

우뭇가사리 분획물의 항균 및 암세포 성장억제효과

신혜정 · 강대연 · 신미옥 · 배송자*

신라대학교 식품영양학과, 마린-바이오 산업화지원센터

The Antimicrobial and Growth Inhibitory Effects of *Gelidium amansii* L. Fractions on Cancer Cell Lines. Hye-Jung Shin, Dae-yeon Gang, Mi-Ok Shin and Song-Ja Bae*. Dept. of Food and Nutrition, Marine Biotechnology Center for Biofunctional Material Industries, Silla University, Busan 617-736, Korea

Abstract In this study, we investigated antimicrobial and cytotoxicity effects of *Gelidium amansii* L., which using methanol, dichloromethane and ethanol were extracted and fractionated into four different types : methanol (GAMM), hexane (GAMH), butanol (GAMB) and aqueous (GAMA). The antimicrobial activity was increased in proportion to its concentration by the paper disc method. Among the solvent fractions, The methanol partition layer (GAMM) showed the strongest antimicrobial activities and cytotoxic effects on all cancer cell lines. We also observed quinone reductase (QR) induced effects in all fraction layers of GA on HepG2 cells. The QR induced effects of GAMM on HepG2 cells at 40 μ g/mL concentration indicated 2.5 with a control value of 1.0.

Key words : Antimicrobial, cytotoxicity, quinone reductase, *Gelidium amansii* L.

서 론

최근 서구화 된 생활 패턴에 의해 성인병, 만성질환 등 소위 현대병에 위기를 느끼면서 건강에 대한 관심이 더욱 고조되어 가고 있는 실정이다. 특히 식생활 양식의 부조화는 건강을 심각하게 위협하는 주요 요건으로, 암을 비롯한 각종 만성 질환의 원인으로 지목되고 있다.

암 발생의 주요원인은 유전적 인자와 환경적 인자에 의해 일어난다고 보고되어 있으며, 이중 대부분은 식이와 연관성이 있다고 보고되어 있다. 현재 진행되고 있는 암 치료는 외과적 수술 (surgery), 방사선치료 (radiation therapy) 및 화학요법 (chemotherapy) 등이 주류를 이루고 있으나 약물의 장기투여로 인한 각종 부작용 등이 매우 심각한 것으로 알려져, 최근에는 암 백신, 면역요법, 생물학적 제재 등이 암 예방 및 치료에 근본적인 가능성이 많은 것으로 관심을 끌고 있다 [7,8]. 암은 다른 모든 질병과 마찬가지로 치료

보다 예방을 함으로서 사전에 그 해결점을 찾는 것이 근본적인 방법이며 이러한 관점에서 최근 천연물 소재로부터 항 발암 효능이 우수한 물질을 찾아내고 그 생체조절기능을 연구 검토함으로서 천연물을 이용한 기능성 식품개발의 연구가 활발히 진행되고 있다 [1,2,9].

홍조식물인 우뭇가사리목 (*Gelidiales*), 우뭇가사리 (*Gelidium amansii* L.: GA)는 물이 빠져나가는 봄에 흔히 볼 수 있는 해조류로 생김새가 소의 털과 흡사하다하여 우모초 (牛毛草)라 부르기도 하고 한천의 원료로 주로 알려져 있다. 우리나라 한천생산의 원조는 우뭇가사리과 (*Gelidium*)와 꼬시래기과 (*Gracilaria*)로서 종의 분류는 상당히 복잡하며, 분류 방법에 대하여는 지속적으로 논의가 진행 중에 있다 [10]. 우뭇가사리로부터의 한천은 홍조류의 세포벽을 이루는 구성 다당류로서 α (1-4)-3,6-anhydro-D-galactose와 β (1-3)-D-galactose가 교차 결합한 골격을 가지며 약 6%의 황산기가 ester결합을 이루고

* Corresponding author

Phone: +82-51-999-5462, Fax: +82-51-999-5687

E-mail: sjbae@silla.ac.kr

있다 [15]. 그리고 점질성 복합다당류로 식품공업, 의약, 미생물 배지, 화장품 유화제나 고형제 등의 다양한 용도로 이용되고 있으며 장에 흡수되지 않기 때문에 다이어트 제품으로도 사용된다. 특히, 국내에서 생산되는 우뭇가사리 한천 원조는 수율과 품질에 있어서 매우 우수하다 [5,6] 우뭇가사리로 부터의 한천에 관한 연구로는 한천 원조의 계절적인 성분변화 [12], 한천의 성분 조성 [16], 한천 제조시 전처리 조건 [13] 한천의 추출 및 정제 방법 [5], 그리고 한천의 품질 및 용액의 특성에 대한 연구등이 보고되어지고 있다 [11]. 그러나 한천의 원료인 우뭇가사리에 대한 다양한 생리 활성에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 우뭇가사리가 가지는 생리 활성 중 항균활성을 측정하고 암세포 증식억제효과 (cytotoxicity)와 암 예방 효소계인 quinone reductase의 유도활성 효과를 연구하여 생리활성을 이용한 기능성 식품으로서의 개발 가능성을 타진해 보았다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에 사용된 우뭇가사리 (*Gelidium amansii* L.)는 2007년 7월 부산 자갈치 시장에서 구입하여 세척 후 동결 건조하여 시료로 사용하였다. 세포실험에 사용된 시약 중 NP-40과 3-[4,5-dimethylthiazol-2-yl]-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT)와 menadione은 Sigma사 제품을 구입하였고 flavin adenine dinucleotide (FAD), dicumarol 및 glucose-6-phosphate dehydrogenase는 Amresco사 제품을 구입하였으며, minimum essential medium (MEM), Dulbecco's Eagle modified medium (DMEM) 과 phosphate buffered saline (PBS) 등은 Gibco-BRL (USA) 에서 구입하였다. 항산화 실험에 사용된 시약 중 dihydrorhodamine123 (DHR123)와 2',7'-Dichloro-dihydrofluorescein diacetate (DCFDA)는 Molecular Probes사로, peroxyntirite (ONOO⁻)는 Cayman Chemical Co.사로부터 구입하였고, 그 외 연구에 사용된 용매 및 시약은 특급을 사용하였다.

시료의 추출 및 분획물 제조

시료로 사용된 우뭇가사리 (*Gelidium amansii* L.)는 깨끗이 세척한 후 동결건조 후 분쇄하여 시료와

메탄올을 1:5 (W/V)의 비율로 첨가한 후 상온에서 2회 추출하고, 극성과 비극성으로 선별물질을 추출하기 위하여 우선 메탄올과 다이클로로메탄 (CH₂Cl₂)을 1:1로 섞은 용액에 2회 추출한 후 회전식 진공농축기로 일정시간 감압 농축시켜 동결건조한 후 우뭇가사리의 methanol추출물 (GAM)을 얻었다. 이 추출물을 hexane층 (GAMH), methanol층 (GAMM), butanol층 (GAMB) 및 aqueous층 (GAMA)으로 나누어 비극성에서 극성으로 계통 분획하고 각 분획층을 감압 농축 후 동결 건조하여 분말로 만들어 시료로 사용하였다.

추출물의 용매 분획별 항균활성 측정

계통분획 추출물의 항균성 검색은 paper disc method [4]를 이용하였으며, 사용균주는 단백질 식품 부패 원인균인 *Serratia marcescens* 와 *Proteus mirabilis*, 감염형 세균성 식중독 원인균인 *Salmonella enteritidis*, 흡과 물에 널리 퍼져 있고, 가열한 음식의 부패 원인균인 *Bacillus subtilis* 및 식중독 원인균인 *Staphylococcus aureus* 이며 각 균의 생육 및 보존을 위해 사용한 배지는 Nutrient agar (Difco), Yeast extract을 사용하였다. 항균성 시험용 평판배지는 멸균 후 petri dish에 20 mL씩 분주하여 응고시키고 전배양한 각종 시험균을 무균적으로 첨가하여 기층용 배지 위에 다시 10 mL씩 분주하여 2종의 평판배지를 만들었다. 각 용매 분획별 추출물의 농도를 500에서 2000 µg/mL로 증량시키면서 멸균된 disc (직경 6 mm, Toyo Roshi Kaisha, Ltd.)에 흡수, 건조시켜 균주가 도달된 plate 표면에 올려놓은 후 37°C incubator에서 24시간 배양하여 disc 주위에 생성된 clear zone의 직경 (mm)으로부터 각 분획물의 항균활성을 측정하였으며 이 실험을 5회 반복하여 평균치를 나타내었다.

암세포 배양

본 실험에 사용한 암세포주는 대장암세포인 HT-29 (human colon adenocarcinoma)와 간암세포인 HepG2 (human hepatocellular carcinoma), 유방암세포인 MCF-7 (human breast adenocarcinoma pleural effusion)과 피부암세포인 B16-F10 (mouse melanoma)로서 2006년 5월 한국세포주은행 (Korean Cell Line Bank, KCLB)에서 구입하여 배양시킨 후 실험에 사용하였다.

HT-29 세포주는 RPMI1640 medium, HepG2와 MCF-7, B16-F10 세포주는 DMEM medium을 사용하였고 medium은 10%의 fetal bovine serum (FBS)과 1% 100 units/mL의 penicillin streptomycin이 함유된 것으로 세포를 T-75 flask에 이식한 후, 37°C 5% CO₂ incubator에서 monolayer로 배양하였다.

암세포 증식억제 효과측정 (Cytotoxicity)

우뭇가사리 추출 분획물의 암세포 증식억제 효과는 세포의 생육을 측정하는 MTT (3-[4,5-dimethylthiazol-2-yl]-2,5-diphenyl tetrazolium bromide) assay를 사용하여 행하였다.

MTT assay는 살아있는 세포의 미토콘드리아 내의 dehydrogenase가 황색 수용성 물질인 MTT에 의해 dark blue formazan을 생성하는 원리를 이용한다. 이를 위해 각 세포주를 1×10⁵ cells/well의 농도로 맞추고 24 well에 각각 1 mL씩 첨가하여 24시간 동안 37°C, 5% CO₂ incubator에서 배양한 후 용매 종류별 분획물을 각각 일정량의 dimethyl sulfoxide (DMSO)에 녹여서 50, 100, 150, 200 및 250 µg/mL의 농도로 첨가하였다. 48시간 동안 배양한 후 각 well에 PBS 완충액에 녹인 MTT 용액 (3 mg/mL)을 100 µL씩 첨가하여 4시간 동안 다시 배양시킨 후, well 바닥에 형성된 formazan이 흩어지지 않게 상등액을 제거하고 DMSO와 ethanol을 1:1로 혼합한 용액 1 mL를 첨가하여 천천히 녹인 후 UV-visible spectrophotometer를 이용하여 570 nm, 690 nm에서 각각 흡광도를 측정하여 대조군 세포수를 100%로 하였을 때의 상대적인 세포성장 억제율을 구하였다.

Quinone reductase (QR) 유도 활성 측정

QR생성 유도 효과는 Prochaska 와 Santamaria의 방법 [14]을 일부 변형하여 측정하였다. 즉 T-75 flask에서 배양중인 HepG2 세포가 80%이상 증식하게 되면 24 well plate의 각 well에 1×10⁴ cells/mL 되도록 HepG2 세포를 분주하여, 37°C 5% CO₂ incubator에 24시간 동안 배양한 후 우뭇가사리 추출물을 각각 DMSO에 녹여 10, 20, 30 및 40 µg/mL의 농도로 첨가하고, 다시 24시간 동안 배양한 다음 배양액을 제거하였다. 배지가 제거된 각 well에 250 µL의 lysis buffer (10 mM Tris-HCl, pH 8.0, 14 mM NaCl, 15 mM MgCl₂)를 혼합하여 well에 1 mM씩 첨가하여 5분 동

안 반응시킨 후, 반응 정지 용액인 10.3 mM dicumarol, 0.5% pyridine, 5 mM potassium phosphate (pH 7.4) 혼합액을 250 µL씩 첨가하여 효소반응을 정지시키고 UV-visible spectrophotometer를 이용하여 610 nm에서 흡광도를 측정하여 계산하였다. 그리고 단백질량은 동일한 set의 well plate에 대한 crystal violet 염색 방법으로 정량하였다.

결과 및 고찰

우뭇가사리 분획물의 수득율

우뭇가사리 (*Gelidium amansii* L.)를 methanol로 2회, dichloromethane과 ethanol을 1:1로 섞은 용매에 2회 추출하여 추출물 (GTM)15g을 얻고, 이 추출물을 용매별로 분획하여 hexane (GAMH)1.17g, methanol (GAMM)0.35g, butanol (GAMB) 0.51g 및 aqueous (GAMA) 5.4g 을 얻었다.

항균활성 효과

우뭇가사리의 각 분획물 GAMM, GAMH, GAMB, GAMA층을 단백질 식품 부패 원인균인 *Serratia marcescens*, *Proteus mirabilis*의 2종과 감염형 세균성 식중독 원인균인 *Salmonella enteritidis*, 부패균인 *Bacillus subtilis*, 식중독 원인균인 *Staphylococcus aureus* 등 총 5가지 균종에 처리하여 항균력을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 실험에 사용한 모든 균주에서 전반적으로 GAMM층이 가장 높은 항균활성을 나타내었고 그 중 단백질 식품 부패 원인균인 *Proteus mirabilis*에서 가장 높은 항균활성을 관찰할 수 있었다.

각 균주별로 살펴보면 *Serratia marcescens*는 GAMM층에서만 항균력을 나타내었으며 0.5, 1.0, 1.5, 및 2.0 mg/mL첨가했을 때 농도 의존적으로 6.7, 7.2, 8.0 및 9.6 mm의 항균활성을 나타내었다. 그러나 그 외 GAMA, GAMB 및 GAMH층에서는 전혀 항균활성을 볼 수 없었다.

*Proteus mirabilis*의 경우는 GAMM과 GAMH 두층에서 항균활성을 볼 수 있었으나 GAMA, GAMB층에서는 항균 활성을 관찰할 수 없었다. 특히 이 균은 실험에 사용한 다른 균주들 중 가장 높은 항균력을 나타내었으며 GAMM층의 경우 최종농도 2.0 mg/mL를 첨가했을 때 14 mm의 가장 높은 항균활성

Table 1. Antimicrobial activities of the *Gelidium amansii* L.on fraction against various microorganisms

| Stains | fractions ¹⁾ (mg/mL) | Clear zone on plate (mm) ²⁾ | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|--|------|------|------|
| | | GAMA | GAMB | GAMM | GAMH |
| <i>Serratia marcescens</i> | 0.5 | - | - | + | - |
| | 1.0 | - | - | + | - |
| | 1.5 | - | - | ++ | - |
| | 2.0 | - | - | +++ | - |
| <i>Proteus mirabilis</i> | 0.5 | - | - | + | + |
| | 1.0 | - | - | ++ | + |
| | 1.5 | - | - | +++ | ++ |
| | 2.0 | - | - | ++++ | ++ |
| <i>Salmonella enteritidis</i> | 0.5 | - | - | + | + |
| | 1.0 | - | - | + | ++ |
| | 1.5 | - | - | +++ | ++ |
| | 2.0 | - | - | ++++ | ++ |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 0.5 | - | + | + | - |
| | 1.0 | - | + | + | - |
| | 1.5 | - | + | + | - |
| | 2.0 | - | + | ++ | - |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 0.5 | - | + | + | - |
| | 1.0 | - | + | + | - |
| | 1.5 | - | + | ++ | - |
| | 2.0 | - | +++ | +++ | - |

¹⁾ GAMM : Methanol Partition layer of methanol extracts of *Gelidium amansii* L.(GAM).
 GAMA : Aqueous layer of GAM.
 GAMB : Butanol Partition layer of GAM.
 GAMH : Hexane Partition layer of methanol extracts of GAM.

²⁾ Treated sample was adsorbed into paper disk (6 mm, diameter) and the diameter (mm) of clear zone was confirmed around the colony. Growth inhibition size of clear zone : +++++, larger than 10.5 mm; +++, 10.5-9 mm; ++, 7.5-9.0; +, smaller than 7.5 mm; -, not detected.

을 나타내었다. 다음으로 GAMH층에서는 최종농도 2.0 mg/mL 첨가시 8.5mm의 항균활성을 나타내었다.

*Salmonella enteritidis*에서는 *Proteus mirabilis*의 경우와 같이 GAMM과 GAMH 두층에서 항균활성을 볼 수 있었고 GAMA, GAMB층에서는 항균 활성을 관찰할 수 없었다. GAMM층을 1.0, 1.5 및 2.0 mg/mL 첨가시 농도 의존적으로 각각 7.5, 9.6 및 10.7 mm의 항균활성을 나타내었으며 GAMH층의 경우는 최종 농도 2.0 mg/mL 첨가시 8.8 mm의 항균활성을 나타내었다.

*Bacillus subtilis*와 *Staphylococcus aureus*의 경우는 GAMB와 GAMM 두층에서 항균활성을 볼 수 있었고 GAMA와 GAMH층에서는 항균 활성을 관찰할 수 없었다. 그리고 *Bacillus subtilis*에서는 GAMB 와

GAMM층에서 최종농도 2.0 mg/mL 첨가시 7.5 mm 와 8.2 mm의 다소 낮은 항균활성을 나타내으나, *Staphylococcus aureus*에서는 최종농도에서 10.3 mm 와 10.5 mm m이 항균력을 나타내어 *Proteus mirabilis* 다음으로 높은 항균활성을 나타내었다.

본 실험의 결과 우뭇가사리는 각 균주와 분획물에 따라 항균력이 다르게 나타났으나 전체적으로 볼 때 GAMM층에서 가장 높은 항균력을 나타내었다. 이러한 결과는 극성물질의 용매층인 GAMM층에 항균 활성물질이 존재함을 유추해 볼 수 있었으며 이층의 항균물질 구조 분석등 항균활성 물질규명은 더욱더 연구해야 할 과제라고 생각된다. 또한 다른 균주에 비해 단백질 식품 부패 원인균인 *Proteus mirabilis*, *Serratia marcescens* 에서 다소 큰 활성을 보였으므로 앞으로 이러한 활성성분을 이용한 천연 항균 식품 보존제로서의 산업화 이용도 기대되어진다.

암세포 증식억제에 미치는 우뭇가사리 분획물의 영향

대장암세포주인 HT-29 (human colon adenocarcinoma), 간암세포주인 HepG2 (human hepatocellular carcinoma), 유방암세포주인 MCF-7 (human breast adenocarcinoma pleural effusion)및 피부암세포주인 B16-F10 (mouse melanoma)에 대한 우뭇가사리 분획물의 암세포 증식억제 효과에 대한 결과는 Fig. 1, 2, 3 및 4와 같다.

Fig. 1은 대장암세포주인 HT-29에 용매별 각 시료 분획물을 50, 100, 150, 200 및 250µg/mL씩 농도를 증가시키며 첨가하였을 때의 암세포 증식억제 효과

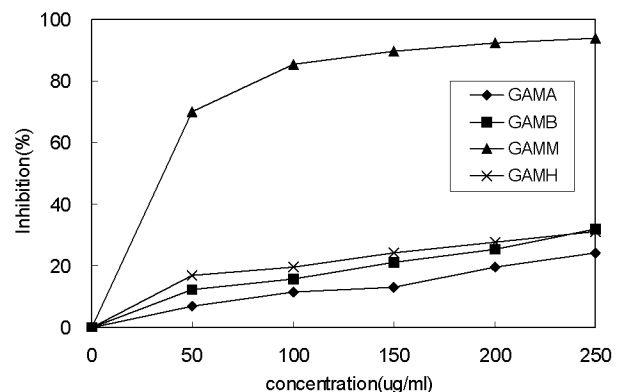


Fig. 1. Inhibitory effect on cell survival of the each fractions from the methanol extract of *Gelidium amansii* L.(GA) on HT-29.

를 나타낸 그림이며, 여러 용매 분획층 중 methanol 분획층인 GAMM층에서 그 효과가 가장 뛰어났다. 즉, GAMM층의 시료 농도 150 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 를 첨가했을 때 89.75%의 암세포 증식억제 효과를 보였고, 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 를 첨가했을 때는 92.42% 그리고 최종농도 250 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 를 첨가했을 때는 93.89%의 매우 높은 효과가 나타났다. 간암세포주인 HepG2에 대한 암세포 증식억제 실험 결과는 Fig. 2에 나타내었으며, Fig. 1의 HT-29 세포주에 대한 암세포 증식억제 효과와 같이 GAMM층에서 그 효과가 제일 컸으며 GTMM층을 150 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 첨가했을 때 이미 90.26%의 암세포 증식억제 효과를 나타내었으며, 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 첨가했을 때 93.18%, 최종농도인 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 첨가시 95.06%의 매우 높은 암세포 증식억제효과를 나타내었다. 그러나, GAMM층을 제외한 다른 모든 분획층에서는 최종농도 첨가시에도 30% 이하의 낮은 암세포 증식억제 효과를 나타내었다.

Fig. 3은 유방암세포주인 MCF-7의 결과이며, 이 경우에도 HT-29와 HepG2 세포주의 경우와 같이 GAMM층에서 그 효과가 가장 높게 나타났으며 시료농도 150 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 를 첨가했을 때 89.60%의 높은 수치를 보였으며, 최종 첨가농도인 250 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 를 첨가했을 때는 95.05%의 높은 효과를 나타내었다.

Fig. 4는 피부암세포주인 B16F-10에 대한 결과를 나타낸 것으로 위의 HT-29, HepG2, 및 MCF-7 세포주에서와 마찬가지로 GAMM층에서 암세포 증식억제 효과가 가장 컸으며 다른 모든 분획층에서는 낮은 암세포 증식억제 효과를 나타내었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 용매별로 분획한

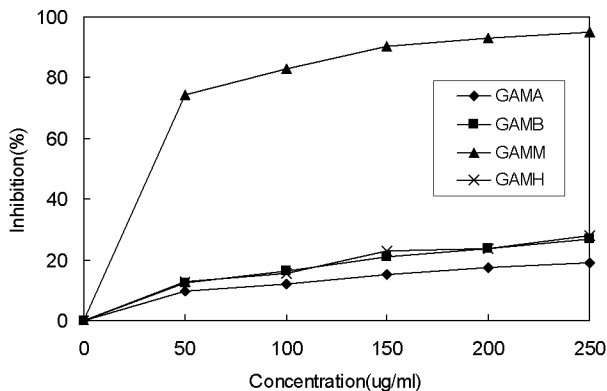


Fig. 2. Inhibitory effect on cell survival of the each fractions from the methanol extract of *Gelidium amansii* L.(GA) on HepG2.

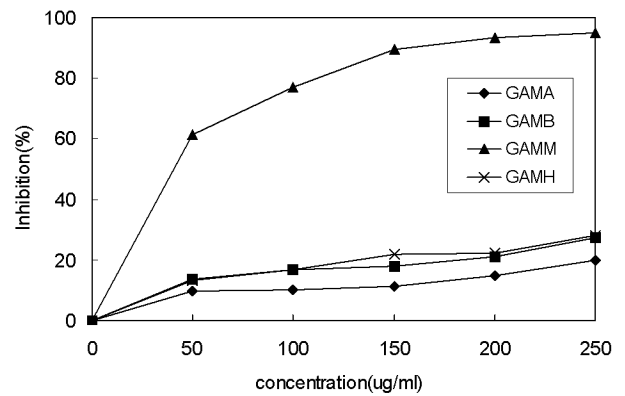


Fig. 3. Inhibitory effect on cell survival of the each fractions from the methanol extract of *Gelidium amansii* L.(GA) on MCF-7.

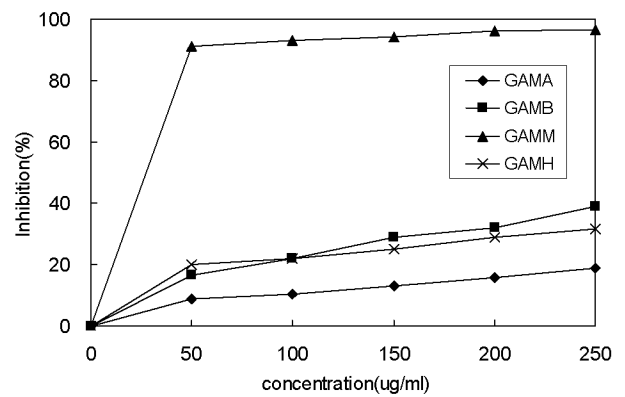


Fig. 4. Inhibitory effect on cell survival of the each fractions from the methanol extract of *Gelidium amansii* L.(GA) on B16F10.

우뭇가사리 분획물은 실험에 사용한 모든 암세포주에서 methanol 분획층인 GAMM층에서 암세포 증식억제 효과가 가장 높았으며 농도 의존적 경향은 거의 유사하였다.

그리고 해양식물 중 홍조류에 속하는 우뭇가사리는 모자반, 미역귀 등 다른 해조류 [2,3]의 실험결과와 비교해보았을 때도 암세포 증식억제 효과는 월등히 높았다. 그리고 암세포 성장억제를 일으키는 우뭇가사리의 생리활성 물질은 약한 극성물질이 녹아 있는 GTMM층에 주로 존재한다고 추측해 볼 수 있었으며 이 층에서의 구조적 분석과 암세포 성장을 억제시키는 물질의 존재가 주목되는 바이다.

Quinone reductase 유도활성 효과

quinone reductase (QR) 유도 활성 측정을 보다 신속하고 정확하게 측정하기 위해 본 실험에서는 유일

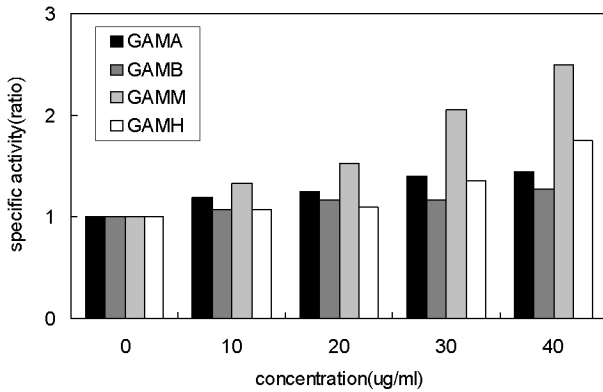


Fig. 5. Effect of various partition layers of *Gelidium amansii* L.(GA) on the induction of quinone reductase in HepG2 cells.

하게 QR 유도활성을 가진 인체간암세포주인 HepG2를 사용하여 실험을 행하였으며, 그 결과는 Fig. 5에 나타내었다.

HepG2 세포주에 우뚝가사리의 각 분획물을 10, 20, 30 및 40 µg/mL의 농도로 첨가했을 때 각 첨가물의 농도에 따라서 농도 의존적으로 QR 활성이 증가하는 경향을 보였으며, 특히 methanol 분획층인 GAMM에서 아주 좋은 QR 유도 활성효과를 나타내었고, 그 다음으로는 GAMH에서 QR 유도 활성효과가 서서히 증가하였다. methanol 분획층인 GAMM의 경우 용매 대조군을 1.0으로 하여 비교한 결과 20, 30 및 40 µg/mL의 시료첨가 농도에서 각각 1.53, 2.06 및 2.5 으로 농도의존적인 QR 유도활성효과를 나타내었다.

특히 극성 용매층인 GAMM에서 QR 유도효과가 제일 높았으므로 이 분획층에서의 quinone reductase inducer가 존재함을 추정할 수 있고 앞으로 더욱더 심도 있는 연구를 통해 우뚝가사리중의 생리활성 물질을 추적, 보완하여 그 구조를 동정함으로써 식품 산업에 있어서의 암 예방 효과를 지닌 기능성 식품 개발에 매우 중요한 자료가 될 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

본 실험은 홍조 해조류의 하나인 우뚝가사리를 추출, 각 용매별로 분획하여 항균효과와 암세포 성장억제 및 QR 유도활성 효과 등의 생리활성을 연구하였다. 우뚝가사리의 각 분획물 GAMM, GAMH, GAMB 및 GAMA층을 단백질 식품 부패 원인균인 *Serratia*

marcescens, *Proteus mirabilis*의 2종과 감염형 세균성 식중독 원인균인 *Salmonella enteritidis*, 부패균인 *Bacillus subtilis*, 식중독 원인균인 *Staphylococcus aureus* 등 총 5가지 균종에 처리하여 항균력을 조사한 결과 GAMM층에서 높은 가장 높은 항균 활성 효과를 나타내었다.

또 4종의 인체 암세포주 HT-29, HepG2, MCF-7 및 B16F-10 세포주에 대한 암세포 증식 억제 실험을 한 결과 사용한 4종의 모든 암세포주에서 methanol 분획층인 GAMM에서 낮은 농도의 시료첨가에도 불구하고 괄목할 만한 높은 암세포 성장 억제효과를 나타내었다. 한편, 사용한 4가지 암세포주중 유일하게 quinone reductase를 가지고 있는 HepG2를 이용한 암 예방지표인 quinone reductase 효소 유도 활성 여부를 측정된 결과 분획물 첨가농도를 10, 20, 30 및 40 µg/mL로 첨가하였을 때 GAMM의 첨가농도 20 µg/mL에서 대조군에 비해 약 2배 이상의 높은 QR 유도효과를 나타내었고 최종농도 40 µg/mL에서는 2.5 배의 암예방 QR 유도효과를 나타내었다.

참 고 문 헌

1. Bae, M.J., Yee, S.T., Chae, S.Y., Shin, S.H., Kweon, S.H., Park, M.H., Song, M.K., and Hwang, S.J. 2004. The effect of arabinoxylane and the polysaccharide peptide (PSP) on the anti-allergy, anticancer. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **33**, 469-474.
2. Bae, S.J. 2004. Anticarcinogenic effects of *Sargassum fulvellum* fractions on several human cancer cell lines in vitro. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **33**, 480-486.
3. Bae, S.J. 2004. Studies on the antioxidative and antimicrobial effects of *Chondria crassicaulis*. *J. Life Sci.* **14**, 411-416.
4. Davidson, P.M., Parish, M.E. 1989. Methods for testing the efficacy of food antimicrobials. *Food Technol.* January, 148-155.
5. Do, J.R. 1997. Extraction and purification of agar from *Gelidium amansii*. *J. Kor. Fish. Soc.* **30**, 423-427.
6. Do, J.R., Park, J.H. and Jo, K.S. 1998. A Manufacturing Technique of Agar with Strong Gelling Ability from *Gelidium amansii*. *J. Kor. Fish. Soc.* **31**, 673-676.
7. Goodaman, G.Y., Yen, Y.P., Cox, T.C. and Crowley. 1987. Effect of verapamil in vitro cytotoxic and vinblastine in human tumor cell. *Cancer Res.* **47**, 2295-2299.
8. Hwang, B.H., Zhao, J.L., Choi, K.P., Jung, S.W., Kim, E.J. and Ham, S.S. 1996. The antimutagenic and anticancer effect of *Taxus cuspidata* extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **25**, 1062-1068.
9. Jeon, K.H. 2003. A Study on the Effect of Biological Activity of *Chondria crassicaulis*. *Department of Food*

and Nutrition Graduate School of Silla Univ.

10. Jol, C.A., T.G. Neiss, B. Penninkhof, B. Rudolph and G.A.D. Ruiter. 1999. Novel high-performance anion-exchange chromatographic method for the analysis of carrageenans and agars containing 3,6-anhydrogalactose. *Anal. Biochem.* **268**, 213-222.
11. Kang, H.J., Ko, M.S., Kim, H.J., Kim, S.W. and Bae, T.J. 1996. Fluid properties and Quality of Agar Solution from Cheju Seaweed, *Gelidium amansii*. *J. Kor. Fish. Soc.* **29**, 716-721.
12. Park, Y.H. 1969. Seasonal variation of total nitrogen content in the seaweed, *Gelidium amansii* Lamouroux. *Bull. Kor. Fish. Soc.* **2**, 83-86.
13. Park, Y.Y., Rhee, C. and Yang, H.C. 1985. Effect of acid treatment on extractability and properties of agar. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **17**, 319-325.
14. Prochaska, H.J., Santamaria, A.B. 1988. Direct measurement NAD (P)H. Quinone reductase from cells cultured in microtiter wells. A screening assay for anti-carcinogenic enzyme inducer. *Anal. Biochem.* **169**, 328-336.
15. Rudolph, B. 1999. The marine and fresh water natural products (Flick, G.G., and R.E. Martine, ed.). *Chapman & Hall*, pp. 15-19.
16. Yoon, H.S. and Park, Y.H. 1984. Studies on the composition of agaropectin in agar-agar. *Bull. Kor. Fish. Soc.* **24**, 27-33.