

Quality characteristics of whey *Makgeolli* by *Kluyveromyces marxianus*

Su-Hwan Kim¹, Chang-Ki Huh², So-Mang Kim¹, In-Kyung Cho³, Yong-Doo Kim^{1*}

¹Department of Food Science and Technology, Sunchon National University, Suncheon 57922, Korea

²Imsil Institute of Cheese Science, Imsil 55918, Korea

³Department of Food and Nutrition, Nambu University, Gwangju 62271, Korea

*Kluyveromyces marxianus*에 의한 유청막걸리 품질특성

김수환¹ · 허창기² · 김소망¹ · 조인경³ · 김용두^{1*}

¹순천대학교 식품공학과, ²(재)임실치즈과학연구소, ³남부대학교 식품영양학과

Abstract

This study was performed to analyze the processing and quality characteristics of whey *Makgeolli* prepared with different types of yeast and ratio of the whey content. Lactose content of yeast culture medium containing *S. cerevisiae* was 1.36% whereas lactose content of yeast culture containing *K. marxianus* KCCM 12015 was very little. Yeast culture of both *K. marxianus* KCCM 35455 and *K. marxianus* KCCM 50700 did not produce lactose. Until the 10th day, ethanol production ability of *S. cerevisiae*, *K. marxianus* KCCM 12015, *K. marxianus* KCCM 35455, and *K. marxianus* KCCM were 0.31%, 2.51%, 2.53%, and 2.59%, respectively. Total acids content increased rapidly with the increase in the addition of whey content in the initial 2 days and then decreased during 4~10 days of fermentation. In the aspect of pH, the pH was rapidly decreased in the initial 2 days and then increased until 10th day of fermentation with the increase in whey content. Ethanol content of whey *Makgeollis* at 10th day of fermentation was the highest in yeast culture containing *K. marxianus*. From the sensory evaluation, the flavor score of whey *Makgeollis* in was higher than that of control. The color and taste scores were increased as the increase in the addition of whey. The comprehensive preference indicated that *Makgeolli* prepared with 100% whey was the best among other samples.

Key words : *Makgeolli*, *Kluyveromyces marxianus*, whey, fermentation, lactose

서 론

유청이란 치즈제조 과정의 부산물을 말하며(1), 치즈가 제조되기 시작한 BC 5,000년부터 생산 및 사용이 되었다(2). 유청은 치즈 1 kg 제조 시 치즈 생산량의 10배인 10 kg 정도로 1 : 10의 비율로 생산된다고 보고되어 있다(3). 이렇게 생산된 유청은 수용성 단백질, 유당, 미네랄, 비타민, 아미노산, 젖산 및 효소 등이 포함되어 있고 우수한 유화작용, 거품생성 기포형성, 젤라틴화 및 용해성 등 여러 기능적

인 특성으로 인하여 과거에는 폐기 처분되었던 물질이 최근에는 새로운 식품재료와 식품첨가물로써 이용가치가 높게 평가되고 있으나(4,5), 국내에서는 양이 적고 이용할 수 있는 기반 시설이 미비하여 BOD가 35~45 kg/L가 요구되는 유청을 정화 처리하여 폐기하는 실정이다(6).

유청은 과거에 주로 액체 상태로 동물에게 사료로 급여하였으며, 중세시대에는 약제, 정력제, 피부 방향제로써 이용하였다. 또한, 화상을 완화시키거나 체력을 회복시키고 질병을 치료하는 약제나 연고의 구성성분으로서도 이용한 것으로 나타났다(7).

현재 인류의 식품이나 동물사료로 이용되고 있는 유청은 여러 가지 형태로 제조, 분리, 배합되어(8) 기능성 식품소재, 의약품 소재, 필름과 코팅제, 유청 함유물, 화장품 및 생필품 등 그 형태와 종류는 수없이 많다(5).

유청을 이용한 알코올 발효적성 및 음료의 개발연구는

*Corresponding author. E-mail : kyd4218@sunchon.ac.kr
Phone : 82-61-750-3256, Fax : 82-61-750-3208
Received 9 March 2015; Revised 25 June 2015; Accepted 24 July 2015.
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

국외의 경우, Zafar과 Owais(9)는 *Kluyveromyces marxianus* 균주를 이용해 알코올 발효적성에 대한 연구를 보고한 바 있으며, Dragone 등(10)은 유청을 발효시켜 제조된 알코올 음료의 휘발성 화합물의 특성에 관한 내용을 보고 하였다(11,12). 국내에서는 Shim 등(13)과 Kim 등(14)은 *K. marxianus*와 lactic acid bacteria 균주를 이용한 유청 알코올 발효적성에 관한 연구와 유청을 탁주 용수로 이용하기 위한 발효 적성에 관한 연구 보고가 이루어진바 있다.

막걸리는 우리나라의 전통발효주의 하나로 막 거른 술이라는 의미로부터 유래되어 맑지 않고 탁하기 때문에 “탁주”라고 부르기도 하고, 농부들이 갈증이나 배고픔을 해소하기 위하여 새참으로 즐겨 음용하였다고 하여 “농주”라고도 불리어져 왔다(15). 국내 막걸리에 관한 연구는 대부분이 전분질 원료 및 누룩(입국)에 관한 연구(16,17)와 부재료 첨가에 따른 품질특성(18,19)에 관한 연구가 진행 되었고, 최근 막걸리의 담금 용수에 관한 연구로 Lee(20)의 자차나무 수액을 활용한 탁주 제조와 Son 등(21)의 가수량을 달리한 탁주 제조 연구 등이 이루어지면서 담금 용수에 대한 관심이 높게 나타나고 있다.

따라서 본 연구는 국내에서 대부분 폐기 되는 유청을 막걸리 담금 용수로 활용하기 위하여 유청의 알코올 발효에 적합한 효모를 선정하고, 유청과 물의 첨가 비율을 달리한 유청 막걸리의 품질특성을 확인하여 유청 활용 및 전통주인 막걸리 발전을 도모하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 사용균주

실험에 사용된 유청은 2014년 4월 전라북도 (재)임실치즈과학연구소에서 제공받아 62°C에서 30분간 저온 살균하여 냉각시킨 후 4°C에서 냉장 및 -50°C에서 냉동보관 하면서 사용하였고, 쌀은 2013년 전남농업기술원에서 한아름 품종을 제공 받아 사용하였다. 입국은 시판백국인 조제종국(주)충무발효, Ulsan, Korea)을 구입하여 입국 제조에 사용하였다. 막걸리 제조용 효모는 시판 건조효모인 *Saccharomyces cerevisiae*(Laparisisienne, S. I. Lesaffre, France)를 구입하여 사용하였으며, *K. marxianus* KCCM 12015, *K. marxianus* KCCM 35455 및 *K. marxianus* KCCM 50700 3종을 한국미생물보존센터에서 분양받아 사용하였다.

유청의 효모별 배양 조건

배양액은 62°C에서 30분간 저온 살균하여 냉각시킨 유청 500 mL에 *K. marxianus* 3종을 각각 5 mL씩 접종하여 28°C에서 10일 동안 배양하였으며, 시판효모인 *S. cerevisiae*를 대조구로 하여 동일한 조건으로 배양하였다.

유청 발효액의 유당 함량 측정

유당 성분의 분석은 Wilson(22)의 방법에 따라 시료를 전처리하여 HPLC(Waters M510, Waters Co., Milford, MA, USA)로 분석하였다. Column은 Carbohydrate column(ID 4.6×50 mm, Grace Co., Deerfield, IL, USA)를 사용하였으며, mobile phase는 75% acetonitrile, flow rate는 1.0 mL/min, detector는 ELSD(2000ES, Alltech Co., Vienna, VA, USA)를 사용하였다. 함량은 외부표준법으로 계산하였다.

유청 발효액의 에탄올 함량 측정

Ethanol 함량은 시료를 여과하여 여액 1 µL를 GC에 주입하였으며 외부 표준법으로 계산하였다. GC분석조건은 Carbo-pack B/PEG 20M 5%(ID 3 mL×4 mm, Hewlett Packard Co., Palo Alto, CA, USA)를 사용하여 오븐온도는 60°C에서 150°C까지 5°C/min속도로 상승시켰고 주입기와 검출기의 온도는 각각 220°C와 250°C, carrier gas는 N₂를 사용하였다.

입국제조

본 실험에 사용된 입국은 쌀 1 kg을 5시간 동안 물에 침지시킨 후 30분간 증자하여 30°C로 냉각시킨 다음, 시판 백국을 접종하고 30°C에서 3일간 배양하여 양조용 입국으로 사용하였다.

주모제조

주모제조는 입국 500 g에 물 750 mL를 첨가하여 젖산 0.5%를 혼합하고 시판효모인 *S. cerevisiae*와 *K. marxianus* 3종을 50 mL씩 각각 첨가하여 25°C에서 6일간 발효시켰다.

유청 첨가비율에 따른 막걸리 제조

1단 담금은 쌀 2 kg에 담금용수로 62°C에서 30분간 저온 살균하여 냉각시킨 유청 50%(물 1.5 L : 유청 1.5 L) 및 100%(유청 3 L)로 각각 첨가한 후 정제효소((주) 바이오랜드, Ansan, Korea)를 0.3%씩 혼합하고, 전 배양한 주모를 1 L씩 첨가하여 25°C에서 3일간 발효 시켰다. 대조구로는 유청 대신 물 3 L, 정제효소 0.3%와 주모 1 L를 첨가한 후 동일한 조건 하에서 발효시켰다. 2단 담금은 1단 담금된 술덧에 쌀 4 kg에 담금용수로 62°C에서 30분간 저온 살균하여 냉각시킨 유청 50%(물 2.5 L : 유청 2.5 L) 및 100%(유청 5 L)로 각각 첨가한 후 정제효소를 0.3%씩 혼합하고 25°C에서 10일간 발효시켰다. 대조구로는 유청 대신 물 5 L와 정제효소 0.3%를 첨가하여 동일한 조건 하에서 발효시켜 A 시료구(*S. cerevisiae*+water 100%), B 시료구(*S. cerevisiae*+water 50%, whey 50%), C 시료구(*S. cerevisiae*+whey 100%), D 시료구(*K. marxianus* KCCM 50700+water100%), E 시료구(*K. marxianus* KCCM 50700+water 50%, whey 50%) 및 F 시료구(*K. marxianus* KCCM 50700+whey 100%)를 제조하여 품질특성과 관능평가를 실시하였다.

총산과 pH 측정

총산 함량은 시료를 원심분리하여 상등액 10 mL를 취해 0.1 N NaOH 용액으로 적정한 후 0.009를 곱하여 lactic acid로 환산하였다. pH는 시료 20 mL를 취하여 pH meter를 사용하여 측정하였다.

환원당 함량 측정

환원당 함량 변화는 Somogyi 변법(23)에 준하여 측정하였다. 즉, 시료 10 mL를 Somogyi 변법에 의해 정량하여 glucose 함량으로 표시하였다.

Ethanol 함량 측정

Ethanol 함량은 시료를 여과하여 여액 1 µL를 GC에 주입하였으며 분석조건은 유청 발효액의 에탄올 함량 측정 방법과 같다.

관능평가

유청 첨가비율에 따른 막걸리의 관능검사는 panel 10명을 대상으로 하여 향(flavor), 색(color), 맛(taste)을 평가항목으로 하고 최종적으로 전체적인 기호도(overall preference)를 9단계 평가법(24)으로 실시하였다. 채점 기준은 아주 좋다; 9점, 보통이다; 5점, 아주 나쁘다; 1점으로 하였다. 2시간 간격으로 시료의 번호를 바꾸어 같은 panel들로 3회 반복하였으며, 각 반복 시 가장 높은 점수와 가장 낮은 점수를 제외하고 평균 득점을 구하였다. 관능평가 결과는 Duncan's multiple range test(25)에 의해 평균치간의 유의성을 검정하였다.

통계처리 방법

본 실험은 독립적으로 3회 이상 반복 실시하여 실험결과를 IBM SPSS statistics(21, IBM Corp., Armonk, NY, USA) 통계분석 프로그램을 이용하여 각 실험군간 평균치와 표준편차를 계산하였다.

결과 및 고찰

유청 발효액의 유당과 ethanol 함량

배양기간에 따른 효모 배양액의 유당 함량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 초기 유당함량 3.53%인 배양액에서 대조구 균주인 *S. cerevisiae*는 2~10일 까지 2.17%의 함량이 감소되어 10일째 1.36%의 유당이 존재하였지만 *K. marxianus* KCCM 12015, *K. marxianus* KCCM 35455 및 *K. marxianus* KCCM 50700의 효모 배양액에서 유당함량이 각각 3.52%, 3.53% 및 3.53%가 급격하게 감소되어 *K. marxianus* KCCM 12015의 균주에서만 유당이 미량 검출되었다. Zafar와 Owais(9)는 유당 3.5%의 배지에서 *K.*

*marxianus*균주를 이용하여 발효특성을 관찰하였으며 유당은 초기부터 급격히 감소하여 20시간 이후 0.5%이하로 감소하였다. 본 연구와의 유당 분해 시간이 차이 나는 것은 발효 조건과 질소원 추가에 따른 배지조성이 다르기 때문으로 생각된다. ethanol을 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 유당함량 3.53%의 배양액에서 10일간 ethanol 생성능을 비교하였다. 대조구인 *S. cerevisiae*는 최고 0.31%의 ethanol을 생산한 것에 비하여 *K. marxianus* KCCM 12015, *K. marxianus* KCCM 35455 및 *K. marxianus* KCCM 50700 3종 모두 2일 이후 급격히 ethanol 함량이 상승하였으며, 10일째 각각 2.51%, 2.53% 및 2.59%의 ethanol 함량을 보여 *K. marxianus* KCCM 50700 균주의 ethanol 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. 본 연구 결과 이론적 수득률(theoretical yield) 보다 높은 함량을 보였으나, Galanakis 등(26)은 유청에서 유당

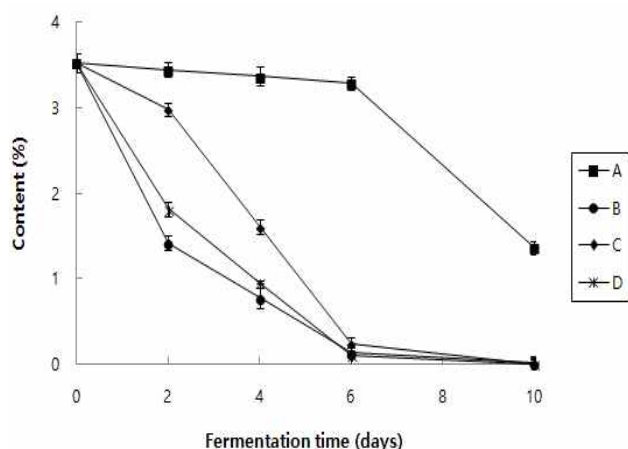


Fig. 1. Changes in lactose contents of whey during fermentation with various yeast strains.

A, *Saccharomyces cerevisiae*; B, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 12015; C, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 35455; D, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 50700.

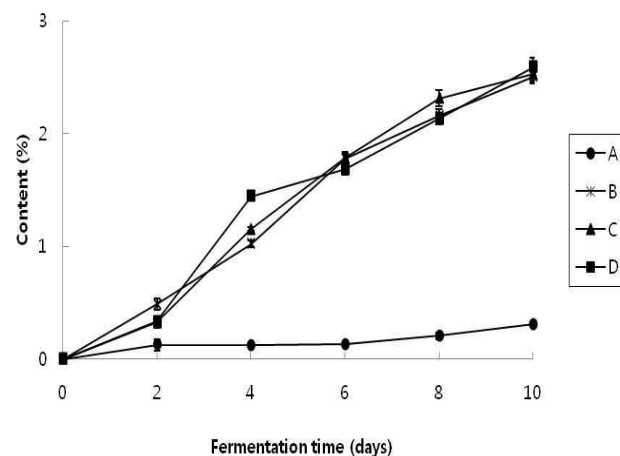


Fig. 2. Changes in ethanol contents of whey during fermentation with various yeast strains.

A, *Saccharomyces cerevisiae*; B, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 12015; C, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 35455; D, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 50700.

이외의 당이 존재함을 보고하여 높은 ethanol 함량을 보인 것은 유당 이외의 다른 당의 ethanol 발효에 의한 영향으로 사료된다. Shim 등(13)은 유당 4.5%의 배지에 각각 2%의 *S. cerevisiae*와 *K. marxianus*를 접종하여 37°C에서 배양시켜 ethanol 변화를 보고하였으며, *S. cerevisiae*와 *K. marxianus*는 최고 함량이 각각 0.2%와 2.8%로 보고해 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다. 따라서 유당 분해능과 ethanol 생성능이 우수했던 *K. marxianus* KCCM 50700의 효모를 선정하여 유청 막걸리 제조 연구를 진행하였다.

유청 첨가비율에 따른 막걸리의 품질 특성

총산과 pH

유청 첨가비율에 따른 막걸리의 발효과정 중 총산의 변화는 Fig. 3과 같다. 담금 직후 산도는 0.21~0.75% 였고, 담금 2일에 산도가 1.35~2.68%로 급격하게 증가하였다가 발효 4일에는 0.50~0.72%로 감소하였다. 그 후 모든 시료구가 완만히 감소하여 10일째에는 A 시료구 0.15%, B 시료구 0.21%, C 시료구 0.24%, D 시료구 0.17%, E 시료구 0.16%, F 시료구 0.21%로 나타났으며, *K. marxianus* KCCM 50700으로 담금한 시료구의 경우 시판 효모로 담금한 막걸리의 산도보다 비교적 낮은 경향을 보였다. 본 연구의 모든 시료구는 10일째 총산 함량이 0.15~0.24%로 국립농산물품질관리원의 술 품질인증기준(27)에서 고시한 막걸리 총산 기준인 0.5%이하에 충족하는 것으로 나타났다. pH 변화는 담금 직후 5.26~5.67이었으며, 담금 2일에 pH가 4.00~4.67로 저하하였다. 그 후 모든 시료구가 완만히 상승하여 10일째에는 A 시료구 4.90, B 시료구 4.95, C 시료구 4.66, D 시료구 4.95, E 시료구 4.94 및 F 시료구 4.93으로 나타났으며, *K. marxianus* KCCM 50700로 담금한 시료구의 경우 시판 효모

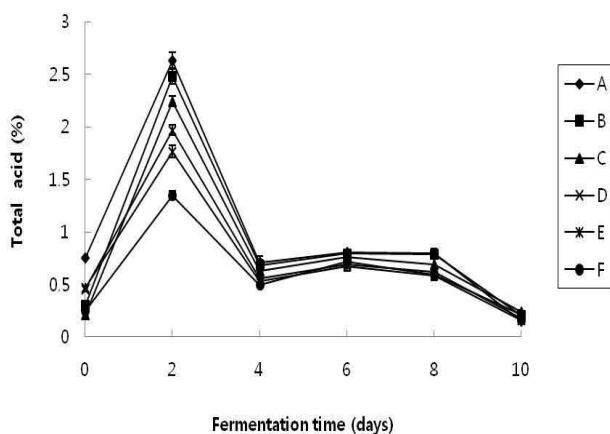


Fig. 3. Changes in total acid contents of *Makgeolli* according to whey addition ratio during fermentation.

A, *Saccharomyces cerevisiae*+(Water 100%); B, *Saccharomyces cerevisiae*+(Water 50%+Whey 50%); C, *Saccharomyces cerevisiae*+(Whey 100%); D, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 50700+(Water 100%); E, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 50700+(Water 50%+Whey 50%); F, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 50700+(Whey 100%).

인 *S. cerevisiae*로 담금한 막걸리의 pH보다 비교적 높은 경향을 보였다. 이러한 경향은 Kwon(28)과 Kim 등(29)과의 보고와 유사하였으며, Park 등(30)은 막걸리 제조 시 효모 외의 다른 세균을 억제하기 위해 pH4.0~6.0을 유지 하는 것이 적합하다는 보고를 하여 본 연구의 모든 시료구가 막걸리 제조 시 적합한 pH를 유지하는 것으로 나타났다 (data not shown).

환원당

유청 첨가비율에 따른 막걸리의 발효과정 중 환원당 함량 변화는 Fig. 4와 같다. 담금 직후 환원당 함량은 3.14~6.54%이며, 발효 2일째 유청을 첨가하지 않은 A 시료구와 D 시료구가 급격히 증가하여 최고 함량을 보였고, 발효 4일째 까지 급격히 감소하는 경향을 보였다. 발효 10일째 환원당 함량은 A 시료구 1.05%, D 시료구 1.12%, F 시료구 1.15%, E 시료구 1.23%, B 시료구 2.34% 및 C 시료구 2.76% 순으로 높게 나타났다. 전체적으로 *S. cerevisiae*의 시료구에서는 유청 첨가비율이 높아짐에 따라 환원당 함량이 높아졌으며, *K. marxianus* KCCM 50700 시료구에서는 큰 함량 차이가 나타내지 않았다. 이는 유당 분해효모인 *K. marxianus* KCCM 50700에 비해 *S. cerevisiae*의 유당 분해능이 떨어져 나타난 결과로 생각되며, 균주에 따라 다른 경향을 나타내었다. Lee 등(31)은 전분질 원료를 달리하여 담금한 탁주의 환원당 함량을 연구 보고 하였으며 본 연구와 유사한 경향을 나타내어 균주 특성별 유청 첨가 비율에 따른 변화가 나타남을 확인하였다.

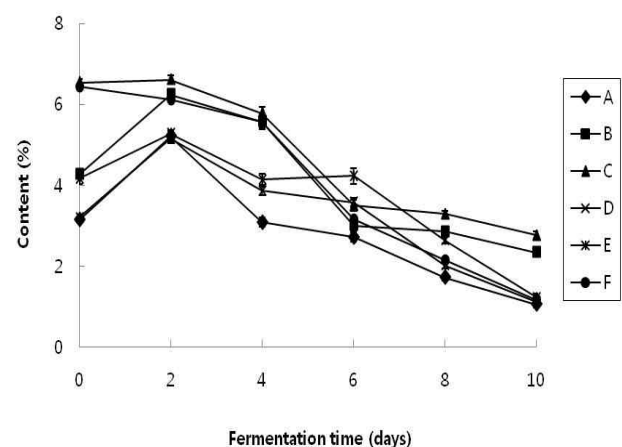


Fig. 4. Changes in reducing sugar contents of *Makgeolli* according to whey addition ratio during fermentation.

A, *Saccharomyces cerevisiae*+(Water 100%); B, *Saccharomyces cerevisiae*+(Water 50%+Whey 50%); C, *Saccharomyces cerevisiae*+(Whey 100%); D, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 50700+(Water 100%); E, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 50700+(Water 50%+Whey 50%); F, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 50700+(Whey 100%).

Ethanol

유청 첨가비율에 따른 막걸리의 발효과정 중 ethanol 함량 변화는 Fig. 5와 같다. 담금 직후 ethanol 함량은

1.70~3.97%로 나타났으며, 발효 2일째에 9.52~12.96%로 급격하게 증가하다가 이후 증가폭이 둔화되었다. 이는 Lee 등(32)과 유사한 경향을 보이며 발효가 진행되었고, 발효 10일째 알코올 함량은 16.20~18.90%로 각각 A 시료구 16.80%, B 시료구 17.10%, C 시료구 16.20%, D 시료구 16.80%, E 시료구 17.60% 및 F 시료구 18.90%로 나타났다. 유청 비율에 따른 ethanol 함량은 *K. marxianus* KCCM 50700로 담금한 시료구가 *S. cerevisiae*로 담금한 시료구보다 높게 나타났다. *S. cerevisiae*의 경우 유청 100%를 첨가한 막걸리의 ethanol 함량이 가장 낮게 나타났는데 이는 *S. cerevisiae*가 *K. marxianus* KCCM 50700에 비해 유당 발효능이 떨어져 나타난 결과로 생각된다.

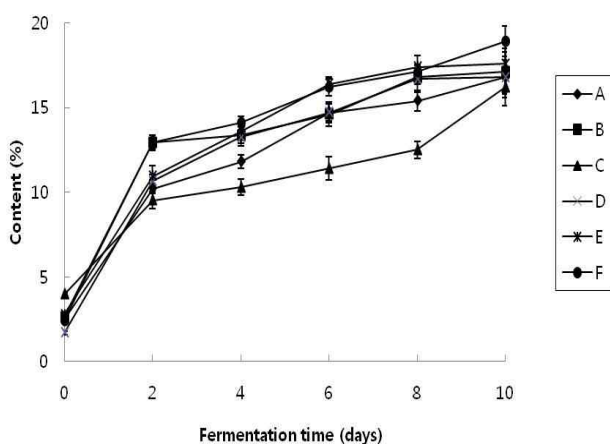


Fig. 5. Changes in ethanol contents of *Makgeolli* according to whey addition ratio during fermentation.

A, *Saccharomyces cerevisiae*+(Water 100%); B, *Saccharomyces cerevisiae*+(Water 50% +Whey 50%); C, *Saccharomyces cerevisiae*+(Whey 100%); D, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 50700+(Water 100%); E, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 50700+(Water 50%+Whey 50%); F, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 50700+(Whey 100%).

관능평가

유청 첨가비율에 따른 막걸리의 관능평가 결과는 Table 1과 같다. 향의 기호도는 *S. cerevisiae* 와 *K. marxianus* KCCM 50700으로 제조한 대조구인 A시료구와 D시료구의 기호도가 높게 나타났으며, 유청 50%를 첨가한 B 시료구와 E 시료구에서 비교적 낮은 기호도를 보였다. 색과 맛의 기호도는 유청 첨가비율이 증가할수록 높은 기호도를 보였으며, 맛의 경우 *K. marxianus* KCCM 50700으로 제조한 F시료구가 가장 높은 기호도를 나타내었다. 종합적인 기호도는 농도에 따라 차이를 보였다. 유청 50%를 첨가한 B 시료구와 E 시료구가 가장 낮은 기호도를 보였으며, 다음으로 대조구인 A시료구와 D시료구 순으로 기호도를 보였다. 가장 높은 기호도를 보인 시료구는 유청 100%를 첨가한 C시료구과 F시료구로 나타났다. 따라서 향, 색, 맛 및 종합 기호도면에서 유청 100% 첨가 시료구인 F시료구가 우수한 기호도를 나타낸 것으로 보아 막걸리 제조시 담금용수로 유청 100% 첨가가 적합할 것으로 나타났으며, 이는 막걸리

의 관능적 특성을 향상시키는데 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

Table 1. Sensory evaluation of *Makgeolli* according to whey addition ratio of final products

Samples ¹⁾	Sensory parameters			
	Flavor	Color	Taste	Overall preference
A	6.4±0.74 ^{2)bc3)}	5.3±0.83 ^{ab}	6.1±0.71 ^{ab}	5.6±0.74 ^{ab}
B	5.1±1.55 ^a	5.5±0.92 ^{ab}	6.4±1.07 ^{ab}	4.4±1.60 ^a
C	5.6±0.92 ^{ab}	6.0±0.76 ^{ab}	6.5±1.06 ^{ab}	6.0±0.76 ^{ab}
D	6.3±0.71 ^{ab}	4.8±1.04 ^d	5.8±1.58 ^d	5.9±0.64 ^{ab}
E	5.5±0.93 ^{ab}	5.8±0.53 ^{ab}	6.0±1.49 ^{ab}	4.8±1.39 ^{ab}
F	5.8±1.39 ^{ab}	6.1±0.46 ^b	6.8±0.83 ^b	6.3±0.71 ^b

¹⁾ A, *Saccharomyces cerevisiae*+(Water 100%); B, *Saccharomyces cerevisiae*+(Water 50% +Whey 50%); C, *Saccharomyces cerevisiae*+(Whey 100%); D, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 50700+(Water 100%); E, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 50700+(Water 50%+Whey 50%); F, *Kluyveromyces marxianus* KCCM 50700+(Whey 100%).

²⁾ All values are mean±SD.

³⁾ Means with different superscript letters in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test. a<b.

요 약

유청을 막걸리 제조시 용수로 사용하기 위해 효모에 따른 유당 분해능과 ethanol 생성능력을 측정하고, 유청 첨가 비율에 따른 막걸리를 제조하여 총산, pH, 환원당, ethanol 및 관능평가 등 품질특성을 확인한 결과는 다음과 같다. 유당 분해능은 *K. marxianus* KCCM 35455과 *K. marxianus* KCCM 50700이 가장 뛰어난 유당 분해능을 보였으며, ethanol 생성능력은 *K. marxianus* KCCM 50700 균주의 ethanol 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. 따라서 유당 분해능과 ethanol 생성능이 우수했던 *K. marxianus* KCCM 50700의 효모를 선정하여 유청 막걸리 제조 연구를 진행하였다. 유청 첨가비율에 따른 막걸리의 발효과정 중 총산은 *K. marxianus* KCCM 50700으로 담금한 시료구의 경우 *S. cerevisiae*로 담금한 막걸리의 산도보다 비교적 낮은 경향을 보였으며, pH는 *K. marxianus* KCCM 50700로 담금한 시료구의 경우 *S. cerevisiae*로 담금한 막걸리의 pH보다 비교적 높은 경향을 보였다. 환원당 함량은 *S. cerevisiae* 시료구에서는 유청 첨가비율이 높아짐에 따라 환원당 함량이 높아졌으며, *K. marxianus* KCCM 50700 시료구에서는 큰 함량 차이가 나타나지 않았다. ethanol 함량 변화는 *K. marxianus* KCCM 50700로 담금한 시료구가 *S. cerevisiae*로 담금한 시료구보다 높게 나타났다. 관능평가는 향, 색, 맛 및 종합 기호도면에서 *K. marxianus* KCCM 50700로 담금한 유청 100% 첨가 시료구가 높은 기호도를 보였다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 지역특화산업 융복합연구지원사업(R0002042)의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- Kim GY, Kim SH, Kim WS, Kim CH, Nam MS, Moon YI, Bae IH, Oh SJ, Yoon SS, Lee SW, Lee WJ, Jun WM, Ha WG (2011) Milk processing technology. Yu Han Publishing Co., Seoul, Korea, p 287
- Kim HU (1999) Milk processing technology : based process · manufacture of milk product. Sun Jin Publishing Co., Seoul, Korea, p 517
- Ronsivalli LJ, Vieira ER (1990) Elementary food science 3rd edition. Van Nostrand Reinhold Co., NY, USA, p 226
- Kosikowski FV (1979) Whey utilization and whey products. J Dairy Sci, 62, 1149-1155
- Park HM, Hong YH, Oh SH (1988) Studies on the development of whey drinks. Korean J Dairy Sci, 10, 92-100
- Nam MS (2013) Health benefits and industrial availability of whey. Korean J Food Sci Ani Resour, 2, 2
- Kosikowski FV (1982) Cheese and fermented milk foods 2nd ed. Edwards Bros Inc., Ann Arbor, MI, USA
- Kim SH (2011) Studies on production of health beverage using whey protein and whey. MS Thesis. Konkuk University, Seoul, Korea, p 1
- Zafar S, Owais M (2006) Ethanol production from crude whey by *Kluyveromyces marxianus*. Biochem Eng J, 27, 295-298
- Dragone G, Mussatto SI, Oliveira JM, Teixeira JA (2009) Characterisation of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation. J Food Chem, 112, 929-935
- Gawel J, Kosikowski FV (1978) Improving alcohol fermentation in concentrated ultra filtration permeates of cottage cheese whey. J Dairy Sci, 43, 1717-1719
- Kosikowski FV, Wzorek W (1977) Whey wine from concentrates of reconstituted acid whey powder. J Dairy Sci, 60, 1982-1986
- Shim YS, Kim JW, Yoon SS (1998) Alcohol fermentation of cheese whey by *Kluyveromyces marxianus* and lactic acid bacteria. Korean J Food Sci Technol, 30, 161-167
- Kim SP, Paek HK, Kim DH, Heo TR (1995) Utilization of cheese whey for alcohol fermentation medium. Korean J Food Sci Technol, 27, 878-884
- Yang JY, Lee KH (1996) Shelf-life and microbiological study of Sansung *Takju*. Korean J Food Sci Technol, 28, 779-785
- 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*. Korean J Soc Food Sci Nutr, 41, 1785-1791
- Park CW (2012) Quality characterization of rice *Makgeolli* prepared by using different ferment mixtures and yeasts strains. MS Thesis. Kyungpook National University, Daegu, Korea
- Lee HN (2013) Quality characteristics of *Makgeolli* added with cranberry. MS Thesis. Myongji University, Seoul, Korea
- Kim EK, Chang YH, Ko JY, Jeong YH (2013) Quality characteristics of *Makgeolli* added with kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). J Korean Soc Food Sci Nutr, 42, 1821-1828
- Lee HW (2008) Studies on *Takju* brewing with birch sap. MS Thesis. Seoul National University of Technology, Seoul, Korea
- Son HS, Park BD, Ko BK, Lee CH (2011) Quality characteristics of *Takju* produced by adding different amounts of water. Korean J Food Sci Technol, 43, 4, 453-457
- Wilson AM, Work TM, Bushway AA, Bushway RJ (1981) HPLC determination of fructose, glucose and sucrose in potatoes. J Food Sci, 46, 300
- Jung DH, Jang HG (1982) Newest food analysis. Samjungdang Publishing Co., Seoul, Korea
- Vidal-Valverde C, Prodanov M, Sierra I (1997) Natural fermentation of lentils : influence of time, temperature and flour concentration on the kinetics of thiamine, riboflavin and niacin. Eur Food Res Technol, 205, 464-469
- Duncan DB (1955) Multiple range and multiple F test. Biometrics, 11, 1-42
- Charis M, Galanakis, Stathis Chasiotis, George Botsaris, Vassilis Gekas (2014) Separation and recovery of proteins and sugars from halloumi cheese whey. Food Res Int, 65, 477-483
- NAQS (2013) Criteria of alcohol quality certification. National agricultural products quality management

- Service Announcement, No. 2013-12
28. Kwon SJ (2010) Analysis of microbial diversity in *Makgeolli* fermentation. MS Thesis. Dankook University, Yongin, Korea
 29. Kim SY, Kim EK, Yoon SJ, Namji Jo, Jung SK, Kwon SH, Chang YH, Jeong YH (2011) Physicochemical and microbial properties of Korean traditional rice wine, *Makgeolli*, supplemented with cucumber during fermentation. J Korean Soc Food Sci Nutr, 40, 223-228
 30. Park CW, Jang SY, Park EJ, Yeo SH, Jeong YJ (2012) Quality characteristics of rice *Makgeolli* prepared by mashing types. Korean J Food Sci Technol, 44, 2, 207-215
 31. Lee JS, Lee TS, Noh BS, Park SO (1996) Quality characteristics of mash of *Takju* prepared by different raw materials. Korean J food Sci Technol, 28, 330-336
 32. Lee SJ, Kim JH, Jung YW, Park SY, Shin WC, Park CS, Hong SY, Kim GW (2011) Composition of organic acids and physiological functionality of commercial *Makgeolli*. Korean J Food Sci Technol, 43, 206-212