
해조류의 영양

남 택 정

부경대학교 식품생명공학부

해조류의 영양

남택정

부경대학교 식품생명공학부

우리나라에서는 오래전부터 해조류를 식용으로 이용하고 있었으나, 해산 동물처럼 광범위하지는 못하다. 국내 해조류는 클로렐라나 식물성 부유 생물 같은 미세조류를 제외하더라도 약 700여종 이상이 알려져 있지만, 이들 성분에 대해서는 육상 식물처럼 구체적인 연구는 부진하였으나, 최근 들어 해조류의 영양 성분이 웰빙 바람에 편승되어 아주 활발하게 진행되고 있다. 해조류는 일반 채소류보다 비타민과 무기질이 풍부하여 푸른 채소가 귀한 겨울철에 비타민 공급원으로 널리 이용되어 왔다. 특히 식이섬유가 가장 많이 함유되어 각종 성인병의 예방과 개선에 빼놓을 수 없다. 따라서 해조류의 영양 성분 조성은 보면 탄수화물이 주성분으로 가장 많은 부분을 차지하며, 그 외에도 비타민과 무기질 및 소량의 단백질로 이루어져 있다. 현재 우리나라에서 일반적으로 식용되는 대표적인 해조류로는 김, 미역, 다시마, 툇, 모자반, 우뚝가사리, 갈파래, 파래, 청각 등을 들 수 있다.

1. 식이섬유

식이섬유는 해조류의 주성분이다. 식이섬유는 물리적 성질과 화학적 구조에 따라 크게 수용성과 불용성으로 나누어지며, 해조 다당류는 수용성 식이섬유에 속한다. 일반적으로 수용성 식이섬유는 불용성 식이섬유에 비해 보수력이 커서 겔을 형성하여 점성이 더 커지므로 식후 만족감을 지속시키고 열량 섭취량을 감소시켜 체중 감소를 초래할 수 있으며, gastric emptying의 지연, 위 내용물의 체류시간 연장 및 흡수 억제 작용을 가짐으로써 glucose 흡수를 저하시키고 동시에 내당능의 개선 효과를 가진다. 식이섬유는 bulking effect가 크므로 배설물의 보수성을 향상시켜 변의 용적 및 무게를 증가시키고 배변량 및 횟수를 증가시킴으로써 정장 작용을 돕는다. 또한, 식이섬유가 가진 양이온 교환능과 흡착능은 금속 이온의 흡수를 저하시키고 배설을 촉진하며 독성 제거 효과도 있는 것으로 보고되었다.

식이섬유의 섭취가 만성 퇴행성 질환의 예방에 효과적이라는 연구 보고로 심장병과 같은 순환기 계통의 이환율이 높은 서구에서는 1970년대부터 식이섬유의 효능에 많은 관심을 가져왔다. 식이섬유의 콜레스테롤 저하 효과는 주로 흰쥐, 기니피그, 햄스터, 토끼 등의 동물 실험을 통하여 연구되어져 왔다.

여기에서는 해조류의 식이섬유로 알려져 있는 알긴산, 후코이단, 카라기난, 포피란 등을 위주로 하여 구조 및 기능성에 관하여 지금까지 보고된 연구 자료를 기초로 살펴보면 다음과 같다.

1) 알긴산

① 알긴산의 구조

갈조류가 함유하는 탄수화물 중 다당류는 그 대부분이 알긴산으로 약 70~80%로 갈조류의 세포벽을 구성하는 다당류로 만뉴론산(mannuronic acid)과 이 물질의 구조 이성질체인 글루론산(guluronic acid)으로 구성되어 있다. 알긴산의 함량은 갈조류의 종류, 지역 및 계절에 따라 다르나 대개 15~40% 정도이다. 알긴산을 구성하는 만뉴론산과 글루론산의 비율(M/G ratio) 역시 갈조류의 종류에 따라 각기 다르며, 그 비율은 대략 0.45~1.85이다. 만뉴론산과 글루론산의 비율은 알긴산으로 겔을 만들 때 겔의 물리적 성질에 영향을 준다. M/G 비율이 낮은 알긴산(알긴산을 구성하는 글루론산의 양이 상대적으로 많은 경우)은 딱딱하여 깨지기 쉬운 겔을 만들며, M/G 비율이 높은 알긴산(알긴산을 구성하는 만뉴론산의 양이 상대적으로 많은 경우)은 탄력이 있는 부드러운 겔을 만든다.

알긴산은 보수성, 점착성, 윤향성, 겔화성 및 유화 안정성 등의 물성의 개량 효과로 인하여 식품 산업, 제지 및 염색 공업 등에 널리 이용되며, 갈조류가 함유하는 알긴산은 그 mannuronate 블록(M-block), guluronate 블록(G-block) 및 MG-block의 상대적인 비율과 분자량의 차이에 의하여 점도, 용해도, 유화능 및 양이온 교환능 등의 물성이 영향을 받는 것으로 알려져 있다.

② 알긴산의 생리 기능성

갈조류 중의 알긴산을 그대로 섭취하여도 혈청 중의 지질 개선 효과는 우수하지만, 거대 분자의 알긴산을 저분자화 시키면 그 기능성은 월등히 높게 나타나고 있음을 여러 연구자들에 의해 보고되고 있다. 흰쥐에 대한 급이 실험에서 Tsuji 등은 알긴산이 혈청 및 간장 지질의 콜레스테롤 농도를 현저히 감소시킨다고 하였고, Ikegami 등은 알긴산의 급이는 소장 내 담즙 분비량의 증가와 소화 기관의 증대 및 사료의 소화율의 감소를 초래한다고 보고하였다. Kimura 등은 알긴산을 흰쥐에 급이시킨 결과, 분변 중의 나트륨의 배설을 월등히 증가시킨다고 하였고, Suzuki 등은 건조 다시마 분말을 흰쥐에 급이하였을 때 체중과 사료의 소화율이 감소하고, 소장, 대장 및 맹장 등의 소화 기관이 증대한다고 하였다. 또, Suzuki 등은 만뉴론산의 함량이 높은 알긴산을 흰쥐에 급이한 결과, 혈청 및 간장 콜레스테롤의 저하와 혈청 지방산 중 polyenoic acid의 비율을 높이는 등의 지질 조성 개선에 효과가 있다고 하였다. 한편 3T3-L1 지방 세포에 대한 알긴산의 작용 효과를 검토한 연구에서는 지방 세포 분화 억제 효과를 가졌고, 세포내 지방 세포 유전인자 단백질인 leptin의 함량도 알긴산에 의해 감소되고 있음을 보고하고 있다.

2) 후코이단(Fucoidan)

후코이단은 다시마를 포함한 갈조류의 세포간 충전 물질로, 일부는 세포벽 구성 물질로 존재하며, 친수성의 황산기와 소수성의 메틸기를 가지고 있는 흡습성이 아주 강한 산성 다당류의 일종이다. 후코이단은 L-fucose-4-sulfate를 주성분으로 이외에도 galactose, mannose, xylose 및 glucuronic acid 등을 함유하고 있다. 후코이단은 성분 조성이 복잡하여 아직 전체 구조가 완전히 밝혀져 있지 않고 있으며, 현재 갈조류로부터 추출된 다당류 중 fucose를 구성 성분으로 하는 수용성의 함황 산성 다당류를 총칭하고 있다. 그리고 다른 다당류에 비하여 산이나 알칼리에 불안정하며, 갈조류의 종류에 따라 후코이단의 구조도 다른 것으로 알려져 있다.

후코이단의 분포 및 함량은 해조류의 종류와 조체 부위에 따라 많은 차이가 있는 것으로 알려져 있는데, 예를 들면 건조 해조류에 있어서 개다시마가 약 5%, 참다시마가 약 2%, 미역 엽상부가 약 0.5%, 미역 포자엽부가 약 9% 등으로 해조류의 수확기나 개체의 성장도에 따라서 변동이 심한 것으로 알려져 있다.

후코이단은 항암 및 항종양, 항알러지, 고혈압 방지 및 혈중 콜레스테롤 저하에 효과를 보이며, 고분자 후코이단은 혈액 응고 방지 및 항혈전 작용이 우수하며 저분자 후코이단은 항산화 작용, 혈소판 활성화 및 백혈구 유착 작용에 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 또한, 점성이 낮고 용해성이 우수하여 수용성식이섬유 소재로서의 이용 가능성도 매우 높은 성분이다.

3) 카라기난(carrageenan)

카라기난은 돌가사리과의 돌가사리류(*Gigartina* spp.) 및 진두발류(*Chondrus* spp.) 등의 홍조류의 세포간 충전 물질로서 존재하는 점질성 다당류이며 황산기가 일부 결합된 산성다당류의 일종이다. 카라기난의 구성당은 3,6-anhydro-L-galactose이며 α -1,3 결합 및 β -1,4 결합을 한 이당류 단위 내에 황산기가 위치를 달리하여 결합한 구조이다. 특 카라기난은 단일의 다당류가 아니고 황산기의 함량 및 결합 위치 등에 따라 여러 종류의 카라기난이 존재하게 되며, 현재 약 10종이 알려져 있다.

카라기난은 점탄성, 보수성, 단백질과의 반응성, 유화 안정성, 현탁 분산성, 겔 형성능 및 보형성 등의 물리 화학적 특성으로 인해 각종 식품에 첨가제로 오래전부터 이용되어 왔다. 이외에도 생리 기능성 측면에서는 항바이러스 작용, 면역 부활 작용 및 항암 작용에 관한 연구 결과가 보고되고 있어, 앞으로 그 결과의 응용이 기대된다.

4) 포피란(Porphyrin)

포피란은 주로 홍조류인 김류에 세포간 충전 물질로서 존재하는 성분으로 황산기를 함유하는 수용성의 점질성 산성 다당류를 총칭한다. 포피란의 구성당은 D-galactose 24~45%, 3,6-anhydro-L-galactose 5~19%, 6-O-methyl-D-galactose 3~38%, L-galactose 및 L-galactose sulfate 6~11% 등으로 구성되어 있다. 김 조체 중의 포피란의 함량과 구성당의 조성은 원료의 종류, 채취 시기 및 산지 등의 생육 환경 등에 따라 그 성분 조성의 차이가 매우 큰 것으로 알려져 있다.

포피란의 생리 기능성에 대해서는 수용성 식이섬유소로서의 작용 이외에도 항균, 항종양, 간의 항산화 효소 활성 증강, 간세포 조직의 지방 감소 및 면역 부활 작용 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

2. 무기질

일반적으로 바다에는 육지에 존재하는 모든 광물질이 세월과 더불어 풍화 작용에 의하여 유입되므로 해조류에는 육상 식물보다 무기질이 더 풍부하다. 특히 미량 원소 등은 그런 면에서 좋은 획득원이 된다. 또한 각종 동식물 이외 여러 가지 미생물들이 자라고 또 죽어 분해되므로 비타민과 무기질이 존재할 수 있다.

현대인에게 가장 결핍되기 쉬운 50여 종류의 각종 무기질은 인체의 생명과 건강 유지를 위해 미량이지만 절대 부족해서는 안되는 필수 영양소이다. 해조류는 칼슘, 칼륨, 나트륨, 마그네슘 등 50여종의 각종 무기질을 풍부하고 함유하고 있는 것으로 알려져 있다. 해조류에 들어있는 무기질 중 가장 많이 함유되어 있는 칼슘은 다른 무기질이나 비타민군, 엽록소 등과 보조를 맞춰 체내에 효과적으로 작용함으로써 뇌 신경계 활동을 원활하게 해주며, 근육의 수축, 혈액 응고에 관여하는 것으로 알려져 있다. 칼륨은 체액의 삼투압을 조절하고 나트륨을 배출하여 고혈압과 심장 박동 조절, 혈액의 산과 알칼리 균형에 도움을 준다. 또 해조류에는 철분이 다량 들어있어 빈혈을 예방해 주며 비타민 A 형성에 촉매 작용을 해주는 것으로 알려져 있다. 그리고 마그네슘은 인, 칼슘과 같이 뼈 성분 중의 하나로 주로 인체 내 자연 치유력을 높이는 역할을 하는데, 특히 혈관 확장, 충혈, 신경과민 등을 치유하는데 효과가 있다고 알려져 있다. 또한 해조류에 다량 함유되어 있는 요오드는 무기질 중에서도 가장 결핍되기 쉬운 미량 영양소로 인체의 모든 생리 대사에 관여하는 갑상선 호르몬인 티록신의 주원료가 된다. 티록신은 심장과 혈과의 활동, 체온과 땀의 조절, 신진 대사를 증진시키는 작용을 한다. 그 밖에 해독 작용, 정장 작용, 생체 방어 능력 향상을 촉진시키는 역할을 하는 것으로 알려져 있다.

3. 비타민

해조류 중의 비타민에 관한 연구는 매우 적다. 우리나라에서는 아직 해조류 전반에 걸친 비타민의 함량 및 성상에 관한 조사가 거의 이루어지지 못했고, 몇 가지 중요한 해조류에 대해서만 단편적으로 조사되어 있는 실정이다. 특히, 해조류 중에서도 다시마는 시금치나 당근, 토마토보다 비타민의 함량이 높은 것으로 알려져 있다. 우유와 비교하여 시력과 노화 예방에 관여하는 비타민 A는 5배, 탄수화물 산화에 필요한 보효소의 일부를 구성하는 비타민 B₁은 16배, 세포 성장에 필요한 포도당 및 지방산의 산화에 필수적인 비타민 B₂는 3배 많으며, 단백질 콜라겐 생성과 항산화제 역할을 하는 비타민 C는 쇠고기에 비하여 13배 높은 것으로 알려져 있다. 이러한 비타민군은 신진 대사를 원활히 하여 정상적인 성장 발육과 노화 억제 작용을 돕는 것으로 알려져 있다.

4. 단백질

해조류에 포함되어 있는 단백질은 녹조류 몇 가지를 제외하고는 일반적으로 그 함량이 매우 적으나, 김은 조단백질 함량이 29~47%로서 양질의 단백질 공급원이 될 수 있는 해조류이다. 해조류에 함유된 단백질은 대개 이용률이 낮으며, 섭취량도 적은 편이다. 특히 김은 많은 단백질을 함유하고 있지만 이를 활용하기 위한 연구는 부진하다. 따라서 본 발표에서는 김 추출 중에 함유된 단백질 중 일부는 우수한 기능성을 가지므로 이를 소개하고자 한다.

5. 요약

이상과 같이 해조류 중의 많은 영양 성분들이 생리적 기능을 가지고 있으나 이에 대한 연구는 아직 미흡하다. 그렇지만 해조류가 가지고 있는 영양 성분들은 그 기능성이 다양하여 연구의 대상이 되고 있으며, 또 해조류를 단순한 1차 가공품뿐만 아니라 고부가 가치를 창출할 수 있는 자원으로 개발할 경우 해조류의 활용 범위는 더 넓어질 것으로 생각한다. 따라서 해조류의 영양 및 생리 기능성에 대한 연구는 기능성 건강식품 소재, 건강식품 및 대체 의약품과 같은 고부가 가치의 해양 생물자원으로 이용 가능성을 높일 수 있으리라 본다.

참 고 문 헌

- 권미진, 남택정 (2006) 매생이가 고콜레스테롤 식이 투여 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향. 한국식품영양과학회지 35(5): 530-535.
권미진, 남택정 (2006) 매생이가 사염화탄소로 유발된 흰쥐의 간손상에 미치는 영향. 생명과학회지 16(5): 734-739.

- 김두상, 이동수, 조득문, 김형락, 변재형 (1995) 식용해조류 중의 미량요소와 특수기능성 당질-2. 산지와 채취시기별 식이성 섬유질의 변화와 해조다당류의 분포. *한국수산학회지* 28(3): 270-278.
- 김인혜, 남택정 (2004) 3T3-L1 지방세포 내의 Leptin에 미치는 Polymannuronate의 영향. *한국수산학회지* 37(5): 372-379.
- 김인혜, 남택정 (2005) 저분자 polymannuronate의 인체 대장암세포 증식 및 DNA 합성 저해효과. *생명과학회지* 15(6): 857-862.
- 김인혜, 이동수, 권지영, 권미진, 남택정 (2003) Polymannuronate가 흰쥐의 혈청과 간장조직중의 Leptin에 미치는 영향. *한국수산학회지* 36(6): 568-572.
- Ahren B, Mansson S, Gingerich RL, Havel PJ (1997) Regulation of plasma leptin in mice : influence of age, high, fat diet, and fasting. *Am J Physiol* 273 : R113-R120
- Baxter RC (2000) Insulin-like growth factor binding proteins : interactions with IGFs and intrinsic bioactivities. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 278 : E967-976.
- Hwang HJ, Kwon MJ, Nam TJ (2007) Chemoprotective effect of insulin-like growth factor I against acetoaminophen-induced cell death in Chang liver cells via ERK1/2 activation. *Toxicology* 230: 76-82.
- Hwang HJ, Pyeon JH, Nam TJ (2000) The effects of alginic acid on 3T3-L1 cell's differentiation. *J Korean Fish Soc* 33(6) : 541-545.
- Ikegami S, Tsuchihashi F, Harada H, Tsuchihashi N, Nishide E, Innami S (1990) Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rats. *J Nutr* 120: 353~360.
- Kimura T, Takahashi K, Ueda Y, Obika H, Kobayashi Y, Tsuji K (1993) Effect of the primary structure of alginate on fecal excretion of sodium in rats. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 67(8): 1177~1183.
- Kwon MJ, Nam TJ (2006) Porphyran induces apoptosis related signal pathway in AGS gastric cancer cell lines. *Life Sciences* 79: 1956-1962.
- Suzuki T, Nakai K, Yoshie Y, Shirai T, Hirano T (1993b) Seasonal variation in the dietary fiber content and molecular weight of soluble dietary fiber in brown algae, Hijiki. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59: 1633-1637.
- Suzuki T, Nakai K, Yoshie Y, Shirai T, Hirano T (1993a) Effects of sodium alginates rich in guluronic and mannuronic acids on cholesterol levels and digestive organs of high-cholesterol-fed rats. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59(3): 545-551.
- Tsuji E, Tsuji K, Suzuki S (1975) Effect of polysaccharides on cholesterol metabolism (part 6). Effect of various polysaccharides on serum and liver cholesterol levels in cholesterol-fed rats. *Eiyogaku zashi* 33(6): 273-281, (in Japanese).
- Tsuji K, Tsuji E (1974) Effect of polysaccharides on cholesterol metabolism (part 3) Effect of several polysaccharides on serum cholesterol levels in cholesterol-fed rats. *Eiyogaku zashi* 32(4): 155-160, (in Japanese).
- Tsuji K, Oshima S, Matsuzaki E, Nakamura A, Innami S, Tezuka T, Suzuki S (1968) Effect of polysaccharides on cholesterol metabolism (part 1). Studies on konnyaku powder, sodium alginate and pectin. *Eiyogaku zashi* 26(3): 113-122, (in Japanese).
- Zhang Y, Proence R, Maffel M, Barone M, Leopold L, Friedman JM (1994) Positional cloning of the mouse obese gene and its human homologue. *Nature* 372: 425-432.