

시판막걸리의 저장기간에 따른 품질 특성 및 미생물의 변화

권영희 · 이애란 · 김재호 · 김혜련 · 안병학*

한국식품연구원 우리술연구센터

Changes of Physicochemical Properties and Microbial during Storage of Commercial *Makgeolli*

Young-Hee Kwon, Ae-Ran Lee, Jae-Ho Kim, Hye-Ryun Kim and Byung-Hak Ahn*

Korean Alcoholic Beverage Research Center, Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

(Received 16, November 2012., Revised 27, November 2012., Accepted 3, December 2012)

ABSTRACT: The aim of this study was to determine changes of physicochemical properties and microorganisms of commercial *Makgeolli* during storage at 10°C and 25°C. During storage at 10°C for 11 days, ethanol contents did not increased up to 7.0%, and pH and total acidity were ranged with 3.12-3.99 and 0.22-0.28%, respectively. *Makgeolli* which was stored at 25°C for 11 days showed more than 7.0% of alcohol contents, pH of 3.96-4.17 and total acidity of 0.27-0.30%. Yeast cell counts showed maximal $2.90-16.00 \times 10^7$ CFU/mL at 10°C for 3 days and $1.12-29.40 \times 10^7$ CFU/mL at 25°C for 1 day. Lactic acid bacteria and total bacteria cell counts of *Makgeolli* which was stored at 25°C for 11 days were higher than those 10°C storage. In preference test, *Makgeolli* from storage at 10°C for 11 days was showed the level of 4.9-5.2 points however, *Makgeolli* from storage at 25°C for one day showed below 5.0 point.

KEYWORD : Lactic acid bacteria, *Makgeolli*, Physicochemical, Storage, Yeast

서 론

막걸리는 찹쌀, 매향, 보리쌀, 현미, 옥수수, 고구마, 밀 등의 전분질을 원료로 하고 발효제로서 누룩을 첨가하여 병행 복발효시켜 술덧을 혼탁하게 제성한 우리나라 고유의 전통주로 단맛, 신맛, 쓴맛, 매운맛과 청량감이 있는 알코올 함량이 약 6% 정도의 술이다(Kim *et al.*, 2011; Woo *et al.*, 2010). 이러한 막걸리는 단백질, 당질, 식이 섬유, 비타민, 유기산 외에도 많은 양의 젖산균이 함유되어 있어 영양적 가치가 높고 생 효모가 함유되어 있기 때문에 일반 주류와는 차별화된 독특한 풍미를 가지는데(Kim *et al.*, 2007; Song and Park, 2003) 일반적으로 막걸리에는 장내 유용균인 젖산균이 막걸리 700 mL에 약 7×10^{10} 이상을 함유하고 있는 것으로 알려져 있다(Song *et al.*, 2009).

막걸리의 제조에 사용되는 발효제로는 재래누룩, 입국, 개량누룩, 정제효소 등이 있다.

입국은 증자한 쌀에 곰팡이를 인위적으로 접종한 후 배양한 것으로 막걸리, 약주 및 청주의 양조에 이용되는 대표적인 발효제이다. So와 Lee(2009)는 이러한 입국의 제

조 원리를 이용하여 접종 미생물의 배양조건에 따라 제조한 쌀 입국의 품질이 달라진다고 보고하였다.

재래누룩은 다양한 전분질에 다양한 미생물이 번식한 것으로 이러한 미생물에 의하여 막걸리의 맛과 향이 풍부하나 수작업에 의한 공정으로 인하여 효소 역가와 균체수 등이 불안정하여 제품의 균일성을 유지하기 힘든 단점이 있다(So *et al.*, 1999). 개량누룩은 특정한 곰팡이를 전분질에 인위적으로 배양하여 제조한 것으로 재래누룩에 비하여 막걸리의 향이 단순해지는 단점이 있으나 제품의 생산에 있어서 그 품질이 균일하게 유지되는 장점이 있다. Park 등(2012)은 시판되는 무증자용 개량누룩 추출물을 사용하여 쌀 막걸리를 제조한 결과 발효가 정상적으로 이루어지며 발효 후의 관능결과도 우수하다고 보고하였다.

정제효소는 누룩 곰팡이가 생성한 효소 중 당화효소만을 정제하여 만든 것으로 일반적으로 양조 시 당화력이 부족할 때 보충용으로 많이 사용된다. Lee 등(2007)은 정제효소를 사용하여 산양삼을 첨가한 전통 약주를 제조하였는데 정제효소 특유의 쓴맛을 인삼이 보완해주어 우수한 전통주를 만들었다고 보고하였다.

이와 함께 발효제의 종류에 따라 미생물에 의한 효소활성 및 유기산 생성력, 알코올 발효능 등이 달라지므로 막걸리의 휘발성 풍미 성분 및 맛, 색상 등의 품질특성에 큰

*Corresponding author <E-mail : bhahn@kfri.re.kr>

영향을 미치는 것으로 보고되어 있다(Han *et al.*, 1997; So and Lee, 2009; Woo *et al.*, 2010).

이 외에 시판막걸리에 대한 연구로는 국내 시판 막걸리의 품질 특성(Park *et al.*, 2011)과 전통 막걸리의 저장 중 효모와 세균의 변화(Min *et al.*, 2011)가 있다.

그러나 이러한 연구는 사용된 시료의 발효제에 대한 정보가 언급되어 있지 않으며 품질특성과 미생물의 변화가 함께 관찰되지 않았으며 발효제별의 막걸리를 비교한 실험에 대한 연구가 부족한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 판매율이 높은 시판 막걸리 중 발효제가 다른 3종의 막걸리를 대상으로 저장 기간 동안의 이화학적 특성 및 미생물의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

시료

국내에서 시중에 판매되고 있는 막걸리 3종을 구입하여 실험에 사용하였다. 발효제로 입국과 재래누룩을 사용하여 제조한 막걸리(CM1), 개량누룩(무증자용)을 사용한 막걸리(CM2) 그리고 정제효소를 사용하여 제조한 막걸리(CM3)를 제조한 다음날 것을 구입하여 0°C에 보관하며 사용하였다.

에탄올 함량

에탄올 함량은 0.45 membrane filter를 사용하여 여과한 시료를 DB-ALC2 column(30 m × 0.53 mm I.d 2 µm film thickness: Agilent J & W Scientific, Folsom, USA) 이 장착된 GC(6890N, Hewlett Packard, Palo Alto, USA)를 이용하여 oven 70°C, injector 200°C 그리고 detector 250°C에서 정량 분석하였다.

pH 및 총산

pH는 pH meter(Orion EA 940, Thermo Fisher Scientific, Beverly, USA)를 사용하였으며 총산은 시료 10 mL에 0.1% phenolphthalein을 2~3 방울 가하여 0.1N NaOH 용액으로 담녹색이 나타날 때까지 중화 적정하여 그때까지 소비된 NaOH의 양을 acetic acid로 환산하여 표시하였다.

고형분 함량

고형분 함량은 Hand Refractometer(Pocket PAL-1, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

생균수측정

저장 온도와 기간에 따른 막걸리의 생균수 측정은 균일하게 혼합된 시료 1 mL을 saline 용액에 단계별로 희석하여 다음과 같은 방법으로 측정하였다.

효모수 측정은 chloramphenicol 0.01%를 첨가한 PDA(Difco, Michigan, USA) 배지를 사용하였으며 희석된 시

료액 100 µL 취하여 도말한 후 30°C에서 24시간 배양하여 계수하였다. 젖산균수는 amphotericin solution 1%와 bromophenol blue 0.002%가 첨가된 MRS(Difco, Michigan, USA) 배지를 사용하여 30°C에서 48시간 혐기배양하여 계수하였다. 세균수는 amphotericin solution 1%를 첨가한 PCA(Difco, Michigan, USA) 배지를 사용하여 30°C에서 24시간 배양 후 계수하였다.

관능검사

기호도는 30명을 대상으로 외관, 향, 맛 그리고 전체적인 기호도 총 5 항목에 대하여 9 point likert scale(1점: 매우 싫음, 5점: 보통, 9점: 매우 좋음)로 실시하였다.

관능 대상은 한국식품연구원에 재직 중인 20-30대로, 남자 14명과 여자 16명으로 구성되었다.

결과 및 고찰

저장 중 이화학적 성질의 변화

시판막걸리 3종을 냉장온도인 10°C에 11일간 저장하여 저장 기간 동안 에탄올함량, pH, 총산 그리고 고형분 함량을 분석한 결과를 Fig. 1에 나타내었다.

에탄올 함량은 저장 초기 5.7-6.6%였으며 저장 5일까지 CM1과 CM2는 증가하여 6.5-6.7%를 나타내었고 CM3은 저장 기간 동안 큰 폭의 변화를 보이지 않았다. pH는 3.12-3.99로 Lee와 Lee(2000)의 시판 비살균막걸리의 pH 3.40-3.77과 비슷하였다. 총산의 함량은 0.22-0.29%로 시작하여 감소하는 경향을 나타내다 저장 7일 이후에 증가하기 시작하여 저장 11일에는 저장 초기와 유사한 0.22-0.28%를 나타내었다. Park 등(2011)은 8종의 시판막걸리의 적정 산도를 0.28-0.57%라 보고하였는데 본 실험에서는 이보다 낮은 함량을 나타내었다. 적정산도는 막걸리의 풍미와 보존성에 영향을 주는 중요한 성분으로(Lee and Lee, 2000) 발효제 중 누룩이나 원료에서 유래되는데 본 실험에 사용된 시료의 경우 각각의 발효제가 다르고 만들어지는 현장의 작업환경 또한 달라 이러한 결과가 나타난 것으로 사료된다. 고형분 함량은 원주의 제성 방법에 따라 그 함량이 달라지는데 CM2의 함량이 4.1-5.0°Brix로 가장 적게 나타났으며 세 시료 모두 저장 기간이 경과됨에 따라 감소하는 것으로 나타났다.

25°C에 저장한 막걸리의 이화학적 특성은 Fig. 2에 나타난 것과 같다. 저장 초기의 에탄올 함량은 5.7-6.6%였으며 저장 기간이 경과됨에 따라 증가하여 CM1과 CM2의 경우 저장 9일에 7.0%를 초과하였다. pH는 3.12-3.58이었던 것이 저장 기간 동안 완만하게 증가하여 3.96-4.17을 나타내었다. 이러한 pH는 막걸리가 함유하고 있는 유기산의 종류 및 농도, 기타 산 유래 물질에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Song *et al.*, 1997). 저장 초기의 총산은 입국과 누룩을 발효제로 사용한 CM1이 높게 나타났

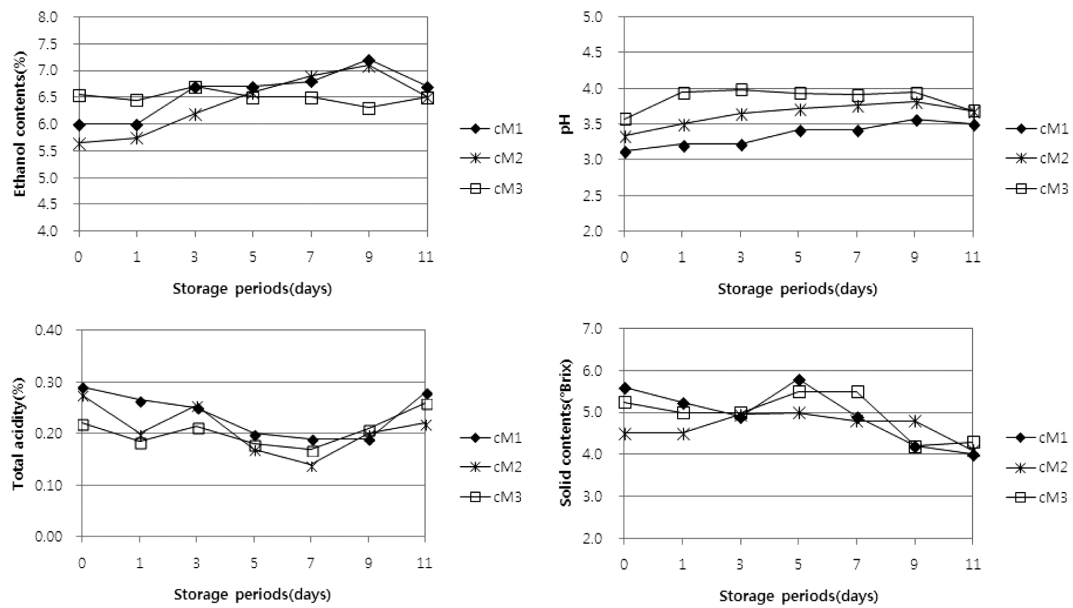


Fig. 1. Changes of ethanol contents, pH, total acidity and solid contents of commercial *Makgeolli* during storage at 10°C.

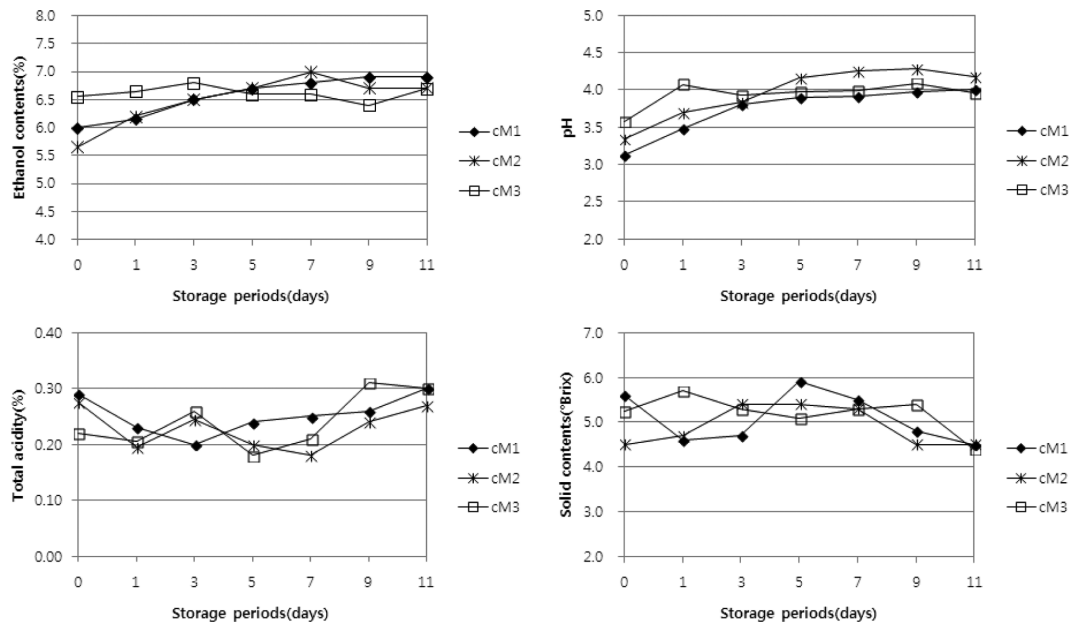


Fig. 2. Changes of ethanol contents, pH, total acidity and solid contents of commercial *Makgeolli* during storage at 25°C.

으며 여기서 사용된 입국은 *Aspergillus kawachii*를 전분 질에 번식시켜 산도가 높은 발효제로 이러한 특성이 기인하여 나타난 결과로 사료된다. 재래누룩과 개량누룩을 사용한 CM2와 CM3은 이보다 낮은 함량을 보였다. 이러한 총산은 11일 동안 저장 후 0.27-0.30%로 증가하여 나타났다. 막걸리의 총산 함량은 pH에도 영향을 미치며 휘발성 향기 성분과 함께 막걸리의 맛, 냄새와 직접 관련되어 있으며, 보존성에도 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2002). 고형분 함량은 CM1과 CM3의 경우 큰 폭으로 감소하여 25°C에서 후발효가 진행되어 전분의 분해

가 활발하게 일어났음을 알 수 있었다.

미생물 생균수의 변화

저장기간과 온도에 따른 미생물 생균수의 변화를 측정한 결과는 Table 1과 같다.

효모수는 10°C에서는 저장 3일에 $2.90-16.00 \times 10^7$ CFU/mL, 25°C에서는 저장 1일에 $1.12-29.40 \times 10^7$ CFU/mL로 최대치를 나타내었으며 그 후에는 감소하였다. 이는 저장 초기에 존재하는 잔당에 의하여 효모가 생육한 후 후발효가 발생하여 효모의 수가 감소한 것으로 사료된다. Lee

Table 1. Changes of yeast, lactic acid bacteria and total bacteria counts of commercial *Makgeolli* during storage at 10°C and 25°C ($\times 10^7$ CFU/mL)

Storage days	10°C									25°C								
	Yeast			Lactic acid bacteria			Total bacteria			Yeast			Lactic acid bacteria			Total bacteria		
	cM1	cM2	cM3	cM1	cM2	cM3	cM1	cM2	cM3	cM1	cM2	cM3	cM1	cM2	cM3	cM1	cM2	cM3
0	3.59	0.21	0.18	0.21	0.05	0.05	0.36	0.13	0.04	3.59	0.21	0.18	0.21	0.05	0.05	0.36	0.13	0.04
1	5.06	1.59	1.97	0.75	0.03	0.73	5.14	4.60	0.74	29.40	8.90	1.12	0.24	0.59	23.20	36.70	0.30	0.18
3	16.00	8.00	2.90	16.00	8.00	5.00	19.70	5.10	1.94	8.00	0.29	0.07	8.60	0.29	50.00	7.40	3.40	1.40
5	4.76	1.59	0.93	24.70	1.74	14.40	21.10	3.70	3.60	0.00	0.02	0.01	38.90	48.90	13.90	4.10	3.09	2.90
7	2.80	3.01	0.94	11.20	2.59	19.80	11.27	10.50	9.50	0.01	0.01	0.41	21.30	43.50	12.50	1.80	1.67	7.40
9	4.98	0.95	0.76	15.00	1.04	10.10	16.30	0.65	1.33	0.01	0.11	0.04	19.50	10.20	1.01	0.25	0.30	0.05
11	5.34	0.97	0.75	13.20	0.86	8.60	14.60	0.66	1.22	0.01	0.08	0.04	14.80	10.00	0.75	0.22	0.13	0.05

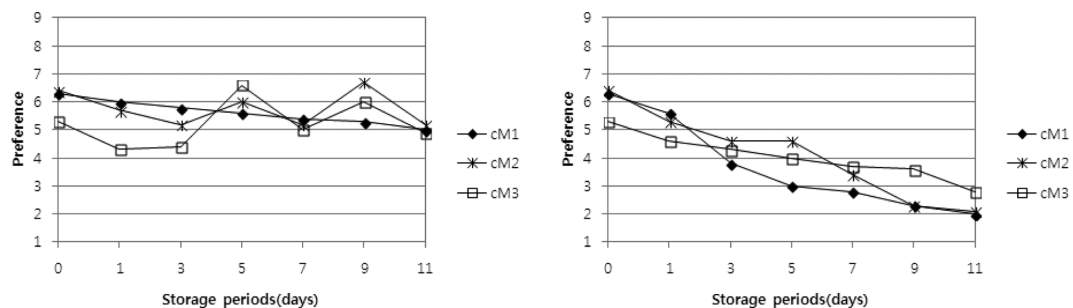


Fig. 3. Changes of preference of commercial *Makgeolli* during storage at 10°C and 25°C.

등(2009)은 4°C와 25°C에서 막걸리를 저장 시 20일 후의 효모수는 각각 2.3×10^8 CFU/mL과 8.5×10^7 CFU/mL이라고 보고하였는데 본 실험에서는 이보다 적게 나타났다.

저장 막걸리의 세균수는 CM1이 CM2에 비하여 많은 것으로 나타났는데 25°C에 비하여 10°C에서 그 수가 더 많음을 알 수 있었고 개량누룩을 발효제로 사용한 CM3은 저장 온도에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. Min 등(2011)과 Lee 등(2010)은 4°C보다 20°C에서 저장한 시료에서 효모와 세균수가 저장기간이 지남에 따라 더 감소한 것이 20°C에서의 자기소화가 더 활발하게 일어났기 때문이라고 보고하였는데 본 실험에서 세균수는 10°C에서는 5-7일, 25°C에서는 1-7일까지 증가한 후 감소하는 것으로 나타났다. 막걸리의 유용 미생물인 젖산균수는 10°C에서 저장 시 3-7일에 $8.00-24.70 \times 10^7$ CFU/mL로 최대치를 보였으며 25°C에서 저장한 시료는 3-5일에 $38.90-50.00 \times 10^7$ CFU/mL을 나타내었다. 젖산균은 발효제의 종류에 관계없이 25°C에서 저장 시 더 높게 검출되었는데 이로서 발효제에 원료에 존재하는 젖산균의 생육이 고온에서 더 활발하게 일어남을 알 수 있었다. Mok 등(1997)은 4°C와 25°C에서 약주를 보존하는 동안 생균수가 감소하였다고 보고하였는데 본 실험에서는 시료에 따라 그 양상이 다른 것으로 나타났다. Song 등(2006)은 막걸리 속에 있는 곡자와 주모에 의하여 보존 중 다양한 미생물의

변동이 주질 변화에 관여하는 것이라고 보고하였는데 이는 본 실험에 사용된 막걸리의 이화학적 특성 및 미생물의 변화가 시료간의 연관성 없이 각기 다른 특성을 보인 결과와 연관지어 생각 할 수 있다.

기호도의 변화

시판 막걸리 시료의 9점 척도에 의한 관능검사 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 일반적인 냉장온도인 10°C에서 저장한 결과 5.3-6.4점이었던 기호도는 저장 11일 후 4.9-5.2점으로 감소하였다. 25°C에서 저장한 시판막걸리의 기호도는 CM3의 경우 저장 하루, CM1과 CM2는 저장 2일 만에 ‘보통’ 보다 낮은 5점 이하의 점수를 나타내어 저장 11일에는 2.0-2.8점의 낮은 기호도를 보였다. 이는 저장 온도가 높아 비살균막걸리인 시료내에서 잔존하는 효모에 의하여 빠른 후발효와 효모의 autolysis에 의하여 막걸리의 향과 맛이 변하였기 때문인 것으로 사료된다.

적 요

시판되는 막걸리 3종을 10°C와 25°C에 저장하며 이화학적 특성과 미생물의 변화를 분석하였다. 10°C에서 저장한 막걸리의 에탄올 함량은 11일 동안 7.0%를 넘지 않았으며 pH는 3.12-3.99, 총산은 0.22-0.28%였으며 고형분

함량은 저장기간 동안 감소는 것으로 나타났다. 25°C에서 저장 한 막걸리의 에탄올 함량은 저장 9일에 7.0%를 초과하였으며 pH와 총산은 각각 3.96-4.17과 0.27-0.30%로 10°C에 저장 한 막걸리 보다 높게 나타났으며 고형분 함량은 큰 폭으로 감소하였다. 저장 기간 동안의 효모수는 10°C와 25°C에 저장 시 각각 저장 3일과 1일에 $2.90-16.00 \times 10^7$ CFU/mL와 $1.12-29.40 \times 10^7$ CFU/mL로 최대치를 보였으며 세균수는 25°C에 저장 한 막걸리가 10°C에 저장한 막걸리에 비하여 높은 것으로 나타났다. 젖산균은 저장 3-7일 높게 나타났는데 25°C에서 저장한 막걸리에서 $38.90-50.00 \times 10^7$ CFU/mL로 10°C에 저장 한 막걸리에 비하여 더 높게 검출되었다. 기호도 검사 결과 25°C에 저장 한 막걸리는 저장 1일 이후부터 5.0 이하의 점수를 보였으며 10°C에 저장 한 막걸리는 저장 11일 후에도 4.9-5.2 수준을 나타내었다.

참고문헌

- Han, E. H., Lee, T. S., Noh, B. S. and Lee, D. S. 1997. Volatile flavor components in mash of *Takju* prepared by suing different *Nuruks*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29:563-570
- Kim, G. M., Jung, W. J., Shin, J. H., Kang, M. J. and Sung, N. J. 2011. Preparation and quality characteristics of *Makgeolli* made with black garlic extract and *Sulgidduk*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40:759-766.
- Kim, J. Y., Sung, K. W., Bae, H. W. and Yi, Y. H. 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(3):266-271.
- Lee, E. N., Lee, D. H., Kim, S. B., Lee, S. W., Kim, N. M. and Lee, J. S. 2007. Effects of medicinal plants on the quality and physiological functionalities of traditional ginseng wine. *J. Ginseng Res.* 31:102-108.
- Lee, M. Y., Sung, S. Y., Kang, H. K., Byun, H. S., Jung, S. M., Song, J. H. and Lee, J. S. 2010. Quality characteristics and physiological functionality of traditional rice wines in Chungnam province of Korean. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* 38:177-182.
- Lee, S. M. and Lee, T. S. 2000. Effect of roasted rice and defatted soybean on the quality characteristics of *Takju* during fermentation. *J. Natural Sci.* 12:71-79.
- Lee, S. S., Kim, K. S., Eom, A. H., Sung, C. K. and Hong, I. P. 2002. Production of Korean traditional rice-wines made from cultures of the single fungal isolates under laboratory conditions. *Kor. J. Mycol.* 30: 61-65.
- Lee, T. J., Hwang, D. Y., Lee, C. Y. and Son, H. J. 2009. Changes in yeast cell number, total acid and organic acid during production and distribution processes of *Makgeolli*, traditional alcohol of Korea. *The Korean Journal of Microbiology.* 45:391-396.
- Min, J. H., Baek, S. Y., Lee, J. S. and Kim, H. K. 2011. Changes of yeasts and bacterial flora during the storage of Korean traditional *Makgeolli*. *Kor. J. Mycol.* 39:151-153.
- Mok, C. K., Lee, J. Y. and Chang, H. G. 1997. Quality changes of non-sterilized *Yakju* during storage and its shelf-life estimation. *Food Eng. Prog.* 1:192-197.
- Park, C. W., Jang, S. Y., Park, E. J., Yeo, S. H., Kim, O. M. and Jeong, Y. J. 2011. Comparison of the quality characteristics of commercial *Makgeolli* type in South Korea. *Korean J. Food Preserv.* 18:884-890.
- Park, J. H., Yeo, S. H., Choi, J. H. Jeong, S. T. and Choi, H. S. 2012. Production of *Makgeolli* using rice treated with Gaeryang-Nuruk(for non-steaming process) extract. *Korean J. Food Preserv.* 19:144-152.
- So, M. H. and Lee, Y. S. 2009. Effects of culture conditions of *Rhizopus* sp. ZB9 on the production of saccharifying amylase during the preparation of rice Koji. *Korean J. Food & Nutr.* 22:644-649.
- So, M. H., Lee, Y. S. and Noh, W. S. 1999. Improvement in the quality of *Takju* by a modified *Nuruk*. *Korean J Food & Nutr.* 12:427-432
- Song, J. C. and Park, H. J. 2003. *Takju* brewing using the uncooked germed brown rice at second stage mash. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32:847-854.
- Song, J. C., Park, H. J. and Shin, W. C. 1997. Change of *Takju* qualities by addition of cyclodextrin during the brewing and aging. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29:895-900
- Song, J. C., Park, H. J. and Shin, W. C. 2006. Suppression of solid matters precipitation of *takju* and its quality improvement by carageenan. *Kor. J. Food Nutr.* 19:288-295.
- Song, J. H., Lee, J. S., Lee, E. N., Lee, S. W., Kim, J. H. and Lee, J. S. 2009. Manufacture and quality characteristics of Korean traditional *Gugija* (*Lycii fructus*) tagju. *Kor. J. Food & Nutr.* 22:86-91.
- Woo, S. M., Shin, J. S., Seong, J. H., Yeo, S. H., Choi, J. H., Kim, T. Y. and Jeong, Y. J. 2010. Quality characteristics of brown rice *Takju* by different *Nuruks*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39:301-307.