

벵쿨은잎 추출물의 돼지 유래 병원성 세균에 대한 항균효과

정진우^{1,2} · 정찬우^{1,2} · 김정태² · 양원준² · 안미정² · 김병학¹ · 김주아¹ · 신태균^{2*}

¹제주특별자치도 동물위생시험소, ²제주대학교 수의과대학

(접수 2009. 11. 17, 게재승인 2009. 12. 23)

Antibacterial activity of *Callophyllis japonica*-methanol extracts against the pathogenic bacteria from swine

Jin-Woo Jeong^{1,2}, Chan-Woo Jeong^{1,2}, Jeong-Tae Kim², Won-Joon Yang²,
Mee-Jung Ahn², Byeoung-Hak Kim¹, Joo-Ah Kim¹, Taekyun Shin^{2*}

¹Jeju Veterinary Research Institute, Jeju Special Self-Governing Province 690-962, Korea

²College of Veterinary Medicine and Veterinary Medical Research Institute, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

(Received 17 November 2009, accepted in revised from 23 December 2009)

Abstract

Interest in marine organisms as potential sources of bioactive agents has increased in recent years. The red seaweed, *Callophyllis (C.) japonica*, is abundant in the coastal regions of Jeju Island in South Korea. A previous study shows that *C. japonica* extracts have antioxidant activity and radioprotective effects. In this study, an methanol extract of *C. japonica* was tested whether it has antibacterial effects against the bacteria from swine. *In vitro* antibacterial activities of the crude extracts prepared from the *C. japonica* using 80 % methanol were tested for inhibitory activity against the *Escherichia (E.) coli* (S175), *Enterococcus (E.) faecium* (ATCC 51558), *Salmonella (S.) Typhimurium* and *Staphylococcus (S.) aureus* (ATCC 25923) by using broth dilution method. All organisms were incubated in brain heart infusion medium containing 1% extract at 0, 4, 8, 12 and 24 hrs. The 3 days-old piglets were fed an experimental diet supplemented with 1% *C. japonica* for 1 week. And the change of the coliform bacteria in feces were examined after supplement of *C. japonica* for 1 week. When the inocula containing $10^2 \sim 10^3$ CFU/ml of each organism were used the extracts of *C. japonica* showed various degrees of antibacterial effects on all bacteria tested. The CFU value (6.3×10^8 CFU/ml) of *C. japonica* for *E. coli* was decreased 30% compared with vehicle controls (9.0×10^8 CFU/ml) after 8 hrs incubation. The proliferation rate of *E. faecium* was inhibited about 68% at 4 hrs, 81% at 8 hrs and 76% at 12 hrs after incubation, respectively. The proliferation rate of *S. Typhimurium* was inhibited about 96% at 4 hrs, 90% at 8 hrs and 72% at 12 hrs after incubation with extracts of *C. japonica*. The proliferation rate of *S. aureus* was inhibited more than 90% each time courses. Conclusively, a red seaweed extract of *C. japonica* was found to be effective against a number of gram negative and gram positive bacteria such as *E. coli*, *E. faecium*, *S. Typhimurium*, and *S. aureus*. The number of coliform bacteria was increased in the 1% *C. japonica*-treated group, as compared to those of controls. This result suggests that *C. japonica* extracts be added as an effective natural antibacterial agent. The precise mechanism of antibacterial effects and its application on swine industry remains to be further studied.

Key words: *Callophyllis japonica*, Antibacterial activity, Swine

*Corresponding author: Taekyun Shin, Tel. +82-64-754-3363,
Fax. +82-64-756-3356, E-mail. shint@jejunu.ac.kr

서 론

양돈 산업에서 성장촉진용 항생물질(antibiotic growth promoters)은 돼지의 건강과 생산성을 향상시키기 위해 사용되어 왔다. 항생제의 양돈사료 첨가는 유해미생물 증식을 억제하여 질병을 예방함으로써 면역 및 치료효과와 함께 성장률과 사료효율을 개선시키는 이점이 있는 것으로 알려져 있다(Hays와 Muir, 1979). 특히 돼지의 경우 생후 2~3주 이내 다양한 원인에 의한 소화기계 질병은 성장을 저해할 수 있고(Cooper 등, 1997; Salmon 등, 1995), 드물게 대량 폐사를 유발함으로써 지대한 손실을 초래할 수 있다(Cooper 등, 1997). 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 의심 병원체에 대한 백신이나 항생제가 이용되어 왔다(Theppangna 등, 2007). 그러나 장기적인 항생제 남용으로 인한 유해성이 문제가 되고 있으며, 그에 따른 항생제 잔류와 내성균이 국제적인 문제로 대두되고 있다(홍과 김, 2001).

최근 합성 항생물질 사용에 따른 항생제 내성균의 증가 및 그로 인한 합성 항생물질의 사용규제 문제를 극복하기 위해 생물학적 활성을 갖고 있는 천연소재 추출물에 관한 관심이 증가하고 있다(Mayer 등, 2009). 특히 천연소재 물질 중 해조류에서는 갈조류 및 홍조류에서 다양한 종류의 생리활성 물질이 알려져 있다(이 등, 2000). 그 중 일부는 항균작용을 나타냄으로써 항생제 대체물질로 유용하다고 알려져 있다(임 등, 1999).

벚붉은잎(*Callophyllis (C.) japonica*)은 홍조류로써 우리나라의 제주도, 부산, 추자도, 거문도, 완도, 방어진에 널리 분포하고 있다. 벚붉은잎은 *in vitro* 실험에서 세포내 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)인 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl 기를 제거하며, 과산화지질을 억제하는 기능이 알려져 있고(Kang 등, 2005), 사염화탄소에 의한 간 손상을 억제하는 것으로 알려져 있다(Park 등, 2005). 또한 벚붉은잎 추출물은 방사선에 의한 소장 음와세포 사멸을 억제함으로써 방사선 방호효과도 있는 것으로 알려져 있다(Kim 등, 2008). 그러나 지금까지 벚붉은잎이 돼지에서 문제되고 있는 병원성 세균에 대해 어떤 영향을 미치는지 조사된 바 없다.

이 연구에서는 다양한 생리활성을 가지는 벚붉은잎의 추출물이 돼지에서 질병을 일으키는 세균에 어떤

영향을 미치는지 확인하고, 이를 생후 3개월령 자돈에 투여한 후 장내 세균총의 변화를 조사함으로써 포유기 자돈에 벚붉은잎 추출물의 적용가능성을 확인하고자 한다.

재료 및 방법

벚붉은잎 추출물

이 실험에 사용된 시료는 제주도 성산포 연안에 서식하는 벚붉은잎을 담수를 이용하여 염분을 제거하였다. 염분을 제거한 시료는 건조과정을 거쳐 분말로 제작 한 후, 80% 메탄올(Merck, Darmstadt, Germany)에 교반, 침출 시켜 추출하였다. 추출물은 여과지를 사용해 침전물을 여과한 후 회전감압농축기(Rotavapor; Buchi)를 사용하여 농축하였다.

사용균주 및 시약

이 실험에 사용한 시험균주는 그람 음성균인 *Escherichia (E.) coli* (S175), *Salmonella (S.) Typhimurium* (국립수의과학검역원)과 그람 양성균인 *Staphylococcus (S.) aureus* (ATCC 25923), *Enterococcus (E.) faecium* (ATCC 51558)를 사용하였다. 증균을 위한 broth는 brain heart infusion (BHI) broth (Difco, Livonia, U.S.A.)를 사용하였으며 121°C에서 15분간 멸균한 후, 벚붉은잎 추출물을 1%(w/v)로 부유시켜 혼합하였다. 이 혼합물을 균질화하기 위해서 얼음 상자에 담아 초음파 파쇄기를 이용하여 15초간 초음파 처리, 15초간 정치하기를 8회 반복하였다. 초음파 처리 후 여과멸균기를 통과시켜 사용하였다. 세균수 측정을 위한 고체배지는 BHI agar 를 121°C에서 15분간 멸균한 후 사용하였다.

증식억제 효과 측정

증식억제 효과 측정을 위해 균주를 증균배지에 접종 후 0, 4, 8, 12 및 24시간에 세균수를 혼합희석평판배양법(serial dilution agar plate analysis, pour plate method)을 시행하여 측정하였다. 실험군과 대조군에 18시간 BHI broth에 전배양한 균주를 $10^2 \sim 10^3$ CFU/ml 수준으로 접종한 후 37°C에서 정치하면서 접종 후 0, 4, 8, 12 및 24시간에 균수를 측정하였다. 균수의 측정은 실험군과 대조군에서 매 측정 시기에 1ml의 배양액을 멸균 생리식염수에 희석한 후 BHI agar 와 혼합하여 접

중하였다.

증식억제율의 계산

증식 억제율은 측정된 CFU/ml을 다음과 같은 식을 사용하여 산출하였다(Negi 등, 1999).

$$\% \text{ Inhibition}^* = (1 - T/C) \times 100$$

*T는 실험군의 수(CFU/ml) 이고,

C는 대조군의 수(CFU/ml) 이다.

벚꽃은잎을 투여한 자돈의 분변 중 생균수 변화 관찰

벚꽃은잎 추출물 경구투여 후, 생균수 변화를 확인하기 위해 3일령 돼지를 대용유만을 급여한 대조군과 대용유에 1%농도의 벚꽃은잎 추출물을 첨가하여 급여한 실험군으로 나누어 각 그룹당 2리씩 실험하였다. 1주일간 투여 후 직장으로부터 직접 분변을 채취하였다. 분변 1g을 멸균 생리식염수에 계단희석하여 균수를 측정하였는데, 대장균군 수를 선택적으로 산출하기 위해 violet red bile agar (VRB agar; Merck)를 사용하여 혼합희석평판배양법을 실시하였다.

결 과

그람 음성균에 대한 증식억제 효과

추출물의 E. coli에 대한 증식억제

벚꽃은잎 추출물을 1% 함유한 BHI broth 에 18시간 전배양한 E. coli 균액을 10²~10³CFU/ml 되게 접종한 후 37°C에서 24시간 배양하였을 때 배양액의 생균수 변화를 나타내었다(Table 1). 대조군의 경우 접종 후 0시간에 1.0×10³CFU/ml, 4시간에 2.7×10⁶CFU/ml, 8시간에 9.0×10⁸CFU/ml, 12시간에 1.1×10⁹CFU/ml, 24시간에 9.5×10⁸CFU/ml의 결과를 나타내었으며, 실험군의 경우 0시간에 9.1×10²CFU/ml, 4시간에 2.4×

10⁶CFU/ml, 8시간에 6.3×10⁸CFU/ml, 12시간에 9.7×10⁸CFU/ml, 24시간에 1.1×10⁹CFU/ml의 결과를 나타내었고, 억제율은 0시간에 9%, 4시간에 11%, 8시간에 30%, 12시간에 12%, 24시간에 47%으로 24시간에 가장 높은 증식억제 효과를 나타내었다(Fig. 1A).

추출물의 S. Typhimurium에 대한 증식억제

벚꽃은잎 추출물을 1% 함유한 BHI broth 에 18시간 전배양한 S. Typhimurium 균액을 10²~10³CFU/ml되게 접종한 후 37°C에서 24시간 배양하였을 때 배양액의 생균수 변화를 나타내었다(Table 1). 대조군의 경우 접종 후 0시간에 1.2×10⁴CFU/ml, 4시간에 1.5×10⁷CFU/ml, 8시간에 9.9×10⁸CFU/ml, 12시간에 1.0×10⁹CFU/ml, 24시간에 7.4×10⁸CFU/ml의 결과를 나타내었으며, 실험군의 경우 0시간에 8.8×10³CFU/ml, 4시간에 5.6×10⁵CFU/ml, 8시간에 9.4×10⁷CFU/ml, 12시간에 2.8×10⁸CFU/ml, 24시간에 4.9×10⁸CFU/ml의 결과를 나타내었고, 억제율은 0시간에 27%, 4시간에 96%, 8시간에 95%, 12시간에 72%, 24시간에 34%으로 4시간에 가장 높은 증식억제 효과를 나타내었다(Fig. 1B).

그람 양성균에 대한 증식억제 효과

추출물의 S. aureus에 대한 증식억제

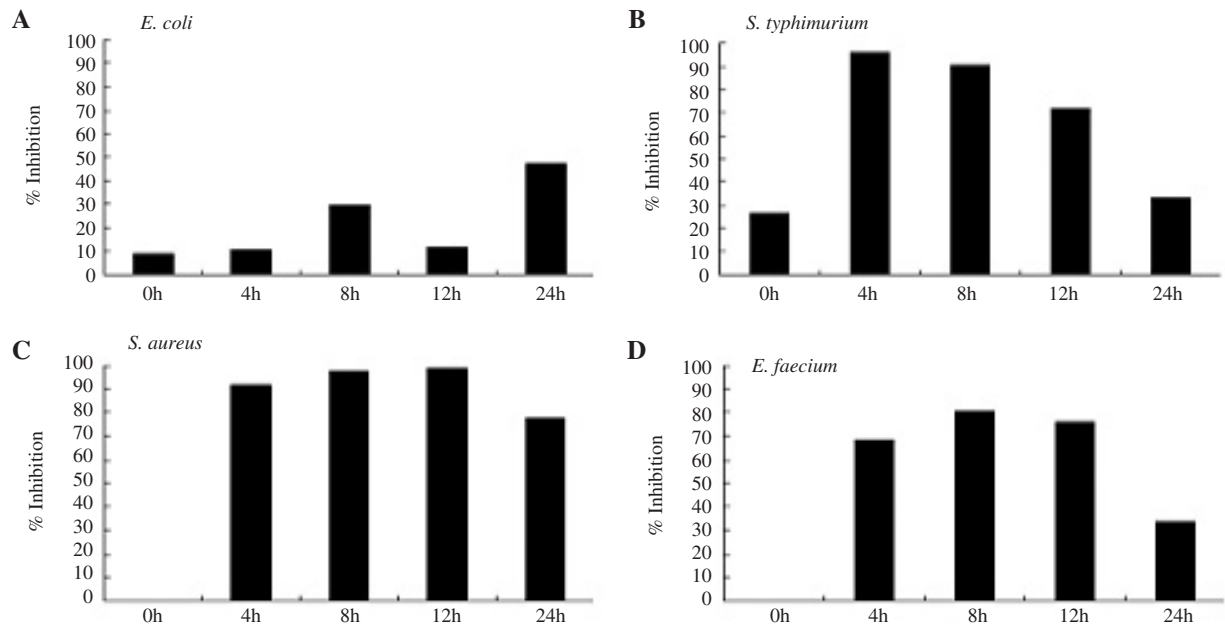
벚꽃은잎 추출물을 1% 함유한 BHI broth 에 18시간 전배양한 S. aureus균액을 10²~10³CFU/ml되게 접종한 후 37°C에서 24시간 배양하였을 때 배양액의 생균수 변화를 나타내었다(Table 2). 대조군의 경우 접종 후 0시간에 2.2×10³CFU/ml, 4시간에 4.4×10⁵CFU/ml, 8시간에 7.9×10⁶CFU/ml, 12시간에 2.8×10⁸CFU/ml, 24시간에 3.5×10⁸CFU/ml의 결과를 나타내었으며, 실험군의 경우 0시간에 2.2×10³CFU/ml, 4시간에 3.6×10⁴CFU/ml, 8시간에 1.8×10⁵CFU/ml, 12시간에 2.3×10⁶CFU/ml, 24시간에 7.7×10⁷CFU/ml의 결과를 나타내었고, 억제율은 0시간에 0%, 4시간에 92%, 8시

Table 1. Antibacterial effects of the *C. japonica* extracts on Gram-negative bacteria

Micro-organism	Treatment	Viable count (CFU/ml)				
		0	4	8	12	24 hrs
<i>Escherichia coli</i> (S175)	Control	1.0×10 ³	2.7×10 ⁶	9.0×10 ⁸	1.1×10 ⁹	9.5×10 ⁸
	<i>C. japonica</i> extract (1%)	9.1×10 ²	2.4×10 ⁶	6.3×10 ⁸	9.7×10 ⁸	1.1×10 ⁹
<i>Salmonella</i> Typhimurium	Control	1.2×10 ⁴	1.5×10 ⁷	9.9×10 ⁸	1.0×10 ⁹	7.4×10 ⁸
	<i>C. japonica</i> extract (1%)	8.8×10 ³	5.6×10 ⁵	9.4×10 ⁷	2.8×10 ⁸	4.9×10 ⁸

Table 2. Antibacterial effects of the *C. japonica* extracts on Gram-positive bacteria

Micro-organism	Treatment	Viable count (CFU/ml)				
		0	4	8	12	24 hrs
<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 25923)	Control	2.2×10^3	4.4×10^5	7.9×10^6	2.8×10^8	3.5×10^8
	<i>C. japonica</i> extract (1%)	2.2×10^3	3.6×10^4	1.8×10^5	2.3×10^6	7.7×10^7
<i>Enterococcus faecium</i> (ATCC 51558)	Control	1.3×10^3	7.3×10^4	1.2×10^7	9.3×10^8	7.4×10^8
	<i>C. japonica</i> extract (1%)	1.3×10^3	2.3×10^4	2.3×10^6	2.2×10^8	4.9×10^8

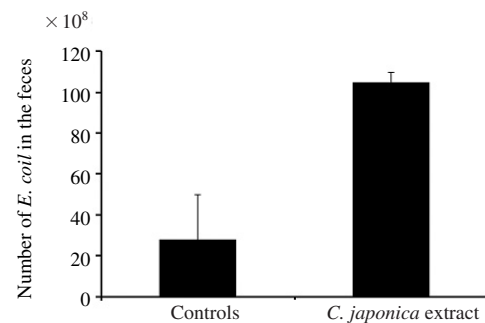
**Fig. 1.** Inhibition of *E. coli* (A), *S. Typhimurium* (B), *S. aureus* (C) and *E. faecium* (D) growth by extracts of *C. japonica*. [The results showed that the bacteria growth were inhibited the most for *E. coli* at 24h, *S. Typhimurium* at 4h, *S. aureus* at 12h and *E. faecium* for 8h by extract of *C. japonica*].

간에 98%, 12시간에 99%, 24시간에 78%으로 12시간에 가장 높은 증식억제 효과를 나타내었다(Fig. 1C).

추출물의 *E. faecium*에 대한 증식억제

벚꽃은잎 추출물을 1% 함유한 BHI broth 에 18시간 전배양한 *E. faecium*균액을 $10^2 \sim 10^3$ CFU/ml 되게 접종한 후 37°C에서 24시간 배양하였을 때 배양액의 생균수 변화를 나타내었다(Table 2). 대조군의 경우 접종 후 0시간에 1.3×10^3 CFU/ml, 4시간에 7.3×10^4 CFU/ml, 8시간에 1.2×10^7 CFU/ml, 12시간에 9.3×10^8 CFU/ml, 24시간에 7.4×10^8 CFU/ml의 결과를 나타내었으며, 실험군의 경우 0시간에 1.3×10^3 CFU/ml, 4시간에 2.3×10^4 CFU/ml, 8시간에 2.3×10^6 CFU/ml, 12시간에 2.2×10^8 CFU/ml, 24시간에 4.9×10^8 CFU/ml의 결과를 나타내었고, 억제율은 0시간에 0%, 4시간에 68%, 8시

간에 81%, 12시간에 76%, 24시간에 34%로 8시간에

**Fig. 2.** Effect of *C. japonica* extract on bacterial counts for *E. coli* in the feces of nursery swine. [Treatment with the *C. japonica* extracts increased the number of *E. coli* as compared with non-treatment controls. *C. japonica* extract was administrated with milk for 1 week. The data is expressed as the mean \pm SE].

가장 높은 증식억제 효과를 나타내었다(Fig. 1D).

각 균의 배양을 통한 억제율을 비교했을 경우 증균 후 4시간에 *S. Typhimurium*에 대한 항균활성이 가장 높았으며, 증균 후 8, 12, 24시간에는 *S. aureus*에 대한 증식억제 효과가 가장 높은 것을 확인 하였다(Fig. 1).

벚붉은잎 급여 후 대장균군 수의 변화

3일령 자돈에 1% 벚붉은잎을 1주일 동안 대용유와 함께 급여한 후, 분변 1g중 대장균군수를 측정하였다. 그 결과 대조군에서는 $2.8 \times 10^9 \pm 22\text{CFU/g}$ 의 결과를 나타내었고, 실험군에서는 $1.0 \times 10^{10} \pm 5.5\text{CFU/g}$ 의 결과로 1% 벚붉은잎을 급여한 그룹에서 대장균군 수가 약 4배 증가하였다(Fig. 2).

고 찰

제주도는 섬이라는 자연환경을 통해 해양 생물의 보고로 알려져 있다. 제주도 연안에는 해조류의 종류가 다양하고 풍부하며, 연안에 서식하는 해조류는 갈조류 81종, 홍조류 287종, 남조류 53종 등 수많은 종의 해조류가 서식하고 있다(Lim 등, 1995). 이 중 몇몇 해조류들은 다양한 생리활성이 있는 것으로 알려져 있다(김과 이, 2004).

녹조류의 한 종류인 구멍과갈래(*Ulva pertusa*)와 청각(*Codium fragile*)의 헥산(n-hexane) 추출물은 bacillus 속인 *B. licheniformis*, *B. cereus*, *B. circulans*에 대해 항균활성을 나타낸다(임 등, 1999). 또 다른 녹조류인 갈파래(*Ulva lactuca*)의 경우 *S. aureus*, *Shigella dysenteriae*, *S. boydii*, *Pseudomonas aeruginosa* 등에 대한 증식 억제 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Vallinayagam 등, 2009).

갈조류의 일종으로 잘 알려진 미역(*Undaria pinnatifida*)의 메탄올 추출물은 *B. subtilis*에 대한 항균활성을 나타내며, 딜로푸스(*Dilophus okamurai*)의 헥산 추출물과 메탄올 추출물은 *E. coli*, *B. subtilis*, *B. cereus*와 *B. licheniformis*에 대해 항균활성을 나타낸다(임 등, 1999). 뿐만 아니라 갈조류인 검둥감태(*Ecklonia curome*)로부터 추출한 phlorotannin은 *S. aureus*, *S. pyogens*, *B. cereus*, *Campylobacter fetus*, *C. jejuni*, *E. coli*, *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium*, *Vibrio parahaemolyticus* 등의 균주에 대한 살균효과가 있다고 알려져 있다(Nagayama 등, 2002).

홍조류의 경우 우뭇가사리, 벚붉은잎, 갈래곰보, 풀

가사리의 헥산 추출물은 *E. coli*에 대해 항균활성을 나타내며, 우뭇가사리와 벚붉은잎의 메탄올 추출물 역시 *E. coli*에 대해 항균활성을 나타낸다(임 등, 1999). 또한 참보라색우무의 경우 *Saccharomyces acidifaciens*, *E. coli*, *Bacillus subtilis*, *Penicillium funiculosum* 뿐만 아니라 효모와 곰팡이에 대해서도 항균활성을 나타내며, MS, NMR spectrum, X선회절분석으로 참보라색우무에 존재하는 물질을 탐색한 결과, 다양한 항균물질이 존재하는 것으로 밝혀졌다(임 등, 2000).

이 연구에서는 홍조류중 벚붉은잎의 항균활성을 확인하였던 바, 그람 음성균과 그람 양성균에 모두 항균활성을 나타내었고, 최대효과가 나타나는 시간은 균주별로 각각 달랐다. 그람 음성균인 *E. coli*의 경우 증균 24시간에 가장 높은 항균활성을 나타내었고, *S. Typhimurium*의 경우 4시간에 가장 높은 항균활성을 나타내었다. 그람 양성균의 경우 *S. aureus*는 증균 12시간에 가장 높은 항균활성을 나타내었고, *E. faecium*은 8시간에 가장 높은 항균활성을 나타내었다. 지금까지 보고된 바와 같이 벚붉은잎은 *E. coli*에 대한 항균활성을 나타내었으며, 그 외에도 돼지에서 문제가 될 수 있는 그람 음성균인 *S. Typhimurium*과 그람 양성균인 *S. aureus*, *E. faecium*에 대해서도 항균활성을 나타내었다.

또한 벚붉은잎을 대용유와 함께 급여한 자돈의 분변중 생균수의 변화를 관찰한 결과 대장균군의 수는 증가하였다. 이와 같은 *E. coli*의 증가현상은 copper sulfate와 carbadox 를 투여한 경우에도 확인된 바 있으며, 증가의 원인은 장내 다른 미생물의 감소에 의한 것으로 추정된 바 있다(Aarestrup와 Hasman, 2004; Wells 등, 2009). *E. coli*는 비타민 K₂등을 생산하여 혈액응고에 도움을 주기도 하고(Bentley와 Meganathan, 1982), 장에서 병의 원인이 되는 박테리아의 번식을 막기도 한다고 알려져 있다(Hudault 등 2001; Reid 등 2001). 본 연구에서는 대장균군 이외에 다른 생균수의 변화를 조사하지는 않았지만, 벚붉은잎을 급여한 결과, 자돈의 장관 내에서 다른 생균수의 감소에 의해 *E. coli*가 상대적으로 증가되었고, 증가된 *E. coli*에 의해 장내 미생물 조절에 도움이 될 것으로 사료된다.

이 연구의 결과 벚붉은잎은 여러 세균에 대한 항균활성 및 장관내 생균수에 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 따라서 벚붉은잎의 항균효과 작용기전에 대한 연구와 생체내 생균수 조절에 관한 연구 및 양돈 산업의 적용 방법 및 활용 가능성에 대한 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

결 론

제주도 인근 바다에 자생하는 홍조류 중 벚붉은잎 메탄을 추출물을 이용하여 그람 음성균 및 그람 양성균의 증식에 미치는 영향을 조사하고 이를 경구투여한 후 자돈의 장내 세균총에 미치는 영향을 관찰하였다.

벚붉은잎 메탄을 추출물은 그람 음성균인 *E. coli*, *S. Typhimurium* 및 그람 양성균인 *S. aureus*, *E. faecium*에 대해 증식 억제효과를 나타내었으며, 시간에 따른 증식 억제효과를 관찰한 결과 *E. coli*는 증균 24시간에, *S. Typhimurium*은 4시간에, *S. aureus*는 12시간에, *E. faecium*은 8시간에 가장 높은 증식억제효과를 나타내었다. 또한 벚붉은잎 추출물을 대용유와 섞어 급여한 경우 자돈의 분변 중 대장균군 수는 추출물을 투여하지 않은 대조군에 비해 그 수가 증가하였다. 이상의 실험결과를 종합해 볼 때, 벚붉은잎은 장내세균의 증식을 조절 할 수 있는 생리 활성능력을 가진 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 호남지역 Sea Grant 사업단 연구개발사업 과제에의 지원으로 진행되어진 연구임.

참 고 문 헌

- 김진아, 이종미. 2004. 건조방법에 따른 해조류(뽕)의 생리 활성 성분 및 항산화 활성의 변화. *한국식생활문화학회지* 19(2): 200-208.
- 이학성, 서정호, 서근학. 2000. 해조류 추출물로부터 항균제의 제조 및 항균효과. *한국수산학회지* 33(1): 32-37.
- 임치원, 이종수, 송광태, 박정흠, 조영제. 1999. 참보라색우무 추출물의 항균특성. *국립수산과학원연구보고* 57: 211-220.
- 임치원, 이종수, 조영제. 2000. 참보라색우무에서 추출한 항균물질의 구조 및 특성. *한국수산학회지* 33(4): 280-287.
- 홍의철, 김인호. 2001. 환경친화형 양돈사료를 위한 항생제 대체 기능성 물질. *한국유기농업학회지* 9(4): 136-149.
- Aarestrup FM, Hasman H. 2004. Susceptibility of different bacterial species isolated from food animals to copper sulphate, zinc chloride and antimicrobial substances used for disinfection. *Vet Microbiol* 100(1-2): 83-89.
- Bentley R, Meganathan R. 1982. Biosynthesis of Vitamin K (menaquinone) in Bacteria. *Microbiol Rev* 46(3): 241-280.
- Cooper DM, Swanson DL, Gebhart CJ. 1997. Diagnosis of proliferative enteritis in frozen and formalin-fixed, paraffin-embedded tissues from a hamster, horse, deer and ostrich using a *Lawsonia intracellularis*-specific multiplex PCR assay. *Vet Microbiol* 54: 47-62.
- Hays VW, Muir WM. 1979. Efficiency and safety of feed additive use of antibacterial drugs in animal production. *Can J Anim Sci* 59: 447-456.
- Hudault S, Guignot J, Servin AL. 2001. Escherichia coli strains colonizing the gastrointestinal tract protect germfree mice against Salmonella typhimurium infection. *Gut* 49(1): 47-55.
- Kang KA, Bu HD, Park DS, Go GM, Jee Y, Shin T, Hyun JW. 2005. Antioxidant activity of ethanol extract of *Callophyllis japonica*. *Phytother Res* 19: 506-510.
- Kim J, Moon C, Kim H, Jeong J, Lee J, Kim J, Hyun JW, Park JW, Moon MY, Lee NH, Kim SH, Jee Y, Shin T. 2008. The radioprotective effects of the hexane and ethyl acetate extracts of *Callophyllis japonica* in mice that undergo whole body irradiation. *J Vet Sci* 9(3): 281-284.
- Lim SB, Kim SH, Ko YH, Oh MC, Oh CG, Ko YG, Park JS. 1995. Extraction yields of Hizikia fusiformis and Aloe vera linne by supercritical carbon dioxide and antimicrobial activity of their extracts. *Korean J Food Sci Technol* 27(1): 68-73.
- Mayer AM, Rodriguez AD, Berlinck RG, Hamann MT. 2009. Marine pharmacology in 2005 ~ 2006: marine compounds with anthelmintic, antibacterial, anticoagulant, antifungal, anti-inflammatory, antimalarial, antiprotozoal, antituberculosis, and antiviral activities : effecting the cardiovascular, immune and nervous systems, and other miscellaneous mechanisms of action. *Biochim Biophys Acta* 1790: 283-308.
- Nagayama K, Iwamura Y, Shibata T, Hirayama I, Nakamura T. 2002. Bactericidal activity phlorotannins from the brown alga *Ecklonia kurome*. *J Antimicrob Chemother* 50: 889-893.
- Negi PS, Jayaprakasha GK, Jagan Mohan Rao L, Sakariah KK. 1999. Antibacterial Activity of Tumeric Oil: A Byproduct from Curcumin Manufacture. *J Agric Food Chem* 47: 4297-4300.
- Park DS, Lee KH, Kim HC, Ahn MJ, Moon C, Ko MS, Lee KK, Go GM, Shin T. 2005. Effects of *Callophyllis japonica* powder on carbon tetrachloride-induced liver injury in rats. *Orient Pharm Exp Med* 5: 231-235.
- Reid G, Howard J, Gan BS. 2001. Can bacterial interference prevent infection? *Trends Microbiol* 9(9): 424-428.
- Salmon SA, Watts JL, Case CA, Horrman LJ, Wegener HC, Yancey RJ Jr. 1995. Comparison of MICs of ceftiofur

- and other antimicrobial agents against bacterial pathogens of swine from the united states, canada, and denmark. *J Clin Microbiol* 33(9): 2435-2444.
- Theppangna W, Murase T, Tokumaru N, Chikumi K, Shimizu E, Otsuki K. 2007. Screening of the enterocin genes and antimicrobial activity against pathogenic bacteria in *Enterococcus* strains obtained from different origins. *J Vet Med Sci* 69(12): 1235-1239.
- Vallinayagam K, Arumugam R, Kannan RR, Thirumaran G, Anatharaman. 2009. Antibacterial activity of some selected seaweeds from pudumadam. *Global J Pharmacol* 3(1): 50-52.
- Wells JE, Oliver WT, Yen JT. 2009. The effect of dietary additives on faecal levels of *Lactobacillus* spp., coliforms, and *Escherichia coli*, and faecal prevalence of *Salmonella* spp. and *Camphylobacter* spp. in US production nursery swine. *J Appl Microbiol* 107: 1-9.