



해조류로부터 식·의약 소재 개발의 현황과 전망

Current Status and Prospect of Nutraceuticals from Marine Algae

이상훈 | 신소재연구단

Sang-Hoon Lee | Neo Food Resources Research Group

서론

21세기는 해양바이오 시대

최근 들어 국내외적으로 경제적인 침체기임에도 불구하고 생활수준의 향상과 지속적으로 건강을 유지하기 위한 웰빙 산업의 확산으로 다양한 동식물 및 합성 소재로부터 식·의약 소재 개발 관련 연구가 진행되어 왔다. 이러한 식·의약 소재 개발은 주로 생체에 대한 안전성이 높고 부작용이 적은 천연물로부터 건강기능성 소재 또는 의약품 개발 위주로 활발히 진행되어 왔으며, 특히 육상 동식물, 곰팡이 및 박테리아가 그 주된 연구 대상이었다. 하지만 육상생물자원 유래의 식·의약 소재 개발은 연구 대상의 한계와 전염성 질병 및 환경 오염 등으로 인하여 최근 선진국을 중심으로 해양생물이 육상생물자원의 대체자원으로 주목받고 있다. 지구 전체 생물의 약 80%(30만 종)를 차지하는 해양생물은 육상과 다른 서식환경으로 인하여 생리적 대

사과정과 구성성분이 육상생물과는 상이하어 새로운 기능성 소재의 발견 가능성이 높을 뿐만 아니라 그 종류와 대상성분도 매우 다양하고 풍부하다. 특히 해양 천연물의 경우 육상생물과 달리 약 30년 전부터 천연물 화학 연구 분야의 결과와 더불어 다양한 생리활성이 조금씩 알려지기 시작하였으나, 최근 첨단 생명공학기술이 적용됨으로써 해양생물의 다양한 생리기능성 물질과 유전정보를 이용한 식·의약 소재 개발이 활발히 진행되고 있다. ‘21세기는 해양바이오 시대’라는 예견이 선진국을 중심으로 확산되고 있는 시점에서 삼면이 바다로 둘러싸여 있고 다양한 고유 해양생물종이 널리 서식하고 있는 우리나라의 경우 해양생물자원을 활용한 식·의약 소재 개발은 그 어느 때보다도 중요하다고 할 수 있다.

생리활성물질의 보고, 해조류

최근 이러한 해양생물자원 중 식·의약 소재 개

발에 있어 가장 많은 주목을 받고 있는 것이 바로 해조류이다. 해조류는 바다에서 자라는 꽃이 피지 않는 식물로서 뿌리로 영양분을 흡수하기보다는 줄기와 잎으로 바다 속의 다양한 영양분을 흡수하고 광합성을 통하여 영양을 바로 저장하며 대사과정을 통하여 육지에서는 볼 수 없는 다양한 기능성 물질을 함유하고 있다. 해조류는 60~90% 정도가 수분으로 되어 있으며, 나머지는 건조물 기준으로 탄수화물이 50%로 가장 많으며 종에 따라 단백질과 회분 역시 많이 함유하고 있다(Table 1). 예로부터 일본과 한국을 중심으로 섬유질이 풍부하고 다양한 비타민과 미네랄을 함유하고 있는 해조류는 여러 가지 음식에 사용되어 왔으며 서양에서는 동물 사료로 주로 사용되어 왔다. 그러나 최근 들어 이들 해조류의 다양한 생리활성이 과학적으로 밝혀지면서 식·의약 소재 및 다이어트 식품으로 많은 관심을 받고 있다. 해조류는 숨겨진 생리활성물질의 보고라고 할 수 있으며 현재 BT기술을 기반으로 식·의약 소재로서의 활용에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있는 실정이다.

우리나라의 경우 바이오소재 개발 기술이 선진국에 크게 뒤쳐져 있는 현실이지만, 1,000여 종의 국내 유용 해조류와 세계 최고의 양식기술을 기반

으로 하여 독자적으로 발전시켜온 해양 BT기술을 접목한다면 세계적 경쟁력을 가진 해양 식·의약 소재 개발 기술을 충분히 갖출 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 본고에서는 해조류 유래의 식·의약 소재의 연구 현황 파악을 통하여 이들의 다양한 생리활성 및 활용분야에 대하여 살펴보고 향후 전망에 대하여 이야기하고자 한다.

본론

해조류의 생리활성 및 연구 동향

해조류는 크게 대형조류인 홍조류, 녹조류, 갈조류와 해수에 부유해서 성장하는 클로렐라, 스피리루나 등의 미세조류로 크게 나눌 수 있다. 계절이나 환경조건에 따라 형태를 변형시키며 살아가는 적응력이 뛰어나 같은 종이라도 수확 시기나 장소에 따라 그 구성성분이나 대사산물이 달라질 수 있다. 일반적으로 해조류는 수분을 제외하고는 탄수화물이 주를 이루며 단백질과 지방의 함량이 낮은 편이며 다양한 미네랄을 함유하고 있다. 탄수화물의 경우 대부분 섬유질로 소화율이 낮아서 영양가

Table 1. General components of edible marine algae

(%)

해조류	수분	단백질	지방	탄수화물	회분
김	11.4	38.6	1.7	40.3	8.0
미역	16.0	20.0	2.9	36.3	24.8
다시마	12.3	7.4	1.1	45.2	34.0
톳	15.8	6.2	0.8	59.7	17.5
파래	12.8	20.0	0.7	46.5	20.0

(백재민, 국립수산과학원 해조류 연구센터, 2007)

Table 2. Bioactive ingredients in marine algae

성분	효능	비고
다당류	알긴산 콜레스테롤 저하, 고혈압 저하, 장내 효소의 활성화, 유해 물질의 제거, 정상작용, 항암작용, 다이어트 효과, 노화 억제	다시마, 미역 등의 갈조류
	후코이단 암세포 억제 효과, 항콜레스테롤 작용, 동맥경화 및 심장병 예방, 뇌졸중 예방, 면역증강 효과	미역, 다시마, 모자반
	라미나린 동맥경화 예방, 고지혈증 예방, 심장병 치료효과	갈조류
미네랄	요오드 신진대사 증진, 체력회복, 해독작용, 정상작용, 생체 방어능력 향상 촉진, 탈모 예방, 피부 트러블 예방	다시마 등 갈조류
	칼슘 뇌신경계 활동 촉진, 골다공증 예방	갈조류 및 홍조류
	칼륨 고혈압 억제효과	갈조류
	철분 빈혈 예방, 면역유지, 모발건조 예방	갈조류 및 홍조류
마그네슘	혈관확장, 충혈 및 신경과민, 심장병 및 신장결석 예방	각종 해조류
셀레늄	항암효과, 활성산소 제거 및 항산화효과, 혈관질환 치유, 면역기능 강화, 피부트러블 예방	각종 해조류
비타민	A 눈의 건강유지, 항암작용, 항산화 작용, 성장촉진, 건강한 피부 및 모발 유지, 알레르기 질환 개선	김, 파래, 청각
	C, E 피부 트러블 예방, 항산화 효과	김, 툇

(제주대학교 제주 해조산업 RIS(<http://chejuris.cheju.ac.kr/>))

는 적지만 칼륨, 요오드, 칼슘 등 각종 미네랄과 비타민 A, C 등이 혈중 콜레스테롤 함량 저하, 혈압강하, 동맥경화 예방 등에 탁월한 효과가 있음이 밝혀

져 있다(Table 2). 해조류 건조중량의 약 50%를 차지하는 탄수화물의 대부분은 수용성 및 불용성 식이섬유로 구성되어 있는데(Table 3), 해조 식이섬

Table 3. Dietary fiber contents in edible algae

(%)

해조류	수용성	불용성	총 식이섬유
김	34.9	12.3	47.2
다시마	32.8	17.9	50.7
툇	29.2	13.4	42.6
파래	26.5	13.5	40.0
우뭇가사리	32.6	16.2	48.8
꼬시래기	28.7	15.8	44.5

(백재민, 국립수산물과학원 해조류 연구센터, 2007)

유는 변비와 영양과다 섭취에 따른 비만 억제효능이 높아 최근 발병률이 늘어나고 있는 대장암과 직장암과 같은 생활습관병의 예방을 위한 웰빙식품으로 많이 이용되고 있다. 다시마의 경우 고혈압과 암을 예방하고 치료하는데 효능이 있고 미역의 칼슘과 요오드 성분은 자궁수축, 지혈 및 흥분된 신경의 진정과 대사기능의 정상화에 기여한다고 알려져 있으며 김과 과래는 위궤양을 치료하는 비타민 U를 다량 함유하고 있다는 것이 밝혀진지 오래다. 또한 중국의 『중화본초(中華本草)』에도 약 40여 종의 해조류를 한약소재로 소개하고 있는데 소화불량, 두통, 변비, 불면증과 같은 가벼운 질환에서 고혈압, 후두암, 갑상선암, 폐결핵 등과 같은 질병에도 효능이 있는 것으로 조사되어 있다. 최근에는 감태에서 분리한 황산다당류가 방사선에 피폭된 쥐의 면역세포를 보호하고 회복시키는 효과가 뛰어나다는 연구 결과가 발표되기도 하였다.

최근 BT기술 및 분리정제 기술이 발전함에 따라 기존의 해조류 유용성분 이외에도 다양한 생리활성 물질과 활용성 증진에 관한 연구 결과가 많이 보고되고 있다. 높은 점성 및 흡수력이 낮은 후코이단(fucoidan)과 같은 다당류의 단점을 보완하기 위하여 효소공학 및 발효공학을 통한 올리고당화나 추출효율을 증가시키는 연구뿐만 아니라 미생물로부터의 새로운 다당분해 효소개발 및 DNA재조합을 통한 효소개량을 위한 연구와 해조류에 미량으로 함유되어 있는 플로로탄닌(phlorotannin)과 같은 천연물질들이 계속적으로 분리되고 그 활성이 보고되고 있는 실정이다. 본문에서는 해조류 구성 성분인 다당류, 단백질 및 천연물을 중심으로 최근 연구 동향을 살펴보고자 한다.

해조 다당류

알긴산(alginic acid)은 다시마, 미역, 감태와 같은 갈조류에 많이 함유되어 있는 산성 점질 다당류로써 β -D-mannuronic acid와 α -L-guluronic acid가 각종 비율로 1, 4-glycoside 결합을 한 polyuronide이다. 알긴산은 식품가공 시 안정제, 농후제, 유화제와 같은 식품첨가제로 이용되며 혈중 콜레스테롤을 낮추는 식·의약 소재로 활용되고 있다. 또한 선택적 이온결합 성질이 있어 세균, 라듐과 같은 방사능 물질을 흡착하여 체외로 방출하고 노화억제에도 효과가 있는 것으로도 알려져 있다. 하지만 알긴산은 점성이 높고 용해도가 낮아 이용에 많은 문제점이 있어 이를 극복하기 위한 알긴산 저분자화 연구가 많이 진행되고 있다. Song 등은 감마선 조사를 통하여 알긴산을 저분자화하여 점도를 낮추는 실험을 통하여 알긴산의 저분자화가 항산화 효능에 미치는 영향을 연구하였으며, Uno 등은 동물실험을 통하여 저분자화된 알긴산이 IgE의 발현을 낮춤으로써 알러지에도 좋은 효능이 있는 것을 확인하였다.

후코이단은 알긴산과 같이 갈조류에 많이 함유되어 있으며 L-fucose와 sulfate를 주성분으로 하는 점질 다당류이다. 하지만 해조류 중에 따라 다른 단당류(mannose, galactose, glucose, xylose 등), uronic acid, acetyl group 및 단백질을 포함하기도 하며 각기 다른 복잡한 구조의 후코이단이 존재한다(Table 4). 이러한 후코이단은 다양한 생리활성을 가지고 있으며, 특히 항혈액응고에 관한 연구가 많이 진행되었다. 1996년 일본 암학회에서 후코이단이 정상세포에는 영향을 주지 않고 암세포의 자살(apoptosis)을 유도한다는 연구 논문이 발표되면서 많은

관심을 불러일으켰다. 후코이딘(fucoidin)이라는 다당체는 체내의 면역력을 높여 암을 억제하는 것으로 알려져 있다. 이외에도 항알러지, 항바이러스, 면역력 증강 등 매우 다양한 생리활성을 가지는 것으로 알려져 있다. 최근 제주대 신태균 교수는 실험용 쥐에 후코이딘을 투여한 후 치사량의 방사선에 피폭시켰을 때 30일째 생존율이 대조군에 비해 현저히 올라가는 것을 확인하기도 하였다. 이러한 후코이딘은 초기에 고순도로 추출하는 기술개발위주로 산업화 연구가 진행되어 2005년에는 국내 기업에 의하여 연간 10여 톤의 고순도 후코이딘을 생산하기도 하였으나, 후코이딘 역시 높은 분자량으로 인하여 인체 이용성 면에서 많은 제약을 가지고 있을 뿐만 아니라 구조의 복잡성으로 인하여 구조

분석에도 많은 어려움이 있다.

이렇게 복잡한 후코이딘의 구조를 분석하기 위하여 fucosidase로 고분자인 후코이딘을 저분자화하여 단순화된 구조를 해석하는 방법이 있다. *Ascophyllum nodosum*으로부터 추출한 후코이딘은 해양연체동물인 *Pecten maximus*로부터 분리된 fucosidase를 사용할 때 L-fucose만이 해리되어 저분자화되는데, 이를 토대로 이 후코이딘이 (1→3)과 (1→4)로 링크된 unsulfated L-fucose와 2-sulfated L-fucose가 불규칙적으로 포함되어 있는 구조라는 것을 밝힐 수 있었다. 또한 후코이딘의 생체이용성을 높이기 위하여 다양한 저분자화방법이 연구되고 있는데, 산분해의 경우 후코이딘의 기능성을 나타내는 항산기가 분해되므로 전기분해나 효소적

Table 4. Chemical compositions of fucoidans from various marine algae

Brown seaweed	Chemical composition
<i>F. vesiculosus</i>	fucose, sulfate
<i>F. evanescens</i> C.Ag.	fucose/sulfate/acetate (1/1.23/0.36)
<i>F. distichus</i>	fucose/sulfate/acetate (1/1.21/0.08)
<i>F. serratus</i> L.	fucose/sulfate/acetate (1/1/0.1)
<i>Lessonia vadosa</i>	fucose/sulfate (1/1.12)
<i>Macrocytis pyrifera</i>	fucose/galactose (18/1), sulfate
<i>Pelvetia wrightii</i>	fucose/galactose (10/1), sulfate
<i>Undaria pinnatifida</i> (Mekabu)	fucose/galactose (1/1.1), sulfate
<i>Ascophyllum nodosum</i>	fucose(49%), xylose(10%), GlcA(11%), sulfate
<i>Himanthalia lorea</i> and <i>Bifurcaria bifurcate</i>	fucose, xylose, GlcA, sulfate
<i>Padina pavonia</i>	fucose, xylose, mannose, glucose, galactose, sulfate
<i>Laminaria angustata</i>	fucose/galactose/sulfate (9/1/9)
<i>Ecklonia kurome</i>	fucose, galactose, mannose, xylose, GlcA, sulfate
<i>Sargassum stenophyllum</i>	fucose, galactose, mannose, GlcA, glucose, xylose, sulfate
<i>Adenocytis utricularis</i>	fucose, galactose, mannose, sulfate
<i>Hizikia fusiforme</i>	fucose, galactose, mannose, xylose, GlcA, sulfate
<i>Spatoglossum schroederi</i>	fucose/xylose/galactose/sulfate (1/0.5/2/2)

(Li B *et al.*, *Molecules*, **13**, 1671–1695, 2008)

가수분해가 많이 응용되고 있다. Bae 등은 접촉글로우 방전 전기분해(contact glow discharge electrolysis)방법을 이용하여 황산기와 fucose의 감소 없이 처음 분자량의 1/40로 저분자화 시키는 방법을 개발하였으며, Berteau 등은 *Pecten maximus*로부터 분리한 α -L-fucosidase로 α -L-후코이단을 저분자화 하였다. 이외에도 다양한 해양동물과 미생물로부터 새로운 fucosidase를 분리하거나 유전자 재조합기술을 이용한 효소의 대량생산기술 연구가 진행 중에 있다.

해조 단백질

해조류에 포함되어 있는 단백질은 녹조류 몇 가지를 제외하고는 일반적으로 그 함량이 매우 적어, 이를 활용하기 위한 연구가 상대적으로 부진한 편이다. 하지만 김과 클로렐라와 같이 단백질 함량이 매우 높고 양질의 단백질 공급원이 될 수 있는 해조류와 미세조류들이 많이 존재하고 있다. 이러한 해조 단백질을 이용하는 방법으로는 주로 열수추출이나 효소가수분해로 펩타이드를 얻는 방법이 주로 이용되고 있다. 단백질 가수분해물은 아미노산 조성 및 분자량에 따라 다양한 활성을 나타내는데, 예를 들면 cysteine, glycine, arginine 등의 아미노산의 조성 및 서열에 따라 항고혈압 효능을 나타내거나, 소수성 고분자 펩타이드의 경우 혈청 지질대사에 효능이 있는 것으로 알려져 있다. 김에서 열수추출을 통하여 분리된 단백질 조성물과 툯에서 분리된 당단백질은 아세트아미노펜 유발성 간질환의 예방 및 치료에 효능이 있는 것으로 최근 보고되었으며, 클로렐라를 pepsin으로 가수분해하여 고혈압을 유발하는 효소인 angiotensin I-converting enzyme (ACE)을 저해하는 펩타이드와 위암세포에 대하여

세포자멸(apoptosis)을 유발시키는 펩타이드가 분리되기도 하였다. 최근에는 치매 예방, 집중력 강화, 기억력 증진, 수면개선에 효능이 있는 신경전달 아미노산인 gamma amino butyric acid(GABA)를 해조류 발효를 통하여 다량으로 추출하는 제조기술이 특허등록 되었으며, 이를 고순도로 분리정제하는 기술도 현재 활발히 연구되고 있다.

해조 천연물

천연물이란 생물체 내에서 생합성되어 축적된 유기화합물을 총칭하는 것으로 탄수화물, 단백질, 지질, 비타민 등 생체대사에 직접 관여하는 1차 대사산물과 terpene, alkaloid, flavonoid와 같이 대사에 관여하지 않거나 1차 대사산물의 전구체로 만들어진 2차 대사산물로 나눌 수 있다. 여기에서는 해조류 중에 따라 특이적으로 존재하는 다양한 2차 대사산물을 천연물로 국한하여 설명하고자 한다. 해양 천연물은 30만 종 이상의 해양생물이 존재하는 것에 비하여 현재까지 약 1% 정도만이 연구되고 있는 상황이며 그 구조가 복잡하여 합성이 어렵고 대부분 극미량으로 존재하고 있으며 다양한 생리활성을 가지고 있다. 최근 해조류 채집기술과 고성능 잠수정을 통한 신규 자원 확보가 원활해지고, 분리정제 기술, 구조분석, 생리활성 검증 등의 BT기술이 발전함에 따라 해조류의 생리활성과 관련된 많은 연구 결과가 발표되고 있다. 해조유래 천연물의 경우 이미 오래전부터 『중화본초』와 같은 한의학 관련 문헌에서 그 다양한 생리활성이 알려져 있었으며 일본과 한국을 중심으로 그 추출물에 대한 항암, 항고혈압, 항당뇨 등의 활성이 보고되어 왔다. 최근에는 해조류 추출물에서 단일물질을 분리정제하여

이들이 나타내는 활성의 메카니즘 구명과 산업화를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 해인초로부터 분리된 카인산과 알로카인산은 구충제로 많이 사용되고 있으며 카인산 수용체와 결합하여 중추 신경계를 흥분시키는 작용도 있어 신경흥분제로써 동물실험에 많이 이용되고 있다. 홉과래에 함유되어 있는 β -알라닌(alanine) 및 β -베타인(betaine)과 다시마와 미역에 많이 함유되어 있는 염기성 아미노산의 일종인 라미닌(laminin)은 일시적으로 혈압 강하 및 혈중 콜레스테롤 수치를 저하시키는 효과가 있다. 남조류인 *Anabaena laxa*과 *Tolypothrix tjipanasensis*에서 각각 분리된 환형 아미노산의 일종인 laxaphycins와 tjipanzoles는 식물 병원균류 등에 항균효과를 나타내며, *Dichothrix baueriana*와 *Nostoc sphaericum*으로부터 각각 분리된 β -carboline과 indolocarbazoles는 포진바이러스 2형(HSV-2)에 대한 항바이러스 효능이 있는 것으로 알려져 있다. 가는빨간검둥이(*Rhodomela confervoides*)에서 분리된 2종의 bromophenol은 자궁암과 위암세포의 성장주기를 억제함으로써 항암효과를 나타내는 것으로 밝혀졌으며, 염주괴불주머니(*Corydalis heterocarpa*)에서 분리한 columbianetin과 libanoridin은 대장암세포에서 NF- κ B 발현을 억제함으로써 염증 저해 효과가 있는 것으로 나타났다.

최근 해조류 천연물 중 폴리페놀류의 일종인 플로로탄닌 유도체가 다양한 생리활성으로 많은 주목을 받고 있다. 주로 갈조류인 곰피, 감태, 대황에 많이 존재하는데 phlorogrucinol을 단량체로 하는 다양한 유도체가 존재하며 매우 높은 항산화 활성과 다양한 생리활성을 가지는 것으로 알려지고 있다 (Fig. 1). 대황에서 분리된 fucofuroeckol-A와 dieckol은 암 세포 내의 NF- κ B 신호전달계를 억제해 매트

릭스 메탈로프로테네이즈(matrix metalloproteinase, MMP)의 발현을 제어하고 암 세포의 침투를 효과적으로 막아주는 것으로 나타났으며 dioxinodehydroeckol은 지방암세포의 NF- κ B를 활성화시킴으로써 apoptosis를 유발하는 것으로 밝혀졌다. 또한 6,6'-bieckol은 히스타민 분비를 억제하고 IgE와 Fc ϵ 수용체간의 결합을 억제함으로써 항알러지 효과를 나타내는 것으로 밝혀졌다. 이외에도 플로로탄닌 유도체는 퇴행성관절염 억제, 항당뇨, 비만억제, 항HIV 등 다양한 생리활성이 알려져 있으며, 최근 감태에 많이 존재하는 플로로탄닌을 정제하여 seanol이라는 제품을 국내 중소기업이 개발하여 국내 최초로 기능성 식품 소재로 미국 FDA 승인을 얻기도 하였다.

해조류로부터 기능성 식·의약 소재 개발 전망

전 세계 해조류 생산량은 2006년 기준 1,500만 톤에서 2020년에는 2,200만 톤으로 늘어날 것으로 전망하고 있다. 우리나라의 경우 해조류 생산량이 세계 4번째이며, 특히 양식 생산량이 70%를 차지하고 있어 향후 양식기술 개발과 고부가가치 활용 기술이 발전함에 따라 해양바이오산업에서 해조류의 중요성이 매우 높아질 것으로 기대된다. 해조류는 바이오폴리머, 자동차 소재, 섬유 소재, 나노 복합 소재 등 응용분야가 매우 높는데, 특히 육상생물 자원을 대체하는 고부가가치의 식·의약 소재로서의 활용과 이를 위한 연구 개발이 가장 활발해질 것으로 기대된다. 해조 다당류인 알긴산의 경우 면역 촉진제나 세포고정화용으로 사용되는 고순도 제품의 경우 40,000 \$/kg로 판매되고 있으며 건강기능성 물질로 미국 FDA 승인을 받은 감태 추출물인 seanol은 원초가격의 90배 이상의 고부가가치를 창

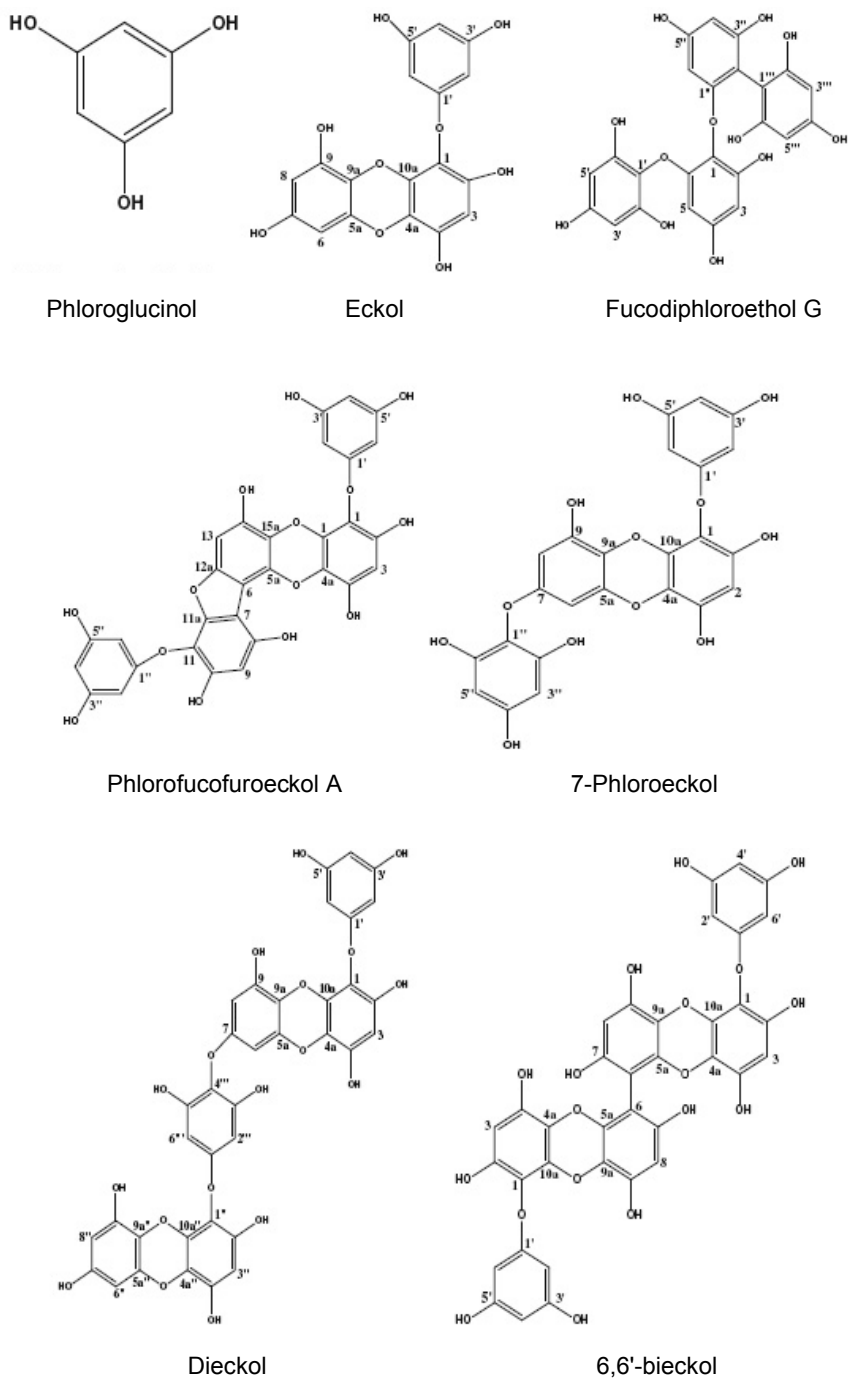


Fig. 1. Phlorotannin derivatives isolated from *Ecklonia cava* (Le QT *et al.*, Process Biochem, **44**(2), 168–176, 2009)

출하여 5년 이내 연간 2,000억 원 규모로 성장할 것으로 기대되는 등 해조류로부터 식·의약 소재 개발은 새로운 고부가가치 산업으로 자리매김하고 있다. 향후 해조류로부터 식·의약 소재 개발은 생명공학기술 및 관련분야 융합기술을 통하여 발전할 것으로 전망된다. 고성능 잠수정의 개발로 심해 해조류의 채취를 통하여 생리기능성 탐색 및 유전체 정보 수집이 더욱더 원활해지고 해조류의 양식 기술의 발전으로 원료공급이 어려운 해조류의 생산이 가능할 것으로 전망된다. 또한 미세유체역학 시스템과 HTS (high through-put system)와 같은 screening기술을 통하여 극미량의 다양한 신규물질의 생리활성을 확인하고, 독성이 높고 생체흡수율이 낮은 해조 생리활성물질을 발효 및 준합성 등의 구조변형기술로 이용성을 증진시키는 연구가 많은 관심을 받을 것으로 기대된다. 해조류 유전체연구에 있어서는 해조류 유전자를 이용하여 특정 기능성 물질의 발현을 증가시키거나, 해조류 특유의 유전자정보가 다양한 질병치료에 이용될 전망이다. 미국의 Horsager 박사팀은 해조류 유전자가 면역반응 없이 표적세포에서만 발현되는 점에 착안하여, 망막색소변성증이나 노인성 황반변성증을 가지고 있는 쥐의 망막하부에 광민감성 단백질 발현하는 해조류 유전자를 이용한 gene therapy로 시력을 어느 정도 회복하는 실험에 성공하여 해조류 유전자를 이용한 질병치료의 가능성을 제시하였다.

앞에서 살펴본 바와 같이 해조류에는 다양한 생리활성 물질이 존재하는 것으로 밝혀졌고, 생명공학기술 개발의 발전으로 연구개발사업과 관련 산업이 비약적으로 발전할 것으로 기대되지만, 실질적인 식·의약 소재 개발 및 산업화를 위해서는 지속적인 연구 개발, 투자 및 산업계의 관심이 무엇보다

도 필요한 실정이다.

결론

21세기는 해양의 시대가 열릴 것 기대되고 있다. 해양은 다양한 생물의 서식처로서 인류에게 마지막 남은 식량자원일 뿐만 아니라 고부가가치 식·의약 소재 개발에 있어 지속가능한 자원의 보고로서 주목받고 있다. 이러한 해양생물자원 중 해조류는 섬유질이 풍부하고 각종 미네랄을 함유하고 있는 우수한 식량자원일 뿐만 아니라 다양한 생리활성을 가지는 다당류, 아미노산, 천연물과 같은 대사산물을 생산·축적하고 있는 바다의 보물창고이다. 이러한 해조류로부터 고부가가치의 식·의약 소재를 개발하기 위해서는 생명공학기술을 기반으로 한 다양한 분야에서의 융복합 연구가 유기적으로 수행되어야 한다. 해조류의 종 다양성, 대사 특이성 및 생태계 특성에 대한 이해를 기반으로 기존의 육상식물과는 다른 차별화된 다양한 생명공학기술을 접목하여 차별화된 전략적 연구가 추진되어야 하며, 심해 해조류와 같은 신규자원의 지속적인 탐색과 동정, 고속·고감도의 스크리닝 기술, 산업화를 위한 대량생산기술 개발이 체계적으로 진행되어야 한다. 선진국의 바이오 소재 개발 기술에 크게 뒤쳐져 있는 우리나라의 경우, 해양 BT기술을 기반으로 풍부하고 다양한 해조류 자원으로 부터 지속적이며 체계적인 식·의약 소재 개발이 이루어진다면 21세기 식·의약 소재 강국으로 발돋움하는데 초석이 될 뿐만 아니라 국가경제발전의 핵심 산업으로 자리매김할 수 있을 것으로 기대된다.

● 참고문헌 ●

1. 김세권 외 8명, 해양자원과 한약, 부경대학교 한약재개발연구소, 2005
2. 백재민, 해조류 양식산업의 현황과 전망, 국립수산물품질관리원 해조류 연구센터, 2007
3. 부경대학교 산학협력단, 홍조류 김으로부터 분리한 단백질을 포함하는 아세트아미노펜 유발성 간 손상 예방 및 치료용 조성물, 한국, 10080813, 2008.02.21
4. 이선복, 해양화학바이오산업의 현황과 전망, 2009 Bioin 스페셜 전문가 리포트, 2009
5. 이정현, 해양생명공학 현재와 미래 전망, 2009 Bioin 스페셜 전문가 리포트, 2009
6. Bae JS, Lee JS, Kim YS, Sim WJ, Lee H, Chun JY, Park K, Depolymerization of Fucoidan by Contact Glow Discharge Electrolysis(CGDE), Korean Chem Eng Res, **46**(5), 886-891, 2008
7. Berteau O, McCort I, Goasdoué N, Tissot B, Daniel R, Characterization of a new α -L-fucosidase isolated from the marine mollusk *Pecten maximus* that catalyzes the hydrolysis of α -L-fucose from algal fucoidan (*Ascophyllum nodosum*). Glycobiology, **12**(4), 273-282, 2002
8. Choi JH, Kim DI, Park SH, Kim DW, Lee JS, Ryu JH, Chung YS, Effects of sea tangle (*lamnaria japonica*) and fucoidan components on anti-aging action, Korean J Life Science, **9**(4), 439-452, 1999
9. Kang KH, Kong CS, Seo YW, Kim MM, Kim SK. Anti-inflammatory effect of coumarins isolated from *Corydalis heterocarpa* in HT-29 human colon carcinoma cells, Food Chem Toxicol, **47**(8), 2129-2134, 2009
10. Kong CS, Kim JA, Yoon NY, Kim SK, Induction of apoptosis by phloroglucinol derivative from *Ecklonia Cava* in MCF-7 human breast cancer cells, Food Chem Toxicol, **47**(7), 1653-1658, 2009
11. Le QT, Li Y, Qian ZJ, Kim MM, Kim SK, Inhibitory effects of polyphenols isolated from marine alga *Ecklonia cava* on histamine release, Process Biochem, **44**(2), 168-176, 2009
12. Li B, Lu F, Wei X, Zhao R, Fucoidan: Structure and Bioactivity, Molecules, **13**, 1671-1695, 2008
13. Patterson GML, Larsen LK, Moore RE. Bioactive natural products from blue-green algae, J Appl Phycol, **6**, 151-157, 1994
14. Sheih IC, Fang TJ, Wu TK, Lin PH, Anticancer and Antioxidant Activities of the Peptide Fraction from Algae Protein Waste, J Agric Food Chem, **58**(2), 1202-1207, 2010
15. Sheih IC, Fang TJ, Wu TK, Isolation and characterization of a novel angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptide from the algae protein waste, Food Chem, **115**(1), 279-284, 2009
16. Song EJ, Kim AR, Kim MJ, Lee SY, Kim KBWR, Park JG, Kim JH, Lee JW, Byun MW, Ahn DH, Effect of Gamma Irradiation on Degradation and Antioxidation Activity of Alginate and Carrageenan, Food Engineering Progress, **12**(1), 58-64, 2008
17. Sun X, Xu N, Guo J, Yan X, Antitumor effects

and the mechanism of two kinds of bromophenols from marine algae, Zhongguo Zhong Yao Za Zhi, **35**(9), 1173-1176, 2010

18. Uno T, Hattori M, Yoshida T, Oral administration of alginic acid oligosaccharide suppress IgE production and inhibits the induction of oral tolerance, Biosci Biotechnol Biochem, **70**(12), 3054-3057, 2006

이 상 훈 이학박사

소 속 : 한국식품연구원 신소재연구단

전문분야 : 해양생리활성물질 탐색,

기능성 바이오신소재 개발 등

E-mail : shnlee@kfri.re.kr

T E L : 031-780-9357