

## 배추김치의 자동화 제조 공정 중 미생물 분석

김지선 · 정지윤 · 조승기 · 김지은 · 김태집 · 김범수<sup>1</sup> · 한남수\*  
충북대학교 식품공학과, <sup>1</sup>충북대학교 화학공학과

### Microbial Analysis of Baechu-kimchi during Automatic Production Process

Ji Sun Kim, Jee Yun Jung, Seung Kee Cho, Ji Eun Kim, Tae-Jip Kim, Beom Soo Kim<sup>1</sup>, and Nam Soo Han\*

Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University

**Abstract** The objective of this study was to analyze the microbial populations in the raw ingredients of kimchi and their changes during an automated commercial manufacturing process. High population numbers of total aerobic bacteria, lactic acid bacteria, *Leuconostoc* sp., and yeast were detected in garlic, ginger, red pepper powder and this result revealed that these ingredients were the major source of microbials in kimchi. Additionally, during the salting process of Chinese cabbage, rapid microbial growth was observed and the consecutive washing process was determined to be ineffective, lowering the microbial count by only one log reduction. Yeast was also detected in various ingredients. These results strongly suggest that, in order to lower the microbial population numbers in kimchi, the side-ingredients and salting process should be subjected to the appropriate sanitization or sterilization processes at the HACCP level. Beside, treatment of salted Chinese cabbage with sodium hypochlorite solutions after the salting step is recommended. To inhibit yeast growth, appropriate chemical treatment and approval of additive uses to control microbials should be considered. These experimental results and suggestions will be used to improve the kimchi manufacturing process in factories.

**Key words:** kimchi, lactic acid bacteria, *Leuconostoc*, yeast, production process

## 서 론

식품의약품안전청에서는 국민 다소비식품인 배추김치의 안전성을 강화하기 위하여 배추김치 제조업소를 2008년부터 업소규모별로 연차적·단계적으로 HACCP적용을 의무화하는 식품요소중점관리기준 개정안을 제정하였다. 배추김치 의무적용 대상 및 시기는 연매출액 20억원 이상이면서 종업원수 51인 이상은 2008년 12월 1일부터, 연매출액 5억원 이상이면서 종업원수 21인 이상은 2010년 12월 1일부터 실시하는 등 단계적인 전환을 추진하고 있다(1). 이에 따라 국내 배추김치 제조업체들은 점차 HACCP을 적용하여 안전관리를 강화하고 있고 앞으로 국제경쟁력을 확보하는데 기여하여 수출증대도 기대된다.

김치의 미생물 분포 조사로 Pack 등(2)은 김치로부터 약 30종의 박테리아와 효모를 검출하였고, 그 외 다수의 연구들은 발효 중 미생물의 변화를 조사하여 김치의 미생물 다양성과 숙성시간에 따른 변화양상을 이해할 수 있게 하였다(2-6) 하지만, 지금까지의 연구들이 대부분 원료 또는 숙성기간 중의 미생물 다양성

조사에 각각 국한되어 있는 반면, 원료로부터 제조공정을 통하여 최종제품에 이르기까지 미생물의 유입과 변화를 통합적으로 분석한 자료는 많지 않으며 특히 최근 설치되는 자동화 공정에 관련된 미생물 분석의 사례는 찾기 어렵다.

따라서, 본 연구에서는 최근 자동화된 김치 제조공정을 설치하고 HACCP 인정을 준비하고 있는 배추김치 제조업체를 선정하여 제품에 존재하는 미생물이 어떤 원료와 공정에서 유입 가능성이 높은지 조사하였다. 이를 위해 업체에서 이용하는 재료와 새로 설치 중인 자동화 공정 별로 시료를 확보하여 각각의 미생물 분포를 비교 분석하였다. 본 분석 결과는 해당 업체는 물론 최근 HACCP 인정을 준비하는 다수의 배추김치 제조업체들의 김치 자동화 공정 개선에 참고자료가 될 것으로 기대한다.

## 재료 및 방법

### 김치 재료

김치 제조에 사용된 주재료는 배추이고 부재료는 당근, 생강, 마늘, 대파, 양파, 고춧가루, 새우젓과 정제소금이 사용되었다. 주재료와 부재료는 모두 국내에서 2008년 9월과 10월에 생산된 원료를 이용하였다. 본 연구에서 조사한 김치의 제조과정 별 시료는 주재료인 배추를 중심으로 Fig. 1에서 제시한 각 단위 공정 별로 생배추(A), 절임 배추(B), 절임 후 세척 배추(C), 탈수 배추(D), 부재료 혼합 양념(E), 완제품(F)을 시료로 하였고, 모든 시료는 냉장 보관(<4°C) 하였으며, 24시간 이내에 미생물 실험을 실시하였다. 미생물 분석은 총 균, 젖산균, *Leuconostoc*속, 그리고 효모의

\*Corresponding author: Nam Soo Han, Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea  
Tel: 82-43-261-2567  
Fax: 82-43-271-4412  
E-mail: namsoo@cbnu.ac.kr  
Received December 16, 2009; revised february 20, 2010;  
accepted february 23, 2010

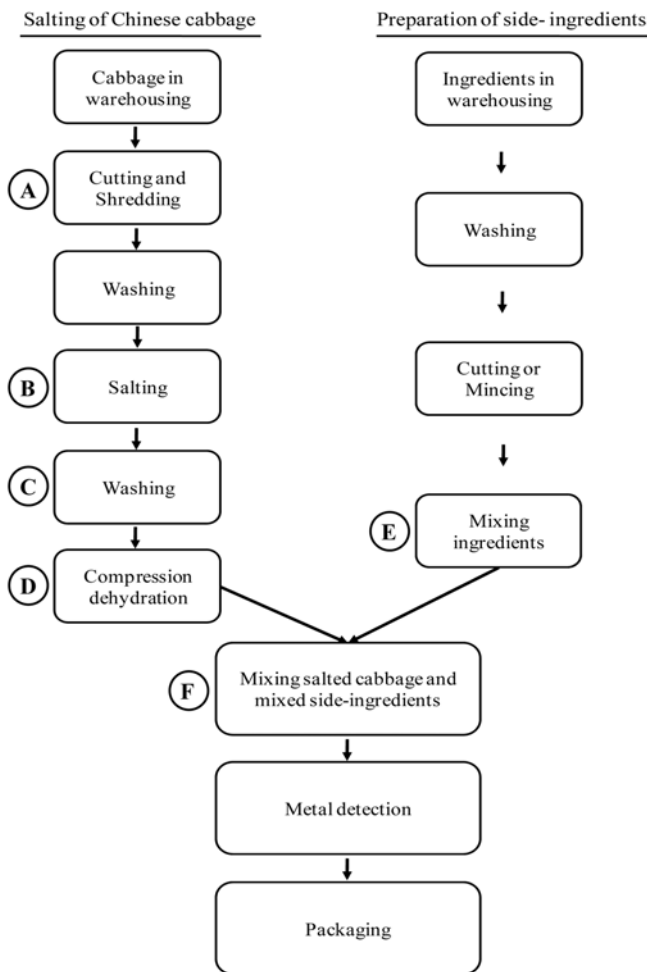


Fig. 1. Manufacturing process of kimchi. A, B, C, D, E and F mean the microbial analysis units (see Fig. 2).

분포를 조사하였다. 김치 제조에 사용한 용수는 지하수로서 식품공전의 식품가공용수 규격에 적합하였으며, 절임용 소금은 천일염을 사용하였다. 배추김치 제조에 사용된 부재료의 함량은 배추 1kg에 대해 무 33g, 당근 20g, 생강 4g, 마늘 16g, 대파 50g, 양파 18g, 고춧가루 40g, 새우젓 36g의 비율로 혼합하였다.

#### 김치 제조 공정

본 연구에서 조사한 김치 제조공정을 Fig. 1에 제시하였다. 먼저, 김치의 주재료인 배추는 산지에서 생산된 통배추를 당도, 중량, 이물혼입 등의 항목들에 대하여 종합적으로 검사된 원료만을 입고하였다. 곱감이 완료된 재료를 4°C 저온 냉장고에 1-2일 동안 보관하여 재료의 품온을 낮춘 후, 표피를 제거하였다. 이후, 시간당 5톤의 분량을 운반할 수 있는 배분이송 컨베이어에 의해 옮겨진 재료는 시간당 4톤의 양을 처리할 수 있는 통 배추 이절기를 통과하여 정확하게 중심부분을 2절로 개방하여 세로로 절단하였다. 배추를 평균 4cm×5cm 크기로 세절한 후, 배추의 이물질과 미생물의 수를 감소 시키기 위해 자동 에어세척기를 통과하면서 시간당 2.5톤의 배추를 air bubble을 이용하여 세척하였다. 세절된 배추는 시간당 4톤의 양을 사용하는 세척기로 운반되어 세 번 더 세척되었다. 세척공정을 마친 배추는 10°C로 유지된 절임실로 이송 컨베이어에 의해 절임통으로 이동되었다. 절임수는 1급수의 물과 천일염으로 시간당 20톤의 염수를 자동으로 제

조할 수 있고, 염수 순환 시 발생하는 야채 고형물 및 각종 이물질을 자동 여과 시켜 주는 자동염수 제조기에 의해 15% 염도로 제조되며, 전용 절임수 관을 통해 절임 탱크로 유입되었다. 절임 탱크에 염수가 차게 되면 탱크 위에 설치되어 있는 집이식 누름 판을 이용하여 배추를 눌러주어 배추의 절임을 용이하게 하고 절임 후 주변환경을 청결하게 하여 오염을 줄였다. 15%의 염농도에서 16시간 절여진 배추는 20분 만에 각 탱크의 배추를 옮길 수 있는 절임 배추 배출 컨베이어에 의해 절임 탱크에서 꺼내어 지고, 절임 탱크 측면에 설치되어 있는 시간당 5톤의 양을 운반할 수 있는 배분이송 컨베이어에 의해 시간당 2.5톤의 배추를 담을 수 있는 행균 탱크로 옮겨져 세척된 후 3단계 탈수 과정을 거쳤다. 김치의 양념에 들어가는 부재료로 무, 당근, 양파, 마늘, 생강, 대파, 새우젓은 배추와 마찬가지로 입고 된 후, 4°C 저온 저장실에서 하루 동안 품온을 떨어뜨린 후 세척기에 의해 세척 되고, 무, 당근, 대파는 무채 절단기를 이용하여 절단 각도를 45°로 하여 양념혼합 중 끊어짐 현상을 감소하였다. 또한, 양파와 생강, 마늘은 회당 20-30kg(시간당 600kg)을 분쇄할 수 있는 다용도 분쇄기에 의해 분쇄하는데, 이는 분쇄입자가 곱고 부드러운 양념에 골고루 흡수되어 양념 맛이 균일하게끔 해주었다. 본 부재료에 대한 미생물 검사는 본 단계에서 실시하였다. 다듬어진 양념들은 회당 180kg을 혼합할 수 있는 양념 자동 혼합기로 옮겨져 혼합되었고, 처리된 탈수 배추와 양념은 대형 상하 자동 혼합기로 옮겨져 회당 200kg씩 혼합되었다. 혼합된 김치는 금속 검출기를 통과한 후 계량 포장작업대로 옮겨지고 규격 병에 담아 포장되었다.

#### 미생물 분석

김치원료 및 제조공정 중에서 미생물의 분포와 변화를 모니터링 하였다. 미생물 분석을 위한 시료의 전처리에는 모든 김치 재료 시료를 각각 20g씩 0.85%(w/v) NaCl 희석액(180mL)에 넣은 후 stomacher를 이용하여 5분 동안 균질화 한 다음 9mL 희석액으로 희석하였다. 주재료인 생배추는 표피 제거 후 엽신과 중록 그리고 내부 및 외부에서 시료를 채취 하였고, 무, 당근, 대파는 채 썰은 것을, 양파, 마늘, 생강은 물로 세척 후 다진 시료를 사용하였다. 희석된 시료들은 4개의 선별 배지에 50μL씩 분주하여 도말 후 배양하였다. 김치 내의 총 균수를 확인하기 위해서 5%의 혈액(sheep blood)을 첨가한 tryptic soy broth(Difco, Detroit, MI, USA)를, 총 젖산균 분석을 위해 Lactobacilli MRS agar (Difco)를, *Leuconostoc* 속 선별을 위해 phenylethyl alcohol agar에 2%(w/v) sucrose(Difco)가 첨가된 배지를, 그리고 효모 검출을 위해 YM agar(Difco)를 사용하였다(Table 1). 각 선별 배지 중 TSA, MRS, YM의 배양은 37°C에서 24시간 동안 호기배양 하였고, PES는 일반 호기성 미생물과 바실러스 속이 생육하여 텍스트란 다당류를 형성하는 것을 억제 하기 위해서 30°C에서 1-2일 동안 혐기배양 하였다. 혐기조건을 만들기 위해서 배지를 anaerobic gas pack(Gas-Pak EZ Anaerobic Indicator System, BD Diagnostic, Sparks, MD, USA)과 함께 혐기조에 넣었고, 혐기상태를 확인 하기 위하여 indicator(Difco)를 함께 넣어 주었다(7).

## 결과 및 고찰

#### 재료별 미생물 분포

실험에 사용된 재료는 김치 제조의 주재료인 배추와 부재료인 무채, 절임무채, 당근, 마늘, 생강, 양파, 대파, 고춧가루와 새우젓, 그리고 이 모든 재료를 혼합한 양념을 이용하였다. 각 재료별로

**Table 1. Culture conditions and media compositions for selective microbial growth**

	TSA (Tryptic soy agar)	MRS (Lactobacilli MRS agar)	PES (Phenylethyl alcohol agar)	YM (YM agar)
Selected microbials	Total aerobic bacteria	Total lactic acid bacteria	<i>Leuconostoc</i> sp.	Yeast
Culture conditions	Aerobic/37°C	Aerobic/37°C	Anaerobic/30°C	Aerobic/37°C
Compositions				
Enzymatic digest of soybean meal	5 g			
Pancreatic digest of casein	15 g		15 g	
Sodium chloride	5 g		5 g	
Papaic digest of soybean meal			5 g	
β-Phenylethyl alcohol			2.5 g	
Protease peptone No.3		10 g		
Beef extract		10 g		
Dipotassium phosphate		2 g		
Polysorbate 80		1 g		
Ammonium citrate		2 g		
Sodium acetate		5 g		
Magnesium sulfate		0.1 g		
Manganese sulfate		0.05 g		
Yeast extract		5 g		3 g
Malt extract				3 g
Peptone				5 g
Dextrose				
Sheep blood	8 mL			
Sucrose			20 g	
Agar	15 g	15 g	15 g	15 g
Distilled water	1 L*	1 L	1 L	1 L

\*Distilled water was added to make 1 L total volume.

**Table 2. Viable cell counts of kimchi ingredients on various media**

(CFU/g)

Classification	Ingredients	Total bacteria	Total lactic acid bacteria	<i>Leuconostoc</i> sp.	Yeast
		TSA	MRS	PES	YM
Main ingredients	Chinese cabbage	1.4×10 <sup>6</sup>	7.0×10 <sup>3</sup>	4.3×10 <sup>4</sup>	5.4×10 <sup>4</sup>
Side-ingredients	Radish shreds	1.0×10 <sup>5</sup>	5.0×10 <sup>4</sup>	6.0×10 <sup>4</sup>	3.0×10 <sup>4</sup>
	Salted radish	1.5×10 <sup>7</sup>	1.7×10 <sup>7</sup>	1.5×10 <sup>7</sup>	2.8×10 <sup>7</sup>
	Carrot	2.2×10 <sup>7</sup>	1.8×10 <sup>5</sup>	2.2×10 <sup>5</sup>	2.3×10 <sup>6</sup>
	Garlic	2.8×10 <sup>7</sup>	2.2×10 <sup>7</sup>	2.2×10 <sup>7</sup>	1.1×10 <sup>7</sup>
	Ginger	4.3×10 <sup>7</sup>	1.8×10 <sup>7</sup>	2.3×10 <sup>6</sup>	2.6×10 <sup>7</sup>
	Onion	1.6×10 <sup>5</sup>	7.0×10 <sup>4</sup>	8.0×10 <sup>4</sup>	4.0×10 <sup>4</sup>
	Green onion	1.2×10 <sup>7</sup>	1.1×10 <sup>7</sup>	8.0×10 <sup>4</sup>	4.3×10 <sup>5</sup>
	Red pepper	2.5×10 <sup>7</sup>	1.7×10 <sup>7</sup>	5.8×10 <sup>6</sup>	1.7×10 <sup>7</sup>
Spice	Mixed side-ingredients	5.1×10 <sup>5</sup>	2.8×10 <sup>5</sup>	1.5×10 <sup>5</sup>	9.0×10 <sup>3</sup>
		4.4×10 <sup>5</sup>	5.4×10 <sup>5</sup>	2.1×10 <sup>5</sup>	1.9×10 <sup>5</sup>

1차 세척 후 채썰기 또는 다지기 전처리를 거친 후 김치 제조 공정에 혼합되기 전에 시료를 채취하였고 각 시료에 대해 총 균, 젖산균, *Leuconostoc*속, 그리고 효모와 같은 미생물의 생균수를 조사하였다. 그 결과, Table 2에서 볼 수 있듯이 모든 재료에서 전체적으로 10<sup>4</sup> CFU/g 이상의 미생물이 검출되었다. 총 균수는 절임무채, 당근, 마늘, 생강, 대파, 고춧가루에서 10<sup>7</sup> CFU/g 이상이 검출되어 상대적으로 많은 수의 미생물이 부재료에 존재하였으

나, 부재료를 함께 혼합한 혼합양념에서는 10<sup>5</sup> CFU/g으로 감소하였다. 총젖산균은 절임 무채, 마늘, 생강, 대파, 고춧가루에서 10<sup>7</sup> CFU/g 이상이 검출되어 역시 부재료에 높게 분포하였으나 혼합한 양념에서는 10<sup>5</sup> CFU/g으로 감소하였다. 김치의 발효와 향미에 가장 많은 영향을 미치는 것으로 알려진 *Leuconostoc*속은 절임무채와 마늘에 10<sup>7</sup> CFU/g 이상이 검출되었으나 혼합양념에서는 역시 다른 미생물과 동일한 수준인 10<sup>5</sup> CFU/g으로 감소하였다. 본

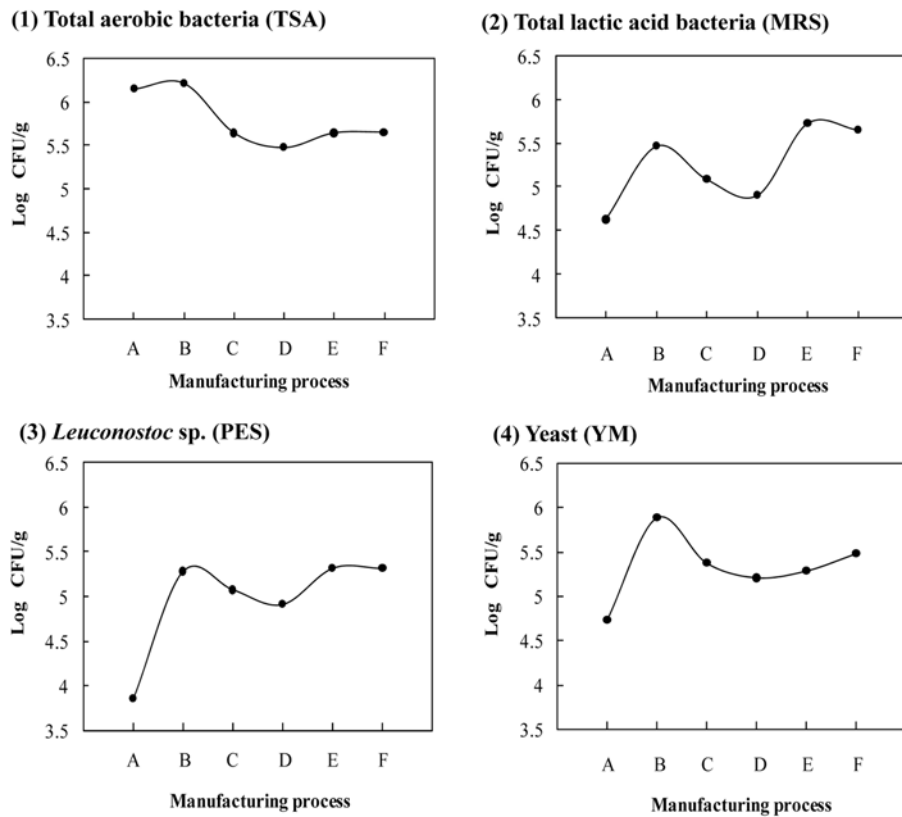


Fig. 2. Changes of viable cell counts of total aerobic bacteria (1), total lactic acid bacteria (2), *Leuconostoc* sp. (3) and yeast (4) along with kimchi-manufacturing process. A, Raw cabbage; B, Salted cabbage; C, Washed salted cabbage; D, Dehydrated salted cabbage; E, Mixed side-ingredients; F, kimchi product (see Fig. 1)

분석에서는 효모도 검출되었는데 절임 무채, 마늘, 생강, 고춧가루에서  $10^7$  CFU/g 이상으로 높은 분포를 보였고 혼합양념에서는 다른 미생물과 유사한 수준이 검출되었다.

기존에 수행된 Park 등(5)의 보고에서는 배추의 총 균수가  $1.0 \times 10^7$  CFU/g, 효모는  $9.6 \times 10^5$  CFU/g이었고, 마늘과 생강의 총 균수도  $3.4 \times 10^6$  CFU/g와  $5.8 \times 10^5$  CFU/g로 검출되었다. 본 결과를 통해 배추김치 제조에 첨가되는 부재료 중에서 마늘, 생강, 고춧가루에 많은 미생물이 분포함을 알 수 있었고, 이는 기존의 보고들과 유사한 결과이다(5,8). 마늘, 생강, 고춧가루는 김치제조에 이용되는 중요한 부재료로서, 함유된 젖산균은 왕성한 김치발효에 기여하지만 높은 총 균수는 김치의 안전성에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 있어 김치제조에서는 총 균수 검사와 유해균 검사가 요구된다. 고춧가루는 특히 최근 HACCP에 의거하여 제조가 요구되고 있어 시기적절한 조치로 판단되며 그 대상 부재료가 마늘과 생강으로 확대되는 것도 더 충분한 조사를 통해 고려되어야겠다.

본 결과에서 주목할 점은 무채(radish shreds)와 절임 무채(salted radish shreds) 시료 사이에 총 균수, 젖산균, 효모의 균수가  $10^2$  -  $10^3$  CFU/g 이상의 차이가 있는데, 이는 무채 시료가 절임공정 이후 모든 미생물이 급격히 증식한 사실을 보여준다. 특히, 젖산균과 효모가  $10^3$  CFU/g 이상의 증식을 보인 사실은, 무채 절임공정에서 이미 젖산균과 효모가 기타 미생물에 비해 빠른 증식을 하고 있고 젖산발효가 일부 진행되고 있음을 예측할 수 있었다.

부재료에서는 효모도 검출되었는데, 지금까지 보고된 김치의 효모로는 *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulopsis* sp., *Candida* sp., *Debarymyces* sp., *Rhodotorula* sp.가 있으나 대부분은 *Saccharo-*

*myces* sp.인 것으로 알려져 있다(9). 효모는 김치발효성과 저장 중에 알코올과 각종 비타민의 생성은 물론 여러 가지 방향성 물질을 생성하여 독특한 향미를 제공한다. 하지만, 산막효모로 *Hansenula* sp., *Pichia* sp.가 검출되기도 하는데 이는 발효후기에 증식하여 김치의 외관을 손상하고, 산 등을 산화 분해하여 맛을 저하하고 유기산에 의해 억제되었던 변패균의 증식을 유발하여 역시 그 균수를 줄이는 노력이 필요하다.

Table 2에 나타난 부재료의 미생물 분포는 재료별로 다양하였으나, 절임배추와 혼합하는 데 사용하는 혼합양념에서는 모두 균일한  $10^5$  CFU/g을 보이는 사실을 알 수 있다. 이는 부재료의 총 균수를 각각 감소시키는 것이 당분간 어렵다면, 본 혼합양념에 대해 적절한 미생물 저감화 조치를 취하여 김치상품의 안전성 및 유통기한을 연장시키는 조치도 강구할 수 있을 것으로 판단된다. 여기서 고려될 수 있는 조치는 저온처리(10-12) 또는 고전압 전기장(13) 등의 물리적 방법이 가장 효과적이라고 판단된다.

#### 김치 제조 공정별 미생물 변화

상품용 김치를 제조 하였을 때 초기 총 균수에 미치는 제조공정별 영향을 조사하고자, 김치 제조 공정별 미생물 균수의 변화를 모니터링 하였다. 이를 위해 세척배추, 절임 배추, 절임 후 세척배추, 탈수 배추, 혼합양념, 완제품에 대해 미생물의 종류와 균수를 조사하였다.

Fig. 2에 제시된 결과를 보면, 생배추(A)에는 젖산균과 효모 대비 높은 총 균수(약  $10^5$  CFU/g)가 검출된 반면, 절임배추(B)에서는 총 균수의 변화는 미미하나 *Leuconostoc*속을 포함한 젖산균과 효모가 빠르게 증식했음을 알 수 있다. 절임배추를 세척한 후(C),

탈수한 배추(D)에서는 모든 미생물들의 평균수가 평균 1 log cycle 씩 감소하였다. 하지만, 부재료로 구성된 혼합양념(E)의 미생물 수는 앞에서 분석한 바와 같이 전반적으로 높았고 본 혼합양념(E)과 탈수된 절임배추(D)를 혼합기에 옮겨 배추김치제품(F)을 만들었을 때는 미생물 수가 다시 상승함을 알 수 있다. 이는 배추김치 제조 시점에서 초기 미생물의 균수는 배추보다는 혼합양념에서 더 많이 유입됨을 보여주며 부재료의 위생적인 처리가 중요함을 다시금 보여주는 결과이다. 흥미로운 사실은 혼합양념에서 배추김치로 유입되는 미생물 중에서 젖산균과 *Leuconostoc*속의 증가가 두드러짐[Fig. 2(2), (3)-E, F]을 볼 때 배추김치에서 증식하는 젖산균은 주로 부재료에서 유래한다고 판단된다.

배추의 절임공정(B)은 10°C로 사계절 유지되는 시설 하에서 15% 천일염수로 16시간 처리하였는데, 젖산균과 효모의 증식이 관찰되었고 이는 앞 실험에서 무채의 절임 결과 동일한 미생물이 증가한 사실과 일치하였다. 또한 본 조사에서는 분석하지 않았으나 혐기성 저온성 호염균도 증식하였을 것으로 예측되었다. 본 절임 염수에서 증식하는 미생물은 배추로부터 유래한 미생물과 천일염으로부터 유래한 미생물인 것으로 예상되나 반복되는 절임공정과 관련되어 그 미생물 수는 지속적으로 증가할 것으로 예측되어 절임실, 절임수 탱크 및 절임수 이송관 등에 대한 살균 대책의 강구가 필요하였다.

절임배추는 세척공정을 통해 탈수과정을 거치는 데, 탈수 절임 배추의 미생물 수는 절임배추에 비해 감소하였으나 재료 및 방법에서 기술한 바와 같이 대량의 세척 용수를 사용한 것에 비해서는 그 감소량이 1 log CFU/g 이내에서 그쳐 그 효과가 크지 않았다고 판단된다. 이러한 결과는 배추를 20분 동안 세척 시 총균의 44%가 제거 되었지만 그 이상의 효과는 보지 못하여 세척 시 미생물의 감소 효과가 크지 않았다는 이전 결과와 유사하였다(5). 본 조사에서는 적용하지 않았지만, 차아염소산 함유 용수로 세척하는 공정이 생배추 세척공정(A)에서 필요에 따라 도입될 수 있으나(14-16), 절임공정(B)과 세척공정(C,D)에서 총 균수가 크게 감소하지 않는 사실을 고려하면 C단계의 3단 세척공정 이전에 차아염소산 세척 공정을 추가하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

부재료에서 검출된 효모는 최종 제품까지 전달되어 숙성과정에서 전술한 바와 같이 향미를 개선하는 반면 유통과정에서 호기공간인 표면에 증식하여 외관 품질을 저하시킨다. 효모의 증식을 억제하기 위해 배추김치(F) 제조 후 포장단계에서의 화학적 조치가 필요하며 이를 위해 다양한 천연보존제의 개발과 Codex 김치 규격에서 천연물을 포함한 다양한 첨가제의 사용이 고려되어야겠다.

김치는 각종 재료에 부착되어 있는 다양한 미생물들이 그대로 혼입되고 이 미생물들이 연속적으로 작용하여 발효가 진행된다. 그리고 김치 발효 중에 젖산균들만이 우세하게 증식할 수 있는 환경이 조성되면 젖산균에 의한 발효가 연속적으로 진행되고 다른 잡균의 증식을 억제하는 복잡한 과정을 거치게 된다. 또한 젖산균 종류에 따라 각각 그들의 작용이 다르고, 이러한 균들이 작용하게 되면 재료가 분해되고 균들에 의해서 합성되는 성분들, 특히 향미성분들도 각각 다르게 된다(17,18). 이런 미생물과 효모 등에 의해 발효가 진행되며, 미생물의 효소에 의해서 성분 변화가 계속적으로 일어나게 되어 제 맛을 지닌 위생적인 김치가 된다.

김치는 한국전통 야채 발효 식품으로 2006년 미국 건강전문잡지 Health지에서 세계 5대 건강식품으로 선정됨으로써 세계인의 관심 대상이 되고 있다. 이와 함께 김치의 안전성에 대한 소비자의 요구가 증가하면서 식약청에서는 배추김치 제조업체에 HACCP 적용을 의무화하는 식품요소중점관리기준 개정안을 제정하였다.

따라서, 본 연구에서는 최근 자동화된 김치 제조공정을 설치하고 HACCP 인정을 준비하고 있는 배추김치 제조업체를 선정하여 제품이 존재하는 미생물이 어떤 원료와 공정에서 유입 가능성이 높은지 조사하였다. 이를 위해 업체에서 이용하는 재료와 새로 설치 중인 자동화 공정 별로 시료를 확보하여 각각의 미생물 분포를 비교 분석하였다. 배추김치 제조에 첨가되는 부재료 중에서 마늘, 생강, 고춧가루에 많은 수의 미생물이 분포함을 알 수 있었으며 이는 최종 제품까지 전달되어 배추김치로 유입되는 미생물은 부재료가 주요 원인임을 알 수 있었다. 따라서 최근 고춧가루를 HACCP 대상으로 요구하는 것은 시기적절한 조치로 판단되며 그 대상 부재료가 마늘과 생강으로 확대되는 것도 더 충분한 조사를 통해 고려되어야겠다. 동시에, 부재료를 모두 혼합한 양념에 대해 적절한 미생물 저감화 조치를 취하여 김치상품의 안전성 및 유통기한을 연장시키는 조치도 강구할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서 주목할 점은 무채 시료와 배추가 절임공정 이후 모든 미생물의 수가 증가한 사실이며, 이를 해결하기 위해 천일염 및 반복되는 절임공정에 대한 살균 대책의 강구가 필요하다. 또한 세척공정도 사용하는 용수에 비해 미생물 저감효과가 높지 못하였으며 이를 해결하기 위해 절임공정과 3단 세척공정 사이에 차아염소산 세척 공정을 추가하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다. 부재료에서 검출된 효모는 최종 제품까지 전달되었는데, 본 효모의 증식을 억제하기 위해 배추김치 제조 후 포장단계에서의 화학적 조치가 필요하며 이를 위해 다양한 천연보존제의 개발과 Codex 김치 규격에서 천연물을 포함한 다양한 첨가제의 사용이 고려되어야겠다. 본 연구 결과는 해당 업체는 물론 최근 HACCP 인정을 준비하는 다수의 배추김치 제조업체들의 김치 자동화 공정 개선에 참고자료가 될 것으로 기대한다.

## 요 약

본 연구는 자동화된 상업용 배추김치 제조공정 중에서 원료와 공정별로 미생물의 변화를 조사하고자 수행하였다. 김치제조에 사용되는 여러가지 재료별로 미생물 분포를 조사한 결과, 마늘, 생강, 고춧가루에서 많은 수의 호기성 박테리아, 젖산균, *Leuconostoc*, 그리고 효모가 검출되었으며, 이로써 위 부원료들이 김치에 존재하는 미생물들의 주요 공급원임을 알 수 있었다. 김치를 제조하는 공정 별로 미생물 변화를 모니터링 한 결과, 배추절임 공정에서 총 균수가 증가하였고 그 이후 세척공정에서는 단지 미생물수를 1 log CFU/g 줄이는데 그쳐 미생물 수 감소효과는 적은 것으로 판명되었다. 효모 또한 다양한 부재료와 최종 김치에서 검출되었다. 따라서, 김치 제품에 최종적으로 존재하는 미생물 수를 줄이고자 한다면 위의 원료 중에서는 위의 부재료에 대해, 그리고 제조공정에서는 절임에 사용되는 천일염과 절임탱크에 대해 적절한 살균대책이 강구되어야 하겠다. 또한 차아염소산 살균 공정은 절임과 세척공정 사이에 위치해야만 가장 큰 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단되었다. 또한 검출된 효모에 대한 저해 수단으로 적절한 저해제의 첨가도 고려되어야 하겠다. 본 연구의 결과는 공장김치의 HACCP 구축과 개선에 활용될 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업 2009년 연구개발과제와, 지식경제부와 한국산업기술재단에서 시행한 전략기술인력양성사업의 지원으로 수행된 연구결과로서 이에 감사드립니다.

## 문 헌

1. KFDA, Korea Food & Drug Administration, Notification No. 2008-15. April 28, 2008.
2. Paek SJ, Park GH, Jeon HK. Effects of commercial salts on the growth of *kimchi*-related microorganisms. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30: 806-813 (2001)
3. Kim JD, Shin JH, Lim DJ, Hong SK, Shin TS. Modulation of bacteria with a combination of natural products in *kimchi* fermentation. Korean J. Biotechnol. Bioeng. 23: 118-124 (2008)
4. Lee CW, Ko CY, Ha DM. Microfloral change of the lactic acid bacteria during *kimchi* fermentation and identification of the isolates. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 20: 102-109 (1992)
5. Park MJ, Kim SD, Kim MK, Kim ID. Microbial contamination of materials, washing of cheese cabbage by ozone treatment and fermentation of kimchi. J. Food Sci. Technol. 9: 25-32 (1997)
6. Jin HS, Kwon YR, Yun YJ, Lee KJ. Major microbial composition and its correlation to the taste of Jeonju *kimchi*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 36: 1617-1621 (2007)
7. Jin JB, Kim SY, Jin Q, Eom HJ, Han NS. Diversity analysis of lactic acid bacteria in *takju*, Korean rice wine. J. Microbiol. Biotechnol. 18: 1678-1682 (2008)
8. Lee KH, Cho CM. Effect of ozone and gamma irradiation for eliminating the contaminated microorganisms in food materials for *kimchi* manufacturing. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 35: 1070-1075 (2006)
9. Choi KC. Studies on the yeasts isolated from *kimchi*. Korean J. Microbiol. 16: 1-10 (1978)
10. Ko YT, Baik IH. Changes in pH, sensory properties and volatile odor components of *kimchi* by heating. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 1123-1126 (2002)
11. Jung JL, Kim MH, Kim MJ, Jang KS, Kim SD. *Kimchi* fermentation and heat treatment under sub-atmosphere. J. East Asian Soc. Dietary Life 4: 95-104 (1994)
12. Kang KO, Ku KH, Lee HJ, Kim WJ. Effect of enzyme and inorganic acid salts addition and heat treatment and kimchi fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 183-187 (1991)
13. Shin JK, Shin HH. Sterilization and storage of liquid *kimchi* sauce by high voltage pulsed electric fields. Food Eng. Prog. 10: 262-268 (2006)
14. Choi MR, Oh SW, Lee SY. Efficacy of chemical sanitizers in reducing levels of foodborne pathogens and formation of chemically injured cells on cabbage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 1337-1342 (2008)
15. Lee KA, Lee YA, Park IS. Sanitation effect of sprouts by chlorine water. J. Life Sci. 19: 751-755 (2009)
16. Bae YM, Heu SK, Lee SY. Inhibitory effect of dry-heat treatment and chemical sanitizers against foodborne pathogens contaminated on the surfaces of materials. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 1265-1270 (2009)
17. Go JL, Oh CK, Oh MC, Kim SH. Isolation and identification of lactic acid bacteria from commercial *kimchi*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 732-741 (2009)
18. Han HU, Lim CR, Park HK. Determination of microbial community as an indicator of *kimchi* fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 22: 26-32 (1990)