

주류 제조를 위한 효소 당화에 쌀의 전처리가 미치는 영향

안진옥, 정장호, 이승주*

세종대학교 조리외식경영학과

Received: September 12, 2017 / Revised: October 12, 2017 / Accepted: October 13, 2017

Effect of Rice Pre-treatment on Enzymatic Saccharification in the Brewing Process

Jin-Ok An, Chang-Ho Chung, and Seung-Joo Lee*

Department of Culinary & Food Service Management, Sejong University, Seoul 05006, Republic of Korea

To produce sweet liquor without artificial sweeteners, 8 traditional rice pre-treatment methods (juk, beombeok, seolgitteok, gumeongtteok, mulsongpyeon, injeolmi, gaetteok, and godubap) were analyzed in this study. The formation of sugars with the help of α -amylase, β -amylase, and glucoamylase using nuruk as a substrate has been previously confirmed. During the early stages of the pre-treatment processes, the amount of maltose produced (in descending order of its concentration) by α -amylase was observed to be as follows: gaetteok > seolgitteok > beombeok > mulsongpyeon > juk > injeolmi > gumeongtteok > godubap. However, changes in maltose concentrations with respect to the pre-treatment processes after 48 hours were observed to be as follows: injeolmi > beombeok = godubap > gumeongtteok > gaetteok = mulsongpyeon > seolgitteok > juk. Maltose produced using either α -amylase or β -amylase showed similar results. Glucoamylase produced 10 mg/ml of glucose during the godubap process, which was the highest amount of glucose among all the methods. Moreover, when α -amylase, β -amylase, and glucoamylase were used concurrently, glucoamylase increased glucose production in the later stages. Therefore, the possibility of producing sweet liquor without employing artificial sweeteners was confirmed, even if the amount of sugar in the liquor varied with the pre-treatment process.

Keywords: Rice pre-treatment, nuruk, saccharification, α -amylase, β -amylase, glucoamylase

서론

우리나라의 전통주류로는 탁주, 약주, 소주, 재제주 등 여러 종류의 술이 있으나, 이 중 탁주는 감미(甘味), 산미(酸味), 고미(苦味), 신미(辛味), 습미(澁味)의 오미가 고루 조화된 특유의 지미(旨味)와 청량미를 지닌 우리 고유의 발효주이다 [1]. 특히 탁주는 담금 시 발효제로 투입된 곰팡이와 그 대사 산물까지도 술 속에 포함되어 함께 음용되므로 발효제는 술의 맛과 향에 중대한 영향을 미치게 되는데 누룩이 아닌 종균을 사용한 발효제는 그 미생물 조성이 비교적 순수하므로 술 제조의 안전성은 있으나 다양한 균주 조성에 의해 양조된 전통주의 풍부한 맛을 증가하기는 어렵다.

현재 양조장들의 획일화되어 있는 현재 양조 방식과는 달

리 조선시대 명의였던 전순의 「산가요록(山家要錄)」에는 멧쌀가루로 떡이나, 죽, 범벅 등의 형태로 가공 후 고두밥을 첨가하여 술을 빚는 등 여러 양조 방법이 기록되어 있는데 쌀의 전처리 방식에 따라 주질의 차이를 보인다고 알려져 있다 [2].

주원료인 쌀을 당화시켜 알코올 발효하기 위해서는 일반적으로 고두밥 등으로 호화시키는 전처리 공정을 거치게 되는데 쌀의 전처리 방법에 따라 호화도가 달라질 수 있으며, 전분의 호화도에 따른 생전분의 함량은 술덧의 발효속도에 영향을 줄 수 있다고 알려져 있다 [3].

최근에는 술덧의 안전한 발효와 잡균오염을 방지하여 품질이 균일한 술을 생산할 목적으로 재래누룩과는 별도로 *Aspergillus luchuensis* [4] 등의 균을 이용한 입국(koji)이 술 제조 시에 많이 이용되고 있다 [5]. 이러한 방법은 탁주의 대량생산과 수율은 증가시켰으나 다양한 품질이나 맛의 향상은 기대하기 어렵다 [6]. 그러나 1980년대 경제성장 이후 전통문화에 대한 의식이 고취되면서 전통주를 살리려는 노력

*Corresponding author

Tel: +82-2-3408-3187, Fax: +82-2-3408-4313

E-mail: sejlee@sejong.ac.kr

© 2017, The Korean Society for Microbiology and Biotechnology

이 계속되었고 1990년대에 탁, 약주의 원료로서 쌀의 사용이 허용되었다[7]. 그러나 탁주는 일본 청주에서 사용하는 *Aspergillus luchuensis*를 주로 사용하여 그 향과 맛이 단순하고 고유의 전통주에 미치지 못하고 있다. 순곡주로 발효제와 담금법의 차별화 보다는 부재료와 첨가물 사용으로 우리술을 생산하고 있는 것이 현 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고문헌에서 양조의 주원료로 사용되는 쌀을 죽, 범벅, 구멍떡, 설기, 고두밥, 물송편, 개떡, 인절미와 같은 8가지의 방법[8]으로 전처리한 후 이의 전분질 원료의 당화에 미치는 영향을 비교하였다. 보다 질 높은 우리술 개발 및 순곡주 품질의 다양화를 위한 과학적인 기초 자료를 얻고 나아가 맛의 선호도를 향상시켜 우리술의 대중화와 세계 경쟁력 확보의 토대를 만들고자 한다.

재료 및 방법

재료 및 시약

원료 쌀은 2016년 생산된 경기미(고시히카리, 화성 정남농협)를 시중에서 구입하여 사용하였으며, 누룩은 국내산 금강밀로 제조한 시판 전통누룩(J 곡자, 경남 진주)을 사용하였다. 술덧의 효모는 활성건조효모(*Saccharomyces cerevisiae*, France)를 사용하였고, 당화를 위한 효소인 α -amylase (*Aspergillus oryzae*, Cat No. 10065), β -amylase (barley, Cat No. A7130), glucoamylase (*Aspergillus niger*, Cat No. 10113)와 당 정량을 위한 표준물질인 maltose (Cat. No. 63423), glucose (Cat. No. 49163)는 Sigma-Aldrich에서 구입하였으며, 그 밖의 시약은 분석용 특급을 사용하였다.

누룩의 효소활성 측정

효소활성 측정을 위해 누룩 10 g을 0.5% NaCl 용액 100 ml에 넣어 3시간 동안 추출하여 상등액을 사용하였다.

전통누룩의 효소활성은 megazyme kit (Megazyme Inc., Ireland)를 이용하여 효소학적 방법으로 측정하였다. 누룩 추출물에 기질을 첨가하여 반응시킨 후 흡광도를 측정하여 누룩 g당 enzyme unit으로 표시하였다[9].

전처리 별 시료의 제조

쌀은 고문헌에 수록된 방법들을 수집하여 죽, 범벅, 설기떡, 구멍떡, 물송편, 인절미, 개떡, 고두밥 등 8가지의 방법으로 처리하였다.

죽, 범벅, 설기떡, 구멍떡, 물송편, 인절미, 개떡의 제조를 위한 쌀가루는 멥쌀을 세미하여 6시간동안 물에 침지한 후 30분간의 물빼기를 실시하고 roller mill로 분쇄한 후 20 mesh sieve로 균질화하여 사용하였다.

죽은 쌀가루에 물을 첨가하여 40분간 끓인 후 실온에서

30분간 냉각하였고, 범벅은 끓는 물을 쌀가루에 첨가하여 반죽하고 30분간 실온 냉각하였으며, 설기떡은 쌀가루를 30분간 증자한 후 실온에서 30분간 냉각하여 사용하였다. 구멍떡과 물송편은 쌀가루를 끓는 물과 섞어 반죽·성형한 후 끓는 물에 넣고, 떡이 떠오르면 건져내어 풀어준 뒤 30분간 실온에서 냉각하였고, 인절미는 쌀가루를 30분간 증자한 후 절구를 사용하여 제조하였으며, 개떡은 쌀가루를 끓는 물과 섞어 반죽·성형한 후 15분간 증자한 후 멥쌀진 것이 없도록 풀어주었다.

각 전처리구는 첨가하는 물에 의한 당화 속도의 변수를 제거하기 위하여 쌀 800 g에 전처리 시료 제조를 위해 사용한 물을 포함하여 총 중량 4,300 g이 되도록 한 후 누룩의 효소 활성을 기준으로 효소 무처리, α -amylase 25,200 U, β -amylase 3,840 U, glucoamylase 410 U을 단독 처리 및 α -amylase, β -amylase, glucoamylase 병행 처리한 시료를 제조한 후 55°C에서 반응[6]시키면서 1, 2, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48시간에 시료를 채취하였다.

술덧의 제조

술덧은 병행발효에서 누룩에 존재하는 효소의 전처리 시료별 당화정도를 파악하기 위하여 하 등[10]의 방법을 일부 변형하여 단양주법으로 제조하였다.

먼저 죽, 범벅, 설기, 구멍떡, 물송편, 인절미, 개떡, 고두밥 등 8가지의 방법으로 전처리 한 쌀 1.4 kg에 누룩 140 g, 건조효모 7 g, 물 2.1 L를 첨가하여 25°C에서 발효하면서 24시간 간격으로 시료를 채취하였다.

당 분석

채취한 시료의 당 함량은 dinitrosalicylic acid (DNS)로 발색시켜 550 nm에서 흡광도를 측정하여 maltose와 glucose를 표준물질로 사용하여 정량하였다[11].

결과 및 고찰

시판 전통누룩의 효소활성

J 곡자에서 제조하여 판매하는 전통누룩의 효소 활성을 분석한 결과 누룩 g당 α -amylase 활성은 31.53 ± 1.41 U이었으며, β -amylase 활성은 4.8 ± 0.42 U, glucoamylase 활성은 0.51 ± 0.16 U이었다. 이는 이 등[9]의 시판 누룩의 효소 활성 결과와 비교하였을 때 유사한 결과를 보였다(Table 1).

효소처리 시 당 함량의 변화

α -amylase는 전분의 α -1,4 결합을 절단하는 엔도형의 효소로 반응이 진행되면 최종적으로 다량의 maltose가 남는다. 이에 효소 처리한 시료의 maltose 함량을 측정한 결과, 초기

Table 1. Enzyme activities of Korean traditional nuruks.

Nuruk	Enzyme activity ^a		
	α -Amylase (U/g-nuruk)	β -Amylase (U/g-nuruk)	Glucoamylase (U/g-nuruk)
J-Gokja	31.53 \pm 1.41	4.80 \pm 0.42	0.51 \pm 0.16
Commercial	1 26.02 \pm 5.22	4.23 \pm 0.26	0.42 \pm 0.08
	2 30.33 \pm 8.43	5.01 \pm 0.47	0.53 \pm 0.06
	3 38.23 \pm 17.56	5.18 \pm 0.52	0.58 \pm 0.33

^aMeans \pm SD (n = 3).

1시간 동안 70.9 \pm 0.03–102.16 \pm 0.38 mg/ml의 maltose가 모든 α -amylase 처리구에서 반응 초기에 급격하게 생성됨을 알 수 있었다(Table 2). 특히 죽, 범벅, 설기떡, 구멍떡, 물송편, 인절미, 개떡과 같이 쌀을 가루 내어 사용한 경우에서 83.29 \pm 0.07–102.16 \pm 0.38 mg/ml로 고두밥의 70.9 \pm 0.03 mg/ml 보다 더 빠른 maltose 생성을 보였다. 이는 분쇄과정을 통해 쌀 입자가 작아지고 이에 따라 전체 쌀 표면적이 증가하여 α -amylase의 효소반응도 증가한 것으로 생각된다. 그러나 초기 4–10시간 동안 maltose의 급격한 생성 후에는

크게 증가하지 않고, 48시간 후에는 maltose의 생성량에서 초기와는 달리 인절미 > 범벅 = 고두밥 > 구멍떡 > 개떡 = 물송편 > 설기떡 > 죽의 순서로 생성량의 차이를 보였다.

β -amylase는 전분의 α -1,4-글루칸(α -1,4-glucan 혹은 α -1,4-glucoside)의 비환원성 말단에서 maltose 단위로 가수분해하는 엑소형의 효소이다. β -amylase 처리구의 maltose 생성을 보면 α -amylase 처리구와 유사한 결과를 보였다. 고두밥의 maltose 생성이 20.9 \pm 0.15 mg/ml로 다른 전처리 시료 53.37 \pm 0.19–102.01 \pm 0.82 mg/ml에 비하여 반응 초기에 현저히 낮음을 알 수 있다.

그러나 반응 후 48시간이 지나면 α -amylase, β -amylase 모든 처리구에서 100 mg/ml 이상의 maltose가 생성되어 큰 차이를 보이지는 않았다.

Glucoamylase는 glucan-1,4- α -D-glucosidase라고 부르며, 전분의 비환원성 말단에서 glucose 단위로 가수분해하는 엑소형 효소이다. 또한 전분 중의 α -1,4 결합을 절단하면서 α -1,6 결합도 가수분해하기 때문에 전분을 거의 100% glucose로 전환할 수 있기 때문에 효소 처리구에 대한 glucose 함량을 측정하였다. 그 결과 α -amylase, β -amylase와는 달리 초기

Table 2. Changes in sugar content of pre-treated rice during enzymatic saccharification.

Sample	Reaction time (hr)	Maltose content (mg/ml)		Glucose content (mg/ml)	
		α -Amylase	β -Amylase	Glucoamylase	α -, β -, Glucoamylase
Juk	0	3.42 \pm 0.01	3.42 \pm 0.01	2.45 \pm 0.00	2.45 \pm 0.00
	1	86.88 \pm 0.23	53.37 \pm 0.19	3.00 \pm 0.07	36.64 \pm 0.02
	2	89.52 \pm 0.27	77.12 \pm 0.14	3.11 \pm 0.00	36.90 \pm 0.01
	3	90.97 \pm 0.32	80.50 \pm 0.23	3.19 \pm 0.01	40.80 \pm 0.00
	6	91.39 \pm 0.26	88.96 \pm 0.22	3.23 \pm 0.00	41.30 \pm 0.21
	9	93.18 \pm 0.26	89.57 \pm 0.37	3.28 \pm 0.01	42.71 \pm 0.09
	12	95.02 \pm 0.25	91.12 \pm 0.19	5.07 \pm 0.01	43.23 \pm 0.08
	18	95.80 \pm 0.21	91.71 \pm 0.02	5.10 \pm 0.03	43.26 \pm 0.06
	24	98.68 \pm 0.17	95.76 \pm 0.01	5.24 \pm 0.00	51.43 \pm 0.01
	36	106.54 \pm 0.07	107.19 \pm 0.28	5.53 \pm 0.00	57.28 \pm 0.06
	48	107.59 \pm 0.30	108.48 \pm 0.32	6.17 \pm 0.22	58.50 \pm 0.01
	Beombeok	0	3.84 \pm 0.00	3.84 \pm 0.00	2.63 \pm 0.00
1		100.90 \pm 0.46	98.42 \pm 0.08	3.65 \pm 0.01	30.69 \pm 0.30
2		104.68 \pm 0.66	98.43 \pm 0.05	4.95 \pm 0.02	42.46 \pm 0.37
3		107.09 \pm 0.59	101.12 \pm 0.40	5.05 \pm 0.01	43.75 \pm 0.21
6		107.09 \pm 0.59	103.56 \pm 0.02	5.64 \pm 0.01	45.52 \pm 0.16
9		107.54 \pm 0.12	106.47 \pm 0.06	6.56 \pm 0.02	45.54 \pm 0.30
12		108.69 \pm 0.07	107.19 \pm 0.00	7.03 \pm 0.00	47.70 \pm 0.10
18		108.86 \pm 0.03	109.58 \pm 0.14	7.03 \pm 0.01	48.38 \pm 0.10
24		113.07 \pm 0.06	139.36 \pm 0.46	7.97 \pm 0.03	50.26 \pm 0.10
36		118.84 \pm 0.47	146.11 \pm 0.35	8.15 \pm 0.00	65.42 \pm 0.05
48		120.52 \pm 0.42	149.13 \pm 0.60	8.31 \pm 0.11	65.68 \pm 0.09

Table 2. Continued.

Sample	Reaction time (hr)	Maltose content (mg/ml)		Glucose content (mg/ml)	
		α -Amylase	β -Amylase	Glucoamylase	α -, β -, Glucoamylase
Seolgitteok	0	2.37 \pm 0.02	2.37 \pm 0.02	2.01 \pm 0.01	2.01 \pm 0.01
	1	101.71 \pm 0.91	87.94 \pm 0.62	2.92 \pm 0.00	36.55 \pm 0.44
	2	104.08 \pm 0.47	88.08 \pm 0.03	3.54 \pm 0.01	43.60 \pm 0.01
	3	104.97 \pm 0.03	88.59 \pm 0.06	3.54 \pm 0.02	44.41 \pm 0.02
	6	105.99 \pm 0.47	91.26 \pm 0.44	3.83 \pm 0.01	44.64 \pm 0.14
	9	106.22 \pm 0.25	92.08 \pm 0.26	3.85 \pm 0.00	45.06 \pm 0.02
	12	108.79 \pm 0.02	95.34 \pm 0.41	3.94 \pm 0.00	45.12 \pm 0.02
	18	108.88 \pm 0.01	100.34 \pm 0.03	3.94 \pm 0.00	45.20 \pm 0.01
	24	109.04 \pm 0.06	107.93 \pm 0.41	4.14 \pm 0.00	46.85 \pm 0.04
	36	110.00 \pm 0.04	116.09 \pm 0.37	4.48 \pm 0.17	57.83 \pm 0.07
Gumeong- tteok	0	3.17 \pm 0.02	3.17 \pm 0.02	2.34 \pm 0.01	2.34 \pm 0.01
	1	83.28 \pm 0.07	83.96 \pm 0.30	2.61 \pm 0.03	36.55 \pm 0.02
	2	84.79 \pm 0.07	84.24 \pm 0.07	2.81 \pm 0.02	37.25 \pm 0.18
	3	87.01 \pm 0.28	88.61 \pm 0.06	2.90 \pm 0.00	38.25 \pm 0.01
	6	97.95 \pm 0.40	91.23 \pm 0.04	2.90 \pm 0.00	40.04 \pm 0.02
	9	99.47 \pm 0.27	91.47 \pm 0.37	2.97 \pm 0.00	40.41 \pm 0.03
	12	99.84 \pm 0.36	91.89 \pm 0.12	2.98 \pm 0.02	41.00 \pm 0.21
	18	100.14 \pm 0.35	91.94 \pm 0.30	3.07 \pm 0.01	43.23 \pm 0.10
	24	101.73 \pm 0.52	100.15 \pm 0.33	3.31 \pm 0.02	44.94 \pm 0.08
	36	115.54 \pm 0.35	104.65 \pm 0.40	3.32 \pm 0.01	52.96 \pm 0.08
Mulsong-pyeon	0	2.28 \pm 0.00	2.28 \pm 0.00	1.97 \pm 0.00	1.97 \pm 0.00
	1	88.20 \pm 0.06	100.29 \pm 0.05	2.36 \pm 0.00	40.81 \pm 0.04
	2	89.07 \pm 0.09	100.35 \pm 0.03	2.51 \pm 0.02	41.88 \pm 0.01
	3	89.99 \pm 0.17	100.40 \pm 0.43	2.52 \pm 0.00	43.11 \pm 0.02
	6	90.13 \pm 0.05	100.49 \pm 0.40	2.53 \pm 0.01	44.67 \pm 0.20
	9	90.28 \pm 0.03	100.68 \pm 0.04	2.78 \pm 0.01	44.92 \pm 0.02
	12	90.29 \pm 0.28	102.01 \pm 0.82	2.88 \pm 0.01	45.05 \pm 0.03
	18	90.40 \pm 0.01	102.23 \pm 0.10	2.92 \pm 0.00	45.09 \pm 0.01
	24	100.23 \pm 0.29	104.94 \pm 0.63	3.03 \pm 0.01	46.51 \pm 0.03
	36	110.42 \pm 0.61	131.00 \pm 0.10	3.33 \pm 0.01	55.99 \pm 0.06
Injeolmi	0	2.60 \pm 0.02	2.60 \pm 0.02	2.11 \pm 0.01	2.11 \pm 0.01
	1	82.48 \pm 0.17	89.63 \pm 0.06	2.91 \pm 0.00	39.31 \pm 0.00
	2	85.18 \pm 0.35	92.42 \pm 0.27	2.95 \pm 0.00	39.42 \pm 0.00
	3	85.40 \pm 0.07	95.30 \pm 0.03	2.95 \pm 0.00	39.77 \pm 0.01
	6	101.61 \pm 0.55	100.43 \pm 0.31	3.05 \pm 0.01	39.99 \pm 0.01
	9	103.61 \pm 0.38	101.75 \pm 0.56	3.06 \pm 0.01	40.10 \pm 0.10
	12	104.47 \pm 0.57	104.44 \pm 0.30	3.10 \pm 0.01	42.27 \pm 0.21
	18	107.37 \pm 0.56	104.72 \pm 0.00	3.32 \pm 0.01	45.66 \pm 0.13
	24	113.62 \pm 0.03	107.41 \pm 0.21	3.79 \pm 0.00	48.63 \pm 0.01
	36	134.16 \pm 0.38	114.86 \pm 0.38	4.94 \pm 0.02	55.14 \pm 0.12
48	134.65 \pm 0.20	115.57 \pm 0.14	5.17 \pm 0.00	55.36 \pm 0.00	

Table 2. Continued.

Sample	Reaction time (hr)	Maltose content (mg/ml)		Glucose content (mg/ml)	
		α -Amylase	β -Amylase	Glucoamylase	α -, β -, Glucoamylase
Gaetteok	0	2.78 \pm 0.01	2.78 \pm 0.10	2.18 \pm 0.00	2.18 \pm 0.00
	1	101.59 \pm 0.30	69.91 \pm 0.32	2.31 \pm 0.00	36.59 \pm 0.76
	2	102.16 \pm 0.38	91.45 \pm 0.29	2.51 \pm 0.00	41.79 \pm 0.02
	3	103.59 \pm 0.42	91.72 \pm 0.34	2.67 \pm 0.01	42.31 \pm 0.01
	6	105.45 \pm 5.28	91.78 \pm 0.34	2.68 \pm 0.02	42.74 \pm 0.06
	9	107.87 \pm 0.02	92.13 \pm 0.00	2.94 \pm 0.02	42.94 \pm 0.01
	12	108.72 \pm 0.26	95.13 \pm 0.04	2.97 \pm 0.00	45.90 \pm 0.14
	18	109.65 \pm 0.26	95.23 \pm 0.03	2.99 \pm 0.00	47.84 \pm 0.06
	24	111.18 \pm 0.14	95.31 \pm 0.04	3.03 \pm 0.03	48.77 \pm 0.00
	36	112.50 \pm 0.23	111.03 \pm 0.53	3.04 \pm 0.00	56.73 \pm 0.08
	48	114.08 \pm 0.26	114.08 \pm 0.02	3.27 \pm 0.02	59.95 \pm 0.01
Godubap	0	1.74 \pm 0.01	1.74 \pm 0.01	1.75 \pm 0.00	1.75 \pm 0.00
	1	70.89 \pm 0.03	20.90 \pm 0.15	2.53 \pm 0.01	42.04 \pm 0.13
	2	73.86 \pm 0.21	49.34 \pm 0.02	2.55 \pm 0.00	42.95 \pm 0.12
	3	74.29 \pm 0.22	61.60 \pm 0.13	2.58 \pm 0.00	43.27 \pm 0.05
	6	91.26 \pm 0.23	84.07 \pm 0.14	2.59 \pm 0.00	43.35 \pm 0.08
	9	93.43 \pm 0.29	86.85 \pm 0.12	2.66 \pm 0.00	43.38 \pm 0.13
	12	97.28 \pm 0.38	88.60 \pm 0.27	2.98 \pm 0.03	48.24 \pm 0.04
	18	106.90 \pm 0.14	88.80 \pm 0.35	3.06 \pm 0.00	50.11 \pm 0.08
	24	109.46 \pm 0.01	94.20 \pm 0.09	3.56 \pm 0.05	51.05 \pm 0.01
	36	116.80 \pm 0.31	98.01 \pm 0.24	8.62 \pm 0.04	65.41 \pm 0.05
	48	120.09 \pm 0.14	103.74 \pm 0.14	9.78 \pm 0.00	66.69 \pm 0.09

에 급격한 glucose 생성은 보이지 않았으며, 죽의 경우는 48 시간 동안 약 5 mg/ml의 glucose가 생성되었으며, 범벅은 8 mg/ml, 설기떡은 4.6 mg/ml, 구멍떡은 3 mg/ml, 물송편은 3.3 mg/ml, 개떡은 2.7 mg/ml의 glucose가 생성되었다. 특히 고두밥의 경우는 약 10 mg/ml의 glucose가 생성되어 maltose의 생성과는 달리 8가지 전처리 방법 중 최대의 glucose 생성을 보였다.

α -amylase, β -amylase, glucoamylase 병행 처리한 경우는 약 52-67 mg/ml의 glucose 생성을 보였다(Table 2). 이는 α -amylase와 β -amylase에 의해 가수분해 되어 생긴 말단에 glucoamylase가 작용하여 glucose의 생성이 증가된 것으로 판단된다.

전체적으로 효소에 의한 당의 생성 결과를 보면 쌀의 전처리가 당화속도 즉, glucose의 생성에 미치는 영향이 있음을 알 수 있었다. 당화속도의 차이는 효모를 직접 첨가하여 약 5-7일 정도의 짧은 발효기간을 가지는 현대적 양조에 있어서는 발효속도의 차이로 이어질 것이다. 그러나 가양주 형태의 전통주의 제조에 있어 일반적으로 약 90-100일이라는 발효 숙성 기간을 가지는 것에 비하면 쌀의 전처리 방법이

알코올 생성에 미치는 영향은 큰 의미가 없을 것으로 생각되지만 쌀의 전처리 방법을 달리하였을 때 나타나는 호화 정도의 차이 등이 전통누룩에 존재하는 amylase 뿐 만 아니라 단백질 분해 효소 등 다양한 효소에 의해서 술의 향, 맛 등에는 큰 영향을 미칠 것으로 생각된다. 따라서 이에 대한 추가 연구가 필요하다.

술덧의 당 함량 변화

쌀의 전처리 방법을 달리하여 제조한 술덧을 발효하면서 1일 간격으로 술덧의 당 함량을 측정된 결과, Fig. 1에서 보는 바와 같이 발효가 진행됨에 따라 maltose와 glucose 함량이 줄어드는 것으로 보아 병행발효의 과정인 당화와 발효가 정상적임을 알 수 있다.

쌀가루로 제조한 죽, 범벅, 설기떡, 구멍떡, 물송편, 인절미, 개떡에서는 발효 초기(1일차)에 생성된 maltose와 glucose 함량이 104.12 \pm 0.18-116.57 \pm 2.43 mg/ml, 44.67 \pm 0.08-49.89 \pm 1.02 mg/ml이었으나 고두밥은 maltose 83.72 \pm 0.65, glucose 36.12 \pm 0.27 mg/ml로 술덧에서도 효소처리구와 유사한 결과를 보였다.

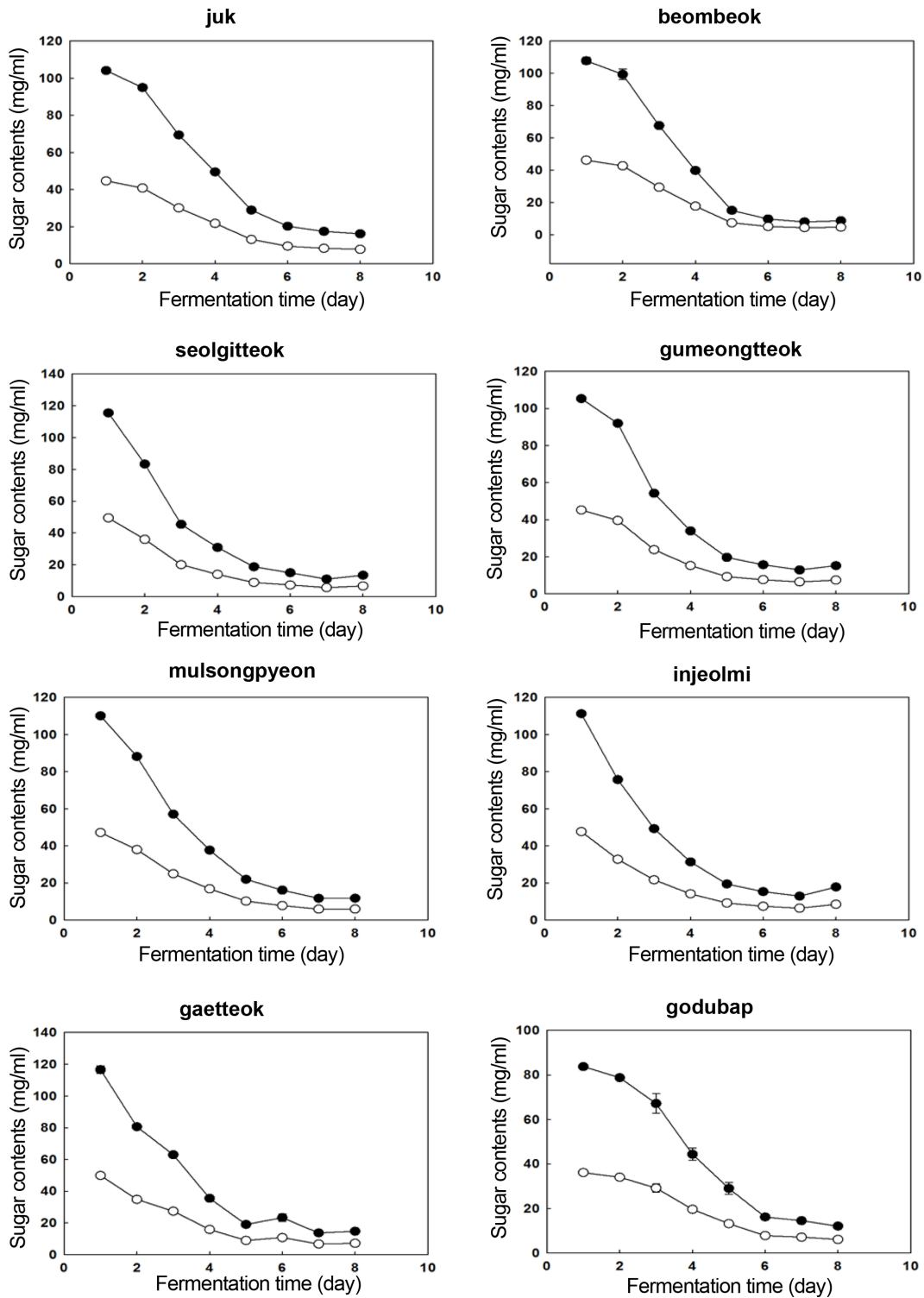


Fig. 1. Changes in sugar content of suldut during fermentation. ●: maltose, ○: glucose

알코올 발효가 끝난 술덧(8일차)에 남아 있는 잔당을 보면 죽으로 제조한 술덧에는 maltose 16.17 ± 0.18 mg/ml, glucose

7.80 ± 0.08 mg/ml이었으며, 범벅은 8.63 ± 0.24 mg/ml, 설기떡은 13.44 ± 0.16 mg/ml, $6.65 \pm$

0.07 mg/ml, 구멍떡은 15.14 ± 0.02 mg/ml, 7.36 ± 0.01 mg/ml, 물송편은 11.74 ± 0.13 mg/ml, 5.94 ± 0.06 mg/ml, 인절미는 17.78 ± 0.11 mg/ml, 8.47 ± 0.05 mg/ml, 개떡 14.78 ± 0.01 mg/ml, 7.21 ± 0 mg/ml, 고두밥은 12.07 ± 0.12 mg/ml, 6.08 ± 0.05 mg/ml이었다. 쌀의 전처리 방법에 따라 술덧의 최종 잔당 함량에 차이를 보이고 있어, 이 결과를 활용하여 인공감미료를 첨가하지 않고 찹쌀이 아닌 맵쌀로도 단맛이 보완된 술을 제조할 수 있는 배합비와 제조공정이 가능할 것으로 생각된다.

요 약

전통 양조법을 활용하여 인공감미료를 첨가하지 않고 단맛이 보완된 전통주를 개발하기 위하여 고문헌에 기록된 주류 제조 시 쌀의 전처리 8가지 방법 즉, 죽, 범벅, 설기떡, 구멍떡, 물송편, 인절미, 개떡, 고두밥과 누룩에 존재하는 당화효소인 α -, β -glucoamylase에 의한 당의 생성을 확인하였다. α -amylase에 의해 생성된 maltose의 경우 반응 초기에는 개떡 > 설기떡 > 범벅 > 물송편 > 죽 > 인절미 > 구멍떡 > 고두밥의 순이었으나 48시간 후에는 인절미 > 범벅 = 고두밥 > 구멍떡 > 개떡 = 물송편 > 설기떡 > 죽의 순서로 생성량의 차이를 보였다. β -amylase 처리구의 maltose 생성은 α -amylase 처리구와 유사한 결과를 보였으며, glucoamylase는 고두밥에서 약 10 mg/ml의 glucose가 생성되어 maltose의 생성과는 달리 8가지 전처리 방법 중 최대의 glucose 생성을 보였다.

α -amylase, β -amylase, glucoamylase 병행 처리한 경우는 α -와 β -amylase에 의해 가수분해 되어 생긴 말단에 glucoamylase가 작용하여 glucose의 생성이 증가되었다. 술덧의 당 함량 변화를 보면 쌀의 전처리 방법에 따라 최종 잔당 함량에 차이를 보여 감미료를 첨가하지 않고 맵쌀로도 단맛이 보완된 술을 제조할 수 있는 배합비와 제조공정이 가능하게 되었다.

References

1. Han E-H, Lee T-S, Noh B-S, Lee D-S. 1997. Quality characteristics in mash of Takju prepared by using different nuruk during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**: 555-562.
2. Lee JH, Kim GW, Shim JY. 2014. Characteristics of Makgeolli Suldut by pre-treatment of rice and Koji. *Food Engineering Progress* **18**: 50-59.
3. Lee OS, Jeong YJ, Ha YD, Kim K, Shin JS, Kwon H. 2001. Monitoring of alcohol fermentation condition with brown rice using raw starch-digesting enzyme. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* **8**: 412-418.
4. Hong S-B, Lee M, Kim D-H, Varga J, Frisvad JC, Perrone G, et al. 2013. *Aspergillus Luchuensis*, an industrially important black *Aspergillus* in East Asia. *PLoS One* **8**: e63769.
5. 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.
6. So M-H. 1995. Aptitudes for Takju brewing of wheat flour-nuluks made with different mold species. *Korean J. Food Nutr.* **8**: 6-12.
7. Kim YJ, Han YS. 2006. The use of Korean traditional liquors and plan for encouraging it. *J. Korean Soc. Food Cult.* **21**: 31-41.
8. Cho JC, Cho SH, Kim YJ, Joung KH. 2011. Quality characteristics of mitsool using juk, Gumong-dduk, Baksulgi, Godu-bab. *The Korea Academia-Industrial Cooperation Society 2011 Spring Symposium Proceeding* **2**: 1064-1067.
9. Lee JE, Lee AR, Kim HR, Lee E, Kim W, Shin WC, et al. 2017. Restoration of traditional Korean Nuruk and analysis of the brewing characteristics. *J. Microbiol. Biotechnol.* **27**: 896-908.
10. Ha SJ, Yang SK, In YW, Kim YJ, Oh SW. 2012. Changes in microbial and physicochemical properties of single-brewed makgeolli by high hydrostatic pressure treatment during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **41**: 1176-1181.
11. Park CW, Jang SY, Park EJ, Yeo SH, Jeong Y-J. 2012. Quality characteristics of rice makgeolli prepared by mashing types. *Korean J. Food Sci. Technol.* **44**: 207-215.