

우수한 탈취율과 항산화능을 갖는 다시마 추출물의 규명

Identification of Novel Extracts of *Saccharina japonica* with High Deodorant Performance and Antioxidant Activity

*Corresponding author

Dae Youn Hwang
(dyhwang@pusan.ac.kr)

성지은#, 최현준#, 김지은, 최준영, 박지원, 강미주, 배수지, 이영희¹, 박주민², 이희섭², 김동균³, 김영옥³, 정영진**, 황대연*
부산대학교 바이오소재학과, ¹부산대학교 유기소재시스템공학과, ²부산대학교 식품영양학과, ³국립수산과학원 생명공학과

**Co-Corresponding author

Young Jin Jung
(hjb@pusan.ac.kr)

Ji Eun Sung, Hyeon Jun Choi, Ji Eun Kim, Jun Young Choi, Ji Won Park, Mi Ju Kang, Su Ji Bae, Young-Hee Lee¹, Ju Min Park², Hee Seob Lee², Dong-Gyun Kim³, Young-Ok Kim³, Young Jin Jung** and Dae Youn Hwang*

Department of Biomaterials Science, Pusan National University, Miryang, Korea

¹Department of Organic Material Science and Engineering, Pusan National University, Busan, Korea

²Department of Food Science and Nutrition, Pusan National University, Busan, Korea

³Department of Biotechnology Research Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan, Korea

#This author equally contributed this work

Received_August 29, 2019
Revised_September 09, 2019
Accepted_September 16, 2019

Abstract The purpose of this study was to identify novel extracts of brown algae with the high deodorant capacity and antioxidant activity. To achieve this, a composition, deodorant performance and free radical scavenging activity were analyzed in powder and water extracts of *Ecklonia cava*(PEC/EEC), *Saccharina japonica*(PSJ/ESJ), *Eisenia bicyclis*(PEB/EEB), *Sargassum spp.*(PSS/ESS) and *Hizikia fusiformis*(PHF/EHF) using several analytical methods. Major component of five powders was verified as PEC, phlorotannin; PSJ, alginic acid and glutamic acid; PEB, carotenoid, chlorophyll, phlorotannin, tocopherol and fucoxanthin; PSS, β -carotene and polyphenol; PHF, tannin. The highest level of DPPH scavenging activity was detected in EEC(IC₅₀=23.018 μ g/ml), followed by EEB, ESJ, EHF and ESS. The deodorizing performance to ammonia was maintained high level in PEC, PSJ, PEB and PSS, while PHF showed low level in the same condition. But, the deodorizing performance to acetic acid was slightly higher in PSJ and PEC than those of PEB, PSS and PHF. Based on the results of DPPH scavenging activity and deodorizing capacity, we selected fractions of *S. japonica* as leading extracts and further prepared the 70% acetone extract (AESJ) and 70% ethanol extract (EESJ) from PSJ. The contents of total flavonoid, total phenol and total condensed tannin was significantly increased with 112-209% in AESJ and EESJ compared to those of ESJ. Also, a similar enhancement was observed on the level of DPPH scavenging activity and deodorizing performance against ammonia/acetic acid in AESJ and EESJ. Therefore, these results suggest that AESJ and EESJ contained with high total phenol and total condensed tannin contents may exhibit high deodorant capacity and antioxidant activity as well as has the potential for use as a powerful biomaterial for antibacterial deodorant.

Textile Coloration and Finishing

TCF 31-3/2019-09/195-213

©2019 The Korean Society of Dyers and Finishers

Keywords deodorant capacity, antioxidant activity, brown algae, *Saccharina japonica*, tannin

1. 서론

일반적으로 해조류(Seaweed)라 불리는 거대조류(Macroalgae)는 녹조류(Green algae), 홍조류(Red algae), 갈조류(Brown algae)로 구분되며, 식이섬유, 비타민, 무기질, 불포화지방산, 필수아미노산 등이 풍부하고 열량이 낮아 아시아지역에서 식품, 비료, 의약품, 공업원료 등으로 많이 사용되고 있다^{1,2)}. 이러한 해조류는 탄닌류(Tannins), 카테킨류(Catechins), 테르펜류(Terpene), 페놀류(Phenols), 할로젠류(Halogenates) 등이 포함되어 있어 항종양효능(Anti-cancer effects), 항바이러스효능(Anti-viral effects), 항혈액응고효능(Anti-coagulation effects), 면역증강 효능(Immune simulation effects) 등을 갖는 것으로 보고되고 있다³⁻⁶⁾. 해조류의 생리활성물질이 알려지면서 생체량이 풍부한 해조류를 새로운 자원으로서 개발가능성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^{7,8)}.

해조류 중에서 갈조류는 감태(*Ecklonia cava*), 다시마(*Saccharina japonica*), 대황(*Eisenia bicyclis*), 모자반(*Sargassum spp.*), 툃(*Hizikia fusiformis*) 등을 포함하며, 가장 발달한 다세포 조류이다. 갈조류의 대부분은 바다에 붙어서 자라고, 엽록소(a와 c), 카로틴, 크산토펜, alginic acid, fucoidan, laminarin 등과 같은 다양한 생리활성물질을 포함하고 있다⁹⁾. 갈조류 중에서 다시마는 인체에 높은 생체유용성을 갖는 alginate, fucoidan 등의 수용성 식이섬유(32.8%), fucoxanthin, fucosterol 등의 비수용성 식이섬유(17.9%), 마그네슘, 아이오다인, 칼슘, 철, 아연 등의 미네랄 등을 포함하고 있다¹⁰⁻¹²⁾. 다시마추출물은 항비만, 항당뇨, 항염증, 항산화, 항암효능을 갖는 것으로 다양한 *in vitro*와 *in vivo* 모델에서 연구되었다¹²⁻¹⁵⁾. 또한, 툃은 칼슘, 비타민A, 식이섬유 등이 풍부하여 당뇨, 고혈압, 암, 변비질환 등에 우수한 효능을 나타내며, 특히, 요오드함량이 높아 갑상선 및 각기병에 효과가 있는 것으로 알려져 있다¹⁶⁾. 감태는 한국의 남해안과 일본에 풍부하게 분포하는 다년생 갈조류로서, phlorotannins, sulphated polysaccharides, peptides, carotenoids, fucoidans 등 다양한 생리활성물질과 유도체를 포함하고 있다^{17,18)}. 감태로부터 유래된 phlorotannins은 항산화, 항증식, 항염증, 항

당뇨 등에 우수한 생물학적 활성을 나타내었다¹⁹⁻²²⁾. 더불어, 갈조류 12종의 에탄올 추출물을 이용한 DPPH 소거능분석에서 항산화능은 툃, 다시마, 모자반, 감태의 순서로 높게 측정되었다¹⁾.

하지만 여러가지 갈조류 추출물 중에서 우수한 탈취율(Deodorant performance)과 항산화능(Antioxidant activity)을 동시에 갖는 추출물을 규명하고자 하는 연구는 시도된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 우수한 탈취율과 항산화능을 갖는 갈조류 추출물을 분리하기 위하여, 다시마, 툃, 감태, 대황, 모자반 각각의 분말시료와 열수추출물을 준비하여 FT-IR과 LC-MS를 이용하여 성분을 분석하고 탈취율과 항산화능을 분석하였다. 이를 기반으로 우수한 효능을 나타내는 다시마를 선정하였고, 추가적으로 에탄올과 아세톤 추출물을 분리하여 성분분석, 탈취율, 항산화능을 분석하였다. 이러한 분석을 통해 최종적으로 다시마의 2가지 세부추출물이 우수한 탈취율과 항산화능을 나타냄을 규명하였다(Figure 1).

2. 실험

2.1 시료준비

갈조류 5종(감태, 다시마, 대황, 모자반, 툃) 중에서 모자반분말(Cat. P123Sfu)은 파라제주(주)(Korea)로부터, 다시마분말(Cat. 2007015618530)은 (주)해오름 바이오(Korea)로부터 구매하였다. 감태, 대황, 툃은 파라제주(주)(Korea)로부터 건조한 시료를 구매하여 전기믹서기를 이용하여 분말화하였다. 각각의 분말시료들은 100mesh의 체(sieve)를 이용하여 실험용 시료로 준비하였으며, 최종적으로 준비된 갈조류 분말시료 5종(Powder of *Ecklonia cava* : PEC, Powder of *Saccharina japonica* : PSJ, Powder of *Eisenia bicyclis* : PEB, Powder of *Sargassum spp.* : PSS, Powder of *Hizikia fusiformis* : PHF)을 표준시료(Voucher specimen)로 부산대학교 웰빙연구센터에 등록보존(PEC, WPC-19-001; PSJ, WPC-19-002; PEB, WPC-19-003; PSS, WPC-19-004; PHF, WPC-19-005)하였다. 또한, 갈조류 열수추출물은 준비된 갈조류 분말시료를 증류수와 1:10비율로 첨가하여 90℃에서 9시간동안 순환추출장치(IKA LABORTECHNIK, Germany)를 이용하여 추출하였

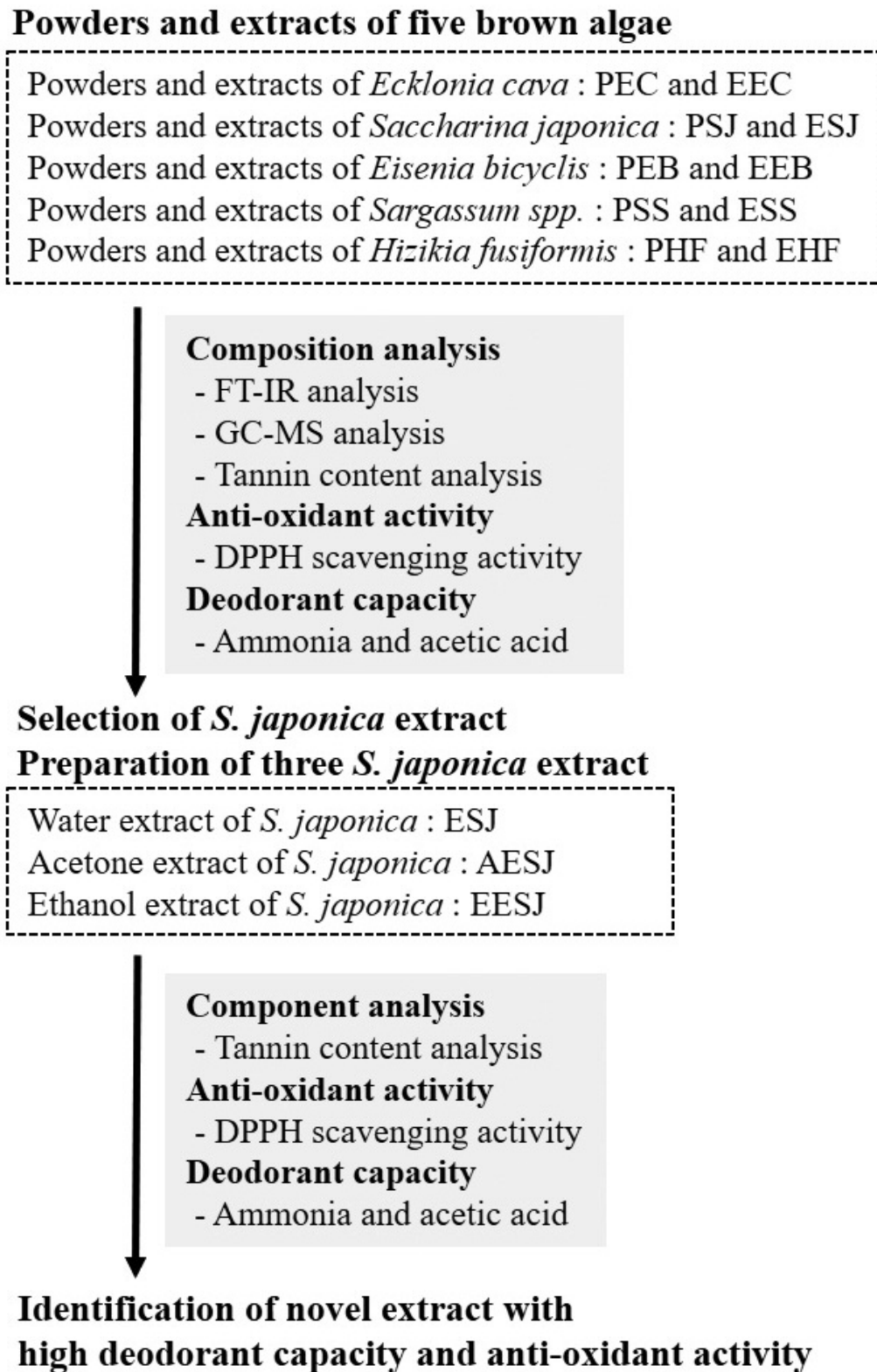


Figure 1. Schematic diagram of experimental procedure. After first analyses of five powders, PSJ was selected among five powders of brown algae based on the results of deodorant capacity and anti-oxidant activity analysis. Properties of AESJ and EESJ extracted from PSJ were verified using components and biochemical analyses.

다. 확보된 추출액은 0.4 μm의 필터(Whatman No. 2, Whatman, UK)로 여과한 후 감압농축기(EYELA, N-1100 series, Japan)에서 농축하였다. 농축된 추출물은 진공동결건조기(BUCHI Corporation, USA)에서 동결건조하여 갈조류 열수추출물 5종(Extract of *Ecklonia cava* : EEC, Extract of *Saccharina japonica* : ESJ, Extracts of *Eisenia bicyclis* : EEB, Extracts of *Sargassum spp.* : ESS, Extracts of *Hizikia fusiformis* : EHF)를 준비하였다. 더불어, PSJ로부터 에탄올(Sigma-Aldrich Co., USA)과 아세톤(Sigma-Aldrich Co., Japan)용매를 이용한 세부추출물을 얻기 위하여, PSJ 100 g에 70% 에탄올과 70% 아세톤 용액을 1:10비율로 첨가하여 25°C에서 12시간 동안 순환추출장치(IKA LABORTECHNIK, Germany)를 이용하여 3회 추출하였다. 확보된 추출액은 0.4 μm의 필터(Whatman No. 2, Whatman, UK)로 여과한 후 감압농축기(EYELA, N-1100 series, Japan)에서 농축하였다. 농축된 추출물은 진공동결건조기(BUCHI Corporation, USA)에서 동결건조하여 최종적으로 에탄올추출물(Ethanol extract of PSJ; EESJ)과 아세톤추출물(Acetone extract of PSJ; AESJ)을 준비하였다.

2.2 Gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) 분석

5가지 갈조류 분말시료(PEC, PSJ, PEB, PSS, PHF)의 휘발성 성분을 확인하기 위해 GC-MS 분석을 실시하였다. 갈조류 분말시료들의 휘발성 성분분석은 자동열탈착기(ATD 400, Perkin Elmer, UK)가 장착된 기체크로마토그래피 질량분석기(GC-MS, QP-2010A, Shimadzu, Japan)로 실시하였다. 분리용 컬럼 AT-1의 크기는 60m×0.32mm×1.0 μm이고 질량 범위는 20-350m/z를 사용하였다. 온도랩프는 10분간 초기온도 35°C로 유지하였고, 이후 분당 8°C씩 일정한 속도로 35°C에서 120°C로, 이후 분당 12°C씩 120°C에서 180°C로, 이후 분당 15°C씩 180°C에서 230°C로 유지하였고, 최종온도는 10분간 유지되도록 설계하였다. MS 분석은 model Agilent 5973을 사용하였고, EI mode로 분석하여 얻어진 피크의 mass data와 표준 library data(Willy 7th ed)를 비교하여 피크의 화합물 구조를 동정하였다.

2.3 Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) 분석

FTIR 분석은 유기화합물의 작용기를 확인하고, 갈조류 분말시료들의 구성물질과 비교물질의 전체적인 화학구조의 유사성을 확인하기 위하여 시행하였다. 본 실험에서는 5가지 갈조류 분말시료(PEC, PSJ, PEB, PSS, PHF)에 대한 분석을 위해 FTIR spectroscopy (Impact 400D, Nicolet, Madison, USA)를 사용하였고, 각 시료에 대한 파장 범위 400-4,000cm⁻¹에서 32scans/cm⁻¹으로 분석하였다.

2.4 탈취율 분석

소취능 분석은 이전에 보고된 논문에 제시된 방법²³⁾을 변형하여 실시하였다. 먼저, 5종류의 갈조류 분말시료(PEC, PSJ, PEB, PSS, PHF) 혹은 3가지 다시마추출물(ESJ, AESJ, EESJ)(1g)는 5L의 가스백에 넣고, 암모니아 및 아세트산 시험가스 3L를 주입하여 암모니아가스 100ppm과 아세트산가스 50ppm이 되도록하여 밀봉하였다. 2시간 경과 후 가스백에 남아있는 암모니아와 아세트산가스를 측정하여 다음의 계산식을 이용하여 탈취율 식(1)을 산출하였다.

$$\text{Dodorization performance(\%)} = [(Cb - Cs) / Cb] \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

where,

Cb(ppm) : Concentration of ammonia and acetic acid in the blank contained bag(5L) after 2h

Cs(ppm) : Concentration of ammonia and acetic acid in the sample contained bag(5L) after 2h

2.5 라디칼 소거능 평가

DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl) radical 소거능은 Blois의 방법을 변형하여 측정하였다²⁴⁾. 먼저, 5종의 열수추출물(EEC, ESJ, EEB, ESS, EHF)을 농도별로 준비하고, 시료 1mL와 1.5×10⁻⁴ mol/L의 DPPH 용액 1mL을 혼합하여 10초간 진탕한 후, 상온에서 30분간 암반응시켜 색변화 관찰을 통해 라디칼 소거능을 평가하였다. 안정한 자유라디칼인

DPPH의 색변화를 통해 활성을 평가할 수 있으며, 이는 UV-Visible spectrophotometer(Shimadzu, Japan)를 이용하여 517nm에서 흡광도를 측정하고 다음의 식(2)으로 DPPH 라디칼 소거 활성을 계산하였다.

$$\text{Inhibition(\%)} = [1 - (A - B) / (C - D)] \times 100 \dots (2)$$

where,

A : Absorbance of the mixture of sample and DPPH

B : Absorbance of the mixture of sample and solvent for DPPH

C : Absorbance of the mixture of solvent for sample and DPPH

D : Absorbance of the mixture of solvent for sample and solvent for DPPH

2.6 다시마 추출물 3종의 총 폴리페놀함량(total flavonoid contents), 총 플라보노이드함량(total phenolic contents) 및 축합형탄닌함량(total condensed tannin contents) 분석

총 폴리페놀함량은 Folin-denis법을 일부 변형하여 비색 정량하였다²⁵⁾. 다시마로부터 분리된 3가지 추출물(ESJ, AESJ, EESJ) 50 μL에 증류수 500 μL, Folin-Ciocalteu 시약 100 μL를 혼합하여 암소에서 3분간 방치하고 10% Na₂CO₃용액 100 μL, 증류수 350 μL를 첨가하여 혼합한 후 암소에서 1시간 방치한 다음 725nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 총 폴리페놀함량은 caffeic acid를 표준물질로 이용한 검량선에 의해 계산하였다. 또한, 총 플라보노이드함량은 Davis법을 일부 변형하여 비색 정량하였다²⁵⁾. 다시마 추출물 100 μL에 90% diethylene glycol 1mL 및 1N NaOH 100 μL를 가하고 잘 혼합한 후 37℃에서 1시간 반응시켜 420nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 총 플라보노이드함량은 naringin을 표준물질로 이용한 검량선으로 계산하였다. 축합형탄닌함량은 Vanillin법을 일부 변형하여 비색 정량하였다²⁵⁾. 각각의 다시마 추출물을 MeOH에서 20분간 진탕 추출한 후 4,000rpm으로 20분간 원심분리하여 상등액을 얻고 회석하여 실험에 사용하였다. 추출액 100 μL에 1% vanillin/MeOH와 8% HCl/MeOH를 1:1로 섞은 용

액 500 μL를 넣고 30℃에서 20분 반응시킨 후 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 축합형탄닌함량은 (+)-catechin hydrate를 표준물질로 이용한 검량선으로 계산하였다.

2.7 통계학적 분석

대조그룹과 실험그룹간에 통계적 유의성은 One-way ANOVA(SPSS for Windows, Release 10.10, Standard Version, USA)를 이용하여 분석하였다. 모든 결과에서 p<0.05를 유의성이 있는 값으로 나타내었으며, 실험 결과는 means ± SD로 제시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 갈조류 분말시료의 주요 성분의 분포

먼저 5가지 갈조류 분말시료의 주성분을 분석하기 위하여, PEC, PSJ, PEB, PSS, PHF에 대한 FT-IR 스펙트럼분석을 실시하였다. 그 결과, PEC의 주성분은 phlorotannin, PSJ의 주성분은 alginic acid와 glutamic acid, PEB의 주성분은 carotenoid, chlorophyll, phlorotannin, tocopherol, fucoxanthin이였으며, PSS의 주성분은 β-carotene, polyphenol PHF의 주성분은 tannin으로 확인할 수 있었다(Figure 2, Table 1).

이러한 결과는 기존에 보고된 성분분석의 결과와 유사하다. 감태의 주성분은 다양한 생물학적 활성을 갖는 fucoidan와 phlorotannins이며²⁶⁾, 다시마는 alginic acid와 fucoidan 등 해조류 다당류를 많이 함유하고 있다^{27,28)}. 대황은 fucoxanthin, phlorotannins, chlorophylls, carotenoids, tocopherol과 같은 생리활성물질이 풍부하며²⁹⁾, 모자반은 crud extract에서 총 페놀함량과 β-carotene의 농도를 대표적인 성분으로 측정하였고³⁰⁾, 대황은 flavonoids, lignans, tannins, phlorotannins 등이 함유되어 있다³¹⁾. 또한 갈조류 분말시료에 포함된 휘발성 성분을 분석하기 위하여, PEC, PSJ, PEB, PSS, PHF에 대한 GC-MS분석을 실시하였다. 그 결과, PEC에는 알코올 12종, 알데하이드 3종, 산 2종, 케톤 1종, 알케인 7종, 아로메틱 3종, cyclo 화합물 2종으로 이루어진 30종류의 휘발성 성분이 확인되었다. 분석된 휘발성 성분은 알콜류(53.7%), 산류(12.4%), aromatic(11.6%), 케

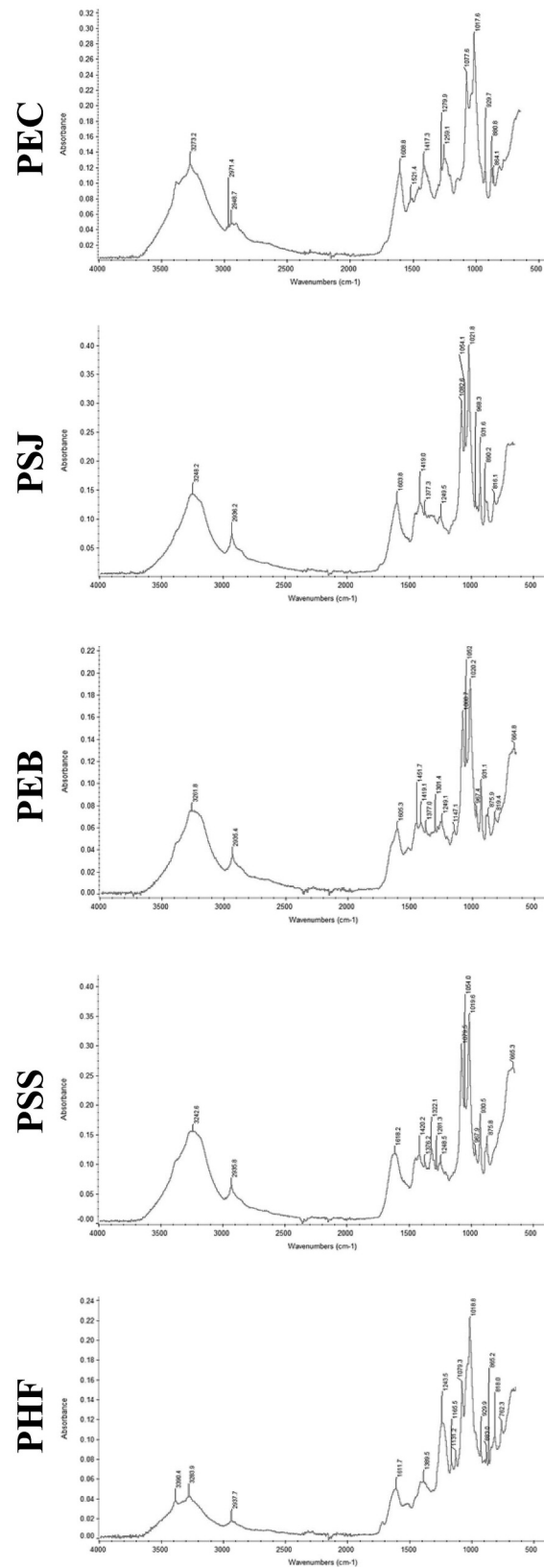


Figure 2. FT-IR spectrum of PEC, PSJ, PEB, PSS and PHF. Several indicator bands are pertained to functional groups represent chemical components or metabolic products. The characteristic absorbed bands in FT-IR spectrum are listed up in Table 1.

Table 1. Assignments of characteristic fourier transform infrared absorbance band in extracts of brown algae
 PEC; Powder of *Ecklonia cava*, PSJ; Powder of *Saccharina japonica*, PEB; Powder of *Eisenia bicyclis*, PSS;
 Powder of *Sargassum spp.*, PHF; Powder of *Hizikia fusiformis*

Extracts of brown algae	O-H	O-H in phenol	Ring stretch	Ring breathing	C-O stretch	C-O-C stretching	COO-A&S stretch
PEC	3274		1608, 1521		1279/1077/1017	1259	
PSJ	3248			968	1082/1054/1021	1249	1377, 1603
PEB	3261	664	1605		1301/1249/1147/1052/1020	1249, 1147	
PSS	3242	665	1618		1322, 1281/1079/1054/1019	1248	
PHF	3390, 3283		1611		1079/1018	1243, 1165, 1131	

Type of brown algae	Trans C=C	C-H A&S stretching	CH ₃ deformation	-C-H bend	=CH out-of-plane deformation	CH ₂ out-of-plane	C-H out-of-plane bend
PEC		2971, 2948		1417		929	880, 864
PSJ		2936		1419		931	890, 816
PEB	967	2935	1451/1377	1419	1000	931	875, 819
PSS	967	2935	1376	1420		930	875
PHF		2937	1389			929	883, 865, 818, 762

톤류(8.4%), 알케인(7.5%), 알데하이드류(3.9%), cyclo 화합물(1.7%)의 순서로 나타났다(Figure 3).

PSJ에는 알코올 5종, 알데하이드 6종, 산 2종, 케톤 2종, 알케인 4종, 아로메틱 2종, cyclo 화합물 1종으로 이루어진 22종류의 휘발성 성분이 확인되었다. 분석된 휘발성 성분은 산류(27.1%), 알콜류(12.8%), 알데하이드류(8.1%), aromatic(7.3%), 알케인(7.0%), 케톤류(2.3%), cyclo 화합물(0.9%)의 순서로 나타났다(Figure 4).

PEB에는 알코올 4종, 알데하이드 7종, 산 3종, 케톤 1종, 알케인 7종, 아로메틱 3종으로 이루어진 25종류의 휘발성 성분이 확인되었다. 분석된 휘발성 성분은 알콜류(26.6%), 케톤류(15.2%), 산류(14.9%), 알데하이드류(8.3%), aromatic(8.0%), 알케인(7.6%)의 순서로 나타났다(Figure 5).

PSS에는 알코올 8종, 알데하이드 10종, 산 9종, 케톤 2종, 알케인 2종, 아로메틱 3종으로 이루어진 34종류의 휘발성 성분이 확인되었다. 분석된 휘발성 성분은 산류(45.0%), 알콜류(21.4%), 알데하이드류(14.2%), 케톤류(5.3%), 알케인(4.3%), aromatic(2.8%)의 순서로 나타났다(Figure 6).

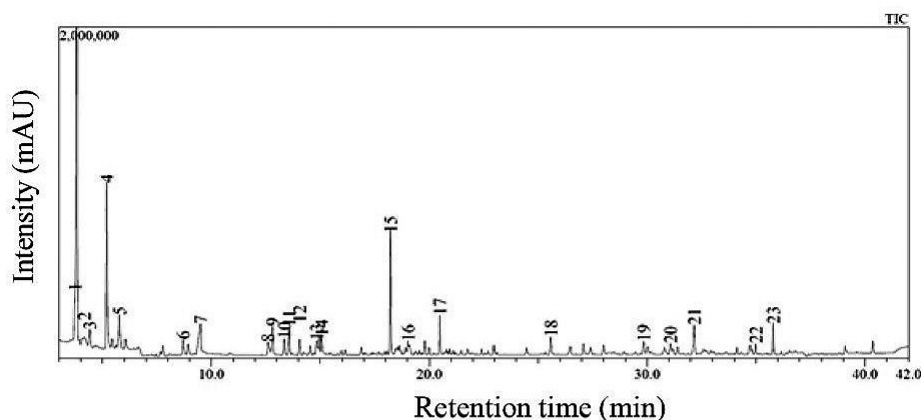
PHF에는 알코올 7종, 알데하이드 9종, 산 7종, 알

케인 5종, 아로메틱 2종으로 이루어진 30종류의 휘발성 성분이 확인되었다. 분석된 휘발성 성분은 산류(25.5%), 알콜류(43.3%), 알데하이드류(16.4%), 알케인(5.3%), aromatic(2.9%)의 순서로 나타났다(Figure 7).

3.2 갈조류 분말시료의 암모니아와 아세트산에 대한 탈취율 비교

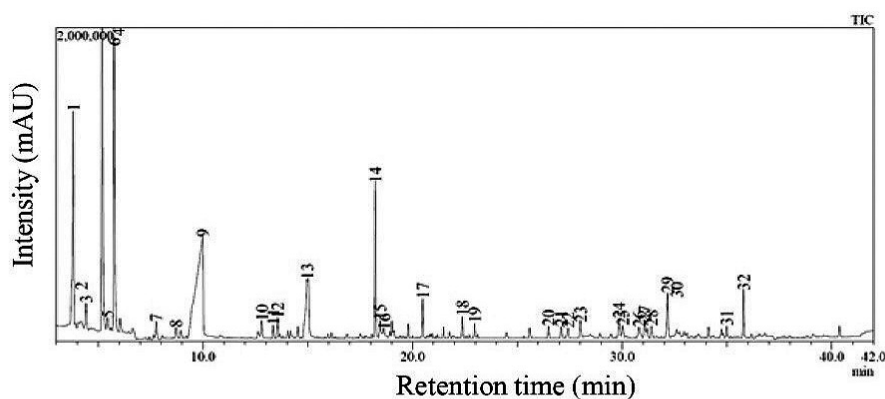
우수한 탈취율을 갖는 갈조류 분말시료를 검색하기 위해 5가지 갈조류 분말시료(PEC, PSJ, PEB, PSS, PHF)의 암모니아와 아세트산에 대한 탈취율을 비교 분석하였다. 그 결과, 암모니아에 대한 탈취율은 PEC, PSJ, PEB, PSS에서 모두 높게 측정되었지만 PHF에서만 낮게 측정되었다. 그러나 아세트산에 대한 탈취율은 PSJ에서 가장 높게 나타났고, PEC, PSS, PEB, PHF순서로 높게 측정되었다(Figure 8).

이러한 결과는 PSJ가 암모니아와 아세트산에 대한 높은 탈취율을 갖음을 제시하고 있다. 지금까지 해조류를 이용한 소취능평가에 대한 연구는 거의 보고된 바 없다. 일부논문에서 Vegetable glycerin, Charcoal, Vinegar, Coconut oil, Baking soda, Green tea, Aloe vera gel, Natural preservatives like bio flavonoids and lichen, Essential oils 등과 더불어



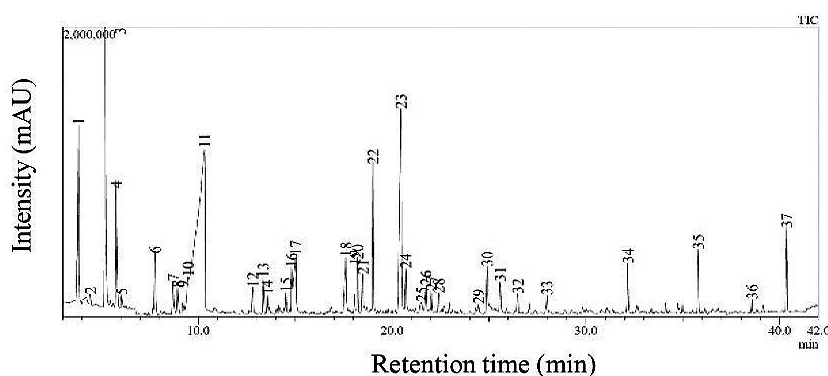
Fraction No.	Compound	RT	Area
1	Carbamic acid	3.813	9825235
2	Air	3.813	9825235
3	Ethanal	4.418	494529
4	Ethanol	5.186	3570033
5	Acetone	5.767	571882
6	Trimethylsilanol	8.697	418323
7	Acetic acid	9.504	983035
8	Acetol	12.586	411368
9	3-Methylbutanal	12.795	644447
10	Butanal, 2-methyl-	13.344	380262
11	Benzene	13.556	581474
12	Cyclohexane	14.041	349816
13	Unknown	14.83	402641
14	3-hydroxy-2-butanone	15.051	318092
15	Toluene	18.219	2254938
16	Hexanal	19.016	261294
17	Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	20.482	658124
18	1-OCTEN-3-OL	25.577	414264
19	Nonane, 3,7-dimethyl	29.843	321732
20	Pentane, 2,2,3,4-tetramethyl	31.072	229385
21	Nonanal	32.158	809514
22	3-Pentanol, 2,4-dimethyl	34.982	177274
23	Decanal	35.786	577138
24	Heptadecane	45.928	1533051
25	Unknown	45.928	1533051
26	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate	47.569	862486
27	SILICATE ANION TETRAMER	49.818	594174

Figure 4. GC-MS total ion chromatograms and main volatile components of PSJ. Roman numerals in peak refer to compounds in bottom table. Identification of volatile compounds was carried out by comparing MS spectrum and RIs of components in EHF with those of the authentic standards in NIST library(2005).



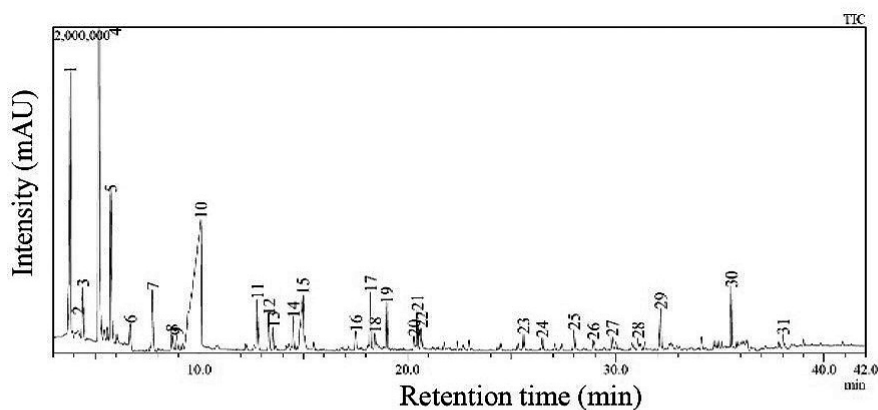
Fraction No.	Compound	RT	Area
1	Carbon dioxide	3.813	4631892
2	Air	4.187	120479
3	Ethanal	4.421	737602
4	Ethanol	5.18	11958706
5	Acetonitrile	5.441	352422
6	Acetone	5.749	7531439
7	Propanal, 2-methyl-	7.767	354933
8	Silanol, trimethyl	8.698	323878
9	Acetic acid	9.996	1875810
10	Butanal, 3-methyl-	12.802	481635
11	Butanal, 2-methyl-	13.347	262439
12	Benzene	13.559	482978
13	Propanoic acid	15.028	2498974
14	Toluene	18.22	2998506
15	Butanoic acid	18.22	2998506
16	Unknown	18.627	289646
17	Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	20.482	697029
18	Styrene	22.371	493207
19	3-Methoxy-3-methylbutanol	22.957	360602
20	Nonanal	26.48	318768
21	Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	27.089	291987
22	Octane, 2,2,6-trimethyl-	27.411	306841
23	1-Hexanol, 2-ethyl-	28	552872
24	Nonane, 3,7-dimethyl-	29.846	580724
25	Pentane	30.021	375953
26	Unknown	30.794	415701
27	Unknown	31.074	757255
28	Butane	31.401	366248
29	Nonanal	32.159	1026515
30	Unknown	32.598	159316
31	Unknown	34.982	209275
32	Decanal	35.785	948737
33	Hexadecane	45.607	1167229
34	Unknown	45.929	1238726
35	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate	47.571	912801
36	Unknown	49.821	567242

Figure 5. GC-MS total ion chromatograms and main volatile components of PEB. Roman numerals in peak refer to compounds in bottom table. Identification of volatile compounds was carried out by comparing MS spectrum and RIs of components in EHF with those of the authentic standards in NIST library(2005).



Fraction No.	Compound	RT	Area
1	Carbamic acid	3.813	4457047
2	Formic acid	4.42	368700
3	Ethanol	5.178	12468998
4	Acetone	5.755	3684132
5	2-Propanol	6.041	350823
6	Propanal, 2-methyl	7.76	1671261
7	Silanol, trimethyl-	8.687	1034770
8	Acetic acid ethenyl ester	8.928	790844
9	Butanal	9.194	362290
10	Acetic acid	9.462	851249
11	Acetic acid	10.338	6513415
12	Butanal, 3-methyl-	12.798	693829
13	Butanal, 2-methyl-	13.341	956407
14	Benzene	13.557	312662
15	1-Penten-3-ol	14.514	466873
16	Pentanal	14.81	1824194
17	Propane, 1-methoxy-	15.033	2051791
18	Propanoic acid	17.616	1632481
19	1-Pentanol	18.054	475120
20	Toluene	18.219	1191372
21	BUTYRIC ACID	18.482	1143035
22	Hexanal	19.009	3052801
23	ISOVALERIC ACID	20.458	9431968
24	Butanoic acid, 2-methyl	20.458	9431968
25	Unknown	21.515	93527
26	Benzene	21.739	688752
27	2-HEPTANONE	22.023	464866
28	Heptanal	22.394	437263
29	Benzaldehyde	24.462	237363
30	HEXANOIC ACID	24.904	1236795
31	1-OCTEN-3-OL	25.572	818185
32	Octanal	26.473	555315
33	1-Hexanol, 2-ethyl-	27.991	635364
34	Nonana	32.156	1317676
35	Decanal	35.782	1275652
36	BORNYL ACETATE	38.56	303943
37	2,3,4,4-Tretrapropyl-1-(trimethylsilyl)-1-(trim	40.36	2290084
38	Phenol	45.694	417773
39	Unknown	45.927	918601
40	PENTAN-1,3-DIOLDIISOBUTYRATE, 2,2	47.568	986554

Figure 6. GC-MS total ion chromatograms and main volatile components of PSS. Roman numerals in peak refer to compounds in bottom table. Identification of volatile compounds was carried out by comparing MS spectrum and RIs of components in EHF with those of the authentic standards in NIST library(2005).



Fraction No.	Compound	RT	Area
1	Carbamic acid	3.811	6352971
2	Air	4.167	207211
3	Acetaldehyde	4.416	1324767
4	Ethanol	5.171	16995861
5	1-propen-2-ol	5.753	4650734
6	Methane	6.682	787465
7	Propanal	7.754	1484018
8	Silanol	8.686	522413
9	Acetic acid ethenyl ester	8.925	409912
10	Acetic acid	10.091	3708137
11	Butanal	12.788	1175280
12	Butanal, 2-methyl-	13.336	853528
13	Benzene	13.552	464926
14	1-Penten-3-ol	14.508	750867
15	Propanoic acid	14.989	1128956
16	ISOBUTYRIC ACID	17.519	467422
17	Toluene	18.215	1028109
18	Butanoic acid (CAS) n-Butyric acid	18.435	351601
19	Hexanal	19.009	843180
20	Butanoic acid	20.31	265265
21	Cyclotrisiloxane	20.477	660687
22	2-Hexenal	20.672	442308
23	1-Octen-3-ol	25.57	386385
24	Octanal	26.47	364190
25	1-Hexanol	27.991	568210
26	Unknown	28.915	340776
27	Nonane	29.835	390953
28	Pentane, 2,2,3,4-tetramethyl- (CAS) 2,2,3,4-	31.062	350885
29	Nonanal	32.152	1021570
30	Decanal	35.544	973339
31	Triacetin	38.026	366035
32	Phenol	44.232	647577
33	Trisiloxane	44.547	575032
34	Propanoic acid	46.109	931466

Figure 7. GC-MS total ion chromatograms and main volatile components of PHF. Roman numerals in peak refer to compounds in bottom table. Identification of volatile compounds was carried out by comparing MS spectrum and RIs of components in EHF with those of the authentic standards in NIST library(2005).

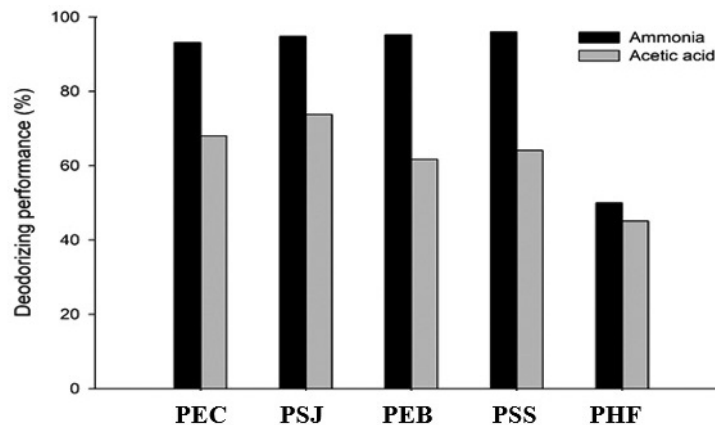


Figure 8. The deodorizing performance of five brown algae powders against ammonia and acetic acid gas. The changes on the concentration of ammonia and acetic acid gas were detected in the bag(5 L) contained with the sample powders after 2h.

조류추출물(Algae extract)의 탈취제 재료로서의 가능성을 기술하고 있다³²⁾.

따라서 본 연구의 결과는 5가지 갈조류분말의 탈취제로서 잠재성을 나타내는 최초의 과학적 근거를 제시하고 있다.

3.3 갈조류 열수추출물의 DPPH소거능 비교

우수한 항산화능을 갖는 갈조류 열수추출물을 확인하기 위하여, 5가지 갈조류의 열수추출물(EEC, ESJ, EEB, ESS, EHF)의 DPPH소거능을 비교 분석하였다. 그 결과, EEC는 IC₅₀=23.081 µg/ml로 가장 높은 항산화능을 나타내었고, 다음으로는 EEB (IC₅₀=90.102 µg/ml), ESJ (IC₅₀=142.587 µg/ml), EHF(IC₅₀=673.692 µg/ml), ESS (IC₅₀=769.102 µg/ml)순서로 나타났다(Figure 9).

이러한 결과는 추출용매나 조건에 따라 항산화능에 차이가 있지만 이전에 보고된 논문의 결과와 유사하게 5가지 갈조류 열수추출물이 항산화능을 보유하고 있음을 제시하고 있다.

이러한 결과에 따르면, 12종의 갈조류 에탄올 추출물을 이용한 DPPH소거능 분석에서, 톳은 13.3±5.8%, 다시마는 46.4±0.7%, 모자반은 57.1±0.5%, 감태는 89.9±1.0%의 저해율을 나타내었다¹⁾. 더불어, 톳의 핵산, 클로로포름, 에틸아세이트 추출물은 > 1mg/mL, 0.12±0.01mg/mL 등으로 IC₅₀값이 매우 낮게 측정되었다³³⁾.

감태로부터 추출된 compounds 6, 7, 3은 IC₅₀=

8.29 µM, 8.69 µM, 14.72 µM을 나타내어 강한 항산화능을 갖는 것으로 확인되었다³⁴⁾.

그러나 항산화능에 대한 이전의 연구결과는 본 연구의 결과와 약간의 차이가 있다. 이러한 원인은 시료추출에 사용된 추출용매의 차이로 사료된다. 식물이나 해조류로부터 추출되는 생리활성물질의 종류와 양은 추출과정에 사용되는 용매의 종류와 추출방법 등에 영향을 받기 때문이다³⁵⁾.

이전의 연구결과와 본 연구결과를 종합하면, 감태는 열수추출물에서 우수한 항산화능을 나타내지만, 톳은 에탄올추출물에서 우수한 효능을 나타냄을 제시하고 있다.

3.4 PSJ의 세부추출물의 성분, 탈취율, 항산화능 비교

이상의 연구결과를 기반으로, 우수한 탈취율과 항산화능을 갖는 추출물 후보로 PSJ를 선정하고, 열수, 70% 아세톤, 70% 에탄올을 이용하여 ESJ, AESJ, EESJ인 세부추출물(subfraction)을 준비하여 성분, 탈취율, DPPH소거능을 분석하였다. 먼저, 총 폴리페놀함량, 총 플라보노이드함량, 축합형탄닌함량은 ESJ보다는 AESJ와 EESJ에서 2배정도 증가하였으며, EESJ에서 가장 높은 함량을 나타내었다(Figure 10A). 또한, 암모니아와 아세트산에 대한 탈취율과 DPPH소거능도 유사한 양상을 나타내었다. 암모니아에 대한 탈취율은 AESJ가 95-97%, EESJ가 88-91%로 측정되었으며, 아세트산에 대한 탈취율은 2가지 추출물에서 모두 54-57%로 측정되었다. 비록 편차범위내에 있지만 AESJ는 탈취율과 DPPH소거능

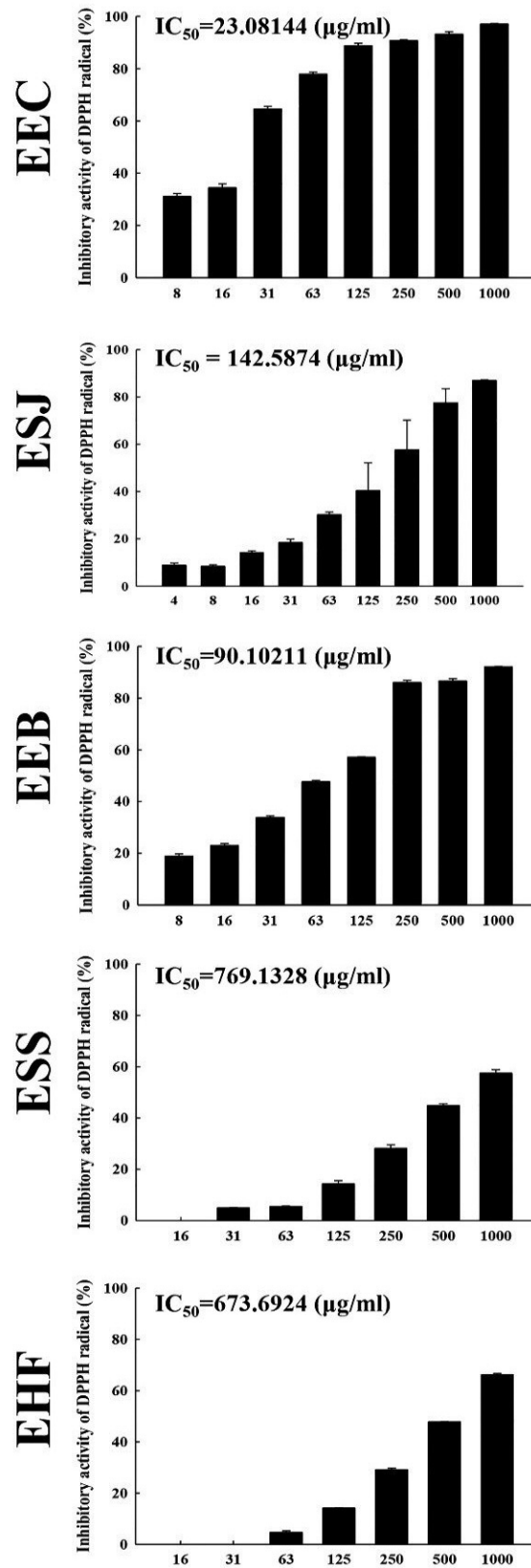


Figure 9. Free radical scavenging activity of five seaweed extracts. DPPH radical scavenging activity was assayed in a mixture containing 0.1mM DPPH within a range of extract concentrations from 4 to 1,000 µg/ml. Data presented are means \pm SD of duplicates.

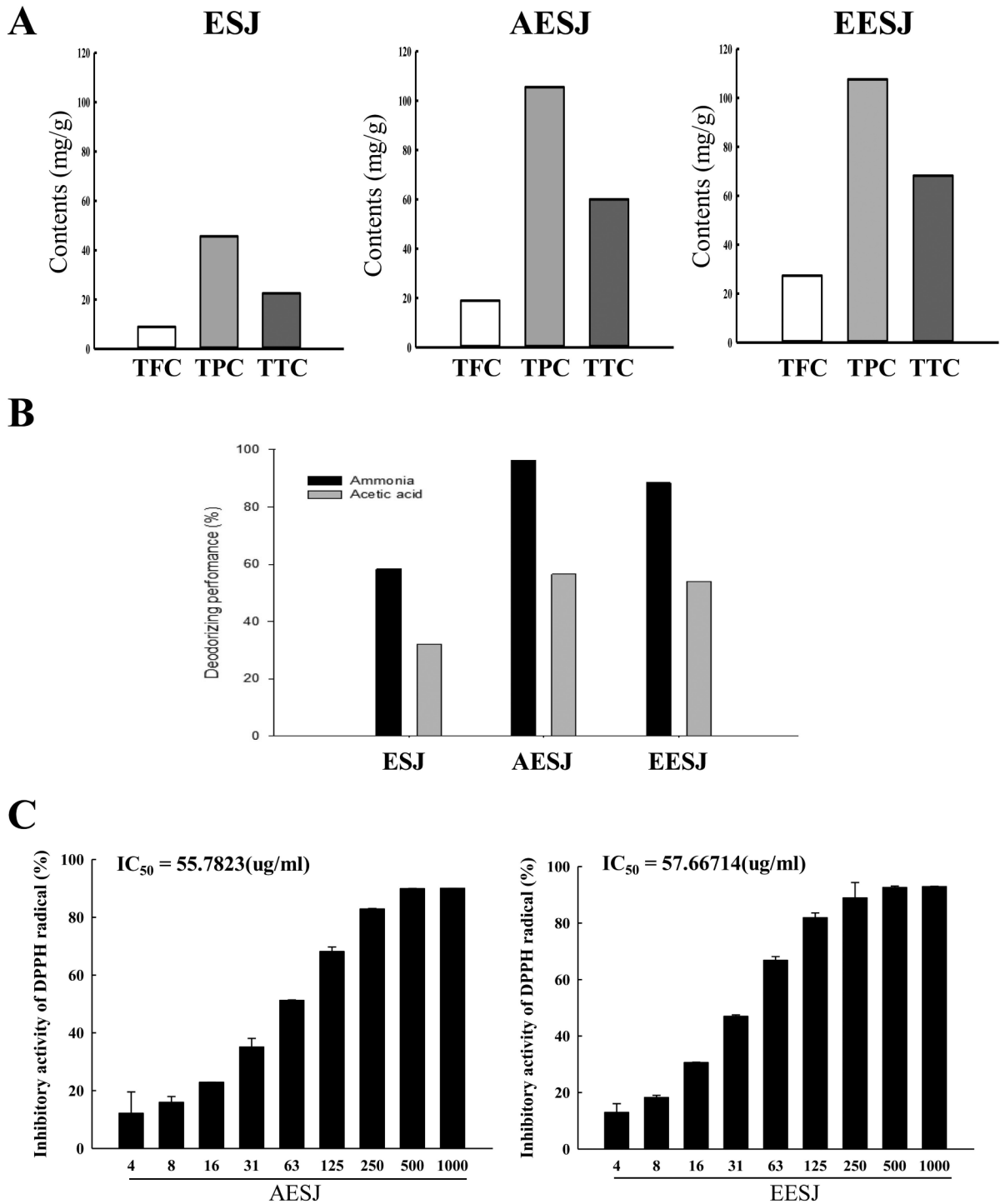


Figure 10. Components contents, deodorizing performance and DPPH radical scavenging activity of ESJ, AESJ and EESJ. (A) Total flavonoid contents(TFC), total phenolic content(TPC), total condensed tannin contents(TTC) of three extracts of *Saccharina japonica* were measured as described in materials and methods. (B) The changes on the concentration of ammonia and acetic acid gas were detected in the bag(5L) contained with the sample powders after 2h. (C) DPPH radical scavenging activity was assayed in a mixture containing 0.1mM DPPH within a range of extracts concentrations from 4 to 1,000 μg/ml. Data presented are means ± SD of duplicates.

(IC₅₀=55.782 µg/ml)이 가장 높게 측정되었다(Figure 10B and Figure 10C).

이러한 결과는 AESJ와 EESJ가 우수한 탈취율과 항산화능을 갖는 소재로서 활용될 수 있음을 제시하고 있다. 하지만 PSJ로부터 분리된 3가지 세부추출물이 탈취율과 항산화능에 차이는 나타내는 것은 추출용매에 따라 용출되어 나오는 성분이 차이에 기인한 것으로 사료되며, 보다 정확한 원인을 분석하기 위한 추가적인 분석실험이 필요할 것으로 사료된다. 이전의 연구결과에서는 다른 용매를 이용하여 추출한 추출물에서 성분과 DPPH소거능을 분석하였다. 열수를 이용한 다시마 추출물은 13-14mg/mL의 페놀과 22-23mg/mL의 플라보노이드 함량을 나타내었고, DPPH소거능은 80%로 측정되었다³⁶⁾. 다시마의 메탄올 추출물은 0.84-2.41mg GAE g-1DM의 총 페놀함량, 2.00-4.56mg GAE g-1DM의 플라보노이드함량을 나타내었고, 다시마의 에틸아세테이트 추출물은 0.056-1.25g GAE g-1DM의 페놀함량, 1.36-2.53mg GAE g-1DM의 플라보노이드함량을 나타내었다. 또한 다시마 메탄올 추출물의 DPPH소거능은 0.42-2.81mg/mL으로 측정되었다³⁷⁾. 하지만 이전의 결과와 우리의 결과가 완전히 일치하지는 않으며, 이러한 차이는 추출용매와 분석방법의 차이에서 비롯된 것으로 사료된다.

한편, 여러가지 천연추출물은 암모니아가스에 대한 다양한 탈취율이 보고되었다. 생약추출물(배초향, 삼백초, 애엽, 형개, 석창포, 구절초, 유자)는 79-81%의 탈취율을 나타내었으며, 평균적으로 97.57 µg/ml의 DPPH 소거능을 나타내었다³⁸⁾.

참나무 목초추출액은 99.6%의 암모니아 탈취율을 나타내었고, 미선나무추출물은 42-67%의 탈취율을 나타내었다^{39,40)}. 비록 정확한 정량적인 비교가 불가능하지만, 이전에 보고된 추출물들에 대한 탈취율 결과와 비교하여 AESJ와 EESJ는 상대적으로 높은 탈취율을 갖는 그룹에 속하는 것으로 평가할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 탈취율과 항산화능이 우수한 새로운 바이오소재를 갈조류로부터 개발하기 위하여, 5가지 갈조류(감태, 다시마, 대황, 모자반, 툯)의 분말시료과

열수 추출물을 이용하여 성분분석, 탈취율분석, 항산화능분석을 실시하였다. 그 결과, alginic acid와 glutamic acid를 주성분으로 하는 다시마가 암모니아와 아세트산에 대한 높은 탈취율과 DPPH에 대한 우수한 소거능을 나타내었다. 이를 기반으로 다시마를 후보물질로 선정하여 열수, 70% 아세톤, 70% 에탄올용매를 이용하여 ESJ, AESJ, EESJ를 추가로 확보하였으며, 이들 중에서 AESJ와 EESJ가 우수한 탈취율과 항산화능을 나타내었고 총 폴리페놀함량, 총 플라보노이드함량, 축합형탄닌함량이 높은 것으로 확인되었다.

따라서 이러한 결과는 다시마를 아세톤과 에탄올을 이용하여 추출한 AESJ와 EESJ가 새로운 항균탈취제로 개발 가능성이 높음을 제시하고 있다. 한편, 탈취율을 갖는 천연식물(면, 실크, 울)은 사람들의 건강과 위생을 증진시키기 위한 수단으로 많은 관심을 받고있으며, 다양한 천연추출물이 이를 위해 연구되고 있다.

본 연구에서 확인된 다시마추출물은 탈취율을 갖는 천연식물을 개발하기 위한 소재로 활용가능성이 높을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 국립수산물과학원 수산과학연구사업(R2019016)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

1. Y. E. Jeon, X. F. Yim, S. S. Lim, C. K. Chung, and I. J. Kang, Antioxidant Activities and Acetylcholinesterase Inhibitory Activities from Seaweed Extracts, *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **41**(4), 443(2012).
2. A. J. Escring and C. I. Goni, Nutritional Evaluation and Physiological Effects of Edible Seaweeds, *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, **49**(2), 114(1999).
3. Y. S. Lee, D. S. Kim, B. H. Ryu, and S. H. Lee, Antitumor and Immunomodulating Effects of Seaweeds toward Sarcoma-180 Cell, *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **21**(5), 544(1992).
4. H. Nakashima, Y. Kido, N. Kobayashi, Y. Motoki, M. Neushul, and N. Yamamoto, Purification and Character-

- ization of an Avian Myeloblastosis and Human Immunodeficiency Virus Reverse Transcriptase Inhibitor Sulfated Polysaccharide Extracted from Sea Algae, *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, **31**(10), 1524(1987).
5. M. Scot, G. M. Colin, J. David, L. Mills, and J. B. Brian, Estimation of Meiobenthic Nematode Diversity by Non Specialists, *Marine Pollution Bulletin*, **18**(12), 646 (1987).
 6. G. M. Koing, S. Kehraus, S. F. Seibert, A. Abdel-Lateff, and D. Muller, Natural Products from Marine Organism and Their Associated Microbes, *Chembiochem : European Journal of Chemical Biology*, **7**(2), 229(2005).
 7. S. J. Yoon, Y. S. Cho, J. H. Nam, H. H. Lee, E. Kim, and Y. K. Hong, Effects of Several Seaweed Extracts on the Viability of Human Keratinocyte HaCaT Cells, *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **41**(1), 68(2008).
 8. T. Ryo, I. S. Hiroko, H. Kaeko, H. Saburo, and H. Susumu, Concurrence of Agaroid and Carrageenan Chains in Funoran from the Red Seaweed *Gloiopeltis Furcata* Post et Ruprecht (Cryptonemiales, Rhodophyta), *Carbohydrate Polymers*, **35**(1), 81(1998).
 9. K. L. Jin, A Review of the Usability of Fucoidan Extracted from Brown Seaweed as a Functional Ingredient of Cosmetics, *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, **12**(4), 447(2014).
 10. J. R. Do, E. M. Kim, J. G. Koo, and K. S. Jo, Dietary Fiber Contents of Marine Algae and Extraction Condition of the Fiber, *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **30**(2), 291(1997).
 11. M. Shirosaki and T. Koyama, *Laminaria Japonica* as a Food for the Prevention of Obesity and Diabetes, *Advances in Food and Nutrition Research*, **64**, 199(2011).
 12. K. S. Kang, C. S. Nam, E. K. Park, and B. J. Ha, The Enzymatic Regulatory Effects of *Laminaria japonica* Fucoidan Extract in Hepatotoxicity, *Journal of Life Science*, **16**(7), 1104(2006).
 13. S. Y. Kang, E. Kim, I. Kang, M. Lee, and Y. Lee, Anti-Diabetic Effects and Anti-Inflammatory Effects of *Laminaria japonica* and *Hizikia fusiforme* in Skeletal Muscle: *In vitro* and *In vivo* Model, *Nutrients*, **10**(4), 491(2018).
 14. J. H. Oh, J. Kim, and Y. Lee, Anti-Inflammatory and Anti-Diabetic Effects of Brown Seaweeds in High-Fat Diet-Induced Obese Mice, *Nutrition Research and Practice*, **10**(1), 42(2016).
 15. J. Lu, L. You, Z. Lin, M. Zhao, and C. Cui, The Antioxidant Capacity of Polysaccharide from *Laminaria Japonica* by Citric Acid Extraction, *International Journal of Food Science and Technology*, **48**(7), 1352(2013).
 16. K. E. Park, M. S. Jang, C. W. Lim, Y. K. Kim, Y. Seo, and H. Y. Park, Antioxidant Activity on Ethanol Extract from Boiled-water of *Hizikia fusiformis*, *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, **48**(4), 435(2005).
 17. S. J. Heo, E. U. Park, K. W. Lee, and Y. J. Jeon, Antioxidant Activities of Enzymatic Extracts from Brown Seaweeds, *Bioresource Technology*, **96**(14), 1613(2015).
 18. K. A. Kang, K. H. Lee, S. Chae, R. Zhang, M. S. Jung, Y. Lee, S. Y. Kim, H. S. Kim, H. G. Joo, J. W. Park, Y. M. Ham, N. H. Lee, and J. W. Hyun, Eckol Isolated from *Ecklonia cava* Attenuates Oxidative Stress Induced Cell Damage in Lung Fibroblast Cells, *FEBS Letters*, **579**(28), 6295(2005).
 19. G. N. Ahn, K. N. Kim, S. H. Cha, C. B. Song, J. Lee, M. S. Heo, I. K. Yeo, N. H. Lee, Y. H. Jee, J. S. Kim, M. S. Heu, and Y. J. Jeon, Antioxidant Activities of Phlorotannins Purified from *Ecklonia cava* on Free Radical Scavenging Using ESR and H₂O₂-mediated DNA Damage, *European Food Research and Technology*, **226**(1-2), 71(2007).
 20. C. S. Kong, J. A. Kim, N. Y. Yoon, and S. K. Kim, Induction of Apoptosis by Phloroglucinol Derivative from *Ecklonia cava* in MCF-7 Human Breast Cancer Cells, *Food and Chemical Toxicology*, **47**(7), 1653(2009).
 21. W. K. Jung, Y. W. Ahn, S. H. Lee, Y. H. Choi, S. K. Kim, S. S. Yea, I. Choi, S. G. Park, S. K. Seo, S. W. Lee, and I. W. Choi, *Ecklonia cava* Ethanolic Extracts Inhibit Lipopolysaccharide-induced Cyclooxygenase-2 and Inducible Nitric Oxide Synthase Expression in BV2 Microglia via the MAP Kinase and NF- κ B Pathways, *Food and Chemical Toxicology*, **47**(2), 410(2009).
 22. S. H. Lee, Y. Li, F. Karadeniz, M. M. Kim, and S. K.

- Kim, α -Glycosidase and α -Amylase Inhibitory Activities of Phloroglucinal Derivatives from Edible Marine Brown Alga, *Ecklonia cava*, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **89**(9), 1552(2009).
23. Y. H. Lee, A. L. Kim, Y. G. Park, E. K. Hwang, Y. M. Baek, S. J. Cho, and H. D. Kim, Colorimetric Assay and Deodorizing/Antibacterial Performance of Natural Fabrics Dyed with Immature Pine Cone Extract, *Textile Research Journal*, **88**(4), 731(2017).
 24. M. S. Blois, Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical, *Nature*, **181**, 1199(1958).
 25. H. R. Lee, J. E. Kim, J. S. Goo, S. I. Choi, I. S. Hwang, Y. J. Lee, H. J. Son, H. S. Lee, J. S. Lee, and D. Y. Hwang, Red Liriope platyphylla Contains a Large Amount of Polyphenolic Compounds Which Stimulate Insulin Secretion and Suppress Fatty Liver Formation Through the Regulation of Fatty Acid Oxidation in OLETF Rats, *International Journal of Molecular Medicine*, **30**(4), 905(2012).
 26. J. Y. Park, J. H. Kim, J. M. Kwon, H. J. Kwon, H. J. Jeong, Y. M. Kim, D. Kim, W. S. Lee, and Y. B. Ryu, Dieckol, a SARS-CoV 3CLpro Inhibitor, Isolated from the Edible Brown Algae *Ecklonia cava*, *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, **21**(13), 3730(2013).
 27. J. H. Choi, C. H. Rhim, J. Y. Kim, J. S. Yang, J. S. Choi, and D. S. Byun, Basic Studies in the Development of Diet for the Treatment of Obesity 1. The Inhibitory Effect of Alginic Acid as a Dietary Fiber on Obesity, *Journal of the Korean Fisheries Society*, **19**(4), 485(1986).
 28. S. Collic, A. M. Fischer, H. T. Breaudiere, C. Boisson, P. Durand, and J. Jozefonvicz, Anticoagulant Properties of a Fucoidan Fraction, *Thrombosis Research*, **64**(2), 143(1991).
 29. S. K. Kim and K. Chojnacka, "Marine Algae Extracts: Processes, Products, and Applications", Wiley-VCH, Weinheim, 2015.
 30. A. Tanniou, L. Vandanjon, M. Incera, E. S. Leon, V. Husa, J. L. Grand, J. L. Nicolas, N. Poupard, N. Kervarec, A. Engelen, R. Walsh, F. Guerard, N. Bourgougnon, and V. S. Pouvreau, Assessment of the Spatial Variability of Phenolic Contents and Associated Bioactivities in the Invasive Alga *Sargassum muticum* Sampled Along Its European Range from Norway to Portugal, *Journal of Applied Phycology*, **26**(2), 1215(2014).
 31. B. F. Ruan, W. W. Ge, M. X. Lin, and Q. S. Li, A Review of the Components of Seaweeds as Potential Candidates in Cancer Therapy, *Anti-cancer Agents in Medicinal Chemistry*, **18**(3), 354(2018).
 32. L. Mathew, L. Saji, L. E. Joseph, V. Jiju, and E. Abraham, Natural Deodorants and Antiperspirants, *International Journal of Novel Trends in Pharmaceutical Sciences*, **7**(2), 49(2017).
 33. Y. R. Cui, H. S. Kim, J. G. Je, L. Wang, J. Y. Oh, L. Jia, and Y. J. Jeon, Protective Effects of Antioxidant Active Fractions Derived from the Edible Seaweed *Hizikia fusiformis* in Oxidatively Stressed Human Dermal Fibroblasts, *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **52**(1), 35(2019).
 34. Y. Li, Z. J. Qian, B. Ryu, S. H. Lee, M. M. Kim, and S. K. Kim, Chemical Components and Its Antioxidant Properties *in Vitro*: An Edible Marine Brown Alga, *Ecklonia cava*, *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, **17**(5), 1963(2009).
 35. S. L. Shin and C. H. Lee, Antioxidant Activities of Ostrich Fern by Different Extraction Methods and Solvents, *Journal of Life Science*, **21**(1), 56(2011).
 36. S. M. Rafiqzaman, I. S. Kong, and J. M. Kim, Enhancement of Antioxidant Activity, Total Phenolic and Flavonoid Content of *Saccharina japonica* by Submerged Fermentation with *Aspergillus oryzae*, *Korean Society for Biotechnology and Bioengineering Journal*, **30**(1), 27(2015).
 37. G. S. Marinho, A. M. Sørensen, H. Safafar, A. H. Pedersen, and S. L. Holdt, Antioxidant Content and Activity of the Seaweed *Saccharina latissima*: A Seasonal Perspective, *Journal of Applied Phycology*, **31**(2), 1343(2019).
 38. S. Y. Kim, S. Y. Lee, G. Y. Kim, Korea Pat. 10-2010-0005568(2006).
 39. S. Y. Youn, Korea Pat. 10-2016-0058922(2006).
 40. S. M. Kang, Korea Pat. 10-1694707(2017).

Authors

- 성지은 부산대학교 바이오소재과학과 박사과정 학생
최현준 부산대학교 바이오소재과학과 석사과정 학생
김지은 부산대학교 바이오소재과학과 박사후 연구원
최준영 부산대학교 바이오소재과학과 석사후 연구원
박지원 부산대학교 바이오소재과학과 석사과정 학생
강미주 부산대학교 바이오소재과학과 석사과정 학생
배수지 부산대학교 바이오소재과학과 석사과정 학생
이영희 부산대학교 유기소재시스템공학과 교수
박주민 부산대학교 식품영양학과 박사과정 학생
이희섭 부산대학교 식품영양학과 교수
김동균 국립수산과학원 생명공학과 연구사
김영옥 국립수산과학원 생명공학과 연구관
정영진 부산대학교 바이오소재과학과 명예교수
황대연 부산대학교 바이오소재과학과 교수