KOREAN J. DIETARY CULTURE
Vol. 11, No. 5 (1996)

백하주의 발효 특성에 대한 원료 쌀의 처리 효과

박완수 · 김인호 · 구영조
한국식품개발연구원

(1996년 10월 11일 접수)

Effect of Different Rice Treatments on Fermentation Characteristics of *Baikhaju* (a Korean Traditional Alcoholic Beverage)

Wan-Soo Park, In-Ho Kim and Young-Jo Koo
Korea Food Research Institute

(Received October 11, 1996)

Abstract

Fermentation characteristics of *Baikhaju* (a typical Korean traditional alcoholic beverage) were investigated during fermentation with differently treated rice samples, which were steamed rice (SR), plain steamed rice bread (RB), rice porridge (RP) and roasted rice (RR). The RB sample showed an excellent fermentation efficiency with the highest alcohol production (20.84%). The SR and RR samples showed 17.79% and 17.31% of alcohol production, respectively. The RP sample was the lowest alcohol production (11.47%). The pH values of all the beverage samples were similar and were ranged from 3.6 to 3.9. The fermentation periods of RB and RR samples were longer than the SR and RP. The inner temperature and microbial growth in all the beverages increased at each of input steps of the rice and *Nuruk* (a Korean-style bran koji). Fusel oil content of the SR and RP samples (613.6 ppm) was higher than that of RR (482.7 ppm). The RB sample with the best fermentation efficiency had the lowest fusel oil content (341.8 ppm). The RP sample showed the highest score in sensory evaluation and RB sample showed the lowest. The results on sensory evaluation were contrary to those on the fermentaion efficiency.

I. 서 론

백하주는 1500년대 초의 수운잡방을 시작으로 동의보감, 음식보, 규합총서 및 가정일용보감 등 약 40편의 고서에서 백화주, 백화춘, 백로주 및 방문주 등의 이름으로 소개되고 있으며, 현재까지 그 명맥을 유지하는 전통 명주이다. 이 술은 고려시대 이래 가장 애용되어 약주의 대명사로 불리웠으며, 술 익는 모습이 흰 아지랑이가 피어오르는 듯하여 白霞酒로 이름이 붙여졌다[1].

백하주의 제조법은 공통적으로 주모를 준비한 다음 원료 및 누룩을 2회에 나누어 투입하는 이양주로 고문헌에 기술되어 있으나, 원료의 처리방법에서는 증자한 밥 형태의 지에밥(고두밥), 쌀가루를 증자한 흰무리떡 및 쌀가루로 죽을 쑨 풀 등으로 다양하게 제시되어 있다.

저자 등은 전통주의 현대화를 위한 담금 방법 표준화를 위하여, 전보에서 담금방법별 전통주의 발효 특성을 보고[2,3]한 바 있다. 즉, 전통주의 발효력은 누룩의 첨가량과 원료 및 누룩의 투입 횟수에 비례함을 알 수 있었다.

본 연구에서는 전통주 가운데 가장 기본적인 백하주 제조 방법을 이용하여, 원료 쌀을 고두밥, 흰무리떡, 쌀죽 및 복은쌀 등으로 처리한 다음, 술을 담그어 발효중 이화학적 특성, 미생물 생육의 변화 등 발효 특성과 관능적 기호도를 비교함으로써, 원료 쌀의 처리 방법이 전통주의 발효 양상에 미치는 영향을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료 및 시약

원료 백미 및 누룩은 전보[2]와 동일한 시료를 사용

Table 1. Physicochemical characteristics and microbial flora of the seed mash prepared for brewing *Baikhaju* (a Korean traditional alcoholic beverage)

Total sugar (g/l)	Reducing sugar (g/l)	pH	Acidity (%, w/v)	Alcohol (%, v/v)	Cell count (cfu/g)		
					TM[1]	YM[2]	LAB[3]
133.8	4.2	3.9	1.1	9.3	2.3×10^7	5.2×10^6	1.4×10^7

[1]Total microbes, [2]Yeasts and molds, [3]Lactic acid bacteria

하였으며 기타 모든 시약은 특급품 이상을 사용하였다.

2. 시험방법

선발 전통주인 백하주의 제조 방식은 다음과 같았다.

발효용수 및 발효용기의 세척, 발효종료 확인, pH 측정, 산도 및 총산함량 측정, 알콜함량 측정, 환원당 및 총당 함량의 측정, 관능검사, 미생물 균수 측정, 품온의 측정 및 fusel oil 분석 등은 전보[3]와 동일한 방법을 사용하였다.

1) 주모의 제조

주모는 백미 0.18 kg을 수세액이 맑을 때까지 세미하여 4℃에서 12시간 침지하고 탈수한 후 지에밥(고두밥)을 만들고, 냉각한 다음 건조, 분말화한 누룩가루 0.13 kg과 가열 냉각한 물 0.48 *l*를 혼합하여 25℃ 배양기에서 48시간 발효하여 제조하였다. 이때 주모의 이화학적 특성 및 미생물의 생육 상태는 Table 1과 같다.

2) 원료 쌀의 처리

고두밥(지에밥)은 백미를 수세액이 맑을 때까지 세미하여 4℃에서 12시간 침지하고 탈수한 후, 40분간 강한 불로 증자하였다. 다음, 물을 뿌리며 약한 불로 증자하여 밥알의 경도가 균일하게 부드럽도록 수분함량 37%의 고두밥을 제조하였다.

흰무리떡(백설기)은 백미를 동일한 방법으로 세미 및 탈수한 후, waring blender(금성사, GFM-350B)로 가루를 만들고 고두밥과 동일한 방법으로 증자하였으며, 이때 수분함량은 48%였다.

쌀죽은 백미를 세미 및 탈수한 후 분쇄하고 백미 중량의 10배의 물을 첨가한 다음, 약한 불로 가열하여 점도가 느껴질 때까지 30분간 저어주면서 제조하였으며, 완성된 쌀죽의 수분함량은 93%로 측정되었다.

볶은쌀은 백미를 세미 및 탈수하고 가열한 솥에서 쌀알의 색이 착색될 때 까지 30분간 저어주며 볶아 제조하였으며 수분함량은 2.8%였다.

3) 원료 처리별 백하주의 제조[4]

1613년 고사촬요의 제조법을 참고로, 원료의 처리는 달리하였으나 동일한 함량의 원료(2.7 kg) 및 누룩(0.3 kg)을 사용하여 제조하였다.

즉, 백미 0.9 kg을 수세액이 맑을 때까지 세미하여 4℃에서 12시간 침지하고 탈수한 후, 처리구별로 원료 쌀을 고두밥, 흰무리떡, 쌀죽 및 볶은쌀로 제조하였다. 각각의 원료 처리구별로, 준비된 주모와 누룩가루 0.2 kg를 넣고 혼합한 다음, 주요(酒醪) 표면으로부터 5 cm 높이 까지 물을 부어 1차 담금한 후 25℃에서 발효하였다. 1차 담금에서 주요의 부피는 꼬두밥, 흰무리떡 및 볶은쌀은 2.8 *l*였으며, 쌀죽은 4.0 *l*였다. 1차 담금의 발효가 왕성한 시점에서, 동일한 방법으로 백미 1.8 kg을 처리하고, 각 처리구별로 누룩가루 0.1 kg을 1차 담금 주요에 첨가하여 2차 담금하였다. 2차 담금 후 주요의 최종 부피는 꼬두밥 및 볶은쌀 7.0 *l*였으며, 흰무리떡 8.8 *l*, 쌀죽은 4.0 *l*였으며 담금이 완성된 처리구는 25℃에서 발효하였다.

III. 결과 및 고찰

전보[2,3]에서 전통주의 주질 및 관능적 기호도는 누룩의 첨가량, 주모의 사용 및 담금횟수에 영향을 받는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 원료의 처리방식이 발효특성에 미치는 영향을 비교하기 위하여, 원료를 고두밥, 흰무리떡, 쌀죽 및 볶은쌀 형태로 처리하여 발효양상을 조사하였다.

1. 총당 및 환원당 함량의 변화

원료 처리를 달리한 백하주의 발효기간중 총당 및 환원당 함량을 측정한 결과를 Fig. 1 및 Fig. 2에 나타내었다.

발효초기의 총당 함량은 볶은쌀 처리구 318.9 g/*l*, 고두밥 및 흰무리떡 처리구 296.1 g/*l*, 쌀죽 처리구 207.3 g/*l*로 측정되었다. 초기의 총당 함량은 시료 형태의 차이에 따른 양조용수 첨가량의 차이 및 분석용 시료 채취의 불균일성에 기인한 것으로 생각되었다.

발효가 진행됨에 따라 총당 함량은 모든 처리구에서 감소하였으며, 1차 발효 종료 시점은 볶은쌀 처리구에서 길었다. 이는 볶은쌀 처리구의 호화도가 기타 처리구에 비해 낮아 효소의 분해 작용이 지연된데 기인한 것으로 판단되었다. 1차 발효 종료시 총당 함량은 볶

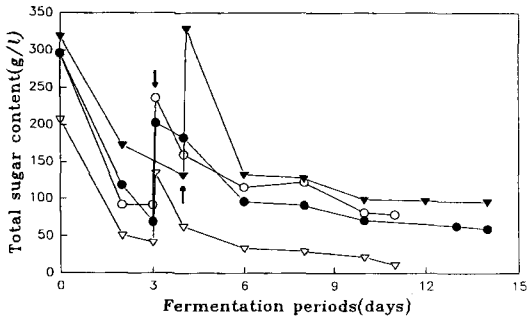

Fig. 1. Changes in total sugar content of Baikhaju (a Korean traditional alcoholic beverage) during fermentation with differently treated rice at 25℃. Arrows indicate the fermentation periods for the second input step of each raw materials, which are 3 days of steamed rice, plain steamed rice bread and rice porridge treaments, and 4 days of roasted rice treaments.
○; steamed rice, ●; plain steamed rice bread, ▽; rice porridge, ▼; roasted rice.

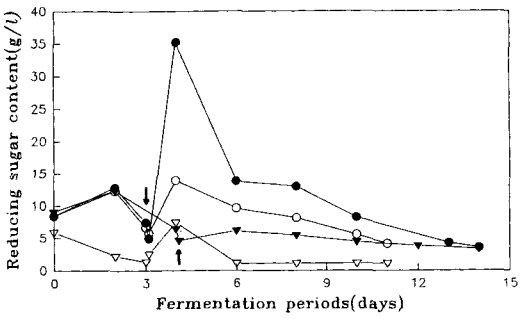

Fig. 2. Changes in reducing sugar content of Baikhaju (a Korean traditional alcoholic beverage) during fermentation with differently treated rice at 25℃. Explanation on the arrows are the same as in Fig. 1.
○; steamed rice, ●; plain steamed rice bread, ▽; rice porridge, ▼; roasted rice.

은쌀 처리구 131.5 g/l, 고두밥 처리구 91.6 g/l, 흰무리떡 처리구 69.1 g/l, 쌀죽 처리구 41.7 g/l로 나타나 발효 초기의 경향과 유사하였다.

원료의 재투입후 총당 함량은 급격히 증가하여 볶은쌀 처리구 328.8 g/l, 고두밥 처리구 236.3 g/l, 흰무리떡 처리구 202.7 g/l, 쌀죽 처리구 134.8 g/l로 측정되었으며, 발효가 진행됨에 따라 총당 함량은 감소하였다.

발효 종료후 잔류 총당의 함량은 볶은쌀 처리구 95.3 g/l, 고두밥 처리구 78.0 g/l, 흰무리떡 처리구 59.3 g/l, 쌀죽 처리구 10.9 g/l로 조사되어 발효초기 및 2차 담금전 까지의 발효 양상과 유사하였다.

환원당의 함량은 발효초기에 볶은쌀 처리구 9.1 g/l, 고두밥 및 흰무리떡 처리구 8.4 g/l, 쌀죽 처리구 5.9 g/l로 측정되어 총당 함량의 경향과 일치하였다. 발효가 진행됨에 따라 환원당 함량은 볶은쌀 처리구, 고두밥 및 흰무리떡 처리구에서 12.3 g/l～12.8 g/l로 증가하였다가 1차 발효 종료시에는 4.9 g/l～6.4 g/l로 감소하였으나, 쌀죽 처리구는 감소만을 지속하여 1차 발효 종료시에 1.3 g/l를 나타내었다. 이러한 차이는 원료의 호화도, 양조 용수, 효소 및 미생물 활성의 차이에 기인하여, 볶은쌀 처리구, 고두밥 및 흰무리떡 처리구는 효모의 생육에 비해 효소 활성이 높은 결과로, 쌀죽 처리구는 효소 활성보다 효모의 생육이 높은 결과에 기인한 것으로 판단하였다.

2차 담금후에는 총당의 경향과는 달리 원료 재투입에 따른 급격한 증가는 없었으며, 전분 가수분해 효소의 작용활성에 의하여 서서히 증가하여 흰무리떡 처리구 35.2 g/l, 고두밥 처리구 13.9 g/l, 쌀죽 처리구 7.4 g/l 및 볶은쌀 처리구 6.1 g/l를 나타내어 볶은쌀 처리구의 증가폭이 낮았다.

그 이후에는 발효가 진행됨에 따라, 환원당 함량은 효모에 의한 당의 소비로 감소하여, 발효 종료후 잔류 환원당 함량은 볶은쌀 처리구, 고두밥 및 흰무리떡 처리구에서 3.3 g/l～4.1 g/l를 나타내었으며 쌀죽 처리구는 1.1 g/l로 조사되어 총당 함량의 경향과 유사하였다.

즉, 잔류 총당 및 환원당 함량은 볶은쌀 처리구, 고두밥 및 흰무리떡 처리구와 비교하여 쌀죽 처리구에서 낮았다. 이는 쌀죽의 높은 함수율로 인하여 동일한 무게의 시료를 취하였을 경우 기타 처리구에 비해 전분의 농도가 낮은데 기인한 것으로 판단하였다.

2. pH 및 산도의 변화

원료 처리구별 백하주의 발효기간에 따른 pH 및 산도의 변화는 Fig. 3 및 Fig. 4와 같다.

발효초기 pH는 흰무리떡 및 쌀죽 처리구에서 4.1, 고두밥 처리구에서 4.0 및 볶은쌀 처리구에서는 3.8을 나타내었으나 커다란 차이는 없었다.

발효가 진행됨에 따라 pH는 다소 감소하였으나 각 처리구별로 거의 일정하였고, 원료 및 누룩의 재투입 시에도 pH는 커다란 변화가 없었다. 주모를 사용하지 않는 전통주의 경우 초기 pH가 7.0을 나타내어 발효 진행시 pH가 급격히 감소하였으나[2,3], 백하주는 주모를 사용하므로 pH의 급격한 감소 없이, 초기부터 발효 진행시와 유사한 값을 나타내면서 각 처리구별로 일정한 값을 유지하였다. 원료 투입시 pH 값의 일정한 유지 경향은 발효중 생산된 유기산에 의한 완충 효과에

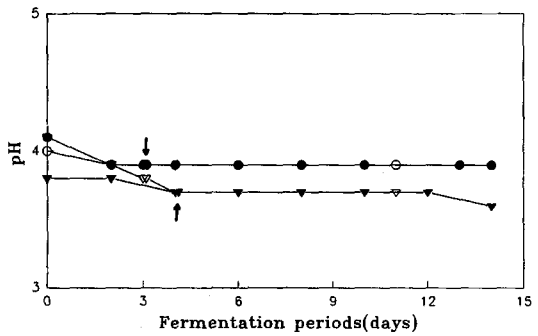

Fig. 3. Changes in pH of Baikhaju (a Korean traditional alcoholic beverage) during fermentation with differently treated rice at 25℃. Explanation on the arrows are the same as in Fig. 1.
○; steamed rice, ●; plain steamed rice bread, ▽; rice porridge, ▼; roasted rice.

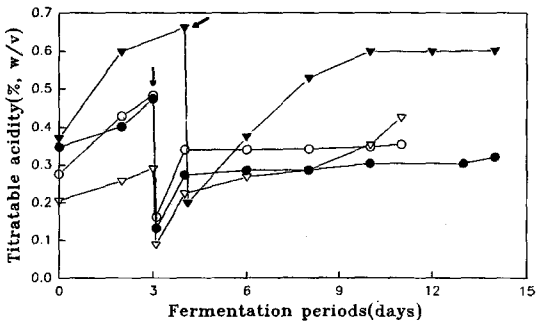

Fig. 4. Changes in titratable acidity of Baikhaju (a Korean traditional alcoholic beverage) during fermentation with differently treated rice at 25℃. Explanation on the arrows are the same as in Fig. 1.
○; steamed rice, ●; plain steamed rice bread, ▽; rice porridge, ▼; roasted rice.

기인한 것으로 판단하였다.

발효 종료시에는 pH가 고두밥 및 흰무리떡 처리구 3.9, 쌀죽 및 볶은쌀 처리구 3.6~3.7로 측정되어 멥쌀을 원료로 하고 누룩과 효모를 사용한 탁주 발효과정에서 최종 pH가 3.6~3.7로 보고한 이 등[5]의 결과와 유사하였다.

산도는 발효초기에 볶은쌀 및 흰무리떡 처리구 0.35%~0.37%, 고두밥 처리구 0.28%, 쌀죽 처리구 0.21%로 측정되었다.

발효가 진행됨에 따라 산도는 모든 처리구에서 증가하여, 1차 발효 종료시 산도는 볶은쌀 처리구에서 0.66%로 가장 높았으며, 고두밥 및 흰무리떡 처리구는 0.47%~0.48%를 나타내었고 쌀죽 처리구는 0.29%로 가장 낮았다.

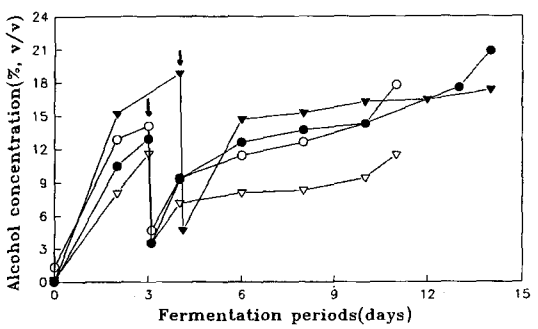

Fig. 5. Changes in alcohol concentration of Baikhaju (a Korean traditional alcoholic beverage) during fermentation with differently treated rice at 25℃. Explanation on the arrows are the same as in Fig. 1.
○; steamed rice, ●; plain steamed rice bread, ▽; rice porridge, ▼; roasted rice.

원료 및 누룩의 재투입 후 산도는 급격히 감소하여 볶은쌀 처리구 0.2%, 고두밥 처리구 0.16%, 흰무리떡 처리구 0.13%, 쌀죽 처리구 0.09%로 측정되었으며, 발효가 진행됨에 따라 산도는 증가하였다.

발효 종료후 산도는 볶은쌀 처리구가 0.6%로 가장 높았으며, 쌀죽 처리구는 0.42%, 고두밥 및 흰무리떡 처리구는 0.32%~0.35%를 나타내었다. 이는 전통주 술덧의 총산함량이 시험구에 따라 차이가 있다는 보고[6]에 부합하였다.

3. 알콜 함량의 변화

원료 처리별 백하주의 발효기간에 따른 알콜 함량의 변화를 Fig. 5에 나타내었다.

발효 초기의 알콜 함량은 고두밥 처리구에서 1.35% (v/v), 흰무리떡, 쌀죽 및 볶은쌀 처리구에서 0.0%~0.2%(v/v)의 값을 나타내었다.

발효의 진행에 따라 알콜 함량은 모든 처리구에서 증가하여, 1차 발효 종료시 알콜 함량은 볶은쌀 처리구에서 18.8%로 가장 높았으며, 고두밥 처리구는 14.1%, 흰무리떡 처리구는 12.9%를 나타내었고 쌀죽 처리구는 11.6%로 가장 낮았다.

원료 및 누룩의 재투입후 알콜 함량은 급격히 감소하여 볶은쌀 및 고두밥 처리구는 4.7%, 흰무리떡 및 쌀죽 처리구는 3.5%로 측정되었으며, 발효가 진행됨에 따라 알콜 함량은 증가하였다.

발효 종료후 알콜 함량은 흰무리떡 처리구가 20.8%로 가장 높았으며, 고두밥 처리구는 17.8%, 볶은쌀 처리구는 17.3%을 나타내었으며 쌀죽 처리구는 11.5%로 가장 낮아 발효력과 관련하여 산도의 경향과 유사하였다.

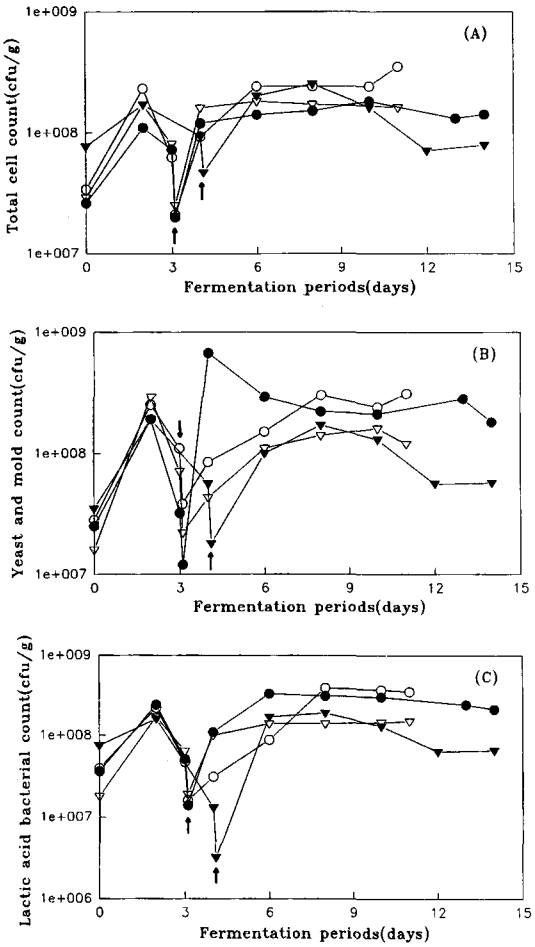

Fig. 6. Changes in microbial growth of Baikhaju (a Korean traditional alcoholic beverage) during fermentation with differently treated rice at 25℃. Explanation on the arrows are the same as in Fig. 1.
A; Total microbes, B; Yeasts and molds, C; Lactic acid bacteria ○; steamed rice, ●; plain steamed rice bread, ▽; rice porridge, ▼; roasted rice.

4. 미생물군의 변화

원료 처리별 백하주의 발효기간 중 미생물 생육상태의 변화를 관찰하기 위하여 총균수, 곰팡이 및 효모수, 젖산균수를 각각 측정하여 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

총균수(Fig. 6A)는 발효 초기에 볶은쌀 처리구 7.7×10^7 cfu/g, 고두밥, 흰무리떡 및 쌀죽 처리구는 2.6×10^7 cfu/g~3.4×10^7 cfu/g을 나타내었다.

발효가 진행됨에 따라 총균수는 증가하다가 1차 발효 종료시 감소하여 볶은쌀 처리구 4.7×10^7 cfu/g, 고두밥, 흰무리떡 및 쌀죽 처리구는 2.0×10^7 cfu/g~2.5×10^7 cfu/g을 나타내어 발효 초기의 경향과 일치하였다.

원료 및 누룩의 재투입 직후는 급격한 증감을 보였던 당 함량, 산도 및 알콜의 변화와는 달리 총균수는 서서히 증가하였으며, 이는 정 등의 보고[7]와 일치하는 경향이었다.

고두밥 처리구는 발효 종료전 총균수 2.4×10^8 cfu/g을 유지하다가 발효종료시 3.5×10^8 cfu/g로 증가하였으나, 쌀죽, 흰무리떡 및 볶은쌀 처리구는 발효 종료전 1.6×10^8 cfu/g~1.8×10^8 cfu/g을 유지한 후 발효 종료시 감소하여 쌀죽 처리구는 1.6×10^8 cfu/g, 흰무리떡 처리구는 1.4×10^8 cfu/g 및 볶은쌀 처리구는 7.9×10^7 cfu/g를 나타내었다.

곰팡이 및 효모수(Fig. 6B)는 발효 초기에 볶은쌀 처리구, 고두밥 및 흰무리떡 처리구에서 2.5×10^7 cfu/g~3.5×10^7 cfu/g을 나타내었으며, 쌀죽 처리구는 1.6×10^7 cfu/g으로 낮았다.

발효가 진행됨에 따라 곰팡이 및 효모수는 증가하다가 감소하여 총균수의 경향과 일치하였으며, 1차 발효 종료시 고두밥 처리구는 3.8×10^7 cfu/g, 쌀죽 처리구는 2.2×10^7 cfu/g, 볶은쌀 처리구는 1.8×10^7 cfu/g 및 흰무리떡 처리구는 1.2×10^7 cfu/g을 나타내었다.

원료 및 누룩의 재투입후 곰팡이 및 효모수는 서서히 증가하여 고두밥 처리구는 발효 종료전 2.5×10^8 cfu/g을 유지한 다음 발효종료시 3.1×10^8 cfu/g로 더욱 증가하였다. 그러나 쌀죽, 흰무리떡 및 볶은쌀 처리구는 발효 종료전 1.3×10^8 cfu/g~2.8×10^8 cfu/g을 유지한 후 감소하여 총균수의 경향과 같았다. 발효 종료시 곰팡이 및 효모수는 흰무리떡 처리구 1.8×10^8 cfu/g, 쌀죽 처리구 1.2×10^8 cfu/g 및 볶은쌀 처리구 5.7×10^7 cfu/g을 나타내어 쌀죽 및 볶은쌀 처리구에 비해 고두밥 및 흰무리떡에서 높았던 알콜 함량의 경향과 유사하였다.

젖산균 수의 변화(Fig. 6C)는 발효 초기에 볶은쌀 처리구에서 7.5×10^7 cfu/g로 높고, 고두밥 및 흰무리떡 처리구에서는 3.6×10^7 cfu/g~3.9×10^7 cfu/g을 나타내었으며 쌀죽 처리구는 1.8×10^7 cfu/g으로 낮아 곰팡이 및 효모수의 경향과 일치하였다.

발효가 진행됨에 따라 젖산균수는 증가하다가 감소하여 총균수, 곰팡이 및 효모수의 경향과 일치하였으며, 1차 발효 종료시 고두밥, 흰무리떡 및 쌀죽 처리구는 4.7×10^7 cfu/g~6.4×10^7 cfu/g를, 볶은쌀 처리구 3.2×10^6 cfu/g을 나타내었다.

원료 및 누룩의 재투입 후 곰팡이 및 효모수는 서서히 증가하여 발효 종료시 고두밥 처리구는 3.5×10^8 cfu/g으로 가장 높았으며, 흰무리떡 처리구는 2.1×10^8 cfu/g, 쌀죽 처리구는 1.5×10^8 cfu/g을 나타내었고 볶

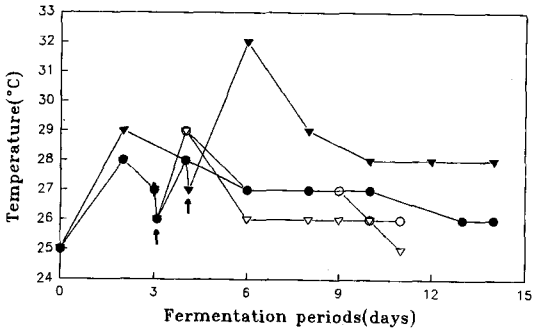

Fig. 7. Changes in inner temperature of Baikhaju (a Korean traditional alcoholic beverage) during fermentation with differently treated rice at 25℃. Explanation on the arrows are the same as in Fig. 1.
○; steamed rice, ●; plain steamed rice bread, ▽; rice porridge, ▼; roasted rice.

은쌀 처리구는 6.5×10^7 cfu/g으로 가장 낮았다. 흰무리떡 및 고두밥 처리구에 비해 쌀죽 및 볶은쌀 처리구에서 젖산균의 생육이 저조하여 잡균의 번식이 보다 용이하였던 것으로 생각되며 따라서 산도는 높고 알콜 함량은 낮은 값을 보인 것으로 판단하였다.

5. 발효기간 및 품온의 변화

발효기간은 Fig. 1~7에서 나타난 바와 같이 고두밥 및 쌀죽 처리구는 11일, 흰무리떡 및 볶은쌀 처리구는 14일로서, 발효기간은 흰무리떡 및 볶은쌀 처리구에서 길었다.

발효기간중 품온의 변화는 Fig. 7과 같다. 모든 처리구는 발효 초기에 발효 온도인 25℃의 품온을 나타내었다. 발효가 진행됨에 따라 품온은 증가하여 볶은쌀 처리구는 29℃, 고두밥, 흰무리떡 및 쌀죽 처리구는 28℃까지 증가후 1차 발효 종료시 볶은쌀 처리구는 27℃, 고두밥, 흰무리떡 및 쌀죽 처리구는 26℃로 감소하였다.

원료 및 누룩의 재투입후 품온은 서서히 증가하여, 볶은쌀 처리구는 32℃까지 상승으로 가장 높은 품온을 기록하였으며, 고두밥 및 흰무리떡 처리구는 27℃, 쌀죽 처리구는 26℃의 품온을 기록하였다. 이는 미생물 생육의 경향과 일치하는 결과 였으며, 원료 및 누룩의 투입으로 발효가 왕성해지면서, 품온도 함께 상승함을 알 수 있었다.

발효 종료시에는 볶은쌀 처리구 28℃, 고두밥 및 흰무리떡 처리구는 26℃, 쌀죽 처리구는 25℃의 품온을 기록하여 1차 발효의 경향과 일치하였다.

6. 전통주의 수율 비교

상기의 결과들로 부터, 원료의 처리방식에 따라 발효율이 차이가 있으며, 당의 소비, 알콜 및 산의 생산이 유기적으로 결정됨을 알 수 있었다. 따라서 발효기간중 원료 처리별 백하주의 소비된 총당 함량과 생산된 총산 및 알콜의 농도를 중량비로 환산하여 조사하였다. 소비된 총당 함량 및 생산된 총산, 알콜의 전체함량은 각 원료 투입 단계의 전체 부피에 대한 희석 비율을 고려하여 동일한 부피를 기준으로 실제 소비 총당과 생산 총산 및 알콜의 함량을 환산하였으며, 계산된 결과들은 Table 2에 나타내었다.

각 처리구의 산 생산수율은 0.01~0.02로 유사하였으나, 알콜 수율은 고두밥, 쌀죽 및 볶은쌀 처리구에서 0.52~0.53으로 포도당 사용시 이론치[8]인 0.51보다 다소 높았으며, 흰무리떡 처리구는 0.78로 매우 높았다. 이는 첫째, 시험용 초자기구에 비해 용량이 큰 15*l*의 유리용기로 술을 제조하므로, 시료의 다량 채취시 액상의 주요에 비해 반고형 상태의 주요가 적은 함량이 취해지는 등 시료의 채취가 불균일하여서, 높은 알콜 생성에 비해 총당의 함량이 적게 측정된 것과, 둘째, 주모의 쌀과 누룩에 함유된 당의 소비량이 수율 계산시 고려되지 않은 것이 원인인 것으로 생각되었다.

흰무리떡 처리구는 당의 소비량이 198.70 g/*l*로 높지는 않았으나, 총산의 생성 농도가 0.19%로 가장 낮고 알콜의 생성 농도는 15.49%로 가장 높아 발효 효율이 가장 우수하였다. 고두밥 처리구는 당의 소비량이 246.40 g/*l*로 가장 높았으나, 총산의 생성 농도는 0.34%로 중간 정도를 나타내었고 알콜의 생성 농도는 13.06%로 흰무리떡 다음으로 발효 효율이 높았다. 볶은쌀 처리구는 당의 소비량이 225.9 g/*l*를 나타내었고, 적정 산도의 경우 가장 높았던 처리구 였으나 기타 처리구와 동일한 부피를 기준으로 계산하였을 경우 총산의 생성 농도는 0.23%로 낮았으며, 알콜의 생성 농도는 11.67%로 조사되었다. 쌀죽 처리구는 당의 소비량이 170.90 g/*l*로 가장 낮았으며, 총산의 생성 농도는 0.35%로 가장 높고 알콜의 생성 농도는 8.90%로 가장 낮아 발효 효율이 가장 저조하였다.

7. Fusel oil 분석

발효가 완료된 처리구로 부터 발효액을 취하고 증류하여 fusel oil을 분석한 결과는 Table 3과 같다.

주된 fusel oil 성분은 iso-amyl alcohol로서 쌀죽 및 고두밥 처리구가 300 ppm로 가장 높았으며, 볶은쌀 처리구는 217.9 ppm, 흰무리떡 처리구는 157.2 ppm을 나타내었다. iso-Butanol은 볶은쌀 처리구가 132.3 ppm으로 높았으며, 고두밥 처리구는 116.5 ppm, 흰무리떡 처리구는 105.3 ppm, 쌀죽 처리구는 73.9 ppm으로 낮았다. n-Propanol은 흰무리떡 처리구 135.4 ppm, 고두밥

Table 2. Summary of production yields of total acid and alcohol during fermentation of *Baikhaju* (a Korean traditional alcoholic beverage) with different rice treaments at 25℃ with respect to the same contents of rice (22.5%, w/v) and *Nuruk* (Korean-style bran koji) (2.5%, w/v)

	Total acid (%, w/v)	Alcohol (%, w/v)	Consumed total sugar (g/l)	Yield of total acid (g/g)	Yield of alcohol (g/g)
Steamed rice					
1st input	0.21	10.20	204.60	0.01	0.49
2nd input	0.18	10.43	158.30	0.01	0.66
Total	0.34	13.06	246.40	0.01	0.53
Plain steamed rice bread					
1st input	0.47	9.20	227.10	0.02	0.41
2nd input	0.17	13.80	123.40	0.01	1.11
Total	0.19	15.49	198.70	0.01	0.78
Rice porridge					
1st input	0.09	9.00	165.60	0.01	0.54
2nd input	0.34	6.30	113.20	0.03	0.56
Total	0.35	8.90	170.90	0.02	0.52
Roasted rice					
1st input	0.66	14.96	187.50	0.04	0.80
2nd input	0.35	6.11	156.30	0.02	0.39
Total	0.23	11.67	225.90	0.01	0.52

처리구 116.5 ppm, 볶은쌀 처리구 64.2 ppm, 쌀죽 처리구 47.3 ppm으로 측정되었으며, ethyl acetate는 고두밥, 흰무리떡 및 볶은쌀 처리구 35.7 ppm~39.1 ppm, 쌀죽 처리구는 28.5 ppm으로 측정되었다. Acetaldehyde는 고두밥, 쌀죽 및 볶은쌀 처리구에서 22.6 ppm~26.7 ppm로 측정되었으며, 흰무리떡 처리구는 28.5 ppm으로 측정되었다.

소량 함유되어 있는 fusel oil 성분으로, methanol은 모든 처리구에서 5.8 ppm~9.7 ppm을 나타내었고, n-butanol은 고두밥, 흰무리떡 및 쌀죽 처리구에서 6.6 ppm~7.6 ppm으로 측정되었다. Acetone은 볶은쌀 처리구에서 0.8 ppm으로 미량 측정되었으나 기타 처리구에서는 함유되어 있지 않았다.

총 fusel oil 함량은 고두밥 및 쌀죽 처리구에서 613.1 ppm~614.1 ppm으로 높았으며, 볶은쌀 처리구에서는 482.7 ppm을 나타내었다. 발효 효율이 높았던 흰무리떡 처리구는 341.8 ppm으로 가장 낮아 발효 효율이 높을수록 fusel oil은 감소한다는 보고[9]에 부합하였다.

Table 3. Fusel oil content of the distillates from *Baikhaju* (a Korean traditional alcoholic beverage) fermented with different treaments of rice as raw material at 25℃ (Unit: ppm)

Fusel oil	Steamed rice	Plain steamed rice bread	Rice porridge	Roasted rice
Acetaldehyde	17.9	26.7	28.4	22.6
Methanol	9.5	6.0	9.7	5.8
Acetone	–	–	–	0.8
Ethyl Acetate	38.6	28.5	35.7	39.1
n-Propanol	135.4	47.3	116.5	64.2
iso-Butanol	105.3	73.9	116.5	132.3
n-Butanol	7.6	2.2	6.6	–
iso-Amyl alcohol	298.9	157.2	300.7	217.9
Total	613.2	341.8	614.1	482.7

8. 관능적 기호도 조사

원료 처리구별 백하주의 단맛, 신맛, 향기, 색 및 알콜농도에 대한 기호도 및 종합적 기호도를 관능적으로 평가하여 비교한 결과는 Table 4와 같다.

단맛의 경우 각 처리구에서 고두밥, 쌀죽 및 볶은쌀 처리구에서 5.0~5.7의 기호도를 보였으나, 흰무리떡 처리구에서 4.7로 낮았다. 이는 흰무리떡 처리구의 당화력이 낮았던데 기인한 것으로 생각되었다.

신맛의 경우는 고두밥 및 쌀죽 처리구에서 5.3~5.4로 높았으며, 흰무리떡 및 볶은쌀 처리구에서는 4.2~4.4로 낮아 총산의 생산 경향과 일치하였다.

향기와 알콜 농도는 모든 처리구에서 각각 5.6~6.0 및 5.0~5.8로 보통 이상의 좋은 기호도를 나타내었고,

Table 4. Sensory evaluation[1)] of *Baikhaju* (a Korean traditional alcoholic beverage) fermented with different treaments of rice as raw material at 25℃

Rice treatments	Sweetness	Sourness	Flavor	Color	Alcohol	Overall desirability
Steamed rice	5.0[c]	5.4[a]	5.6[b]	4.8[cd]	5.8[a]	5.5[b]
Plain steamed rice bread	4.7[b]	4.2[b]	6.3[a]	7.3[a]	5.0[d]	4.8[c]
Rice porridge	5.7[a]	5.3[a]	5.7[b]	6.0[b]	5.7[ab]	5.7[a]
Roasted rice	5.1[c]	4.4[b]	6.0[ab]	5.2[c]	5.5[c]	5.3[b]

[1)]9; like extremely, 5; neither like nor dislike, 1; dislike extremely
[2)]Means with different superscripts within the same column are significantly different ($P<0.05$)

색은 흰무리떡 처리구에서 7.3으로 가장 높았으며, 쌀죽 처리구는 6.0, 볶은쌀 처리구는 5.2 및 고두밥 처리구는 4.8로 가장 낮았다.

전체적으로 종합적 기호도를 조사하였을 경우는 쌀죽 처리구에서 5.7로 가장 높았으며, 고두밥 및 볶은쌀 처리구는 5.3~5.5를 나타내었고 흰무리떡 처리구는 4.8로 가장 낮았다.

흰무리떡 처리구의 경우 알콜 생산 등 발효 효율은 가장 높았으나, 기호도는 가장 낮았으며, 쌀죽 처리구는 발효 효율은 낮았으나 기호도는 높았다.

이상에서 상대적으로 저농도 알콜 함량의 술이 선호되고 있음을 알 수 있었으나, 본 연구에서 기호도가 높았던 처리구인 쌀죽 처리구는 발효 효율이 낮으므로, 흰무리떡 처리구와 같이 발효 효율은 높이면서 우수한 향미와 기호성을 갖는 표준화된 우리술 개발의 다양한 시도가 계속되어야 할 것으로 판단되었다.

IV. 요약 및 결론

원료의 처리를 달리하였을 경우 전통주의 발효 특성에 미치는 영향을 비교할 목적으로, 쌀 원료를 고두밥, 흰무리떡, 쌀죽 및 볶은쌀로 처리하여 백하주를 제조하고 이화학적 특성, 미생물 생육의 변화 및 관능적 기호도를 비교하였다. 흰무리떡 처리구는 알콜의 생성 농도가 20.84%로 높아 발효 효율이 가장 우수하였다. 고두밥 처리구는 당의 소비량은 가장 높았으나, 알콜의 생성 농도는 17.79%로 흰무리떡 다음으로 발효 효율이 높았다. 볶은쌀 처리구는 17.31%의 알콜 농도를 나타내었으며, 쌀죽 처리구는 11.47%의 알콜 농도로 발효 효율이 가장 저조하였다. pH는 모든 처리구에서 3.6~3.9로 유사하였으며, 발효기간은 고두밥 및 쌀죽 처리구에 비해 흰무리떡 및 볶은쌀 처리구에서 길었으며, 품온 및 미생물의 생육은 원료 및 누룩 투입시기 마다 증가하였다. Fusel oil 함량은 고두밥 및 쌀죽 처리구에서 613.6 ppm으로 높았으며, 볶은쌀 처리구에서는 482.7 ppm을 나타내었고 발효 효율이 높았던 흰무리떡 처리구는 341.8 ppm으로 가장 낮았다. 관능적 기호도는 쌀죽 처리구에서 가장 높고 흰무리떡 처리구에서 가장 낮아 발효 효율과 상반된 경향을 나타내었다.

감사의 글

이 논문은 농림수산부의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 구영조, 박완수, 김인호. 한국식품개발연구원 보고서 G 1009-0196, p.33, 1992.
2. 김인호, 박완수, 구영조. 한국식생활문화학회지, **11**(3), 인쇄중 1996.
3. 김인호, 박완수, 구영조. 한국식생활문화학회지, 심사중 1996.
4. 유태종. 한국의 술, 중앙신서 3, 광명인쇄공사, 1977.
5. 이주선, 이택수, 노봉수, 박성오. 한국식품과학회지, **28**: 330, 1996.
6. 인혜영, 이택수, 이동선, 노봉수. 한국식품과학회지, **27**: 134, 1995.
7. 정지흔, 정순택. 한국농화학회지, **28**: 252, 1985.
8. Stryer, L. Biochemistry, 3rd edition, W.H. Freeman and Company, NewYork, p.363, 1988.
9. 배상면. 전통주제조기술, (주)배한산업 부설 효소연구소, p.189, 1995.