

김치 발효에 의한 장내병원균의 생육저해효과

강창훈 · 정경원¹ · 하덕모^{1,*}
롯데중앙연구소, ¹동국대학교 식품공학과

Inhibitory Effect on the Growth of Intestinal Pathogenic Bacteria by *Kimchi* Fermentation

Chang-Hoon Kang, Kyung-Oan Chung¹ and Duk-Mo Ha^{1,*}
Lotte R & D Center
¹Department of Food Science and Technology, Dongguk University

Six strains of intestinal pathogenic bacteria were inoculated into *kimchi* at the preparation time, and the influence of *kimchi* fermentation on the growth of these pathogenic bacteria was investigated. The population of coliform bacteria in the *kimchi* raw materials, and its changes in the *kimchi* sample during fermentation were also determined. Among the raw materials, highest populations of coliform bacteria were detected in ginger and green onion, followed by Chinese cabbage, red pepper, and garlic. Populations of pathogenic bacteria (inoculated strains) and coliform bacteria in *kimchi* decreased as pH decreased with fermentation. Coliform bacteria disappeared at pH 3.9 in Chinese cabbage *kimchi* samples. *Clostridium perfringens* ATCC 13124, *Listeria monocytogenes* ATCC 19111, *Salmonella typhimurium* KCTC 1625, *Staphylococcus aureus* KCTC 1621, *Vibrio parahaemolyticus* ATCC 27519, and *Escherichia coli* O157 H:7 ATCC 43894 were not detected at pH values less than 4.1, 3.7, 3.8, 3.8, 3.7, and 3.7 in Chinese cabbage *kimchi*, and at pH values less than 4.5, 4.0, 4.2, 4.2, 4.2 and 4.1 in mustard leaf *kimchi*, respectively. The juice of mustard leaf and allyl isothiocyanate exhibited high antimicrobial activities on the pathogenic bacteria, whereas the lowest on lactic acid bacteria. These results indicated that fermentation is useful to improve the safety of *kimchi*, and the antimicrobial effect of mustard leaf *kimchi* is mainly due to the major pungent compound of mustard leaf, allyl isothiocyanate.

Key words: *kimchi*, coliform bacteria, intestinal pathogenic bacteria, mustard leaf, allyl isothiocyanate

서 론

김치는 배추나 무 등을 주원료로 하고 다양한 향신료를 첨가하여 발효시킨 우리나라 고유의 전통적인 채소발효식품으로서 오랫동안 우리나라 국민의 식생활에서 중요한 위치를 차지하여 왔다. 김치는 원료와 미생물의 적당한 발효에 의해 여러 성분이 잘 조화되어 고유의 맛을 나타내게 될 뿐만 아니라 발효 중 젖산균에 의해서 생성되는 젖산은 각종 부패균이나 병원균의 증식을 억제하게 되는 결과 저장성을 갖게 될 뿐 아니라 비교적 위생적인 저장식품으로 인식되어 왔다.

김치의 성분, 조직, 젖산균을 비롯한 관여 미생물, 보존성 등 김치에 관련된 많은 연구가 광범위하게 이루어지고 있으나 식품위생 면에서 김치의 미생물군에 관하여 검토한 보고는 윤⁽¹⁾의 김치에 오염된 장내 세균의 종류와 김치의 발효온

도와 시간에 따른 이들의 사멸에 관하여 조사한 것이 있을 뿐으로 이에 대한 상세한 연구는 볼 수 없다. 과거에는 각 가정에서 제조되던 김치가 근래에는 공장에서 대량으로 생산되고 다양한 유통망을 통하여 공급 판매되고 있으며 수출량도 증가하는 추세에 있으므로 위생 면에서 김치에 대한 구체적인 검토가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 김치 재료 중의 식품 오염의 지표균으로 이용되는 대장균군의 분포와 이들 재료를 사용한 김치의 발효의 경과에 따른 대장균군의 변화를 조사하고, 또 김치에 오염된 장내 병원성 세균에 대한 발효의 영향을 알아보기 위하여 각종 병원균을 미리 접종한 김치를 시료로 하여 김치의 발효경과에 따른 이들 세균의 변화를 조사하여 그 생육과 김치 발효와의 관계를 중심으로 검토하였다.

또 겨자(mustard, *Brassica juncea*)는 십자화과에 속하는 열경채소류 중의 하나로서, 씨는 향신료로 사용되고 잎인 갓은 김치의 주재료 또는 양념으로 많이 사용되고 있다. 이들의 주된 자극성 성분인 allyl isothiocyanate는 갓 중에 sinigrin과 같은 배당체로부터 효소 myosinase의 작용에 의해서 생성되는 휘발성 성분으로^(2,3) 항균성을 나타내는 것으로 알려져 있

*Corresponding author : Duk-Mo Ha, Dept. of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul 100-273, Korea
Tel: 82-31-713-1559
Fax: 82-2-2260-6184
E-mail: chkang@lotte.re.kr

다⁴⁾. 이와 같이 독특한 성분이 함유되어 있는 것을 주재료로 한 갓김치에 있어서의 각종 장내 병원균에 대한 항균효과를 조사하고 갓 즙액과 allyl isothiocyanate의 이들 병원균에 대한 항균효과에 대해서도 검토하였다.

재료 및 방법

사용균주

시료 김치의 발효경과에 따른 장내 병원균의 생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 시험균주로서 *Clostridium perfringens* ATCC 13124, *Listeria monocytogenes* ATCC 19111, *Staphylococcus aureus* KCTC 1621, *Salmonella typhimurium* KCTC 1925, *Vibrio parahaemolyticus* ATCC 27519 및 *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 43894의 6균주를 사용하였고 갓 즙액과 allyl isothiocyanate의 항균효과를 검토하기 위하여 시험균주로서 앞의 시험 병원균 6균주와 본 연구실에서 김치로부터 분리하여 보존 중인 *Leuconostoc mesenteroides* DU 1001, *Enterococcus faecium* DU 2101, *Pediococcus pentosaceus* DU 2201, *Lactobacillus plantarum* DU 3001, *Lactobacillus sake* DU 3011 및 *Lactobacillus brevis* DU 3021의 젖산균 6균주를 사용하였다.

시료 김치의 재료 및 조제

시료 김치로서 배추김치와 갓김치를 사용하였다. 시료 김치는 이 등⁵⁾의 방법에 따라 주재료인 배추 또는 '갓을 길이

4~5 cm로 잘라서 실온에서 15% 식염수에 약 3시간 절인 것을 2% 식염수로 2회 씻고 물 빼기를 한 다음 대파, 마늘, 생강, 고춧가루 및 젓갈로 만든 양념과 잘 버무려서 약 250 g 씩 비닐봉지에 담고 밀봉하여 발효경과에 따른 각 시험균의 변화를 검토하기 위한 시료로 하였으며 김치 재료의 배합비는 Table 1과 같다.

시료 김치의 재료로 사용한 배추, 갓, 대파, 마늘, 생강, 고춧가루 및 젓갈은 서울, 인천지역시장에서 수집한 것을 사용하였으며 또 이들은 각 재료 중의 대장균군의 균수 측정 및 항균력 시험을 위한 시료로도 사용하였다.

pH, 산도 및 식염농도 측정

시료 김치 즙을 여과하여 pH, 산도 및 식염농도를 측정하였다. pH는 pH meter(M-8S, Hitachi-Horiba Co., Japan)로 측정하였고 산도는 0.1% phenolphthalein을 지시약으로 하여 0.1 N NaOH로 적정하고 젖산(%)으로 나타내었으며⁶⁾ 식염농도는 AgNO₃로 적정하여 정량하였다⁷⁾.

대장균군 균수 및 총균수 측정

김치재료 및 이들 재료로 담근 시료 김치 중의 대장균군 균수 및 총균수를 측정하였다. 김치재료의 대장균군의 균수 및 총균수를 측정하기 위해서는 흙 등의 이물질을 제거하고 알맞게 절단한 재료를 균질기에 넣어 10배량의 멸균 인산완충용액(pH 7.2)을 가하여 마쇄한 즙액을 사용하였다. 또 시료 김치는 5, 10 및 20°C에서 발효시간의 경과에 따른 김치 즙 중의 대장균군의 균수 및 총균수의 변화를 측정하였다. 이들 균수의 측정은 식품공전에 기술된 방법으로 하였다⁸⁾.

대장균군은 유당부이온법으로 추정시험, 확정시험 및 완전 시험을 통해서 검사하였고 그 균수는 김치 시료 100 mL 또는 100 g 중의 최확수(most probable number, MPN)로 나타내었다. 총균수는 표준평판법으로 측정하였으며 일정량의 시료를 표준한천배지(standard methods agar)에 접종하고 35°C에서 배양하여 형성된 집락수를 계수하여 시료 100 mL 또는 100 g중의 colony forming unit(CFU)으로 나타내었다. 이들 시험을 위한 유당부이온배지(lactose bouillon broth), bril-

Table 1. Composition of raw materials for kimchi preparation

Raw material	Amount
Chinese cabbage (or mustard leaf)	100 g
Garlic	2 g
Green onion	2 g
Red pepper	2 g
Ginger	0.5 g
Salt-fermented anchovy	10 g

Final concentration of NaCl in kimchi was adjusted to 2.5-3.0%.

Table 2. Culture and selective media and cultural conditions used for the enumeration of pathogenic bacteria and lactic acid bacteria

Strain	Culture medium	Selective medium	Cultural conditions
<i>Clostridium perfringens</i> ATCC 13124	Thioglycollate broth	SFP agar ¹⁾	37°C/24 h, anaerobically
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 19111	Brain heart infusion broth	LPM agar ²⁾	37°C/96 h
<i>Staphylococcus aureus</i> KCTC 1621	Brain heart infusion broth	Vogel and Johnson agar	37°C/48 h
<i>Salmonella typhimurium</i> KCTC 1925	Trypticase soy broth	Bismuth sulfite agar	37°C/48 h
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> ATCC 27519	Nutrient broth	Thiosulfate citrate bile salt sucrose agar	37°C/24 h
<i>Escherichia coli</i> O157:H7 ATCC 43894	Nutrient broth	MacConkey sorbitol agar with cofixime and tellite	37°C/24 h
Lactic acid bacteria	MRS broth ³⁾	MRS agar with CaCO ₃	37°C/72 h

¹⁾Shahidi-Ferguson Perfringens agar.

²⁾Lithium chloride phenylethanol moxalactam agar.

³⁾DeMan Rogosa Sharpe broth.

liant green lactose bile(BGLB)배지, Endo한천 배지, EMB한천 배지 및 표준 한천 배지는 모두 Difco Laboratories의 제품을 사용하였다.

시료 김치에 대한 장내 병원균의 접종과 균수 측정

병원균 별로 각각 시료김치를 담글 때에 접종하여 20°C에서 김치 발효시간의 경과에 따른 이들 균수의 변화를 측정하였다. 각 시험 병원균은 Table 2의 배양용 배지를 사용하여 37°C에서 18시간 배양한 다음 균체는 원심분리하여 멸균생리 식염수로 세척하고 시료 김치 중 10⁶ CFU/100 mL가 되도록 접종하였으며 시험 병원균의 계수에 있어서는 일정량의 시료 김치 즙을 단계적으로 희석하고 Table 2에 나타낸 각 시험균에 대한 선택배지⁹⁾와 배양조건¹⁰⁾으로 배양한 다음, 형성된 각 병원균의 특징적인 집락을 계수하여 CFU/100 mL로 나타내었다.

C. perfringens ATCC 13124의 혐기적배양¹¹⁾을 위해서는 anaerobic jar(GasPak, Difco Laboratories, USA)를 이용하였으며 시험 균의 배양 및 계수를 위한 배지는 모두 Difco Laboratories의 제품을 사용하였다.

장내 병원균 및 젖산균에 대한 갓 즙액과 allyl isothiocyanate의 항균력 시험

갓의 장내 병원균 및 젖산균에 대한 항균력 시험에는 깨끗이 세척한 갓을 균질기를 사용하여 즙액으로 만든 다음 2회 원심분리(9000×g, 15 min)하여 얻은 상정액을 사용하였다.

장내 병원균에 대한 항균력 시험용 배지로서 Table 2의 배양용 배지를, 젖산균에 대한 항균력 시험용 배지로서는 MRS 배지를 각각 2배농도로 조제하여 살균하고, 각 배지에 같은 양의 갓 즙액 또는 제균여과한 allyl isothiocyanate(Nacalai Tesque Inc., Japan) 용액을 혼합하여 사용하였다. 조제한 배지 중의 갓 즙액의 농도는 2, 5, 10 및 20%가 되도록 하였고 allyl isothiocyanate의 농도는 50, 100, 200 및 500 ppm이 되도록 하였다. 이들 갓 즙액 및 allyl isothiocyanate의 농도를 달리한 각 배지에 Table 2의 배양용 배지를 사용하여 37°C에서 18시간 배양한 시험 병원균 및 젖산균 균주를 10⁶ CFU/100 mL가 되도록 각각 접종하고 장내 병원균은 37°C, 젖산균은 30°C에서 72시간 배양한 후 이들 각 시험균의 균수를 갓 즙액 및 allyl isothiocyanate의 첨가농도 별로 비교하였다. 각 시험균에 대한 균수의 측정법은 김치 시료 중의 병원균에 대한 Table 2의 방법과 같이 하였다.

결과 및 고찰

김치 재료 중의 대장균균 균수 및 총균수

김치의 주재료인 배추와 양념으로 첨가된 마늘, 대파, 생강 및 고춧가루의 각 20개 시료에 대해서 대장균균 균수 및 총균수를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 시험 재료 중 가장 대장균균의 오염이 심한 것은 생강과 대파이며 그 다음으로 배추, 고춧가루, 마늘의 순서였고 이 외에 짓갈에 대한 대장균균 검사를 실시하였으나 전혀 검출되지 않았다. 생강은 모든 시료에서 대장균균이 검출되었고 대파는 20개 시료 중 3개 시료에서, 배추는 1개 시료에서 각각 검출되지 않았다. 마늘 및 고춧가루에 있어서는 시료에 따라 큰 차이를 나타내

Table 3. Occurrence of coliform bacteria and total bacteria in raw materials of kimchi

Raw material	Coliform bacteria (MPN/100 g)	Total bacteria (CFU/ 100 g)
Chinese cabbage	0 - 1.6×10 ⁵ (2.7×10 ⁴) ¹⁾	2.5×10 ⁶ - 7.6×10 ⁷ (2.7×10 ⁴) ²⁾
Garlic	0 - 2.1×10 ⁵ (1.3×10 ⁴)	1.5×10 ³ - 2.1×10 ⁸ (4.4×10 ⁷)
Green onion	0 - 9.2×10 ⁶ (5.4×10 ⁵)	2.7×10 ⁵ - 6.8×10 ⁷ (1.1×10 ⁷)
Red pepper	0 - 1.1×10 ⁵ (1.8×10 ⁴)	3.0×10 ⁴ - 5.7×10 ⁷ (6.5×10 ⁶)
Ginger	4.3×10 ³ - 4.6×10 ⁶ (9.4×10 ⁵)	4.3×10 ⁵ - 2.0×10 ⁸ (6.0×10 ⁷)
Salt-fermented anchovy	ND ³⁾	NT ⁴⁾

^{1,2)}The number in parentheses indicates the mean number of coliform bacteria and total bacteria, respectively.

³⁾Not detected.

⁴⁾Not tested.

어 고춧가루의 경우 시료의 50%에서 대장균균이 검출되지 않았고, 마늘의 경우는 박피하지 않은 8개 시료의 가식 부위에서는 대장균균이 검출되지 않았으나 박피된 12개 시료에서는 모두 검출되어 마늘의 박피, 보관 및 유통과정에서 대장균균에 오염되는 것으로 추정되었다.

배추, 생강, 대파 마늘 등의 김치재료는 담기 전의 세척공정을 통하여 대장균균 균수 및 총균수는 감소되며, 세척 빈도, 세척 용수량 등에 따라 다르나 배추의 경우 일반적인 담그기 전의 처리로 대장균균 균수는 1/10 정도로 감소하였다. 김치를 담근 직후의 이들 균수는 담그기 전의 원료 배추의 균수와 거의 같은 수준을 나타내었으며 이것은 원료의 대부분을 차지하는 배추가 담근 김치의 대장균균 균수에 주로 영향을 미치게 되기 때문으로 풀이된다.

총균수에 있어서는 원료의 종류에 따른 큰 차이는 없으나 생강 및 마늘에 많고 그 다음으로 배추 및 대파에 거의 같은 정도로 많으며 고춧가루에서 가장 적은 균수를 나타내었다.

김치 발효에 따른 대장균균 균수 및 총균수의 경시적인 변화

김치시료 중의 대장균균 균수 및 총균수를 발효시간의 경과에 따라 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 시료 김치는 담근 직후에 있어서 pH 5.4, 산도 0.22%이었으며 온도가 높아질수록 발효는 빨리 진행되었고 발효의 진행에 의한 pH의 저하에 따라 대장균균 균수 및 총균수는 감소하였다. pH의 저하에 따른 이들 균수의 변화는 각 온도에 있어서 거의 같은 경향을 나타내었다. 각 온도에 있어서 시료 김치 중의 대장균균은 발효가 진행되어 그 pH가 3.9 이하(산도 약 0.7% 이상)로 된 이후에는 검출되지 않았으며 pH 3.9 이하에 도달하는 시간은 5°C에서는 20일, 10°C에서는 15일, 30°C에서는 2일이 각각 소요되었다.

총균수는 발효의 진행에 따라 증가하였으며, pH 약 3.5 이하(산도 약 1.0% 이상)로 발효가 상당히 진행된 후에 감소하는 경향을 나타내었다.

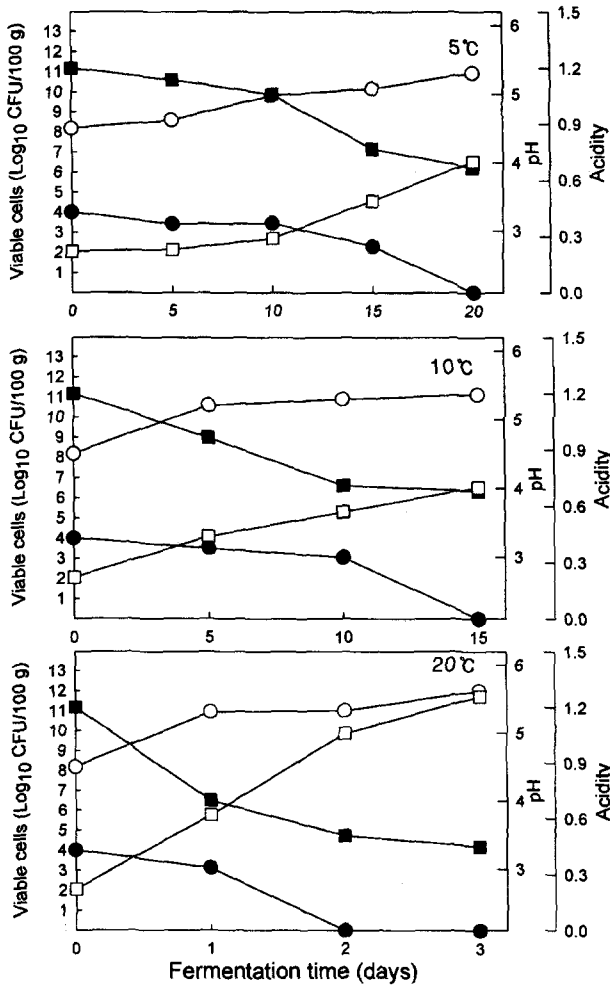


Fig. 1. Changes of coliform bacteria and total bacteria of kimchi during fermentation at 5, 10 and 20°C. Symbols: ●, coliform bacteria; ○, total bacteria; ■, pH; □, acidity.

김치 발효에 따른 장내 병원균의 경시적인 변화

배추김치와 갓김치에 장내 병원균 6균주를 접종하여 발효 시간의 경과에 따라 이들 시험균주의 변화를 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 배추김치의 경우 발효의 진행에 따라 그 균수는 감소하였고 *C. perfringens* ATCC 13124는 pH 4.1, *S. aureus* KCTC 1621 및 *S. typhimurium* KCTC 1625는 pH 3.8, *L. monocytogenes* ATCC 19111, *V. parahaemolyticus* ATCC 27519 및 *E. coli* O157:H7 ATCC 43894는 pH 3.7에 도달한 이후에는 검출되지 않았다.

이들 병원균의 최저 생육 pH는 *C. perfringens*는 pH 5.5~5.6^(12,13), *S. aureus*는 4.2~4.5^(14,15), *S. typhimurium*는 pH 4.1~4.5⁽¹⁶⁻¹⁹⁾, *L. monocytogenes*는 pH 5.0~5.6⁽²⁰⁻²³⁾, *V. parahaemolyticus*는 pH 5.3⁽²⁴⁾, *E. coli*는 pH 4.0~4.5⁽²⁵⁻²⁷⁾로 알려져 있으나 시험 병원균 6균주가 검출되는 최저 pH는 모두 이보다 훨씬 낮은 편이었다. 또 시험 병원균 중 *E. coli* O157:H7 ATCC 43894는 가장 강한 내산성을 나타내어 *E. coli*는 장내세균 중 내산성이 대단히 강하다는 보고⁽²⁸⁾와 잘 일치하였다.

일반적으로 세균의 생육 pH범위는 균주, 균수, 온도, 시간,

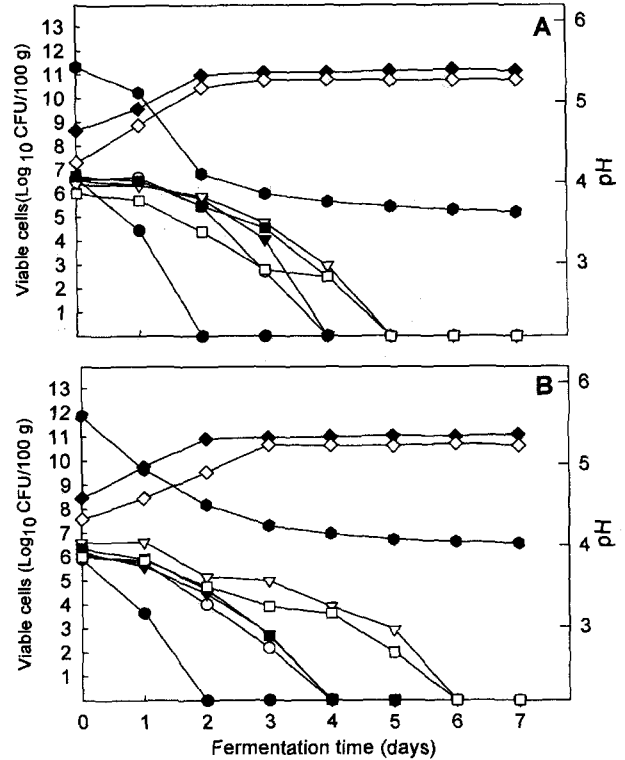


Fig. 2. Changes of pathogenic bacteria in kimchi(A) and mustard leaf kimchi(B) during fermentation at 20°C. Symbols: ●, *C. perfringens* ATCC 13124; ○, *S. aureus* KCTC 1621; ▼, *S. typhimurium* KCTC 1925; ▽, *L. monocytogenes* ATCC 19111; ■, *V. parahaemolyticus* ATCC 27519; □, *E. coli* O157:H7 ATCC 43894; ◆, total bacteria; ◇, lactic acid bacteria; ●, pH.

산의 종류, 염 농도, 기질 등에 따라서 달라지는 것으로 알려져 있으며^(15,29-36), 본 연구는 이러한 요인이 되는 여러 조건이 다를 뿐 아니라 김치 발효의 진행에 따라서 계속적으로 pH가 저하되는 상태에서 측정되었기 때문에 이와 같이 최저 생육pH 값에 차이가 나타나며 특히 *C. perfringens*의 균주에 있어서는 발효에 의해서 생성된 산에 의한 저해작용 이외에 김치의 겨우 혐기적인 조건에 유지되지 않았으므로 그 생육이 저해되어 더 큰 차이를 나타낸 것으로 생각된다.

갓김치는 배추김치에 비하여 발효의 진행이 늦으며 젖산균의 균수는 배추김치에서는 2일간의 발효로 10¹⁰ CFU/100 mL에 도달하는데 대하여 갓김치에서는 3일이 소요되었다. 접종한 시험 병원균은 감소되어 *C. perfringens* ATCC 13124는 pH 4.5에서 검출되지 않았고 그 외의 병원균도 pH 4.5 이하에서 급격히 감소하여 pH 4.0 이하에서는 모든 병원균이 검출되지 않았다. 이와 같이 갓김치에 있어서는 배추김치의 경우에 비하여 젖산균의 생육이 늦고 접종한 병원균도 발효가 덜 진행된 높은 pH에서 검출되지 않으며 시판되고 있는 김치 제품 중 갓김치에서는 대장균군이 전혀 검출되지 않았음으로(결과미제시) 갓에는 이들 균의 생육을 제어하는 항균성분이 함유되어 있다는 것이 추정되었다.

이와 같이 김치는 발효에 의해서 병원균의 생육이 저해되고 사멸하게 됨으로 그 안전성은 향상된다. 김치 중의 대장균군의 오염정도로 보아 오염되는 김치 중의 병원균 균수는

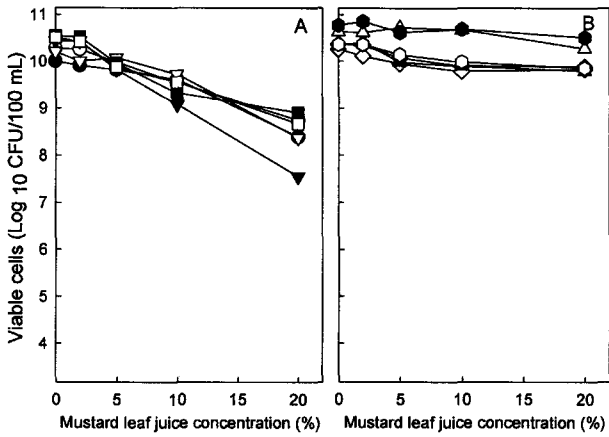


Fig. 3. Effects of mustard leaf juice on the growth of pathogenic bacteria (A) and lactic acid bacteria (B).

Symbols: ●, *C. perfringens* ATCC 13124; ○, *S. aureus* KCTC 1621; ▼, *S. typhimurium* KCTC 1925; ▽, *L. monocytogenes* ATCC 19111; ■, *V. parahaemolyticus* ATCC 27519; □, *E. coli* O157:H7 ATCC 43894; ◆, *L. mesenteroides* DU 1001; ◇, *E. faecium* DU 2101; ▲, *P. pentosaceus* DU 2201; △, *L. plantarum* DU 3001; ◆, *L. sake* DU 3011; ○, *L. brevis* DU 3021.

본 연구에서 집중한 병원균에 비하여 훨씬 적을 것으로 생각되며 오염된 균수가 적을 경우 김치에서의 병원균은 발효의 진행에 따라 감염량(infective dose) 이하로 급속히 감소하게 될 것이므로 김치는 다른 식품에 비하여 병원균 감염의 위험이 적으며, 특히 갓김치에 있어서는 갓에 함유된 항균성분에 의한 생육저해작용 때문에 더욱 안전성이 높다고 할 수 있을 것이다. 그러나 본 연구에서와 같이 오염되는 균수가 많을 경우에는 김치가 가장 맛이 있는 시기로 알려져 있는 pH 4.2 부근⁽³⁷⁾에서도 병원균이 상당수 검출되므로 원료의 수송, 김치의 제조 및 유통과정에서 병원균에 대한 오염방지에 유의하여야 할 것이다.

갓 즙액과 allyl isothiocyanate의 각종 장내 병원균 및 젖산균에 대한 항균효과

갓 즙액의 시험 병원균과 젖산균에 대한 항균효과를 비교한 결과는 Fig. 3 과 같다.

갓 즙액의 첨가농도가 증가할수록 모든 시험 병원균에 대해서 뚜렷한 항균효과를 나타내었으며 시험 병원균 6균주의 균수는 갓 즙액 무첨가구에서 약 10⁹~10¹⁰ CFU/100 mL인데 대해서 갓 즙액 20% 첨가구에서는 약 10⁷~10⁸ CFU/100 mL이었다. 갓 즙액의 항균효과는 균주에 따라 큰 차이를 볼 수 없으나 *S. typhimurium* KCTC 1625 및 *E. coli* O157:H7 ATCC 43894는 가장 강하게 그 생육이 저해되는 경향이였다. 젖산균에 대한 항균력은 약하고 균종에 따른 항균력의 차이는 적으며 시험 젖산균의 균수는 무첨가구에서 약 10¹⁰ CFU/100 mL인데 대해서 20% 첨가구에서 약 10⁹~10¹⁰ CFU/mL이었다.

Allyl isothiocyanate의 장내 병원균 및 젖산균에 대한 항균효과를 비교한 결과는 Fig. 4와 같다. Allyl isothiocyanate는 모든 시험 병원균에 대해서 뚜렷한 항균효과를 나타내었으며 allyl isothiocyanate의 첨가농도가 높을수록 병원균에 따라 큰 차이를 나타내었다. *S. typhimurium* KCTC 1625 및 *E.*

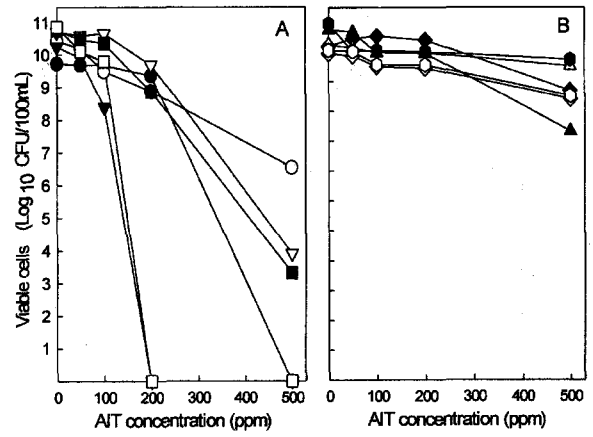


Fig. 4. Effects of allyl isothiocyanate (AIT) on the growth of pathogenic bacteria (A) and lactic acid bacteria (B).

Symbols: ●, *C. perfringens* ATCC 13124; ○, *S. aureus* KCTC 1621; ▼, *S. typhimurium* KCTC 1925; ▽, *L. monocytogenes* ATCC 19111; ■, *V. parahaemolyticus* ATCC 7519; □, *E. coli* O157:H7 ATCC 43894; ◆, *L. mesenteroides* DU 1001; ◇, *E. faecium* DU 2101; ▲, *P. pentosaceus* DU 2201; △, *L. plantarum* DU 3001; ◆, *L. sake* DU 3011; ○, *L. brevis* DU 3021.

coli O157:H7 ATCC 43894는 갓 즙액에서와 같이 시험 병원균 중 가장 강하게 그 생육이 저해되어 200 ppm 첨가구에서 검출되지 않았고 *C. perfringens* ATCC 13124는 500 ppm 첨가구에서 검출되지 않았다. *V. parahaemolyticus* ATCC 27519, *L. monocytogenes* ATCC 1911 및 *S. aureus* KCTC 1621는 500 ppm 첨가구에서 그 생육이 크게 저해되었으며 이들의 균수는 무첨가구에서 약 10¹⁰ CFU/100 mL인데 대해서 *V. parahaemolyticus* ATCC 27519 및 *L. monocytogenes* ATCC 1911는 약 10³ CFU/100 mL, *S. aureus* KCTC 1621는 약 10⁶ CFU/100 mL로 시험 병원균 중 *S. aureus* KCTC 1621에 대해서 가장 약한 저해효과를 나타내었다. 이와 같은 경향은 *S. aureus*가 allyl isothiocyanate 0.8%의 농도에서도 검출되는 정도로 강한 내성을 나타내었다는 Kanemura 등의 보고⁽³⁸⁾와 일치하였다.

시험 젖산균에 대한 allyl isothiocyanate의 항균효과는 병원균에 대한 효과에 비하여 크게 약한 편이었다. 200 ppm 첨가구에서는 저해효과를 거의 볼 수 없으며 500 ppm 첨가구에서 약한 저해효과를 나타내고 그 균수는 allyl isothiocyanate 무첨가구의 약 10¹⁰~10¹¹ CFU/100 mL에 대해서 500 ppm 첨가구에서 약 10⁸~10¹⁰ CFU/100 mL이었다. 이와 같이 allyl isothiocyanate는 젖산균에 비하여 장내 병원균에 대해서 강한 항균력을 나타내었으며 allyl isothiocyanate는 Gram 음성균에 대해서 강한 항균력을 나타내고 젖산균 등 Gram 양성균에 대한 항균력은 약한 경향이였다라는 Miyao의 보고⁽³⁹⁾와 잘 일치하였다.

갓 중에서 항균성이 알려져 있는 주요 성분은 allyl isothiocyanate로 다른 isothiocyanate의 함량은 극히 적어서⁽⁴⁰⁾ 그 항균효과도 미약할 것으로 생각되므로 갓김치에 있어서 배추김치에 비하여 병원균의 생육이 크게 저해되는 것은 주로 갓의 주요 자극성 성분인 allyl isothiocyanate의 항균작용에 의한 것으로 추정된다.

요 약

김치 발효가 병원성 장내세균의 생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 배추 및 갓 김치를 제조할 때에 6종의 병원성 장내세균을 접종하여 발효 중의 이들의 변화를 측정하고, 또 김치의 주된 재료에서 검출되는 대장균군과 이들 원료로 담근 김치 중의 대장균군 균수의 변화를 측정하였다. 주된 김치 재료 중 대장균군이 가장 많이 검출된 것은 생강과 대파였으며 그 다음이 배추, 고춧가루, 마늘의 순이었다. 김치 중의 대장균군 또는 시험 병원균은 모두 발효의 진행에 의한 pH의 저하에 따라 감소하고 사멸되었다. 대장균군은 배추김치에서 pH 3.9 이하에서 검출되지 않았으며 *Clostridium perfringens* ATCC 13124, *Listeria monocytogenes* ATCC 19111, *Salmonella typhimurium* KCTC 1625, *Staphylococcus aureus* KCTC 1621, *Vibrio parahaemolyticus* ATCC 27519 및 *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 43894는 배추김치에서 pH 4.1, 3.7, 3.8, 3.8, 3.7 및 3.7 이하에서 각각 검출되지 않았고 갓김치에서는 pH 4.5, 4.0, 4.2, 4.2, 4.2 및 4.1 이하에서 각각 검출되지 않았다. 또 갓 즙액 및 allyl isothiocyanate는 병원균에 대해서 뚜렷한 생육저해효과를 나타내었으며 젓산균에 대한 효과는 미약하였다. 이들 결과로부터 김치 발효는 김치의 안전성을 높게 되며 갓의 병원균에 대한 뚜렷한 생육저해효과는 주로 갓 중에 함유된 자극성 성분인 allyl isothiocyanate의 항균작용에 의한 것으로 추정되었다.

문 헌

1. Yoon, S.K. A study on the antagonistic activity of enterobacteria to lactic acid bacteria accuring *kimchi* fermentation. Korean J. Nutr. 12: 59-68 (1979)
2. Kjaer, A. Organic sulphur compounds, pp. 122-176. In: Progress in the Chemistry of Organic Natural Products. Zechmeister, L. (ed.). Springer-Verag, Wien, Austria (1960)
3. Maeda, Y., Ozawa, Y. and Uda, Y. Steam volatile isothiocyanates of raw and salted cruciferous vegetables. Nippon Nogeikagaku Kaishi 53: 261-268 (1979)
4. Kanemaru, K. and Miyamoto, T. Inhibitory effect on the growth of several bacteria by brown mustard and allyl isocyanate. J. Jap. Soc. Food Sci. Technol. 10: 823-829 (1990)
5. Lee, C.W., Ko, C.Y. and Ha, D.M. Microfloral changes of the lactic acid bacteria during *kimchi* fermentation and identification of the isolates. Korean J. Appl. Microbiol. Biotech. 20: 102-109 (1992)
6. AOAC. Official Methods of Analysis. 17th ed. Vol. 2, 42.1.15, p. 7, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (2000)
7. AOAC. Official Methods of Analysis. 17th ed. Vol. 2, 942.15, p. 8, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (2000)
8. Korea Food Industry Association. pp. 614-640. Food Code. Hamil Press, Seoul (2000)
9. Atlas R.M. Handbook of Microbiological Media. CRC Press, Florida, USA (1993)
10. Mehlman, I.J. Indicator microorganisms and pathogens, 2nd ed. pp. 265-495. In: Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. American Public Health association, Washington, DC, USA (1984)
11. Anderson, K.L. and Fung, D.Y.C. Anaerobic methods, techniques and principles for bacteriology: a review. J. Food Prot. 46: 811-822 (1983)
12. Mori R. and Amako K. Todasaikinguaku, p. 426. Nansando, Tokyo, Japan (1988)
13. Briozzo, J., De Lagarde, E.A., Chilife, J. and Parada, J.L. Effect of water activity and pH on growth and toxin production by *Clostridium botulinum* type G. Appl. Environ. Microbiol. 51: 844-848 (1986)
14. Kloos, W.E. and Schleifer, K.H. *Staphylococcus*, Vol. 2, pp. 1013-1035. In: Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Krieg N.R and Holt, J.G. (eds.). Williams & Wilkins Co., Baltimore, USA (1986)
15. Bergdoll, M.S. *Staphylococcus aureus*, pp. 463-513. In: Foodborne Bacterial Pathogens. Dolye M.P. (ed.). Marcel Dekker Inc., New York, USA (1989)
16. Frazier, W.C. and Weathoff, D.C. Food Microbiology, 4th ed. p.420. McGraw-Hill Book Co., New York, USA (1988)
17. Chung, K.C. and Goepfert, J.M. Growth of *Salmonella* at low pH. J. Food Sci. 35: 326-328 (1970)
18. Ferrera, M.A.S.S. and Lund, B.M. The influence of pH and temperature on initiation of growth of *Salmonella* sp. Lett. Appl. Microbiol. 5: 67-70 (1987)
19. D'aoust, J.-Y. *Salmonella*. pp. 327-413. In: Foodborne Bacterial Pathogens. Doyle, M.P. (ed.). Marcel Dekker, Inc., New York, USA (1989)
20. Lovett, J. *Listeria monocytogenes*. pp. 283-306. In: Foodborne Bacterial Pathogens. Doyle, M.P. (ed.). Marcel Dekker, Inc., New York, USA (1989)
21. Gray, M.L. and Killinger, A.H. *Listeria monocytogenes* and listeric infections. Bacteriol. Rev. 30: 309-382 (1966)
22. Irwin, A.D. The effect of pH on the multiplication of *Listeria monocytogenes* in grass silage media. Veterin. Rec. 82: 115-116 (1986)
23. Ryser, E.T. and Marth, E.H. Fate of *Listeria monocytogenes* during the manufacture and ripening of Camembert cheese. J. Food Prot. 50: 372-378 (1987)
24. Mori R. and Amako K. Todasaikinguaku. p. 395. Nansando, Tokyo, Japan (1988)
25. Frazier, W.C. and Weathoff, D.C. Food Microbiology, 4th ed., p. 430. McGraw-Hill Book Co., New York, USA (1988)
26. Buchanan, R.L. and Klawitter, L.A. The effect of incubation temperature, initial pH, and sodium chloride on the growth kinetics of *Escherichia coli* O157:H7. Food Microbiol. 9: 185-196 (1992)
27. Conner, D.E. and Kotrola, J.S. Growth and survival of *Escherichia coli* O157:H7 under acidic conditions. Appl. Environ. Microbiol. 61: 382-385 (1995)
28. Gorden, J. and Small, P.L.C. Acid resistance in enteric bacteria. Infect. Immun. 61: 364-367 (1993)
29. Ad lia, M., Ferreira, S.S. and Lund, B.M. The influence of pH and temperature on initiation of growth of *Salmonella* spp. Appl. Microbiol. 5: 67-70 (1987)
30. George, S.M., Lund, B.M. and Brocklehurst, T.F. The effect of pH and temperature on initiation of growth of *Listeria monocytogenes*. Lett. Appl. Microbiol. 6: 153-156 (1988)
31. Conner, D.E. and Kotrola, J.S. Growth and survival of *Escherichia coli* O157:H7 under acidic conditions. Appl. Environ. Microbiol. 61: 382-385 (1995)
32. Sorrells, K.M. Enigl, D.C. and Hatfield, J.R. Effect of pH, acidulant, time, and temperature on the growth and survival of *Listeria monocytogenes*. J. Food Prot. 52: 571-573 (1989)
33. Young, K.M. and Foegeding, P.M. Acetic, lactic and citric acids and pH inhibition of *Listeria monocytogenes* Scott A and the effect on intracellular pH. J. Appl. Bacteriol. 74: 515-520 (1993)
34. Waterman, S.R. and Small, P.L.C. Acid-sensitive enteric pathogens are protected from killing under extremely acidic conditions of pH 2.5 when they are inoculated onto certain solid food sources. Appl. Environ. Microbiol. 64: 3882-3886 (1998)
35. Conner, D.E., Brackett, R.E. and Beuchat, L.R. Effect of temperature, sodium chloride, and pH on growth of *Listeria monocytogenes*

- nes* in cabbage juice. Appl. Environ. Microbiol. 52: 59-63 (1986)
36. Ryser, E.T., Marth, E.H. and Doyle, M.P. Survival of *Listeria monocytogenes* during manufacture and storage of Cottage cheese. J. Food Prot. 48: 746-750 (1985)
37. Mheen, T.I. and Kwon, T.W. Effects of temperature and concentration on *kimchi* fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 16: 443-450 (1984)
38. Kanemaru, K. and Miyamoto, T. Inhibitory effects on the growth of several bacteria by brown mustard and allyl isothiocyanate. J. Jap. Soc. Food Sci. Technol. 37: 823-829 (1990)
39. Miyao, S. Microbial controlling of fermented vegetables. J. Jap. Soc. Food Sci. Technol. 44: 1-9 (1997)
40. Kameoka, H. and Hashimoto, S. The constituents of steam volatile oil from *Barassica juncea* Czern. et Coss. Nippon Nogeikagaku Kaishi. 54: 99-103 (1980)

(2002년 2월 18일 접수)