

김치 발효중 대장균군의 소장과 억제에 관한 연구

정장호 · 김연순* · 유양자** · 경규항

세종대학교 식품공학과, *조선대학교 가정교육과, **세종대학교 가정학과

Presence and Control of Coliform Bacteria in *Kimchi*

Chang-Ho Chung, Youn Soon Kim*, Yang Ja Yoo** and Kyu Hang Kyung

Department of Food Science, Sejong University

*Department of Home Economics, Chosun University

**Department of Home Economics, Sejong University

Abstract

The consistant appearance of coliforms in fermenting *kimchi* was examined and measures of removing coliforms early in the fermentation were investigated. Allyl isothiocyanate (≥ 50 ppm), horseradish powder (≥ 0.4 %), and garlic juice (≥ 2.0 %) were effective in removal of coliforms early in *kimchi* fermentation. However, mustard powder and methyl methanethiosulfonate were not effective. Nisin, known as a promising agent for the prevention of *kimchi* over-acidification, allowed coliforms to survive in *kimchi* longer with only marginal extension of edible period. Individual *kimchi* ingredients such as Chinese cabbage, garlic, red pepper powder, ginger and green onion were all found to contain coliforms. Coliforms were not detected from garlies sold unpeeled and commercially prepared red pepper powder.

Key words: coliform bacteria, *kimchi*

서 론

상업적으로 생산되는 김치 제품은 가공식품으로서의 식품위생학적인 안전성을 보장받아야 한다. 김치 발효과정 중에 젖산균이 젖산을 생산하므로써 pH를 낮추어 대장균(*Escherichia coli*) 등 기타 세균의 번식을 억제할 수 있다고는 하나, 김치가 과도하게 시어지기 전 (pH 3.7, 산도 1.0~1.1)에는 위생지표세균으로 중요한 대장균이 사멸되지 않는다^(1,4).

식품위생과 관련이 있는 여러가지 세균을 김치발효 초기에 접종하여 그의 소장을 연구한 하⁽¹⁾는 *E. coli*를 김치제조시 약 10^4 CFU/g이 되도록 접종하여 20°C에서 발효시키면서 경시적인 변화를 시험한 결과 대장균은 pH가 3.7정도일 때 완전히 사멸된다고 하였다. 정등⁽²⁾은 배추, 파, 고춧가루, 마늘과 같은 김치 재료에 대장균군이 존재한다고 보고하였고, 초기 대장균수가 약 10^5 CFU/mL인 김치를 5°C에서 발효시킬 때 48시간 후 균수에 변화가 있었을 뿐 8일 동안 10^4 CFU/mL의 수준을 유지하여 발효중인 김치에서 쉽게 소멸되지 않음

을 보고하였다. 소 등⁽³⁾은 김치 담금초기에 그람 음성 세균이 10^6 CFU/mL이상이 오염되어 있었고 대장균군도 10^4 CFU/mL이상 오염되어 있으며, 아무런 처리를 하지 않고 8°C에서 발효하였을 때 16일 이상이 경과하여야만 대장균이 사멸하였다고 보고하였다. 또한 최 등⁽⁴⁾은 nisin과 *Leuconostoc mesenteroides*를 첨가한 김치에서 대장균의 사멸을 살펴본 바 4°C에서 대장균 초기균수가 10^4 CFU/mL이었던 것이 7일째에서도 10^3 CFU/mL를 유지했다고 보고하였다.

김치에서 대장균을 초기에 제거하기 위하여, 김치 재료로 쓰이는 마늘이나 배추와 같은 십자화과(*Cruciferae*)채소에 천연적으로 들어있는 allyl isothiocyanate (AITC) 또는 김치에 첨가하였을 때 AITC를 생산하는 고추냉이나 겨자가루와 같은 천연물질을 사용하는 것이 바람직하다. 마늘의 항미생물작용은 오래 전부터 알려져 왔으며 여러 가지 미생물의 번식을 저해하며⁽⁵⁻¹²⁾ 대장균의 번식저해는 물론 매우 효과적으로 사멸시킬 수 있음이 보고되었다^(13,14). 배추를 비롯한 십자화과 채소류는 여러 가지 glucosinolate를 함유하고 있으며⁽¹⁵⁻¹⁷⁾ glucosinolate가 분해되면 매운 맛을 낼 뿐만 아니라^(16,18,19) 항미생물작용도 있는 것으로 알려져

Corresponding author: Kyu Hang Kyung, Department of Food Science, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

있고^(14,20,21) glucosinolate 중에서도 sinigrin이 분해되어 생산되는 AITC가 대표적으로서 항미생물작용이 강하며 연구도 많이 되어 있는 편이다⁽¹⁴⁾. 한편, 양배추, 무나 배추 중에 천연적으로 함유되어 있는 S-methyl-L-cysteine sulfoxide가 가열되면 methyl methanethiosulfonate (MMTSEO)로 분해되며 강한 항미생물작용이 있음이 알려졌다⁽²²⁾.

본 연구에서는 김치발효 중 김치가 매우 시어지기 전까지는 대장균군이 잔존하는 현상을 확인하고 김치에 첨가하여도 관능적 성질에 큰 영향을 주지 않을 천연재료(마늘즙, AITC, 고추냉이가루, 겨자가루)나 배추나 무를 정상적으로 가열조리할 때 생성되는 MMTSEO를 첨가하여 대장균군(coliform bacteria)을 가식 기간에도 조기에 저해사멸시킬 수 있는 방법을 모색하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 배추, 파, 마늘, 생강 등은 1995년 3월부터 1996년 8월까지 서울시 광진구 소재 화양시장에서 필요한 양만큼 구입하여 사용하였으며 저장가능한 고춧가루는 일시에 구입하여 냉동 저장하며 사용하였다. 기타 대장균군수 측정에 사용된 시판 고춧가루는 맛갈고춧가루(해표-유니레버주식회사), 그리고 nisin (2.5%)과 methyl methanethiosulfonate (Sigma Chem. Co., St. Louis, MO, U.S.A.), allyl isothiocyanate (AITC; Aldrich Chem. Co., Milwaukee, WI, U.S.A.), 겨자가루(영홍식품)와 고추냉이 가루(오뚜기제유)는 각각 개별적으로 구입하여 사용하였다.

방법

김치의 제조는 배추의 외엽과 근부를 제거한 후 세로로 4등분하여 흐르는 물에 세척하고 물기를 제거한 뒤 4~5 cm크기로 절단하여 배추 중량의 2.5배의 16% (v/w)소금물에 2시간 염지시킨 후 수돗물로 3회 세척하여 약 40분 가량 물기를 제거하였다. 절인 배추 100 g을 기준으로 파 4.5 g, 마늘 2 g, 고춧가루 2 g, 생강 0.8 g을 함께 섞어 김치를 제조하였다. 제조된 김치를 500 g씩 칭량하여 고추냉이가루, 겨자가루, nisin (10⁶ I.U./g)은 분말형태로, AITC와 MMTSEO는 용매없이 액체상태로, 그리고 마늘즙은 마늘을 착즙기로 착즙하여 김치중량비에 대한 각 농도별로 첨가하여 기타 재료와 잘 섞어 1000 mL 비이커에 담고, 상부에는 김치를 눌러 주면서 혐기적 상태를 만들어 주기 위해서

약 500 mL의 수돗물을 담은 두 겹의 비닐 봉지를 얹어 20°C에서 발효하였다.

대장균군이 각 김치 재료에 오염된 정도를 확인하기 위하여 김치 재료를 멸균수로 세척한 후 중량에 해당하는 동량 부피의 멸균수를 멸균 봉지에 넣고 2분간 균질(SH-001 Stomacher, Elmex Ltd., Tokyo, Japan)시킨 후 그 즙액을 시료로 사용하였다. 고춧가루의 경우는 건조되어 즙액을 얻기 어려운 관계로 고춧가루 중량의 9배에 해당하는 부피의 멸균수와 섞어 균질화하였다. 대장균의 사멸 현상을 확인하기 위해 인공으로 접종한 대장균은 *E. coli* B34 (ATCC 33625)이었으며 이를 김치제조시 김치재료에 10⁶ CFU/g이 되도록 접종하였다.

pH와 적정산도 측정

발효 중인 시료 김치 즙액을 취하여 pH를 측정하였고 적정산도는 0.1N-NaOH용액으로 적정하여 소비된 알칼리의 mL수를 젖산의 양 (%)으로 환산하였다⁽²³⁾.

생균수, 젖산균수 및 대장균군수의 측정

시료 즙액을 취하여 적절히 희석한 후 생균수는 plate count agar (PCA; Difco Laboratories, Detroit, MI, U.S.A.)배지에, 그리고 젖산균수는 sodium azide (0.005%)를 첨가한 Latobacilli MRS agar (Difco Lab.)배지에, 그리고 *Leuconostoc*속 젖산균은 sodium azide-sucrose 고체배지에 각각 평판주거법으로 접종하여 30°C에서 48시간 배양하며 나타난 집락수를 colony forming unit (CFU)/mL로 표시하였다. 대장균군수는 MacConkey Agar (Difco Lab.)에 접종하여 35°C에서 48시간 배양하여 나타난 집락수를 CFU/mL로 표시하였다⁽²⁴⁾.

결과 및 고찰

김치 내에서의 대장균군의 사멸 또는 잔존현상을 확인하기 위해서 김치제조시 대장균(*E. coli* B34)을 10⁶ cells/g이 되도록 김치에 접종한 뒤 20°C에서 7일간 발효하면서 생균수(aerobic plate count), 총젖산균수, pH, 적정산도, *Leuconostoc*속 젖산균수를 측정하였을 때, 처리군과 대조군에 큰 차이가 없었다(data not shown). 따라서, 이 정도의 대장균이 오염되더라도 김치의 발효 양상에는 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있었다

마늘즙의 첨가효과

김치에 마늘즙을 첨가하여 발효하였을 때, 대체적

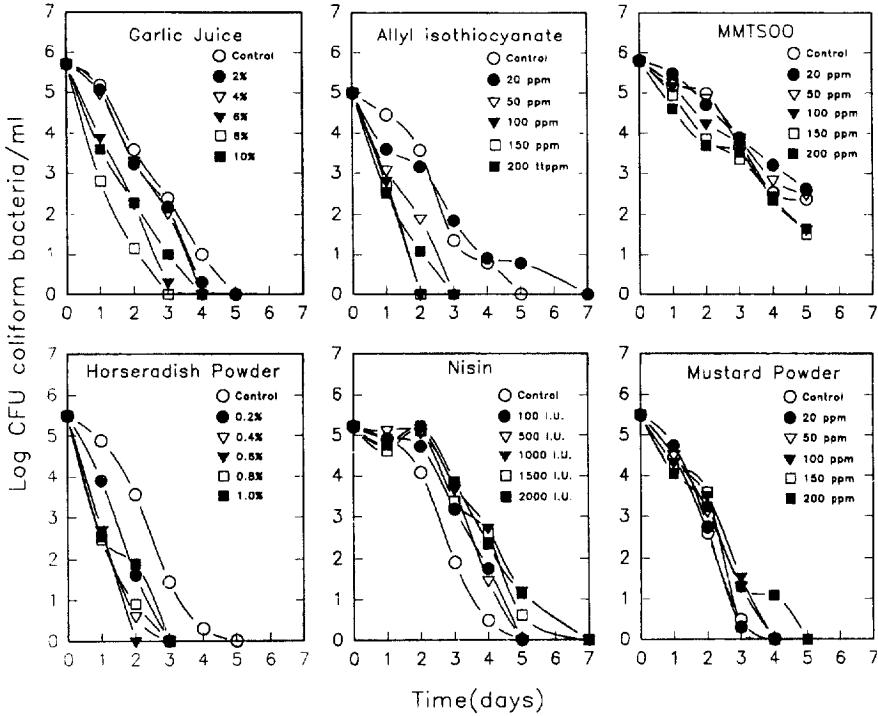


Fig. 1. Survival of coliform bacteria in kimchi fermented at 20°C with different concentrations of natural preservatives.

으로 마늘즙의 첨가량이 증가함에 따라 대장균군의 사멸속도가 빨랐다(Fig. 1). 마늘 첨가량이 4%이하일 때에는 대장균군의 사멸이 1일정도 빨랐으며, 마늘즙을 10% 첨가했을 때보다는 6~8%를 첨가하였을 때 가장 효과가 좋아서 대장균군이 대조군에 비해 2일 빨리 사멸되었다. 마늘즙의 첨가량이 10%정도로 높을 때에는 젖산균까지도 번식저해를 받으나 6~8%에서는 번식저해를 덜 받아 젖산발효가 일어나서 마늘의 향미생물작용과 낮은 pH가 상승작용을 하므로서 10%를 첨가하였을 때보다 대장균군 사멸에 효과가 더 좋았던 것으로 판단된다.

마늘의 주된 향미생물작용 물질은 allicin⁽²⁹⁾ (allyl 2-propenylthiosulfinate)으로 알려져 있으며 생마늘에는 존재하지 않지만 마늘이 물리적 손상을 입게 되면 마늘에 전구 물질로 들어 있던 alliin이 alliinase의 작용을 받아 allicin으로 분해되며⁽²⁷⁾, 대장균은 마늘즙의 생육저해작용에 대단히 민감하였다⁽¹³⁾. 김치에 마늘즙을 첨가하였을 때는 대장균군의 숫자가 조기에 감소되면서 대조군에 비해 산도가 빨리 증가하는 것이 관찰되었는데(Fig. 2), 이는 김치 발효시 마늘을 더 많이 첨가하였을 때는 호기성 세균의 숫자가 감소하고 젖산균이 더

잘 번식하였다는 연구^(28,30)와 잘 일치되었다. 그리고 박 등⁽³¹⁾이 김치제조시 마늘을 첨가하지 않았을 때보다 마늘을 1~3% 첨가하였을 때 적정 산도의 증가가 훨씬 빠르게 증가하였다는 보고와도 잘 일치하였다.

마늘즙의 첨가가 대장균 사멸에 큰 효과가 있기는 하나 4% 이상의 첨가는 김치의 적정산도가 빨리 상승하고 최종산도도 높으며(Fig. 2) 또한 마늘의 향미가 강해지는 단점이 있어관능적으로 바람직하지 않았다.

고추냉이가루, 겨자가루와 AITC의 첨가효과

고추냉이는 무나 배추 등과 같이 십자화과에 속하는 다년생 식물이다. 십자화과에 속하는 채소류에는 배당체인 glucosinolate가 존재하며 myrosinase의 촉매작용으로 가수분해되면 여러 종류의 isothiocyanate (-NCS)가 생성되게 되는데 이 성분이 이들 십자화과 채소들의 특징적인 매운맛과 향미성분의 원인 물질로 알려져 있다. 특히 sinigrin이 많은 고추냉이나 겨자의 주요향미 및 향미생물성 물질은 AITC인 것으로 알려져 있다⁽³²⁾. 따라서 고추냉이가루, 겨자가루 및 AITC의 작용은 모두 AITC로 묶어 설명하는 것이 마땅하다고 생각된다.

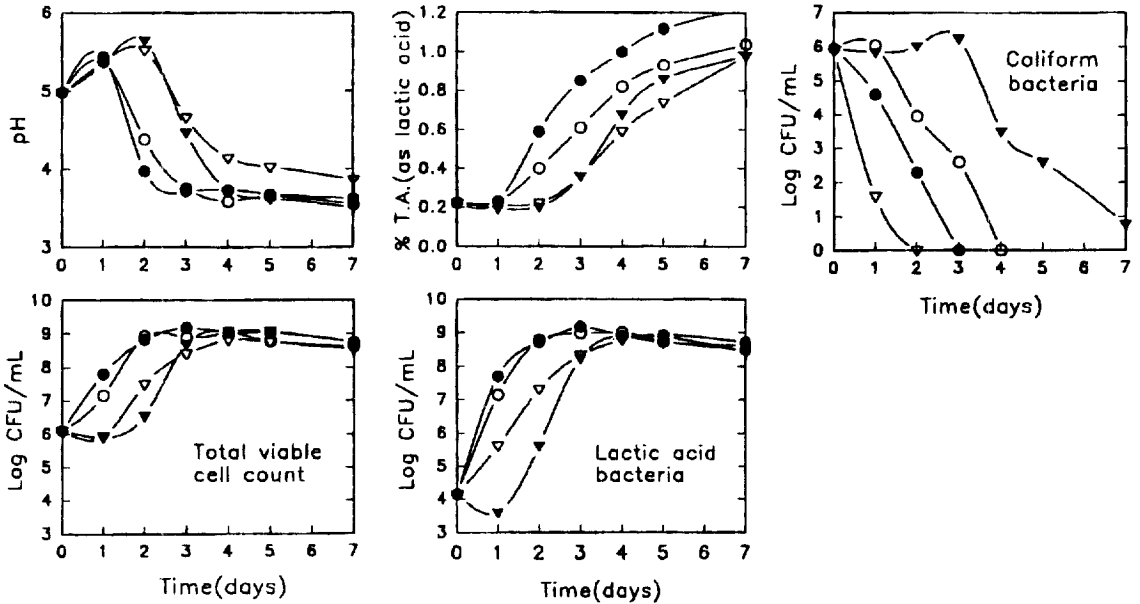


Fig. 2. Changes in pH, titratable acidity, viable cell count, lactic acid bacteria and coliform bacteria in kimchi fermented at 20°C with selected natural preservatives. ○-○: Control, ●-●: 3% Garlic, ▽-▽: 200 ppm AITC, ▼-▼: 2000 I.U. nisin.

고추냉이가루 0.6% 첨가구는 2일째 대장균군이 사멸되었는데 (Fig. 1) 이때의 pH는 4.1 산도 0.66 이어서 대조구의 경우 pH 3.7 산도 1.1 정도가 되어야 사멸되는 것에 비해 대장균군 조기사멸효과가 있었다. 고추냉이가루 0.6% 첨가구가 0.8%나 1.0% 첨가구보다 대장균군 사멸에 더욱 효과적이었던 것은 0.6% 첨가하였을 때는 첨가량이 더 많을 때보다 젖산균에 의한 발효가 더욱 빠르게 진행되어 AITC에서 언급했듯이 AITC의 향미생물효과와 생성된 산의 상승효과 때문인 것으로 해석된다. 고추냉이가루를 0.6% 이상 첨가하였을 때는 대장균 조기사멸효과는 좋으나 김치에 강한 매운 맛을 내게 하는 단점이 있어 첨가량을 0.4%로 하는 것이 바람직하였다. 그러나 겨자가루는 주어진 김치 발효조건에서는 AITC를 충분히 생산하지 못하여 김치의 대장균군 조기사멸에 도움을 주지 못하는 것으로 나타났다. 이는 고추냉이가루는 낮은 온도에서도 AITC를 잘 생산하나 겨자가루는 따뜻한 온도에서 AITC를 잘 생산하기 때문인 것으로 사료된다.

Tang⁽³³⁾은 AITC의 향미생물작용은 isothiocyanate가 단백질의 -SH기와 반응하여 단백질 분자를 변성시키는 작용에 기인한다고 하였다. 김치에 첨가한 AITC의 농도가 50 ppm 이상일 때 대장균군은 대조구에 비해 초기에 사멸되어 큰 효과를 나타내었다 (Fig. 1). AITC를 100~150 ppm 첨가했을 때 200 ppm 첨가했을

때보다 대장균군이 빨리 소멸되는 이유는 AITC의 대장균군에 대한 순수한 효과와 김치 발효에 따라 생성된 젖산과의 상승작용으로 볼 수 있다.

Kyung과 Fleming⁽²⁵⁾은 양배추에서 발견되는 여러 함유물질의 효모와 세균에 대한 향미생물작용을 보고하였는데, 젖산균인 *Leuconostoc mesenteroides* LA10 (c33)에 대한 AITC의 최소생육저해농도 (minimum inhibitory concentration)가 500 ppm인데 반하여 *E. coli* B34에 대하여는 50 ppm으로 AITC는 김치발효에 관여하는 젖산균은 저해하지 않으면서 대장균군을 저해하는데 적합한 천연물질로 생각된다. 한편, sinigrin을 함유하고 있고 AITC를 생성시킬 수 있는 고추냉이가루를 김치에 0.2~1.0% 첨가하였을 때 대장균군이 대조구에 비해 빨리 사멸되었다(Fig. 1). AITC를 첨가하였을 때는 적정산도의 증가속도와 pH의 감소속도가 대조구보다 느렸음은 물론 최종적젖산도도 낮고 pH는 높아 부수적인 저장효과도 볼 수 있는 장점이 있었다(Fig. 2).

Nisin의 첨가효과

Nisin의 경우 대장균군수는 100 I.U. 이상 첨가한 모든 시료 처리구에서 대장균군의 수가 대조구보다(Fig. 1과 2) 오래 잔존하였다. 이는 초기 주요 세균으로 성장하여야 할 그람 양성세균인 젖산균의 생육 저해로

그람 음성세균인 대장균군이 생존할 수 있는 환경이 형성되는 결과로 보고되었다⁽²⁴⁾. pH나 적정산도의 경우도 높은 농도의 nisin첨가구들에서 2일째까지 약간의 효과가 있었을 뿐 시간이 경과함에 따라 대조구와 비교해 보았을 때 큰 저장성 연장효과를 보이지 않았다. 이는 최 등⁽³⁴⁾이 nisin을 100 I.U. 첨가해서 저장성 효과를 보였다는 연구결과와 전⁽³⁵⁾이 5, 15°C에서 250, 500, 1000 I.U.의 nisin 첨가로 대조구와 pH, 적정산도, *Lactobacillus plantarum* 저해면에서 김치의 저장성 효과가 있었다는 연구결과와는 차이를 보였다. Breidt 등⁽⁶⁾은 mL 당 12,000 I.U./g의 nisin을 sauerkraut에 첨가하면 그람 양성세균인 젖산균의 번식저해가 일어난다고 따라서 장내세균(*Enterobacteriaceae*)의 번식이 과도하였다고 보고하였다. 이상과 같은 이유에서 nisin의 첨가는 김치저장기간 연장효과를 크지 않으면서 오히려 대장균을 포함한 그람 음성세균의 잔존기간을 늘려주는 작용을 하므로(Fig. 2) 김치의 저장기간 연장을 위한 첨가물로는 부적합하였음을 알 수 있었다.

위에서 살펴본 바와 같이 김치 발효에서 대장균군을 효과적으로 사멸시킬 수 있는 천연 물질로는 대표적으로 AITC와 AITC가 주 향미생물질로 알려진 고추냉이가루, 그리고 allicin이 주 향미생물성 물질로 알려진 마늘즙으로 나타났다. 그러나 많은 실험을 하는 동안 같은 방법으로 제조한 대조구들 사이에도 pH, 산도의 변화나 대장균군의 초기숫자 등이 일정하지 않고 다소의 차이가 나타났다. 이는 김치의 제조과정 중에 나타나는 여러 변인들, 즉 실험할 때마다 나타나는 재료의 물리화학적 특성, 재료에 잔존하는 미생물의 균수 및 분포, 김치제조 중의 환경 등의 변화에 따른 차이로 볼 수 있다.

김치에 사용되는 채소재료에서의 대장균군수(Table 1)는 씻지 않은 배추의 외엽의 경우 10⁶ CFU/g 보다 많았으나 배추가 절인 과정을 거칠 경우는 10⁵ CFU/g이하로 감소하였다. 마늘이나 생강의 경우는 미리 껍질이 벗겨진 상태로 유통되는 경우도 많아서 두 가지를 나누어 실험하였는데 껍질이 벗겨진 상태로 유통되는 마늘의 경우 10⁵~10⁶ CFU/g으로 나타났으며 직접 껍질을 벗겨 바로 실험에 사용한 마늘에서는 대장균군이 검출되지 않았다. 생강의 경우는 씻지 않은 상태로 유통되는 것을 멸균수로 세척한 것과 이미 세척되고 껍질이 대부분 벗겨진 생강 모두에서 10⁷ CFU/g이상이 검출되었다. 공장에서 생산되어 시판되는 고춧가루 제품은 대장균군이 검출되지 않았으나 시장에서 고추를 구입하여 가루로 만든 고춧가루에서는 10⁴~10⁵ CFU/g의 대장균군이 검출되었다. 파에서는 약 10³~10⁵ CFU/g 정도의 대장균군이 검출되었다. 깎마늘과 생강은 부분가공되어 유통되는 동안 대장균군으로 오염되고, 고춧가루는 생산과 유통중에 대장균군에 의해 오염되므로써 김치에 이행되는 것으로 판단된다.

이 결과는 정 등⁽²⁾의 김치재료에 대장균이 있다는 연구결과와 잘 부합되며, Table 1의 대장균군수를 각 재료의 분량 %로 환산하여 그 오염량을 계산하면 김치발효초기의 대장균군수가 10⁵ CFU/g 이상이 되며 이는 김치 실험에서 나타난 초기 대장균군수(Fig. 1과 2)와 대체적으로 일치한다. 김치발효초기에 나타나는 대부분의 대장균군은 주재료인 배추와 비록 김치 제조시 그 분량비는 소량이지만 생강으로부터 이행되는 점을 주목할 필요가 있다.

요 약

김치 발효중 대장균군의 잔존 현상을 확인하였고 대장균군을 가식 기간에서도 조기에 사멸시킬 수 있는 방법을 모색하였으며 동시에 nisin의 김치 발효에서의 역할을 평가하였다. 대장균(*E. coli* B34)을 김치 제조시 10⁶ CFU/g이 되도록 접종하였을 때 pH, 산도의 변화, 총균수, 총젖산균수, *Leuconostoc*속 젖산균의 수 등에 차이가 거의 없었다. AITC 그 자체나 AITC를 생성하게 하는 고추냉이, 그리고 김치제조시 정상적으로 첨가하는 마늘이 대장균군에 대한 조기사멸효과가 있었는데, 마늘은 2.0% 이상, AITC는 50ppm이상, 고추냉이가루 0.4%이상에서 대장균군의 사멸효과가 좋게 나타났으나, nisin의 경우는 100~2000 I.U./g에서 대장균군이 대조구보다 더 오랫동안 잔존하였으며 김

김치 재료의 대장균군수

Table 1. Coliform counts of vegetable ingredients for kimchi preparation

Ingredients	Conditions	Coliform count (CFU/g)
Chinese cabbage	Unwashed	4.2×10 ⁶ ~7.2×10 ⁶
	Washed after salting	4.5×10 ⁴ ~9.4×10 ⁴
Garlic	Not prepeeled	---1)
	Prepeeled	4.2×10 ² ~1.4×10 ⁵
Ginger	Not prepeeled	1.1×10 ⁷
	Prepeeled	1.3×10 ³ ~1.9×10 ⁷
Red pepper powder	Commercial	---
	Home-made	8.1×10 ³ ~1.4×10 ⁵
Green onion	Washed	2.2×10 ³ ~3.2×10 ⁵

¹⁾--- not detected.

치의 저장성 연장효과는 미미하였다. MMTSOO나 겨자가루는 대장균군 초기사멸효과가 나타나지 않았다. 김치 재료로 쓰이는 원료중에서 절인 배추에는 10^4 , 깎마늘에는 $10^2 \sim 10^5$, 고춧가루에는 $10^4 \sim 10^5$, 생강에는 10^7 , 그리고 파에는 $10^3 \sim 10^5$ CFU/g의 대장균군이 존재하였다. 통마늘과 공장생산 고춧가루에는 대장균군이 검출되지 않았다.

감사의 글

이 논문은 1996년도 조선대학교 교내 연구비(김연순)에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

문헌

1. 하덕모 : 김치의 발효경과 및 산패억제. 김치의 과학, p. 47 (1994)
2. 정운수, 박근창, 유상렬, 김정훈 : 김치의 세균학적 표준 연구-김치의 숙성미와 관련된 coliform group의 사멸성에 대하여-. 기술연구보고, 6, 5 (1967)
3. 소명환, 신미이, 김영배 : 저온성 젖산균 스타터가 김치 발효에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 28, 806 (1996)
4. 최신양, 이인선, 유진영, 정건섭, 구영조 : 김치발효에 대한 nisin의 저해효과. 산업미생물학회지, 18, 620 (1990)
5. Mantis, A.J., Karaioannoglou, P.G., Spanos, G.P. and Panetsos, A.G.: The effect of garlic extract on food poisoning bacteria in culture media. *Lebens.-Wiss.-u.-Technol.*, 11, 26 (1978)
6. Dababneh, B.F.A. and Al-Delaimy, K.S.: Inhibition of *Staphylococcus aureus* by garlic extract. *Lebens. Wiss. Technol.*, 17, 29 (1984)
7. Saleem, Z.M. and Al-Delaimy, K.S.: Inhibition of *Bacillus cereus* by garlic extract. *J. Food Prot.*, 45, 1007 (1982)
8. Mantis, A.J., Koidis, P.A., Karaioannoglou, P.G. and Panetsos, A.G.: Effect of garlic extract on food poisoning bacteria. *Cl. perfringens. Lebens. Wiss. Technol.*, 12, 330 (1979)
9. DeWit, J.C., Notermans, S., Gorin, N. and Kampelmacher, E.H.: Effect of garlic oil or onion oil toxin production by *Clostridium botulinum* in meat slurry. *J. Food Prot.*, 42, 222 (1979)
10. Karaioannoglou, P.G., Mantis, A.J. and Panetsos, A.G.: The effect of garlic extract on lactic acid bacteria (*Lactobacillus plantarum*) in culture media. *Lebens. Wiss. Technol.*, 10, 148 (1977)
11. Barone, F.E. and Tansey, M.R.: Isolation, purification, identification, synthesis, and kinetics of activity of the anticandidal component of *Allium sativum*, and a hypothesis for its mode of action. *Mycologia*, 69, 793 (1977)
12. Moore, G.S. and Atkins, R.D.: The fungicidal and fungistatic effects of aqueous garlic extract on medically important yeast-like fungi. *Mycologia*, 49, 429 (1977)
13. 김연순, 박경숙, 정규향, 심선택, 김현구 : 마늘즙액의 대장균 생육저해작용. 한국식품과학회지, 28, 730 (1996)
14. Delaquis, P.J. and Mazza, G.: Antimicrobial properties of isothiocyanates in food preservation. *Food Technol.*, 49, 73 (1995)
15. van Etten, C.H., Daxenbichler, M.E., Williams, P.H. and Kwolek, W.F.: Glucosinolates and derived products in cruciferous vegetables: Analysis of the edible part from twenty-two varieties of cabbage. *J. Agric. Food Chem.*, 24, 452 (1976)
16. Chin, H.W., Zeng, Q. and Lindsay, R.C.: Occurrence and flavor properties of sinigrine hydrolysis products in fresh cabbage. *J. Food Sci.*, 61, 101 (1996)
17. van Etten, C.H., Daxenbichler, M.E. and Tookey, H.L.: Glucosinolates: Potential toxicants in cabbage cultivars. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 105, 710 (1980)
18. 김미리, 이혜수 : 깎두기 숙성중 매운맛 감소에 관련된 인자들의 변화. 한국식품과학회지, 24, 361 (1992)
19. Friis, P. and Kjaer, A.: 4-Methylthio-3-butenyl isothiocyanate, the pungent principle of radish root. *Acta Chem. Scand.*, 20, 698 (1966)
20. Zsolnai, T.: Die antimikrobielle Wirkung von thiocyanaten und isothiocyanaten. *Arzneim. Forsch.*, 16, 870 (1966)
21. Lewis, J.A. and Papavizas, G.C.: Effect of sulfur-containing volatile compounds and vapors from cabbage decomposition on *Aphanomyces cutieches*. *Phytopathology*, 61, 208 (1971)
22. Kyung, K.H., Han, D.C., and Fleming, H.P.: Antibacterial activity of heated cabbage juice, S-methyl-L-cysteine sulfoxide and methyl methanethiosulfonate. *J. Food Sci.*, 62, 406 (1997)
23. AOAC: Official Methods of Analysis, 15th ed., Ass. Off. Anal. Chem., 942.15 (1990)
24. Breidt, F., Crowley, K.A. and Fleming, H.P.: Controlling cabbage fermentation with nisin and nisin-resistant *Leuconostoc mesenteroides*. *Food Microbiol.*, 12, 109 (1995)
25. Kyung, K.H. and Fleming, H.P.: Antimicrobial activity of sulfur compounds derived from cabbage. *J. Food Prot.*, (in press)
26. Cavallito, C.J. and Bailey, J.H.: Allicin, the antimicrobial principle of *Allium sativum*. I. Isolation, physical properties and antibacterial action. *J. Am. Chem. Soc.*, 66, 1950 (1944)
27. Stoll, A. and Seebeck, E.: Chemical investigation on allicin, the specific principle of garlic. *Adv. Enzym.*, 11, 377 (1951)
28. 조남철, 전덕영, 신말식, 홍유희, 임현숙 : 마늘의 농도가 김치미생물에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 20, 231 (1988)
29. 이상금, 신말식, 전덕영, 홍유희, 임현숙 : 마늘 첨가량을 달리한 김치의 숙성에 따른 변화. 한국식품과학회지, 21, 68 (1989)
30. 조남철, 전덕영 : 김치에서 분리한 호기성 세균의 생육에 대한 마늘의 영향. 한국식품과학회지, 20, 357 (1988)
31. 박우포, 김재욱 : 조미료, 젓갈 등이 김치발효에 미치는 영향. 한국농화학회지, 34, 242 (1991)
32. Bjökman, R.: Properties and function of plant myro-

- sinases. In *The Biology and Chemistry of the Cruciferae*. Academic Press, London, p.191 (1976)
33. Tang, C.S.: Benzyl isothiocyanate as a naturally occurring papain inhibitor. *J. Food Sci.*, **39**, 94 (1974)
34. 최신양, 이환웅, 정건섭 : 저장김치의 *Leuconostoc mesenteroides* IFO 12060 및 nisin첨가에 의한 *Escherichia coli*의 소장. *한국영양식량학회지*, **21**, 414 (1992)
35. 전문정 : Nisin을 이용한 김치의 저장성 향상에 관한 연구. 세종대학교 대학원. 석사학위 논문 (1993)
-
- (1997년 3월 6일 접수)