

Production of *Makgeolli* Using Rice Treated with *Gaeryang-Nuruk* (for Non-steaming Process) Extract

Ji-Hye Park, Soo-Hwan Yeo, Ji-Ho Choi[†], Seok-Tae Jeong and Han-Seok Choi
Fermentation & Food Processing Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-853, Korea

시판 무증자용 개량누룩 추출물로 처리한 쌀을 이용한 막걸리 제조

박지혜 · 여수환 · 최지호[†] · 정석태 · 최한석
국립농업과학원 발효이용과

Abstract

The temperature changes and quality characteristics of *Makgeolli* produced using rice treated with *Gaeryang-Nuruk* (commercial improved *Nuruk*) extract were investigated. During fermentation, the treated rice maintained a lower temperature than the control and then rose after the fifth mashing day. For all the treatments, the numbers of yeast, LAB and AAB colonies increased on the second mashing day, and then gradually decreased. As the fermentation proceeded, the pH gradually increased from the third mashing day, and eventually became higher than that on the initial mashing day. The total acid contents increased on the first mashing day, but as the fermentation progressed, they showed little change. The amino acidity and soluble solid contents during overall fermentation and reducing-sugar contents was reduced until the first mashing day, and increased from the day after. As for the alcohol content, that of the control was 6.87% on the first mashing day, and then gradually increased, *nuruk*-extract-treated rice began with 9~10% alcohol content and then increased as the fermentation proceeded. Among the organic acid contents, lactate was the main material. In the sensory evaluation, the 24 h-, 48 h- and 72 h- treated rice samples showed somewhat good response.

Key words : *Makgeolli*, *Gaeryang-Nuruk*, fermentation, improved *Nuruk*, *nuruk*-extract-treated rice, non-steaming

서 론

막걸리는 삼국시대부터 사용 기록이 있으며, 우리나라에서 가장 오래된 술로서 발효 중 다른 공정을 거치지 않고 막 걸러 마신다고 하여 막걸리라 불리었다(1-3). 막걸리의 현대적 정의를 찾아보면 주세법상 탁주로 분류되어 있으며 곡류, 곡류 외의 녹말이 포함된 재료와 국, 물을 원료로 하여 발효시킨 술덧을 여과하지 않고 혼탁하게 제성한 것으로 되어 있다(3). 막걸리는 발효 과정에서 누룩에 의해 원료 성분이 분해되어 생성되는 여러 가지 당분, 아미노산, 유기산 등에 의한 향미 성분과 효모에 의한 알코올 발효로 풍미가 더해져서 조화된 맛을 이룬다(4,5). 오늘날 막걸리를 제조함에 있어 재래누룩과 개량누룩이 널리 이용되고 있는

데, 재래누룩을 사용하여 발효주를 제조할 경우 술에 다양한 향미를 부여하는 장점은 있지만 누룩의 원료, 디디는 시기, 띄우는 환경 등에 따라 효소 역가, 효모균체수 등이 불안정하여, 발효주 제조 시 제품의 균일성을 유지하기가 사실상 어렵다(6).

한편, 특정 누룩 곰팡이를 인위적으로 배양한 개량누룩으로 술을 제조하면 재래누룩보다 향미가 단순하지만 제품의 균일성을 유지할 수 있는 장점이 있기 때문에 현재 산업체에서 널리 쓰이고 있다. 개량누룩은 증자용과 무증자용이 사용되고 있는데, 증자용 개량누룩은 증자한 쌀에 이용되며 쌀을 증자할 경우 100°C 이상의 수증기로 찌는 과정에서 쌀에 포함된 많은 영양분이 파괴되고 신선미가 저하될 뿐만 아니라 최종 제품에 가열취를 동반하는 등 다소 품질에 문제를 일으키고 있다(5). 이에 비해 무증자용 개량누룩을 이용한 알코올발효법은 곡류를 증자하지 않고 생전분 입자에 효과적으로 흡착 및 당화시킬 수 있는 발효제로서

[†]Corresponding author. E-mail : jhchoi74@korea.kr
Phone : 82-31-299-0562, Fax : 82-31-299-0554

증자공정이 있는 기존의 방법에 비해 에너지 효율면이나 경제적인 면에서 증자용 개량누룩보다 유리한 방법으로 인식되고 있다(7,8).

현재까지의 무증자 발효에 관한 연구를 산업적 측면에서 살펴보면 무증자 전분의 당화에 관한 연구(7,9), 무증자 알코올발효의 개발현황과 향후 전망(8), Chitin 유도체가 타피오카의 무증자 알코올발효에 미치는 영향(11), 타피오카와 현미 알코올발효에 관한 연구(12,13), 무증자 발효 탁주의 아미노산 함량에 관한 연구(14), 콩분말 첨가가 타피오카의 무증자 알코올발효에 미치는 영향(15), 증자 혹은 무증자 탁주 및 약주의 품질특성 및 발효관련 미생물 분석(5), 무증자 흑미를 이용한 적색주의 제조(16) 등이 있다. 기능성 측면에서는, 암세포에 대한 무증자 효소 유래 전통약주의 세포독성 효과(17), 무증자 발효에 의하여 제조된 시판 약주의 농축물이 마우스 유래 흑색종과 인체 유래 대장암 유래 세포의 성장 및 전이 억제활성(17,18) 등이 있다. 그러나 현재 연구되고 있는 무증자 발효는 대부분 생전분을 단순히 발효시키는 것에 초점을 두었으며 무증자효소를 생쌀에 일정시간 흡착시켜 당화과정을 거친 다음 건조하는 전처리가 포함된 연구는 전무하다. 본 연구에서는 시판되는 무증자용 개량누룩을 추출한 효소 추출액을 쌀에 인위적으로 흡착하여 기질에 대한 효소의 반응을 별도로 처리함으로써 기존의 무증자용 개량누룩을 직접 첨가하여 제조한 술과는 다른 특징을 갖는 술이 제조되었는바, 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

원료쌀은 강원도 철원에서 생산된 오대쌀(2010)을 사용하였으며 누룩은 주식회사 한국효소(Hwaseong, Korea)에서 구입한 시판 무증자용 개량누룩을 사용하였다. 효모는 주식회사 비전바이오켄(Seoul, Korea)에서 구입한 *Saccharomyces cerevisiae* (La Parisienne, France)을 사용하였으며, 음용수는 수질검사를 받아 음용할 수 있는 지하수를 사용하였다.

무증자용 개량누룩 추출액 제조

무증자용 개량누룩 추출액은 무증자용 개량누룩 25 g에 증류수 100 mL를 가한 다음 실온에서 3시간동안 120 rpm으로 교반하였다. 교반이 끝난 후 여과망(80 mesh)으로 걸러서 추출액만 취하였다. 이때, 무증자용 개량누룩 추출액의 당화력은 2,730 SP로 측정되었다.

누룩물처리쌀 제조

‘누룩물처리쌀’ 제조 공정은 Fig. 1과 같다. 쌀 1 kg을

10회 세척한 후 1시간 물 빼기 하여 무증자용 개량누룩 추출액 80 mL를 골고루 뿌리고 쌀에 잘 흡착되도록 하루에 4~5회 교반하면서 25°C 배양기에서 시간별(0, 24, 48, 72시간)로 배양 처리 하였다. 그 후 50°C 건조기에서 6시간 건조시킨 후 실험에 사용하였다.

막걸리 제조

위의 방법대로 제조한 각각의 누룩물처리쌀 1 kg을 5 L 용기에 담은 뒤, 끓여식힌 물 1.5 L와 효모 8 g을 넣고, 골고루 섞어 25°C 배양기에서 7일 동안 발효시켰다. 대조구(control)로서, 쌀을 씻은 후 물빼기하고 50°C, 6시간 건조시킨 생쌀 1 kg을 분쇄하지 않고 5 L 용기에 담은 뒤, 끓여식힌 물 1,420 mL와 무증자 개량누룩 추출액 80 mL, 효모 8 g을 넣은 후 골고루 섞어 25°C 항온기에서 7일 동안 발효시켰다.

누룩물처리쌀의 가용성 고형분 및 환원당 함량

누룩물처리쌀 10 g에 증류수 20 mL를 가한 후 Homoginizer (PT-MR 2100, Polytron®, Taiwan)로 2분 동안 균질화한 뒤 여과하여(Advantec, No. 2, Japan) 가용성고형물 및 환원당 측정을 하였다. 가용성 고형분은 Hand Refractometer (PR101, ATAGO®, Japan)를 이용하여 °Brix로 나타내었다. 환원당은 DNS (dinitrosalicylic acid) 방법으로 분석하였다. 희석한 시료용액 1 mL에 DNS 시약 3 mL를 넣고 5분 동안 항온수조에서 끓인 다음 실온에서 냉각하였다. 이에 21 mL의 증류수를 넣고 잘 혼합 한 후 spectrometer (JP/U-2000 spectrophotometer, Hitachi Ltd, Tokyo, Japan)로 550 nm에서 흡광도를 측정하였으며, glucose standard curve를 이용하여 환원당 함량(% , w/v)을 계산하였다(26).

술덧 발효 중 품온 측정

발효중 품온변화는 HOB0®사의 data logger U12-013, water temp pro v2(U22-001)를 이용하여 술덧의 온도를 각각 6시간 간격으로 기록하였다.

미생물 colony 측정

모든 처리구에서 미생물 colony counting은 2일 간격으로 실시하였다. 효모수 측정은 yeast peptone dextrose(Difco, Co, USA) 배지를 사용하여 평판계수법으로 30°C에서 48시간 배양한 후 생성되는 colony 수를 측정하였다(1,19). 젖산균(lactic acid bacteria, LAB) 및 초산균(acetic acid bacteria, AAB) 균총수는 *Lactobacilli* MRS agar(Difco, Co, USA)를 사용하여 37°C에서 24시간 배양한 후 생성되는 colony 수를 평판계수법으로 측정하였다(1,5,20,21).

총산 및 pH 측정

pH는 pH meter (Metrohm 691, Metrohm, Herisau, Switzerland)

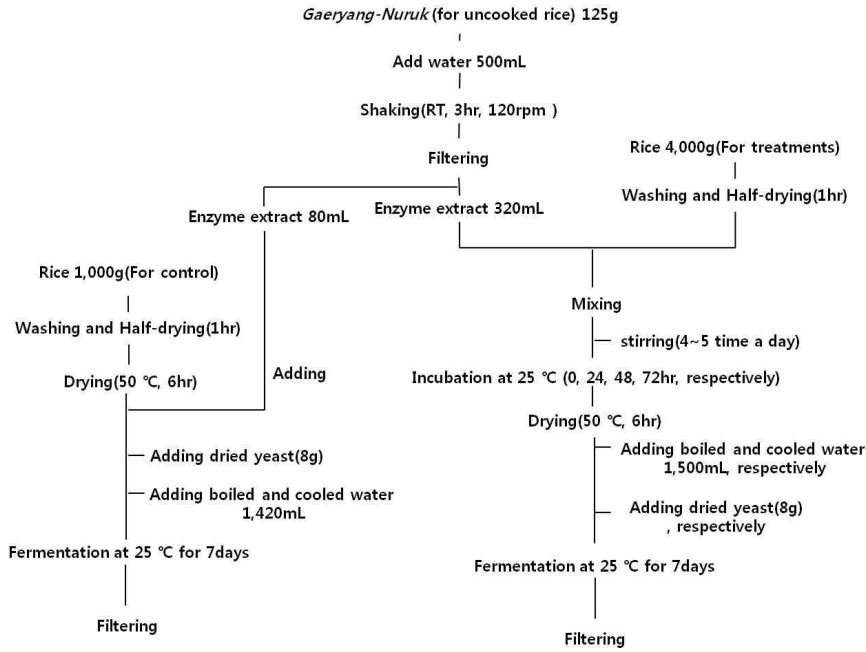


Fig. 1. Schematic diagrams of processing method of *Makgeolli* using the rice treated with *Gaeryang-Nuruk* extract.

를 사용하여 측정하였고, 총산은 Sample 10 mL를 취한 후 혼합지시약(Bromothymol Blue 0.2 g과 Neutral Red 0.1 g을 95% ethyl alcohol 300 mL에 용해) 2~3방울을 가하고 용액이 담록색으로 변화하는데 소비된 0.1 N NaOH 용액의 mL 수를 초산으로 환산하였다(22-25).

아미노산도 측정

아미노산은 phenolphthalein을 3~4방울 가하여 0.1 N NaOH로 중화한 다음 중성포르말린 용액 5 mL를 가하여 유리된 아미노산을 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 선홍색으로 변화하는데 소비된 mL수로 하여 측정하였다(25).

가용성 고형분 함량

가용성 고형분은 Hand Refractometer(PR101, ATAGO®, Japan)를 이용하여 °Brix로 나타내었다.

환원당 및 알코올 함량

환원당은 DNS (dinitrosalicylic acid) 방법으로 분석하였다(26). 알코올 함량은 주류분석규정의 주정분석에 따라 시료 100 mL를 취하여 70 mL까지 증류한 다음 증류수로 100 mL까지 채우고, 15°C로 온도조절을 한 상태에서 주정계를 이용하여 측정하였다(23).

유기산 조성 분석

유기산 분석은 시료를 HLB-plus Sep-pak cartridge (Waters Co, USA)를 통과 시킨 후 0.22 µm syringe filter로 여과한 후 HPLC (LC-20 series, Shimadzu Co, Japan)로 분석

하였으며, Column은 Rspak KC-811(80 mm ID × 300 mmL, Japan)을 이용하였다, 이동상은 0.1% H₃PO₄를 0.6 mL/min로 흘렸으며, injection volume 10 µL로 하였다. Detect wave length는 210 nm로 측정하였다.

관능평가

관능평가는 25명의 패널이 4가지 항목(색, 맛, 향, 전반적인 기호도)을 7점 척도로 평가하였다.

통계처리

SPSS program (version 12.0)을 이용하여 실험군당 평균과 표준편차를 구하였으며, 실험군 간의 통계적 유의성은 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test로 검증하였다.

결과 및 고찰

누룩물처리쌀의 가용성 고형분 및 환원당 함량

누룩물처리쌀에서 당화가 일어났는지 확인하기 위하여 가용성 고형분과 환원당 함량을 측정하였다(Table 1). 가용성 고형분과 환원당 함량은 생쌀보다 24, 48, 72시간 동안 누룩물을 처리한 쌀에서 높은 수치를 나타내었다. 또한 누룩 추출물 배양 시간이 길수록 가용성 고형분과 환원당 함량이 증가였는데, 이는 처리 시간에 비례하여 효소에 의한 생전분 분해물이 증가된 것으로 해석된다.

Table 1. Soluble solid and reducing sugar contents of the rice treated with *Gaeryang-Nuruk* extract

Samples	Soluble solid (°Brix)	Reducing sugar (% w/v)
Raw rice	0.57±0.06 ^{e1)}	0.16±0.01 ^d
0 hr	3.13±0.21 ^d	1.95±0.14 ^c
24 hr	6.33±0.12 ^c	4.33±0.17 ^b
48 hr	7.70±0.00 ^b	5.77±0.40 ^a
72 hr	8.07±0.15 ^a	5.68±0.51 ^a

¹⁾Values are mean±SD

^{a-e}Mean separation within column by Duncan's multiple range test at p<0.05.

술덧 발효 중 품온 변화

누룩물처리쌀을 이용한 막걸리 제조시 술덧의 품온변화는 Fig. 2와 같다. 대조구의 경우 발효 5일차까지 평균 26.5°C (data not shown) 이상으로 지속되었다. 이는 증자쌀을 원료로 한 술덧이 발효될수록 발효열이 떨어진다는 Park 등(26)의 연구 결과와는 달리, 무증자 개량누룩 추출물과 효모에 의해 생전분이 발효기간 전반에 걸쳐 끊임없는 당화와 알코올발효가 일어났기 때문인 것으로 사료된다.

그에 비해 0, 24, 48, 72시간 누룩물처리쌀은 대조구보다 실내 온도이하로 떨어진 시기가 빠르는데 이 경우는 전분질 당화 작용이 이미 일어난 것으로, 그만큼 효모에 의한 발효가 비교적 빨리 일어났기 때문인 것으로 보인다. 또한 전반적으로 대조구보다 낮은 품온을 유지하였고, 2차 담금 후 술덧발효 5일차부터 상승하는 양상을 보였다. 이는 무증자 개량누룩 추출액을 직접 첨가한 대조구와 비교했을 때 쌀알에 분무·배양하고 건조(50°C, 6 hr)한 누룩물처리쌀은 제조공정상 효소역가가 상당부분 실활되어 기질이 뒤늦게 분해되었기 때문으로 생각된다.

한편, 48시간 누룩물처리쌀은 발효 1, 2일차에 대조구보다 높은 품온을 보였는데, 이는 미리 전분분해과정이 진행되어 생성된 당이 알코올로 빠르게 전환되면서 온도가 일시적으로 상승한 것으로 보인다. 그러나 보다 정확한 결

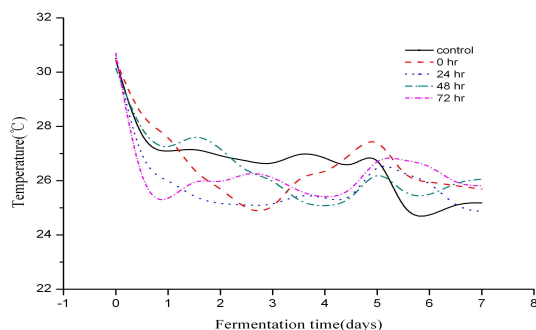


Fig. 2. The internal temperature changes of the *Makgeolli* treatments during fermentation times at 25°C.

과를 얻기 위해서는 향후 실험에서 술덧의 초기온도를 실내 온도보다 낮은 온도(25°C 이하)로 하여 연구가 진행되어야 할 것이다. 결론적으로, 술덧 품온은 48시간 효소처리구가 가장 빨리 상승하였으며, 이는 누룩물처리쌀의 처리 시간이 가장 적합한 것으로 판단된다.

술덧 내 미생물 균총수 변화

모든 처리구에서 효모수(Fig. 3)는 발효 2일째에 최고치($7.0 \times 10^8 \sim 3.6 \times 10^9$)에 도달하였다(data not shown). 각 술덧별 효모수 변화를 보면, 각 시료간의 큰 차이는 없었으며, 이는 Park 등(26)과 So 등(19)의 연구결과에서 발효 초기 효모수가 증가하다 2일 후부터 감소한다는 보고와 일치하였다. 젖산균과 초산균의 경우는 Table 3와 Fig. 4를 종합하여 고려해 볼 때, 0시간 누룩물처리쌀의 경우 초산균이 생육한 것으로 보이며, 대조구의 경우 젖산균과 초산균이 같이 생육한 것으로 판단된다. 그 외의 처리구에서는 젖산균이 술덧 내에서 주를 이루고 있는 것으로 보인다.

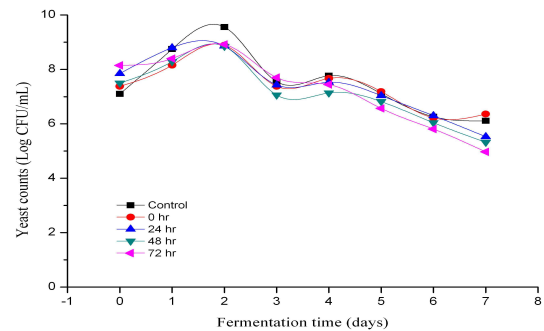


Fig. 3. Changes in yeast colony counts during fermentation of *Makgeolli* using the rice treated with *Gaeryang-Nuruk* extract.

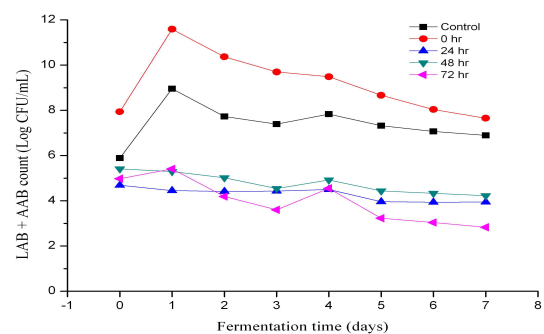


Fig. 4. Changes in LAB and AAB colony counts during fermentation of *Makgeolli* using the rice treated with *Gaeryang-Nuruk* extract.

대조구에서 젖산균, 초산균의 colony 수는 So 등(19)의 연구결과와 같이 1일째 가장 높았다가 서서히 감소하는 양상을 보였다(Fig. 4). 대조구와 0시간 누룩물처리쌀은 다

른 시료에 비해 전반적으로 많은 젖산균, 초산균 colony 수를 나타냈으며, 24, 48, 72시간 누룩물처리쌀에서는 이에 비해 상대적으로 적었다. 이는 누룩 추출물을 흡수시킨 쌀을 일정시간 배양하는 과정과 건조를 거치면서 젖산균과 초산균의 생육이 저해된 것으로 사료된다. 전체적으로 술덧 발효 2일차부터 다소 젖산균과 초산균의 colony수가 낮아졌는데 이는 So 등(19) 연구에서 발효 3일차부터 감소한 결과에서와 유사한 양상으로, 술덧 발효 중 알코올 함량이 증가함에 따른 것으로 판단된다.

pH 및 총산 함량의 변화

술 중에 적당한 산은 맛을 좋게 하고 술덧을 발효 하는데 잡균의 번식을 억제하는 긍정적인 면이 있다. 약주와 탁주의 술덧은 산 함량의 변화가 적은 것이 정상적이며, 산 함량이 급격히 상승하면 술덧 제조에 있어서 이상발효가 일어난 것으로 간주 할 수 있다(26).

총산의 변화에 있어 24, 48, 72시간 누룩물처리쌀이 대조구와 0시간 누룩물처리쌀에 비해 초기 총산 함량이 높았는데, 이는 누룩추출액 처리시 젖산균, 초산균 또는 잡균에 의한 유기산 생성 때문인 것으로 사료된다(Fig. 5). 전체적인 술덧 발효기간에 있어 변화를 살펴보면, So 등(19)의 연구결과와 같이 발효 1일차까지는 총산함량이 급격히 증가하다가 그 이후에는 변화가 미미한 양상을 보였는데, 이

는 젖산균 및 초산균의 균체수가 술덧 발효 1일차 이후 완만하게 감소하는 결과와 상통하였다(Fig. 4). 0시간 누룩물처리쌀은 전 발효기간동안(0~7일) 지속적으로 총산 함량이 증가하였고(Fig. 5), 여과시 가장 높은 수치를 보였는데(1.54±0.11), 이는 젖산균과 초산균의 번식에 의한 이상발효로 보인다. 24~72시간 누룩물처리쌀의 경우 0시간 보다 총산이 낮았는데 이는 알코올이 1일차에 많이 생성되었기 때문에 상대적으로 젖산균과 초산균의 증식이 억제되었기 때문인 것으로 사료된다(Table 2).

pH는 함유되어 있는 유기산 종류에 따른 수소이온의 해리도에 의한 것이며, pH가 낮은 술덧의 경우 발효 과정에서 젖산이나 초산 등이 미생물에 의하여 많이 생성되었음을 짐작할 수 있다(29). 본 실험에서도 pH는 유기산 함량 변화와 그 연관성이 있으며, 유기산 함량이 증가함에 따라 pH는 대체로 낮아지는 결과를 보였다. 술덧 발효 0일차부터는 대조구를 제외하고는 모두 낮은 pH(4.0 부근)에서 시작되었으며, 대조구도 1일차 이후로는 다른 처리구와 같은 변화를 보였다(Fig. 6). 대조구의 경우 술덧의 발효가 시작되지 않고 단순히 물과 섞여있는 상태이기 때문에, 이미 전처리된 다른 누룩물처리쌀에 비해 pH가 높은 것으로 생각된다. 발효 3일차 이후부터 pH가 더 이상 낮아지지 않는 이유는 유기산과 함께 누룩 미생물 및 효모의 발효작용으로 인한 대사체에서 원인을 찾을 수 있으며, 주로 단백

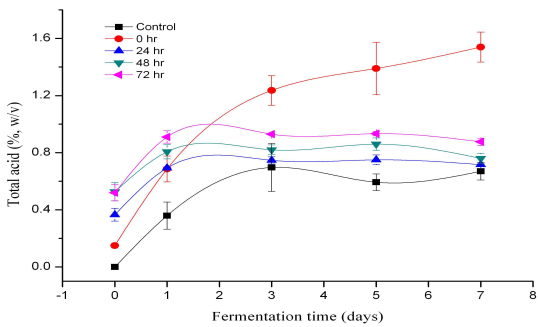


Fig. 5. Changes in total acid during fermentation of *Makgeolli* using the rice treated with *Gaeryang-Nuruk* extract.

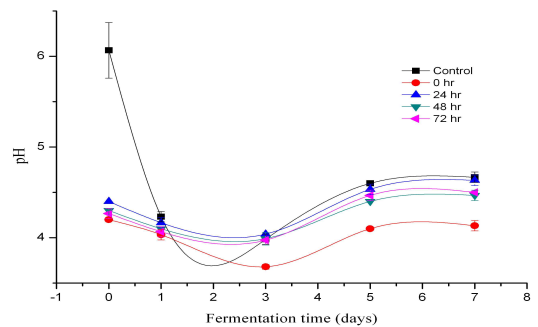


Fig. 6. Changes in pH during fermentation of *Makgeolli* using the rice treated with *Gaeryang-Nuruk* extract.

Table 2. Physicochemical characteristics of *Makgeolli* using the rice treated with *Gaeryang-Nuruk* extract

Samples	pH	Soluble solid (°Brix)	Alcohol (% v/v)	Total acid (% w/v)	Amino acidity (mL)	Reducing sugar (% w/v)
Control	4.67±0.06 ^{al}	16.07±0.50 ^b	14.93±0.31 ^{ab}	0.45±0.04 ^c	7.09±0.26 ^b	5.99±0.42 ^b
0 hr	4.13±0.06 ^c	13.23±0.38 ^c	10.13±0.61 ^c	1.03±0.07 ^a	8.08±0.22 ^a	3.98±0.46 ^c
24 hr	4.63±0.06 ^a	17.97±0.29 ^a	15.73±0.23 ^a	0.48±0.01 ^c	6.21±0.04 ^c	7.72±0.30 ^a
48 hr	4.47±0.06 ^b	17.87±0.92 ^a	14.63±0.85 ^b	0.51±0.03 ^c	6.70±0.50 ^{bc}	7.78±0.80 ^a
72 hr	4.50±0.00 ^b	18.43±0.15 ^a	15.27±0.31 ^{ab}	0.58±0.02 ^b	7.99±0.19 ^a	7.66±0.20 ^a

^lValues are mean±SD

^{a-c}Mean separation within column by Duncan's multiple range test at p<0.05.

질 분해에 의한 아미노산 증가와 당류, 알코올 성분들이 술덧의 pH를 완충시켜 주었기 때문으로 해석된다(19,28). 이렇듯 유기산과 pH는 술덧의 성분 변화를 쉽게 알 수 있는 요소이며 알코올 생성과정에서 복합적으로 생성되므로 발효진행 상황과 알코올 생성정도를 짐작할 수 있는 중요한 지표가 될 수 있다(23,25).

아미노산도 측정

아미노산도는 주원료인 쌀과 누룩 중에 함유된 단백질이 발효과정 중 미생물이 생산하는 acidic protease와 peptidase 등의 단백질 분해 효소작용으로 생성되어 발효주의 감칠맛에 영향을 주는 것으로 보고된 바 있다(25). 아미노산도는 전반적으로 발효가 진행될수록 증가되는 경향을 보였다 (Fig. 7). 24, 48, 72시간 누룩물처리쌀의 경우에는 초기 아미노산도(3.99±0.30, 5.28±0.21, 5.68±0.24)가 높은 것에 반해 control과 0시간 누룩물처리쌀은 상대적으로 낮은 경향을 보였는데(0.60±0.09, 1.88±0.27), 이는 누룩물처리쌀의 전처리 시간이 짧거나 없었기 때문으로 보인다(Table 2). 발효가 종료된 후에는 처리구간의 미미한 차이를 보이며 모든 처리구의 아미노산 함량이 증가하였다. 이는 Han 등(24)의 탁주에서의 아미노태 질소가 발효기간이 경과함에 따라 계속 증가한다는 보고와 부합된다. 또한 Park 등(25)의 연구 결과와도 유사한 결과를 나타내었다.

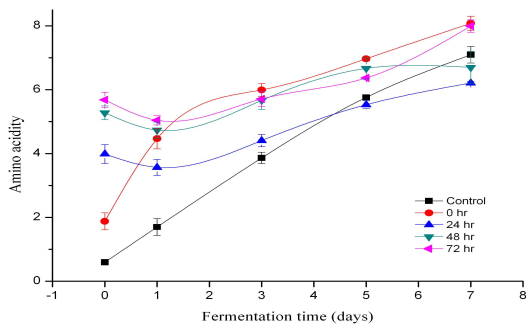


Fig. 7. Changes in amino acidity during fermentation of *Makgeolli* using the rice treated with *Gaeryang-Nuruk* extract.

가용성 고형분 함량

당류를 포함한 가용성 고형분은 주로, 술의 단맛에 영향을 주는 성분으로 신맛, 감칠맛 등과 조화되어 발효주의 특성을 결정짓는 것으로 알려져 있다(4,25,30,31). 가용성 고형분은 Fig. 8에서 보는 바와 같이 모든 처리구에서 발효가 진행됨에 따라 점차 증가하였다. 이는 발효 초기 가용성 고형분이 증가하다가 발효 중기부터는 점차 감소한다는 Choi 등(30)과 Park 등(25) 연구결과와는 차이가 있었다. 또한 Park 등(31)은 탁주 발효 중 원료내의 전분질이 당화 amylase의 작용으로 인하여 당분으로 분해됨과 동시에 미

생물의 영양원이나 발효기질로 이용되므로 발효 후기에 당도가 감소한다고 보고하였는데, 이 역시 본 연구결과와 차이가 있었다. 이는 다른 연구와는 달리, 증자한 쌀이 아니라 생전분을 분해하는 반응이므로, 호화전분의 분해속도보다 느릴 수밖에 없었기 때문에 지속적으로 당화작용이 일어난 것으로 사료된다. 가용성 고형분은 72시간 누룩물처리쌀(18.43±0.15)이 가장 높았으며 0시간 누룩물처리쌀(13.23±0.38)이 가장 낮았다(Table 2).

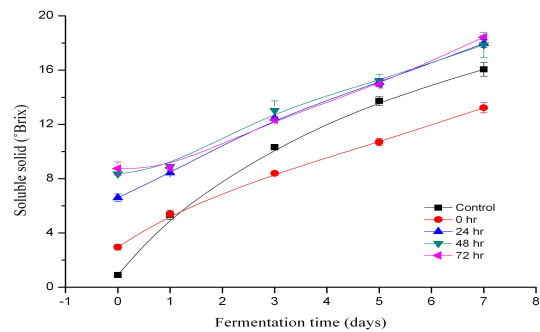


Fig. 8. Changes in soluble solid during fermentation of *Makgeolli* using the rice treated with *Gaeryang-Nuruk* extract.

환원당 및 알코올 함량

술덧의 숙성 중 환원당의 감소는 효모수 및 알코올의 생성과 밀접한 관계를 가지며, 특히 발효 과정 중에는 당의 생성과 알코올로의 전환이 복합적으로 이루어지기 때문에 환원당의 감소와 비례하여 알코올 농도가 증가한다(16). 환원당 함량은 24, 48, 72시간 누룩물처리쌀에서 초기에 높은 수치를 보였으며, 물이 첨가되면서 낮아졌다가 최종 발효까지 계속 증가하는 경향을 보였다(Fig. 9). 이는 발효가 진행됨에 따라 효모에 의해 알코올로 전환되기 때문에 발효 후기에는 환원당이 낮아진다는 Lee 등(28), Han 등(24)과는 상반된 결과였다.

알코올 함량은 누룩물처리쌀의 경우 1일차부터 9~11%로 높은 알코올 함량을 나타내었으며, 최종적으로 0시간 처리구를 제외하고는 15%내외까지 상승하였다(Fig. 10). 이는 발효 초기에는 누룩에 의해 전분질 당화 작용이 일어난다(24,26), 누룩물처리쌀의 경우 전분질 당화작용이 이미 일어났기 때문에(Table 1) 효모가 쉽게 당을 이용하여 알코올 생성이 활발히 일어날 수 있었던 것으로 사료된다(29). 0시간 누룩물처리쌀의 알코올 함량은 9%에 그쳤는데, 이는 누룩 추출물이 쌀에 흡착하여 당화시킬 수 있는 시간적 여유가 없었으며, 누룩곰팡이보다는 젖산균과 초산균의 생육이 더 활발하였기 때문에(Fig. 4) 발효를 제하여서 이상발효가 일어난 것으로 사료된다(28).

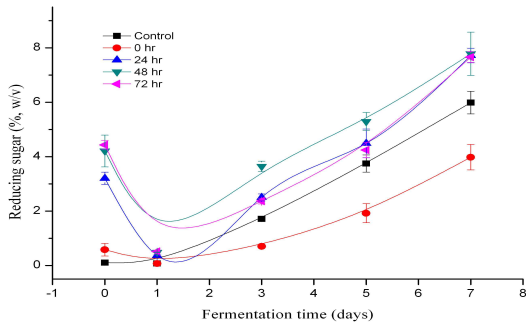


Fig. 9. Changes in reducing sugar during fermentation of *Makgeolli* using the rice treated with *Gaeryang-Nuruk* extract.

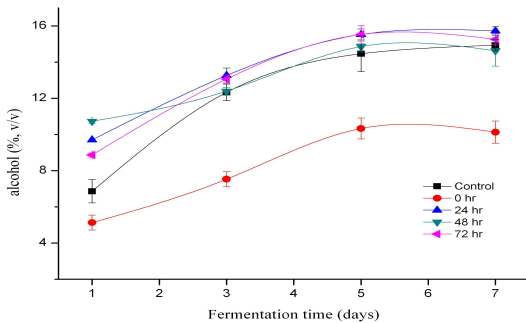


Fig. 10. Changes in alcohol during fermentation of *Makgeolli* using the rice treated with *Gaeryang-Nuruk* extract.

유기산 조성 분석

술덧의 유기산 분석 결과는 Table 3과 같다. 분석항목으로는 oxalic, citric, tartaric, malic, succinic, lactic, fumaric, acetic acid는 모든 시험구에서 검출 되었다. Lactic acid는 0시간 누룩물처리쌀에서 검출되지 않았다. 한편, 0시간 누룩물처리쌀의 경우 acetic acid의 함량이 다른 처리구에 비해 지나치게 높았는데, Fig. 4 및 5의 세균 집락수와 총산 함량변화와 비교해 볼 때 초산균에 오염되어 알코올 발효가 제대로 되지 않은 것으로 판단된다.

24, 48, 72시간 누룩물처리쌀은 다른 유기산에 비해 가장 많은 양의 lactic acid가 검출 되었는데(769.07~937.23 mg%), 이는 술덧 발효 중 젖산균의 집락수가 많았음을 의미한다. Oxalic acid는 2.16~2.51 mg%, malic acid는 177.32~271.17 mg%로 모든 시험구에서 비슷한 결과를 보였다. 유기산 함량을 볼 때 대체적으로 24, 48, 72시간 누룩물처리쌀에서 다양하고 많은 양의 유기산이 검출되었는데, 이는 기호도 평가에서 술덧의 향미에 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

관능평가

관능평가는 25명의 패널을 대상으로 실시하였으며 그 결과는 Table 4와 같다. 색은 0시간 누룩물처리쌀에서 가장 우수하게 나타났으며, 처리구간 유의적인 차이를 나타내었다. 향은 72시간 누룩물처리쌀이 5.41점으로 가장 높게 나타났다. 맛과 전반적인 기호도에서는 24, 48, 72시간 처리구 모두 보통 이상의 평가를 받았다. 맛과 전반적인 기호도에서 0시간 누룩물처리쌀이 가장 낮은 점수를 받았는데, 이는 초산발효가 일어나서 신맛이 강하게 느껴졌기 때문인 것으로 사료된다. 또한, 대조구는 강한 신맛 때문에 낮은 점수를 받았으며, 0시간을 제외한 누룩물처리쌀은 보통 이상의 평가를 받았는데, 이는 누룩물 처리시 쌀의 당화작용으로 인한 당성분과 젖산균, 초산균의 산이 적절한 비율로 생성되었기 때문으로 사료된다.

Table 4. Sensory evaluation of *Makgeolli* using the rice treated with *Gaeryang-Nuruk*

Sample	Sensory evaluation ¹⁾			
	Color	Flavor	Taste	Overall acceptability
Control	3.88±1.36 ^{cd2)}	3.06±1.43 ^c	3.12±1.58 ^b	3.00±3.93 ^b
0 hr	5.76±1.20 ^a	4.24±1.48 ^b	2.24±1.09 ^b	2.59±1.37 ^b
24 hr	3.41±1.54 ^d	4.24±1.39 ^b	4.59±1.77 ^a	4.47±1.46 ^a
48 hr	4.71±1.26 ^{bc}	4.35±1.00 ^b	4.71±1.45 ^a	4.76±1.09 ^a
72 hr	4.82±1.01 ^b	5.41±1.00 ^a	4.71±1.49 ^a	4.82±1.19 ^a

¹⁾Estimated by 7 point scale, where 7, excellent; 6, good; 5, just good; 4, fair; 3, not good; 2, poor; 1, very poor and unacceptable.

²⁾Values are mean±SD

^{a-d)}Mean separation within column by Duncan's multiple range test at p<0.05.

Table 3. Organic acid contents of *Makgeolli* using the rice treated with *Gaeryang-Nuruk*

Samples	Organic acid (mg%)							
	Oxalic acid	Citric acid	Tartaric acid	Malic acid	Succinic acid	Lactic acid	Fumaric acid	Acetic acid
Control	2.29±0.20 ^{abc}	99.73±2.72 ^c	30.30±0.27 ^c	214.07±3.40 ^c	170.87±25.42 ^c	44.75±0.51 ^d	0.03±0.01 ^d	40.46±1.89 ^d
0 hr	2.16±0.03 ^c	37.00±0.34 ^d	23.60±0.58 ^d	177.32±0.72 ^d	109.40±0.31 ^d	-	0.02±0.00 ^d	240.20±5.72 ^a
24 hr	2.51±0.14 ^a	193.02±6.01 ^b	44.46±0.27 ^b	227.82±4.88 ^b	223.20±10.96 ^b	937.23±3.12 ^a	0.37±0.01 ^b	90.22±3.04 ^b
48 hr	2.43±0.17 ^{ab}	206.91±19.79 ^b	45.12±3.64 ^b	224.30±13.96 ^b	217.21±0.12 ^b	769.07±0.12 ^c	0.31±0.02 ^c	73.83±12.10 ^c
72 hr	2.23±0.07 ^{bc}	339.78±7.35 ^a	122.19±4.05 ^a	271.17±1.98 ^a	250.47±5.75 ^a	877.86±29.06 ^b	0.42±0.02 ^a	95.44±2.76 ^b

¹⁾Values are mean±SD

^{a-d)}Mean separation within column by Duncan's multiple range test at p<0.05.

요 약

무증자 개량누룩 추출물을 흡착처리한 쌀을 이용한 막걸리의 온도변화와 품질특성을 분석 하였다. 술덧 발효 기간 중 대조구에 비해 누룩물처리쌀에서 전반적으로 낮은 품온을 유지하였고, 술덧발효 5일차부터 상승하는 양상을 보였다. 처리구 모두 효모, 젖산균, 초산균의 colony 수는 발효 초기 증가하다가 2일 이후부터 점차 감소하였다. pH는 발효 초기 낮았으나 발효가 진행됨에 따라 발효 3일차부터 상승하기 시작 하여 최종적으로는 초기보다 높은 양상을 보였다. 총산함량은 발효 1일차까지 급격히 증가하다가 그 이후에는 변화가 미미하였다. 전체적으로, 아미노산도와 가용성 고형분은 발효가 진행됨에 따라 증가 하였으며, 환원당은 발효 초기 낮아지다가 1일차부터 증가하였다. 알코올 함량은 대조구는 1일차에 6.87%로 시작하여 점차 증가하였으며, 이에 비해 누룩물처리쌀의 경우 1일차부터 9~11%로 높은 알코올 함량을 보이며 점차 증가하다가 발효 5일차이후에는 알코올 발효가 종료되었다. 최종 발효 후 술덧 내 유기산은 lactic acid가 주를 이루었다. 기호도평가에서는 24, 48, 72시간 누룩물처리쌀이 다른 처리구에 비해 맛과 전반적인 기호도에 있어서 우수한 평가를 받았다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 시험연구사업(과제번호 : PJ006860022011)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

참고문헌

- Kim GM, Jeong WJ, Shin JH, Kang MJ, Sung NJ (2011) Preparation and quality characteristics of *Makgeolli* made with black garlic extract and *Sulgidduk*. J Korean Soc Food Sci Nutr, 40, 759-766
- Lee CH (1993) History of Korea alcoholic beverage. Bioindustry News, 6, 58-61
- Lee US, Shin JS, Song YH, Moon SH, Lee SY (2010) The trend analysis of traditional *Makgeolli*-brewing technique. Soc of K Agricultural History, 9, 99-110
- Jin TY, Kim ES, Eun JB, Wang SJ, Wang MH (2007) Changes in physicochemical and sensory characteristics of rice wine, *Yakju* prepared with different amount of red yeast rice. Korean J Food Sci Technol, 39, 309-314
- Kim MJ, Kim BH, Han JK, Lee SY, Kim KS (2011) Analysis of quality properties and fermentative microbial profiles of *Takju* and *Yakju* brewed with or without steaming process. J Fd Hyg Satety, 26, 64-69
- So MH, Lee YS, Noh WS (1999) Improvement in the quality of *Takju* by a modified *Nuruk*. Korean J Food&Nutr, 12, 427-432
- Sin YC (1991) Raw starch digesting enzyme development trends and usage in liquor industry for non-steaming alcohol fermentation technology. Korea Alcohol & Liquor Industry Association(KALIA), 2, 43-57
- Sin YC, Byeon SM (1991) Development status and prospects of non-steaming alcohol fermentation. Korea Alcohol & Liquor Industry Association(KALIA), 1, 32-44
- Lee SY, Shin YC, Lee SH, Park SS, Kim HS, Byun SM (1984) Saccharification of uncooked starch. Korean J Food Sci Technol, 16, 463-471
- Seo MY, Lee JK, Ahn BH, Cha SK (2005) The changes of microflora during the fermentation of *Takju* and *Yakju*. Korean J Food Sci Technol, 37, 61-66
- Jeong YJ, No HK (2004) Effect of chitin derivatives on non-steamed alcohol fermentation of *Tapioca*. Korean J Food Sci Technol, 36, 92-96
- Jeong YJ, Baek CH, Woo KJ, Lee OS, Ha YD (2002) Alcohol fermentation characteristics of tapioca using raw starch enzyme. J Korean Soc Food Sci Nutr, 31, 405-410
- Shin JS, Lee OS, Kim KE, Jeong YJ (2003) Monitoring of alcohol fermentation condition of brown rice using raw starch digesting enzyme. J Korean Soc Food Sci Nutr, 32, 375-380
- Shon SK, Rho YH, Kim HJ, Bae SM (1990) *Takju* brewing of uncooked rice starch using *Rhizopus* koji. Korean J Appl Microbiol Biotech, 18, 506-510
- Ha YD (2003) Effect of addition soy flour on tapioca non-steamed fermentation. J Korean Soc Food Sci Nutr, 32, 388-392
- Choi JH, Jeon JA, Jung ST, Park JH, Park SY, Lee CH, Kim TJ, Choi HS, Yeo SH (2011) Quality characteristics of *Seoktanju* fermented by using different commercial *Nuruks*. Korean J Microbiol Biotechnol, 39, 56-62
- Shon CB, Park EB, Mun SG, Kim MH, Jang SA, Kwon JS, Sohn SH (2004) Preparation of red colored wine using uncooked black rice. Chungnam J Human Ecology, 17, 33-38
- Chung KS, Oh WT, Nam SM, Son BS, Park YS (1998) Effect of Korean rice-wine (*Yakju*) on *in vitro* and *in vivo* progression of B16BL6 mouse melanoma and HRT18 human colon adenocarcinoma cells. Korean J Food Sci Technol, 30, 1470-1475

19. So MH, Lee YS, Noh WS (1999) Changes in microorganisms and main components during *Takju* brewing by a modified *Nuruk*. Korean J Food&Nutr, 12, 226-232
20. Park CD, Jung HK, Park HH, Hong JH (2007) Identification and fermentation characteristics of lactic acid bacteria isolated from *Hahyangju Nuruk*. Korean J Food Preserv, 14, 188-193
21. Kim NY, Yu AR, Min JY, Han MJ (2011) Fermentation characteristics of *Ginpi* wine with different levels of added *Ginpi*. 26, 178-183
22. Lee HS, Park CS, Choi JY (2010) Quality characteristics of the mashes of *Takju* prepared using different yeasts. Korean J Food Sci Technol, 42, 56-62
23. Song JC, Park HJ, Shin WC (1997) Changes of *Takju* qualities by addition of cyclodextrin during the brewing and aging. Korean J Food Sci Technol, 29, 895-900
24. Han EH, Lee TS, Lee DS (1997) Quality characteristics in mash of *Takju* prepared by using different *Nuruk* during fermentation. Korean J Food Sci Technol, 29, 555-562
25. Park JH, Yeo SH, Jeong ST, Choi HS, Jeon JA, Choi JH (2010) Characteristics of *Byeok-hyang-ju* made by various processing methods originated from ancient documents. Korean J Food Preserv, 17, 826-834
26. Park JH, Bae SM, Yook C, Kim JS (2004) Fermentation characteristics of *Takju* prepared with old rice. Korean J Food Sci Technol, 36, 609-615
27. Jeong JT (1998) Studies on ethanol fermentation using uncooked rice for soju production. MS thesis. Yonsei Univ, 12-38
28. Lee JO, Kim CJ (2011) The influence of adding buckwheat sprouts on the fermentation characteristics of *Yakju*. Korean J Food Culture, 26, 72-79
29. Kong MH, Jeong ST, Yeo SH, Choi JH, Choi HS, Han GJ, Jang MS, Chung IM (2011) Determination of ginseng *Yakju* quality using different percentages and application dates of ginseng. J East Asian Soc Dietary Life, 21, 207-214
30. Kim SJ, Ko SH, Lee WY, Kim GW (2004) Cytotoxic effects of Korean rice-wine (*Yakju*) on cancer cells. Korean J Food Sci Technol, 36, 812-817
31. Park CS, Lee TS (2002) Quality Characteristics of *Takju* prepared by wheat flour *Nuruks*. Korean J Food Sci Technol, 34, 296-30

(접수 2011년 8월 22일 수정 2011년 12월 12일 채택 2011년 12월 30일)