



## 김치 발효에 관여하는 효모의 다양성 및 역할

강성은<sup>1,2,†</sup> · 김미주<sup>2,†</sup> · 김태운<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>전남대학교 식품영양학과, <sup>2</sup>세계김치연구소 미생물기능성연구단

### Diversity and Role of Yeast on Kimchi Fermentation

Seong Eun Kang<sup>1,2,†</sup>, Mi Ju Kim<sup>2,†</sup>, Tae Woon Kim<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food and Nutrition, Chonnam National University

<sup>2</sup>Microbiology and Functionality Research Group, World Institute of Kimchi

### Abstract

This review summarizes the studies on a wide variety of yeast found in kimchi and the effects of yeast on kimchi fermentation, and discusses the direction for further research. Yeast belongs to the genera *Trichosporon*, *Saccharomyces*, *Sporisorium*, *Pichia*, *Lodderomyces*, *Kluyveromyces*, *Candida*, *Debaryomyces*, *Geotrichum*, *Kazachstania*, *Brassica*, *Yarrowia*, *Hanseniaspora*, *Brettanomyces*, *Citeromyces*, *Rhodotorula*, and *Torulopsis* have been identified using culture-dependent methods and metagenomics analysis. The application of yeast as a starter into kimchi has resulted in an extension of shelf life and improvement of sensory characteristics due to a decrease in the amount of lactic acid. On the other hand, some yeast cause kimchi spoilage, which typically appears as an off-odor, texture-softening, and white-colony or white-film formation on the surface of kimchi. In contrast to lactic acid bacteria, there are limited reports on yeast isolated from kimchi. In addition, it is unclear how yeast affects the fermentation of kimchi and the mechanism by which white colony forming yeast predominate in the later stage of kimchi fermentation. Therefore, more research will be needed to solve these issues.

Key words: Kimchi, yeast, fermentation, white colony-forming yeast

## 1. 서 론

김치는 배추 등 채소류를 주원료로 하여 절임, 양념 혼합 공정을 거쳐 그대로 또는 일정기간 발효시킨 한국의 전통발효식품이다. 김치의 발효는 김치 제조에 사용되는 재료로부터 유입되는 미생물에 의해 진행된다. 김치 재료에 있는 미생물들의 수는 계절에 따라 달라지지만 배추의 경우 유산균은  $10^4 \sim 10^6$  CFU/g, 효모는  $10^3 \sim 10^5$  CFU/g의 범위를 나타내었고 고춧가루는 유산균수가  $10^5 \sim 10^7$  CFU/g, 효모가  $10^3 \sim 10^7$  CFU/g을 보였으며 깻마늘, 생강 등도 유산균수  $10^4 \sim 10^7$  CFU/g, 효모는  $10^3 \sim 10^7$  CFU/g의 균수를 나타내었다(Park et al. 1994b; Kim et al. 2010).

이들 미생물들은 세척, 절임, 양념 혼합 등의 공정을 거치면서 일부는 제거되지만 내염성이 있는 유산균, 효모 등이 잔존하면서 김치 발효에 관여하게 된다. 특히, 김치 발효 과정에 적용되는 저온조건 및 적절한 소금농도, 혐기성 조건은 유산균

이 성장하기에 유리한 환경을 제공하게 된다. 김치 발효에 관여하는 주요 유산균으로는 *Leuconostoc* 속, *Lactobacillus* 속, *Weissella* 속에 속하는 유산균들이 김치 발효 시기에 따라 우점종을 차지하며 이들 유산균들의 군집 변화는 온도, 염농도, 부재료 등에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Jung et al. 2014). 한편, 김치 발효 과정 중 효모 수의 변화는 전반적으로 원료로부터 유입된 담금 초기의 효모가 발효초기와 중기에 이르기까지 유지되는 경향을 보이다가 유산균 수가 감소하는 시점 이후 점진적으로 증가하는 경향을 보이는 것으로 나타났으며 이는 저장온도에 따라서도 두드러진 차이는 없었다(Ro et al. 1981; Jeong et al. 2013). 4°C에서 발효시킨 김치에서 *Saccharomyces* 속 효모의 증식은 유산균에 의한 발효가 거의 끝난 시점에서 시작되어 45일 이후에는 감소하며 이들은 ethanol과 glycerol을 생성하는 것으로 나타났다. 그리고 김치의 산패기인 발효 100일 이후에는 *Candida* 속 효모의 증식이 확인되어 이들이 김치의 산패에 관여하는

<sup>†</sup>These authors contributed equally to this work.

\*Corresponding author: Tae Woon Kim, 86, Kimchi-ro, Nam-gu, Gwangju 61755, Republic of Korea  
Tel: +82-62-610-1723 Fax: +82-62-610-1853 E-mail: korkimchiman@wikim.re.kr

것으로 추정되었다(Jeong et al. 2013).

미생물상 분석에 정량성을 부여할 수 있는 quantitative real-time PCR을 이용하여 김치 발효 과정 중 세균 및 효모의 rRNA gene copy number변화를 분석 한 결과 발효시간 경과에 따라 세균은 증가하였지만 효모는 변화가 적어 김치 발효는 세균에 의해 주도적으로 일어나며 효모는 김치 발효에 큰 영향을 주지 않는 것으로 보고되었다(Park et al. 2009).

효모는 김치 발효 과정 중에 알코올과 각종 비타민은 물론 여러 가지 방향성 물질을 생성하여 독특한 향미를 제공한다. 하지만 발효 후기에는 산막효모로 증식하여 외관을 손상하고 연부현상을 일으키는 것으로 보고되었다.

지금까지 김치 발효와 관련된 미생물 연구는 주로 유산균을 중심으로 진행되었고 효모의 역할과 활용에 관한 연구는 그에 비해 미비한 실정이다. 본고에서는 김치로부터 분리된 효모의 종류 및 김치 발효에 미치는 영향에 대해서 살펴보고 향후 김치 효모와 관련된 연구 방향에 대해 기술하였다.

## II. 연구 내용 및 방법

김치에서 분리된 효모와 이들이 김치 발효에 미치는 영향을 알아보기 위하여 김치 발효 및 미생물과 관련된 학술논문과 문헌 등을 수집하여 조사하였다. 수집된 자료를 바탕으로 김치로부터 분리된 효모의 종류, 김치 starter로서의 이용성, 김치의 품질을 저하시키는 산막효모에 대한 연구, 김치 효모의 활용특성 분석 및 증식 억제와 관련된 연구 내용을 기술하였다. 그리고 현재까지 수행된 김치 효모 관련 연구를 바탕으로 향후 연구 방향에 대해서 간단히 제안하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 김치로부터 분리된 효모의 종류

김치에서 분리한 효모에 관한 연구로서는 서울시내의 한 가정에서 담근 김치로부터 효모 2균주와 세균 200균주를 분리하였다는 보고(Kim & Whang 1959)와 더불어 효모가 김치의 연부현상에 미치는 영향을 알아보기 위하여 산막효모 27균주, 비산막 효모 6균주를 분리하여 pectin 분해효소의 활성을 측정하는 연구로부터 시작되었다(Ha 1960). 그 후 우리나라의 대표적인 김치인 겨울 배추김치로부터 *Brettanomyces clausenii*, *Candida bogoriensis*, *C. cacaui*, *C. guilliermondii*, *Citeromyces matritensis*, *Kluyveromyces veronae*, *Pichia membranaefaciens*, *Rhodotorula glutinis*, *Saccharomyces bayanus*, *S. cerevisiae*, *S. pretoriensis*, *S. italicus*, *Torulopsis salmanticensis*와 같이 8속 13종의 효모를 분리, 동정하였다는 연구가 그 뒤를 잇고 있다(Choi 1978). 지금까지 배추김치, 물김치, 백김치, 열무김치, 동치미 등의 김치로 분리된 효모들을 <Table 1>에 정리하여 나타내었다. 배양학적 방법 및

비배양학적 방법을 이용하여 김치로부터 분리, 동정된 효모의 종류를 살펴 보면, *Brettanomyces*, *Candida*, *Citeromyces*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces*, *Torulopsis*, *Trichosporon*, *Sporisorium*, *Lodderomyces*, *Kazachstania*, *Debaryomyces*, *Geotrichum*, *Brassica*, *Yarrowia*, *Hanseniaspora* 속에 속하는 매우 다양한 종류의 효모가 분리되었음을 알 수 있다(Choi KC 1978; Song et al. 1992; So et al. 1997; Jin et al. 2007; Chang et al. 2008; Moon et al. 2014; Suzuki et al. 2018; Kim et al. 2018).

김치 효모의 동정에 있어 배지를 이용하여 효모를 분리한 다음 동정을 수행하는 배양학적 방법에는 YM (yeast malt) 배지, YPD (yeast-extract peptone dextrose) 배지, 그리고 PDA (potato dextrose agar) 배지에 세균 등의 생육을 억제 하고자 항생제 등이 첨가되어 사용되었다. Malt extract에 식염 3.2%, aureomycine 50 µg/mL, penicillin을 100 µg/mL 농도로 첨가하거나(Choi 1978), YM 배지나 PDA 배지에 penicillin 60 µg/mL과 streptomycin 100 µg/mL을 함께 첨가하거나(Song et al. 1992; So et al. 1997), PDA 배지에 10% tartaric acid를 1.7 mL/100 mL 농도로 첨가하기도 하였다(Oh et al. 2003). 그리고 YPD 배지에 chloramphenicol을 100 µg/mL, ampicillin을 50 µg/mL의 농도로 첨가하고 분리 시 배양온도도 15°C로 설정한 보고도 있다(Suzuki et al. 2018). 김치 발효가 진행될수록 유산균이 효모에 비해 월등히 많은 수로 존재하기 때문에 김치에서 효모를 분리할 경우에는 선택배지에 항생제를 첨가하거나 배양온도를 고려하여 효모를 분리하는 것이 바람직할 것으로 사료 된다. 한편, 김치 내 효모의 다양성 및 친이 분석에 배양 비의존적 분석 방법인 DGGE (denaturing gradient gel electrophoresis)를 적용한 연구에서는 *Trichosporon*, *Saccharomyces*, *Sporisorium*, *Pichia*, *Lodderomyces*, *Kluyveromyces*, *Candida*, *Debaryomyces*, *Geotrichum*, *Kazachstania*, *Brassica* 속 들이 검출되었다(Chang et al. 2008; Suzuki et al. 2018). 또한, deep sequencing approach를 적용한 연구에서는 *Candida*, *Pichia*, *Yarrowia*, *Kazachstania*, *Hanseniaspora* 속 들이 검출되었다(Kim et al. 2018).

이들 효모 중에는 발효 후기 *Pichia kudriavzevii*, *Pichia kluyveri*, *Kazachstania exigua*, *Kazachstania pseudohumilis*, *Kazachstania servazzii*, *Candida sake*, *Yarrowia lipolytica* 등의 균주들이 김치 표면에 흰색 colony를 형성하는 산막효모라는 결과를(Moon et al. 2014; Suzuki et al. 2018; Kim et al. 2018) 제시한 연구를 제외하고는 아직 김치 발효에 영향을 미치는 정확한 효모의 종류가 도출되지 않아 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

### 2. 김치 starter로의 이용

산막 효모는 김치에서 외관을 손상시키고 무르게 하는 연부 현상을 일으켜 김치의 품질을 떨어뜨린다. 하지만 일부

<Table 1> Diversity of yeast isolated from kimchi

Kimchi variety	Analysis	Yeast	Reference
Cabbage kimchi	Isolation	<i>Brettanomyces claussenii</i> , <i>Candida bogoriensis</i> , <i>Candida cacaioi</i> , <i>Candida guilliermondii</i> , <i>Citeromyces matritensis</i> , <i>Kluyveromyces vaeronae</i> , <i>Pichia membranaefaciens</i> , <i>Rhodotorula glutinis</i> , <i>Saccharomyces bayanus</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Saccharomyces pretoriensis</i> , <i>Saccharomyces italicus</i> , <i>Torulopsis salmanticensis</i>	Choi (1978)
Watery kimchi	Isolation	<i>Saccharomyces</i> spp. <i>Kluyveromyces fragilis</i> <i>Torulopsis candida</i>	Song et al. (1992)
Baikkimchi (a kind of kimchi without red pepper powder)	Isolation	<i>Saccharomyces</i> spp.	So et al. (1997)
Cabbage kimchi	Isolation/ PCR	<i>Saccharomyces servazzii</i>	Jin et al. (2007)
Cabbage kimchi, Young radish kimchi, Pony-tail radish kimchi, Radish water kimchi	PCR/DGGE	<i>Trichosporon domesticum</i> , <i>Trichosporon loubieri</i> , <i>Trichosporon brassicae</i> , <i>Trichosporon cutaneum</i> , <i>Saccharomyces unispoyus</i> <i>Sporisorium moniliferum</i> , <i>Pichia kluyveri</i> <i>Lodderomyces elongisporus</i> , <i>Candida sake</i> <i>Trichosporon middelhovenii</i> , <i>Saccharomyces castellii</i> , <i>Kluyveromyces marxianus</i>	Chang et al. (2008)
Cabbage kimchi	Isolation	<i>Pichia kudriavzevii</i> , <i>Kazachstania servazzii</i> , <i>Kazachstania exigua</i> , <i>Kazachstania bulderi</i> , <i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	Moon et al. (2014)
Cabbage kimchi	PCR/DGGE	<i>Candida sake</i> , <i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Geotrichum fragrans</i> , <i>Candida pinguabensis</i> , <i>Kazachstania exigua</i> , <i>Kazachstania pseudohumilis</i> , <i>Trichosporon dermatis</i> , <i>Trichosporon shinodae</i> <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> , <i>Pichia fermentans</i>	Suzuki et al. (2018)
Cabbage kimchi, Mustard leaf kimchi Young radish kimchi Watery kimchi	NGS analysis	<i>Candida sake</i> , <i>Pichia kluyveri</i> , <i>Yarrowia lipolytica</i> , <i>kazachstania servazzii</i> , <i>Hanseniaspora uvarum</i> , <i>Kazachstania barnettii</i> , <i>Pichia anomala</i>	Kim et al. (2018)

<Table 2> Studies on starter cultures for kimchi fermentation using yeast

Starter	Characteristics	Effects on kimchi	Reference
<i>Saccharomyces fermentati</i> YK-19	Utilization of organic acid, acid resistance	Delaying the acidification of kimchi, Improving the flavor	Kim et al. (1996a, 1996b, 1997)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> DS, <i>Lactobacillus plantarum</i> LP	Utilization of organic acid, effect of mixed starter	Quality control	Kim (1998)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Utilization of organic acid	Extending kimchi shelf-life	Kim et al. (1998)
<i>Pichia anomala</i> SKM-T, <i>Galactomyces geotrichum</i> SJM-59	Yeast related with the flavor	Extending kimchi shelf-life	Mo et al. (2007)
<i>Saccharomyces servazzii</i> MY7, <i>Lactobacillus curvatus</i> ML17	Predominant yeast involved in mukeunji, effect of mixed starter	Accelerating the fermentation process	Kim et al. (2013)

효모는 김치의 발효에 있어서 유기산을 탄소원으로 이용하고 알코올과 향기성분을 생성하여 풍미를 부여하기도 한다. 따라서, 효모를 김치 종균으로 사용하여 김치의 품질 향상 및 품질유지 기한을 연장시키고자 하는 연구가 일부 진행되

었다<Table 2>.

김치발효에 의해 생성된 유기산을 탄소원으로 이용하고 내염성 및 내산성을 지닌 효모의 특성을 이용하여 김치의 산패를 지연시키고 김치의 풍미를 향상시키려는 연구가 시도



<Figure 1> White colony-forming yeasts grown on the surface of kimchi

되었다(Kim et al. 1996a). 분리된 효모 중에서 *Saccharomyces fermentati* YK-19 균주는 김치의 풍미 증진에도 도움이 되었을 뿐 아니라 김치의 전 발효기간 동안 산 생성량이 낮아 김치 적숙기를 연장시키는 것으로 나타났다(Kim et al. 1996b; Kim et al. 1997). *Saccharomyces cerevisiae* 효모 균주와 *Lactobacillus plantarum* LP 균주를 혼합배양하여 물김치에 종균으로 첨가한 결과에서도, 발효 초기 단계에서 효모가 유산균과의 경쟁에서 발효원인 당을 많이 소비해 상대적으로 산 생성을 감소시키고 기호성을 개선시켜 균일한 품질을 얻을 수 있었다고 하였다(Kim 1998). 이와 더불어 Kim et al. (1998)은 김치 종균으로 *Saccharomyces cerevisiae* 를 소금 절임 시 첨가하는 방법과 김치 담금 시 첨가하는 방법으로 구분하여 실험한 결과, 소금 절임 시 효모를 처리하면 젖산균의 기질인 당류를 감소시킴으로써 가식기간이 연장되는 것을 확인하였다. 코코아 가공 시 풍미 생성에 관여한다고 알려져 있는 *Pichia anomala* SKM-T 균주의 첨가는 김치의 산도를 천천히 증가시키고 발효기간 내 적정산도를 유지하여 김치의 발효를 지연시키는 것으로 나타났다(Mo et al. 2007). 또한, 묵은지의 숙성 발효를 위하여 묵은지에서 분리한 *Saccharomyces servazzii* MY7 균주와 *Lactobacillus curvatus* ML17 균주를 혼합 종균으로 사용한 경우, 이들 효모와 유산균은 김치 발효 90일 동안 높은 점유율을 유지하였으며, 1년 숙성 묵은지와 유사한 풍미를 가진 묵은지의 제조가 가능하였다고 하였다(Kim et al. 2013). 향후 김치 발효에 관여하는 효모의 역할이 명확히 구명된다면 이들 효모를 김치 종균으로 활용하는 연구도 더욱 더 활발해 질 것으로 사료된다.

### 3. 산막 효모

골마지는 수분이 많은 발효식품의 겉면에 생기는 곰팡이 같은 흰색 막을 말하는데<Figure 1>, 김치 골마지는 장기 저장 시 공기 중에 노출된 김치에서 발생하며, 특히 발효 후기에 유산균이 줄어들면서 산막 효모에 의해 나타난다. 과숙 김치로부터 산막효모를 분리 동정한 결과 *Pichia kudriavzevii*, *Kazachstania servazzii*, *Kazachstania exigua*, *Kazachstania*

*bulderi* 등으로 분석되었고, 이 중 *Pichia kudriavzevii*는 polygalacturonase 활성이 높고 김치 접종 시에 off-odor를 발생시킴으로써 김치의 품질을 저하시키는 주요 산막효모로 보고되었다(Moon et al. 2014). 또한, 일본에서 제조된 김치에서 *Kazachstania exigua*와 *Kazachstania pseudohumilis*가 분리되었고 이들을 김치에 접종하여 살펴본 결과 15°C에서는 이 균주들이 김치 표면에 증식하였으나 4°C에서는 생성되지 않아 골마지 생성에 온도가 크게 관여한다고 보고되었다(Suzuki et al. 2018). 다만, 일본에서 제조한 김치는 sodium acetate, glacial acetic acid 등을 포함한 acidulant를 사용함으로써 우리 김치와는 발효 양상이 다소 차이가 있을 것으로 생각된다. 최근에는 배추김치, 갓김치, 열무김치, 물김치의 표면에 생긴 골마지를 배양학적 방법과 비배양학적 방법인 NGS (Next Generation Sequencing) 분석 기술을 활용하여 미생물 군집을 분석한 결과 *Pichia kluyveri*, *Yarrowia lipolytica*, *Candida sake*, *Hanseniaspora uvarum*, *Kazachstania servazzii* 등이 분리, 동정되었고<Figure 2>, 이들 효모에 대한 전장유전체 분석을 통해 독성유전자를 가지고 있지 않음을 확인하였다(Kim et al. 2019). 향후 이들 산막효모들이 생성되는 조건 및 기작에 대한 연구가 더 수행되어 이들의 생성을 억제할 수 있는 연구로 이어져야 할 것으로 사료된다.

### 4. 김치 효모의 활용, 특성분석 및 증식 억제

효모는 알코올 및 방향 성분의 생성 등 식품에 풍미를 부여하고 비타민 C 합성에도 관여하는 것으로 알려져 있어 김치에서 분리된 효모를 제빵에 활용하고자 한 연구와 더불어 김치 내 비타민 함량 증가를 효모와 연관지어 구명하고자 한 연구도 있다. 김치로부터 분리한 유산균 *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis*와 *Saccharomyces fermentati*, *Saccharomyces cerevisiae*의 혼합 발효액을 이용하여 제빵적성을 알아본 결과 향, 맛, 저작감 등 관능검사에서도 대조군에 비해 좋은 점수를 얻었다(Sin et al. 2003). 김치 숙성 후반기, 즉, 김치의 산패가 일어나는 시기에 김치 내 비타민 C 함량이 증가하는 현상과 효모와의 관련성을 알아본 결과, 김치 발효 후기에

분리된 *Pichia onychis* 균주가 생산하는 L-galactono- $\gamma$ -lactone oxidase가 polygalacturonase (PG)의 작용으로 생성된 galacturonic acid를 기질로 활용하여 비타민 C를 생성하는 것으로 추정하였다(Oh et al. 2003).

최근 발표된 Ochangco et al.(2016)의 결과에 따르면 *Debaryomyces hansenii* 균주에 대해 다양한 산소 농도에 따른 장내 환경 하에서의 생존능, 장 상피세포에의 흡착능, 항염증 사이토카인의 분비에 미치는 영향 등을 조사한 결과 프로바이오틱스가 장내에서 증식할 경우 오히려 환자의 안전상에 문제가 될 수 있는 면역손상 환자들에게 있어 이러한 효모가 새로운 프로바이오틱스 균주로서의 가능성이 있다고 보고 하였다. 김치에서 분리된 효모들에 있어서도 프로바이오틱스 특성 분석을 포함하여 보다 더 다양한 활용방안에 대해 연구가 필요해 보인다.

한편, 김치 발효 후기에 효모는 산막을 형성하며 연부현상을 일으키는 것으로 알려져 있어 천일염 등 김치 부재료가 이들 효모에 미치는 영향을 알아보거나 산막효모의 증식을 억제하기 위한 연구도 수행되었다. 천일염이 김치 품질에 미치는 영향을 알아보기로 1년 숙성 천일염, 4년 숙성 천일염, 정제염을 사용하여 제조한 김치에 중균을 첨가하여 산도가 0.5-0.6%에 이르렀을 때  $-1^{\circ}\text{C}$ 에 장기 보관하면서 효모 수를 측정하고 1개월 이내의 단기 저장에서는 사용 소금별 차이가 미미하였으나 저장기간이 경과될수록 뚜렷한 차이를 나타내어 4년 숙성 천일염을 사용한 김치에서 효모 수가 가장 낮고 김치의 경도도 높게 나타났으나 정제염 김치는 효모 수도 많고 경도도 낮아 효모가 연부현상을 촉진시켜 물성을 감소시킨 것으로 보고하였다(Chang et al. 2014). 유사한 저장 조건으로 천일염의 영향을 알아본 또 다른 연구에서도 정제염을 사용하고 중균을 첨가한 김치에서는 10주 경과 후에 효모가 검출되었지만 1년 숙성 천일염과 죽염에서는 18주, 3년 숙성 천일염에서는 20주 경과 후에 효모가 검출되었고 coccus type의 유산균의 비율도 높아 천일염이 김치 발효에 긍정적인 영향을 미쳤다. 그러나 이들 천일염의 어떤 성분이 유산균과 효모의 증식에 영향을 주는지에 대한 추가 연구가 필요하다고 하였다 (Lee et al. 2018).

김치 발효 후기에 발생하여 외관을 손상시키고 이취, 연부현상을 초래하여 김치의 품질을 저하시키는 산막효모의 생성을 억제하고자 소비자의 합성첨가물에 대한 거부감을 고려하여 감잎, 포공영(*Taraxacum platycapum* D.), 녹차씨 등을 이용한 연구가 수행되었다(Park et al. 1994a; Kim & Kim 2001; Yang & Seo 2017). 뚝은 감잎의 정유성분이 김치 발효에 미치는 영향을 살펴본 결과 대조군에 비해 효모 수가 낮게 검출되었고 *Saccharomyces cerevisia*에 대해서도 강한 항균활성을 나타내었다(Park et al. 1994a). 포공영의 클로로포름 분획도 *Saccharomyces cerevisia*에 대해 일부 저해 효과를 나타내었다(Kim & Kim 2001). 한편, 식물의 정유성분은 용해도가 낮고 휘발성 물질을 함유하여 식품의 관

능에 영향을 줄 수 있다는 점 등을 보완하고자 탈지 녹차씨 추출물의 항 효모 활성을 평가한 연구도 있었다(Yang & Seo 2017). 산막효모로 알려진 *Pichia membranifaciens*를 김치에 접종한 후 탈지 녹차씨의 물 추출물과 75% 에탄올 추출물의 산막 형성 억제능을 살펴본 결과 각각 78, 39  $\mu\text{g}/\text{mL}$  이상의 농도에서 농도 의존적으로 산막 억제 형성능을 나타내어 효모를 저해할 수 있는 천연 보존제로서 활용 가능성이 높을 것으로 보고하였다.

김치의 수출 시 수송 및 유통에 장시간이 소요되는 점을 고려할 때 산막효모의 생성을 효율적으로 억제할 수 있는 기술 개발과 관련된 연구가 더욱 수행되어야 할 것으로 사료된다.

#### IV. 요약 및 결론

김치에서 분리, 동정된 효모의 종류를 살펴보면 *Brettanomyces*, *Candida*, *Citeromyces*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces*, *Torulopsis*, *Trichosopron*, *Sporisorium*, *Lodderomyces*, *Kazachstania*, *Debaryomyces*, *Geotrichum*, *Brassica*, *Yarrowia*, *Hanseniaspora* 속 등 매우 다양한 종류의 효모가 김치에 존재하고 있음을 알 수가 있었다. 김치 발효에 있어 효모가 유기산을 탄소원으로 이용하고 알코올과 향기성분을 생성하여 풍미를 부여하는 특성을 활용하고자 *Saccharomyces fermentati*, *Saccharomyces cerevisiae* 등의 효모를 김치 중균으로 사용하여 김치의 품질 향상 및 품질 유지 기한을 연장시키고자 하는 연구와 더불어 김치 발효 후기에 발생하여 외관을 손상시키고 이취, 연부 현상을 초래하여 김치의 품질을 저하시키는 산막효모와 관련된 연구가 수행되었다. 주요 산막 효모로 *Pichia kudriavzevii*, *Pichia kluyveri*, *Kazachstania exigua*, *Kazachstania pseudohumilis*, *Kazachstania servazzii*, *Candida sake*, *Yarrowia lipolytica* 등이 분리 동정되었다.

지금까지 수행된 김치 미생물 연구는 주로 유산균에 국한되어 이루어졌고 효모와 관련된 연구는 활발하게 진행되지 못하고 있는 실정이다. 연구결과를 종합해 보면 김치발효에서 효모는 유산균이 감소하는 적숙기 이후부터 증가하는 것으로 확인되는데 그에 대한 정확한 기작은 아직 밝혀지지 않아 김치 발효과정 중 효모의 역할 등에 추가적인 연구가 필요해 보인다. 김치로부터 분리된 효모의 기능적 특성이나 활용에 관한 연구도 부족한 편이다. 다양한 김치로부터 효모를 분리하고 프로바이오틱스로서의 기능적 특성, 바이오나 식품 및 타 산업에로의 활용 가능성, 그리고 이들이 분비하는 효소의 특성 등도 살펴볼 필요가 있어 보인다. 한편, 김치의 외관 손상, 이취 발생, 연부현상을 일으키는 산막효모의 생성을 억제하는 연구도 미비한 실정이다. 전 세계적으로 김치에 대한 선호도는 지속적으로 증가하고 있지만 수송 및 유통에 장시간이 소요되는 수출용 김치의 경우 표면에 한 두 개의

흰색 colony의 생성에도 현지에서 전량 폐기에 따른 손실과 김치 위생에 대한 부정적인 인식이 발생할 우려가 있어 이의 해결을 위한 연구도 절실히 필요하다고 사료된다.

### 감사의 글

이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다(2018R1D1A1B07047662).

### Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

### References

- Chang HW, Kim KH, Nam YD, Roh SW, Kim MS, Jeon CO, Oh HM, Bae JW. 2008. Analysis of yeast and archaeal population dynamics in kimchi using denaturing gradient gel electrophoresis. *Int. J. Food Microbiol.*, 126(1-2):159-166
- Chang JY, Kim IC, Chang HC. 2014. Effects of solar salt on kimchi fermentation during long-term storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 46(4):456-464
- Choi KC. 1978. Studies on the yeasts isolated from Kimchi. *Korean J. Microbiol.*, 16(1):1-10
- Ha SS. 1960. Effect of pectin degrading enzyme and film-forming microbes on the softening of pickled vegetables. *Bull. Sci. Res. Inst.*, 5(2):139-147
- Jeong SH, Lee SH, Jung JY, Choi EJ, Jeon CO. 2013. Microbial succession and metabolite changes during long-term storage of Kimchi. *J. Food Sci.*, 78: M763-M769
- Jin HS, Kwon YR, Yun YJ. 2007. Major microbial composition and its correlation to the taste of Jeonju kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 36(12):1617-1621
- Jung JY, Lee SH, Jeon CO. 2014. Kimchi microflora: history, current status, and perspectives for industrial kimchi production. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 98(6):2385-2393
- Kim HJ, Kang SM, Yang CB. 1997. Effects of yeast addition as starters on fermentation of kimchi. *Korean J. Food Sci.*, 29(4):790-799
- Kim HJ, Lee CS, Kim YC, Kang SM. 1996a. Identification of yeast isolated from kimchi for kimchi starters. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.*, 24(4):430-438
- Kim HJ, Shin HK, Yang EJ. 2013. Production and fermentation characteristics of Mukeunji with a mixed starter. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 42(9):1467-1474
- Kim HJ, Yang CB, Kang SM. 1996b. Kimchi's flavor and taste affected by kimchi yeast-producing volatile compounds. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.*, 24(4):512-518
- Kim HS, Whang KC. 1959. Microbiological studies on kimchi : isolation and identification of anaerobic bacteria. *Bull. Sci. Res. Inst.*, 4(1): 56-63
- Kim JH. 1998. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* on Mul-kimchi fermentation. *Annu. Bull. Seoul Health College.*, 18(1):115-123
- Kim JH, Kim MR. 2001. The Inhibitory effects of chloroform fraction extracted from the Dandelion (*Taraxacum platycarpum* D.) against lactic acid bacteria and yeast related to kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci.*, 33(5):560-566
- Kim JS, Jung JY, Cho SK, Kim JE, Kim TJ, Kim BS, Han NS. 2010. Microbial analysis of baechu-kimchi during automatic production process. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 42(3):281-286
- Kim JY, Kim J, Cha IT, Jung MY, Song HS, Kim YB, Lee CS, Kang SY, Bae JW, Choi YE, Kim TW, Roh SW. 2019. Community structures and genomic features of undesirable white colony-forming yeasts on fermented vegetables. *J. Microbiol.*, 57(1):30-37
- Kim SD, Kim KH, Oh YA. 1998. Effects of yeast addition during salting and preparation on fermentation of kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 27(6):1077-1085
- Lee KW, Shim JM, Kim DW, Yao Z, Kim JA, Kim HJ, Kim JH. 2018. Effects of different types of salts on the growth of lactic acid bacteria and yeasts during kimchi fermentation. *Food Sci. Biotechnol.*, 27(2):489-498
- Mo EK, Ly SY, Jegal SA, Sung CK. 2007. Effects of addition of *Pichia anomala* SKM-T and *Galactomyces geotrichum* SJM-59 on Baechu kimchi fermentation. *Korean J. Food Preserv.*, 14(1):94-99
- Moon SH, Chang M, Kim HY, Chang HC. 2014. *Pichia kudriavzevii* is the major yeast involved in film-formation, off-odor production, and texture-softening in over-ripened kimchi. *Food Sci. Biotechnol.*, 23(2):489-497
- Ochangco HS, Gamero A, Smith IM, Christensen JE, Jespersen L, Arneborg N. 2016. In vivo investigation of *Debaryomyces hansenii* strains for potential probiotic properties. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 32(9):141
- Oh JY, Han YS. 2003. Purification and characterization of L-galactono- $\gamma$ -lactone oxidase in *Pichia* sp. isolated from kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 35(6): 1135-1142
- Park EJ, Chang HW, Kim KH, Nam YD, Roh SW, Bae JW. 2009. Application of quantitative real-time PCR for enumeration of total bacterial, archaeal, and yeast populations in kimchi. *J. Microbiol.*, 47(6):682-685
- Park SK, Kang SG, Chung HJ. 1994a. Effects of essential oil in

- astriquent persimmon leaves on kimchi fermentation. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 22(2):217-221
- Park WS, Koo YJ, Lee MK, Lee IS. 1994b. Processing characteristics and role of ingredients for kimchi preparation. *Proceedings of symposium on science of kimchi. Korean Soc. Food Sci. Technol.*, 247-264
- Ro WS, Hur YH, Oh HK. 1981. A study on the dynamic changes of microorganisms during the fermentation of kimchi. *The J. SHJC.*, 1:15-20
- Sin EH, Jeong SJ. 2003. Optimization of bread fermentation with lactic acid bacteria & Yeast isolated from kimchi. *Korean J. Culi. Res.*, 9(3):130-140
- So MH, Kim YB. 1997. Isolation and identification of major microbial groups during Baikkimchi fermentation. *Korean Soc. Food Nutr.*, 10(3):350-359
- Song HJ, Park YH. 1992. Effect of lactic acid bacteria on the growth of yeast from Mul-kimchi. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.*, 20(2):219-224
- Suzuki A, Nuraoka N, Nakamura M, Yanagisawa Y, Amachi S. 2018. Identification of undesirable white-colony-forming yeasts appeared on the surface of Japanese kimchi. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 82(3):334-342
- Yang EJ, Seo YS. 2017. Stability of anti-yeast activities and inhibitory effects of defatted green tea seed extracts on yeast film formation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 46(3):327-334

---

Received March 26, 2019; revised April 17, 2019; accepted April 18, 2019