

쌀과 미입국의 배합비율에 따른 쌀 당화액의 품질특성

김진숙[†] · 이지현 · 장영은 · 김기창 · 김경미

농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부

The Quality Characteristics of Rice Mash by Mixing Ratios of Rice and Rice Koji

Jin-Sook Kim[†], Ji-Hyun Lee, Young-Eun Chang, Gi-Chang Kim, and Kyung-Mi Kim

Dept. of Agro-food Resources, National Academy of Agricultural Science,
Rural Development Administration, Gyeonggi 441-857, Korea

ABSTRACT The effects of *Aspergillus oryzae* rice koji (AO) and *Asp. kawachii* rice koji (AK) as enzyme preparations, on the quality characteristics of rice mash were investigated in this study. The amount of AORM (*Asp. oryzae* rice mash) and AKRM (*Asp. kawachii* rice mash) were 50, 100, 200% (w/w) based on 100 g of rice. Firstly, in the titer measurement result on the α -amylase and glucoamylase activities of AO and AK. On the other hand, the acid protease activity has values of 31.56 unit for AO and 849.17 unit for AK. The sugar solid of the AORM and AKRM groups significantly increased as the rice koji ratio on rice was higher, which were shown with values as high as 17.63~20.53 and 17.51~19.28, respectively. Glucose and maltose were detected for free sugar of AORM. Only glucose was found in AKRM. Citric acid, malic acid, and lactic acid were detected as the organic acid of AORM; oxalic acid, citric acid, and succinic acid were detected for AKRM, and the content increased as the rice koji ratio on rice increased ($P<0.05$). From the above result, rice koji with useful mold is expected to be used broadly in foods by looking at the fact that it has starch degradation ability and organic acid producibility.

Key words: rice, koji, rice mash, quality

서 론

현대 과학과 의학의 발달로 식생활이 개선되고 소득수준이 향상됨에 따라 건강에 대한 관심이 높아지면서 자연, 건강, 미용 지향의 식품 요구도가 증가하고 있다. 특히 발효식품인 김치, 장류, 요구르트 등이 2006년 미국 월간지인 Health에 세계적인 건강식품으로 선정되면서 발효에 관한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 발효는 효모나 세균 등 미생물이 탄수화물을 분해하여 알코올류, 유기산류, 이산화탄소를 생기게 하는 작용으로 인체에 유익한 성분이나 목적으로 하는 성분이 만들어지는 것을 말한다(1). 또한 발효에 참여하는 미생물은 식용이 가능한 유용한 균이며, 탄수화물, 단백질, 지질 등을 분해하는 가수분해효소 및 기타 효소를 생성하여 완성된 식품의 맛, 향, 색 등 품질에 큰 영향을 미치는 요인이 된다(2,3). 식품에서 탄수화물 성분인 '당'은 포도당, 과당, 갈락토오스의 단당류와 서당, 맥아당, 유당의 이당류를 말한다. 이들은 식품원료 자체에 자연적으로 포함되어 있는 당 형태와 조리가공 공정에서 인위적으로 첨가되는 당

형태로 존재한다(4). 죽, 음료, 잼, 과자 등의 식품은 제조과정에서 인위적으로 단맛을 높이기 위한 목적으로 설탕, 벌꿀, 물엿 등을 감미료(sweetening agent)로 사용해 왔다. 설탕은 소장의 소화과정에서 효소인 sucrase에 의하여 비교적 쉽게 두개의 단당류, 즉 포도당과 과당으로 분해된다. 설탕의 주성분인 과당은 에너지원이 높고 포도당으로 전환돼서 혈당을 상승시키며, 포도당에 비해 지방산 합성속도가 빨라 혈중 중성지방의 농도를 높일 수 있어 비만의 원인으로 작용하고, 근육 내 포도당 이용, 혈중 내 포도당의 근육으로의 이동을 저하시켜 glycogen 합성 효소활성을 감소시켜 당뇨병을 유발한다(5). 이러한 부정적인 이유로 식품을 만들 때 설탕 대체 감미 소재 시장에 대한 관심과 더불어 성장요인으로 작용하고 있다(6,7).

미입국은 고두밥에 유용 미생물을 접종 배양하고 적절한 수준에서 건조하여 효소제(또는 발효제)로 식품에 사용된다. 미입국(rice koji)은 곰팡이 중에서 황국균이라 불리는 *Aspergillus oryzae*(이하 *Asp. oryzae*라 표기)를 배양한 효소제로서 전분 당화력과 단백질 분해력이 강하여 술, 장류 제조에 이용된다. *Asp. oryzae*의 미입국으로부터 분비되는 효소에는 amylase, maltase, invertase, cellulase, inulinase, pectinase, papain 및 trypsin 등이 있고, kojic acid, oxalic acid, citric acid 및 gluconic acid 등의 유기산

Received 7 October 2013; Accepted 6 December 2013

[†]Corresponding author.

E-mail: preetyjs@korea.kr, Phone: 82-31-299-0470

을 생성한다(8). 또한 백국균이라 불리는 *Aspergillus kawachi*(이하 *Asp. kawachii*라 표기)는 *Asp. niger*의 변이균으로 내산성 amylase, maltase의 활성이 강력하고 *Asp. oryzae*에 비해 유기산 생성력이 높아 pH를 낮추는 특징이 있어서 술, 음료 등의 제조에 이용되나(9,10), 업체만의 노하우 수준에 그치고 있어 이를 보급화 하는데 한계가 있다. 하지만 최근에는 곡류 전분의 효소제로서 미입국을 사용하여 곡류 당화액(cereal mash)을 조제하여 당화 쌀죽(11), 당화 방울토마토죽(12) 및 당화 딸기죽(13)의 품질 향상과 더불어 유용 미생물을 식품에 접목하여 새로운 형태의 제품을 만들기 위한 실용적 테이터 생산 연구가 시도되고 있다.

최근 소규모 가공업체에서 발효기법을 이용한 곡류 식품 가공에 관심을 갖게 되면서 효소제로서 미입국을 활용하기 위한 기초 자료를 요구하고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 유용미생물을 식품에 접목하기 전에 품질 제어가 가능할 수 있는 쌀 당화액(rice mash)에 생성에 관한 기초 자료를 보고하고자 한다. 즉 호화 쌀 전분(밥)을 대상으로 효소제로서 미입국을 사용하고 호화 쌀과 미입국의 배합비를 달리 하여 제조한 쌀 당화액의 품질특성을 조사하였다.

재료 및 방법

미입국의 시료 조제 및 구입

*Asp. oryzae*를 접종 배양한 미입국은 Kim 등(12)의 방법에 준하여 제조하였다. 미입국은 쌀을 10회 세척하고 4시간 동안 수침한 후 2시간 탈수한 다음 찹통에서 2시간 동안 증기로 익혀 고두밥을 만들어 잘 비벼 덩어리를 없애고 40°C가 되었을 때 *Asp. oryzae*(Chungmoo Fermentation Co., Ltd., Ulsan, Korea)를 0.2%(w/w) 접종하고 균일하게 혼합하여 36°C의 제국기(Mini 15, Yaegaki Co., Hyogo, Japan)에 넣어 배양하였다. 18시간 후 1차 뒤집기를 실시하고, 5시간 후에 2차 뒤집기를 하여 총 42시간 배양 후 출국하여 50°C에서 24시간 건조 후 완성하였으며 냉동보관 하면서 사용하였다. *Asp. kawachii*가 접종 배양된 미입국(Dong-san Co., Yongin, Korea)은 상기와 같은 방법으로 제조한 것을 구입하여 사용하였다.

미입국의 효소역가 측정

미입국의 효소역가 측정을 위한 효소액은 미입국 10 g에 0.5% NaCl 50 mL를 가하여 20°C에서 12시간 추출한 후 원심분리(1,200 rpm, 15분)한 상등액을 -70°C deep freezer(Ilshin, Goyang, Korea)에서 보관하면서 α -amylase, glucoamylase 및 acid protease의 역가 측정에 사용하였다.

먼저 α -amylase activity는 Yamamoto 등(14)의 방법에 준하여 기질인 1% starch 용액(pH 7.4) 2 mL를 40°C에서 5분간 예열한 후 효소액 100 μ L를 첨가하여 반응 개시하였다. 시간별로 반응혼합액 100 μ L씩 취하여 1 M acetic acid 5 mL를 첨가하여 반응을 정지시키고 0.01 N I_2 solution

1 mL를 넣어 발색시켜 660 nm 흡광도 측정하였다. 효소의 활성은 요오드반응 OD가 10분 동안 50% 감소했을 때를 1 unit으로 하였다. Glucoamylase activity는 DNS 방법(15)에 준하여 기질인 1%의 starch 용액(pH 7.4) 1 mL에 0.2 M acetate buffer 0.2 mL를 넣고 40°C에서 5분간 예열한 후 효소액 100 μ L를 첨가하여 반응을 개시하였다. 40°C에서 20분간 반응 후 1 N NaOH 100 μ L로 반응 정지하여 실온에서 30분간 방치하였다. 1 N HCl 100 μ L를 넣고 중화하여 생성된 환원당을 정량하였다. 효소의 활성은 가용성 전분으로부터 1 mg의 glucose를 생성할 때를 1 unit으로 하였다.

Acid protease activity는 Anson 개량법(16)에 준하여 기질인 0.6%의 hammarsten casein solution 1.5 mL에 citrate phosphate buffer 1 mL와 효소액 0.5 mL를 넣고 40°C에서 10분간 반응시킨 후 0.4 M TCA 3 mL를 첨가하여 반응을 정지시켰다. 30분간 실온 방치 후 침전물을 제거한 상등액 2 mL에 0.4 M Na_2CO_3 5 mL와 1 N Folin reagent 1 mL를 넣고 30분간 발색시킨 다음 660 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 L-tyrosin용액을 이용하여 작성하였으며, 효소의 활성은 조효소액 1 mL가 1분 동안 1 μ g의 tyrosine을 생성할 때를 1 unit으로 하였다.

쌀 당화액 조제 및 분석 시료

쌀 당화액을 조제하기 위한 쌀과 미입국의 배합비는 예비 시험을 통해 Table 1과 같이, 쌀 무게 대비 *Asp. oryzae*와 *Asp. kawachii*의 미입국 종류에 따라 0.5, 1, 2(w/w)로 정하였다. *Asp. oryzae*의 쌀 당화액(AORM)과 *Asp. kawachii*의 쌀 당화액(AKRM)의 제조는 취반, 당화, 살균 공정을 거친다(Fig. 1). 먼저 미입국의 전분 기질로 사용될 호화 쌀(밥)은 쌀에 1.7배의 물을 가하여 전기압력밥솥(CRP-K1060SR, Cuckoo Homesys Co., Ltd., Seoul, Korea)으로 취반한 뒤 보온 단계로 옮겼다. 여기에 미입국과 40°C의 물을 넣어 6시간 당화하고 효소 불활성화 목적으로 75°C에서 15분간 열처리하여 쌀 당화액을 완성하고 냉동보관 하면서 분석용 시료로 사용하였다.

Table 1. Formula for preparation for rice mash with the different ratio of rice and rice koji

Sample ¹⁾	Rice	Rice koji		Water	Total
		<i>Asp. oryzae</i>	<i>Asp. kawachii</i>		
AORM05	200	100	0	1,000	1,300
AORM10	150	150	0	1,000	1,300
AORM20	100	200	0	1,000	1,300
AKRM05	200	0	100	1,000	1,300
AKRM10	150	0	150	1,000	1,300
AKRM20	100	0	200	1,000	1,300

¹⁾AORM: rice mash saccharified by rice koji of *Aspergillus oryzae*, AKRM: rice mash saccharified by rice koji of *Aspergillus kawachii*.

Rice koji
Soaking, at 50°C for 6 hr
Adding cooked rice, water
Mixing
Saccharification, at 60°C for 6 hr
Autoclaving, at 75°C for 15 min
Grinding (2 min)
Rice mash

Fig. 1. Preparing procedures of rice mash with different rice kojis.

pH, 총산도 및 당도 측정

pH, 총산도 및 당도 측정을 위한 당화액 시료는 증류수로 10배 희석하여 homogenizer(Ultra-Turrax T25, IKA Labortechnik Co., Staufen, Germany)로 30초간 균질화하고 원심분리(10,000 rpm, 15분)한 후 상등액을 분석하였다. pH는 상등액을 pH meter(Orion 4 Star, Thermo Scientific, Beverbe, MA, USA)로 측정하였고, 총산도는 상등액 10 mL에 증류수 40 mL를 넣고 산도기(TitroLine easy Automatic Titrator, Schott Instruments, Mainz, Germany)를 이용하여 시료액의 pH가 8.3이 될 때까지 0.1 N NaOH로 적정하였으며, 이때 소요된 양(mL)을 citric acid(%)로 환산하여 표시하였다. 당도는 굴절당도계(PR-101a, Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 측정된 다음 °Brix(%)로 나타내었다.

포도당 당량(dextrose equivalent) 측정

시료의 전분 가수분해 정도를 나타내주는 포도당 당량(D.E.)은 식품공전의 엿류 시험법(17)에 따라 당고형분과 환원당을 정량하여 다음과 같이 계산하였다. 먼저 당고형분 함량(solid content)은 Yang과 Ryu(18)의 방법에 의하여 쌀 당화액 일정량을 도가니에 담아 105°C에 건조 후 증발잔사의 양으로 하였다. 환원당 함량(reducing sugar content)은 DNS법(15)에 따라 시료 10 g을 증류수로 10배 희석, 균질화하고 원심분리(15,000 rpm, 15분)를 통해 상등액을 취해 100 mL로 정용하였다. 시료액 200 µL에 DNS(dinitrosalicylic acid) 시약 400 µL를 넣고 끓는 물에서 5분간 반응한 후 급속 냉각시켜 증류수 1.8 mL를 넣고 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질로 glucose를 0.01~1.0 mg/mL로 희석하여 검량선 작성 후 환원당 함량을 구하였다.

$$\text{Dextrose equivalent (\%)} = \frac{\text{Reducing sugar content (\%)}}{\text{Solid content (\%)}} \times 100$$

유리당 함량 측정

유리당 분석을 위한 glucose, fructose, maltose 및 sucrose의 표준품은 Sigma(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였다. 시료 10 g에 증류수 90 mL를 넣어 homogenizer(Ultra-Turrax T25, IKA Labortechnik Co.)로 30초간 균질화하고 원심분리(15,000 rpm, 15분)한 후 상등액을 여과하여 100 mL로 정용하였다. 시료 추출물은 0.2 µm membrane filter(Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)로 여과하여 HPLC(Agilent Technologies 1200 series, Palo Alto, CA, USA)로 분석하였다. 이때 분석은 carbohydrate column(4.6×150 mm, 5 µm, Agilent Technologies), detector는 ESLD(Agilent Technologies 1200 series)를 사용하였으며, 이동상은 acetonitrile : water(70:30, %(v/v))를 1.2 mL/min 속도로 흘려주었고 추출물은 10 µL를 주입하여 분석하였다.

유기산 함량 측정

유기산 분석을 위한 oxalic acid, citric acid, malic acid, succinic acid 및 lactic acid의 표준품은 organic acid kit(Supelco, Bellefonte, PA, USA)를 사용하였고 시료 추출물은 유리당 함량과 동일한 방법으로 조제하였다. 시료 추출물은 HPLC(Agilent Technologies 1200 series)로 분석하였는데, 이때 분석 조건은 ion Exclusion column 300×7.8 mm(Aminex HPx-87, Bio-RAD, Irvine, CA, USA), UV-detector(Agilent Technologies 1200 series)를 사용하였고, 이동상은 0.1% phosphoric acid를 0.5 mL/min 속도로 흘려주었으며 추출물은 10 µL를 주입하여 분석하였다.

점도 및 색도 측정

쌀 당화액 시료 250 g을 비커에 넣고 점도계(RVT DV-II, Brookfield Engineering Lab., Inc., Middleboro, MA, USA)를 이용하여 spindle No. 4로 1분간 측정하였으며, 회전속도는 20 rpm으로 3회 반복 측정하여 그 평균값과 표준편차를 표기하였다. 시료의 색도 측정을 위해 시료를 petri-dish에 담고 색차계(Chroma Meter, CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 L(lightness), a(redness) 및 b(yellowness) 값을 3회 이상 측정하였다. 이때 사용된 표준백색판의 L, a 및 b 값은 각각 95.67, -0.2 및 2.9이었다.

통계분석

시료 분석 결과에 대한 통계분석은 SAS(Statistical analysis System, Verison 8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리간의 차이 유무를 one-way ANOVA(analysis of variation)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 α=0.05 수준에서 유의성을 검정하였다.

Table 2. Enzyme activity of *Aspergillus oryzae* and *Aspergillus kawachii* rice koji

Rice koji	α -Amylase (unit)	Glucoamylase (unit)	Acid protease (unit)
<i>Aspergillus oryzae</i>	129.06	22.35	31.56
<i>Aspergillus kawachii</i>	9.18	12.92	849.17

결과 및 고찰

미입국의 효소역가

*Asp. oryzae*와 *Asp. kawachii* 균주를 갖는 미입국의 효소 활성을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 전분의 가수분해를 돕는 α -amylase와 glucoamylase 효소 활성은 *Asp. oryzae* 미입국에서 각각 129.06, 22.35 unit이었고, *Asp. kawachii* 미입국에서는 각각 9.18, 12.92 unit이었다. *Asp. oryzae* 미입국이 *Asp. kawachii* 미입국보다 전분 분해 효소 활성이 높았다. 반면 acid protease 효소 활성에서 *Asp. oryzae*의 미입국은 31.56 unit이었고 *Asp. kawachii*의 미입국은 849.17 unit로서 *Asp. oryzae*가 *Asp. kawachii*보다 산분해 활성이 약 37배 정도 낮았다. *Asp. oryzae* 균주는 당화력과 액화력의 생산능은 높았고 내산성은 약했다. 반면에 *Asp. kawachii* 균주는 *Asp. oryzae* 균주보다 당화력과 액화력은 낮았지만 내산성 당화효소를 생산으로 유기산 생성능이 높았음을 알 수 있었는데, 이는 So(19,20)가 보고한 바와 같았다.

pH, 총산도 및 당도

효소제 역할을 하는 미입국을 이용하여 호화 쌀(밥)을 당화시켜 생성한 쌀 당화액의 pH, 총산도 및 당도를 측정할 결과는 Table 3과 같다. *Asp. oryzae*의 쌀 당화액 처리군(AROM05, AROM10 및 AROM20)은 쌀에 대한 미입국의 비율이 높아질수록 pH와 총산도가 감소하는 경향이였다. 그러나 *Asp. kawachii*의 쌀 당화액 처리군(AKRM05, AKRM10 및 AKRM20)은 쌀에 대한 미입국의 비율이 높아질수록 pH는 유의적으로 낮아진 반면, 총산도는 유의적으로 높아졌

Table 3. pH, total acidity and sweetness of rice mash by appropriate mixing ratios of rice and rice koji

Sample ¹⁾	pH	Total acidity (citric acid, %)	Sweetness ($^{\circ}$ Brix, %)
AORM05	6.66 \pm 0.02 ²⁾	0.207 \pm 0.00 ^a	13.45 \pm 0.07 ^c
AORM10	6.63 \pm 0.01 ^a	0.207 \pm 0.00 ^a	14.92 \pm 0.08 ^b
AORM20	6.39 \pm 0.02 ^b	0.206 \pm 0.00 ^b	16.59 \pm 0.09 ^a
AKRM05	4.12 \pm 0.01 ^a	0.257 \pm 0.01 ^c	14.52 \pm 0.10 ^c
AKRM10	3.93 \pm 0.01 ^b	0.403 \pm 0.01 ^b	14.80 \pm 0.11 ^b
AKRM20	3.81 \pm 0.02 ^c	0.550 \pm 0.01 ^a	15.11 \pm 0.10 ^a

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Means with different letters within the same column are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

다($P<0.05$). 이것은 산 생성력이 높은 *Asp. kawachii* 균주를 갖는 미입국이 호화 쌀을 당화하는 과정에서 유리당보다는 유기산을 더 많이 생성했기 때문이다. Hwang 등(11)과 Kim 등(21)의 연구 결과와도 같은 경향이였다. 또한 So(19)의 *Asp. kawachii* 균주를 갖는 미입국의 사용량이 많아질수록 탁주의 pH가 낮아지고 총산도가 높아진다는 결과와도 유사하였다. *Asp. oryzae*의 쌀 당화액(AROM)의 당도는 쌀에 대한 미입국의 비율이 높아짐에 따라 각각 13.45, 14.92, 16.59로 증가되는 경향이였다. 또한 *Asp. kawachii*의 쌀 당화액(AKRM)의 당도에 있어서도 쌀에 비해 미입국의 비율이 높아질수록 14.52, 14.80, 15.11로 증가하였다($P<0.05$). 이는 *Asp. oryzae* 및 *Asp. kawachii* 균주를 갖는 미입국에 존재하는 α -amylase와 glucoamylase가 호화 쌀을 가수분해한 결과로 가용성 고형분이 많이 생성되었기 때문이다. 또한 Kim 등(12,13)에 의하면 당화 방울토마토주과 당화 딸기주의 당도는 쌀 당화액 첨가로 인하여 증가되었다고 전한다. Hwang 등(11)이 보고한 당화 잡곡주의 가용성 고형분 함량에서도 일반 쌀주보다 약 1.3~1.5배 높게 나타났다는 결과와 같은 경향이였다.

포도당 당량

Asp. oryzae 및 *Asp. kawachii* 균주를 배양한 미입국과 쌀의 배합비를 달리한 쌀 당화액의 포도당 당량(D.E.)을 측정할 결과는 Table 4와 같다. 포도당 당량은 전분질만을 기질로 하여 효소제에 의해 가수분해 되어 당화(saccharified)가 진행되는 정도를 측정하는 방법이다. 포도당 당량은 당고형분과 환원당 함량을 이용하여 계산되는 것으로서 환원당 함량과 비례한다(22). 당고형분 함량에 있어 AORM 처리군은 AKRM 처리군보다 전체적으로 높은 당고형분을 보였다($P<0.05$). AORM 처리군(AORM05, AORM10 및 AORM20)과 AKRM 처리군(AKRM05, AKRM10 및 AKRM20)의 당고형분 함량은 각각 17.63~20.53%, 17.51~19.28%로 쌀에 대한 미입국 비율이 높을수록 증가하였다. AORM 처리군과 AKRM 처리군의 환원당 함량은 효소제 역할을 하는 미입국의 비율이 높아질수록 증가되는 경향이였다. 이는 미입국 함량이 높아지는 것은 자체 α -amylase, glucoamy-

Table 4. Solid content, reducing sugar and dextrose equivalent of rice mash by appropriate mixing ratios of rice and rice koji (unit: %)

Sample ¹⁾	Solid content (A)	Reducing sugar (B)	Dextrose equivalent (B/A \times 100)
AORM05	17.63 \pm 0.24 ²⁾	5.15 \pm 0.29 ^c	29.21 \pm 1.32 ^c
AORM10	18.72 \pm 0.22 ^b	6.59 \pm 0.08 ^b	35.20 \pm 0.37 ^b
AORM20	20.53 \pm 0.00 ^a	8.61 \pm 0.10 ^a	41.94 \pm 0.47 ^a
AKRM05	17.51 \pm 0.20 ^c	4.03 \pm 0.06 ^c	23.02 \pm 0.23 ^c
AKRM10	18.42 \pm 0.18 ^b	5.22 \pm 0.04 ^b	28.34 \pm 0.11 ^b
AKRM20	19.28 \pm 0.16 ^a	6.32 \pm 0.10 ^a	32.78 \pm 0.32 ^a

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Means with different letters within the same column are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

lase의 효소가 많아지는 것으로(18,23), 쌀 전분의 가수분해가 그만큼 원활하게 이루어져 당 함량이 많이 생성되는 것이다. 따라서 포도당 당량에 있어 AORM과 AKRM 처리군은 모두 29.21~41.94%, 23.02~32.78%로서 쌀에 대한 미입국 비율이 높을수록 당화력이 상승한 것으로 보인다($P < 0.05$). 또한 AORM 처리군이 AKRM 처리군보다 포도당 당량이 높은 것은 *Asp. oryzae* 균주를 갖는 미입국이 *Asp. kawachii* 균주를 갖는 미입국보다 높은 α -amylase, glucoamylase 효소 활성에서 기인하였다.

유리당 함량

쌀과 *Asp. oryzae*와 *Asp. kawachii* 균주를 갖는 미입국의 배합비를 달리한 쌀 당화액의 유리당 분석 결과는 Table 5와 같다. AORM 처리군(AORM05, AORM10 및 AORM20)의 유리당은 glucose와 maltose만 검출되었다. 이때 glucose는 2.84, 4.61 및 6.59 mg이었고, maltose는 1.50, 1.72 및 2.22 mg으로 쌀 대비 미입국 비율이 높아질수록 각각의 유리당 함량은 증가하였다($P < 0.05$). Kim 등(21)과 Hwang 등(11)은 미입국에 존재하는 α -amylase와 glucoamylase가 당화 과정 중 쌀전분을 가수분해하여 glucose와 maltose를 주로 생성하였다고 보고하였다. AKRM 처리군(AKRM05, AKRM10 및 AKRM20)에서는 glucose만 검출되었고 이때 함량은 각각 4.27, 5.82, 7.31 mg으로 쌀에 대한 미입국의 비율이 높아질수록 glucose 함량이 유의적으로 높았다($P < 0.05$). AORM과 AKRM 처리군의 유리당 조성비와 함량이 다른 것은 미입국으로부터 유래하는 전분 분해 효소 활성이 다르기 때문인 것으로 보인다(Table 2).

또한 Kim과 Kang(22)이 보고한 바와 같이 쌀 당화액의 유리당 함량은 가용성 고형분과 당고형분 함량과 관계가 있는 것으로 나타났다.

유기산 함량

쌀과 *Asp. oryzae*와 *Asp. kawachii* 균주를 갖는 미입국의 배합비를 달리 조성하여 제조한 쌀 당화액의 유기산을 분석한 결과는 Table 6과 같다. AORM 처리군에서 AORM05 처리군을 제외한 AORM10과 AORM20 처리군의 유기산은 citric acid, malic acid 및 lactic acid가 검출되었고, 쌀에 대한 미입국 비율이 높아질수록 총 유기산 함량이 증가하였다($P < 0.05$). AKRM 처리군(AKRM05, AKRM10 및 AKRM20)의 유기산은 oxalic acid, citric acid 및 succinic acid가 검출되었고, 쌀에 대한 미입국 비율이 높아질수록 총 유기산 함량이 증가하였다($P < 0.05$). AKRM 처리군의 총 유기산 함량이 AORM 처리군보다 높은 것은 *Asp. kawachii* 미입국이 높은 유기산 생성 능력을 보유하였기 때문이다(19). 특히 citric acid 함량이 200.4~422.8 mg 범위로 높은 것은 Baek 등(3)이 보고한바 같이 누룩의 *Asp. kawachii*가 당화 중에 citric acid를 많이 생성한다는 원리와 같았다. Park과 Lee(24)는 미입국의 비율이 높을수록 당화력이 높아지면서 lactic acid와 succinic acid 등의 유기산 생성이 증가한다고 보고하였다. 또한 Choi 등(25)은 탁주의 주요 맛 성분은 succinic acid라고 했으며, Kim 등(21)은 발효 쌀죽에서 succinic acid가 주요 향미 성분이라고 보고하였다. 이러한 결과로부터 *Asp. kawachii* 미입국이 쌀 전분을 분해하여 쌀 당화액에 succinic acid 등의 유기산이 생성하게 됨으로

Table 5. Free sugar contents of rice mash by appropriate mixing ratios of rice and rice koji (unit: mg/100 g)

Sample ¹⁾	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Total
AORM05	ND ²⁾	2.84±0.04 ³⁾	ND	1.50±0.02 ^c	4.34±0.06 ^c
AORM10	ND	4.61±0.11 ^b	ND	1.72±0.05 ^b	6.32±0.15 ^b
AORM20	ND	6.59±0.06 ^a	ND	2.22±0.09 ^a	8.80±0.14 ^a
AKRM05	ND	4.27±0.07 ^c	ND	ND	4.27±0.07 ^c
AKRM10	ND	5.82±0.07 ^b	ND	ND	5.82±0.07 ^b
AKRM20	ND	7.32±0.10 ^a	ND	ND	7.32±0.10 ^a

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Not detected.

³⁾Means the different letters within the same column are significantly different ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 6. Organic acid contents of rice mash by appropriate mixing ratios of rice and rice koji (unit: mg/100 g)

Sample ¹⁾	Oxalic acid	Citric acid	Malic acid	Succinic acid	Lactic acid	Total
AORM05	ND ²⁾	12.58±0.09 ^c	ND	ND	50.29±0.47 ^b	62.87±0.39 ^c
AORM10	ND	17.18±0.34 ^b	24.94±0.19 ^a	ND	42.97±0.34 ^c	85.09±0.32 ^b
AORM20	ND	23.22±0.08 ^a	13.44±0.37 ^b	ND	66.18±0.59 ^a	102.85±1.00 ^a
AKRM05	6.38±0.01 ³⁾	200.4±4.03 ^c	ND	240.3±1.68 ^c	ND	447.03±5.48 ^c
AKRM10	10.89±0.25 ^b	309.9±3.85 ^b	ND	370.5±4.98 ^b	ND	691.32±9.06 ^b
AKRM20	15.01±0.19 ^a	422.8±0.42 ^a	ND	513.1±2.69 ^a	ND	950.96±2.52 ^a

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Not detected.

³⁾Means with different letters within the same column are significantly different ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 7. Color values and viscosity of rice mash by appropriate mixing ratios of rice and rice koji

Sample ¹⁾	Viscosity (cP)	Hunter's color values ³⁾		
		L	a	b
AORM05	5,517.5±248.8 ^{a2)}	76.26±0.038 ^a	0.05±0.044 ^c	9.66±0.044 ^c
AORM10	2,165.0±184.1 ^b	73.55±0.040 ^b	0.76±0.037 ^b	11.15±0.138 ^b
AORM20	1,062.5±29.9 ^c	70.56±0.093 ^c	1.32±0.032 ^a	12.51±0.053 ^a
AKRM05	5,977.5±247.4 ^a	80.23±0.053 ^a	-1.03±0.013 ^c	6.75±0.054 ^c
AKRM10	3,077.5±37.7 ^b	79.25±0.044 ^b	-0.82±0.018 ^b	8.21±0.061 ^b
AKRM20	2,305.0±41.2 ^c	78.17±0.039 ^c	-0.66±0.019 ^a	9.55±0.047 ^a

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Means with different letters within the same column are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

³⁾Standard plate: L=95.67, a=-0.2, b=2.9.

씨 제품의 향미 성분에 관여하는 것임을 알 수 있었다.

점도 및 색도

식품의 점도는 고형분의 함량, 온도, 입자 크기 등의 요인에 영향을 받는다(21). 쌀과 *Asp. oryzae*와 *Asp. kawachii* 균주를 갖는 미입국의 배합비를 달리하여 제조한 쌀 당화액의 점도와 색도를 측정된 결과는 Table 7과 같다. AORM 처리군(AORM05, AORM10 및 AORM20)과 AKRM 처리군(AKRM05, AKRM10 및 AKRM20)의 점도는 5,517.5~1,062.5, 5,977.5~2,305.0 cP로서 쌀에 대한 미입국 비율이 높아질수록 감소하였다($P<0.05$). 이는 미입국 내의 α -amylase가 당화 시 쌀전분을 가수분해 하여 저분자의 dextrin과 소당류를 생성하기에 점도가 감소한 것으로 보인다. 이러한 결과는 미입국을 이용한 당화 쌀죽이 주로 amylase에 의해 가수분해 되어 점도가 감소된다(21)는 보고와 유사하였다. 또한 Hwang 등(11)은 미입국 종류별 당화 쌀죽의 점도는 곡류 코지의 α -amylase, glucoamylase의 활성에서 차이가 생긴다고 하였는데 이와도 같은 경향이였다.

한편 AORM 처리군과 AKRM 처리군의 L값은 각각 76.26~70.56, 80.23~78.17로서 쌀에 대한 미입국 비율이 높아질수록 감소하였다($P<0.05$). 반면에 AORM 처리군과 AKRM 처리군에서 a값은 각각 0.05~1.32, -1.03~-0.66이고, b값은 각각 9.66~12.51, 6.75~9.55로 쌀에 대한 미입국의 비율이 높아질수록 증가하였다($P<0.05$). 이러한 결과는 미입국 제조 시 접종 배양한 균주의 영향이며, 쌀과 미입국의 배합 증가에 따른 amino-carbonyl 반응에 의해 lightness가 낮아지는 것으로 보인다(26). 전체적으로 AORM 처리군의 L값은 AKRM 처리군의 경우보다는 낮았으나 a값과 b값은 높게 나타났다.

요 약

본 연구는 쌀과 *Asp. oryzae*와 *Asp. kawachii* 균주를 갖는 미입국의 배합비를 달리하여 제조한 쌀 당화액의 품질특성을 조사하였다. 쌀 당화액의 효소제인 미입국종류별 α -amylase와 glucoamylase의 효소 역가는 *Asp. oryzae* 미입국에서 129.06, 22.35 unit이었고 *Asp. kawachii*의 미입

국에서는 9.18, 12.92 unit이었다. 반면에 acid protease 효소 역가는 *Asp. oryzae*의 미입국에서 31.56 unit, *Asp. kawachii*의 미입국에서는 849.17 unit이었다. AORM 처리군은 쌀에 대한 미입국의 비율이 높을수록 pH와 총산도 모두가 감소하였으나, AKRM 처리군은 pH는 낮아진 반면, 총산도는 높아지는 것으로 나타났다. AORM과 AKRM 처리군의 가용성 고형분은 쌀에 대한 미입국의 비율이 높을수록 증가하였다. AORM과 AKRM 처리군에서 쌀에 대한 미입국 비율이 높아질수록 L값은 각각 76.26~70.56, 80.23~78.17로 감소된 반면에 a값은 각각 0.05~1.32, -1.03~-0.66이고 b값은 각각 9.66~12.51, 6.75~9.55로 증가하였다. AORM 처리군과 AKRM 처리군의 점도는 쌀에 대한 미입국 비율이 높을수록 각각 5,517.5~1,062.5, 5,977.5~2,305.0 cP로서 감소하였다. AORM 처리군과 AKRM 처리군의 당고형분 함량은 각각 17.63~20.53, 17.51~19.28로 쌀에 대한 미입국 비율이 높을수록 증가하였다. 쌀에 대한 미입국 배합비에 따른 AORM 처리군의 유리당 함량은 glucose 2.84, 4.61 및 6.59 mg, maltose는 1.50, 1.72 및 2.22 mg으로 비율이 높아질수록 증가되었다. AKRM 처리군의 유리당은 glucose만 검출되었고 이때 함량은 각각 4.27, 5.82, 7.31 mg이었다. AORM 처리군의 유기산은 citric acid, malic acid, lactic acid가 검출되었고 AKRM 처리군의 유기산은 oxalic acid, citric acid 및 succinic acid가 검출되었는데, 이들 처리군 모두 쌀에 대한 미입국 비율이 높아질수록 총 유기산 함량은 증가하였다. 이상으로부터 *Asp. oryzae*, *Asp. kawachii* 균주의 미입국이 당과 산의 생성능력이 다르므로 당과 산 생성을 고려한 식품가공에 응용될 수 있을 것으로 기대한다. 따라서 다양한 유용 균주를 갖는 미입국을 포함한 곡류 입국이 다양한 전분 소재에 대한 효소제로서 술, 장, 죽, 음료, 잼 등에 적용될 때 기존 제품과 다른 새로운 가공제품 생산이 가능할 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ0086612012)에 의해 이루어진 것으로서 감사드

립니다.

REFERENCES

1. Shon TH. 1999. *Food technology*. Hyungseul publishing Co., Seoul, Korea. p 82-83.
2. Park KY. 2012. Increased health functionality of fermented foods. *Food Industry and Nutrition* 17: 1-8.
3. Baek SY, Kim JY, Choi JH, Choi JS, Choi HS, Jeong ST, Yeo SH. 2012. Assessment of the quality characteristics of mixed-grain *Nuruk* made with different fungal strains. *J East Asian Soc Dietary Life* 22: 103-108.
4. United State Department of Agriculture. 2005. *Dietary Guidelines Advisory Committee Report*. U.S. Government printing office, Washington, DC, USA. p 31-32.
5. Nakamura J, Hamada Y, Sakakibara F, Hara T, Wakao T, Mori K, Nakashima E, Naruse K, Kamijo M, Koh N, Hotta N. 2001. Physiological and morphometric analyses of neuropathy in sucrose-fed OLETF rats. *Diabetes Res Clin Pr* 51: 9-20.
6. Malik VS, Hu FB. 2012. Sweeteners and risk of obesity and type 2 diabetes: the role of sugar-sweetened beverages. *Curr Diab Rep* 12: 195-203.
7. Fry J. 1998. Challenges to sugar from sweetener blends in Europe. *Int Sugar J* 100: 329-333.
8. Kim SS, Ahn CW, Woo IA. 1999. *Food microbiology*. Suhaksa, Seoul, Korea. p 51-52.
9. Kim SS, Ahn CW, Woo IA. 1999. *Food microbiology*. Suhaksa, Seoul, Korea. p 189.
10. Lee TS, Choi JY. 2005. Volatile flavor components in mash of *Takju* prepared by using *Aspergillus kawachii* *Nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 37: 944-950.
11. Hwang IG, Yang JW, Kim JY, Yoo SM, Kim GC, Kim JS. 2011. Quality characteristics of saccharified rice gruel prepared with different cereal koji. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1617-1622.
12. Kim JS, Kim JY, Yang JW. 2011. The quality characteristics of saccharified cherry tomato gruel prepared with rice mash. *Korean J Food Cookery Sci* 27: 755-762.
13. Kim JS, Kim JY, Chang YE. 2012. The quality characteristic and antioxidant properties of saccharified strawberry gruels. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 752-758.
14. Yamamoto T, Miyahara I, Yamamoto S, Fujita K, Mizokami K. 1990. α -Amylase of *Rhizopus niveus*: its isolation and some enzymic properties. *Denpun Kogyo Gakkaishi* 37: 129-136.
15. Kim JY, Sung KW, Bae HW, Lee 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.
16. So MH, Lee YS. 2010. Effects of culture conditions of *Rhizopus* sp. ZB9 on the production of protease during preparation of rice koji. *Korean J Food & Nutr* 23: 399-404.
17. KFDA. 2007. *Food Code*. Korea Food and Drug Administration. Munyoungsa, Seoul, Korea. p 56-57.
18. Yang HJ, Ryu GH. 2010. Preparation and characterization of *Jochung*, a grain syrup, with apple. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 132-137.
19. So MH. 1991. Improvement in the quality of *Takju* by the combined use of *Aspergillus kawachii* and *Aspergillus oryzae*. *Korean J Food & Nutr* 4: 115-124.
20. So MH. 1993. Characteristics of koji molds isolated from koji-starters for brewing in Korea and Japan. *Korean J Food & Nutr* 6: 1-7.
21. Kim SC, Kim HS, Kang YJ. 1999. Changes of components in the rice-porridge fermented by *Nuruk*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1017-1021.
22. Kim HS, Kang YJ. 1994. Optimal condition of saccharification for a traditional malt syrup in Cheju. *Korean J Food Sci Technol* 26: 659-664.
23. Lee JE, Choi YH, Cho MG, Park SY, Kim EM. 2012. Characteristics of *Jochung* by wet-milled rice flour and steamed rice. *Korean J Food & Nutr* 25: 637-643.
24. Park CS, Lee TS. 2002. Quality characteristics of *Takju* prepared by wheat flour *Nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 34: 296-302.
25. 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.
26. Kim KH, Cho HS. 2008. The physicochemical and sensory characteristics of *Jook* containing different levels of skate (*Raja kenoei*) flour. *J East Asian Soc Dietary Life* 18: 207-213.