

## 물리·화학적 처리에 의한 요구르트 오염균의 생육 억제효과

선우찬<sup>1</sup> · 이소영<sup>2</sup> · 윤소영<sup>3</sup> · 정지연<sup>3</sup> · 김꽃봉우리<sup>1</sup> · 이청조<sup>1</sup> · 광지희<sup>1</sup> ·  
김민지<sup>1</sup> · 김동현<sup>1</sup> · 정슬아<sup>1</sup> · 김현지<sup>1</sup> · 안동현<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>부경대학교 식품공학과/식품연구소

<sup>2</sup>한국식품연구원 전통식품연구단

<sup>3</sup>CJ 식품연구소

## Effect of Physicochemical Treatment on Growth Inhibition of *Hanseniaspora uvarum* Y1 from Yogurt

Chan Sunwoo<sup>1</sup>, So-Young Lee<sup>2</sup>, So-Young Yoon<sup>3</sup>, Ji-Yeon Jung<sup>3</sup>, Koth-Bong-Woo-Ri Kim<sup>1</sup>,  
Chung-Jo Lee<sup>1</sup>, Ji-Hee Kwak<sup>1</sup>, Min-Ji Kim<sup>1</sup>, Dong-Hyun Kim<sup>1</sup>,  
Seul-A Jung<sup>1</sup>, Hyun-Jee Kim<sup>1</sup>, and Dong-Hyun Ahn<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science & Technolog/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

<sup>2</sup>Traditional Fermented Food Research Group, Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

<sup>3</sup>Food Research Center, CJ Research Institute, Seoul 152-051, Korea

### Abstract

This study was conducted to investigate the cause of microbiological contamination in yogurt and evaluate the effect of physicochemical treatment on the growth inhibition of *Hanseniaspora uvarum* isolated from yogurt. The yeast strain *Hanseniaspora uvarum* Y1 was subjected to heat and pH treatments. *H. uvarum* Y1 was killed at 70°C and 80°C after 15 min and survived in a wide pH range from pH 2 to 9. However, it did not survive under pH 1 and over pH 10. In a disk diffusion susceptibility test on *H. uvarum* Y1, a clear zone (5 mm) of growth inhibition was observed upon treatment with electrolyzed water. The effect of ozone gas on the growth of *H. uvarum* Y1 was evaluated by viable cell count. Initial cell numbers of 10<sup>2</sup> and 10<sup>3</sup> CFU/mL of *H. uvarum* Y1 were completely killed by treatment for 10 and 30 min, respectively. *H. uvarum* Y1 was also sterilized by microwave treatment for 1 min. When treated with gamma-irradiation, the rate of killing of *H. uvarum* Y1 was proportional to the irradiation dose. and complete killing occurred at a dose of 50 kGy.

**Key words:** yogurt, *Hanseniaspora uvarum* Y1, physicochemical treatments

### 서 론

최근 건강에 대한 관심 증가와 더불어 유산균의 효능에 관한 연구가 활발히 진행되면서 발효유 소비량은 매년 꾸준한 증가세를 보이고 있다(1,2). 대표적인 종류인 발효유 요구르트는 원유 또는 탈지유를 젖산균 또는 효모로 발효시켜 산미와 향미를 강화시킨 것을 말한다. 발효 기질이 되는 우유가 영양학적으로 우수할 뿐만 아니라 액상 및 호상으로 제조가 가능하며, 다양한 부재료의 첨가가 가능한 특징을 가지고 있다(3). 또한, 요구르트는 probiotics로서 주목을 받고 있으며(4,5), 장내환경을 변화시켜 유익균의 성장을 촉진하는 생균활성제 역할(4), 정장작용(5), 혈중 콜레스테롤 저하(6), 무기질과 비타민 흡수 촉진(7) 및 항암(8) 등의 기능이 보고되고 있다. 최근에는 요구르트의 기능성 강화에 도움이 되는 부재료를 첨가하여 생리활성이 더 우수한 요구

르트를 제조하기 위해 마늘(2), 클로렐라(9), 유자(10), 버찌(11), 함초(12) 등을 첨가한 기능성 강화 요구르트들이 보고되었다. 요구르트는 소비자의 기호도 및 제품의 다양화를 위해 과일 시럽, 우유 단백질 농축물, 결정 과당과 같은 다양한 부원료를 사용하고 있기 때문에 공정이 복잡하여 공정상의 문제가 발생하기 쉽다. 이러한 공정상의 문제는 원료배합, 수화 및 균질화 후의 불충분한 살균처리, 냉각 및 발효 중의 미생물 오염에 의해 발생할 가능성이 높다(13). 요구르트 오염 균주로는 *Candida* sp. *Hanseniaspora occidentalis*, *Saccharomyces* sp. 등이 밝혀졌으며(13), 이러한 미생물학적 변패 요인을 방지하기 위해 Manfred Kroger(14)는 발효전 원료의 적절한 혼합과 열처리, 유산균 starter culture의 오염 차단, 첨가되는 과일시럽과 같은 다른 부재료의 위생적 처리, 위생적인 공정 설비 및 cold chain 유지 등을 제시하였다. 현재 다양한 부원료로부터의 오염을 막기 위해 외부로

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: dhahn@pknu.ac.kr  
Phone: 82-51-629-5831, Fax: 82-51-629-5824

부터 공급해오는 부원료는 100°C 30분 스팀 살균된 tote에 보관하며, 상부 빈 공간은 산소 대신 질소를 투입하여 호기성 미생물 성장을 억제하는 등 미생물 제어에 노력을 하고 있다. 하지만 미생물 오염으로 인한 제품의 점도 저하와 이상 발효에 의한 가스 발생으로 품질 사고가 발생되고 있어 본 연구에서는 요구르트 제품의 주요 오염원 미생물을 밝히고, 제조과정 중 미생물학적 오염을 제어할 수 있는 물리·화학적 방법을 연구하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 요구르트 오염 균주 분리 및 동정

유통 중 오염된 요구르트 제품으로부터 오염균을 분리하기 위해 시료를 1백금이 취한 후, YM 배지에 희석 도말하여 28°C에서 2일간 배양한 후 생성된 colony를 분리하였다. 분리된 요구르트 오염 균주는 cellular fatty acid composition과 Analytic Profile Index 20C AUX kit(Bio Merieux, Marcy l'Etoile, France)로 동정하였다. 요구르트 오염 균주의 cellular fatty acid composition은 분리 균주를 28°C에서 2일간 배양한 후 균주의 지방산을 추출하여 Miller(15)의 방법에 따라 Agilent technologies 6890 gas chromatography(Atlanta, GA, USA)를 이용하여 분석하였으며, 이때 사용한 separation column은 A30 m×0.320 mm×0.25 µm crosslinked methyl siloxane column(HP-1, Agilent technologies, Atlanta, GA, USA)을 이용하였다. 분석된 profile은 Sherlock MIS Software를 이용하였으며 standard calibration 용액과의 비교에 의해 peak의 동정, retention time, peak의 면적 및 면적 비율을 구하였다. Analytic Profile Index kit를 통한 동정은 API 20C AUX kit를 사용하였으며, 희석한 균액을 cupules에 접종한 후 30°C에서 48~72시간 배양 후 '0' cupules를 음성대조군으로 해서 혼탁도가 더 있는 cupules를 양성 반응으로 하였다.

### 열처리

28°C에서 48시간 배양한 분리균주 배양액을 60°C에서 30분, 70°C에서 5, 10 및 15분, 79.5°C 25초, 80°C 15분간 열처리하였으며 각 처리구별로 2반복 수행하였다. 이를 YM 고체 배지에 200 µL 분주하고 도말하여 28°C에서 48시간 배양한 후 균의 생육 여부를 확인하였다.

### pH 처리

YM 액체배지를 0.1 및 1 N의 NaOH와 0.1 및 1 N의 HCl로 pH를 1에서 10로 조정된 후 autoclave(HVE-50, Hirayama Manufacturing Corp, Saitama, Japan)로 멸균하였다. 그 후, 균주를 약 10<sup>7</sup>~10<sup>8</sup> CFU 정도 pH를 조정된 배지에 접종한 후, 28°C에서 진탕 배양하며 3시간 간격으로 spectrophotometer(Genesys 10 UV, Thermo Electron Corp, Rochester, NY, USA)를 사용하여 600 nm에서 배지의 혼탁도로 균의

증식 정도를 확인하였다. pH 처리 실험은 2반복 수행하였다.

### 전해수 처리

0.6% NaCl 용액을 전해수 생성 장치(TMDⅡ, TMD, Busan, Korea)로 6분간 전기분해하여 생성된 전해수(pH 9.42, HClO 335.10 ppm)를 사용하였다. 약 10<sup>5</sup>~10<sup>6</sup> CFU 가량의 요구르트 오염 균주를 Mueller hinton agar(MHA, Difco, Franklin Lakes, NJ, USA) 배지에 도말한 후, 지름 6 mm의 paper disc를 고정시키고 전해수 20 µL를 흡수시켰다. 이를 실온에서 약 30분간 방치하여 배지에 전해수를 확산시킨 후 28°C에서 48시간 배양하였다. 생성된 clear zone의 크기로 항균활성을 측정하였다.

### 오존가스 처리

YM 액체배지에 균주를 48시간 배양한 후 균액의 농도가 10<sup>2</sup>~10<sup>3</sup> CFU가 되도록 plate count agar에 분주 및 도말하였다. 이 평판을 오존발생량이 100 mg/hr인 장치로 5, 10, 20, 30 및 60분간 밀폐된 상자 안에서 처리한 뒤 28°C에서 2일간 배양하였으며 각 처리구별 2반복 수행하였다. 배양 후 평판배지에 형성된 집락의 수를 측정하여 사멸율을 구하였으며, 계산식은 다음과 같다.

$$\text{사멸율(\%)} = \frac{\text{처리 전의 균수} - \text{처리 후의 균수}}{\text{처리 전의 균수}} \times 100$$

### Microwave 처리

요구르트 오염균주를 배양하여 얻은 균액을 약 10<sup>6</sup>~10<sup>7</sup> CFU 농도로 현탁하여 멸균된 screw cap tube에 넣었다. 그 후 screw cap tube를 증류수로 채운 beaker에 담아 1, 3 및 5분간 주파수 2,450 MHz인 microwave(MW-272LB, LG, Seoul, Korea) 처리한 후 균수를 측정하였다. 열의 작용을 배제하고 microwave만의 작용을 알아보기 위한 실험구는 1분 간격으로 beaker의 물을 교환하면서 온도를 4°C로 유지시켜 1, 5 및 10분간 microwave 처리하여 균수를 측정하였으며, 실험은 각 처리구별로 2반복 수행하였다.

### 방사선 처리

분리된 요구르트 오염균주를 약 10<sup>7</sup>~10<sup>8</sup> CFU 농도로 현탁한 후, screw cap tube에 넣고 감마선조사시설(IR-90, Nordion International Ltd., Ontario, Canada)의 100,000 Ci <sup>60</sup>CO 선원을 이용하여 실온에서 1, 3, 5, 7, 10, 20, 및 50 kGy로 각각 조사한 후, screw tube의 균 현탁액을 멸균된 PBS(phosphate buffered saline, pH 7.4)을 사용하여 10진 희석법으로 희석하였다. 이 희석액을 28°C에서 2일간 배양한 후 형성된 집락을 계수하였고 실험은 2반복 수행하였다.

## 결과 및 고찰

### 오염균주의 분리 및 동정

유통 중 오염된 요구르트 제품으로부터 오염균을 분리하

Table 1. Composition of fatty acids in strain isolated from yogurt

Fatty acid	Content (%)
10:0	0.85
14:0	1.27
16:1 Cis 9 (w 7)	63.23
16:0	16.02
18:1 Cis 9 (w 9)	18.63
<i>Hanseniaspora uvarum</i> ( <i>Kloeckera apiculata</i> ) (0.347) <i>Candida apis</i> (0.258)	
Identified result	

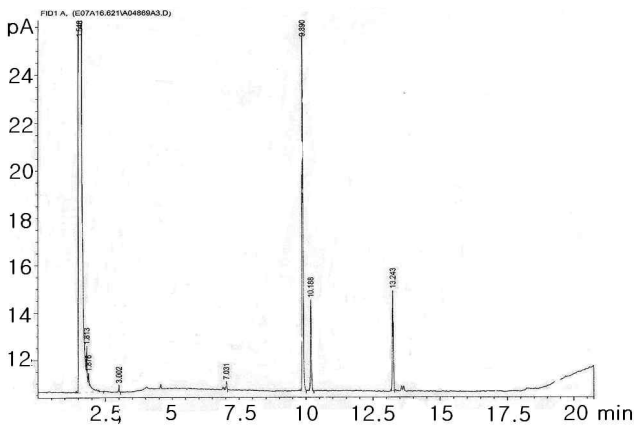


Fig. 1. Chromatographic profile of fatty acid composition of strain isolated from yogurt.

기 위해 시료를 1백금이 취하여 YM 배지에 희석 도말한 후 28°C에서 2일간 배양하였다. 형태학적 특징이 효모라고 추정되는 1종의 균주를 분리하고 균체로부터 지방산을 추출한 후 그 조성을 GC로 분석하여 data base의 profile과 비교 동정하였으며, API 20C AUX를 사용하여 균주의 탄수화물 이용도를 알아보았다. 지방산 분석 결과(Table 1, Fig. 1), 분리균주는 C<sub>16:1</sub> Cis(63.23%), C<sub>18:1</sub> Cis(18.63%), C<sub>16:0</sub> (16.02%), C<sub>14:0</sub>(1.27%) 및 C<sub>10:0</sub>(0.85%) 등의 지방산으로 구성된 *Hanseniaspora uvarum*(*Kloeckera apiculata*)으로 동정되었다. 유사도(Similarity Index: SI)는 0.374로 비교적 낮게 나타났다. 차 순위 동정 결과로 *Candida apis*(SI 값: 0.258)가 동정되었다. API 20C AUX kit 결과(Table 2), 분리된 균주는 glucose, 2-keto-D-gluconate 및 cellobiose 반응에서 양성반응을 보였으나, 나머지 탄수화물 반응에서 음성으로 나타나 *Kloeckera* sp.(동정확률: 99.9%)로 동정되었다. API kit 결과와 지방산 분석 결과 *Kloeckera* sp.로 나타났다. *Kloeckera* sp.는 *Hanseniaspora* sp.의 무성세대일 때의 이름이므로 속명이 일치하며, 균주의 종명은 지방산 분석 결과를 바탕으로 동정하였다. 이상의 결과를 종합하여 요구르트 오염균을 *Hanseniaspora uvarum*로 동정하고 *Hanseniaspora uvarum* Y1으로 명명하였다. *Hanseniaspora uvarum*은 과일, 과즙, 숙성 전 포도주, 공기 및 토양에 주로 분포하는 야생효모로서 양조제품의 표면에 점조막을 생성하고 초산

Table 2. Carbohydrates fermentation patterns and biochemical characteristics of isolated stratin from yoghurt through API 20C AUX

Characteristic	Result
Glucose assimilation	+ <sup>1)</sup>
Glycerol assimilation	-
2-Keto-D-gluconate assimilation	+
Arabinose assimilation	-
Xylose assimilation	-
Adonitol assimilation	-
Xylitol assimilation	-
Galactose assimilation	-
Inositol assimilation	-
Sorbitol assimilation	-
α Methyl-D-glucoside assimilation	-
N-acetyl-D-glucosamine assimilation	-
Cellobiose assimilation	+
Lactose assimilation	-
Maltose assimilation	-
Saccharose assimilation	-
Trehalose assimilation	-
Melezitose assimilation	-
Raffinose assimilation	-
Hyphae	-
Identified result	<i>Kloeckera</i> sp.

<sup>1)</sup> +: produced acid from carbohydrates, -: not produced acid from carbohydrates.

과 지방산 등을 생산하여 알코올을 감소시켜 정상적인 알코올 발효에 문제를 일으키는 부패 효모로 알려져 있으며(16), 당에 의해 생육이 촉진되는 것으로 알려져 있다(17). 본 연구에서 분리한 *H. uvarum* Y1과 같은 속인 *Hanseniaspora occidentalis*가 요구르트 부패균으로 Hur 등(18)의 연구에서 확인되었으며, *Hanseniaspora* sp.는 요구르트의 부패에 관여하는 효모임을 알 수 있었다. 이러한 요구르트의 미생물학적 오염을 해결하기 위해 Manfred Kroger(14)의 연구에서는 효모 제거를 위한 원료의 적절한 혼합과 열처리, 유산균 starter culture에 효모의 무혼입, 과일 시럽 및 다른 부 원료에서의 효모 불검출, 완제품의 냉장 유통을 제시한 바 있다.

열처리

분리 균주 *H. uvarum* Y1의 열처리에 따른 생육억제 정도를 조사하기 위해 일반적인 식품 살균 시 열처리 조건인 60°C 30분, 70°C 5분, 10분, 15분, 79.5°C 25초 및 80°C 15분간 가열처리 하였다. 그 결과, 60°C 30분, 70°C 5분, 10분 및 79.5°C 25초 가열처리 조건에서는 생육이 가능하였으나 70°C 및 80°C 15분간 가열처리 시에는 사멸하였다(Table 3). 요구르트 제조에 사용되는 원유는 주로 HTST(80°C 25초) 살균을 하고 있는데 본 실험의 결과, *H. uvarum* Y1은 HTST 조건에서도 생육하기 때문에 완전한 미생물의 사멸을 위해서는 70°C 15분 가열처리에 상응하는 조건 이상의 열처리가 필요한 것으로 생각된다. 또한 *H. uvarum* Y1은 주로 과육의 표피에서 발견되며, 당 함량이 높은 조건에서 잘 성장하는 특성(17)을 고려해 볼 때, 과일 시럽으로부터 오염되었을 가능성이 있으므로 과일시럽의 충분한 살균이

Table 3. Effect of heat treatments against *Hanseniaspora uvarum* Y1

Temperature (°C)	60	70	70	70	79.5	80
Treatment time (min)	30	5	10	15	0.42	15
<i>Hanseniaspora uvarum</i> Y1	Detected	Detected	Detected	Not detected	Detected	Not detected

이루어져야 할 것으로 생각된다. 요구르트에 첨가되는 과일 시럽의 경우 당도와 점도가 높아 살균 시 충분한 열전달이 어려우며 시럽 첨가 후 살균 공정이 없기 때문에 시럽 첨가 전 시럽의 충분한 살균이 필요할 것으로 생각된다. 그러므로 요구르트 제품의 미생물학적 오염을 방지하기 위하여 납품 받은 시럽을 배양 실험을 통해 안전성을 확인한 후 사용하며, 가열처리 조건을 70°C 및 80°C 15분 가열처리에 상응하는 고온 단시간 가열조건을 적용하여야 할 것으로 사료되어진다.

pH 처리

분리된 요구르트 오염균주의 생육에 미치는 pH의 영향을 알아보기 위해 YM 배지의 pH를 1에서 10까지 조절하였으며, 배양시간을 3, 6, 9 및 25시간으로 하여 각 시간대별 흡광도 값을 측정하였다(Fig. 2). 분리 균주 *H. uvarum* Y1은 pH 2~9의 아주 넓은 pH 범위에서도 성장하는 것으로 나타났으며, 최적 생육 pH는 5~6이었다. 정상적으로 제조된 호상 요구르트의 pH는 4.5~4.6으로 *H. uvarum* Y1의 최적 pH인 5 부근이므로 공정상의 문제로 미생물학적 오염이 발생할 경우, *H. uvarum* Y1의 증식이 예상된다. 따라서 공정 중 발생할 수 있는 미생물에 대한 오염경로를 완전히 차단해야 할 것으로 사료된다.

전해수 처리

전해수는 소량의 NaCl을 첨가한 물을 전기분해하여 얻을 수 있는데, 전해수의 살균 기작에 대해서는 명확히 밝혀져 있지 않지만 전기분해 과정에서 생성되는 차아염소산, hydroxy radical, 높은 산화환원전위, 용존산소 및 염소이온 등이 관여하고 있는 것으로 알려져 있다(19). 식품산업에서 신선식품 및 원·부재료의 표면 세정, 식품 산업 시설의 소독

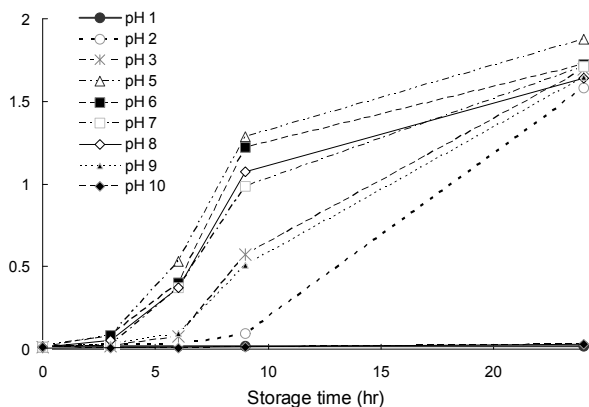


Fig. 2. Effects of pH treatment against *Hanseniaspora uvarum* Y1.

Table 4. Antibacterial activity of electrolyzed water

<i>Hanseniaspora uvarum</i> Y1
+++

Growth inhibition size of clear zone: +++, 5~8 mm.  
Electrolyzed water: 332.09 ppm of HClO, pH 9.43.

수로 사용되고 있다(20). 전해수의 식품 부패 미생물에 대한 항균 활성은 다수 보고되고 있는데, Kim 등(21)은 쌀 및 미곡창고에서 분리한 균주 *Bacillus cereus*와 효모에 약알카리성 전해수를 처리 시 강한 항균 활성이 나타나는 것을 보고하였으며, Kim 등(22)은 포도 부패균 및 Choi 등(23)의 후지 사과에 전해수를 처리 시 미생물수를 감소시킨다는 연구결과를 보고하였다. 본 연구에서는 무 격막 방식으로 제조한 전해수(HClO 335.10 ppm, pH 9.42)를 *H. uvarum* Y1에 처리하여 항균 활성을 측정하였는데, 저해환이 5 mm 이상으로 나타나 전해수에 대해 매우 높은 감수성을 보였다(Table 4). 따라서 이상의 결과를 종합해 볼 때, 요구르트 제조에 이용되는 원·부재료의 처리, 보관 시설 및 작업장 소독에 적용하여 미생물학적 오염 가능성을 낮출 수 있을 것으로 사료되어진다.

오존 가스 처리

오존은 빠른 산화력을 가진 자유라디칼의 작용에 의해 다양한 미생물의 생육을 억제하는 것으로 알려져 있으며(24). 식품산업에서 오존을 이용한 소독 및 살균에 관한 연구가 보고되고 있다(25,26). 이러한 오존가스를 이용하여 요구르트에서 분리된 *Hanseniaspora uvarum* Y1에 처리 시 초기 균수가 10<sup>2</sup> CFU일 경우, 약 10분간의 오존가스 처리로 균주가 완전히 사멸하였으며, 5분간 처리 시 99% 이상의 높은 사멸율을 보였다. 또 초기균수가 10<sup>3</sup> CFU인 경우에는 20분간의 오존 가스 처리로 완전히 사멸하였으며 5 및 10분 처리 시에는 약 98%의 사멸율을 보였다(Table 5). 이러한 오존의 높은 항균 작용은 오존의 산화작용, 환원작용, 단백질 변성 작용 및 표면장력 저항 등에 의해 일어난다고 보고되어 있으며(24), 특히 산화작용이 주된 역할을 하는 것으로 알려져

Table 5. Effect of O<sub>3</sub> treatments against *Hanseniaspora uvarum* Y1 (Unit: CFU/plate)

Untreated	Treatment time				
	5 min	10 min	20 min	30 min	60 min
2.39 × 10 <sup>2</sup>	1 (99.58) <sup>1)</sup>	—	—	—	—
2.40 × 10 <sup>2</sup>	— <sup>2)</sup> (100)	—	—	—	—
2.40 × 10 <sup>3</sup>	3 (98.75)	2 (99.17)	—	—	—
2.40 × 10 <sup>3</sup>	3 (98.75)	1 (99.58)	—	—	—

<sup>1)</sup>Death rate (%). <sup>2)</sup>Not detected.

Table 6. Effect of microwave treatments against *Hanseniaspora uvarum* Y1 (Unit: CFU/plate)

Untreated	Heating			Non-heating		
	1 min	3 min	5 min	1 min	5 min	10 min
$4.05 \times 10^6$	— <sup>1)</sup>	—	—	$1.19 \times 10^5$	$1.11 \times 10^5$	$1.07 \times 10^5$

<sup>1)</sup>Not detected.

있다. 이러한 결과로 미루어 보아 *H. uvarum* Y11은 오존 가스에 대한 감수성이 높기 때문에 시럽, 설탕 등과 같은 원료의 전처리 및 가공시설 소독에 이용하여 미생물에 의한 오염을 제어할 수 있을 것으로 사료되어진다.

#### Microwave 처리

Microwave는 식품을 구성하고 있는 수백만의 분자들이 매우 빠르게 움직이면서 발생하는 마찰열에 의해 가열되기 때문에 열이 식품의 내부에서부터 발생하여 미생물의 생육을 억제하게 된다. Microwave 처리에 따른 *H. uvarum* Y1의 사멸 효과를 연구한 결과, 열의 작용을 배제하지 않고 실험한 경우, 초기 균수가  $4.05 \times 10^6$  CFU일 때 1분 처리 시 *H. uvarum* Y1이 모두 사멸한 것을 확인할 수 있었다 (Table 6). 하지만 열의 작용을 배제하기 위해 온도를 4°C로 유지하며 microwave를 처리한 경우 시간에 상관없이 약  $10^5$  CFU 가량의 균수가 검출되어 (Table 6) microwave 처리를 통한 살균 효과는 microwave 처리 시 생성되는 마찰열에 의한 것으로 추측되어진다. Microwave를 이용한 항균 효과(27)는 우유(28), 상온보관 주먹밥(29) 등에 적용된 연구가 보고되었다. 식품 내부에서부터 열을 발생시켜 미생물의 생육을 억제할 수 있는 microwave 처리를 액상 부재료의 살균에 응용하여 미생물 오염을 방지할 수 있을 것으로 사료되어진다.

#### 방사선 처리

방사선 처리는 미국 FDA에서 즉석육류제품, 과일, 채소의 병원성 미생물 제거를 위해 사용할 수 있도록 허가되었으며(30), 유제품(31) 치즈(32), 레토르트식품(33)에 적용한 연구가 보고되었다. 방사선 조사는 식품을 포장한 상태로 연속 처리가 가능하여 살균처리 후 재포장에 따른 2차 오염을 방지할 수 있다. 또한 식품의 품온을 변화시키지 않는 냉온살균방법으로 그 사용 범위가 점차 확대되고 있다(3). 방사선을 요구르트 오염 균주 *Hanseniaspora uvarum* Y1에 처리하였을 때 조사선량에 따라 균수가 감소하는 것으로 나타났는데, 1 kGy 조사에서는 약 1 log cycle, 3 kGy 조사 시에는 약 2 log cycle, 5 kGy 조사에서는 3 log cycle, 7 및 10 kGy 조사에서는 약 5 log cycle, 20 kGy 조사 시에는 7 log cycle 정도 사멸하였으며, 50 kGy 조사 시에는 완전히 사멸하였다(Fig. 3). 이는 시판 요플레에 감마선 조사를 한 Kim 등(3)의 연구에서 조사선량이 높아짐에 따라 호기성균주 및 젖산균의 균수가 감소하는 것과 유사한 결과임을 확인할 수 있었다. 본 실험결과 요구르트 오염 균주 *H. uvarum* Y1을 90% 사멸시키는데 필요한 조사선량은 20 kGy 이상이

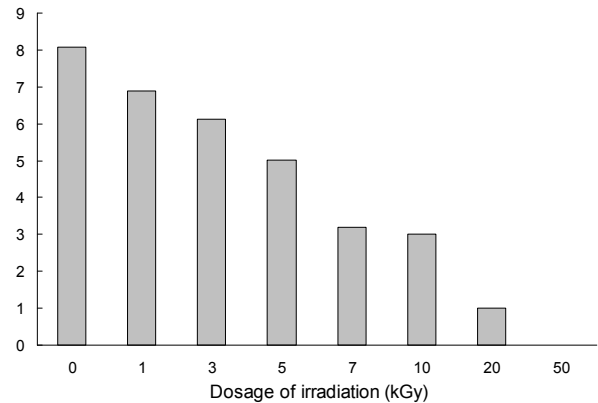


Fig. 3. Effect of  $\gamma$ -irradiation treatments against *Hanseniaspora uvarum* Y1.

요구되는 것으로 나타났다. 대표적인 방사선 내성균주로 알려진 *Deinococcus radiodurans* R1(34,35)와 *Rubrobacter radiotolerans*(34,36)를 90% 사멸시키는데 각각 11 kGy 및 10 kGy의 조사선량이 요구된다는 연구 결과와 비교해보았을 때 *H. uvarum* Y1은 방사선 내성이 있는 것으로 사료되어진다. 이러한 결과를 미루어 볼 때, 조사선량이 식품에 허용되는 방사선 조사선량인 10 kGy 이하보다 높아 요구르트 제조공정의 적용에는 어려울 것으로 사료되어진다.

#### 요 약

물리·화학적 처리에 의한 요구르트 오염균의 생육억제 효과를 알아보기 위해, 요구르트의 주요 오염균을 분리·동정하고, 열, pH, 전해수, 오존가스, microwave 처리 및 감마선을 조사하여 오염균주에 대한 사멸효과를 알아보았다. 오염된 요구르트로부터 분리한 효모의 지방산 조성 분석과 API(Analytic Profile Index) kit 분석을 실시한 결과, *Hanseniaspora uvarum*으로 동정되었으며 잠정적으로 *Hanseniaspora uvarum* Y1으로 명명하였다. *H. uvarum* Y1의 열 및 pH 처리에 의한 생육억제 효과를 측정된 결과, 70°C 및 80°C에서 15분 가열처리로 균이 사멸되었으며, pH 처리 시 pH 2, 3 및 9에서 생육이 다소 억제되었으며, pH 1 및 10에서 완전히 억제되었다. 전해수 처리의 경우, clear zone이 5 mm 이상으로 *H. uvarum* Y1이 전해수에 높은 감수성을 가지는 것으로 나타났다. 오존가스 처리에 의한 *H. uvarum* Y1의 사멸효과를 측정된 결과,  $10^2$  CFU의 균은 10분,  $10^3$  CFU의 균은 20분 처리 시 모두 사멸한 것으로 나타났으며, microwave 처리의 경우,  $10^6$  CFU 가량의 균이 1분 처리 시 모두 사멸되었다. 방사선 조사의 경우, 균수를 90% 이상

감소시키는데 필요한 조사선량이 20 kGy 이상으로 *H. uvarum* Y1은 감마선에 저항성이 있는 균임을 알 수 있었다. 이상의 결과를 종합해볼 때 열, pH, 전해수, 오존가스, microwave 처리를 통해 요구르트 오염균주인 *H. uvarum* Y1의 생육을 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 생각된다.

## 문 헌

- Lim KS. 2007. Current market trends and prospects of functional fermented milk products in Korea. *Food Industry and Nutrition* 12: 20-28.
- Kim GM, Shin JH, Kang MJ, Yang SM, Sung NJ. 2010. Preparation and characteristics of yogurt added with garlic powder. *J Agric Life Sci* 44: 49-56.
- Kim HJ, Song HP, Ham JS, Lee JW, Kim KH, JO CR. 2008. Effect of gamma irradiation on the overall quality of a commercial plain-type yogurt products. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28: 547-579.
- Analie LH, Bennie CV. 2001. Yogurt as probiotic carrier food. *Int Dairy J* 11: 1-17.
- Ly SY, Shin JR, Lim SH. 2003. Effect of drinking fermented milk on the improvement of defecation in constipated female students. *KJHE* 12: 265-273.
- Jung JK, Kim ER, Yae HS, Choi SJ, Jung JY, Juhn SL. 2000. Cholesterol lower effect of lactic acid bacteria and fermented milks as probiotic functional foods. *Food Industry and Nutrition* 5: 29-35.
- Oskar A, Simin NM, Rovert MR. 2004. Yogurt and gut function. *Am J Clin Nutr* 80: 245-256.
- Kim MH, Kwak HS. 2000. Antimutagenicity and anticancer activity of fermented milk. *Korean J Dairy Technol Sci* 18: 171-182.
- Cho EJ, Nam ES, Park SI. 2004. Effect of chlorella extracts on quality characteristics of yoghurt. *Korean J Food Nutr* 17: 1-7.
- Lee YJ, Kim SI, Han YS. 2008. Antioxidant activity and quality characteristics of yogurt added yuzu (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) extract. *Korea J Food Nutr* 21: 135-142.
- Kim KH, Hwang HR, Jo JE, Lee SY, Kim NY, Yook HS. 2009. Quality characteristics of yogurt prepared with flowering cherry (*Prunus serrulata* L. var. *spontanea* Max. *wils.*) fruit powder during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1229-1236.
- Cho YS, Kim SI, Han YS. 2008. Effect of slander glasswort extract yogurt on quality during storage. *Korean J Food Cookery Sci* 24: 212-221.
- Soukoulis C, Panagiotidis P, Koureli R, Tzia C. 2007. Industrial yogurt manufacture: monitoring of fermentation process and improvement of final product quality. *J Dairy Sci* 90: 2641-2654.
- Manfred K. 1975. Quality of yogurt. *J Dairy Sci* 59: 344-350.
- Miller LT. 1982. Single derivatization method for routine analysis of bacterial whole-cell fatty acid methyl esters, including hydroxy acid. *J Clin Microbiol* 18: 861-867.
- Bujdosó G, Egli CM, Henick-Kling T. 2001. Inter- and intra-specific differentiation of natural wine strains of *Hanseniaspora* (Kloeckera) by physiological and molecular methods. *Food Technol Biotechnol* 39: 19-28.
- Lee YE, Kim GG, Chung YR. 2005. Identification of *Hanseniaspora* (Kloeckera) sp. related with white dusty symptom of the grape. *Res Plant Dis* 11: 198-200.
- Hur JK, Shin JG, Kim SK, Baek YJ, Chung DH. 1992. Studies on the yeasts isolated from stirred yogurts. *Korean J Dairy Sci* 14: 283-291.
- Jeong JH, Han SJ, Cho WD, Hwang HJ. 1999. Identification of spoilage bacteria isolated from aseptic packaged cooked rice and application of acidic electrolyzed saline solution as water-for-cooked rice. *Korean J Food Sci Technol* 31: 788-793.
- Huang YR, Hung YC, Hsu SY, Huang YW, Hwang DF. 2008. Application of electrolyzed water in the food industry. *Food Control* 19: 329-345.
- Kim JH, Lee SY, Kim KBWR, Song EJ, Kim AR, Park SM, Han CS, Ahn DH. 2007. Antimicrobial activity of electrolyzed alkaline water against spoilage of microorganisms in rice warehouses. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 111-116.
- Kim SH, Chung HS, Lee JB, Kang JS, Chung SK, Choi JU. 2003. Effect of atmosphere sterilization using acidic electrolyzed water on storage quality and microbial growth in grapes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 549-554.
- Choi SY, Cho MA, Hong YP. 2008. Effect of washing treatments with different components on removal of pesticide residues and microorganisms in 'Fuji' apples. *Korean J Hort Sci Technol* 26: 251-257.
- Kim JG, Youdef AE, Dave S. 1999. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. *J Food Prot* 62: 1071-1087.
- Han Y, Floros JD, Linton RH, Nielsen SS, Nelson PE. 2006. Response surface modeling for the inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 on green peppers (*Capsicum annuum*) by ozone gas treatment. *J Food Sci* 67: 1188-1193.
- Lee KH, Cho CM. 2006. Effect of ozone and gamma irradiation of eliminating the contaminated microorganisms in food materials for Kimchi manufacturing. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 1070-1075.
- Latimer JM, Matsen JM. 1977. Microwave oven irradiation as a method for bacterial decontamination in a clinical microbiology laboratory. *J Clin Microbiol* 6: 340-342.
- Kim SS, Lee JH, Kim SY. 1999. Pasteurization efficiency of a continuous microwave HTST system for milk. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1392-1396.
- Bae YM, Lee SY. 2010. Effect of microwave treatment and packaging methods on extending the shelf-life of TRE rice balls at room temperature. *Korean J Food Cookery Sci* 26: 165-179.
- Diehl JF. 2002. Food irradiation-past, present and future. *Radiat Phys Chem* 63: 211-215.
- Ham JS, Nho YB, Kim SI, Kim SH, Jeong SG, Chae HS, Ahn JN, Jo CR, Lee WK. 2005. Changes of chemical bacteriological and allergenicity of raw milk by gamma irradiation. *Korean J Dairy Sci Technol* 23: 93-98.
- Ham JS, Jeong SG, Noh YB, Shin JH, Han GS, Chae HS, Yoo YM, Ahn JM, Lee JW, Jo CR, Lee WK. 2007. Effects of gamma irradiation on queso blanco cheese. *Korean J Dairy Sci Technol* 25: 15-20.
- Kim YS, Kim HJ, Yoon YH, Shin MG, Kim CJ, Shin MH, Lee JW. 2010. Antimicrobial effects of retort and gamma irradiation on bacterial populations in spicy chicken sauce. *Korean J Food Sci Ani Resour* 30: 141-147.
- Cox MM, Battistac JR. 2005. Deinococcus radiodurans-the consummate survivor. *Nat Rev Microbiol* 3: 882-892.
- Nattista JR, Carl AM, Park MJ. 1999. Why is *Deinococcus radiodurans* so resistant to ionizing radiation? *Trends Microbiol* 7: 362-365.
- Ferreira CA, Nobre FM, Eduard M, Rainey FA, Battista JR, Milton S. 1999. Characterization and radiation resistance of new isolates of *Rubrobacter radiotolerans* and *Rubrobacter xylanophilus*. *Extremophiles* 3: 235-238.

(2011년 10월 17일 접수; 2011년 11월 29일 채택)