KOREAN JOURNAL OF

한국식품과학회지

FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

©The Korean Society of Food Science and Technology

도마의 재질별 식중독 원인균에 대한 항균효과

김지영¹・이형재¹・조정용¹・임현철²・최경철²・김두운¹・박근형¹・문제학¹,*

'전남대학교 식품공학과 및 기능성식품 연구센터,

'전라남도보건화경연구원 식품약품분석과

Antimicrobial Effect of Various Chopping Boards against Food-borne Bacteria

Ji Young Kim¹, Hyoung Jae Lee¹, Jeong-Yong Cho¹, Hyun Cheol Lim², Gyeong-Cheol Choi², Duwoon Kim¹, Keun-Hyung Park¹, and Jae-Hak Moon^{1,*}

¹Department of Food Science & Technology, and Functional Food Research Center, Chonnam National University ²Food & Drug Analysis Division, Jeollanamdo Institute of Health and Environment Microbiology Division

Abstract The purpose of this study was to evaluate the antibacterial activities of chopping boards made of various materials such as three antibiotic plastics, a general plastic, and various woods (red pine, rubber tree, cypress, birch, and bamboo) using zone inhibition assay and real-time PCR. Wood chopping boards showed high antimicrobial activity against *Vibrio vulnificus*, while plastic chopping boards showed high antimicrobial activity against *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Staphylococcus aureus*. Bamboo chopping board among the wood chopping boards showed the highest antimicrobial activity against five foodborne bacteria such as *E. coli* O157:H7, *S.* Typhimurium, *Vibrio cholerae*, and *V. vulnificus*. These results may be helpful in the selection of a chopping board with high antimicrobial activity and in the application of hygiene procedures for prevention of cross-contamination.

Keywords: chopping boards, antimicrobial activity, food safety, plastic, wood

서 론

학교급식의 전면적 실시와 생활수준의 향상으로 인한 외식의 증가로 식생활 형태가 변화되어가고 있으며, 지구 온난화와 사회 환경의 변화로 인해 집단 식중독의 발생보고는 계속되고 있다(1). 우리나라의 식중독 발생현황을 보면, 식중독 발생건수는 최근 10 년 동안 지속적으로 증가하고 있는 경향을 보였으며, 건당 환자 수도 상승세를 보여 점차 식중독이 대형화되어가고 있다(2). 2005 년에서 2009년까지 우리나라의 원인 병원균 평균 식중독 발생현 황을 보면, 발생되는 60-70%가 세균성 식중독이 차지하고 있으 며, 병원성대장균이 14.7%, 살모넬라균 13.5%, 황색포도상구균 10.3%, 장염비브리오 1.8%의 순서로 발생되었다(3). 또 발생장소 의 경우 음식점 및 단체급식소가 차지하는 비율이 최근 5년 평 균 75%이상이었으며, 평균 환자수도 71%로 압도적으로 높은 비 중을 차지하고 있다. 또한 2001년에 보고된 "식품원인질병의 사 회 · 경제적 손실비용의 측정모델개발과 식중독사고에 의한 손실 평가"에서는 식중독발생에 의한 총 사회ㆍ경제적 손실 비용을 1 조 3,107억원으로 추정하였다(4).

*Corresponding author: Jae-Hak Moon, Department of Food Science and Technology, and Functional Food Research Center, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

Tel: 82-62-530-2141 Fax: 82-62-530-2149

E-mail: nutrmoon@jnu.ac.kr

Received September 14, 2011; revised October 26, 2011;

accepted November 16, 2011

이처럼 식중독으로 초래되는 사회 · 경제적 피해가 심각해짐에 따라 이를 줄이기 위한 식품의 위생관리 시스템인 HACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point) 제도가 1995년 12월에 법적 으로 도입되었다. 이어 2000년 10월에 집단급식소 및 식품접객 업소의 조리식품, 도시락류를 대상으로 한 위해요소중점관리기준 이 개정 고시되어 HACCP 적용업소 지정 제도가 집단급식소에 도 적용되기(2) 시작하면서 원재료・조리음식・조리기구에 대한 미생물학적 위해분석에 대한 연구가(5-7) 다양하게 이루어지고 있 다. 이러한 제도의 필요성을 뒷받침하는 내용으로써 주방기기 및 기구 취급과 건물의 배치 및 시설의 위생 관리에 대한 인식이 부 족하다는 설문 조사 보고와(8) 대부분의 식중독 발생 시 오염된 식재료와 조리원 음식을 연결하는 공통적인 고리가 세정대, 칼, 도마 및 종사자의 손이라는 보고(9), 탕류 음식업소에 관한 연구 에서(10) 도마의 일반세균은 4.4×10-4.7×10² CFU/cm²였다는 내 용, 그리고, 일품요리 음식점에 관한 연구에서(11) 도마의 일반세 균수는 1.1-4.7×10² CFU/cm²로 위생상태가 불량하였음을 제시한 결과들이 보고되어 왔다. 이들 연구결과는 식중독의 주요한 원인 이 조리기구 및 용기, 종사자의 손 등임을 재인식시켜주었을 뿐 만 아니라 일상적으로 간과하기 쉬운 위해요소에 대한 관리가 더 욱 철저히 이루어져야 함을 강조한 의미있는 데이터라 판단된 다. 그래서 식중독을 예방하기 위해서 식품원료 세척 및 살균소 독 등의 처리뿐만 아니라 식품과 접촉하는 모든 작업자와 조리 기구에 대한 철저한 살균소독의 필요성은(12) 아무리 강조해도 지나침이 없을 것이다.

병원성 세균을 줄이기 위한 방법으로 단체 급식소에서는 기구 등의 소독을 위하여 열탕소독, 건열소독, 화학소독 등을 행하고

있다(13). 이러한 방법은 여러 병원성 미생물의 종류와 오염된 세균의 형태, 혹은 오염된 기구의 재질에 따라서 효과에 차이가 있을 수 있다. 특히 도마의 경우에는 여러 음식물을 접촉(조리)할때마다 소독이 불가능하기 때문에 최근 나무나 plastic에 옻이나은, 동 등 천연적으로 향균력이 입증되어 있는 소재를 처리하거나 제올라이트, 칼슘실리케이트 등의 무기 담체를 이용하여 Ag^+ , Zn^{2+} 등의 금속이온 용액에 도마를 침지하여 항균력을 기대하는 기능성 도마가 시판되기 시작하였다.

도마는 재질에 따라서 나무도마, 플라스틱도마, 유리도마, 그 외에 세라믹도마가 시판되고 있는데, 나무도마는 전통적으로 많 이 사용되어 오고 있어 우리에게 친근한 소재이며, 나무의 탄력 성이 칼의 충격을 흡수하여 손목을 보호하는 장점이 있다. 또한 나무 그 자체에 휘발성 방향성분 및 다양한 화합물들을 함유하 고 있다. 나무에 함유되어 있는 이러한 성분들은 미생물 등의 외 부 공격으로부터 수목 자신을 보호하는 역할을 하여 미생물에 대 해 광범위한 항균효과가 있는 것으로 보고되고(14-17) 있는데, 이 러한 나무가 지니고 있는 항균력을 이용한 다양한 나무 재질의 도마가 상품화되어 시판되고 있다. 그러나 나무 도마는 칼질을 하면서 생긴 나무부스러기가 음식과 섞일 확률이 높고, 오래 사 용한 도마는 틈이 생겨 그 틈에 이물질이 끼일 가능성이 높아 병 원성 미생물이 생존하기에 적합한 환경을 제공한다는 단점이 알 려져 있기도 하다. 또 요즘 보편화 되어 있는 플라스틱도마는 칼 질의 충격을 흡수하며 건조시간이 짧아 비교적 위생적이라는 장 점이 있는 반면, 냄새와 얼룩이 생기기 쉽고, 칼질할 때 생긴 흠 집에 이물질이 끼기 쉽다.

도마의 경우는 교육부의 학교급식소 HACCP 일반화 시행에 의해 대부분의 학교에서 위생상의 문제로 위생도마로 대체 사용토록 하고 있고, 음식점이나 가정에서도 항균성이 강조된 항균도마가 많이 사용되고 있다. 그러나 도마의 재질에 따른 식중독균에 대한 항균력의 평가와 항균성 표시제품과 미표시 제품 간의 항균력 비교 연구는 거의 행해진 바 없는 실정이고, 현재 유통되는 항균처리 도마에 있어서도 사용한 항균제의 종류에 따른 항균효과 및 항균이 가능한 균의 종류 등에 대한 정확한 표시가 미흡한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 식중독균들을 대상으로 플라스틱 및 나무 등의 재질이 다른 도마들 간의, 그리고 항균성이 표시된 플라스틱 제품들과 미표시된 플라스틱 제품들 간의 항균

력 차이를 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 대상 도마 및 도마의 전처리

백화점 및 대형마트로부터 Table 1에 나타낸 바와 같이 재질이 다른 9품목의 도마를 구입하였다. 즉 제품에 항균성(antibiosis) 도마임이 표기된 플라스틱 재질의 제품 3종(A, B, C; high density polyethylene), 항균성 도마임이 표기되어 있지 않은 일반 플라스틱 재질의 제품 1종(D, acryl), 그리고 항균성 도마임이 표기되어 있지 않은 나무 재질의 종류가 다른 제품 5종(홍송나무, E; 고무나무, F; 편백나무, G; 박달나무, H; 대나무, I)을 대상으로 실험에 이용하였다.

대상 도마 각각을 가로, 세로, 높이가 2×2×1 cm의 정방형이 되도록 준비하고, 70% 에틸알코올 용액으로 분무 살균한 후, auto-clave(SVH301, Isuzu, Japan)에서 1기압 121±1°C로 15분 동안 멸균하였다.

사용 균주 및 배지

항균활성 평가 대상 균주는 식중독 원인균인 그람양성 세균 1 종과 그람음성 세균 5종으로 총 6종의 균주를 사용하였다. 즉 그 람양성 세균으로 Staphylococcus aureus ATCC13565를 이용하였고, 그람음성 세균으로는 Escherichia coli O157:H7 ATCC43895, Vibrio vulnificus NCCP11177, Vibrio cholerae NCCP13589, Vibrio parahaemolyticus ATCC3495 및 Salmonella Typhimurium ATCC13311을 이용하였다. 본 시험에 사용한 균주들은 American Type Culture Collection(Manassas, VA, USA)과 질병관리본부 (Osong, Korea)로부터 분양받아 사용하였다. 그리고 배지는 muller hinton agar(MHA), trypone soya agar(TSA), trypone soya broth (TSB)를 Oxoid Ltd.(Basingstoke, England)로부터 구입하여 사용하였다.

생육 저지환(Inhibition Zone)에 의한 항균력 시험

재질별 도마의 항균력 시험은 Lorian의(18) paper disc 방법을 변형하여 저지환의 크기로 측정하였다. TSA 배지에서 배양한 *E. coli* O157:H7, *S.* Typhimurium, *V. vulnificus, V. cholerae, V.*

Table 1. The inhibition zone against food poisoning microorganisms of various chopping boards¹⁾

			Inhibition zone (mm) ²⁾					
Chopping board		E. coli O157:H7	S. Typhimurium	V. parahaemolyticus	V. cholerae	V. vulnificus	S. aureus	
Antibiotic plastic	Antibiotic plastic chopping board (A)	20.2±0.8 ^{a,3)}	18.8±0.7 ^a	_4)	-	-	21.6±0.9a	
	Microban chopping board (B)	18.1 ± 0.8^{b}	17.2 ± 0.6^{b}	-	-	-	19.2 ± 0.8^{b}	
	Antibiotic chopping board (C)	11.8 ± 0.2^{d}	15.2±0.3 ^d	-	-	-	11.4 ± 0.2^{d}	
Non antibiotic plastic	Acryl chopping board (D)	15.2±0.6°	12.4±0.3e	-	-	-	12.8±0.3°	
Wood	Red pine chopping board (E)	-	-	-	-	10.8 ± 0.4^{d}	-	
	Rubber tree chopping board (F)	15.6 ± 0.5^{c}	-	-	-	13.2 ± 0.5^{b}	-	
	Cypress chopping board (G)	-	-	-	-	-	-	
	Birch chopping board (H)	-	-	-	-	13.8 ± 0.4^{a}	-	
	Bamboo chopping board (I)	15.8±0.5°	16.2±0.5°	-	12.2 ± 0.2	12.2±0.3°	-	

¹⁾Different characters in same column were significantly different (p<0.05).

²⁾Inhibition zone (mm) formed on a side of chopping board was measured.

³⁾Mean±SD (*n*=3)

⁴⁾No inhibition zone was formed.

parahaemolyticus 및 S. aureus의 표준균주를 멸균 0.85% 식염수에 표준탁도액(McFarland No. 0.5, Vitek DR100, Hach Inc., Durham, NC, USA)으로 현탁하였다. 현탁액을 MHA 배지가 분주된 90 mm petri-dish에 가하여 균일하게 도말하였다. 이어 배지 위에 2×2×1 cm로 자른 도마를 평판배지 중앙에 올리고 밀착시킨 후 37±1℃에서 24시간 배양하였다. 도마 한 변의 중심으로부터 형성된 inhibition zone의 크기는 vernier caliper(Mitutoyo Co., Kanagawa, Japan)로 측정하여 항균력을 평가하였다.

Real-Time PCR을 이용한 항균력 평가

Real-time PCR을 이용한 항균력 평가에 사용한 균주로는 *E. coli* O157:H7, *V. parahaemolyticus* 및 *S. aureus* 3종의 균주들을 대상으로 도마들의 항균력을 평가하였다. 배양된 *E. coli* O157:H7, *V. parahaemolyticus, S. aureus*의 균주를 각 균주별로 TSB 30 mL에 표준탁도액(McFarland No. 0.2, Hach Inc.) 농도로 균을 접종하고, 2×2×1 cm로 자른 각각의 도마를 잡기게 넣은 후, 37°C에서 24시간 배양하여 시험용액으로 하였고, 도마를 넣지 않은 TSB 30 mL를 동일한 방법으로 배양하여 대조용액(control)으로 사용하였다. 이어 시험용액을 1.0 mL씩 취하여 14,000 rpm으로 10분간 원심분리 한 후, 상층액을 제거하고 회수한 균체를 1.0 mL의 멸균된 생리식염수(0.85% NaCl)를 이용하여 증류수로 현탁시킨 다음, 100배 단계회석을 통해 10²-106 CFU/mL 범위내로 조제하여 이 희석액 1.0 mL를 98°C에서 11분 가열하고, 1,400 rpm에서 10분간 원심분리한 후, 상층액을 crude DNA sample로 사용하였다.

Real-time PCR에 의한 *E. coli* O157:H7, *S. aureus, V. para-haemolyticus*의 정량은 AccuPower Quantitative PCR Kit를 Bioneer사(Daejeon, Korea)로부터 구입하여 사용하였다. 그 PCR kit들은 *E. coli* O157:H7의 perosamine synthetase(*per*) gene, *S. aureus*의 beta-hemolysin gene, 그리고 *V. parahaemolyticus*의 thermostable direct hemolysin(*tdh*) gene으로부터 회사 자체에서 고안된 primer들이 각각 혼합된 pre-mix형태였다. *E. coli* O157:H7, *V. parahaemolyticus, S. aureus* 균주들의 정량을 위한 PCR의 조성은 각각의 PCR Kit tube에 시료 균주의 template DNA 5 μL(Standard DNA(2×10²-2×10⁶))와 internal positive control DNA 1 μL를 넣은다음, 최종 반응액이 50 μL가 되도록 PCR grade water를 첨가하였다.

Real-time PCR(Exicycler™, Bioneer Co.)의 반응조건은 95°C에서 5분 동안 pre-denaturation을 행한 다음, 95°C에서 20초 동안 denaturation과 55°C에서 30초 동안 annealing & extension으로 45 cycle을 실시하였으며, standard DNA(2×10²-2×10°)로 작성된 검량선을 이용하여 정량하였다.

통계처리

실험 결과는 평균과 표준편차로 나타냈다. 통계처리는 Statistical package for social sciences(SPSS, Chicago, IL, USA) 17.0 package programs를 이용하였으며, One-way ANOVA를 분석하여 Duncan's multiple range test에 의해 평균값에 대한 유의성을 검증하였다. 각 시료 간 유의적인 차이는 p<0.05로 행하였다.

결과 및 고찰

생육 저지환에 의한 도마별 항균력

플라스틱 및 나무 도마 제품들에 대한 항균 활성은 특정 성분 및 천연소재의 추출물을 대상으로 항균력을 평가할 때 범용되고

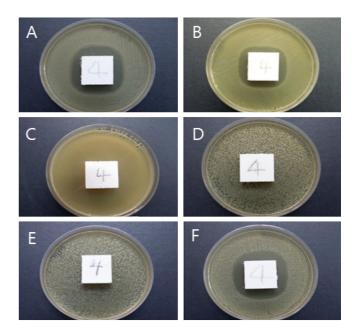


Fig. 1. Antimicrobial effect of an antibiotic plastic chopping board A by disc diffusion method. A, Escherichia coli O157:H7; B, Salmonella Typhimurium; C, Vibrio parahaemolyticus; D, Vibrio cholerae; E, Vibrio vulnificus; F, Staphylococcus aureus.

있는 paper disc법을 응용하는 방법으로, 도마들을 일정한 크기로 절단하여 미생물을 도말한 MHA배지 상에 절단한 도마를 올려배양한 후, 도마 주위에 형성된 저지환의 크기를 측정하는 방법을 이용하여 평가하였다. 이 방법에 의해 얻어진 대표적인 결과의 한 예를 Fig. 1에 제시하였다. 항균성이 표시된 항균플라스틱도마 A에서는 Table 1과 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 시험대상 식중독균 중 E. coli O157:H7, S. Typhimurium과 그람양성균인 S. aureus에 대해 각각의 저지환이 20.2, 18.8 및 21.6 mm로 항균활성을 나타냈다. 그러나 도마 A는 Vibrio속, 즉 V. parahaemolyticus, V. cholerae 및 V. vulnificus에 대해서는 항균활성을 보이지 않았다.

항균플라스틱 도마 B는 Table 1에 나타낸 바와 같이 항균플라스틱 도마 A와 유사한 경향을 보였다. 즉 *E. coli* O157:H7, *S.* Typhimurium 및 *S. aureus* 균에 대하여 각각 18.1, 17.2, 19.2 mm의 inhibition zone을 형성하여 이 3종의 균들에 대해 강한 항균력을 발휘함을 확인할 수 있었다. 그러나 도마 A와 마찬가지로 대상균주로 한 *Vibrio*속 균주들에 대해서는 항균활성을 보이지 않았다.

또 항균플라스틱 도마 C는 Table 1에 보인 바와 같이 항균력이 표시되어 있는 다른 항균 도마 A와 B처럼 E. coli O157:H7, S. Typhimurium 및 S. aureus 균에 대하여 항균력을 나타내었다. 그러나 그들의 inhibition zone은 각각 11.8, 15.2, 11.4 mm로 항균력이 표시되어 있는 다른 2종의 도마에 비해 유의적으로 약한 항균활성을 나타냈다. 그리고 다른 2종의 항균도마 A 및 B와 마찬가지로 Vibrio속에 대해서는 항균활성이 인정되지 않았다.

항균력이 표시되어 시판되고 있는 이상의 3종 도마의 항균력을 검토한 결과, 매우 의미있는 결과가 얻어졌다. 즉 항균처리되어 시판되고 있는 도마라 할지라도 항균력에는 차이가 있으며, 또 항균활성을 나타내는 미생물 spectrum이 넓지 않을 가능성이시사되었다. 물론 보다 다양한 균주들에 대한 검토가 추가적으로수반되어져야 하겠으나, 우리나라에서도 거의 매년 식중독 사건

을 유발시키는 원인균인 Vibrio속 3종 모두에 대해 항균도마로 시판되고 있는 제품들이 항균활성을 나타내지 못하였음을 고려할때, 항균처리된 도마에 대한 위생상의 지나친 신뢰는 식중독 유발로 이어질 수 있음을 시사하는 결과라 판단된다.

항균처리가 되어있지 않은 아크릴도마 D의 항균력 평가 결과 (Table 1)를 보면, 항균처리가 된 도마 A와 B에는 미치지 못하였으나, 항균도마 C와 그 항균력에 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 도마 D에 의해 생성된 inhibition zone을 도마 C와 비교하였을 때, E. coli O157:H7과 S. aureus에 대해 각각 3.4와 1.4 mm 씩 도마 D가 더 높은 활성을 보였다. 또 항균플라스틱 도마 A, B 및 C와 마찬가지로 항균처리 하지 않은 플라스틱 도마 D에 있어서도 Vibrio속에 대해서는 항균활성이 인정되지 않았다. 이결과로부터도 항균처리도마에 대한 지나친 신뢰는 위생상 큰 문제로 연결될 수 있음이 시사되었다고 판단된다.

홍송 도마 E는 Table 1에 나타낸 바와 같이 대상균주들 중 V. vulnificus에 대해서만 inhibition $zone(10.8 \, mm)$ 을 나타냈으며, 그 활성정도도 미약하였다. 그러나 항균처리 유무에 관계없이 플라스틱재질의 도마들(A-D)이 Vibrio속에 대해 항균력을 보이지 않았음에 비해, 미약하나마 홍송 도마 E가 V. vulnificus에 대해 항균활성을 보인 것은 플라스틱 도마들과 차별성을 보인 결과라 판단된다.

고무나무 도마 F의 경우(Table 1), E. coli O157:H7과 V. vulnificus의 2종의 미생물에 대해서만 각각 15.6과 13.2 mm의 항 균력을 보였으며, 다른 대상 균주들에 대해서는 전혀 활성을 보이지 않았다. 홍송 도마 E의 경우, V. vulnificus에 대해서만 항균활성을 보였던 것에 비해, 고무나무 도마 F의 경우, V. vulnificus를 포함하여 E. coli O157:H7에도 활성을 보였던 결과로부터, 나무 재질의 종류에 따라 항균 spectrum이 달라짐을 알 수 있었다. 이것은 각 재질에 함유되어 있는 성분들의 차이에 의한 현상으로 추측된다.

편백 나무는 광범위한 미생물들에 대해 항균효과가 있는 것으로 보고되어(17,19-21) 왔다. 특히 편백나무 추출물은 그람 양성 세균인 Staphylococcus epidermidis, 그람 음성세균인 V. parahaemolyticus, Pseudomonas aeruginosa, Pseudomonas putida, 효모형 곰팡이인 Candida albicans, 사상형 곰팡이인 Aspergillus nidulas, Alternaria mali, Fusarium oxysporum 등에 항균효과가 있는 것으로 보고된(22) 바 있다. 그러나 Table 1에 제시한 바와 같이 편백나무 도마를 이용한 본 연구 결과에 있어서는 전혀 상반된 결과가 관찰되었다.

이처럼 항균활성이 강할 것으로 기대했던 편백나무 도마가 항균활성을 보이지 않은 것에 대해 다음과 같은 몇 가지 이유를 생각할 수 있을 것이다. 첫째, 편백나무가 다양한 항균 화합물을 함유하고 있으나, 그 성분들이 본 실험에서 대상으로 한 미생물들에 대해 항균활성을 나타내지만 도마 제작 과정을 통해 활성성분들이 제거·소실 되었거나 변형되었을 가능성, 셋째, 본 항균활성 평가를 행하기 위한 조작시, 멸균을위해 도마를 오토클레이브에서 가열하였는데, 그 과정에서 도마에 함유된 성분들이 제거·소실 또는 변형되어 항균활성을 보이지 않았을 가능성 등이 있을 수 있다고 추측되었다.

이 세 가지의 가능성 중 첫째 가능성과 둘째 가능성에 대해서는 보다 체계적인 검토가 요구되나, 셋째 가능성에 대해서는 간단한 추가 실험에 의해 의문점이 해소될 수 있다고 판단하였다. 그래서 본 실험에 이용했던 것과 동일한 도마를 대상으로 오토 클레이브를 행하지 않은 것과 행한 것으로 나누어 항균력 평가 를 행하였다(data 생략). 그러나 오토클레이브에 의한 멸균 조작 여부에 관계없이 편백나무 도마에서는 항균력이 인정되지 않았다.

또한 앞서 살펴본 바와 같이 편백나무는 다양한 항균 활성을 가지며(19-21), 항균 활성 물질로 thujaplicin류(hinokitiol)와 yoshixol 이 동정된 바 있다(23-25). Hinokitiol은 S. aureus와 S. typhymurium 등에 강한 항균 활성을 갖는다고 보고되었으나(23,24,26) 본 실험에 사용한 식중독 원인균들인 Vibrio species나 E. coli O157:H7을 대상으로 항균 활성을 조사한 연구는 이루어진 바가 없다. 또한 yoshixol은 methicillin에 저항성을 갖는 S. aureus, E. coli, P. aeruginosa, C. albicans 등에 강한 항균활성이 발휘하는 것으로 보고되었다(25). 이와 같이 이 화합물들은 항균 활성이 인 정되는 바 본 실험에 사용한 식중독 원인균들에 대해서도 활성 을 나타낼 가능성이 시사되었다. 그러나 thujaplicin류(hinokitiol)와 yoshixol은 모두 monoterpenic ketone계 화합물로 가열에 의해 쉽 게 휘발되거나 분해되기 쉬운 물질이므로 도마 제작 과정 중 손 실되었을 가능성이 높을 것으로 추측되었다. 그래서 상기의 첫째 와 둘째 가능성 모두가 검토되어야 할 사항이라 판단되나, 이 두 사항에 대한 보다 체계적인 연구는 추후의 연구대상으로 돌리고 자 한다.

또, 박달나무 도마 H에 대한 항균활성(Table 1)은 홍송 도마와 유사한 경향을 보였다. 즉 대상 미생물들 중 V vulnificus에 대해서만 항균활성(inhibition zone, 13.8 mm)이 인정되었다.

마지막으로 대나무 도마 I의 경우(Table 1), 다른 도마 재질의 도마들(E-H)과는 다른 경향의 항균효과를 보였다. 즉 대상 미생물들 중 V. parahaemolyticus와 S. aureus에 대해서는 항균활성을 보이지 않은 반면, E. coli O157:H7, S. Typhimurium, V. cholerae, V. vulnificus에 대해 15.8, 16.2, 12.2 및 12.2 mm의 inhibition zone을 각각 보였다. 본 실험에서 사용된 도마 소재들 중 항균처리 유무의 플라스틱 도마들(A-D)과 다른 나무 재질의 도마들(E-H)에 비해 대나무 도마(I)가 본 실험에서 대상으로 한 6종의 균주들에 대해 가장 다양한 미생물들에 항균활성을 보였다.

5종의 나무 재질들 중 대나무 재질의 도마에서 Table 1에 나타낸 바와 같이 그람양성균인 S. aureus를 제외한 4종의 식중독균(E. coli O157:H7, S. Typhimurium, V. vulnificus, V. cholerae)에 대해 inhibition zone이 형성되어 이 미생물들에 대해 항균력을 발휘함을 알 수 있었다. 대나무추출물을 대상으로 한 항균력평가실험을 통해 Ikigai 등은(27) catechin 등의 flavonoid류 및 polyphenol류가 항균작용에 탁월한 효과를 발휘한다고 보고한 바있으며, 그와 유사한 Do 등의(28) 연구에서도 대나무에 함유된페놀화합물들이 5종의 미생물들(E. coli, B. subtilis, P. aeruginosa, S. Typhimurium. L. plantarum)에 대해 유효한 항균활성을 발현한다고 보고된 바 있다. 이러한 선행연구 결과들은 본 연구에 있어 대나무 도마가 다양한 미생물들에 대해 높은 항균활성을 발현한 결과들과의 상관성을 시사한 내용이라 판단된다.

앞의 편백나무 도마(G)가 항균활성을 보이지 않았던 이유에 대한 세가지 가능성은 단지 편백나무 도마에만 국한된 내용이 아닐 수 있다. 즉 대상으로 한 모든 나무 재질도마들에도 적용될수 있는 내용일 것이며, 또 일부는 플라스틱 재질의 도마에도 해당사항이 있을 수 있다고 판단된다. 그러나 본 실험으로부터 얻어진 결과만으로도 식품의 조리에 대한 위생문제에 중요한 도구로 인식되어지고 있는 도마의 선택 및 관리 차원에 있어 시사하는 바는 매우 크다고 판단된다.

Real-Time PCR을 이용한 정량법에 의한 항균력 결과

Real-time PCR법은 미생물의 특정 유전자 정보를 이용하여 PCR

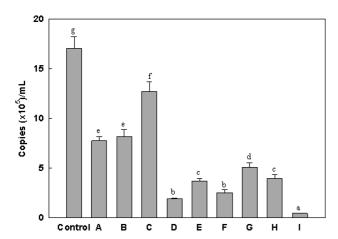


Fig. 2. Comparison of inhibition effect against growth of *E. coli* O157:H7 of various chopping boards by real-time PCR analysis. A, Antibiotic plastic chopping board; B, microban chopping board; C, antibiotic chopping board; D, acryl chopping board; E, red pine chopping board; F, rubber tree chopping board; G, cypress chopping board; H, birch chopping board; I, bamboo chopping board. Data were expressed as mean \pm SD (n=3). Different characters were significantly different (p<0.05).

증폭 산물을 실시간으로 모니터링하여 해석하는 방법으로, 신속성 및 반응특이성이 높아 미생물 검사 등에 널리 이용되고 있다 (29-31). 특히 real-time PCR법은 시료 중 미생물의 양과 copy수간에 높은 상관성을 나타내므로 식중독균들에 대한 도마의 재질별 항균력 차이 비교에 적용이 가능할 것으로 판단되어 본 실험에 응용하였다.

먼저 E. coli O157:H7의 시험용액과 대조용액을 real-time PCR 로 정량한 결과, Fig. 2에 나타낸 바와 같이 대조용액의 1.70×10⁶ copies/mL와 비교하여 대나무 도마(I)와 함께 배양된 시험용액에 서 4.38×10⁴ copies/mL로 나타나 실험 대상 도마들 중 대나무 도 마가 E. coli O157:H7에 대해 가장 강한 항균활성을 보임을 알 수 있었다. 이것은 저지환시험에서도 대나무 도마의 inhibition zone이 15 mm이상 형성되어 대나무 도마가 E. coli O157:H7에 대하여 뛰어난 항균활성을 보였던 결과와 상관성을 보였다. 또한 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 E. coli O157:H7은 plastic 재질 도마 보다 나무 재질의 도마에 의해 생육이 보다 뚜렷하게 억제되는 경향을 보였다. 그리고 저지환시험에서 inhibition zone이 나타나 지 않았던 나무 재질 중 홍송, 편백, 박달나무 도마와 함께 배양 된 균에 대해 생육억제력이 확인되었다. 또 대조용액과 각각의 시험용액에서 배양된 균수를 비교하여 볼 때, 모든 도마에서 대 조구에 비해 E. coli O157:H7에 대한 생육억제력이 더 높게 평 가되었다.

이어 V. parahaemolyticus의 정량 결과를 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 대조용액과 비교하여 편백나무 도마(G)를 제외한 나무재질의 도마들(E, F, H, I)에서 미생물의 생육 억제력이 나타나지 않았다. 특이하게도 plastic 재질 도마들(A-D)이 나무재질 도마들(E-I)보다 생육억제력이 우수한 경향을 보였다. 특히 항균도마 C의혼합배양액에서는 전혀 균이 생육되지 않았다. 이로써 앞의 저지환 평가 실험에서도 기술하였듯이 항균처리 도마에 있어서도 그종류에 따라 항균력에 많은 차이를 보임을 시사하는 결과가 재확인되었다고 판단된다. 한편 박달나무 도마(H)와 대나무 도마(I)의 경우, 대조구보다 미생물 생육이 더 촉진되는 현상이 관찰되었다. 보다 구체적인 검토가 수반되어야겠으나 이들 도마의 소재

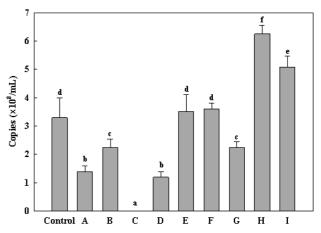


Fig. 3. Comparison of inhibition effect against growth of V parahaemolyticus of various chopping boards by real-time PCR analysis. A, Antibiotic plastic chopping board; B, microban chopping board; C, antibiotic chopping board; D, acryl chopping board; E, red pine chopping board; F, rubber tree chopping board; G, cypress chopping board; H, birch chopping board; I, bamboo chopping board. Data were expressed as mean \pm SD (n=3). Different characters were significantly different (p<0.05).

에 V. parahaemolyticus의 생육에 도움이 되는 인자가 용출되었을 가능성이 추측되나, 보다 엄격하고 조심스러운 접근과 해석이 요구된다고 판단된다. 역시 이 부분에 있어서도 저지환 실험에서 으뜸이었던 대나무 도마가 negative성 결과를 보였던 것으로부터 저지환 실험과 real-time PCR에 의한 실험 간에 차이가 있음을 인식할 필요가 있음이 제시되었다.

그리고 마지막으로 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 S. aureus에 대해서는 plastic 재질의 도마들(A-D)이 나무재질의 도마들(E-I)에비해 높은 미생물의 생육억제 효과를 보였으며, 이 결과는 저지환 시험결과와 유사한 양상이었다. 그러나 홍송 도마(E)의 경우, 오히려 S. aureus의 생육을 촉진하는 경향을 보여 위에서 기술하였듯이 조심스러운 검토가 추가되어야 할 것으로 판단된다. 본항에 있어서 고무나무 도마(F)와 박달나무 도마(H)에 의해서도 S. aureus의 생육억제 효과가 관찰되지 않았으나, 저지환 평가 때와는 달리 편백나무 도마(G)에 의해서도 항균효과가 관찰되었으며, 대나무 도마(I)에 의해서도 효과적인 항균활성이 관찰되었다.

이상의 결과들에서도 제시하였듯이, 먼저 항균처리 플라스틱 도마 3종은 미생물의 종류에 따라 항균활성의 정도가 다르게 나 타났으며, 경우에 따라서는 항균처리 하지 않은 플라스틱 도마와 큰 차이가 없는 균주도 있었다. 이것은 항균처리 도마라고 하여 지나친 신뢰를 하여서는 안된다는 교훈성이 시사된 결과라 판단된다.

또 나무 재질(홍송, 고무나무, 편백나무, 박달나무, 대나무)의 5 종의 도마를 대상으로 한 실험에 있어서도 재질에 따라 전혀 다른 경향의 항균력이 관찰되기도 하였다. 특히 그 중 항균력이 높을 것으로 추측되었던 편백나무 도마의 경우, 대상 균주들에 대해 전혀 항균력을 보이지 않았다. 그러나 대나무 도마의 경우, 대상 소재들 중 가장 다양한 미생물들에 대해 활성을 보였으며, 그활성정도 또한 매우 높았다. 이것은 나무 소재들에 함유된 유용성분에 의한 효과일 가능성이 시사되나 다양한 부분들이 조심스럽게 더욱 검토되어야 할 것으로 판단된다.

소비자들의 선호도와 취향에 따라 도마가 선택되겠지만 도마를 생산하는 업체에는 본 연구결과가 민감하게 인식될 수도 있을 것이다. 그래서 어떤 특정 소재의 도마에 대한 우수성 여부를

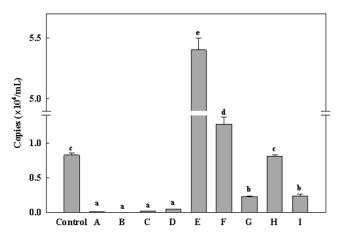


Fig. 4. Comparison of inhibition effect against growth of *S. aureus* of various chopping boards by real-time PCR analysis. A, Antibiotic plastic chopping board; B, microban chopping board; C, antibiotic chopping board; D, acryl chopping board; E, red pine chopping board; F, rubber tree chopping board; G, cypress chopping board; H, birch chopping board; I, bamboo chopping board. Data were expressed as mean \pm SD (n=3). Different characters were significantly difference (p<0.05).

공개하는 데에는 많은 주의가 요구된다고 판단된다. 즉 다음과 같은 사항들이 충분히 고려되어야 할 것이다.

본 연구에서는 6종의 미생물에 대해서만 항균력 평가가 행하여졌으나, 궁극적으로는 보다 다양한 미생물들에 대한 평가가 수행되어야 할 것이다. 항균력의 평가 방법의 다양화가 필요하다. 즉 나무재질의 경우, 나무의 보존상태, 전처리 방법, 가공조건 등도마의 제조공정에 따라 나무에 함유된 유용성분들의 잔존량에 많은 영향이 초래될 것이고, 그에 따라 항균활성에도 지대한 영향이 발생될 것으로 판단된다. 또 사용하지 않은 새 도마와 사용중인 도마들 간의 차이를 고려할 필요가 있을 것이다. 물론 새것일 때와 사용중일 때 모두 항균력이 우수한 것이 최상일 것이나, 항균력이 사용 중에도 오래 지속될수록 바람직하다 할 수 있을 것이다. 이것은 나무 재질 도마에 있어 나무 고유의 유용성분의 지속성이 중요한 관건이 될 것이다. 마찬가지로 플라스틱 재질 도마의 경우에 있어서도 항균처리한 소재들이 도마에 어느 정도 오래 유지될 것인가가 매우 중요한 사항이 될 것이다. 만단된다. 보관 방법의 차이에 따른 효과 또한 중요할 것이다.

그러나 본 연구 결과에서도 알 수 있었듯이 위생상 완벽한 도마란 찾기 어려울 것이다. 즉 아무리 좋은 재질을 이용하고 효과적인 항균처리를 했다 할지라도 식중독으로부터 무조건 자유로울 수는 없을 것이다. 결국 항균성을 갖는 도마로부터 기대할 수있는 것은 위생적 측면에서 극히 부분적인 보조적 개념일 뿐이지 궁극적인 대안은 아닐 수 밖에 없다는 것이다. 그래서 본 논문에 제시된 연구 결과들은 다양한 도마들의 항균력 및 유용성에 대해 극히 일부분의 단편적인 사항만이 평가되었으며, 본 결과들이 해당 도마들의 우수성을 최종적으로 결론지은 것이 절대아님을 분명히 한다.

도마의 위생은 가정과 단체급식 장소 및 외식산업체의 최종 관리자들의 철저한 관리가 결국 가장 주요한 관건이라 판단된다. 즉 사용 후 신속히 청결함을 유지하도록 하고, 뜨거운 물로 세척을 하거나 일광하에서 소독하는 등의 일상적인 관리가 철저히 요구된다하겠다. 그러나 본 연구 결과만으로 판단하였을 때, 대나무 소재의 도마는 위생상의 보조적 역할에 어느 정도 유용할지

도 모르겠다는 판단이 들기도 한다. 또 계절별로 빈발하는 식중 독 균주를 고려한다거나 특정 식품 및 특정업체에서 자주 발생 되는 식중독 원인균에 강한 항균력을 발현하는 맞춤형 도마를 고 안하는 것도 위생에 어느 정도 도움이 될 수도 있을 것으로 사료된다.

본 연구의 접근 방법 및 성과와 더불어 본 논문에서 기술한 도마의 항균력 평가에 있어서의 고려사항 및 제안 내용들이 도마 제조업체에 방해 요소로 작용하는 정보이기 보다는 오히려 보다 고기능의 안전성이 확보된 도마 생산을 위해 유용한 정보로 활용되길 기대하며, 또 조리의 최종 관리자들에게도 본 연구 결과가 도마에 대한 참고자료로 이용되길 바란다.

요 약

해마다 반복되는 식중독 발생을 예방하기 위한 한 접근 방법 으로써 시판품의 다양한 도마(항균처리 plastic 재질 3종, 항균처 리 않은 plastic재질 1종, 나무재질(홍송, 고무나무, 편백나무, 박 달나무, 대나무))를 대상으로 세균성 식중독의 주요한 원인균인 Escherichia coli O157:H7, S. Typhimurium, V. vulnificus, V. cholerae, V. parahaemolyticus 및 S. aureus의 6종 미생물에 대하 여 저지환 시험과 real-time PCR을 이용한 정량법을 이용하여 항 균력을 평가하였다. Plastic 재질의 도마들은 E. coli O157:H7, S. Typhimurium, S. aureus의 식중독균에 대해 항균력을 나타내었 고, 항균력이 표시된 도마와 표시되어있지 않은 도마들 간의 항 균력 차이는 크지 않았다. 나무 재질의 도마는 V. vulnificus에 대 해서 항균력을 나타내었고, 5종의 나무 재질의 도마들 중 대나무 도마는 E. coli O157:H7, S. Typhimurium, V. cholerae, V. vulnificus의 4종의 균에 대해 저지환 시험에서 항균력을 나타내 었으며, real-time PCR로 정량한 결과에서는 S. aureus에 대해 생 육억제력을 나타내어 5종의 식중독균에 대하여 가장 광범위한 항 균력을 보였다. 이는 대나무에 함유된 polyphenol과 organic acid 등의 작용으로 추측된다. 항균력이 있다고 표시된 도마에서도 시 험 대상 균들 중 일부에 대해서만 항균력이 나타났으며, 재질별 로 항균력에 차이가 나타났던 결과들로부터 도마에 대한 위생상 의 지나친 신뢰는 큰 위험을 초래할 가능성이 있음을 인식하고, 조리의 최종관리자들에 의한 일상적인 철저한 관리가 필요하다 고 판단된다.

문 헌

- Kim JS. Safety management policy and policy issues for foodborne disease. Health and Welfare Policy Forum 154: 14-22 (2009)
- Korea Food & Drug Administration. Analysis on the trend of food-poisoning. Available from: http://kfda.go.kr/fm/index.do? nMenuCode=67. Accessed July 5, 2011.
- 3. KFDA. Foodborne disease protection. Food Ind. 215: 33-37 (2010)
- Shin HS, Lee SH, Kim JS, Kim JS, Han KH. Socioeconomic costs of food-borne disease using the cost-of-illness model: Applying the QALY method. J. Prev. Med. Public Health 43: 352-361 (2010)
- Bae HJ, Lee JH, Oh SI. Effect of applying pretreatment methods before cooking for decreasing the microbiological hazard of cooked dried fish in food service establishments. Korean J. Sci. Food Cookery Sci. 19: 555-561 (2003)
- Yoo WC, Park HK, Kim KL. Microbiological hazard analysis for prepared foods and raw materials of food service operations. Korean J. Dietary Culture 15: 123-137 (2000)
- 7. Park HK, Kim KL, Shin HW, Kye SH, Yoo WC. Evaluation of

- microbiological hazard of cooking utensils and environment of mass catering, establishments. J. Fd. Hyg. Safety 15: 315-323 (2000)
- Soh GS, Kim YS, Shin DH. A survey on the sanitary management in food survice institutions. J. Fd. Hyg. Safety 22: 63-75 (2007)
- Bobeng BJ, David BD. HACCP models for quality control of entree production in hospital food service systems (I). J. Am. Diet. Assoc. 73: 524-529 (1978)
- Kye SH, Moon HK. Hazard analysis and critical control point of Korean soups prepared at Korean restaurants: Hazard analysis of Tang (galbitang, sullungtang, jangkuk). Korean J. Dietary Culture 10: 35-44 (1995)
- Kye SH, Moon HK. Hazard analysis and critical control point of Korean soups prepared at Korean restaurants: Naeng-myeun (cold noodles) and Pi-bim bab (mixed rice). Korean J. Dietary Culture 10: 167-174 (1995)
- Park HK, Park BK, Shin HW, Park DW, Kim YS, Cho YH, Lee KH, Kang KJ, Jeon DH, Park KH, Ha SD. Evaluation of effectiveness of sanitizer and disinfectants used in domestic food processing plants. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 1042-1047 (2005)
- Lee YS, Lee SH, Ryu K, Kim YS, Kim HI, Choi HC, Jeon DH, Lee YJ, Ha SD. Survey on practical use of sanitizers and disinfectants on food utensils in institutional food service. J. Fd. Hyg. Safety 22: 338-346 (2007)
- Kang HY, Lee SS, Choi IG. The antifungal activity of coniferous needle oil. J. Kor. For. En. 13: 71-77 (1993)
- 15. Whittaker RH, Feeny PP. Allelochemics: Chemical interactions between species. Science 171: 757-770 (1971)
- Muller CH. Allelopathy as a factor in ecological process. Plant ecol. 18: 348-357 (1969)
- Gocho S. Antibacterial action of aroma compounds in vapor state. J. Antibact. Antifung. Agents 19: 329-334 (1991)
- Lorian V. Antibiotics in Antimicrobial in Liquid Media. Williams and Willkins, New York, NY, USA. p. 52 (1991)
- Park MJ, Choi WS, Kang HY, Gwak KS, Lee GS, Jeung EB, Choi IG. Inhibitory effect of the essential oil from *Chamaecyparis* obtusa on the growth of food-borne pathogen. J. Microbiol. 48: 496-501 (2010)
- 20. Rudman P. The causes of natural durability in timber-Part XI. the

- antifungal activity of hearwood extractives in wood substrate. Holzforschung 16: 74-77 (1962)
- Rudman P. The causes of natural durability in timber-Part XI.
 Some tests on the fungi toxicity of wood extractives and related compounds. Holzforschung 17: 54-57 (1963)
- Lee HO, Baek SH, Han DM. Antimicrobial effects of *Chamaecy-paris obtusa* essential oil. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 29: 253-257 (2001)
- 23. Inamori Y, Shinohar S, Tsujibo H, Okabe T, Morita Y, Sakagami Y, Kumeda Y, Ishida N. Antimicrobial activity and metalloprotease inhibition of hinokitiol-related compounds, the constituents of *Thujopsis dodabrata* S. and *Z. dolabrata* MAK. Biol. Pharm. Bull. 22: 990-993 (1999)
- 24. Arima Y, Nakai Y, Hayakawa R, Nishino T. Antibacterial effect of β-thujaplicin on staphylococci isolated from atopic dermatitis: relationship between changes in the number of viable bacterial cells and clinical improvement in an eczematous lesion of atopic dermatitis. J. Antimicrob. Chemoth. 51: 113-122 (2003)
- 25. Kayama S, Yamaguchi Y, Tanaka S, Motoyoshiya J. A new substance (yoshixol) with an interesting antibiotic mechanism from wood oil of Japanese traditional tree (Kiso-hinoki), *Chamaecyparis obtusa*. Gen. Pharmacol. 28: 797-804 (1997)
- Akers HA, Abrego VA, Garland E. Thujaplicins from *Thuja pli-cata* as iron transport agents for *Salmonella typhimerium*. J. Bacteriol. 141: 164-168 (1980)
- Ikagai H, Nakae T, Hara Y, Shimamura T. Bactericidal catechins damage the lipid bilayer. Biochim. Biophys. Acta 1147: 132-136 (1993)
- Do JR, Kang SN, Kim KJ, Jo JH, Lee SW. Antimicrobial and antioxidant activity and phenolic compounds in the water extracts of medicinal plant. Food Sci. Biotechnol. 13: 640-645 (2004)
- Farrell JJ, Doyle LJ, Addison RM, Reller LB, Hall GS, Trocop GW. Broad-range (pan) Salmonella and Salmonella serotype Typhi-specific real-time PCR assays. Am. J. Clin. Pathol. 123: 339-345 (2005)
- Miller ND, Davidson PM, D'Souza DH. Real-time reverse-transcriptase PCR for *Salmonella* Typhimurium detection from lettuce and tomatoes. Food Sci. Technol. 44: 1088-1097 (2011)
- Jothikumar N, Griffiths MW. Ripid detection of Escherichia coli O157:H7 with multiplex real-time PCR assays. Appl. Environ. Microb. 68: 3169-3171 (2002)