하였으며, 정상인을 대상으로 한 임상시험 결과에서도 ‘고아미2호’ 백미 섭취 시 ‘일품’에 비해 유의하게 낮은 혈당지수를 보여 당뇨병 환자 등을 위한 식이요법 활용 가능성이 보고된 바 있다(Lee & Shin 2002).

이렇듯 임상 효과가 일부 밝혀진 ‘고아미2호’를 포함하여 원료곡의 품종별 난소화성 다당류 함량을 분석한 결과, ‘고아미4호’가 7.03%로 유의하게 높은 함량을 나타내었으며, 막걸리를 제조하였을 때 역시 ‘고아미4호’와 ‘고아미2호’가 ‘일품’ 등에 비해 유의하게 난소화성 다당류 함량이 높아, 향후 막걸리 등 가공제품으로 이용 시 건강 기능성에 기여할 가능성이 높을 것으로 기대되었다.

따라서 본 실험에서 전분 조성이 다양한 벼 품종들로 제조된 막걸리를 비교한 결과, 반찰성인 ‘백진주’ 등 아밀로스 함량 차이에 의한 막걸리 제조 특성은 미미한 반면, 독특한 아밀로펙틴 조성을 지니고 난소화성 다당류 함량이 높은 ‘고아미2호’, ‘고아미3호’, ‘고아미4호’의 막걸리는 그 제조수율이 30% 가량 높고, 막걸리의 난소화성 다당류 함량 또한 유의하게 높았다. 다만 알코올 함량과 당도가 낮은 막걸리가 제조되는 것을 확인할 수 있어, 향후 이 품종들에 대한 지속적인 발효 공정 개발 연구를 통한 기능성 막걸리 개발이 필요할 것으로 판단된다.

요 약

국내 벼 품종 중 아밀로스 함량과 아밀로펙틴 조성이 다양한 품종의 막걸리 특성을 분석하여 막걸리 품질 고급화 및 다양화를 위한 자료를 제공하고자 본 실험을 수행한 결과는 다음과 같았다.

‘고아미2호’, ‘고아미3호’, ‘고아미4호’는 품종별 전분 특성과 호화 특성 분석 결과, 낮은 아밀로펙틴 단쇄 비율과 높은 아밀로스 함량에 기인하여 점성이 낮게 나타남을 확인할 수 있었고, 높은 호화개시온도로 인해 가열흡수비와 팽창용적이 각각 2.09~2.13, 25.02~26.78 cm^3 로 다른 품종에 비해 유의하게 낮아, 막걸리 발효에 적합한 전분의 호화가 이루어지지 않음을 확인할 수 있어, 막걸리 제조를 위해 호화를 증진시키기 위한 가공 방법 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

품종별 막걸리의 품질 특성은 ‘설갱’, ‘백진주’, ‘일품’의 알코올 함량은 17.3~18.0% 범위로 통계적인 유의차는 없었으나, ‘고아미2호’와 ‘고아미3호’, ‘고아미4호’는 10.0~10.5%로 상대적으로 낮은 알코올 함량을 나타내었고, 당도 또한 ‘설갱’, ‘백진주’, ‘일품’에 비해 절반 가까이 낮았으나, pH와 산도는 품종 간 유의한 차이를 나타내지 않았다. 또한 원료곡에서 높은 난소화성 다당류 함량을 지닌 ‘고아미4호’ 등은 막걸리에서도 역시 난소화성 다당류 함량이 유의하게 높아, 향후 막걸리 제품으로 이용 시 건강 기능성에 기여할 가능성이 높을 것으로 기대되었다.

결과적으로 아밀로펙틴 조성 and 난소화성 다당류 함량에서 차이를 보인 ‘고아미2호’, ‘고아미3호’, ‘고아미4호’ 막걸리의 높은 제조수율과 난소화성 다당류 함량 및 낮은 알코올 함량과 당도를 확인하였으며, 지속적인 발효 공정 연구를 통해 국내 기능성 품종을 이용한 고품질 막걸리 개발이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 시험은 농촌진흥청 시험연구사업(과제번호: PJ009239)의 지원에 의한 연구결과와 일부입니다.

References

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. AOAC international
- Bae SK, Lee YC, Kim HW. 2001. The browning reaction and inhibition on apple concentrated juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30:6-13
- Butardo VM Jr., Daygon VD, Colgrave ML, Campbell PM, Resurreccion A, Cuevas RP, Jobling SA, Tetlow I, Rahman S, Morell M, Fitzgerald M. 2012. Biomolecular analyses of starch and starch granule proteins in the high-amylose rice mutant Goami 2. *J Agric Food Chem* 60:11576-11585
- Choi I. 2010. Physicochemical properties of rice cultivars with different amylose content. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1313-1319
- Chun A, Song J, Hong HC, Son JR. 2005. Improvement of cooking properties by milling and blending in rice cultivar Goami2. *Korean J Crop Sci* 50:88-93
- Englyst HN, Wiggins HS, Cummings JH. 1982. Determination of the non-starch polysaccharide in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. *Analyst* 107:307-318
- Han MS, Chung DH. 1985. Saccharification and ethanol fermentation from uncooked starch using *Aspergillus niger* koji. *Korean J Food Sci Technol* 17:258-264
- Han XZ, Hamaker BR. 2001. Amylopectin fine structure and rice starch paste breakdown. *J Cereal Sci* 34:279-284
- Jane J, Chen YY, Lee LF, McPherson AE, Wong KS, Radosavljevic M, Kasemsuwan T. 1999. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. *Cereal Chem* 76:629-637
- Joung EJ, Paek NS, Kim YM. 2004. Studies on Korean *takju* using the by-product of rice milling. *Korean J Food & Nutr* 17:199-205
- Kang KE, Kim HK, Song KH, Lee HM. 2012. Consumption pattern and strategies to increase popularity of *magkoli* according to age groups in men and women. *Korean J Food & Nutr* 25:419-429
- 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
- Korea Seed & Variety Service. 2013. <http://www.seed.go.kr/>. 2013. 10. 14.
- 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. Effects of different fiber content of rice on blood glucose and triglyceride levels in normal subject. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31:1048-1051
- Lee SA, Park HD. 1995. Effect of ground rice particle size on the brewing of uncooked rice *tackju*. *Korean J Post-harvest Sci Technol Agri Products* 2:269-276
- Lee SH, Park HJ, Cho SY, Han GJ, Chun HK, Hwang HG, Choe HC. 2004. Supplementary effect of the high dietary fiber rice on lipid metabolism in diabetic KK mice. *Korean J Nutr* 37:81-87
- Lee SJ, Kim JH, Jung YW, Park S, Shin WC, Park CS, Hong S, Kim GY. 2011. Composition of organic acids and physiological functionality of commercial *makgeolli*. *Korean J Food Sci Technol* 43:206-212
- Lee SJ, Shin WC. 2011. Physiological functionalities of *makgeolli* (Korean paradox). *Food Science and Industry* 44:2-11
- Lee SY. 2013. Bottle designing development using analysis of maps according to change in trends of the *makgeolli* market. *Korea Contents Association* 13:145-154
- Lee YJ, Yi HC, 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
- Nakamura Y, Sakurai A, Inaba Y, Kimura K, Iwasawa N, Nagamine T. 2002. The fine structure of amylopectin in endosperm from Asian cultivated rice can be largely classified into two classes. *Starch-Stärke* 54:117-131
- National Tax Service Technical Service Institute. 2008. Alcohol Policy Analysis
- 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
- 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
- Takemoto-Kuno Y, Suzuki K, Nakamura S, Satoh H, Ohtsubo

- K. 2006. Soluble starch synthase I effects differences in amylopectin structure between Indica and Japonica rice varieties. *J Agric Food Chem* 54:9234-9240
- Tester RF, Morrison WR. 1990a. Swelling and gelatinization of cereal starches. 1. effects of amylopectin, amylose, and lipids. *Cereal Chem* 67:551-557
- Tester RF, Morrison WR. 1990b. Swelling and gelatinization of cereal starches. 2. waxy rice starches. *Cereal Chem* 67:558-563
- Yeo SH, Jeong YJ. 2010. Current trends and development a plan in the Korean *makgeolli* industry. *Food Science and Industry* 43:55-64
- Yoon MR, Chun A, Oh SK, Ko SH, Kim DJ, Hong HC, Choi IS, Lee JH. 2011. Physicochemical properties of endosperm starch and breadmaking quality of rice cultivars. *Korean J Crop Sci* 56:219-225
- Yum SK. 2011. The history of *makoli* industry in Korea. *Food Science and Industry* 44:18-27
-
- 접 수 : 2013년 10월 17일
최종수정 : 2013년 12월 5일
채 택 : 2014년 1월 24일