

## 막걸리 초기 효모 농도에 따른 살균특성

이진원 · 정윤경\* · †박장우\*\*

한경대학교 식품생물공학과, \*한경대학교 영양조리과학과,  
\*\*한경대학교 식품생물공학과 및 식품생물산업연구소

### Pasteurization Characteristics of *Makgeolli* (Korea Rice Wine) with Various Initial Concentrations of Yeasts

Jin-Won Lee, Yoon-Kyung Chung\* and †Jang-Woo Park\*\*

Dept. of Food & Biotechnology, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea

\*Dept. of Nutrition & Culinary Science, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea

\*\*Dept. of Food & Biotechnology and Food and Bio-industrial Research Center, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea

#### Abstract

There is an increasing consumption of *Makgeolli* in both domestic and foreign markets due to a high interest in Korean traditional alcoholic beverages. However, currently, a standardized system of manufacturing, storing and circulating *Makgeolli* is not available. Therefore, manufacturing the constant quality of finished products is hardly achieved due to the uncertified quality index of *Makgeolli*. In particular, quality changes occur as a result of variable initial load of microorganisms during shelf life. Eight different commercially available brands of *Makgeolli* were obtained, and their initial concentrations of yeasts were measured. One brand with the highest concentration was chosen, and the variable initial concentrations were prepared at a concentration of  $10^6$ ~ $10^8$  yeast CFU/ml. These *Makgeolli* samples were heat-treated at 65, 70, 75 or 80°C. It was shown that temperatures higher than 75°C were needed in order to pasteurize *Makgeolli* properly. In addition, it is considered that controlling the microorganisms by a standardized system for the processing analysis would improve the quality of *Makgeolli*.

Key words: *Makgeolli*, pasteurization, yeast, thermal inactivation, processing analysis

#### 서 론

우리나라 대표적인 재래주인 막걸리는 밥, 밀 및 국을 주 원료로 혼합하여 발효시킨 우리나라 전통 알코올 음료이며, 물리적 성상이 탁하다고 하여 탁주라고도 한다(Choi 등 1999). 막걸리는 다른 주류와는 달리 아미노산, 특히 lysine이 많이 함유되어 있으며, 비타민 B 및 유기산이 함유되어 풍미를 부여하기도 한다(Chung 등 2004). 또한, 침전물을 제거하지 않은 저농도 알코올 발효 음료로 최근 국내외에서 전통 문화에 대한 관심이 높아지면서 우리나라 전통주인 막걸리에 대한 관심이 증대되고 있다(Kang 등 2012).

일반적으로 우리나라 고유의 전통적인 막걸리는 찹쌀 또는 멥쌀을 원료로 누룩과 함께 발효시켜 제조한다. 즉, 막걸리는 탄수화물 성분인 전분질이 누룩과 같은 미생물에 의해 분해되어 알코올 및 당 성분 등 여러 가지 생성된 성분들에 의해 발효과정을 거쳐 만들어진 술이다(Park 등 2004). 그러므로 성상이 균일하지 못하며, 양조장에서 출고 시 발효가 덜 이루어진 막걸리가 유통 및 저장과정 중에 미분해된 전분 분해가 지속적으로 진행되면서 탄산가스가 발생하는 등 막걸리 품질 저하에 영향을 미치고 있다. 또한, 막걸리는 잡균 및 초산균에 의해 산패가 되기 쉽기 때문에 막걸리 품질의 보존성을 증가시키기 위해 살균 공정을 거쳐서 제조하고 있

† Corresponding author: Jang-Woo Park, Dept. of Food & Biotechnology, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea. Tel: +82-31-670-5157, Fax: +82-31-677-0990, E-mail: jangwoo\_park@hknu.ac.kr

다(Jeong 등 2006; Kim 등 2002).

그러나, 막걸리를 살균하게 되면 쓴맛, 변색 및 물리적 성상의 변화 등으로 품질 저하에 영향을 미치게 된다(Bae 등 1990). 그러므로 현재 우리나라에서 생산하고 있는 막걸리의 경우, 65°C에서 30분 정도 가열 살균하는 것이 일반적이지만, 막걸리의 발효 정도 및 침전물의 형태, 양 등에 따라서 함유되어 있는 효모와 같은 발효 미생물 농도가 각각 다르기 때문에 막걸리 상태에 따른 살균 방법이 필요하다(Lee 등 2000; Park 등 2002; Shin 등 1999). 즉, 막걸리 제조 공정 중 사용되는 원료들의 배합비 그에 따른 발효 정도 및 효모와 같은 미생물의 변화 등을 고려하여 막걸리 품질특성에 알맞은 살균 방법에 대한 규격화가 요구되어야 한다(Ahn 등 1994; Park 등 2011; Song 등 2003).

그러므로 막걸리 제품 내에 미생물 변화에 따른 품질 변화와 막걸리 제조 후 저장 및 유통과정 중에도 곡자와 주모가 막걸리 속에서 나타나는 다양한 이화학적, 미생물학적 변화에 의해서 주질에 대한 특이 냄새 발생 및 그에 따른 청량감 감소와 더불어 고형물의 침전 현상 등과 같은 문제점을 해결할 수 있는 표준화된 살균 방법에 대한 연구를 알아보하고자 한다.

따라서 본 연구에서는 막걸리 유통 중 지속적인 발효에 의한 품질 저하 현상 개선 및 저장성 증가를 위한 방법의 일환으로 현재 시중에서 판매되고 있는 막걸리를 구입하여 각각의 막걸리에 대한 발효 미생물의 지표균으로 효모 농도를 측정하여 효모 농도에 대한 살균 조건을 알아보하고자 한다. 즉, 시중에서 판매되고 있는 대표적인 막걸리 8종류 제품에 함유된 효모 농도를 확인한 결과 데이터를 이용하여 막걸리 초기 효모의 농도를  $10^8$ ,  $10^7$  및  $10^6$  CFU/ml로 균일하게 희석하여 조절하고 막걸리 제조 공정 분석을 위한 효모 농도별 최적의 살균조건을 조사하여 규격화된 막걸리 제조 공정에 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

백미, 소맥분 및 물엿 등을 이용하여 제조한 후, 3일 경과된 막걸리 8종류의 제품(A, B, C, D, E, F, G, H)을 대형마트에 구입하였다. 구입한 브랜드별 막걸리를 시료로 멸균한 0.85% (w/v) NaCl을 이용하여 10배씩 단계별로 희석하였다. 희석한 시료를 3M<sup>TM</sup> Petrifilm<sup>TM</sup> yeast and mold count plates(3M, USA)에 1 ml씩 접종하여 25±1°C에서 72시간 동안 배양한 후, 나타난 colony를 계수하여 환산하였다.

### 2. 효모 농도별 막걸리 제조

8종류 제품(A, B, C, D, E, F, G, H) 막걸리의 효모 측정 결과 가장 높은 효모 농도( $10^8$  CFU/ml)를 나타내는 1개 제품의 막걸리를 선택하였다. 선택한 막걸리의 효모 농도를  $10^8$ ,  $10^7$  및  $10^6$  CFU/ml로 희석하여 살균용 막걸리를 제조하였다. 또한, 동일 브랜드의 막걸리를 autoclave를 사용하여 70°C에서 30분 동안 살균하여 효모를 함유하고 있지 않은 것을 확인한 후, 그것을 효모 농도별 막걸리 제조 시 희석용으로 이용하였다.

### 3. 살균 온도에 따른 효모의 열저항성 측정

막걸리의 효모 농도를  $10^8$ ,  $10^7$  및  $10^6$  CFU/ml로 희석한 후, data logger system(Hanyoung nux., Graphic Recorder, GR100, Incheon, Korea)이 장착된 heating block(Daihan scientific. Co. Ltd., Wise Therm HB-48, Seoul, Koera)을 이용하여 효모 농도별로 제조된 막걸리를 살균하였다. 살균온도는 일반적으로 막걸리를 살균할 경우 최대 살균 온도를 85°C로 하는 경우를 기준으로 다양한 온도에서 막걸리를 살균한 후, 살균된 막걸리의 색깔, 맛 및 형상을 측정하여 예비실험 결과를 기초로 살균온도 및 살균시간에 대한 조건을 알아보았다. 즉, 효모 농도별로 제조된 막걸리를 시험관에 7 ml씩 취하여 동일 크기의 시험관(길이: 12 cm, 직경: 1.5 cm)에 가하여 막걸리가 담긴 시험관의 밑부분에서 1/3 지점의 cold point에 온도 sensor를 장착하여 65, 70, 75 및 80°C 각각의 살균 온도에 도달되는 시간을 살균 시간으로 설정하였다. 살균종료 후, 얼음상자에 살균된 시료가 담긴 시험관을 담가서 냉각시켜 clean bench에서 시료를 무균적으로 취하였다. 또한, 시료에 따른 효모 측정에는 3M<sup>TM</sup> Petrifilm<sup>TM</sup> yeast and mold count plates(3M, USA) 배지를 이용하여 25°C에서 72시간 배양한 후, colony를 계수하여 환산하였으며, 세균의 집락수를 이용하여 D-value를 구하고 이것으로부터 Z-value를 구하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 막걸리 브랜드별 효모 농도

제조한 후 3일 경과된 막걸리 8종류의 제품(A, B, C, D, E, F, G, H)을 선택하여 각각의 막걸리에 대한 효모를 측정하여 결과는 Table 1과 같이 나타났다. 막걸리 8종류에 대한 효모 측정 결과 대부분의 막걸리에  $10^8$  또는  $10^7$  CFU/ml 정도의 효모를 함유하고 있었다. 그러나, 효모 농도는 최대  $9.0 \times 10^8$  CFU/ml이었으며, 최소  $1.9 \times 10^7$  CFU/ml를 나타내었다. 이와 같은 결과는 동일한 방법으로 우리나라 전통 막걸리를 제조하였다고 하여도 발효 정도 및 발효에 영향을 미치는 효모 등의 미생물에 따라서 막걸리 품질이 변화될 수 있는 것을 알 수 있었으며, 이러한 효모 농도의 다양함에 따른 유통 및 저장

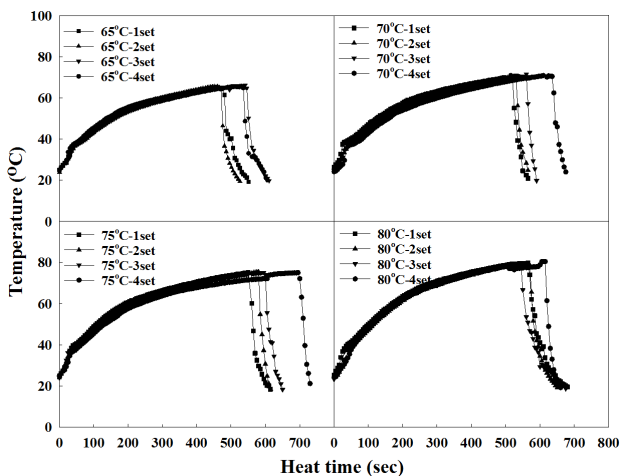
**Table 1. The initial count of yeast cells of eight different brands of fresh *Makgeolli***

| <i>Makgeolli</i> brands | Yeast count (CFU/ml) |
|-------------------------|----------------------|
| A                       | $7.5 \times 10^7$    |
| B                       | $2.1 \times 10^8$    |
| C                       | $3.0 \times 10^7$    |
| D                       | $1.0 \times 10^8$    |
| E                       | $1.9 \times 10^7$    |
| F                       | $9.0 \times 10^8$    |
| G                       | $5.3 \times 10^7$    |
| H                       | $1.9 \times 10^8$    |

안정성을 위한 살균공정에 대한 차별화 또한 반드시 고려해야 할 것으로 판단되었다(Comitini 등 2011; Heard 등 1985).

**2. 살균 온도에 따른 열 침투곡선**

막걸리 살균 온도(65, 70, 75, 80°C)별 열 침투 정도를 확인하기 위하여 제조한 7 ml의 막걸리를 시험관(길이: 12 cm, 직경: 1.5 cm)에 가하여 막걸리가 담긴 시험관의 밑부분에서 1/3 지점의 cold point에 온도 sensor를 위치하여 각각의 살균 온도별 열 침투 속도를 확인한 결과는 Fig. 1과 같다. 즉, heating block의 위치별 열 침투 속도의 차이를 알아보기 위해 각각의 살균온도에 대하여 시험관을 4군데 위치의 heating block에 장착하여 살균 온도에 대하여 도달되는 시간을 측정하였다. 65°C 살균 온도에 대해서는 최소 7.9분, 최대 8.1분에 65°C에 도달하였으며, 70°C 경우에는 최소 8.6분, 최대 9.7분에 도달하였다. 또한 75°C 및 80°C에서는 각각 최소 9.2분 및 9.4분, 최대 11.6분 및 11.4분을 나타내어 살균 온도가 증가함에 따



**Fig. 1. Thermal histories of heat exchanger at various heating temperatures.**

라서 도달 시간 또한 증가되었으나, 75°C 및 80°C에 도달되는 시간의 차이는 크게 다르지 않았다. 이와 같이 각각의 살균 온도별 도달 시간을 측정하므로 come-up time 및 heating time을 확인하여 효모 농도별 막걸리의 살균 조건을 정하는 과정에 이용할 수 있었다. 또한, heating block system의 위치별 온도 도달 정도의 차이를 미리 확인하여 안정된 조건에서의 살균 실험을 진행할 수 있었다.

**3. 살균 온도에 따른 효모 농도별 막걸리의 열특성**

막걸리의 살균 지표균으로 사용한 효모의 열에 대한 저항성을 알기 위하여 heating block system의 살균 장치를 이용하여 65, 70, 75°C 및 80°C 각각의 살균온도에서 각기 다른 시간 동안 가열한 후, 생산균수의 변화를 반대수좌표에 표시한 결과, 직선적 사멸곡선을 얻었다. 즉, 살균조건에 대하여 지수적 감소 추세를 나타내었으며, 이로부터 구한 D값은 Table 2와 같다. 살균 지표균으로 사용한 효모의 D값은 효모 농도 10<sup>8</sup> 및 10<sup>7</sup>인 경우 각각 65°C에서 1.87분, 0.96분 70°C에서는 0.66분, 0.51분 75°C에서는 0.26분, 0.08분 80°C에서는 0.13분, 0.14분으로 살균온도가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으며, 효모 농도 10<sup>6</sup>에 대해서는 살균온도가 증가할수록 감소하는 경향은 나타내었으나, 살균온도에 따른 효모수의 변화가 10<sup>8</sup> 및 10<sup>7</sup>에서와 같이 균일하게 나타나지는 않았다. 이들 값을 log D값과 온도의 좌표에 그려본 결과, 대략적인 직선관계를 나타내었다(Fig. 2). 이로부터 구한 살균 지표균인 효모의 Z값은 10<sup>8</sup> 및 10<sup>7</sup>인 경우 각각 11.4°C 및 9.4°C를 나타내었다. 또한, 효모 농도별로 제조한 모든 막걸리를 80°C에서 살균한 후, 살균 지표균인 효모의 생산균수 변화에 대한 결과를 측정해 본 결과, Z값을 구할 수 있는 범위의 효모 생산균수 값을 나타내지는 않았다(Fig. 3). 이와 같은 결과를 살펴볼 때, 막걸리의 평균 효모 함유량이 10<sup>8</sup>~10<sup>7</sup> CFU/ml인 제품인 경우 65, 70, 75°C 및 80°C 살균온도 중 75°C 살균온도가 안전할 것으로 예측할 수 있었으며, 본 실험에서 막걸리 살균조건에 따른 품질특성을 색깔, 맛 및 형상 등 관능적인 요소를 기준

**Table 2. D-values of yeast cells in *Makgeolli* samples with different initial concentrations heated at temperatures of 65, 70, 75 and 80°C**

| D-values (min) at temperature | Initial concentrations of yeast cells (CFU/ml) |                 |                   |
|-------------------------------|--|-----------------|-------------------|
|                               | 10 <sup>8</sup>                                | 10 <sup>7</sup> | 10 <sup>6</sup>   |
| D <sub>65</sub>               | 1.87   | 0.96            |                   |
| D <sub>70</sub>               | 0.66   | 0.51            |                   |
| D <sub>75</sub>               | 0.26   | 0.08            | N.C <sup>1)</sup> |
| D <sub>80</sub>               | 1.03   | 0.14            |                   |

<sup>1)</sup> Non check

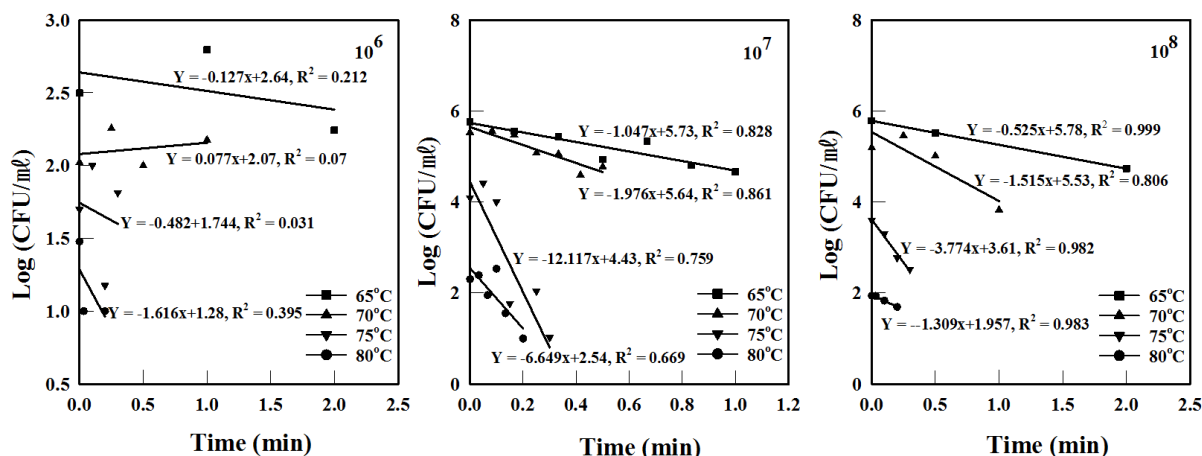


Fig. 2. Inactivation curves of yeast cells in *Makgeolli* samples with different initial concentrations heated at temperatures of 65, 70, 75 and 80 °C.

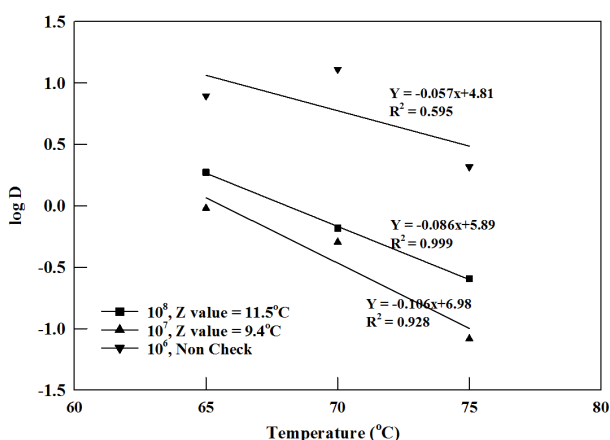


Fig. 3. Z-values of yeast cells in *Makgeolli* samples with different initial concentrations.

으로 간단하게 예비실험으로 살펴본 결과에서도 75°C에서 살균했을 경우의 막걸리에 대하여 가장 높은 선호도를 나타내었다. 따라서, 이러한 결과로 볼 때, 향후 살균 막걸리에 대한 최적 살균조건 확립을 위한 지속적인 연구를 진행함으로써 막걸리 제조과정 및 저장·유통과정에서 발생할 수 있는 미생물 발효에 의한 문제점 해결에 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 막걸리 살균 후, 구체적인 품질평가를 위한 규격화된 측정방법 확립이 필요할 것으로 판단되었다(Kim 등 2011; Lee 등 1991).

References

Choi JY, Lee TS, Noh BS. 1999. Characteristics of volatile flavor compounds in improved *Kochunjang* prepared with

glutinous rice koji during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 31:1221-1226  
 Chung DH. 2004. The History of Alcohol Tradition in Korea. pp. 271-298. Shinkwang Publishing Co., Seoul, Korea  
 Kang KE, Kim HK, Song KH, Lee HM. 2012. Consumption pattern and strategies to increase popularity of *Makoli* according to age groups in men and women. *Korean J Food & Nutr* 25:419-429  
 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  
 Jeong JW, Park KJ, Kim MH, Kim DS. 2006. Quality characteristics of *Takju* fermentation by addition of chestnut peel powder. *Korean J Food Preserv* 13:329-336  
 Kim HY, Lee IS, Kang JY, Kim GY. 2002. Quality characteristics of cookies with various levels of functional rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 34:642-646  
 Bae SM. 1999. The superiority of Korean traditional wines and their industrial application method. *Food Ind Nutr* 4:9-12  
 Lee SM, Lee TS. 2000. Effect of roasted rice and defatted soybean on the quality characteristics of *Takju* during fermentation. *J Natural Sci* 12:71-79  
 Park CS, Lee TS. 2002. Quality characteristics of *Takju* prepared by wheat flour *Nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 34: 296-302  
 Shin K R, Kim BC, Yang JY, Kim YD. 1999. Characterization of *Yakju* prepared with yeasts from fruits. 1. Volatile components in *Yakju* during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28:794-800

- Ahn BH. 1994. Investigation trends in traditional liquor. *Bull Food Tech* 7:42-47
- Park CW, Jang SY, Park EJ, Yeo SG, Kim OK, Young JJ. 2011. Comparison of the quality characteristics of commercial *Makgeolli* type in South Korea. *Korean J Food Preserv* 18:884-890
- Song JC, Park HJ. 2003. Takju brewing using the uncooked germed brown rice at second stage mash. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:847-854
- Comitini F, Gobbi M, Domizio P, Romani C, Lencioni L, Mannazzu I, Ciani M. 2011. Selected non-*Saccharomyces* wine yeasts in controlled multistarter fermentations with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Microbiol* 28:873-882
- Heard GM, Fleet GH. 1985. Growth of natural yeast flora during the fermentation of inoculated wines. *Appl Environ Microb* 50:727-728
- Kim JY, Kim D, Park P, Kang HI, Ryu EK, Kim SM. 2011. Effects of storage temperature and time on the biogenic amine content and microflora in Korean turbid rice wine, *Makgeolli*. *Food Chem* 128:87-92
- Lee CH, Tae WT, Kim GM, Lee HD. 1991. Studies on the pasteurization conditions of *Takju*. *Korean J Food Sci Technol* 23:44-51
- 
- 접 수 : 2013년 9월 11일  
최종수정 : 2013년 10월 24일  
채 택 : 2013년 10월 30일