

홍국첨가 김치추출물의 항균활성 및 암세포 증식억제 활성

김현정 · 황보미향¹ · 이효주¹ · 유대식 · 이인선*

*계명대학교 전통 미생물자원 개발 및 산업화 연구센터, ¹계명대학교 식품가공학과

Antibacterial and Anticancer Effects of Kimchi Extracts Prepared with *Monascus purpureus* Koji Paste

Hyun-Jeong Kim, Mi-Hyang Hwang Bo¹, Hyo-Joo Lee¹, Tae-Shick Yu, and In-Seon Lee*

The Center for Traditional Microorganism Resources, Keimyung University

¹Department of Food Science and Technology, Keimyung University

Kimchi was prepared with 2.5% and 5% *Monascus purpureus* Koji (MPK) paste (20%), fermented at 10°C for 15 days, and sampled at 3-day intervals during storage. Samples were extracted using 80% ethanol. Ethanol extracts of kimchi prepared with MPK paste (MPK kimchi extracts) and control kimchi extracts at 1mg/mL showed 40% decrease in proliferation of cancer cells, such as AGS, KATOIII, HepG2, and Hela. MPK kimchi extracts showed highest cytotoxic effect against cancer cells compared with control at 2mg/mL. Antibacterial effect of MPK kimchi extracts decreased during fermentation, and was higher than that of control kimchi extracts during fermentation, particularly after six days. The 5% MPK kimchi extracts showed higher antibacterial activity against *Escherichia coli* O157:H7 and *Vibrio parahaemolyticus* than other groups. Results indicate kimchi added with *M. purpureus* Koji paste has stronger antibacterial and anticancer effects in vitro than control kimchi.

Key words: kimchi, *Monascus purpureus*, antibacterial activity, anticancer activity

서 론

우리나라 고유의 저장 발효식품으로 한국인의 식생활에서 큰 비중을 차지하고 있는 김치는 다양한 재료를 사용하여 여러 가지 비타민류와 아미노산, 무기질 및 섬유소를 함유하고 또한 발효과정에서 생성된 맛, 기능성 물질, 유산균 및 유기산에 의해 체내에서 중요한 작용을 하고 있다(1). 그리고 김치에 주로 사용되는 양념류인 고춧가루, 마늘, 파, 고추, 생강은 상당한 수준의 항균 작용이 있으며, 또한 발효된 김치의 유산균이 다른 병원성 균에 대한 항균작용 및 정장작용을 가지는 것으로 보고 되어(2) 김치 섭취로 인해 세균성 식중독의 발생이 많이 감소되어 질 수 있다.

또한 김치는 항돌연변이 활성이 있어 대장암 예방, 빈혈 그리고 동맥경화 등을 예방하고, 김치의 발효에 관여하는 유산균은 비타민 합성, 유당 및 단백질의 흡수를 촉진한다고 보고되었다(3,4). 이처럼 김치의 탁월한 기능성이 확인되어 국내외에서 그 수요가 증가하고 있으며, 최근에는 느타리버섯, 우엉, 인

삼, 양파 등을 김치의 재료로 활용하여 기능성 김치의 개발연구도 다양하게 이루어지고 있다(5,6).

한편 홍국(*Monascus* sp.)은 오래 전부터 중국, 대만, 일본, 필리핀 등을 중심으로 홍주, 홍두부 제조, 육류 가공, 치즈, 기타 음식물의 천연색소나 보존제로 사용되고 있으며(7), 또한 홍국은 소화불량, 타박상, 이질 등의 다양한 의약 치료에도 사용되어 왔다(8). *Monascus*가 생산하는 색소는 적색소(rubropuntain, monascorubin), 황색소(monascin, ankaflavin) 그리고 자색소(rubropunctamine, monascorubramine) 등 3가지로 분류되고, 특히 홍국 색소를 생산하는 다양한 종에서 *M. purpureus*의 색소는 일본에서 식품첨가물로 인정되어 사용되고 있다(9). 최근 홍국이 식품 유해세균인 *Bacillus*, *Streptococcus*균에 대한 항균효과가 나타내는 것으로 보고(10)되었으며, Wong과 Koehler에 의해 처음으로 *M. purpureus*로부터 *Bacillus subtilis*에 대한 항균력을 가지는 두개의 황색 색소화합물이 분리되었다(11). 그리고 *Monascus*속의 황색색소와 적색색소가 일부 균주에 대해서 미약한 항균효과가 있다고 보고하였다(12). 그러나 *Monascus*의 항균효과는 색소뿐만 아니라 다른 대사산물에 의한다고 보고되기도 하였다(13).

또한 홍국은 체내 콜레스테롤의 생합성 억제 작용, 항암 작용, 혈압강하 효과, 혈관이완 효과 등(14,15) 다양한 생리기능이 알려지면서 홍국을 이용한 기능성 식품 제조도 이루어져 홍국 첨가 고추장, 간장, 찜장, 소시지 등이 보고되었고(16), 본

*Corresponding author: In-Seon Lee, The Center for Traditional Microorganism Resources, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea
Tel: 82-53-580-5538
Fax: 82-53-580-6447
E-mail: inseon@kmu.ac.kr

Table 1. Composition of kimchi materials

Materials	Amounts (g)
Chinese cabbage	100
Sliced chinese radish	13.3
Red pepper powder	4
Garlic	4
Onion	2.4
Fermented anchovy sauce	4.5
Sticky rice paste	1.7
<i>M. purpureus koji</i> paste	0, 2.5, 5

연구자들도 홍국을 첨가한 김치를 제조한 후 김치의 품질 특성을 검토하여 보고한 바 있다(17).

따라서 본 연구에서는 전보(17)에 따라 제조한 홍국김치를 10°C에서 발효시키면서, 식품 유해 세균인 *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*, *Vibrio parahaemolyticus* 등 6종의 식중독 유발균의 증식에 미치는 영향 및 인간 유래의 4종의 암세포주에 대한 암세포 증식 억제능을 조사하여 홍국 첨가 김치의 발효 양상에 따른 생리기능성을 검토하여 고기능성 김치 개발의 기초 자료로 이용하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 홍국제조

배추, 무, 마늘, 고춧가루, 생강 등은 E-Mart(대구시 성서)에서 실험 당일 신선한 것을 구입하여 사용하였고, 소금은 천일염과 한주 소금을 사용하였다. 홍국의 제조는 수침시켜 autoclave 한 시판 백미(안계 황토백미)에 본 대학 TMR(Traditional Microorganism Resources)센터에서 분리하여 동정한 생육 활성과 lovastatin 생성능이 우수한 홍국 균주인 *Manascus purpureus*를 접종(17)하여 25-30°C에서 12일간 호기적으로 정치 배양한 후, 수분함량이 10% 이하가 되도록 건조시킨 다음 분말화 하여 사용하였다.

홍국 김치의 제조 및 김치 추출물 제조

배추는 먼저 4등분하여 10% 소금물에 12시간 절인 후 흐르는 수돗물에 3회 세척하여 물기를 제거한 다음, Table 1과 같은 조성으로 김치를 제조하여 10°C에서 15일간 저장하면서 3일마다 시료를 취하여 각 추출물을 제조하였다. 이때 홍국 쌀풀은 홍국 분말 20 g을 물 100 mL에 첨가하여 잘 풀어 단시간 가열하여 풀로 쏘 다음 사용하였다. 그리고 3일 간격으로 채취한 김치 100 g에 대하여 10배의 80% 주정을 첨가하여 실온에서 8시간 동안 3회 반복추출한 후 여과지(Whatman No. 1, England)로 여과하여 감압농축(Rotary Evaporator, BUCHI R-3000, Switzerland)한 다음 동결건조하여 김치추출물을 제조하였다.

사용균주 및 배양

본 실험에 사용한 균주는 *E. coli* O157:H7 ATCC 43888, *L. monocytogenes* KCTC 3710, *Sal. typhimurium* KCTC 2515, *S. aureus* KCTC 1927, *Str. mutans* KCTC 3065, *V. parahaemolyticus* KCCM 11965로 KCTC, KCCM 및 ATCC로부터 분양받아 사용하였다. 성장 배지는 tryptic soy broth(TSB, Difco, USA)

및 agar(TSA, Difco, USA)를 사용하였으며, 37°C에서 24시간 3회 계대 배양하여 사용하였다.

세포주 배양

암세포주중 인간유래의 위암 세포주인 AGS와 KATOIII, 간암 세포주인 HepG2와 자궁경부암 세포주인 Hela는 한국 세포주 은행으로부터 분양받아 사용하였다. 이들 암세포주는 각각 RPMI-1640배지 및 MEM배지에 10% FBS(fetal bovine serum)와 1% antibiotics (penicillin/streptomycin)를 첨가하여 37°C의 5% CO₂ incubator에서 배양하면서, 2-3일에 한번씩 계대배양 하였다.

암세포 성장 억제효과

암세포주에 대한 세포증식 억제효과는 MTT assay(18)로 조사하였다. 배양된 cell에 RPMI-1640배지 또는 MEM배지를 첨가하고 잘 혼합하여 cell수를 1×10⁵ cells/mL로 조정된 다음, 96-well microtiter plate에 준비된 cell을 100 μL씩 첨가하고, 각 농도의 김치 에탄올추출물을 10 μL씩 well에 첨가한 후 37°C의 5% CO₂하에서 48시간 배양하였으며, 이때 대조군은 시료 대신 DMSO를 동량 첨가하여 동일한 조건으로 배양하였다. 배양 후 5 mg/mL의 MTT[3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium-bromide] 시약 10 μL를 각 well에 첨가한 후 다시 4시간 더 배양하였다. 배양종료 후 1,500 rpm에서 15분간 원심분리하여 생성된 formazan 결정을 DMSO로 용해시켜 cell plate reader로 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 세포증식 억제 효과는 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Cytotoxicity}(\%) = \frac{\text{대조군의 흡광도} - \text{시료처리군의 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}} \times 100$$

항균력 검색

식중독균에 대한 김치 추출물의 항균효과는 inhibition zone diameter test로 조사하였다. 초기 log phase 상태에 도달한 균을 10⁸-10⁹ CFU/mL의 농도로 한천배지에 도달한 후 멸균된 paper disc(diameter 8 mm)를 올려놓은 다음, 김치 추출물은 10% 농도로 조제하여 membrane filter(0.45 μm)로 제균하고 paper disc에 50 μL씩 첨가하여 37°C의 incubator에서 48시간 배양 후 paper disc 주위에 생성된 clear zone의 유무 확인 및 직경을 측정하여 항균력을 검색하였다.

통계처리

대조군과 각 시료에서 얻은 실험 자료로부터 ANOVA를 구한 후 Student's t test를 이용하여 통계분석 하였다.

결과 및 고찰

홍국 김치의 항암 활성

인간 유래의 위암 세포주인 AGS와 KATOIII 그리고 간암 세포주인 HepG2와 자궁경부암 세포주인 Hela를 사용하여 홍국 김치 추출물들의 세포증식 억제효과를 살펴보았다. 이때 김치는 10°C에서 15일간 발효시키면서 3일 간격으로 채취하여 김치 추출물을 제조하였고, 홍국김치 추출물의 농도는 1 mg/mL 및 2 mg/mL로 첨가하였다.

먼저 위암 세포주인 AGS에 대해 Fig. 1과 같이 발효가 진행될수록 그리고 시료 첨가량이 증가될수록 세포증식 억제 활성

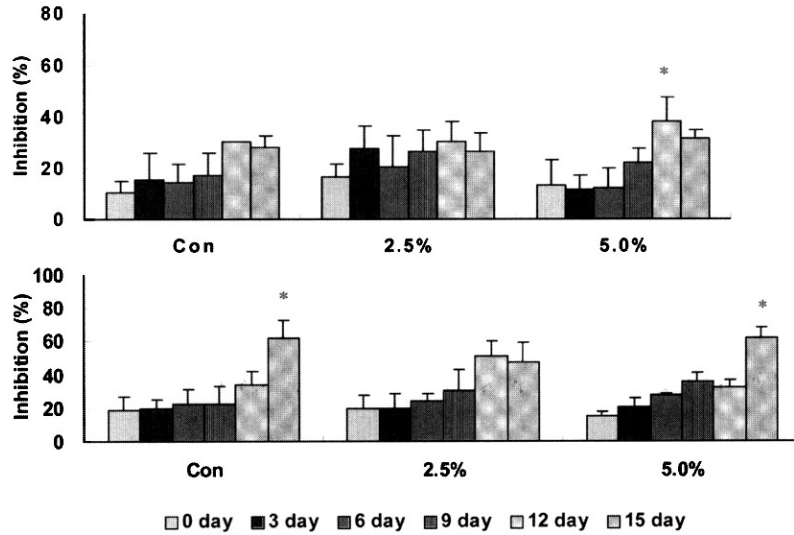


Fig. 1. Growth inhibitory effects of ethanol extracts of kimchi prepared with *M. purpureus koji* paste on human gastric cancer AGS cells during fermentation for 15 days at 10°C.

A: 1 mg/mL, B: 2 mg/mL, Con: kimchi of control, 2.5%: kimchi prepared with 2.5% of *M. purpureus koji* paste, 5.0%: kimchi prepared with 5.0% of *M. purpureus koji* paste. Asterisk letters are significantly different at $p < 0.05$.

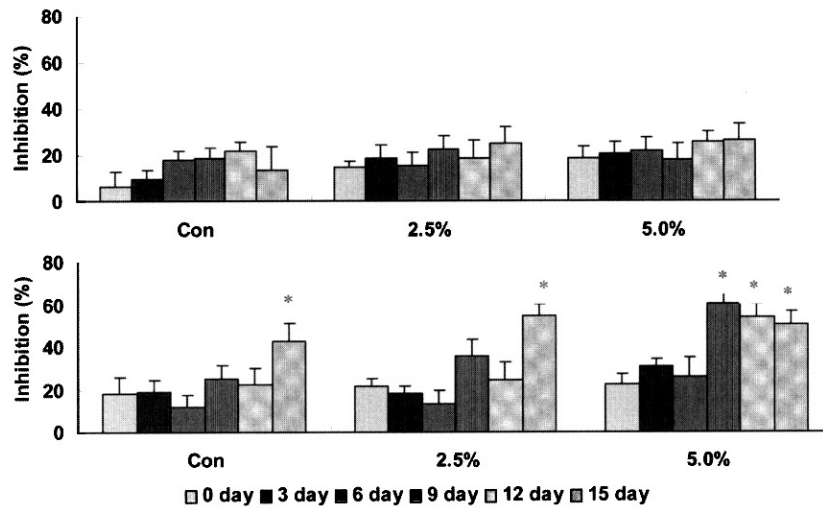


Fig. 2. Growth inhibitory effects of ethanol extracts of kimchi prepared with *M. purpureus koji* paste on human gastric cancer KATOIII cells during fermentation for 15 days at 10°C.

A: 1 mg/mL, B: 2 mg/mL, Con: kimchi of control, 2.5%: kimchi prepared with 2.5% of *M. purpureus koji* paste, 5.0%: kimchi prepared with 5.0% of *M. purpureus koji* paste. Asterisk letters are significantly different at $p < 0.05$.

이 더 증가하였다. 즉 시료농도 1 mg/mL 처리시에는 홍국을 첨가하지 않은 김치 대조군과 홍국을 첨가한 김치군 모두 40% 이하의 저해율을 보였으며, 특히 발효 12-15일째 비교적 높은 저해율을 보였다. 시료농도를 2 mg/mL 처리시에는 발효 12일째 2.5% 홍국 첨가군에서 다소 높은 52% 정도의 성장 저해율을 보였고, 발효 15일째에는 김치 대조군과 홍국첨가 김치군 간의 차이 없이 각 군 모두 50-60%의 높은 저해율을 보였다. 인체 위암세포주 AGS에 대해 고춧가루와 마늘이 첨가된 배추 김치의 암세포 증식 억제능이 증가되었다는 보고(19)와 유사하게 김치 대조군과 홍국첨가 김치군 모두 비교적 높은 암세포 증식 억제능을 확인하였고, 특히 홍국 첨가에 의해 김치가 숙성되면서 생성되는 여러 가지 성분들에 의한 시너지 효과를 더 발생하여 일반김치보다 홍국 첨가 김치에서 더 큰 암세포 성장 억제율을 나타낸 것으로 생각된다.

그리고 위암 세포주인 KATOIII에 대해서는 Fig. 2와 같이, 1 mg/mL 처리시 대조군과 홍국을 첨가한 김치군 모두 30% 이하의 낮은 저해율을 보였으며, 2 mg/mL 처리시에는 발효 9일째 5% 홍국 첨가군에서 가장 높은 60% 정도의 성장 저해율을 보였고, 발효 15일째에는 대조군에 비해 홍국 첨가군에서 50% 이상의 높은 저해율을 보였다. 양과 김치 추출물의 농도를 1 mg/mL로 폐암세포주인 A549에 처리하였을 때 30% 정도의 저해율을 보이고 유방암세포주에 대해서는 23.75%의 저해율을 보인다는 보고(20)와 유사하게 본 실험에서도 1 mg/mL 처리시에는 대조군과 홍국첨가 김치군 모두 30-40% 정도의 낮은 저해율을 보이고, 시료 농도 2 mg/mL 처리시에는 더 큰 저해 활성을 보임을 알 수 있었다.

한편 간암 세포주인 HepG2에 대해서 1 mg/mL 처리시에는 발효 기간에 관계없이 각 군 모두 15% 이하의 낮은 저해율을

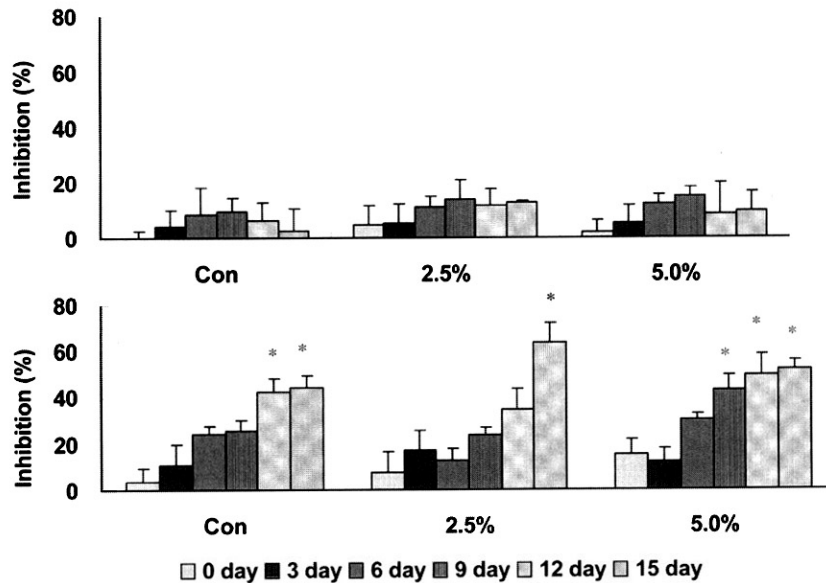


Fig. 3. Growth inhibitory effects of ethanol extracts of kimchi prepared with *M. purpureus* koji paste on human hepatoma HepG2 cells during fermentation for 15 days at 10°C.

A: 1 mg/mL, B: 2 mg/mL, Con: kimchi of control, 2.5%: kimchi prepared with 2.5% of *M. purpureus* koji paste, 5.0%: kimchi prepared with 5.0% of *M. purpureus* koji paste. Asterisk letters are significantly different at $p < 0.05$.

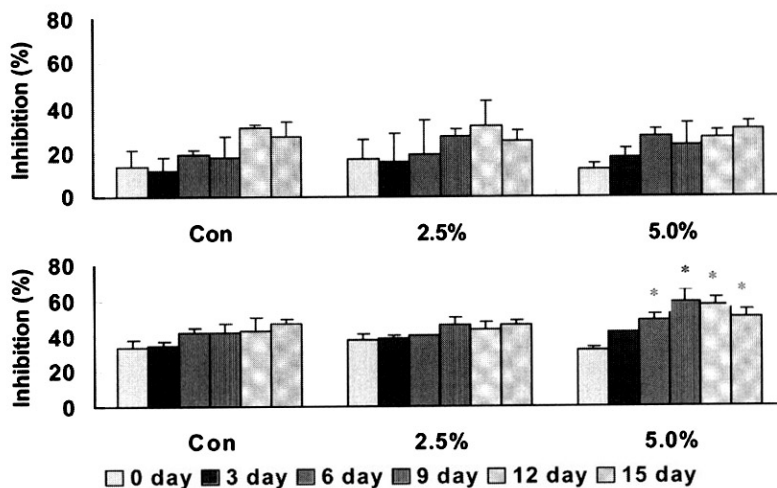


Fig. 4. Growth inhibitory effects of ethanol extracts of kimchi prepared with *M. purpureus* koji paste on human cervical cancer Hela cell during fermentation for 15 days at 10°C.

A: 1 mg/mL, B: 2 mg/mL, Con: kimchi of control, 2.5%: kimchi prepared with 2.5% of *M. purpureus* koji paste, 5.0%: kimchi prepared with 5.0% of *M. purpureus* koji paste. Asterisk letters are significantly different at $p < 0.05$.

보여 다른 세포주에 비해 가장 낮은 활성을 나타내어 이는 암세포주에 따른 저해 활성 차이로 보여졌다(Fig. 3). 그러나 2 mg/mL 농도 처리시에는 발효가 진행되면서 암세포주의 성장 저해율도 크게 증가하여, 발효 15일째에는 대조군과 홍국첨가군 모두 45% 이상의 높은 저해율을 보였고 대조군에 비해 홍국첨가 김치군에서 더 큰 저해율을 보였고, 특히 2.5% 홍국첨가 김치군에서 64%의 가장 높은 저해율을 보였다.

자궁경부암 세포인 Hela에 대해서는 Fig. 4와 같이, 발효가 진행되면서 또한 시료 첨가량이 증가함에 따라 저해 활성이 증가하였고, 1 mg/mL 처리시에는 대조군과 홍국첨가김치군 사이에 저해활성의 큰 차이 없이 30% 이하의 저해율을 보였다. 시료농도를 2 mg/mL 처리시에는 발효 초기부터 30% 이상의 높은 저해율을 보였으며, 특히 5% 홍국첨가 김치군에서 가장 높

은 성장 저해율을 보였다.

따라서 발효가 진행되면서 김치 추출물은 여러 암세포주 증식을 억제하였고 특히 홍국의 첨가량이 증가함에 따라 암세포주 증식 저해 활성이 증가하는 것을 알 수 있었다.

홍국첨가 김치의 식중독 세균에 대한 항균활성

홍국첨가 김치가 대표적인 식품 유해세균인 *Escherichia coli*(*E. coli*)O157:H7 ATCC 43888, *Vibrio parahaemolyticus*(*V. parahaemolyticus*) KCCM 11965, *Listeria monocytogenes*(*L. monocytogenes*) KCTC 3710, *Salmonella typhimurium*(*Sal. typhimurium*) KCTC 2515, *Staphylococcus aureus*(*S. aureus*) KCTC 1927, *Streptococcus mutans*(*Str. mutans*) KCTC 3065 등의 생육을 저해하는 지를 조사하였다.

Table 2. Antibacterial activities of kimchi ethanol extracts during fermentation

Fermentation days	Treatments ¹⁾	Clear zone (mm) ²⁾					
		<i>Salmonella typhimurium</i> KCTC 2515	<i>Escherichia coli</i> O157:H7 ATCC 43888	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> KCCM 11965	<i>Listeria monocytogenes</i> KCTC 3710	<i>Staphylococcus aureus</i> KCTC 1927	<i>Streptococcus mutans</i> KCTC 3065
0	Con	- ³⁾	-	-	-	-	-
	2.5%	-	-	-	-	-	-
	5%	-	-	-	-	-	-
3	Con	-	-	-	-	-	-
	2.5%	-	10.0 ± 0.3 ^a	-	-	-	-
	5%	-	10.0 ± 0.5 ^a	-	-	-	-
6	Con	9.5 ± 0.1 ^a	10.0 ± 0.3 ^a	-	10.7 ± 0.2 ^a	11.0 ± 0.3 ^a	8.8 ± 0.4 ^a
	2.5%	9.5 ± 0.1 ^a	10.0 ± 0.4 ^a	-	11.3 ± 1.0 ^a	11.3 ± 0.3 ^{ab}	8.8 ± 0.7 ^a
	5%	11.0 ± 0.2 ^b	11.3 ± 0.6 ^b	-	11.7 ± 0.8 ^a	12.0 ± 0.6 ^b	9.0 ± 0.3 ^a
9	Con	10.5 ± 0.4 ^a	12.7 ± 0.6 ^a	12.2 ± 0.3 ^a	9.9 ± 0.6 ^a	10.0 ± 0.4 ^a	9.2 ± 0.7 ^a
	2.5%	11.0 ± 0.2 ^a	13.0 ± 0.1 ^a	12.3 ± 0.6 ^a	10.2 ± 0.7 ^a	10.5 ± 0.5 ^a	10.3 ± 0.4 ^a
	5%	11.0 ± 0.3 ^a	13.5 ± 0.7 ^a	12.5 ± 0.5 ^a	11.8 ± 0.3 ^b	10.7 ± 0.4 ^a	11.6 ± 1.1 ^b
12	Con	10.9 ± 0.5 ^a	12.5 ± 0.7 ^a	12.3 ± 0.4 ^a	10.3 ± 0.6 ^a	12.5 ± 0.3 ^a	10.7 ± 0.5 ^a
	2.5%	11.4 ± 0.7 ^a	12.7 ± 0.6 ^a	12.5 ± 0.0 ^a	10.5 ± 0.8 ^a	12.5 ± 1.2 ^a	10.9 ± 0.8 ^a
	5%	11.0 ± 0.4 ^a	13.5 ± 0.5 ^a	13.5 ± 0.9 ^a	11.0 ± 1.0 ^a	12.0 ± 1.6 ^a	11.0 ± 0.9 ^a
15	Con	10.0 ± 0.7 ^a	11.7 ± 1.2 ^a	10.3 ± 1.2 ^a	10.3 ± 0.7 ^a	12.5 ± 0.9 ^a	10.0 ± 0.2 ^a
	2.5%	11.0 ± 0.6 ^a	12.0 ± 1.0 ^a	10.7 ± 1.0 ^a	10.5 ± 0.6 ^a	12.6 ± 1.3 ^a	10.3 ± 0.8 ^a
	5%	13.0 ± 0.7 ^b	12.5 ± 0.7 ^a	11.0 ± 0.9 ^a	12.5 ± 1.1 ^b	12.5 ± 0.8 ^a	11.7 ± 0.9 ^a

¹⁾Concentration of test sample: 5.0 mg/disc.

²⁾The values are mean ± SD (n=3). Values with a common superscript letter within the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

³⁾No inhibitory zone was formed.

Abbreviations; Con: kimchi of control, 2.5%: kimchi prepared with 2.5% of *M. purpureus koji* paste, 5.0%: kimchi prepared with 5.0% of *M. purpureus koji* paste.

김치 추출물의 이들 식중독균에 대한 생육 저해 효과는 Table 2와 같이, 김치를 담근 직후부터 발효 3일까지는 대부분의 균에 대한 김치의 항균력은 나타나지 않았으나, 발효 3일째에는 *E. coli* O157:H7에 대해서만 약한 항균력을 볼 수 있었다. 김치는 발효가 진행되면서 pH 저하로 인해 대장균 및 시험 병원균이 감소하고 사멸되었다는 보고(21)처럼 김치를 담근 직후부터 발효 3일까지는 김치 발효가 제대로 일어나지 않아 이들 균에 대한 항균력은 나타나지 않은 것으로 생각된다.

발효 6일째부터는 *V. parahaemolyticus*를 제외한 다른 균주에서는 항균력을 나타냈으며, 특히 발효 6일째의 김치 대조균은 *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7균에 대해 높은 항균력을, *Sal. typhimurium*와 *Str. mutans*균에 대해 낮은 항균력이 보였고, 특히 *Str. mutans*균에 대해 가장 낮은 항균력을 보였다. 또한 발효 6일째 2.5% 홍국첨가 김치균은 김치 대조균과 비슷한 항균 활성을 보였고, 5% 홍국첨가 김치균의 경우 가장 항균성이 높아 홍국 함량이 증가할수록 항균활성이 더 증가함을 알 수 있었다. 특히 *S. aureus*균에 대해 가장 항균활성이 높게 나타났으며, 그러나 각 균주별 김치 대조균과 홍국첨가 김치균 간의 유의적인 차이는 크게 보이지 않았다. 김치 발효 6일째에 내염성, 내산성 및 저온 내성이 강한 황색포도상구균(22)으로 우리나라 대표적인 대형 식중독사건의 원인세균인 *S. aureus*균에 대하여 다른 식중독균보다 발육억제 효과가 큰 것으로 나타나 김치의 다량 섭취는 식중독 예방에도 유효할 것으로 생각되었다.

그리고 발효 9일째의 경우 *E. coli* O157:H7에 대해 김치추출물의 항균활성이 가장 높은 값을 보였고, 다음으로 *V. para-*

*haemolyticus*에서 높은 활성을 보였다. 그리고 *Sal. typhimurium*와 *S. aureus*균에 대해서는 2.5% 홍국첨가 김치균과 5% 홍국첨가 김치균에서 항균효과와의 차이가 거의 없었으나, 대조균에 비해 홍국첨가 김치균에서 항균 활성이 증가하였고 홍국 함량이 증가할수록 항균활성이 더 증가하는 경향을 보였다. 김치의 항균성은 김치 제조시 사용된 양념류인 마늘과 양파 등의 성분과 김치 발효 중에 생성된 유산균들에 의해 생성된 bacteriocin과 같은 항균물질이 협력하여 강한 항균 효과를 보인 것으로 생각되며, 특히 홍국을 첨가하여 제조한 김치인 경우 홍국의 색소와 다른 대사산물에 의해 항균 활성이 조금 더 증가되는 것으로 생각되었다.

발효 12일째에 *E. coli* O157:H7, *V. parahaemolyticus*에 대해 김치추출물의 항균활성이 가장 높은 값을 보였다. 김치대조균에서는 *S. aureus*균에 대해 항균력이 가장 좋았고 *Listeria*균에 대한 항균력이 가장 낮았고, 2.5% 홍국첨가 김치균에서도 *S. aureus*에 대한 항균력이 높았으나, 대조균과의 항균력이 비슷하여 홍국첨가물질로 인한 상승효과는 보이지 않았다. 특히 *L. monocytogenes*균과 *Str. mutans*균에 대해 5% 홍국첨가 김치균에서 항균효과가 뚜렷이 보였으나 대조균과 2.5% 홍국첨가 김치균간의 유의적인 차이는 보이지 않았다. 특히 열 저항성과 산성 저항성이 있으며 낮은 온도에서도 생육이 가능하여 냉장 식품에서 큰 문제가 되고, 치사율이 가장 높은 식중독균으로 알려져 있는(23) *L. monocytogenes*균에 대해서는 발효기간에 관계없이 5% 홍국첨가 김치균에서 가장 높은 항균활성을 가지는 것을 확인하였다.

그리고 발효 15일째에는 *Sal. typhimurium*, *S. aureus*균에서

가장 큰 항균력을 보였고, *S. aureus*균은 12일째와 유사한 항균력을 보였다. *Sal. typhimurium*균에 대한 항균력은 5% 홍국첨가 김치균에서 항균성이 가장 크게 나타났다.

이와 같이 김치의 발효가 진행되면서 이들 6종의 식중독균에 대한 높은 항균활성을 보였으며, 홍국 첨가량이 많을수록 항균활성이 조금 더 증가하는 경향을 보여 홍국 첨가는 김치의 안전성 향상에도 관여하리라 생각되었다.

요 약

홍국 김치는 절임 배추량에 대하여 홍국 쌀풀(20%)을 각각 2.5, 5%씩 첨가하여 김치를 제조한 다음, 10°C에서 15일간 발효시키면서 3일 간격으로 채취하여 김치 추출물을 제조하였다. 제조한 김치 추출물을 인간 유래의 4종의 암세포주인 AGS, KATOIII, HepG2, Hela에 대한 증식 억제 효과 및 6종의 식중독균에 대한 생육 저해 효과를 살펴보았다. 먼저 시료농도 1 mg/mL 처리시에는 홍국을 첨가하지 않은 김치 대조군과 홍국을 첨가한 김치균 모두 40% 이하의 암세포 증식 억제를 보였으며, 시료농도 2 mg/mL 처리시에는 대조군에 비해 홍국첨가 김치균에서 더 큰 증식 저해율을 보였다. 또한 김치를 담근 직후부터 발효 3일까지는 대부분의 균에 대한 김치의 항균력은 나타나지 않았으나, 발효 6일째부터는 식중독균에 대한 항균력을 나타내어, 발효가 진행되면서 김치 대조군 및 홍국첨가 김치균에서 항균성이 증가함을 알 수 있었다. 또한 김치 대조군에 비해 5% 홍국첨가 김치균에서 높은 항균성을 보여 홍국 함량이 증가할수록 항균활성이 조금 더 증가함을 알 수 있었다. 따라서 김치의 발효가 진행되면서 김치 추출물은 여러 암세포주의 증식을 억제하고 6종의 식중독균에 대한 높은 항균활성을 보였고, 특히 홍국의 첨가량이 많은 김치추출물에서 암세포주 증식 저해 활성 및 항균활성이 더 증가하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R03-2002-000-00019-0) 지원 및 과학기술부·한국과학재단 지정 계명대학교 전통 미생물자원 개발 및 산업화 연구센터의 지원으로 수행되었음에 감사드립니다.

문 헌

1. Choi HS. Critical review on biochemical characteristics of kimchi (Korean fermented vegetable products). *J. East Asian Soc. Dietary Life* 5: 89-101 (1995)
2. Kim JH. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by bacteriocin from lactic acid bacteria isolated from kimchi. *Agric. Chem. Biotechnol.* 38: 302-307 (1995)
3. Kim HT, Park JY, Lee GG, Kim JH. Isolation of bacteriocin-producing *Lactobacillus plantarum* strain from kimchi. *Food Sci. Biotechnol.* 12: 166-170 (2003)

4. Sheo HJ, Seo WS. The antibacterial action of chinese cabbage kimchi juice on *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*, *Vibrio parahaemolyticus* and *Enterobacter cloacae*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 1351-1356 (2003)
5. Lee HJ, Joo YJ, Park CS, Lee JS. Fermentation patterns of green onion kimchi and chinese cabbage kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 488-494 (1999)
6. Kim DH. Effect of addition of ethanol and organic acids on kimchi the quality and the growth microorganism in Mul-kimchi. M.S. thesis, Sungshin Women's Univ., Seoul (2000)
7. Shikeo M. Function and utilization of *Monascus* sp. *Tech. J. Food Chem. Chemicals* 12: 42-45 (1990)
8. Martinkova L, Juzlova P, Vesely D. Biological activity of polyketide pigments produced by the fungus *Monascus*. *J. Appl. Bacteriol.* 79: 609-616 (1995)
9. Chen MH, Johns MR. Effect of pH and nitrogen sources on pigment production by *Monascus purpureus*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 40: 132-138 (1993)
10. Wong HC, Bau YS. Pigmentation and antibacterial of fast neutron and X-ray induced strains of *Monascus purpureus*. *Plant Physiol.* 60: 578-581 (1977)
11. Wong HC, Koehler PE. Production and isolation of an antibiotic from *Monascus purpureus* and its relationship to pigment production. *J. Food Sci.* 46: 589-592 (1981)
12. Wong HC, Lin YC, Koehler PE. Regulation of growth and pigmentation of *Monascus purpureus* by carbon and nitrogen concentrations. *Mycologia* 73: 649-654 (1981)
13. Juzlova P, Martinkova L, Kren V. Secondary metabolite of the fungus *Monascus*. *J. Ind. Microbiol.* 16: 163-170 (1996)
14. Endo A. Monacolin K. A new hypocholesterolemic agent produced by a *Monascus* species. *J. Antibiot.* 32: 852-854 (1979)
15. Endo A. Monacolin K. A new hypocholesterolemic agent that specifically inhibits 3-hydroxy-3-methyl-glutaryl coenzyme a reductase. *J. Antibiot.* 33: 334-336 (1980)
16. Chung SH, Suh HJ, Hong JH, Lee HK, Cho WD. Characteristics of kochujang prepared by *Monascus anka koji*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28: 61-66 (1999)
17. Kim HJ, Park JH, Hwangbo MH, Lee HJ, Lee IS. Preparation and quality characteristics of kimchi using *Monascus purpureus koji* paste. *Korean Soc. Food Cookery Sci.* 19: 701-707 (2003)
18. Green LM, Reade JL, Ware CF. Rapid colorimetric assay for cell viability: Application to the quantitation of cytotoxic and growth inhibitory lymphokines. *J. Immunol. Methods* 70: 257-263 (1984)
19. Park KY, Cho EJ, Rhee SH. Increased antimutagenic and anticancer activities of chinese cabbage kimchi by changing kinds and levels of sub-ingredient. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 625-632 (1998)
20. Park KU, Kim JY, Cho YS, Yee ST, Jeong CH, Kang KS, Seo KI. Anticancer and immuno activity of onion kimchi methanol extract. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 1439-1444 (2004)
21. Kang CH, Chung KO, Ha DM. Inhibitory effect on the growth of intestinal pathogenic bacteria by kimchi fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 480-486 (2002)
22. Son TJ, Kim SH, Park KY. Antimutagenic activities of lactic acid bacteria isolated from kimchi. *J. Korean Assoc. Cancer Prev.* 3: 65-74 (2001)
23. Doyle MP. Effect of environmental and processing conditions on *Listeria monocytogenes*. *Food Technol.* 42: 169-172 (1988)

(2005년 4월 4일 접수; 2005년 6월 7일 채택)