KFAS 한국수산과학회지
Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
한수지 54(1), 111-117, 2021

Note
Korean J Fish Aquat Sci 54(1),111-117,2021

여드름균(*Cutibacterium acnes*)에 대한 해조류 추출물의 항균효과

이명석 · 임미진 · 이정민 · 이대성 · 김영목[1] · 엄성환[2]*

국립해양생물자원관, [1]부경대학교 식품공학과 [2]동의대학교 식품공학과

In vitro Antimicrobial Activities of Edible Seaweeds Extracts Against *Cutibacterium acnes*

Myeong Seok Lee, Mi-Jin Yim, Jeong Min Lee, Dae-Sung Lee, Mog-Young Kim[1] and Sung-Hwan Eom[2]*

Department of Applied Research, National Marine Biodiversity Institute of Korea, Seocheon 33662, Korea
[1]Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Busan 48513, Korea
[2]Department of Food Science and Technology, Dong-Eui University, Busan 47340, Korea

The study was aimed at developing an alternative therapeutic agent against acne vulgaris, one of the most common skin diseases, to meet the continuing demand for new therapies. Acne vulgaris is often associated with the acne-causing bacteria such as *Cutibacterium acnes*. To investigate the safety of agents against acne vulgaris, we evaluated the potential antibacterial activities of edible seaweeds against *C. acnes* in Korea. Forty-one edible seaweeds, including the brown, green, and red varieties, were selected for the antibacterial test. In comparison with other seaweeds, 70% ethanolic extracts of brown seaweeds, such as *Cladophora wrightiana* var. *minor*, *Eisenia bicyclis*, *Ecklonia cava*, *Ishige foliacea*, *Ishige okamurae*, *Sargassum filicinum*, and *Sargassum miyabei* Yendo, exhibited potential antibacterial activity against *C. acnes* with minimum inhibitory concentrations ranging between 64 and 128 μg/mL. To investigate the active anti-acne agents and to enhance our understanding of the antibacterial activities against *C. acnes*, further solvent-fractionation experiments are warranted. The findings imply that brown seaweeds can be a potential source of natural agents against acne vulgaris.

Keywords: Antibacterial activity, Brown seaweeds, *Cutibacterium acnes*, Seaweeds, Total phenolic contents

서 론

현재까지 개발된 대부분의 생물 소재 유래의 항균 물질은 토양 방선균, 식물 및 곤충을 포함한 육상 생물로부터 유래된 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2012). 하지만, 최근에는 해양 생물 자원에서 새로운 항균제를 개발하는 시도가 활발히 이루어지고 있다(Hwang et al., 2010; Kim et al., 2017). 지구 표면적의 70%를 차지하는 해양은 지구 생물 종의 80% 이상의 다양한 생물종이 서식하고 있으며, 다양한 해양 생물은 육상 생물과는 전혀 다른 생활 환경으로 인해 특이한 생리 활성 물질을 보유하고 있다(Eom et al., 2011). 따라서, 다양한 해양생물자원의 유용 생리활성에 근거한 생물 소재 개발 연구가 지속적으로 필요하며, 세계 3위의 해조류 생산국인 우리나라는 해조류의 생리활성 연구 및 산업적 이용을 위한 연구를 적극적으로 할 필요가 있다(Park et al., 2008). 전 세계에서 이용되고 있는 해조류는 225종으로, 145종이 식용으로 101종은 해조콜로이드 산업의 원료로 사용되고 있다(Bae et al., 2008). 최근 해조류에 포함되어 있는 생리활성 물질들이 항산화, 항균, 항암, 항염증, 항혈액응고 및 면역조절작용에 효과가 있는 것으로 알려짐에 따라 질병예방 및 치료에 사용할 수 있는 신약개발의 유력한 후보군으로 주목받고 있다(Lee et al., 2006). 우리나라 연안에 서식하는 해조류 중에서 의학적 효능을 보이는 종은 54종으로 알려져 있으나(Oh et al., 1990), 다양한 해조류를 대상으로 여드름균에 대한 항균 활성탐색평가는 아직 미미한 상태이다.

***Corresponding author:** Tel: +82. 51. 890. 1569 Fax: +82. 0505. 182. 6897
E-mail address: shneom@deu.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial Licens (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0111
Korean J Fish Aquat Sci 54(1), 111-117, February 2021
Received 13 January 2021; **Revised** 22 January 2021; **Accepted** 27 January 2021
저자 직위: 이명석(연구공무직), 임미진(선임연구원), 이정민(선임연구원), 이대성(수석연구원), 김영목(교수), 엄성환(조교수)

Copyright © 2021 The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

본 연구에서는 42종의 해조류 추출물을 이용하여 여드름 세균에 대해 *in vitro* 항균 활성을 평가하였으며, 그 결과 감태, 갈색대마디말, 고사리모자반 및 패에서 우수한 항균 활성가능성을 확인하였기에 보고하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료 및 시료의 조제

본 실험에 사용된 해조류들은 총 41종으로 본 실험에 사용된 시료는 Table 1과 과 같다. 갈조류 26종(갈색대마디말, 감태, 개그물바탕말, 검은싸리모자반, 고사리모자반, 괭생이모자반, 구멍쇠미역, 긴자루구슬모자반, 넓패, 다시마, 담배잎산말, 대황, 두켜부채, 모자반, 미끈뼈대그물말, 부챗말, 분부챗말, 외톨개모자반, 잔가시모자반, 줄의관말, 지충이, 참털비말, 큰대마디말, 큰열매모자반, 큰잎모자반, 톳 및 패), 녹조류 2종(바다고리풀 및 옥덩굴) 및 홍조류 13종(갈래곰보 구멍갈파래, 꼬시래기, 누은분홍잎, 돌가시리, 볏붉은잎, 붉은뼈까막살, 잎꼬시래기, 제주비단망사, 주름까막살, 참개도박, 참곱슬이 및 청각)은 국립해양생물자원관(Seocheon, Korea)에서 제조된 추출물을 분양받아 사용하였다. 각각의 시료는 이물질을 제거하고 세척한 후, 동결건조기(FDT-8650; Operon, Gimpo, Korea)로 건조하였다. 건조된 시료들을 믹서기(SMX-5000EQ; Shinil, Seoul, Korea)로 분쇄하여 건조분말 시료를 제조하였다. 건조분말 50 g당 1 L의 70% ethanol (Daejung Chemical & Metals Co., Ltd, Siheung, Korea)을 가한 후 초음파 추출기(WUC-N30H; Daihan Scientific, Co., Ltd, Seoul, Korea)로 1시간씩 추출하였다. 이 과정을 3회 반복하여 추출액을 모아 50°C에서 감압회전농축기(R-210; Buchi, Flawil, Switzerland)를 이용하여 농축한 뒤, 최종적으로 동결건조하여 분말 형태의 추출물을 제조하였다. 추출물은 dimethylsulfoxide (DMSO; Junsei Chemical Co., Ltd, Tokyo, Japan)를 이용하여 100 mg/mL 농도로 조정하여 항균활성을 평가하였다.

사용균주

본 실험에 사용한 *Cutibacterium acnes*는 총 5종을 사용하였다. *C. acnes*는 한국미생물보존센터(Korean culture center of microorganisms, KCCM; Seoul, Korea)에서 분양 받아 사용하였고, 해조류 추출물의 여드름 천연항균제로서 이용가능성을 확인해보고자 *C. acnes* 임상 분리주 4종을 경상대학교병원 병원체자원은행(GNUH-NCCP; Jinju, Korea)로부터 제공받았다(Table 2). *C. acnes* 균주를 GAM (Gifu Anaerobic Medium) 배지(KisanBio, Seoul, Korea)를 이용하여, CO_2 incubator (WS-180CA; World Scicence, Bucheon, Korea)에서 37°C 혐기조건으로 24시간 동안 배양하였다. 최적의 성장 조건에서 세균 세포의 생장 곡선을 결정하기 위해 *C. acnes*의 배양액을 희석하고 GAM-agar에서 배양하여 colony forming unit (CFU)의 수를 결정하였다(data not shown).

총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법을 수정하여 측정하였다(Eom et al., 2011). 희석된 추출물 시료 0.1 mL에 Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 0.5 mL을 가하여 혼합한 후 3분간 실온에 반응시켰다. 정확히 3분 후 20% sodium carbonate solution 0.4 mL을 가하여 혼합한 후 1시간 방치한 다음 원심 분리를 실시하였다(1600 *g*, 8분). 상층액을 취하여 Versamax microplate reader (Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)로 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 phloroglucinol (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)의 표준검량곡선을 작성하여 추출물의 총 폴리페놀 함량을 검량선의 선형 방정식을 사용하여 계산되었으며, mg phloroglucinol equivalent (PGE)/g으로 표시되었다.

최소 억제 농도(minimum inhibition concentration, MIC) 결정

여드름균에 대한 해조류 추출물에 대한 최소 억제 농도(minimal inhibitory concentration, MIC) 측정은 clinical laboratory standard institutes (CLSI, 2007; formerly national committee for clinical laboratory standards, NCCLS)의 액체 배지 희석법에 의거하여 실시하였다. 시료는 각각의 액체배지에 희석하였고, 시험균의 농도는 $1\times10^{4-5}$ CFU/mL의 농도로 현탁하여 측정하였으며, mueller hinton broth (Difco, Detroit, MI, USA)에서 연속적으로 2배 희석(broth microdilution method)하여 농도의 범위를 정하였다. 37°C에서 24시간 동안 배양한 뒤, 균의 성장을 관찰할 수 없는 최소 농도를 최소 억제 농도로 결정하였다

통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 실시하였으며 그 결과를 SPSS 프로그램(Statistics Package for the Social Science, Ver. 12.0 for Window; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)으로 분석하였다. 시료간 유의성 검정은 one-way ANOVA를 이용하여 분석하였으며 $P<0.05$에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 각 군의 유의차 검정을 실시하였다. 또한, 총 폴리페놀 함량과 해조류 추출물의 항균 활성간의 상관관계 분석은 Pearson' correlation coefficient로 실시하였다.

결과 및 고찰

본 연구에서 국내에 자생하는 갈조류 26종, 녹조류 1종 및 홍조류 14종의 총 폴리페놀 함량을 측정하였으며 결과는 Table 3-4에 나타내었다. 26종의 갈조류 중에 총 폴리페놀 함량은 감태, 패, 대황, 넓패, 갈색마디말에서 각각 78.52 mg PGE/g, 64.48 mg PGE/g, 52.10 mg PGE/g, 44.85 mg PGE/g, 36.82 mg PGE/g으로 높은 수준을 나타내었다. 이 전 연구에서 35종

Table 1. List of forty-one seaweeds provided from the MBRIS (marine bio resource information system) in Korea

	Resource Number Sample Number	Scientific Name	Sampling Date	Sampling Sites
Brown seaweeds extract	MABIK NP30150045 MRS002000092048	*Agarum cribrosum*	2015.08.18	Gyeongsangbuk-do
	MABIK NP30150039 MRS002000092051	*Carpomitra costata*	2015.08.19	Gyeongsangbuk-do
	MABIK NP30160006 MRS002000092073	*Cladophora japonica*	2015.09.14	Jeju-do
	MABIK NP30160013 MRS002000092097	*Cladophora wrightiana* var. *minor*	2016.03.18	Jeju-do
	MABIK NP30160001 MRS002000092049	*Desmarestia tabacoides*	2015.08.18	Gyeongsangbuk-do
	MABIK NP30170011 MRS002000109430	*Dictyopteris divaricata*	2016.10.03	Gyeongsangnam-do
	MABIK NP30170005 MRS002000109423	*Distromium decumbens*	2016.04.19	Jeju-do
	MABIK NP30150004 MRS002000092056	*Ecklonia cava*	2015.08.20	Gyeongsangbuk-do
	MABIK NP30150040 MRS002000092052	*Eisenia bicyclis*	2015.08.19	Gyeongsangbuk-do
	MABIK NP30150022 MRS002000092002	*Ishige foliacea*	2011.03.16	Jeju-do
	MABIK NP30150020 MRS002000092022	*Ishige okamurae*	2011.11.17	Jeju-do
	MABIK NP30170001 MRS002000109404	*Myagropsis myagroides*	2015.10.21	Gyeongsangbuk-do
	MABIK NP30150024 MRS002000092026	*Padina arborescens*	2011.11.22	Jeju-do
	MABIK NP30150019 MRS002000092018	*Padina crassa*	2011.11.07	Jeju-do
	MABIK NP30150036 MRS002000092028	*Rugulopteryx okamurae*	2012.03.09	Jeju-do
	MABIK NP30150046 MRS002000092072	*Saccharina japonica*	2015.09.14	Gangwon-do
	MABIK NP30150033 MRS002000092010	*Sargassum coreanum*	2011.08.24	Jeju-do
	MABIK NP30150012 MRS002000092015	*Sargassum filicinum*	2011.10.17	Jeju-do
	MABIK NP30150017 MRS002000092021	*Sargassum fusiforme*	2011.11.17	Jeju-do
	MABIK NP30150043 MRS002000092033	*Sargassum horneri*	2015.07.22	Gangwon-do
	MABIK NP30160008 MRS002000092094	*Sargassum macrocarpum*	2016.03.18	Jeju-do
	MABIK NP30150027 MRS002000092012	*Sargassum micracanthum*	2011.09.26	Jeju-do
	MABIK NP30150047 MRS002000092031	*Sargassum miyabei* Yendo	2015.07.07	Gyeongsangbuk-do
	MABIK NP30150031 MRS002000092013	*Sargassum thunbergii*	2011.10.10	Jeju-do
	MABIK NP30160011 MRS002000092100	*Sargassum yendoi* Okamura & Yamada	2016.04.28	Jeju-do
	MABIK NP30170009 MRS002000109428	*Sporochnus radiciformis*	2016.09.12	Gyeongsangbuk-do

Table 1. Continued

	Resource Number Sample Number	Scientific Name	Sampling Date	Sampling Sites
Green seaweed extract	MABIK NP30150002 RS002000092046	*Caulerpa okamurae*	2015.08.18	Gyeongsangbuk-do
Red seaweeds extract	MABIK NP30150032 RS002000092029	*Acrosorium yendoi*	2012.03.20	Jeju-do
	MABIK NP30150028 MRS002000092004	*Asparagopsis taxiformis*	2011.04.23	Jeju-do
	MABIK NP30150014 MRS002000092007	*Callophyllis japonica*	2011.07.26	Jeju-do
	MABIK NP30160019 MRS002000092120	*Chondracanthus tenellus*	2016.06.30	Jeollanam-do
	MABIK NP30150042 MRS002000092030	*Codium fragile*	2015.07.07	Gyeongsangbuk-do
	MABIK NP30160014 MRS002000092101	*Gracilaria textorii*	2016.04.28	Jeju-do
	MABIK NP30150026 MRS002000092005	*Gracilaria verrucosa*	2011.07.20	Jeju-do
	MABIK NP30150021 MRS002000092023	*Grateloupia angusta*	2011.11.17	Jeju-do
	MABIK NP30150023 MRS002000092011	*Grateloupia crispata*	2011.09.16	Jeju-do
	MABIK NP30160020 MRS002000109402	*Grateloupia elliptica*	2016.06.30	Jeollanam-do
	MABIK NP30150013 MRS002000092014	*Martensia bibarihi*	2011.10.14	Jeju-do
	MABIK NP30170006 MRS002000109425	*Meristotheca papulosa*	2016.05.17	Jeju-do
	MABIK NP30160018 MRS002000092119	*Plocamium telfairiae*	2016.06.30	Jeollanam-do
	MABIK NP30150041 MRS002000092060	*Ulva pertusa*	2015.08.23	Gangwon-do

의 해조류 중 17종의 갈조류 총 폴리페놀 함량을 비교하였을 때 감태, 넓패 및 대황 등이 총 폴리페놀 함량이 가장 높은 해조류로 조사되었다(Ahn et al., 2010). 녹조류인 옥덩굴은 총 폴리페놀 함량을 나타나지 않았고, 14종의 홍조류 중에서 가장 높은 총 폴리페놀 함량을 보인 추출물은 제주비단망사로 33.22±0.40 mg PGE/g으로 나타났다. 또한 30종의 갈조류, 녹조류 및 홍조류의 총 폴리페놀 함량을 비교한 다른 연구에서도 갈조류가 높은 총 폴리페놀 함량을 보유한 해조류 기능성 자원임을 확인할 수가 있었다(Kim et al., 2016).

Table 2. List of *Cutibacterium acnes* for antibacterial activity test

Bacterial strains	Origin
Cutibacterium acnes KCCM 41747	Facial acne
isolated *Cutibacterium acnes* P02874	Blood
isolated *Cutibacterium acnes* P02875	Closed pus
isolated *Cutibacterium acnes* P02876	Blood
isolated *Cutibacterium acnes* P02877	Blood

여드름균에 대한 항균효과에서는 26종의 갈조류 중 갈색대마디말, 감태, 검은싸리모자반, 넓패, 대황, 두켜부채 및 패가 다른 19종과 비교하여 *C. acnes* KCCM 41747에 대해 64-128 μg/mL의 MIC 값을 나타내었다. 두겨부채를 제외하고 총 폴리페놀 함량이 높은 갈조류가 여드름균에 대해 항균효과가 높은 것으로 확인되었는데, 이는 폴리페놀이 인체 정상세포를 공격하는 유리 라디컬(ROS, OH, NO)의 산화작용을 억제하여 항염증, 항암 및 항균작용 등의 효과를 나타내는 것으로 유추해볼 수 있다(Eom et al., 2011). 임상분리균주에 대한 항균효과는 표준균주보다 약간 높은 농도 128-1,024 μg/mL의 MIC 값을 나타내어 갈조류 추출물이 여드름균에 대해 각기 다른 항균 스펙트럼을 나타내었다. 1종의 녹조류 인 옥덩굴에서는 *C. acnes* KCCM 41747에 대해 512 μg/mL의 MIC 값이 확인되었다.

14종의 홍조류 중에서 갈래곰보, 누은분홍잎, 돌가사리, 바다

고리풀 및 참곱슬이가 *C. acnes* KCCM 41747에 대해 128-256 μg/mL의 MIC 값이 확인되었다. 홍조류와 녹조류는 여드름균에 대한 항균효과가 폴리페놀 함량과 일치하지 않는 것으로 확인되었으며, 총 폴리페놀 함량이 높은 갈조류에 비해 임상분리균주에 대해 항균효과가 작은 것으로 확인되었다. 홍조류나 녹조류는 폴리페놀 함량과 항균효과가 일치하지 않는 것은 폴리페놀 이외에 지방산 조성이 항균효과에 영향을 주는 것으로 알려져 있는데, 선행연구에 따르면 총지질 함량으로는 갈조류는 0.58-3.00%, 녹조류는 0.55-2.00%, 그리고 홍조류는 0.47-2.16%로 매우 낮은 것으로 보고되어 있다(Choe and Choi, 2002; Bae, 2004; Otero et al., 2018). 따라서, 지방산 조성에 따른 여드름균 항균효과에 대한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

총 폴리페놀 함량과 해조류 추출물의 항균 활성간의 상관관계 분석은 Pearson' correlation coefficient로 실시하였으나, 분리균주는 MIC 값이 >1,024 μg/mL으로 MIC 값이 설정되어 있지 않아 비교가 불가하였다. 갈조류는 표준균주에서 r=-0.620,

Table 3. Minimum inhibition concentrations of brown seaweed extracts against *Cutibacterium acnes* and isolated *C. acnes*

Classification	Scientific name	Total phenolic contents[1,2] (PGE mg/g)	MIC[3]				
			C. acnes KCCM 41747	isolated *C. acnes* P02874	isolated *C. acnes* P02875	isolated *C. acnes* P02876	isolated *C. acnes* P02877
Brown Seaweeds extract	*Agarum cribrosum*	8.80±1.32 [j,k,l,m]	512	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Carpomitra costata	3.52±1.28 [m,n]	512	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Cladophora japonica	3.01±0.39 [n]	256	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Cladophora wrightiana var. *minor*	36.82±1.22 [e]	64	512	128	128	128
	Desmarestia tabacoides	4.95±1.56 [l,m,n]	512	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Dictyopteris divaricata	23.47±0.58 [g]	512	512	>1,024	>1,024	1,024
	Distromium decumbens	6.65±0.95 [k,l,m,n]	128	1,024	>1,024	512	1,024
	Ecklonia cava	78.52±2.34 [a]	64	512	512	256	512
	Eisenia bicyclis	52.10±2.16 [c]	128	1,024	1,024	1,024	1,024
	Ishige foliacea	44.85±2.66 [d]	128	512	512	1,024	1,024
	Ishige okamurae	68.48±1.49 [b]	128	256	512	256	256
	Myagropsis myagroides	12.77±2.62 [i,j]	512	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Padina arborescens	10.13±2.42 [j,k,l]	1,024	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Padina crassa	22.83±1.72 [g]	256	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Rugulopteryx okamurae	6.75±0.12 [k,l,m,n]	256	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Saccharina japonica	4.54±0.63 [m,n]	512	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Sargassum coreanum	5.75±0.38 [k,l,m,n]	512	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Sargassum filicinum	39.03±2.91 [e]	128	512	1,024	512	512
	Sargassum fusiforme	5.13±0.28 [h,i]	512	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Sargassum horneri	19.51±1.99 [g,h]	256	1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Sargassum macrocarpum	21.36±1.96 [g,h]	512	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Sargassum micracanthum	4.94±0.67 [l,m,n]	512	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Sargassum miyabei Yendo	32.04±1.38 [f]	128	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Sargassum thunbergii	10.69±2.33 [j,k]	256	1024	>1,024	>1,024	>1,024
	Sargassum yendoi Okamura & Yamada	24.20±2.52 [g]	256	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Sporochnus radiciformis	-[4]	512	>1,024	>1,024	1,024	1,024

[1]PGE, phloroglucinol equivalent. [2]Different letters indicate statistically significant difference (P<0.05). [3]MIC, minimum inhibition concentration. [4]-, not detect.

Table 4. Minimum inhibition concentrations of green and red seaweed extracts against *Cutibacterium acnes* and isolated *C. acnes*

Classification	Scientific name	Total phenolic contents[1,2] (PGE mg/g)	MIC[3]				
			C. acnes KCCM 41747	isolated *C. acnes* P02874	isolated *C. acnes* P02875	isolated *C. acnes* P02876	isolated *C. acnes* P02877
Green seaweeds extract	*Caulerpa okamurae*	-[4]	512	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
Red seaweeds extract	*Acrosorium yendoi*	21.35±1.19 [b]	256	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Asparagopsis taxiformis	6.81±3.49[d]	128	256	512	>1,024	>1,024
	Callophyllis japonica	11.11±0.09 [e]	512	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Chondracanthus tenellus	3.24±0.60 [d,e]	256	1,024	>1,024	>1,024	1,024
	Codium fragile	-	512	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Gracilaria textorii	-	>1,024	1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Gracilaria verrucosa	-	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Grateloupia angusta	10.34±2.78 [c]	512	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Grateloupia crispata	5.04±3.20 [d]	512	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Grateloupia elliptica	11.56±1.06 [c]	518	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Martensia bibarihi	33.22±0.40 [a]	512	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Meristotheca papulosa	-	256	512	>1,024	>1,024	>1,024
	Plocamium telfairiae	-	256	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024
	Ulva pertusa	2.40±0.49 [d,e]	1,024	>1,024	>1,024	>1,024	>1,024

[1]PGE, phloroglucinol equivalent. [2]Different letters indicate statistically significant difference (P<0.05). [3]MIC, minimum inhibition concentration. [4]-, not detect.

P<0.01로 항균력과 폴리페놀은 서로 부적 상관관계에 있음을 확인하였지만, 녹조류는 샘플개수가 적고, 홍조류는 유의확률이 낮아 비교가 불가하였다(data not shown).

본 연구에서는 70% EtOH로 추출한 41종의 해조류(갈조류, 녹조류, 및 홍조류)의 총 페놀 함량, 여드름균에 대한 항균활성에 대하여 비교, 조사하였다. 갈조류 중에서 총 폴리페놀 함량이 20 mg PGE/g 이상을 기준으로 하였을 때, 감태>패>대황>넓패>고사리모자반>갈색마디말>검은싸리모자반>긴자루구슬모자반>미끈뼈대그물말>분부챗말>큰열매모자반 등으로 나타났다. 녹조류는 총 폴리페놀 함량이 확인되지 않았고, 홍조류는 제주비단망사>누운분홍잎 등으로 나타내었다. 여드름 항균효과의 경우, 임상분리균주가 표준균주보다 해조류 추출물의 항균효과가 낮은 것으로 나타내었다. 표준균주에서는 갈조류는 갈색마디말, 감태, 검은싸리모자반, 고사리모자반, 긴자루구슬모자반, 넓패, 대황 및 패에서 64-128 μg/mL로 나타나 총 폴리페놀 함량과 관계가 있는 것으로 확인되었다. 녹조류는 항균효과가 확인되지 않았지만, 홍조류는 갈래곰보, 누운분홍잎, 돌가사리, 바다고리풀 및 참곱슬이에서 128-256 μg/mL으로 나타내었다. 특히, 갈조류에 비해 홍조류와 녹조류의 항균효과는 총 폴리페놀 함량의 영향이 적은 것으로 확인되었다. 갈조류 중에서 갈색대마디말, 감태, 검은싸리모자반, 넓패, 대황, 두켜부채 및 패가 여드름균의 제어에 이용될 수 있는 유용생물자원으로의 가능성을 확인하였으며, 향후 각각의 갈조류로부터 실제적 이용가능성 검토를 위한 활성 물질의 규명 및 항균기작 연구가 필요한 것으로 확인되었다.

사 사

이 논문은 2020학년도 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었습니다. (202003520001). 또한, 본 연구는 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No. 2018R1C1B504380613)로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

Ahn SM, Hong YK, Kwon GS, Sohn HY. 2010. Evaluation of in-vitro anticoagulation activity of 35 different seaweed extracts. J Life Sci 20, 1640-1647. https://doi.org/10.5352/JLS.2010.20.11.1640.

Bae CH, Lee SC, Rim YS and Lim SK. 2008. Studies on usage of future resources for sustainable regional development.

Focus on usage studies of bioenergy crops and medicinal plant resources in Chonnam, science and technology policy institute, Sejong, Korea, 1-179.

Bae SJ. 2004. Studies on the antioxidative and antimicrobial effects of *Chondria crassicaulis*. J Life Sci 14, 411-416. https://doi.org/10.5352/JLS.2004.14.3.411.

Clinical and Laboratory Standards Institute. 2007. Methods for antimicrobial susceptibility testing of anaerobic bacteria. 7th ed., Approved Standard M11-A8, Wayne, PA, U.S.A.

Choe SN and Choi KJ. 2002. Fatty acid compositions of algae in the southern sea coast of Korea. Korean J Food Nutr 15, 58-63.

Eom SH, Yu DU and Kim YM. 2011. Enhancement of polyphenol content and antioxidant activity of brown alga *Eisenia bicyclis* extract by microbial fermentation. Fish Aquat Sci 14, 192-197.

Hwang BM, Lee JY and Lee DG. 2010. Antimicrobial peptides derived from the marine organism(s) and its mode of action. Microbiol Biotechnol Lett 38, 19-23.

Kim DH, Park SH, Kim JH, Lee HR and Heo MS. 2017. Screening of antimicrobial activity of marine-derived biomaterials against fish pathogens. Microbiol Biotechnol Lett 45, 250-256. https://doi.org/10.4014/mbl.1708.08005.

Kim MS, Kwon KJ, Lee MJ, Ahn SM and Sohn HY. 2012. Evaluation of the antimicrobial activities of 35 seaweed extracts against pathogenic bacteria and *Candida* sp. Microbiol Biotechnol Lett 40, 144-151.

Kim TH, Ko SC, Oh GW, Park HH, Lee DS, Yim MJ, Lee JM, Yoo JS, Kim CS, Choi IW and Jung WK. 2016. Studies on bioactive substances and antioxidant activities of marine algae from Jeju island. J Mar Biosci Biotechnol 8, 30-38. https://doi.org/10.15433/ksmb.2016.8.1.030.

Lee JH, Lee KH, Yoo HI, Zhou XL, Kim YS, Choi HG and Nam KW. 2006. Antimicrobial activity of *Neorhodomela aculeata* extracts against human skin pathogens. Korean J Fish Aquat Sci 39, 292-296. https://doi.org/10.5657/kfas.2006.39.3.292.

Oh YS, Lee IK and Boo SM. 1990. An annotated account of Korean economic seaweeds for food, medical and industrial uses. Kor J Phycol 5, 57-71.

Otero P, Quintana SE, Reglero G, Fornari T and García-Risco MR. 2018. Pressurized liquid extraction (PLE) as an innovative green technology for the effective enrichment of Galician algae extracts with high quality fatty acids and antimicrobial and antioxidant properties. Mar Drugs 16, 156. https://doi.org/10.3390/md16050156.

Park JI, Woo HC and Lee JH. 2008. Production of bio-energy from marine algae: Status and perspectives. Korean Chem Eng Res 46, 833-844.