

2006-1-69

곡지미세조류의 유용성분 함량 및 항산화 활성

하태열^{1*} · 강성호² · 권태연¹ · 안지운¹ · 김성린¹ · 김동수¹

¹한국식품연구원 식품기능연구본부

(463-746) 경기도 성남시 분당구 백현동 산 46-1번지

²한국해양연구원 부설 곡지연구소

(406-130) 인천시 연수구 동춘동 994번지 송도테크노파크

Antioxidant Activity and Contents of Bioactive Components in Polar Microalgae

Tae-Youl Ha^{1*}, Sung-Ho Kang², Tae-Youn Kwon¹, Ji-Yun Ahn¹,
Sung Ran Kim¹, and Dong-Soo Kim¹

¹Food Function Research Division

Korea Food Research Institute, Seongnam 463-420, Korea

²Korea Polar Research Institute, KORDI

Songdo Technopark, Incheon 406-130, Korea

Reprinted from

Ocean and Polar Research

Vol. 28, No. 1

March 30, 2006

1000-1000

극지미세조류의 유용성분 함량 및 항산화 활성

히태열^{1*} · 강성호² · 권태연¹ · 안지윤¹ · 김성란¹ · 김동수¹¹한국식품연구원 식품기능연구본부

(463-746) 경기도 성남시 분당구 백현동 산 46-1번지

²한국해양연구원 부설 극지연구소

(406-130) 인천시 연수구 동춘동 994번지 송도테크노파크

Antioxidant Activity and Contents of Bioactive Components
in Polar MicroalgaeTae-Youl Ha^{1*}, Sung-Ho Kang², Tae-Youn Kwon¹, Ji-Yun Ahn¹,
Sung Ran Kim¹, and Dong-Soo Kim¹¹Food Function Research Division

Korea Food Research Institute, Seongnam 463-420, Korea

²Korea Polar Research Institute, KORDI

Songdo Technopark, Incheon 406-130, Korea

Abstract : In this study, bioactive components such as polyphenols, flavonoids and tocopherols were determined in cultured polar microalgae (*Fragilariopsis pseudonana*, *Chaetoceros neogracile*, *Stellarima microtrias*, *Porosira pseudodenticular*). Antioxidant activity of methanol extracts of polar microalgae was also investigated. α -Tocopherol contents of *Fragilariopsis pseudonana* were almost two times higher than those of *Chaetoceros neogracile*. The antioxidant activity of methanol extracts of *Fragilariopsis pseudonana* determined by ABTS assay was higher than other algae. Total polyphenol contents of methanol extracts also showed a similar trend as antioxidant activity. The protective activity against oxidative damages induced by glutamate in PC 12 cells was shown in only *Chaetoceros neogracile*.

Key words : microalgae, tocopherol, ABTS, DPPH

1. 서 론

미세조류는 전 세계적으로 수천종이 수집되어 있고 일부에서 화학적 조성이 밝혀지고 있으며 그 중 극히 일부는 산업적 규모로 배양되고 있으며 이러한 미세조류의 자원 확보 및 이용에 대한 세계 각국의 연구는 매우 활발하다. 그 대표적인 예로 클로렐라, 스피롤리나와 같은 미세조류에 대해서는 상당히 많은 관심이 집중되고 있으며 우

리나라를 비롯하여 일본, 중국에서는 이미 건강식품으로 활용되고 있다. 클로렐라는 고단백식품으로 펠수 아미노산함량이 높고 함유지방의 67%가 불포화지방산이며 각종 버티민, 무기질 함량이 높을 뿐 아니라 유산균 성장 촉진 물질로서 핵산관련물질중의 하나인 클로렐라 성장촉진인자(chlorella growth factor; CGF)가 포함되어 있어 품질의 지표가 되고 있다(Kang *et al.* 2004). 클로렐라 열수추출물은 hepatoma cell에서의 radical scavenging activity, antiproliferative activity, cell cycle arrest, macrophage의 cytokines 분비증가, rat과 hamster에서의 dyslipidemia를

*Corresponding author. E-mail : tyhap@kfri.re.kr

에 방하고 항동맥경화 효능이 있는 것으로 보고되어 있으며, peritoneal macrophage와 liver에서 산화적 스트레스를 줄이고 염증을 억제하는 항산화 활성을 갖는다고 보고된 바 있다(Cherng and Shin 2005). 사람을 대상으로 한 실험에서도 클로렐라의 섭취는 콜레스테롤혈증 환자의 혈중 콜레스테롤을 감소시키는 효과가 있는 것으로 보고되고 있다 (Okudo et al. 1975). 이와 같이 미세조류에는 다양한 생리활성 물질이 함유되어 있고, 미세조류의 생리활성은 종에 따라 차이가 있으며(Guzman et al. 2001), 동일 종이라도 배양조건에 따라 유용 성분의 함량 및 생리활성에 차이가 있는 것으로 보고되고 있다(Miranda et al. 2001).

이러한 관점에서 미루어 볼 때, 극지 미세조류는 극한 환경에서 생육되는 만큼, 극지미세조류가 생성해내는 대사물질들은 일반 미세조류와는 매우 다를 것으로 예상되고 있으나 이에 대한 연구는 거의 진무한 상태이다. 그러나 최근 극지생물의 생물공학적 이용을 위하여 선진 각국에서 관심이 집중되면서 이러한 극지생물을 이용한 결빙 방지물질 등과 같은 유용물질의 개발 등으로 미루어 볼 때 극지 미세조류에서도 다양한 유용성분과 생리활성이 기대되고 있다. 따라서 본 연구에서는 극지미세조류에 대한 식품학적, 영양학적 기초 자료 확보의 일환으로 극지 연구소에서 배양된 극지미세조류 3종에 대하여 아미노산, GABA 및 항산화물질 등 유용성분의 함량을 분석하고 산화적 스트레스를 억제하는 항산화 활성 및 신경세포 보호 활성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

재료

본 실험에서는 극지연구소로부터 *Fragilariaopsis pseudonana* (FP), *Chaetoceros neogracile*(CN), *Stellarima microtrias* (SM) 3종의 극지미세조류를 공급받아 사용하였다.

총 아미노산 조성 및 γ -aminobutric acid(GABA) 함량 분석

총 아미노산 분석을 위하여 동결건조한 시료 10 mg을 1000 μ l 증류수에 녹인 후 30 μ l씩 분주하여 분석에 사용하였다. 가수분해를 위해 취한 시료 각각을 완전히 건조시키고, 110°C에서 24시간 6 N HCl로 가수분해하였다. 가수분해된 아미노산을 phenylisothiocyanate(PITC)로 유도체화시키고, 시료를 완전히 말려 200 μ l의 용매(1.4 mM NaHAc, 0.1% TEA, 6% CH₃CN)로 녹여 원심분리 후, 상층액만을 0.45 μ m filter로 여과하여 HPLC를 사용하여 Pico-Tag의 방법(Young-In Co. 1992)으로 분석하였다. 또

Table 1. Conditions of high performance liquid chromatography for analysis of tocopherols in polar microalgae.

Detector	UV/vis absorbance, Fluorescence
Column	Nova-Pak C18 (3.9 × 150 mm, 4 μ m, Waters)
Solvents*	A/B/C/D=45:40:5:10 (v/v), 3 min → A/B/C/D=45:45:5:5 (v/v), 4 min → A/B/C=25:70:5 (v/v), 14 min → A/B/C=25:70:5 (v/v), 25 min → B/C=95:5 (v/v), 27 min → B/C=95:5 (v/v), 28 min → initial
Wave length	Excitation 298 nm, Emission 328 nm
Flow rate	0.8 ml/min
Injection vol.	20 μ l

Solvents* A: acetonitrile, B: methanol, C: isopropanol, D: acetic acid.

한 GABA 함량 분석을 위하여 시료 10 mg을 1000 μ l 증류수에 녹인 후 50 μ l씩 분주하여 건조시켰다. 이 건조물은 phenylisothiocyanate(PITC)로 유도체화하여 다시 완전히 말린 후 200 μ l의 용매(1.4 mM NaHAc, 0.1% TEA, 6% CH₃CN)로 녹여 총 아미노산 조성과 같은 방법으로 처리하여 분석하였다.

Tocopherol 분석

시료종의 α , β , γ , δ -tocopherol의 함량은 Chen 등 (2005)의 방법을 변형하여 분석하였다. 즉, 동결 건조한 시료 50 mg에 3 ml 메탄올을 가하여 상온에서 3분간 강력한 vortex mixing한 뒤 825×g로 5분간 원심분리하였고, 상층액은 0.45 μ m filter(Millipore)로 여과하여 high performance liquid chromatography(HPLC)로 분석하였다. 모든 추출과 분석은 3회 반복 실험하였고, HPLC 분석 조건은 Table 1에 나타내었다.

총 플라보노이드 및 총 폴리페놀 분석

3종의 극지미세조류는 80% 메탄올로 3회 반복 추출하고 8000 rpm에서 30분간 원심분리한 상등액을 여과하여 rotary evaporator로 감압농축한 뒤 이를 메탄올 추출물로 사용하였다. 각 시료의 총 플라보노이드는 시료의 메탄올 추출물 100 μ l에 diethylene glycol 1 ml을 첨가하여 균질화한 후, 1 N NaOH 100 μ l를 첨가하여 37°C에서 1시간 방치하고 UV Spectrophotometer(V-530, JASCO, JAPAN)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하여 분석하였고, 표준물질은 naringin으로 하여 환산하였다. 총 폴리페놀은 시료 100 μ l에 2% sodium carbonate 2 ml을 첨가하여 균질하고 2 N folin 용액을 100 μ l 첨가하여 상온에서 30분간 방치 후, 750 nm에서 흡광도를 측정하여 분석하였고 표준물질은 (+)-catechin으로 하여 환산하였다(Gahler et al. 2003; Katsube et al. 2004).

DPPH 라디칼 소거 활성 측정

시료의 메탄올 추출물 20 μ l와 4 \times 10⁴ M 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH: Sigma chemical Co.) 용액 80 μ l를 혼합하여 상온에서 15분간 방치시킨 후, DPPH 용액의 free radical이 소거되어 감소되는 흡광도 값을 525 nm에서 흡광도를 측정하였으며(Abe *et al.* 1998; Blois MS, 1958; Yen *et al.* 2002) 대조구로는 시료 대신 100% 메탄올을 가하였다. 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도치를 백분율로 표시하여 DPPH radical scavenging activity(%)로 나타내었다.

ABTS 라디칼 소거 활성 측정

극저미세조류 메탄올 추출물의 ABTS 라디칼 소거활성은 Arnao 등(Arano *et al.* 2001)의 방법에 따라 분석하였다. 즉, 2,2-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS, Sigma Chemical Co.) 2.5 mM과 2,2'-azobis(2-amidino-propane) dithydrochloride (AAPH)를 각각 150 mM NaCl이 포함된 100 mM potassium phosphate buffer(pH 7.4) 용액에 녹여 1:1로 혼합하고 68°C 항온수조에서 일정 시간 방치하여 ABTS·⁺ 양이온을 형성시켜 734 nm에서 흡광도 값이 0.650 \pm 0.02가 되도록 조절하였다. 이 용액 980 μ l에 농도별로 희석한 메탄올 추출액 20 μ l를 가하여 37°C에서 정확히 10분간 반응시킨 후에 흡광도의 변화를 측정하여 소거활성을 구하였다. 또한, 추출액의 농도를 달리하여 소거활성을 측정하여 50%의 소거활성을 나타내는 농도인 IC₅₀ 값을 측정하였다.

신경세포 보호활성

신경세포 보호활성 실험에 사용한 세포주는 rat pheochromocytoma PC 12로써 한국세포주은행(KCLCB)에서 분양받아 사용하였고 10% inactivated horse serum (GIBCO, USA)과 5% fetal bovine serum(GIBCO, USA)이 첨가된 RPMI 1640(GIBCO, USA, 25 unit/ml penicillin, 25 unit/ml streptomycin) 배지를 이용하여 37°C, 5% CO₂ incubator에서 배양하였다. 배양된 PC12 cells을 2.5 \times 10⁴ cell/well 농도로 96 well plate에 접종한 후 24시간 동안 배양하였고 20 mM glutamate와 극저미세조류 메탄올 추출물을 농도별로 처리하여 48시간 배양하였다. 배양 후 MTT 시약을 50 μ g 첨가하여 4시간 후 생성된 formazan을 DMSO로 용해하여 ELISA microplate reader(Molecular devices, THERBO Emax, USA)로 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 극저미세조류 메탄올 추출물의 신경세포 보호활성은 glutamate와 시료를 첨가한 세포의 생존율이 glutamate를 첨가하지 않은 정상군 세포의 생존율에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

3. 결 과

총 아미노산 조성 및 GABA 함량

총 아미노산 조성을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 나타나 이들 필수아미노산이 극저 미세조류의 주된 아미노산인 것으로 나타났으며, HIS, TYR, MET은 비교적 낮은 값을 나타내었다. 종별로 보면 *Stellarima microtrias*이 12268 mg/100 g으로 가장 높았고 다음은 *Fragilariopsis pseudonana*로서 6759 mg/100 g, *Chaetoceros neogracile*는 4051 mg/100 g으로 가장 낮았으며 *Fragilariopsis pseudonana*의 1/3 수준을 나타내어 시료간에 큰 차이를 보였다(Fig. 1). 또한 GABA(γ -aminobutyric acid)는 비단백테 아미노산의 일종으로 glutamic acid decarboxylase의 촉매작용에 의해 glutamic acid로부터 생성되며, 식물체에 널리 분포된 생리활성 물질로서 콜레스테롤 강화효과, 혈압조절효능 등이 보고되어 최근 GABA 함량을 높이는 소재 개발연구들이 진행되고 있다. 극저미세조류의 GABA 함량을 분석해 본 결과 *Stellarima microtrias*가 경우 54 mg/ 100 g으로 가장 높았으며 *Fragilariopsis pseudonana*보다는 3.6배, *Chaetoceros neogracile* 보다는 약 6배 가량 높은 값을 나타내었다(Fig. 1).

Table 2. Composition of total amino acids in polar microalgae. (mg/100 g)

	<i>Fragilariopsis</i>			<i>Chaetoceros</i>		<i>Stellarima</i>	
	<i>pseudonana</i>	<i>neogracile</i>	<i>microtrias</i>				
ASX*	310	117	762				
GLX**	879	416	1644				
SER	405	241	687				
GLY	444	246	764				
HIS	152	73	275				
ARG	510	294	735				
THR	438	240	748				
ALA	558	345	933				
PRO	348	231	643				
TYR	191	105	324				
VAL	471	294	810				
MET	193	139	361				
ILE	388	267	662				
LEU	586	402	1089				
PHE	407	287	697				
LYS	665	345	1081				

ASX*, asparagine and aspartic acid; GLX**, glutamine and glutamic acid.

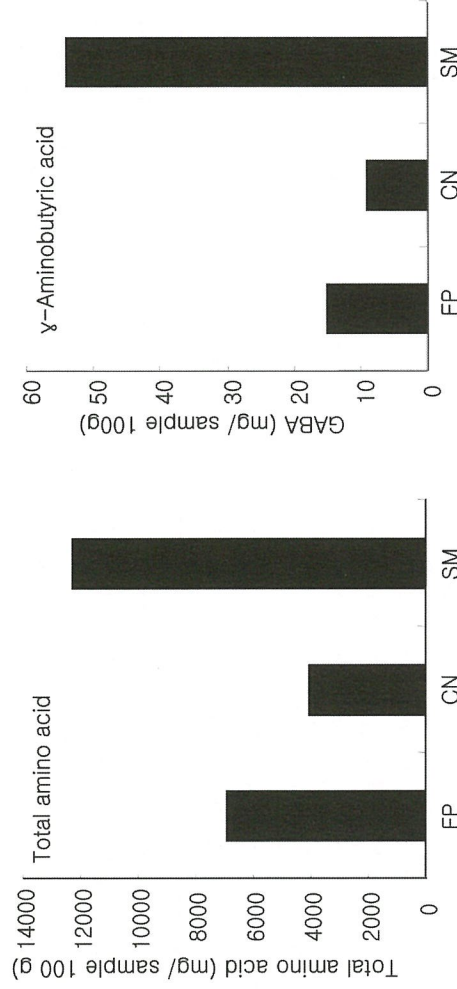


Fig. 1. Contents of total amino acid and GABA(γ -Aminobutyric acid) in polar microalgae (FP, *Fragilariopsis pseudonana*; CN, *Chaetoceros neogracile*; SM, *Stellarima microtrias*).

Table 3. Contents of tocopherols in polar microalgae.

	Tocopherols		
	α	$\beta+\gamma$	δ
<i>Fragilariopsis pseudonana</i>	1035.7	43.9	198.4
<i>Chaetoceros neogracile</i>	553.5	8.6	21.4
<i>Stellarima microtrias</i>	ND	ND	ND

Tocopherol 분석

HPLC를 이용하여 tocopherol을 분석한 결과, β , γ isomer를 제외한 peak 분리에 성공하였고, elution profile에 대한 서열은 δ , ($\beta+\gamma$), α -tocopherol 순으로 나타났으며 각각의 함량을 분석한 결과(Table 3), *Fragilariopsis pseudonana*의 경우 α , ($\beta+\gamma$), δ -tocopherol의 함량이 각각 1035.7 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 43.9 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 198.4 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 로 세 종류의 극지미세조류 중에서 가장 높게 나타났으며, 반면 *Stellarima microtrias*에서는 α , ($\beta+\gamma$), δ -tocopherol이 검출되지 않아 다양한 극지미세조류의 종류에 따른 차이를 나타내었다.

총 플라보노이드 및 총 폴리페놀 함량

극지미세조류의 메탄올 추출물을 이용하여 총 플라보노이드 및 폴리페놀 함량을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 각 시료를 중의 총 폴리페놀 함량은 162-665 mg/100 g ext 범위를 나타내었으며 *Fragilariopsis pseudonana*에서 가장 높은 함량 나타낸 반면 *Chaetoceros neogracile*에서는 가장 낮은 함량을 나타내었다. 그러나 총 플라보노이드 함량은 *Stellarima microtrias* 추출물이 686 mg/100 g ext.로 가장 높은 함량을 나타낸 반면 *Fragilariopsis pseudonana*에서는 229.3 mg/100 g ext.이었으며 *Chaetoceros neogracile*

Table 4. Contents of total polyphenols and flavonoids in polar microalgae.

	Polyphenols	Flavonoids
<i>Fragilariopsis pseudonana</i>	665.1	229.3
<i>Chaetoceros neogracile</i>	162.5	19.8
<i>Stellarima microtrias</i>	463.0	686.7

은 가장 낮은 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량을 나타내었다.

라디칼 소거 활성 능력

각 시료 메탄올 추출물의 DPPH radical scavenging activity를 분석한 결과, *Fragilariopsis pseudonana*, *Chaetoceros neogracile*, *Stellarima microtrias*, 모두 첨가농도가 증가할수록 활성이 증가하였고 1 mg의 메탄올 추출물 첨가 시 약 40-50% 정도의 라디칼 소거능을 나타내었으나 시료 간에 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다(Fig. 2). 또한 ABTS radical scavenging activity는 AAPH와의 반응에 의해 생성된 ABTS $^{\cdot+}$ free radical이 항산화 물질에 의해 제거되는 원리를 이용하여 항산화능을 측정하는 방법으로 메탄올 추출물의 ABTS radical scavenging activity를 측정된 결과(Fig. 3), *Fragilariopsis pseudonana* 추출물이 가장 높은 활성을 보였으며 다음은 *Chaetoceros neogracile*, *Stellarima microtrias* 순이었고 모두 농도의 준척 반응을 나타내었다. 또한 각 시료의 IC₅₀ 값을 비교한 결과, *Fragilariopsis pseudonana*는 124.9 μg , *Chaetoceros neogracile*는 288.5 μg 그리고 *Stellarima microtrias*는 345.7 μg 으로 나타나 *Fragilariopsis pseudonana*에서 가장 낮은 IC₅₀을 나타내어 시험 시료 중 *Fragilariopsis pseudonana*가 가장 강한 항산화활성을 있는 것으로 나타났다.

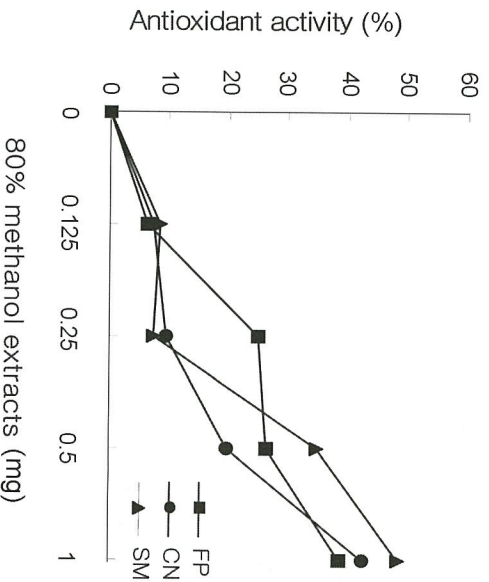


Fig. 2. Antioxidant activities of 80% methanol extracts of polar microalgae determined by DPPH method (FP, *Fragilariopsis pseudonana*; CN, *Chaetoceros neogracile*; SM, *Stellarina microtrias*).

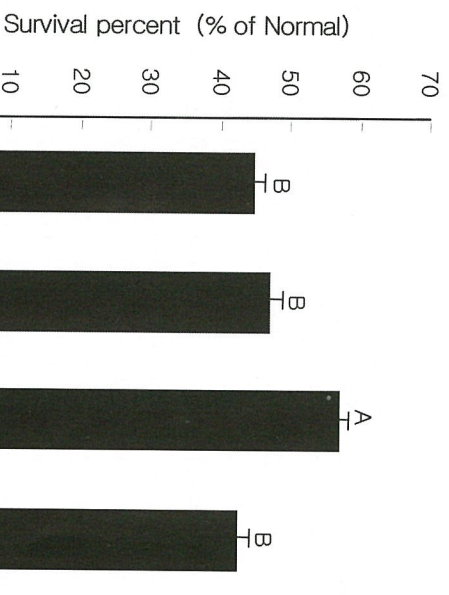


Fig. 4. Effects of 80% methanol extracts of polar microalgae on glutamate-induced cytotoxicity in PC12 cells (Con, Control; FP, *Fragilariopsis pseudonana*; CN, *Chaetoceros neogracile*; SM, *Stellarina microtrias*) Different letters are significantly different ($p < 0.005$) by Duncman's multiple range test).

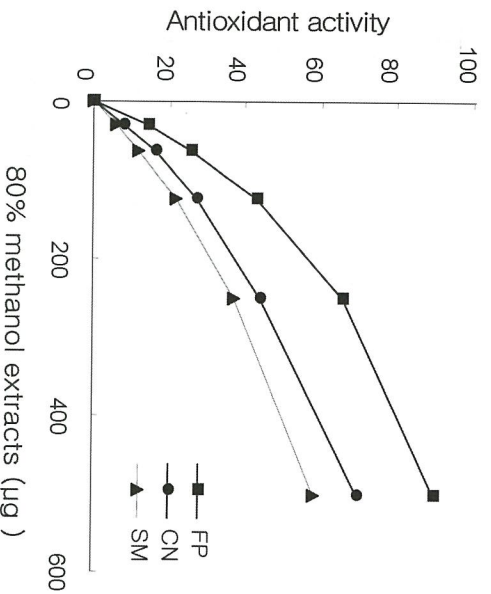


Fig. 3. Antioxidant activities of 80% methanol extracts of polar microalgae determined by ABTS method (FP, *Fragilariopsis pseudonana*; CN, *Chaetoceros neogracile*; SM, *Stellarina microtrias*).

신경세포보호 활성

Glutamate는 중추신경계의 주요 신경분 전달물질로서 뇌신경세포에 과도하게 축적된 glutamate는 산화적 stress를 유발하여 세포의 변성 및 사멸을 초래할 수 있다(Naiao *et al.* 1995). PC12 세포를 이용하여 glutamate의 농도별 세포독성을 알아본 예비실험 결과, glutamate의 농도가 증가할수록 세포의 독성이 증가하였으며 세포의 50% 사멸을 나타내는 EC_{50} value는 약 20 mM의 농도로 나타났다. 이 결과를 바탕으로 본 실험에서는 20 mM의 glutamate로 PC12 세포에 산화적 stress를 가한 뒤 극지미세조류 추출물의 glutamate 독성에 대한 신경세포보호능을 검토하

였다(Fig. 4). 그 결과 *Chaetoceros neogracile*이 대조군에 비하여 세포생존율이 유의하게 증가하여 L-glutamate에 의한 세포사멸을 억제함을 알 수 있었으나 *Fragilariopsis pseudonana*와 *Stellarina microtrias*의 추출물에서는 세포 보호능이 나타나지 않았다.

4. 고찰

본 연구에서 극지미세조류 3종에 대하여 유용성분을 분석한 결과, 총아미노산 및 GABA 함량은 *Stellarina microtrias*에서 가장 높았고 tocopherol이나 총 폴리페놀 함량은 *Fragilariopsis pseudonana*가 가장 높은 함량을 보여, 유용성분의 함량은 종에 따라 상당히 차이가 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 극지미세조류에 대한 기존 연구결과가 없어 직접적인 비교는 어려우나, 일반 미세조류의 경우에도 종에 따라 항염증활성 및 항산화 활성 등에 차이를 나타내며(Guzman *et al.* 2001), 또한 동일 종에 있어서도 배양온도에 따라 총 폴리페놀 함량이 다르다고 보고한 Miranda 등(Miranda *et al.* 2001)의 연구결과들과 유사한 경향이다. 또한 각 시료 페탄을 추출물에 대한 항산화 활성을 분석한 결과 *Fragilariopsis pseudonana*가 가장 높은 항산화 활성을 나타내었다. 이러한 결과는 *Fragilariopsis pseudonana*가 다른 종에 비하여 tocopherol

함량이 가장 높았고 추출물의 총 폴리페놀 함량도 가장 높았던 점을 고려해 볼 때 radical scavenging activity는 tocopherol과 폴리페놀 화합물에 기인한 것으로 사료되었다. 또한 이러한 항산화 활성이 ABTS assay에서는 높게 나타났으나 DPPH assay에서는 전반적으로 낮은 활성을 보였고 시료 간에 큰 차이가 나타나지 않았다. ABTS assay와 DPPH assay간의 반응의 차이는 두 방법 모두가 인위적으로 형성된 free radical을 제거한다는 공통기작을 가지나 각 항산화물질에 대한 반응정도에는 차이가 있는 것으로 추정되었다. 이러한 결과는 폴리페놀물질의 하나인 (+)-1-hydroxypinoresinol-1- β -D-glycoside와 homoplantaginin은 ABTS \cdot^+ free radical에 대한 제거능은 있지만 DPPH \cdot free radical의 제거능은 나타나지 않는다는 Wang 등의 보고(Wang et al. 1998)와도 유사한 경향이 관찰 수 있으며 향후 극지 미세조류에서도 (+)-1-hydroxypinoresinol-1- β -D-glycoside와 homoplantaginin의 분석 등이 요구된다. Wu 등(2005)의 연구에 따르면 클로렐라와 스피룰리나의 수용성 추출물을 이용하여 ABTS assay 결과 IC₅₀ 값이 약 200 μ g였고, hepatoma cell의 apoptosis를 유도하고 cell cycle를 arrest하는 효과가 있는 것으로 보고하고 있다. 본 연구에 사용된 *Fragilariopsis pseudonana*의 메탄올 추출물은 ABTS assay에서 147.9 μ g에서 IC₅₀ 값을 나타내어 보다 클로렐라와 스피룰리나 물 추출물보다는 항산화활성이 높은 것으로 확인되었다. 한편, glutamate로 유도된 신경세포손상에 대하여 극지미세조류의 보호활성을 검토한 결과, *Chaetoceros neogracile* 에서만 유의한 보호활성이 나타났다. 그러나 *Chaetoceros neogracile*에서는 *Fragilariopsis pseudonana*에 비하여 tocopherol 및 총폴리페놀 함량이 낮았던 점을 고려해볼 때 *Chaetoceros neogracile*의 신경세포 보호활성은 항산화 활성과는 다른 작용에 의하여 나타나는 것으로 사료되며, 향후 이에 대한 자세한 연구가 요구된다.

요 약

본 연구에서는 *Fragilariopsis pseudonana*, *Chaetoceros neogracile*, *Stellarima microtrias* 3종 극지미세조류의 아미노산, tocopherol 함량을 비교하고, 메탄올 추출물로부터 총폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량을 분석함과 동시에 항산화 활성 및 신경세포 보호능을 검토하였다. *Fragilariopsis pseudonana*의 α , (β + γ), δ -tocopherol 함량이 가장 높은 것으로 나타났고, 특히 *Fragilariopsis pseudonana*의 α -tocopherol 함량은 *Chaetoceros neogracile* 보다 약 2배 정도 높은 1035 μ g/100 g인 것으로 확인되었으나, *Stellarima microtria*에서는 모두 검출되지 않았다. 또한 *Fragilariopsis pseudonana*의 추출물은 ABTS assay

에 의한 항산화 활성이 가장 높았으며 총폴리페놀 함량도 가장 높았다. 한편, 신경세포 보호활성은 *Chaetoceros neogracile* 추출물에서만 확인되었다.

사 사

본 연구는 2004년도 해양수산연구개발사업의 “극지생물활용연구” 과제의 지원에 의해 수행된 연구의 일부로 이에 감사드리며, 아미노산 분석을 도와주신 기초과학연구원연구소 아미노산 분석팀에 감사드립니다.

참고문헌

- Abe, N., T. Murata, and A. Hirota. 1998. Novel 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl-radical scavengers, bisorbicillin and demethyltrichodimerol, from a fungus. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 62, 661-662.
- Arnao, M.B., A. Cano, and M. Acosta. 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chem.*, 73, 239-244.
- Blois, M.S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*. 181, 1199-1200.
- Cano, A., J. Hernandez-Ruiz, F. Garcia-Canovas, M. Acosta, and M.B. Arnao. 1998. An end-point method for estimation of the total antioxidant activity in plant material. *Phytochem. Anal.*, 9, 196-202.
- Chen, M.H. and C.J. Bergman. 2005. A rapid procedure for analysing rice bran tocopherol, tocotrienol and γ -oryzanol contents. *J. Food Compos. Anal.*, 18(4), 319-331.
- Cherng, J.Y. and M.F. Shin. 2005. Preventing dyslipidemia by *Chlorella pyrenoidosa* in rats and hamster after chronic high fat diet treatment. *Life Sci.*, 76, 3001-3013.
- Emerit, J., M. Edeas, and F. Bricaire. 2004. Neurodegenerative diseases and oxidative stress. *Biomed. Pharmacother.*, 58, 39-46.
- Gahler, S., K. Otto, and V. Bohm. 2003. Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 7962-7968.
- Guzman, S., A. Gato, and J.M. Calleja. 2001. Antinflammatory, analgesic and free radical scavenging activities of the marine microalgae *Chlorella stigmatophora* and *Phaeodactylum tricornutum*. *Phytother. Res.*, 15, 224-230.
- Kang, M.S., S.J. Sim, and H.J. Chae. 2004. Chlorella as a functional biomaterial. *Kor. J. Biotechnol. Bioeng.*, 19(1), 1-11.
- Katsube, T., H. Abata, Y. Ohta, Y. Yamasaki, E. Anurad, K. Shiwaku, and Y. Yamane. 2004. Screening for antioxidant

- activity in edible plant products: Comparison of low-density lipoprotein oxidation assay, DPPH radical scavenging assay, and Folin-Ciocalteu assay. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 7962-7968.
- Miranda, M.S., S. Sato, and J. Mancini-Filho. 2001. Antioxidant activity of the microalga *Chlorella vulgaris* cultured on special condition. *Boll. Chim. Farm.*, 140, 165-168.
- Naito, M., H. Umegaki, and A. Iguchi. 1995. Protective effects of probucol against glutamate-induced cytotoxicity in neuronal cell line PC12. *Neurosci. Lett.*, 186, 211-213.
- Okudo, M., T. Hasegawa, M. Sonoda, T. Okabe, and M. Tanaka. 1975. The effects of Chlorella on the level of cholesterol in serum. *Jpn. J. Nutr.*, 33, 3-8.
- Wang, M.F., Y. Shao, J.G. Li, N.Q. Zhu, M. Rangarajan, E.J. Lavoie, and C.T. Ho. 1998. Antioxidative phenolic compounds from sage (*Salvia officinalis*). *J. Agric. Food Chem.*, 46, 4869-4873.
- Wu, L.C., J.A. Ho, M.C. Shieh, and I.W. Lu. 2005. Antioxidant and antiproliferative activities of spirulina and chlorella water extracts. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 4207-4212.
- Yen, G.C., P.D. Duh, and H.L. Tsai. 2002. Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. *Food Chem.*, 79, 307-313.
- Young-In Scientific Co. 1992. Application of amino acid analysis system. Young-In Scientific Co. Ltd., Seoul, Korea.

Received Dec. 5, 2005

Accepted Mar. 8, 2006

