

모자반 에탄올 추출물의 항균활성과 열 및 pH 안정성

윤소영 · 이소영¹ · 김꽃봉우리 · 송유진 · 이소정 · 이청조 · 박나비 · 정지연 · 광지희 · 남기완² · 안동현*

부경대학교 식품공학과/식품연구소, ¹한국식품연구원 전통식품연구단, ²부경대학교 자원생물학과

Antimicrobial Activity of the *Sargassum fulvellum* Ethanol Extract and the Effect of Temperature and pH on Their Activity

So-Young Yoon, So-Young Lee¹, Koth-Bong-Woo-Ri Kim, Eu-Jin Song, So-Jeong Lee, Chung-Jo Lee, Na-Bi Park, Ji-Yeon Jung, Ji-Hee Kwak, Ki-Wan Nam², and Dong-Hyun Ahn*

Department of Food Science and Technology / Institute of Food Science, Pukyong National University

¹Traditional Food Research Group, Korea Food Research Institute

²Department of Marine Biology, Pukyong National University

Abstract The antimicrobial activity of *Sargassum fulvellum* (SF) was investigated using the agar diffusion assay and MIC test. In addition, the stability of this activity under extreme heat and pH conditions was examined. The SF ethanol extract was shown to display strong antimicrobial activities against *B. subtilis*, *C. perfringens*, *L. plantarum*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *S. cerevisiae* and *C. tropicalis* in the agar diffusion assay at the concentration of 4 mg/mL. The MIC value of the SF ethanol extract against the tested microbes ranged from 0.05 to 0.0063%. In the heat and pH stability test, the antimicrobial activity of the SF ethanol extract was not altered when the temperature was maintained at 121°C for 15 min, and it was also not affected in the pH range of 2-10. These results suggest that the SF ethanol extract is highly stable against drastic changes in temperature and pH.

Key words: *Sargassum fulvellum*, food borne pathogens, antimicrobial activity

서 론

산업문명의 발달과 소득수준의 향상에 따른 생활방식의 변화로 식생활에 있어서도 생존수단이라는 양적인 측면뿐만 아니라 고급화와 안전성이라는 질적인 측면이 강조되면서 식품의 위생관념이 철저해지고 있는 추세이다. 이와 함께 식품의 안전성을 확보하기 위하여 HACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point) 등의 다양한 위생 관련기법들이 도입되고 있고, 산업 전체로 점진적인 확산이 이루어지고 있다(1). 그러나 지구 온난화 및 실내온도 상승 등 환경의 변화뿐만 아니라 외식의 확대와 학교급식의 의무화 등과 같은 단체급식의 확대로 식중독 발생이 지속적으로 증가하고 있는 추세이다(2). 식품의약품안전청의 최근 통계자료에 따르면(3), 국내 식중독 발생 현황은 2008년 354건 7,453명으로 100만명당 153.8명으로 일본(162.4명, 2007년)에 비하여 낮지만 미국(85.9명, 2006년)에 비하여 높은 수준이다. 병원성 *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus* 및 *Compylobacter jejuni* 5종이 주요 세균성 식

중독의 원인체이며, 식중독원인체가 불명확한 것을 제외한 전체 식중독의 95%가 식품위해미생물에 의한 식중독이 차지하고 있다. 이러한 식중독 원인 미생물이나 부패 미생물을 제어하여 식품을 안전하게 저장하기 위한 수단으로 nitrite, sorbic acid, sodium metabisulfite, 염소제 등 다양한 합성 보존료가 장기간 사용되어 왔다(4). 그러나 최근 소비자들은 건강 지향적 욕구 증대와 안전성에 대한 의식 고조로 합성 항균제에 대한 기피 현상이 강하게 일고 있으며(5), 이러한 경향으로 인하여 식품 산업계에서도 인공 합성 보존제의 사용을 제한하는 추세이다. 이와 같이 천연유래의 항균제에 대한 선호 인식이 높아지면서 안전성이 확보된 천연 항균성 물질을 식품의 보존에 이용하고자 하는 연구가 집중적으로 이루어지고 있다(6). 일반적으로 천연물은 항균효과 뿐만 아니라 유용한 생리활성을 동시에 얻을 수 있으므로 천연 항균 물질의 개발과 이용은 인공합성 보존제의 사용으로 인한 부정적인 측면을 해소하고, 소비자 기피현상을 유발하지 않으면서도 저장성 향상과 안전성을 확보할 수 있는 좋은 방안이다(7). 현재까지 연구된 천연 항균제 개발에 대한 보고로는 주로 향신료나 육상 동·식물을 대상으로 한 것이 대부분인데 단백질 및 효소 성분으로서 달걀에 함유된 conalbumin, avidin, lysozyme(8) 등과 우유에 있는 lactoferrin(9), 젖산균이 생성하는 nisin(10) 및 유기산(11)이 있으며, 이밖에도 향신료(12,13) 및 국내의 다양한 생약재(1,5,6)의 항균활성에 대한 보고가 있다. 최근에는 특수한 환경 속에서 적응하며 살아가기 위해 육상생물과는 다른 대사계나 생체방어계를 가지는 것으로 보고되고 있는(14) 천연해양식물로부터 약리작용이 있는 물질을 찾으려는 관심이 높아지고 있다. 특히

*Corresponding author: Dong-Hyun Ahn, Department of Food Science & Technology/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
Tel: 82-51-629-5831
Fax: 82-51-629-5824
E-mail: dhahn@pknu.ac.kr
Received September 28, 2009; November 28, 2009;
accepted December 8, 2009

해조류는 착생 생물에 대한 자기방어수단으로 항균물질을 생산하는 것으로 알려져 있으며(15), 그 외에도 해조류의 생리활성으로는 항산화(16), 항암(17), 항염증(18), 항 혈액응고(19) 및 면역조절작용(20) 등의 생리활성물질을 생성하는 것으로 알려져 있다. 이러한 생리활성물질 중 현재까지 알려진 항균 물질로는 브롬 화합물, diterpene 및 triterpene계 화합물, phenol/tannin류, 지방족 화합물, 함황화합물 등이 보고되어 있는데 그 중 브롬 화합물이 가장 많이 밝혀져 있다. 특히 홍조류의 빨간검둥이과(Rhodomelaceae)의 해조류인 *Polysiphonia spp.*(21), *Rhodomela larix*(22), *Symphocladia latiuscula*(23) 및 *Odonothalia corymbifera*(24)에서 항균효과를 보이는 다양한 브롬 화합물이 동정된 바 있다. 또한 녹조류인 *Cymopolia barbata*의 ether 분획에서 분리, 동정된 sarganin의 할로겐 화합물에서도 항균력이 보고된 바 있으며(25), terpene계 화합물로는 *Dictyota dichotoma*로부터 분리된 diterpene류인 dolabellane 유도체가 그람 양성, 음성 세균에 대해 항균력을 가진다고 보고되었다(26). Phenol류로서 항균성을 나타내는 물질은 *Fucus vesiculosus*로부터 추출한 phloroglycin이 있으며(27), 갈조류인 *Sargassum sagamianum*에서 분리된 quinone(28)류가 있다.

한편 모자반은(*Sargassum fulvellum*) 모자반 속에 속하는 난해성 다년생 갈조 식물류로서 모자반의 서식처는 연안동물들이 먹이를 얻거나 산란하기 적합한 곳으로서 한국의 연안에서 해중립을 이루는 대표적인 식용해조류인데 최근 들어 모자반의 항 혈액응고 활성(29), 항발암 효과(30), 항염증(31) 및 항산화(32) 등의 생리활성이 밝혀짐에 따라 새로운 기능성 자원으로 주목받고 있다. 이에 본 연구에서는 모자반 추출물의 식품 부패 및 식중독 관련 미생물에 대한 항균활성을 조사하여, 천연 보존료로의 사용 가능성에 대해 연구하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용된 모자반은 2008년도에 부산 기장에서 채취하였고 수세하여 자연건조 후 동결건조를 하여 분쇄한 뒤 -70°C 에서 보관하며 실험에 사용하였다.

시료의 추출

모자반 분말에 95% ethanol 또는 물을 10배 비율로 가하여 실온에서 24시간 교반하며 추출하였다. 추출 후 원심분리기(UNION 32R, Hanil Science Industrial, Incheon, Korea)로 3000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상층액만 취하였다. 이 과정을 3회 반복하여 얻은 상층액만 모아 여과지(Advantec 5A, Tokyo, Japan)로 여과한 후 Rotary evaporator (RE 200, Yamato Co., Tokyo, Japan)로 감압농축 하였다. 이 농축액을 37°C 에서 건조시킨 후 -20°C 에서 보관하며 사용하였다.

사용 균주 및 배지

실험에 사용된 균주는 그람 양성균 6종, 그람 음성균 5종, 효모 3종, 곰팡이 2종으로 총 16종을 선정하여 사용하였다(Table 1). 균주는 사면배지에 배양되어 있는 균주의 단일 집락을 일 백금이 취한 후, 액체 배양하여 활성화시켜 사용하였다. *C. perfringens*와 *L. plantarum*은 액체배지에 접종한 후, Gas Pak(BBL) 및 anaerobic indicator와 함께 혐기성 jar에 넣고 37°C 에서 24시간 배양하여 사용하였고, 곰팡이는 실온에서 5일 동안 배양하여 충분히 포자를 형성시킨 후 공시균으로 사용하였다. 효모는 28°C 에서

Table 1. List of strains used for the experiments

Category	Strains	Strain number	Medium
Bacteria	<i>Bacillus subtilis</i>	KCTC 35421	NB
	<i>Clostridium perfringens</i>	KTCT 3269	RCM
	<i>Escherichia coli</i>	ATCC 25922	NB
	<i>Listeria monocytogenes</i>	KCTC 3569	BHI
	<i>Listeria innocua</i>	ATCC 33090	BHI
	<i>Lactobacillus plantarum</i>	KCTC 1048	MRS
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	KCTC 1636	NB
	<i>Salmonella enteritidis</i>	ATCC 13076	NB
	<i>Salmonella typhimurium</i>	ATCC 14028	NB
	<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 6538	NB
Yeast	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	KCTC 7905	YM
	<i>Candida tropicalis</i>	KCTC 7901	YM
	<i>Candida albicans</i>	KCTC 7270	YM
Mold	<i>Penicillium expansum</i>	KCTC 6436	PDB
	<i>Aspergillus niger</i>	ATCC 13076	PDB

48시간 배양하여 사용하였다. 균의 생육 배지로 사용한 배지 중 NB(nutrient broth)는 Acumedia(Lansing, MI, USA)사의 제품을 사용하였고 BHI(brain heart infusion), MRS(Lactobacilli MRS Broth), PDB(potato dextrose broth), RCM(reinforced clostridial medium)는 Difco(Flanklin Lakes, NJ, USA)사의 제품을 사용하였으며, YM(yeast malt medium)배지는 실험실에서 제조하여 사용하였다. 이때 사용한 peptone, yeast extract, malt extract는 Sigma(St. Louis, MO, USA)사에서, agar powder는 Junsei(Tokyo, Japan)에서, dextrose는 Yakuri Pure Chemical Co.(Osaka, Japan)에서 구입하여 사용하였다.

Paper disc assay

높이가 4-5 mm인 MHA(Muller Hinton Agar)배지에 균액의 농도가 약 10^5 - 10^6 CFU/mL 가량 되도록 도말하고, 지름이 6 mm인 멸균 disc를 고정시켜서 에탄올을 이용하여 4 mg/mL 농도로 희석한 추출물을 20 μL 흡수시켰다. 이를 실온에서 약 1시간 가량 확산시킨 후 상기 서술한 바와 같이 각 균주를 배양하였으며, 항균력 측정은 형성된 clear zone의 크기로 판단하였다.

Minimum Inhibitory Concentration(MIC)

멸균 후 완전히 굳지 않은 MHA 배지에 모자반 추출물을 0.3-0.0063%(w/v) 범위의 농도별로 첨가하였다. 여기에 시험 균주를 약 10^5 - 10^6 CFU/mL 되도록 접종한 후 혼합하였다. 이를 평판에 분주하여 실온에서 굳히고, 상기 언급한 조건으로 각 균주를 배양한 후 실험 현미경 상에서 균의 성장이 관찰되지 않은 평판의 농도를 최소저해농도(MIC)로 하였다.

열 안정성

4 mg/mL 농도로 희석한 시료를 60°C 에서 10, 30 및 60분, 80°C 및 100°C 에서 10분과 20분, 121°C 에서 15분간 열처리한 후 즉시 냉각하였다. 이렇게 처리된 시료의 항균활성변화를 paper disc법으로 측정하였다.

pH 안정성

8 mg/mL 농도로 희석한 시료의 pH를 1 및 0.1 N NaOH와 1 및 0.1 N HCl을 이용하여 2, 4, 6, 8 및 10으로 조절한 후 실온

에서 24시간 동안 방치하였다. 방치한 시료는 0.1 N NaOH와 0.1 N HCl를 사용하여 본래의 pH로 중화시켜 4 mg/mL의 농도로 희석하여 paper disc법으로 항균활성의 변화를 측정하였다.

결과 및 고찰

모자반 에탄올 및 물 추출물의 항균활성

추출용매에 따른 항균물질의 추출효율 및 용매에 따른 항균활성 정도를 확인하기 위하여 모자반을 에탄올과 물로 추출한 후, paper disc법을 이용하여 그람 양성균 6종, 그람 음성균 5종 및 진균류 5종에 대한 생육억제 활성을 검색하였다. 그 결과(Table 2) 에탄올 추출물은 4 mg/mL 농도에서 실험에 사용된 모든 그람 양성균과 *Saccharomyces cerevisiae* 및 *Candida tropicalis*에 대해 항균활성을 나타내었는데, 특히 *Bacillus subtilis*, *Clostridium perfringens*, *Listeria innocua* 및 *Listeria monocytogenes*에 대하여 clear zone의 크기가 1.5 mm 이상을 보였다. 그러나 그람 음성균 5종, 곰팡이 2종 및 *Candida albicans*에 대해서는 항균활성을 나타내지 않았다. 한편 물 추출물의 경우 모든 시험균주에 대해서 항균활성을 나타내지 않았는데, 이와 같은 결과는 갈조류의 항균물질인 지방산에 관한 연구에서 물 추출물이 다른 유기용매에 비해 항균활성이 낮게 나타났다는 보고와도 유사한 경향이며(33), Kim 등(34)이 보고한 추출 용매에 따른 추출물의 항균활성에 관한 연구에서 유기용매 추출물에서는 항균활성을 보였으나 물 추출물에서는 항균활성이 나타나지 않았다는 결과와도 일치한다.

Table 2. Antimicrobial activity of 95% ethanol extract and water extract with *Sargassum fulvellum*

	Water extract	Ethanol extract
<i>B. subtilis</i>	-	+++
<i>C. perfringens</i>	-	++++
<i>E. coli</i>	-	-
<i>L. monocytogenes</i>	-	++
<i>L. innocua</i>	ND ¹⁾	++
<i>L. plantarum</i>	ND	-
<i>P. aeruginosa</i>	ND	-
<i>S. enteritidis</i>	ND	-
<i>S. typhimurium</i>	-	-
<i>S. aureus</i>	-	+
<i>S. cerevisiae</i>	-	+
<i>C. tropicalis</i>	ND	++
<i>C. albicans</i>	ND	-
<i>P. expansum</i>	-	-
<i>A. niger</i>	-	-

*Growth inhibition size of clear zone: -, not detected; +, smaller than 1.5 mm; ++, 1.5-3 mm; +++, 3-5 mm; +++, larger than 5 mm.

*The extract concentration: 4 mg/mL.

¹⁾ND: not determined.

또한 녹조류인 *Cymopolia barbata*를 물, 에탄올, 에틸에테르 그리고 석유 에테르 4종의 용매로 추출하여 항균활성을 조사하였는데(25), 물 추출물을 제외한 나머지 3종의 용매 추출물에서만 항균활성을 나타내었다는 보고와도 유사하다. 일반적으로 유기용매에 추출되는 물질은 사포닌과 유기산류, 탄닌, 당 배당체 및 기타 알칼로이드류인 것으로 알려져 있다(35). 특히, 일반적으로 잘 알려진 해조류 유래의 항균물질인 지방족 화합물, 브롬 화합물, 테르펜류(terpene) 등은 수용성 용매 보다 유기용매에 잘 용출된다. 또한 모자반 dichloromethane 추출물의 GC/MS 분석결과, tetradecanoic acid, hexadecanoic acid, neophytadiene 및 oleic acid(31)등과 같은 지방산 물질이 보고된 바 있는데 이러한 연구 결과들을 고려할 때, 본 실험에서 사용한 모자반의 항균활성 물질은 친수성 물질이 아니라, 유기용매에 가용성인 소수성 물질이 주성분일 것으로 생각된다.

모자반 에탄올 추출물의 최소화농도

모자반 에탄올 추출물에 대한 MIC(Minimum Inhibitory Concentration) test를 실시한 결과(Table 3), *C. perfringens*와 *C. tropicalis*의 생육을 0.0063% 농도에서 억제하였으며, *L. monocytogenes*의 생육은 0.0125% 농도에서 억제하였다. 또한 *B. subtilis*, *L. innocua* 및 *Lactobacillus plantarum*의 생육을 0.025% 농도에서 억제하였으며, *Staphylococcus aureus*의 생육은 0.05% 농도에서 억제하였다. 이러한 결과는 Lee 등(36)의 갈조류의 항균활성에 대한 연구에서 *B. subtilis*, *C. perfringens* 및 *L. monocytogenes*가 패, 지층이 및 감태에 대한 MIC 농도보다 낮은 농도에서 모자반 에탄올 추출물이 높은 항균활성을 나타내었다. 현재 일반적으로 사용되고 있는 보존제인 안식향산나트륨의 경우 pH 5.6에서 0.15-0.3% 수준에 정균 또는 살균이 가능한 것으로 보고되고 있고(37), 프로피온산나트륨은 0.15-1.1%(38), 솔빈산 나트륨은 0.3%(39)에서 미생물 증식 억제 효과가 있다고 알려져 있다. 이러한 연구들과 비교해 볼 때 0.0125% 농도에서 *L. monocytogenes*의 생육을 억제한 모자반 에탄올 추출물은 항균활성이 우수하다고 할 수 있으며, 천연 항균제로 이용 가능성이 높을 것으로 사료된다.

한편, paper disc법에서 항균활성을 보이지 않았던 그람 음성균 4종에 대해서는 0.5% 농도에서도 항균효과를 나타내지 않았다. 모자반 에탄올 추출물은 그람 음성균에 비하여 그람 양성균과 효모에 더 효과가 있다는 것을 알 수 있었다. 이러한 연구 결과는 *Sargassum thunbergii*의 에탄올 추출물이 그람 양성균에 더 효과적이라는 결과(36)와 7종의 해조류 항균활성에 관한 연구(40)에서 *Dictyota humifusa*를 제외한 6종의 해조류가 그람 양성균에만 항균효과를 나타내었다는 결과와도 유사하다. 이 밖에도 해조류의 항균활성을 조사한 연구(41-43)에서 주로 그람 음성균 보다 그람 양성균에서 항균효과가 뛰어나다고 보고되고 있다. 이처럼 그람 양성균이 그람 음성균보다 감수성이 큰 것은 그람 음성균 세포막의 구조가 그람 양성균보다 복잡하며, 이러한 그람 음성균의 세포막을 둘러싸고 있는 외막이 소수성물질이나 분자량

Table 3. Minimum inhibitory concentration of 95% ethanol extracts from *Sargassum fulvellum*

<i>B. subtilis</i>	<i>C. perfringens</i>	<i>L. innocua</i>	<i>L. plantarum</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>S. aureus</i>
0.025	0.0063	0.025	0.025	0.0125	0.05
<i>C. tropicalis</i>	<i>S. cerevisiae</i>	<i>S. enteritidis</i>	<i>S. typhimurium</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>E. coli</i>
0.0063	0.1	- ¹⁾	-	-	-

*unit: % (w/v).

¹⁾ -: No activity in 0.5% concentration.

Table 4. Effect of heat treatments on antimicrobial activity of 95% ethanol extract from *Sargassum fulvellum*

		<i>B. subtilis</i>	<i>C. perfringens</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>L. plantarum</i>	<i>S. aureus</i>
Untreated		++	++++	++	+	+
60°C	10 min	++	++++	++	+	+
	30 min	++	++++	++	+	+
	60 min	++	++++	++	+	+
80°C	10 min	++	++++	++	+	+
	20 min	++	++++	++	+	+
100°C	10 min	++	++++	++	+	+
	20 min	++	++++	++	+	+
121°C	15 min	++	++++	++	+	+

*Growth inhibition size of clear zone: +, smaller than 1.5 mm; ++, 1.5-3 mm; +++, 3-5 mm; +++++, larger than 5 mm.

*The extract concentration: 4 mg/mL.

Table 5. Effect of pH treatments on antimicrobial activity of 95% ethanol extract from *Sargassum fulvellum*

pH	<i>B. subtilis</i>	<i>C. perfringens</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>L. plantarum</i>	<i>S. aureus</i>
Untreated	++	++++	++	+	+
2	++	++++	++	+	+
4	++	++++	++	+	+
6	++	++++	++	+	+
8	++	++++	++	+	+
10	++	++++	++	+	+

*Growth inhibition size of clear zone: +, smaller than 1.5 mm; ++, 1.5-3 mm; +++, 3-5 mm; +++++, larger than 5 mm.

*The extract concentration: 4 mg/mL.

이 큰 친수성물질의 유입을 억제하기 때문이라고 알려져 있다 (44). 그러나 갈조류인 *Fucus vesiculosus*의 항균활성에 관한 연구 (45)에서는 그람 음성균에 높은 항균활성을 보인다고 보고하였는데 이는 해조 유래의 항균물질이 미생물의 생리대사 기작과 각 균주의 형태 및 구조적 특성에 따라 다르게 작용하기 때문이라고 사료된다.

모자반 에탄올 추출물의 열 및 pH 안정성

가공식품의 대부분이 열처리 및 pH 처리 과정을 거치기 때문에 식품에 첨가하는 보존료는 가공공정상에서 활성이 유지되어야 한다. 이에 모자반 에탄올 추출물의 열 및 pH 안정성을 조사하였다. 모자반 에탄올 추출물이 함유하는 항균물질의 열 안정성을 조사하기 위해 에탄올 추출물을 여러 조건으로 열처리한 후 급랭한 시료를 *B. subtilis*, *C. perfringens*, *L. monocytogenes*, *L. plantarum* 및 *S. aureus*에 확산시켜 생육저해 환의 크기를 측정하였다. 그 결과(Table 4) 가장 높은 열처리 구간인 121°C에서 15분간 열처리를 하여도 항균활성에 변화가 없어 모자반 에탄올 추출물 유래의 항균물질은 열에 안정한 물질임을 알 수 있었다. 이러한 결과는 패, 곰피, 파배기모자반, 지층이, 긴블레기말 및 감태를 121°C에서 15분 열처리하였을 때 곰피를 제외한 5종의 해조류의 항균효과가 안정하였다는 결과와 유사한 결과를 보였다 (36). 앞의 5종의 그람 양성균에 대하여 모자반 에탄올 추출물에 함유되어있는 항균물질의 pH 안정성을 조사한 결과(Table 5), pH 2-10의 넓은 범위에서 항균활성이 유지되는 것을 알 수 있었다. 이와 같이 폭넓은 온도와 pH 범위에서도 안정한 항균활성을 나타내는 물질로는 파배기 모자반의 에탄올 추출물(36), 고수의 에탄올 추출물(46) 등이 알려져 있다. 따라서 모자반 에탄올 추출물 유래의 항균물질은 화학적 구조가 안정하여 열처리공정이 필요한 가공식품이나 pH에 영향을 받는 식품 가공공정 중에도 활

성이 유지되어, 이를 통해 식품의 저장·유통 중 미생물 생육억제 효과를 지속적으로 얻을 수 있어 천연보존료의 사용가능성이 높을 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 국내 자생 갈조류인 모자반의 항균활성을 조사하기 위하여 paper disc법과 MIC(Minimum Inhibitory Concentration) test를 이용하여 식품의 부패 및 식중독 관련 미생물 16종에 대한 항균활성을 조사하였다. 그 결과 물추출물에서는 항균효과를 나타내지 않았으나 에탄올 추출물은 4 mg/mL 농도에서 실험에 사용된 모든 그람 양성균, *Saccharomyces cerevisiae*와 *Candida tropicalis*에 대해 항균활성을 나타내었는데, 특히 *Bacillus subtilis*, *Clostridium perfringens*, *Listeria innocua* 및 *Listeria monocytogenes* 및 *C. tropicalis*에 대하여 높은 항균활성을 보였다. 그러나 그람 음성균, *Candida albicans* 및 곰팡이 2종에는 항균효과가 나타나지 않았다. 모자반 에탄올 추출물에 대한 MIC test를 실시한 결과, 0.0063% 농도에서 *C. perfringens*와 *C. tropicalis*의 생육을 억제하였으며, 0.0125% 농도에서 *L. monocytogenes*의 생육을 억제하였다. 또한 0.025% 농도에서 *B. subtilis*, *L. innocua* 및 *Lactobacillus plantarum*의 생육을 효과적으로 억제하였다. 열 및 pH 안정성 실험결과, 121°C에서 15분간 열처리와 pH 2-10 처리에도 항균활성이 감소하지 않는 것으로 보아 모자반 에탄올 추출물은 열과 pH에 비교적 안정하다고 사료된다.

문 헌

- Ahn YS, Shin DH, Baek NI. Isolation and identification of active antimicrobial substance against *L. monocytogenes* from *Rula graveolens* Linne. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 1379-1388

- (2000)
2. Cho MH, Bae EK, Ha SD, Park JY. Application of natural antimicrobials to food industry. *Food Sci. Indus.* 38: 36-45 (2005)
 3. Kim YS, Park IS, Ha SD. Application sanitizer for the control of microorganisms in food. *Food Sci. Indus.* 42: 26-51 (2009)
 4. Cherry JP. Improving the safety of fresh produce with antimicrobials. *Food Technol.* -Chicago 53: 54-59 (1999)
 5. Kim YD, Kang SK, Choi OJ, Lee HC, Jang MJ, Shin SC. Screening of antimicrobial activity of *chopi* (*Zan-thoxylum piperitum* A.P. DC.) extract. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 1116-1122 (2000)
 6. Kim SJ, Shin JY, Park YM, Chung KM, Lee JH, Kweon DH. Investigation of antimicrobial activity and stability of ethanol extracts of licorice root (*Glycyrrhiza glabra*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 241-248 (2006)
 7. Jung JH, Cho CH. Effect of steeping treatment in the natural antimicrobial agent solution on the quality control of processed *tofu*. *Korean J. Food Preserv.* 10: 41-46 (2003)
 8. Board RG. The microbiology of the hen's egg. pp. 245-281 In: *Advances in Applied Microbiology*, Vol. II, Perlman D (ed). Academic in press, New York, NY, USA (1969)
 9. Oram JD, Reiter B. Inhibition of bacteria by lactoferrin and other iron-chelating agents. *Biochem. Biophys. Acta* 170: 351-365 (1968)
 10. Gupta SM, Aranha CC, Bellare JR, Reddy KVR. Interaction of contraceptive antimicrobial peptide nisin with target cell membranes: implications for use as vaginal microbicide. *Contraception* 80: 299-307 (2009)
 11. Yamamoto Y, Hiashi K, Yoshi H. Inhibitory activity of acetic acid on yeast. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakk.* 31: 772-776 (1984)
 12. Yang JY, Han JH, Kang HR, Hwang MK, Lee JW. Antimicrobial effect of mustard, cinnamon, Japanese pepper and horseradish. *J. Fd. Hyg. Safety* 16: 37-40 (2001)
 13. Kim JS, Koo KM, Jung YH, Yang JG, Lee GG. Antimicrobial Activities of *Zanthoxylum schinifolium* extract against *Vibrio parahaemolyticus*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 500-504 (2004)
 14. König GM, Wright AD, Sticher O, Angerhofer CK, Pezzuto JM. Biological activities of selected marine natural products. *Planta Med.* 60: 532-537 (1994)
 15. Steinberg PD, Schneider R, Kjelleberg S. Chemical defenses of seaweeds against microbial colonization. *Biodegradation* 8: 211-220 (1997)
 16. Kim MJ, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Kim SJ, Lee SJ, Yoon SY, Kim AR, Jeon YJ, Park JG, Choi JI, Lee JW, Byun MW, Ahn DH. Effects of γ -irradiation on antioxidant and physicochemical properties of ishige okamurai extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 1485-1490 (2008)
 17. Cho KJ, Lee YS, Ryu BH. Antitumor effect and immunology activity of seaweeds toward sarcoma-180. *Bull. Korean Fish. Soc.* 23: 345-352 (1990)
 18. Kim JY, Kim KH, Suh HS, Choi WC. Antiinflammatory effects of new chemical compounds, HS -1580 series(HS-1580, HS-1581, HS-1582). *J. Life. Sci.* 16: 1181-1187 (1997)
 19. Lee HJ, Kim JH, Lee CH, Kim JS, Kwak ST, Lee KB, Song KS, Choi BW, Lee BH. Inhibition activities of sea weeds on prolyl endopeptidase, tyrosinase and coagulation. *Korean J. Pharmacogn.* 30: 231-237 (1999)
 20. Liu JN, Yoshida Y, Wang MQ, Okai Y, Yamashita U. B Cell stimulating activity of seaweed extracts. *Int. J. Immunopharmac.* 19: 135-142 (1997)
 21. Choi JS, Park HJ, Jung HA. A cyclohexanonyl bromophenol from the red alga *Symphyclocladia latiuscula*. *J. Nat. Prod.* 63: 1705-1706 (2000)
 22. Flodin C, Whitfield FB. Brominated anisoles and cresols in the red alga *Polysiphonia sphaerocarpa*. *Phytochemistry* 53: 77-80 (2000)
 23. Lim CW, Lee JS, Cho YJ. Structures and some properties of the antimicrobial compounds in the red alga, *Symphyclocladia latiuscula*. *J. Korean Fish. Soc.* 33: 208-287 (2000)
 24. Oh KB, Lee JH, Chung SC, Shin J, Shin HJ, Kim HK, Lee HS. Antimicrobial activities of the bromophenols from the red alga *Odonthalia corymbifera* and some synthetic derivatives. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 18: 104-108 (2008)
 25. Nadal NG, Casillias CM, Rodriguez LV, Rodriguez JR, Vera LT. Antibiotic properties of marine algae-III. *Cymopolia barbata*. *Bot. Mar.* 9: 121-126 (1966)
 26. Amico V, Oriente G, Piattelli M, Tringali C, Fattorusso E, Magno S, Mayol L. Diterpenes based on the dolabellane skeleton from *Dictyota dichotoma*. *Tetrahedron* 36: 1409-1414 (1980)
 27. Glombitza KW, Rosener HU, Vilter H, Rauwald W. Antibiotics from algae. 8. Phloroglucinol from Phaeophyceae. *Plant Med.* 24: 301-303 (1973)
 28. Horie S, Tsutsumi S, Takada Y, Kimura J. Antibacterial quinone metabolites from the brown alga, *Sargassum sagamianum*. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* 81: 1125-1130 (2008)
 29. Koo JG, Choi YS, Kwak JK. Blood-anticoagulant activity of fucoidans from sporophylls of *Undaria pinnatifida*, *Laminaria religiosa*, *Hizikia fusiforme* and *Sargassum fulvellum* in Korea. *J. Korean Fish. Soc.* 34: 515-520 (2001)
 30. Bae SJ. Anticarcinogenic Effects of *Sargassum fulvellum* fractions on several human cancer cell lines *in vitro*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 480-486 (2004)
 31. Kang JY, Khan MNA, Park NH, Cho JY, Lee MC, Fujii H, Hong YK. Antipyretic, analgesic, and anti-inflammatory activities of the seaweed *Sargassum fulvellum* and *Sargassum thumbergii* in mice. *J. Ethnopharmacol.* 116: 187-190 (2008)
 32. Heo SJ, Cha SH, Lee KW, Cho SK, Jeon YJ. Antioxidant activities of chlorophyta and phaeophyta from Jeju Island. *Algae* 20: 251-261 (2005)
 33. Rosell KG, Lalit M. Srivastava. Fatty acids as antimicrobial substances in brown algae. *Hydrobiologia* 151/152: 471-475 (1987)
 34. Kim SH, Lim SB, Ko YH, Oh CK, Oh MC, Park CS. Extraction yields of *Hizikia fusiforme* by solvents and their antimicrobial effects. *Bull. Korean Fish. Soc.* 27: 462-468 (1994)
 35. Jung DS, Lee NH. Antimicrobial activity of the aerial part (leaf and stem) extract of *Cnidium officinale* Makino, a Korean medicinal herb. *Korean J. Microbiol Biotechnol.* 35: 30-35 (2007)
 36. Lee SY, Kim JH, Song EJ, Kim KBWR, Hong YK, Lim SM, Ahn DH. Investigation of antimicrobial activity of brown algae extracts and the thermal and pH effects on their activity. *Food Sci. Biotechnol.* 18: 506-512 (2009)
 37. El-Shenawy MA, Marth EH. Inhibition or inactivation of *L. monocytogenes* by sodium benzoate together with some organic acid. *Int. J. Food Protect.* 52: 771-776 (1989)
 38. El-Shenawy MA, Marth EH. Behavior of *L. monocytogenes* in the presence of sodium propionate. *J. Food Microbiol.* 8: 85-89 (1989)
 39. El-Shenawy MA, Marth EH. Inhibition or inactivation of *L. monocytogenes* by sorbic acid. *J. Food Microbiol.* 51: 842-847 (1988)
 40. Stirk WA, Reinecke DL, van Staden J. Seasonal variation in antifungal, antibacterial and acetylcholinesterase activity in seven South African seaweeds. *J. Appl. Phycol.* 19: 271-276 (2007)
 41. Caccamese S, Azzolina R. Screening for antimicrobial activities in marine algae from Eastern Sicily. *Planta. Med.* 37: 333-339 (1979)
 42. Pesando D, Caram B. Screening of marine algae from the French Mediterranean coast for antibacterial and antifungal activity. *Bot. Mar.* 27: 381-386 (1984)
 43. Vlachos V, Critchley At, von Holy A. Antimicrobial activity of selected southern African marine macroalgae. *SAfr. J. Sci.* 93: 328-332 (1997)
 44. Nakamura S, Kato AM, Kobayashi K. New antimicrobial characteristics of lysozyme-dextran conjugate. *J. Agr. Food Chem.* 39: 647-650 (1991)
 45. Sandsdalen E, Haug T, Stensvåg K, Styrvold OB. The antibacterial effect of a polyhydroxylated fucophlorethol from the marine brown alga, *Fucus vesiculosus*. *World J. Microb. Biot.* 19: 777-782 (2003)
 46. Kim YD, Kang SK, Choi OJ. Antimicrobial activity of coriander (*Coriandrum sativum* L.) extract. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 692-696 (2001)