

갈조류의 영양적 특성과 가금에서 기능성 물질로서의 갈조류 추출물의 이용

심재민* · 안병기 · 강창원
건국대학교 동물자원연구센터

Abstract

Seaweeds are large algae that grow in a saltwater or marine environment. There are over 400 species of seaweeds in the bay of Korea. Most seaweeds are divided into three groups according to their color ; the green seaweeds (division *Chlorophyta*), the brown (*Phaeophyta*) and the red (*Rhodophyta*). Seaweeds have been harvested for use as food, fertilizer, animal feed and medicines for thousands years. In the past decade, there has been increasing interest in using seaweeds for animal feedstuffs and feed supplements as their health qualities are becoming better known. In this review some perspectives on nutritional values and the role of functionality ingredients of various seaweeds will be also discussed.

Ecklonia cava kjellman (EC), a perennial seaweed, is one of the main components of the marine forests along the East and South coasts of Korea. We conducted three experiments to evaluate the nutritional values of EC and the crude lectin extracted residues from EC (LEEC) and to investigate their dietary effects on productivity and immunocompetence in poultry. The crude protein content of EC was relatively low (about 10 %) and its amino acids were poorly available. But, the results of our study suggested that EC can be used into broiler feed up to 3 % without any adverse effect, if its nutritional values are well evaluated prior to use. Similar results of dietary LECC up to 1.0 % level on egg production and egg quality have been obtained in layers. The concentrations of serum TNF- α after *Salmonella* challenge were rapidly increased in accordance with the level of LEEC. These results indicated that LEEC can be used as a feed additives for enhancing of immunocompetence in poultry.

(Key words : Seaweeds, animal feedstuff, *Ecklonia cava kjellman*, immunocompetence, poultry)

I. 서론

우리나라 축산업의 주요한 당면과제로는 생산성 증가 도모와 함께 항생제와 같은 무분별한 약제의 남용을 자제하고 안전하고 친환경적인 고품질 축산물 생산 체계를 구축하는 것이다. 이를 위해서는 배합 사료 원료의 90 % 이상을 수입에 의존하고 있는 현실에서 부존자원을 이용한 안전한 사료자원의 개발과 활용이 필요하며, 자원이 빈약한 현실에서 여러 산업방면에서 바다를 이용한 해양자원의 활용은 새로운 대안으로 제시되고 있다.

해조류는 식물성 플랑크톤과 함께 해양 생태계의 생산자로, 연안역(沿岸域)의 일차 생산을 지배하는

중요한 해양생물이다. 1900년대 초반까지 해조류는 여러 산업의 기반이 되고 막대한 천연자원이라는 사실이 잘 알려지지 않은 채 일부 식용 해조류만이 이용되었을 뿐이다. 그러나, 최근에 와서 식량자원으로서 뿐만 아니라 의약품, 비료공업, 사료원료 등으로 다양하게 이용되고 그 실용적 가치가 증대되고 있는 가운데 향후 예측되는 에너지 또는 식량 위기에 대체될 수 있는 자원으로서 그 중요성이 새로이 인식되고 있다.

종류별로 차이는 있으나 해조류의 주성분은 탄수화물로 40~65 %를 차지하고 있으며(Amano, 1991), 대부분의 탄수화물은 육상식물과는 다른 구조형태가 많다(Mackie와 Preston, 1974). 일반 야채류나 곡류에 함유되어 있는 섬유소와는 달리 해조류 중의 식이섬유는 장의 활동을 원활하게 하고 식염, 중금속 등의 배출, 콜레스테롤의 혈관내 침착 방지 등의 효과가 높다고 알려져 있으며, 최근에는 당류성분이 항암효과를 발휘한다는 결과가 시사되었다(조득문 등, 1995), 해조류 내에는 인체 내에서 생리활성이 큰 수용성 식이섬유소가 다량 함유되어 있으며(Lahaye, 1991), 종류에 따라 장내세균이 분비하는 효소에 의해 일부가 분해되어 생리적 작용을 나타낸다고 하였다(Sachie, 1993).

갈조류는 특유의 점성 다당류로 세포막 외층 구성물질인 alginic acid, carrageenan, agar 등이 각각 여러 형태로 인간생활에 이용되고 있으며, 최근에 이르러 갈색 해조류로부터 추출한 alginic acid의 항균효과(이학성 등, 2000)와 바이러스에 대한 항병성 증가(Babe 등, 1988), 해조류 성분의 노화 억제작용(최진호 등, 1992)이 보고되었다. 또한 해조류에서 추출한 렉틴의 이화학적 특성과 면역 생물학적 활성기전(이성태, 2001), 항암효과(Perry 등, 1992) 및 혈전 용해효과(Nishino와 Nagumo, 1991) 등과 관련하여 활발한 연구가 진행되고 있으나, 사료자원으로서 해조류에 대한 연구실적은 초보단계에 있어 가축 생산비를 줄이고 체내 생리적 기능을 조절함으로써 가축의 생산능력을 극대화시키는 체계적이고 실질적인 연구가 필요하다고 사료된다.

본 고에서는 해조류의 영양적 가치 및 해조류에서 유래하는 기능성 물질과 관련한 선행 연구들과 본 연구실에서 감태(*Ecklonia cava kjellman*) 및 감태 추출물을 이용하여 수행한 일련의 연구결과를 소개함으로써 해조류의 사료 자원화 가능성을 제시하고자 한다.

II. 해조류의 일반적인 특성

해조류(海藻類, seaweeds)는 일반적으로 바다에 생육하고 육안으로 관찰할 수 있는 크기의 다세포성 녹조류(green algae), 갈조류(brown algae) 그리고 홍조류(red algae)를 일컬으며, 육안으로 확인할 수 있는 크기의 조류 외에 미세한 크기의 남조류(blue-green algae), 규조류(diatoms) 그리고 와편모조류(dinoflagellate)도 포함된다.

해조류가 육상의 고등식물과 대별되는 가장 큰 특징으로는 뿌리, 줄기, 잎의 구분이 없고, 대부분의 해조류가 그 조체(藻體, thallus)가 부드럽고 잎 모양이나 띠 모양으로 가지가 갈라져 있고, 외부조직은 영양분의 흡수나 광합성 작용을 하며 체 표면에서 동화작용 및 호흡작용이 이루어지고 내부세포는 외부세포에서 흡수한 영양분의 저장과 운반작용을 한다.

녹조류, 갈조류, 홍조류와 같이 채색을 조류의 분류기준으로 삼기 시작한 것은 1836년부터이며, 오늘날 까지도 해조류의 분류에 색소조성을 주요 형질로 간주하고 있다. 녹조류는 육상의 고등식물과 유사한 색소를 갖고 있어서 chlorophyll a와 b 그리고 β -carotene을 함유하고 있으며, 갈색을 띠는 조류들인 갈조식물, 황갈조식물, 황적조식물 그리고 은편모조류 등은 모두 chlorophyll a와 c를 갖고 있고, 그 색소조성의 특징은 갈색의 엽황소(xanthophyll)의 혼합정도에 따라 갈조식물과 황갈조식물에서는 갈조소(fucoxanthin)가 대부분을 차지하는 반면, 은편모조류에서는 peridinin이 주를 이룬다. 한편, 은편모조류의

체색이 배양조건에 따라 적색, 청색 또는 녹색을 띠는 것은 phycobilin 색소가 존재하기 때문이며, 이 색소는 홍조류와 남조류에서도 중요한 보조색소로 작용하고 있다.

이외에도 해조류를 구분하는 분류에 이용되는 특징은 광합성 보조색소, 저장산물의 화학성질, 세포의 구성과 조직, 엽록체의 형태, 생활사의 특성 및 운동성, 세포에서 관찰되는 편모의 수, 유형 그리고 배열 상태 같은 것을 들 수 있으며 최근에는 DNA 염기서열에 따른 분류도 이용하고 있다.

우리나라 연안에 분포하는 해조류 대부분은 온대성이며 남하하는 한류의 영향을 받은 아한대성 해조류도 분포하는데 해역별 지리적 특색으로 인한 해조류 서식상태에 차이가 있다. 동해안은 한류의 영향을 받아 북방계 해조류가 많고 서해안은 수온이 동해안과 유사하나 한류가 없어 북방계 해조류의 분포가 적고, 울릉도는 동해상이나 같은 위도의 동해안과 해조류 서식상태가 많이 달라 남해안이나 일본 해조상과 유사하며 제주도에는 남방계 해조류가 가장 많다.

한국연안의 지리적인 해조류 분포(강제원, 1966)에 의하면 해조류의 총 종수는 414종으로 녹조류(*chlorophyceae*) 11과 16속 61종, 남조류(*cyanophyceae*) 3과 5속 11종, 홍조류(*rhodophyceae*) 32과 111속 247종, 갈조류(*phaeophyceae*) 17과 46속 95종으로 구성되었다고 보고하였다. 국내 연안에서 생산되는 주요 식용 해조류는 김(*Porphyra* spp.), 미역(*Undaria pinnatifida* Suringar), 다시마(*Laminaria japonica*) 등으로 총 해조류 생산량의 92.3 %를 차지하고 있는데 양식기술의 발달로 그 생산량이 꾸준히 증가하는 반면, 이용방법은 낙후되어 국외 저가 해조류에 비해 경쟁력이 점차 약화되고 있다(조길석, 1995). 최근 우리나라의 해조류 생산량을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Production of seaweeds in Korea(M/T)

Year	Laver	Kelp	Sea mustard	Sea staghorn	Fusiforme	Green laver	Others	Total
1997	140,236	33,466	431,872	0	34,470	7,794	5	647,843
1998	191,578	7,931	239,742	0	24,993	5,298	227	469,769
1999	205,706	25,447	213,706	43	22,679	5,873	218	473,672
2000	130,488	14,160	212,429	164	11,654	5,288	273	374,456
2001	167,909	17,506	175,490	7	6,865	5,760	1	373,538

(Statistical Year Book of Maritime Affairs and Fisheries, 2002)

해조류의 수명은 영양체의 생활기간에 따라서 1년생 해조류와 다년생 해조류로 나누고 있으며, 우리나라의 경우 3~5월에 최고로 성장하고 여름에는 쇠퇴하나 종류에 따라 성장기가 다른데 이는 해조류의 영양체가 계절에 따른 수온, 일조시간, 광선량 등의 환경변화에 따라 각기 독특한 생활양식을 갖기 때문이다. 1년생 해조류는 단순한 세포분열에 의해 개체가 증식하는 단세포로 시작하여 다세포체 또는 영양체가 1년에 한번씩 주기적으로 나타나 1년 동안 한 세대 또는 여러 세대가 나타나는 조류로서 김, 미역, 참모자반 등이 있고, 다년생 해조류는 다세포조직으로 영양세포가 1년 이상 생육하는 것으로 영양체의 직립부가 생식세포를 방출한 다음 고사하나 뿌리부는 남아 새싹을 내는 풀가사리, 툯 등과 직립부 하부가 수년간 남아서 자라는 대신 상부만 탈락되어 새로이 엽상부를 만드는 감태, 다시마, 대황 등이 있고, 생식세포 방출 후 쇠퇴한 직립부 대부분이 남아 성장하며 생식세포를 만드는 우뭇가사리 등이 있다.

감태(*Eclonia cava kjellman*)는 갈조식물문(*Phaeophyta*) 갈조식물강(*Phaeophyceae*) 다시마목(*Laminariales*) 다시마과(*Laminariaceae*)에 속하는 다년생 갈조류로 우리나라에서는 모자반과 함께 가장 큰 해조류이며, 경사가 급한 암반해안의 점심대에 대규모로 군락을 이루어 해중림(海中林)을 형성하고 있다. 감태는 일본과 우리나라에만 국한되어 분포하는데, 우리나라에서는 특히 독도 및 동해 남부와 제주

도를 포함한 남해안 전 연안에서 대개 수심 3 m에서 15 m 내외에서 서식한다. 충분히 성장하는데 2~3년이 필요하며, 이때 크기가 최대 1 m까지 자라기도 하는데 40~60 cm가 보통이며, 전복, 소라 등의 먹이로 쓰이거나 alginic acid의 원료로 사용되는 정도로 상업적 이용가치가 잘 알려져 있지 않다.

III. 해조류의 영양적 고찰

해조류의 일반성분 조성에 관하여 成田과 構山(1932), 박영호 등(1976)의 보고가 있고, 해조류의 단백질 및 아미노산 조성에 대하여는 권태완과 이태영(1960)의 보고가 있으며 해조류 지질에 대하여는 하봉석(1977)의 보고가 있다. 해조류의 무기성분에 대하여는 이종호 등(1974)과 김장양과 원종훈(1974)의 보고가 있으며, 해조류의 색도에 대하여는 이강호(1969)의 보고가 있고, 해조류의 대사에너지 함량 평가에 관한 연구에 대하여는 김은미 등(1996)의 보고가 있다.

(1) 해조류의 일반성분 조성

이두석 등(1996)에 의하면 우리나라 연안에서 생산되는 주요 해조류 건조물 중의 총 식이섬유는 홍조류인 도박 61.0 %, 진두발 60.2 %, 우뭇가사리 58.4 %로 갈조류인 툫 48.8 %, 비틀대모자반 50.1 %보다 높았으며, 녹조류인 매생이는 43.1 %였다. ADF 함량은 녹조류 7.4~19.6 %, 갈조류 15.4~36.2 %, 홍조류 2.2~14.4 % 범위로 갈조류가 가장 높았으며 특히, 툫은 36.2 %, 미역 30.6 %, 비틀대모자반 29.8 %였다. Cellulose 함량은 녹조류 5.5~10.9 %, 홍조류 2.0~11.6 %보다 갈조류가 11.1~15.0 %로 높아 툫은 15.0 %, 톱니모자반은 14.3 %였다. Lignin 함량도 갈조류가 3.3~21.2 % 범위로 녹조류 1.5~8.8 %, 홍조류 0.2~4.6 %보다 높아 미역 19.5 %, 툫 21.2 %, 비틀대모자반 18.9 %였다.

해조류의 각 성분들은 계절, 산지, 채취 후 저장기간, 채취부위 및 종류 등에 따라서 차이가 있으며(박영호, 1968), 제주도 서귀포 앞바다산인 감태(*Ecklonia cava* Kjellum)에 대해 1년간 조사한 결과 단백질은 1~4월에 12.4 %로 최고였고 8~9월에 6.0 %로 최저였으며, 봄부터 초여름까지 회분 및 alginic acid, 단백질 함량은 급속히 감소하는 반면 manitol과 laminarin 함량은 급격히 증가하는 경향이 있었다.

본 연구실에서 분석한 자연건조 시킨 감태, 다시마, 툫과 렉틴을 추출하고 남은 감태 부산물의 일반성분 및 KOH 용해도에 대한 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Nutritional value, KOH solubility and gross energy of *Ecklonia cava*, *Ecklonia* residue, *Kjellmaniella crassifolia* and *Hizikia fusiforme*(as fed basis)

Items	<i>Ecklonia cava</i>	<i>Ecklonia</i> residue	<i>Kjellmaniella crassifolia</i>	<i>Hizikia fusiforme</i>
Moisture, %	9.96	14.11	7.09	10.41
Crude protein, %	10.29	13.83	9.00	11.43
Ether extract, %	0.73	0.43	0.85	0.75
Crude fiber, %	36.41	10.85	34.06	37.09
Ash, %	27.23	16.87	26.65	18.24
KOH solubility, %	54.82	23.40	58.05	59.04
Gross energy, kcal/kg	3,600	3,201	2,889	3,299

수분 함량은 감태 9.96 %, 다시마 7.09 %, 툫 10.41 %, 감태부산물 14.11 %로 사료원료로 사용이 가능한 수준이었다. 조섬유 함량은 감태 36.4 %, 감태부산물 10.85 %, 다시마 34.06 %, 툫 37.09 %로서

김형균(1974)의 해조류 4.5~8.7 %, 혼합해조류는 8.1 %라는 보고와 한인규(1970)의 7.5 %와 Ewing(1951)의 6.5 %보다 훨씬 높은 조섬유 함량을 보였다. 이는 선행된 연구결과가 해조류의 종류에 대한 언급이 없어 직접적인 비교가 어려우나 이는 해조류의 각 성분들이 종류, 계절, 산지, 채취부위 및 저장시일 등에 따라 상당한 차이가 있다는 박영호(1968)의 보고와 관련이 있는 것으로 사료된다.

(2) 해조류의 지질 함량 및 지방산 조성

해조류의 지방산 조성에 관하여는 Wagner와 Pohl(1965)과 하봉석(1977) 등의 보고가 있으며 일반적으로 고도 불포화지방산을 함유하고 있고, 서식하고 있는 장소의 일사량에 의해 그 지질 함량이 달라지게 되며(Idler와 Wiseman, 1970), 환경요인에 의해 많은 영향을 받아서 현대에서 생육하는 것이 온대보다 불포화지방산이 높다(山田, 1973).

하봉석(1977)에 의하면 국내 주요 해조류의 지질 함량은 녹조류는 평균 1.51 %로 파래(*Enteromorpha* sp.) 1.67 %, 청각(*Codium fragile hariot*) 1.36 %였고, 홍조류인 김(*Porphyra tenera*)은 1.02 %로 낮았으며 갈조류가 가장 높아 평균 2.81 %로 다시마(*Laminaria japonica*) 6.36 %, 툇(*Hizikia fusiforme okamura*) 1.41 %, 곰피(*Ecklonia stolonifera okamura*) 1.42 %, 모자반(*Sargassum fulvellum agardh*) 2.1 %, 미역(*Undaria pinnatifida suringar*) 2.1 %였다. 지방산 조성에 있어 녹조류는 palmitic acid(C16:0)가 가장 높고 oleic acid(C18:1), linoleic acid(C18:2), linolenic acid(C18:3)도 높았으며, 홍조류는 C16:0이 높은 반면 myristic acid(C14:0), C18:1, C18:2, C18:3은 매우 낮고, 갈조류는 C16:0, C18:1, C18:2, C18:3은 비교적 높으나 C18:0은 녹조류나 홍조류에 비해 매우 낮았다.

한편 본 연구실에서 분석한 감태의 지방산 조성 결과를 보면 감태는 palmitic acid(C16:0) 26.75 %, arachidonic acid(C20:4n6) 16.05 %, oleic acid(C18:1n9) 15.06 % 순으로 높았고, myristic acid(C14:0) 함량과 linoleic acid(C18:2n6) 함량도 각각 7.76 %, 6.89 %로 비교적 높은 함량을 보였다. 해조류는 서식하고 있는 장소의 일사량에 의해 그 지질 함량이 달라지게 되고, 3종의 갈조류의 지방산 함량 조사결과 불포화지방산 함량이 높은 편이나 조지방 함량 자체가 모두 1 % 미만으로 사료내 지방 공급원으로서의 가치는 미미한 것으로 사료된다.

(3) 해조류의 아미노산 조성

해조류의 아미노산 조성과 이용률을 조사한 국내외 연구 자료는 거의 없으나, 한인규(1970)는 해조류의 lysine 함량이 0.32 %, methionine 함량은 0.21 %, cystine 함량은 0.14 %라고 보고하였다.

우리가 분석한 자연건조시킨 3종의 갈조류와 감태부산물물의 아미노산 조성을 Table 3에 나타내었다. 감태, 다시마, 툇의 lysine 함량은 각각 0.36 %, 0.32 % 및 0.43 %였고, methionine 함량은 각각 0.20 %, 0.21 % 및 0.22 %로 나타났다. 감태, 다시마, 툇 및 감태부산물물의 아미노산 조성을 전란 단백질 및 대두박과 비교할 때 아미노산 함량 자체는 낮으나 비교적 그 조성이 양호하였으며, threonine 함량은 단백질 함량 대비 높은 편이나 lysine과 methionine은 제한 아미노산으로서 고려되어야 할 것으로 사료된다.

감태와 감태부산물물의 평균 진정아미노산 이용률은 각각 31.99 %, 11.72 %이었다. 감태와 감태부산물물의 평균 진정아미노산 이용률이 낮은 이유는 Table 2에서 감태의 KOH 용해도가 54.82 %, 감태부산물물은 23.40 %인 것과 관련하여 단백질 이용률이 낮은 것과 해조류의 단백질은 난소화성 단백질인 것(김은미 등, 1996)에 따른 결과로 사료된다.

(4) 해조류내 미량 영양성분

해조류의 일반적인 특징 중 하나는 미네랄 함량이 높다는 점이다. 김형균(1974)은 해조류의 칼슘 및 인 함량이 각각 1.7~6.1 %, 0.10~0.14 %의 분포를 나타낸다고 하였고, Ewing(1951)은 해조류내 칼슘

함량이 1.68 %라고 보고하였다. 3종의 갈조류를 분석한 우리의 결과(Table 4)와 비교하여도 해조류 내의 일반성분과는 다르게 다량 광물질 함량은 종류에 따라 큰 차이를 보이지 않음을 알 수 있다.

Table 3. Amino acid composition of *Ecklonia cava*, *Ecklonia residue*, *Kjellmaniella crassifolia* and *Hizikia fusiforme*(as fed basis)

Amino Acids	<i>Ecklonia cava</i>	<i>Ecklonia residue</i>	<i>Kjellmaniella crassifolia</i>	<i>Hizikia fusiforme</i>
Essential amino acid (%)				
Valine	0.38	0.44	0.36	0.36
Methionine	0.20	0.31	0.21	0.22
Isoleucine	0.30	0.59	0.35	0.34
Leucine	0.48	0.79	0.47	0.54
Threonine	0.44	0.43	0.38	0.42
Phenylalanine	0.26	0.36	0.28	0.29
Lysine	0.36	0.29	0.32	0.43
Arginine	0.43	0.30	0.40	0.55
Nonessential amino acid (%)				
Aspartic acid	0.82	0.78	0.70	0.79
Cystine	0.23	0.25	0.23	0.25
Glutamic acid	2.10	1.17	2.76	1.35
Proline	ND	0.40	ND	ND
Serine	0.69	0.35	0.64	0.77
Glycine	0.46	0.43	0.53	0.64
Alanine	0.60	0.53	0.58	0.62

ND : not detected

Table 4. Mineral and vitamin contents of *Ecklonia cava*, *Kjellmaniella crassifolia* and *Hizikia fusiforme*(as fed basis)

Items	<i>Ecklonia cava</i>	<i>Kjellmaniella crassifolia</i>	<i>Hizikia fusiforme</i>
NaCl, %	10.61	13.53	1.96
Ca, %	1.27	1.29	1.42
P, %	0.25	0.15	0.14
Mg, mg/kg	7,658	5,915	6,214
Zn, mg/kg	51.1	21.2	29.6
Cd	2.0	ND	1.5
Cr	ND	ND	ND
Se	0.66	0.62	0.27
Vitamin A	ND	ND	ND
Vitamin E	99.6	74.6	36.4
Vitamin B ₂	56.3	7.4	5.3

ND : not detected

해조류가 바다에서 자생하는 식물이라는 특성 때문에 Na 함량은 특히 높은데, 김형균(1974)은 해조류 내 Na 함량이 2.75~3.25 %, Ewing(1951)은 4.3 %라는 다소 높은 분석치를 제시하였다. Table 4에 제시된 NaCl 함량은 감태, 10.61 %, 다시마, 13.53 %로 매우 높았는데, 이는 해조류의 사료화를 위해서는 NaCl 함량을 반드시 조사하고 그 결과를 충분히 고려하여 사료배합에 신중을 기할 필요가 있음을 시사

한다. 해조류내 iodine 함량에 대해서 Ewing(1963)은 0.13 %라고 하였고, Miller와 Bearnse(1936)는 0.15 %라고 하였다.

한편 해조류내 비타민의 분석결과는 연구자에 따라 다소 상이한데, Ewing(1951)이 kelp meal의 비타민 A 함량이 알팔파보다는 낮으나 3,000 IU/lb가 함유되었다고 한 반면, 한인규(1970)는 해조류내 비타민 A 함량이 5 IU/g 이하로 낮게 보고하였다.

3종의 갈조류 내에 함유된 비타민의 분석결과를 Table 4에 명시하였는데, 비타민 E는 감태, 다시마, 토티 각각 99.6 mg/kg, 74.6 mg/kg, 36.4 mg/kg으로 한인규(1970)가 보고한 20.4 mg/kg보다 높았고, 비타민 B₂는 56.3 mg/kg, 7.4 mg/kg, 5.3 mg/kg으로 옥수수, 소맥피 및 대두박보다 높아서 비타민 B₂ 공급원으로 이용가치가 있을 것으로 사료된다.

(5) 가금사료 원료로서의 사료적 가치

해조류 중에 함유되어 있는 미량광물질과 비타민, 아미노산 등을 분석한 자료를 근거로 한다면 가축의 사료자원으로서 충분히 이용할 수 있는데(Dyer, 1959 ; Harold, 1958), 해조분을 짚소, 옥수수 및 면앙에 첨가한 사양시험 결과 10 % 정도의 급여가 가능하고, 닭과 돼지의 경우 2.5~10 % 급여가 바람직하다고 한 것으로 알려져 있다(森本, 1969).

초생추를 공시한 연구에서 김형균(1974)은 감태가 20 % 함유된 해조분말을 5 % 및 10 %를 첨가 급여시 초생추의 성장 및 섭취량에서 차이가 없어 3주령까지는 급여가 가능하나 이후에는 증체량과 사료효율이 떨어진다고 보고하였다. 또한 하정기 등(1975)은 병아리 사료원료로 소맥피를 해조분으로 10 %까지 대체하여도 성장률, 사료요구율, 사료섭취량에 큰 차이가 없다고 보고하였으며, 한인규 등(1975)도 밀기울을 해조분으로 6 %까지 대체시 증체량, 사료섭취량, 사료효율 및 폐사율 등에 유의차가 없어 독성이 없는 안전한 원료라 평가하였다. 엄월형 등(1976) 역시 육계에서 모자반, 파래, 쇠미역 및 혼합해조분 모두 10 % 이내에서는 종류와 관계없이 강피류와 대체가 가능하다고 하였다.

Kompiang과 Matondang(1985)은 자연 건조하여 분쇄한 해조분(*Gracilaria* spp.)을 육계사료에 8.0 %까지 옥수수를 대체 급여해도 생산성에 영향을 미치지 않았고, 산란계의 경우 12 % 이내로는 대체가 가능하나 산란율과 사료효율은 다소 떨어지는 경향이 있다고 하였다. 난중과 Haugh unit에는 변화가 없으며 첨가량이 증가할수록 난각두께는 감소하지만 난황색은 유의적으로 개선된다고 보고하였다. Jensen(1963)은 산란계에 carotenoid가 결핍된 사료에 10~15 %의 kelp meal의 첨가가 난황의 착색을 7.5~10.0배까지 현저히 개선하는 효과가 있었다고 하였다.

우리는 감태와 감태부산물의 사료적 가치를 평가하기 위한 사양실험을 수행한 바 있다. 1일령에서 35일령까지 총 5주간, 감태를 각각 0.1 %, 1.0 %, 3.0 % 수준으로 첨가한 실험사료를 급여하고 옥수수와 대두박을 기초로 하는 감태 무첨가 대조구와 성장성적을 비교하였다(Table 5).

일당 사료섭취량은 감태 1.0 %, 3.0 % 첨가구가 대조구에 비하여 유의하게 높았고(P<0.05), 일당 증체량은 모든 감태 첨가구가 대조구에 비하여 유의하게 높았다(P<0.05). 사료요구율은 0.1 % 감태 첨가구에서 1.72로 가장 낮았고 감태 3 % 첨가구가 1.84로 가장 높았다(P<0.05). 일당 증체량 결과를 근거로 볼 때 감태의 육계사료내 첨가는 성장 촉진효과가 우수하여 사료자원화가 매우 바람직한 것으로 나타났으나, 해조류가 가진 기능성 성분의 효과에 의한 결과인지에 대하여는 앞으로 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

체조성에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 6에 명시하였는데, 다리근육에 있어서 감태 첨가구(0.1 %, 1.0 %, 3.0 %)가 대조구에 비하여 다소 높았고, 복강지방은 감태 첨가구가 대조구에 비하여 다소 낮은 경향을 보였다.

Table 5. Effect of dietary supplementation of *Ecklonia cava* on performance of broiler chicks

Items	Control	<i>Ecklonia cava</i>		
		0.1 %	1.0 %	3.0 %
Final body weight, g	1616.4 ^b	1733.5 ^a	1742.2 ^a	1683.8 ^{ab}
Feed consumption, g/d/bird	78.30 ± 1.0 ^b	81.06 ± 1.4 ^b	85.12 ± 1.0 ^a	85.93 ± 0.8 ^a
Body weight gain, g/d/bird	44.39 ± 0.5 ^b	47.06 ± 0.6 ^a	47.15 ± 0.9 ^a	46.65 ± 0.6 ^a
Feed conversion rate	1.76 ± 0.03 ^{bc}	1.72 ± 0.01	1.81 ± 0.01 ^{ab}	1.84 ± 0.01 ^a

a-c Means ± SE within the same row with no common superscripts differ significantly(P<0.05).

Table 6. Effect of dietary supplementation of *Ecklonia cava* on relative organ weights of broiler chicks

Items	Control	<i>Ecklonia cava</i>		
		0.1 %	1.0 %	3.0 %
Breast muscle, g/100 BW	7.76 ± 0.22	7.54 ± 0.19	7.58 ± 0.16	7.72 ± 0.12
Leg muscle, g/100 BW	9.22 ± 0.27	9.90 ± 0.14	9.95 ± 0.38	9.47 ± 0.31
Liver, g/100 BW	1.90 ± 1.60	2.12 ± 0.15	1.93 ± 0.09	1.94 ± 0.08
Abdominal fat, g/100 BW	1.46 ± 0.08	1.36 ± 0.06	1.21 ± 0.15	1.22 ± 0.13

* Means ± SE

한편 감태에서 렉틴을 추출하고 남은 감태부산물을 0 %, 0.1 %, 1.0 % 및 3.0 % 수준으로 산란계 사료에 첨가하여 4주간 급여하고 난 생산성에 미치는 영향을 검토한 결과를 Table 7에 나타내었다. 사료 섭취량은 대조구를 포함한 모든 처리구에서 유사하였으나, 산란율에 있어서는 감태부산물 0.1 % 및 1.0 % 첨가구에서는 대조구와 유사하였으나 3.0 % 첨가구에서는 대조구를 비롯한 다른 처리구와 비교하여 유의하게 낮았고(P<0.05). 평균 난중은 감태부산물 0.1 % 첨가구에서 가장 높았다(P<0.05).

Table 7. Effects of dietary *Ecklonia* residue on feed intake, egg production, egg weight and egg mass in laying hens

Items	Control	<i>Ecklonia</i> residue		
		0.1 %	1.0 %	3.0 %
Feed intake, g/d/bird	122.7 ± 0.6	123.6 ± 0.2	123.5 ± 0.3	123.7 ± 0.2
Egg production rate, %	92.0 ± 0.4 ^a	91.5 ± 0.2 ^a	91.3 ± 0.4 ^a	81.0 ± 0.3 ^b
Egg weight, g/d/bird	64.5 ± 0.7 ^{ab}	66.0 ± 0.7 ^a	63.0 ± 0.7 ^b	63.2 ± 0.6 ^b
Egg mass, g/d/bird	61.9 ± 0.3 ^a	60.3 ± 1.0 ^a	57.3 ± 0.6 ^b	51.4 ± 0.7 ^c

a-c Means ± SE within the same row with no common superscripts differ significantly(P<0.05).

Table 8. Effects of dietary *Ecklonia* residue on egg and eggshell qualities in laying hens

Items	Control	<i>Ecklonia</i> residue		
		0.1 %	1.0 %	3.0 %
Eggshell thickness, mm/100	35.3 ± 0.1	35.5 ± 0.1	34.3 ± 0.0	34.9 ± 0.2
Yolk color, RCF score	7.0	7.2	7.1	7.3
Haugh unit	86.3 ± 0.2	82.4 ± 0.2	82.2 ± 0.1	82.8 ± 0.8

Means ± SE.

난각강도와 난각두께는 모든 처리간에 유의한 차이를 나타내지 않았으며, 또 난황색과 Haugh unit에서도 감태부산물 첨가 급여에 대한 뚜렷한 효과는 관찰되지 않았다. 혈액 분석 결과에서도 처리간에 특별한 차이는 없는 것으로 나타났다(Table 8).

IV. 해조류의 기능성 물질과 항병력

해조류 종류별로 차이는 있으나 주성분은 탄수화물로 40~65 %를 차지하고 있으며(Amano, 1991), 대부분의 탄수화물은 육상식물과는 다른 구조형태가 많다(Mackie와 Preston, 1974). 일반 야채류나 곡류에 함유되어 있는 섬유소와는 달리 해조류 중의 식이섬유는 장의 활동을 원활하게 하고 식염, 중금속 등의 배출, 콜레스테롤의 혈관내 침착 방지 등의 효과가 높다고 알려져 있으며 최근에는 당류성분에 항암효과가 있다고 밝혀졌고(조득문 등, 1995), 해조류 내에는 인체 내에서 생리활성이 큰 수용성 식이섬유소가 다량 함유되어 있으며(Lahaye, 1991), 종류에 따라 장내세균이 분비하는 효소에 의해 일부가 분해되어 생리적 작용을 나타낸다고 하였다(Sachie, 1993).

해조 다당류로는 갈조류에는 alginic acid, fucoidin, laminarin, mannitol 등이 있고 홍조류에는 agar, carrageenan, porphyran 등이 있다. 국내에서 식용으로 주로 이용되는 미역, 톳, 모자반 및 김 등 주요한 갈조류와 홍조류의 다당류 분포 연구(김두상 등, 1995)에 의하면 갈조류에는 73~82 %를 alginic acid가 차지하고 있으며 특히, 알칼리가용성 alginic acid의 함량이 높고 fucoidan 함량과 laminarin 함량은 낮은 반면 홍조류는 agar나 carrageenan의 함량이 높고 alginic acid는 함유하지 않는다고 하였고, 갈조류의 계절적 alginic acid 함량 변화는 1~3월 및 6~7월에 가장 높다고 하였다(박영호, 1968). 이러한 해조 탄수화물 중 다당류는 산성 다당류의 성인병 예방효과, 갈조류의 sodium alginate에 의한 혈장콜레스테롤 저하효과와 fucoidan에 의한 제압효과, 홍조류 carrageenan에 의한 항혈액 응고효과(Kaneda 등, 1965 ; Schwarz와 Kellenermyer, 1969 ; Yamamoto와 Maruyama, 1983 ; Sakagami, 1983)등 약리효과와 식이섬유로서의 역할(Noda, 1992) 등 해조류만이 가진 특수 기능성 성분을 이용한 유용성 식품개발의 연구가 많이 수행되고 있는 등 최근에 와서 식품성분으로써 기본적인 영양소적 역할 외에 여러 생리작용에 다양하게 작용할 수 있다는 연구들이 많이 보고되고 있고 특히, 면역능의 변화가 기능성 측면에서 관심을 끌고 있다(Goldberg, 1994).

갈조류의 alginic acid를 포함한 풍부한 다당류는 장내 세균의 에너지원으로 사용되어 유익균총을 형성하여 각종 소화기성 질병을 억제하고 사료의 이용성을 개선시키는 한편 풍부한 렉틴(lectin)과 β -glucan 계열의 laminarin 등은 면역세포를 자극하여 질병 저항력을 증진시키는 기능을 수행하며, 해조류 특유의 neutral detergent fiber(NDF)는 콜레스테롤의 흡착·배설효과가 뛰어나 장내 부패산물을 배설시키는 기능을 수행하여 독소의 작용을 방지하는 역할을 한다.

Alginic acid를 섭취하면 체중 증가가 억제되는데(Kuda 등, 1992 ; Weaver 등, 1996) 이는 식이섬유의 종류, 점도, pH, 흡수성 등에 따라 차이가 있고(Ikegami 등, 1990), 식이섬유 섭취에 의한 체중 증가율의 저하는 점성을 가지는 식이섬유가 체내에서 영양분들과 흡수·결합하여 소화되지 않고 체외로 배출되기 때문이다(Takahashi 등, 1994).

Harmuth-Hoene과 Schwerdtfeger(1979)는 쥐에 alginic acid를 급여하였을 때 사료섭취량의 감소로 증체량이 적어지고 단백질과 지방 소화율의 감소로 분변량이 증가된다고 보고했으며, 난소화성 식이섬유를 첨가했을 때, 췌장의 증식이 촉진된다는 보고(Poksay와 Schneeman, 1983) 및 췌장의 소화효소 활성이 저하된다는 보고(Ikegami 등, 1990)가 있다. 한편, 실험동물에게 alginic acid를 급여했을 때 대장 및 소장 길이가 현저히 증가하고 맹장의 무게와 길이가 증가하였다(Brown 등, 1979). 또한 응모의 표면

적이 넓어지며 소장점막에서 mucin을 분비하여 영양소의 흡수를 조장하는 배상세포(goblet cell)가 발달되는데(Cummings과 Hill, 1976), 소화효소 활성의 정도와 소장 점막의 형태는 식이섬유의 종류와 특성에 따라 다르다고 보고하였다(Schneeman 등, 1982).

한편, 근래에 들어 해조류에서 추출한 특정성분이 세균의 발육을 저해하는 작용이 있다는 것이 알려져 여러 연구가 진행되고 있다. Pratt 등(1951)은 파래 등 7종의 해조류 추출물이 *Staphylococcus aureus* 등에 항균작용을 한다고 보고하였고, Vacca와 Walsh(1954)는 *Ascophyllum nodosum*의 알콜 추출물이 *Escherichia coli*. 26등 10종의 공시균에 항균작용의 효과가 있다고 보고하였다. Mautner 등(1953)은 *Rhodomela larix*의 에테르추출물이 *Micrococcus pyogenes* var *aureus* 등에 대하여, Saito와 Sameshima(1955)는 *Ulva pertusa* 등의 해조추출물이 *Bacillus subtilis* 등에 대해, Katayama(1956)는 *Enteromorpha* spp.의 휘발성분이 *Escherichia coli*. 등 2종의 공시균에 대해 항균성을 보고한바 있으며, Burkholder 등(1960), Sieburth(1961), Almodovar(1963) 및 Conover와 Sieburth(1963)의 해조류 추출물에 대한 항균효과의 보고가 있다. Olesen 등(1963)은 *Falkenbergia hillebrandii* 등 9종의 해조류에 대하여 *Escherichia coli*.에 대한 항균성을 보고하였고, Glombitza(1969)는 41종의 해조류가 4종의 그람양성균과 2종의 그람음성균에 대한 항균력을 조사하였고, 일본 연안의 150종의 해조류 및 수용성추출물질의 항 종양효과에 대한 조사를 하였으며(Nakazawa 등, 1974 ; Nakazawa 등, 1976), Ehresmann 등(1977)은 28종의 해조류 내의 항 바이러스 성분을 보고하였다.

해조류 등에 함유된 렉틴은 혈구세포 및 lymphocyte, fibroblast, fungi, bacteria 세포를 응집시키는 탄수화물과 결합하는 당단백질(Elgavish와 Shaanan, 1997)로, Franz(1988)에 의하면 렉틴은 1888년 Stilimark가 아주까리 독소에서 동물 적혈구의 응집작용이 있음을 발견한 것을 계기로 하여 여러 종의 식물종자로부터 같은 작용을 나타내는 물질이 발견되었고, 그 후에 식물뿐만 아니라 동물의 기관 특히, 무척추동물에서뿐만 아니라 현재는 다양한 생물체에서 발견되고 있으며(Goldstein과 Poretz, 1986), 그 종류는 매우 다양하다. 대표적인 것으로 phytohaemagglutinins(PHA), concanavaline A(Con-A), poke-weed mitogen(PWM), wheat germ agglutinin(WGA) 등이 있다.

렉틴은 당과 결합하는 특징이 있어 생체 내의 정보 전달이나 생리활성 등 여러 기능을 담당하고 있는 것으로 알려져 있으며, 이를 이용한 암세포의 진단 약이나 간장에 대해 특이적으로 효능이 있는 의약품의 개발 등 여러 가지 활용 가능성으로 새로운 렉틴을 찾는 연구가 진행되고 있다(Inbar와 Chet, 1997). 우리나라의 경우 1990년대 중반 이후 한국산 겨우살이에 관한 연구가 활성화되고 있는데 그 추출물이 종양전이를 억제하고(Yoon 등, 1995), macrophage나 lymphocyte를 자극하여 다양한 cytokine들을 유도할 수 있는 활성성분이 단백질 부분이다(Yoon 등, 1998). 또한, 한국산 겨우살이에 면역증강효과와 면역생물학적 활성을 나타내는 렉틴이 있다고 보고(Park 등, 1997 ; Yoon 등, 1999)하였고, 한국산 갈조류 중 감태에서 렉틴 추출물질이 안정한 세포성 및 체액성 면역 증강제라고 보고된 바 있다(이성태, 2001).

우리는 산란계 사료내 감태부산물의 첨가 급여가 *Salmonella* 경구투여에 대한 산란계의 내병성에 미치는 영향을 조사한 바 있다(Figure 1).

혈액내 TNF- α 농도를 측정한 결과, 면역체계 자극을 유도하지 않은 닭에서는 22.5 pg/ml이었는데, *Salmonella gallinarum*으로 감염을 유도한 결과 혈중 TNF- α 농도가 72.8 pg/ml로 증가하였으며 감염을 유발시키고 감태부산물을 0.1 % 첨여한 닭에서는 134.7 pg/ml로 거의 2배 정도 증가한 것으로 나타났다. 그리고 감태부산물 1 % 첨여 급여구에서는 211.4 pg/ml, 3 % 첨여 급여구에서는 306.6 pg/ml로서 감태 첨여수준에 따라 농도 의존적 증가현상이 관찰되었다. 즉, 혈중 TNF- α 농도가 높을수록 폐사율이 낮아져 감태부산물 첨여 급여에 의한 면역체계 활성화로 인해 산란계의 항병력이 증진되었을 가능성이 뚜렷하게 제시되었다.

이상과 같이 해조류는 우리나라의 지리적 특성과 식문화적 경험 그리고 사료자원으로 활용 가능한 영

양적 가치 및 생리적 특수기능 성분 등을 갖고 있는 귀중한 천연자원으로 그 중요성과 활용에 대하여 제고되어야 할 것이다. 해조류 중 감태(*Ecklonia cava kjellman*)는 가금에 있어서 안전하고 환경친화적이며, 부존자원을 활용한 경제적인 원료로서 면역능을 강화시키고 저비용 축산물 생산을 위한 훌륭한 사료자원이라고 사료된다.

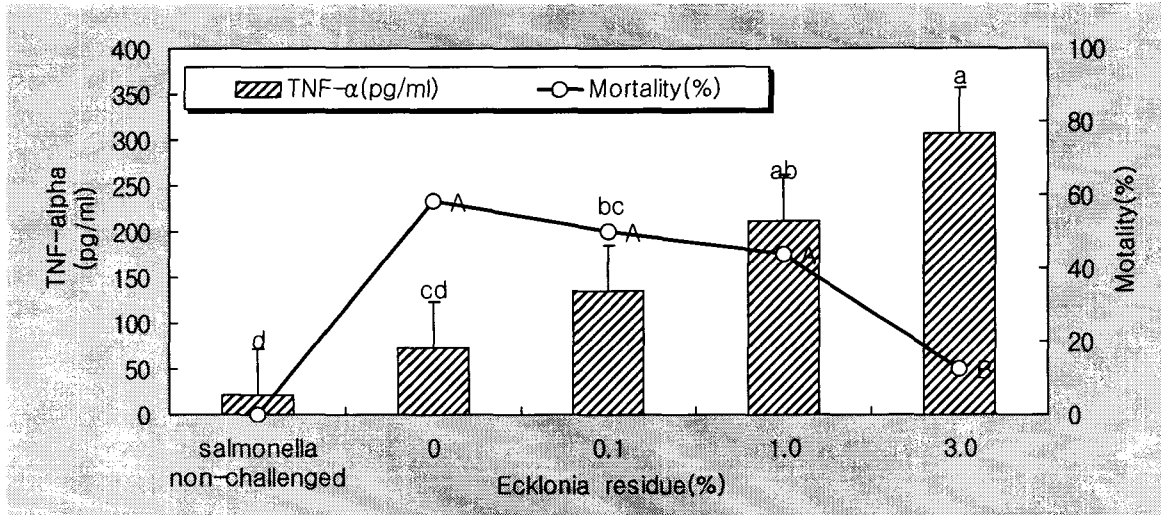


Figure 1. Effects of dietary *Ecklonia* residue on TNF- α ¹ and mortality² after 7 days of *Salmonella* challenge in laying hens.

^{a-d} Mean values with different superscripts are significantly different (P<0.05).

< 참고 문헌 >

- Almodovar, L. R., 1963. Ecological aspects of some antibiotic algae in Puerto Rico. *Botanica marina*. 6:143-146.
- Amano, H., 1991. Biochemistry and biotechnology of seaweed. In *Marine biochemistry*, K. Yamaguchi, ed., Tokyo University Press, Japan, pp. 170-171(in Japanese).
- Babe, M., R. Pauwels, J. Balzarini, J. Arnout, J. Desmyter, and E. De-Clercq, 1988. Mechanism of inhibitory effects of dextran sulfate and heparin on replication of human immunodeficiency virus *in vitro*. *Proc. Natl. Acad. USA*. 85:6132-6136.
- Brown, R.C., J. Kelloher, and M.S. Losowsky, 1979. The effect of pectin on the structure and function of the small intestine. *Br. J. Nutr.* 12:357
- Burkholder, P.R., L.M. Burkholder, and L.R. Almodovar. 1960. Antibiotic activity of some marine algae of Puerto Rico. *Botanica marina*. 2:149-154.
- Conover., J.T., and J.M. Sieburth, 1963. Effect of *Sargassum* distribution on its epibiota and antibacterial activity. *Botanica Marina*. 6:147-157.
- Cummings, J.H., and M.J. Hill, 1976. Changes in fecal composition and colonic function due to cereal fiber. *Anim. J. Clin. Nutr.* 29:1468-1473.
- Dyer, I.A., 1959. The effects of pellets. *The Annual Beef Cattle Day*. pp. 29-31.
- Ehresmann, D.W., L.H. Di Salvo, and N.A. Vedros, 1977. Antiviral substances from California

- marine algae. J. Phycol. 13:37-40.
- Elgavish, S., and B. Shaanan, 1997. Lectin-carbohydrate interactions: different folds, common recognition principles. Trends Biochem. Sci. 22:462-467.
 - Ewing, W.R., 1951. Average analysis of the giant kelp plant. Poultry. Nutrition, 4th, ed. p. 280.
 - Ewing W.R., 1963. Poultry Nutrition(5th, ed.). The Ray Ewing Company Publisher.
 - Franz, H., 1988. The ricin story. In : Advances in lectin research, Vol 1. ed. by Franz. H. Springer-Verlag. pp. 13-19.
 - Glombitza, K.W., 1969. Antibakterielle Inhaltsstoffe in Algen. Helgolander wiss. Meeresunters. 19:376-384.
 - Goldberg, I., 1994. Functional foods, designer foods, pharmafoods, nutraceuticals. Chapman & New York.
 - Goldstein, I.J., and Poretz, 1986. Isolation physicochemical characterization and carbohydrate-binding specificity of lecrins. In: The lectins, eds. Liener I.E., Sharon N. and Goldstein I.J. Academic press. pp. 35-248.
 - Harmuth-Hoene, A. E., and E. Schwerdtfeger, 1979. Effect of indigestible polysaccharides on protein digestibility and nitrogen retention in growing rats. Nutr. Metab. 23:399-407.
 - Harold, M., 1958. Seaweed is good for tired blood. Atlanta constitution.
 - Idler, D.R., and P. Wiseman, 1970. Sterols in red algae(Rhodophyceae). Variation in the desmosterol content of dulse(*Rhodymenia palmata*). Comp. Biochem. Physiol. 35:679-678.
 - Ikegami, S., F. Tsuchihashi, H. Harada, N. Tsuchihashi, E. Nishide, and S. Innami, 1990. Effect of viscous indigestible polysaccharide on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rats. J. Nutr. 120: 353-360.
 - Inbar, J., and I. Chet, 1997. Lectins and biocontrol. Critical reviews in Biotechnology. 17:1-20.
 - Jensen, A., 1963. The effect of seaweed carotenoids on egg yolk coloration. Poultry Sci. 38:1229.
 - Kaneda, T.P., V. Kamasastri, and S. Tokuda, 1965. Studies on the effects of marine products on cholesterol metabolism in rat. V. The effect of edible seaweeds(supplement). Bull. Japan. Fish. Sci. Soc. 31:1026-1029(in Japanese).
 - Katayama, T., 1956. Chemical studies on volatile constituents of seaweeds X. Antibacterial action of Enteromorpha sp. Bull. Japan Soc. Fish. 22:248-250.
 - Kompiang, I.P., and R. Matondang, 1985. Seaweed in poultry diet. Proc. 3rd. AAAP Anim. Sci. Congr. pp. 647-649.
 - Kuda, T., T. Fujii, K. Saheki, A. Hasegawa, and Okuzumi, 1992. Effects of brown algae in faecal flora of rats. Nippon Nogeikagaku Kaishi. 58:307-314.
 - Lahaye, M., 1991. Marine algae as sources of fibres: Determination of soluble and insoluble dietary fiber contents in some sea vegetables. J. Sci. Food Agri. 54:587-594.
 - Mackie, E., and R.D. Preston, 1974. Cell wall and intercellular region polysaccharides. In : Algal physiology and biochemistry. Stewart, W. D. P. ed. Blackwell Scientific publications Ltd., Oxford, pp. 58-75.
 - Mautner, H.G., G.M. Gardner, and R. Pratt, 1953. Antibiotic activity of seaweed extracts. J. Amer. Pharm. Assoc. 92:294-296.
 - Miller, M.W., and G.E. Bearse, 1936. Vitamin D content and hemoglobin building properties of

- dehydrated kelp for chicks. Poultry Sci. 15:19-22.
- Nakazawa, S., F. Abe, H. Kuroda, K. Kohno, and T. Higashi, 1976. Antitumor effect of water-extracts from marine algae(II). Chemotherapy. 24:443-447.
 - Nakazawa, S., H. Kuroda, F. Abe, T. Nishino, and M. Ohtsuki, 1974. Antitumor effect of water-extracts from marine algae(I). Chemotherapy. 22:1435-1442.
 - Nishino, T., and T. Nagumo, 1991. The sulfate-content dependence of the anticoagulant activity of a fuacan sulfate from the brown seaweed *Ecklonia kurome*. Carbohydrate Res.(Netherlands). 214:193-197.
 - Noda, H., 1992. Chemistry of Seaweed. In: Chemistry of Fisheries Utilization, Konosu, S. and K. Hashimoto, eds. Koseisha, Koseiku, Tokyo, Japan. pp. 304-306(in Japanese).
 - Olesen, P.E., A. Marezki, and L.A. Almodovar, 1963. An investigation of antimicrobial substance from marine algae. Botanica Marina 6:224-232.
 - Park, W.B., S.K. Han, M.H. Lee, & K.H. Han, 1997. Isolation and characterization of lectins from stem and leaves of Korean mistletoe by affinity chromatography. Arch. Pharm. Res. 20:306-312.
 - Perry, N.B., Blunt, J.W., and Munro, M.H, 1992. A cytotoxic and antifungal 1,4-naphtoquinone and related compounds from a Newzealand brown algae, *Landsburgia quercifolia*. J. Nat. Prod.(USA) 54:978-985.
 - Poksay, K.S., and B.O. Schneeman, 1983. Pancreatic and intestinal response to dietary guar gum in rats. J. Nutr. 113:1544-1549.
 - Pratt, R., H. Mautner, G.M. Gardner, Y.H. Sha, and J. Dufrenoy. 1951. Report on antibiotic activity of seaweed extracts. J. Amer. Pharm. Assoc. 90:575-579.
 - Sachie, I., 1993. Dietary fiber and function of digestion and absorption. Eiyougakuzassi. 51:251-258(in Japanese).
 - Saito, K., and M. Sameshima, 1955. Studies on the antibiotic action of algae extracts(III). Jap. J. Agri. Chem. Soc. 29:427-429.
 - Sakagami, Y., 1983. Antinuclear compounds. In: Biochemistry and utilization of marine algae. Nippon Suisan Gakakai, ed. Goseisha Goseigaku, Tokyo, Japan, pp. 90-100(in Japanese).
 - Schneeman, B.O., B.D. Richter, and L.R. Jacobs, 1982. Response to dietary wheat bran in the exocrine pancreas and intestine of rats. J. Nutr. 112:283-286.
 - Schwarz, H.J., and R.W. Kellenemyer, 1969. Carrageenan and delayed hypersensitivity. II. Activation of HAGEMAN factor by carrageenan and its possible significance. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 132:101-1024.
 - Sieburth, J.M. 1961. Antibiotic properties of acrylic acid, a factor in the gastrointestinal antibiosis of polar marine animals. J. Bacteriol. 82:79-79.
 - Takahashi, H., S.I. Yang, M. Kim, and T. Yamamoto, 1994. Protein and energy utilization of growing rats fed on the diets containing intact or partially hydrolyzed guar gum. Com. Biochem. Physiol. 197A:255-260.
 - Vacca, D.D., and R.A. Walsh, 1954. The antibacterial activity of an extract obtained from *Ascophyllum nodosum*. J. Amer. Pharm. Assoc. 93:24-26.
 - Wagner, H., and P. Pohl, 1965. Mikroanalyseder ungesättigten fetts-äuren von meeresalgen(grün-, rot-, und braun algen). Biochem Z. 341:476-484.

- Weaver, G.A., G.T. Tangel, J.A. Krause, H.D. Alpern, P.L. Jenkins, M.M. Parfitt, and J.J. Stragand, 1996. Dietary guar gum alters colonic microbial fermentation in azoxymethane-treated rats. *J. Nutr.* 126:1979-1991.
- Yamamoto, I., and H. Maruyama, 1983. Cancer protection effect of edible seaweed, especially laver, on DMH induced intestinal cancer of rat. Abstract of 42nd general meetings. Japanese Society of Cancer, P. 260(in Japanese).
- Yoon, T.J., Y.C. Yoo, O.B. Choi, M.S. Do, T.B. Kang, S.W. Lee, I. Azuma, and J.B. Kim, 1995. Inhibitory effect of korean mistletoe extract on tumor angiogenesis of haematogenous and non-haematogenous cells. *Cancer Lett.*
- Yoon, T.J., Y.C. Yoo, T.B. Kang, K. Shimazaki, S.K. Song, K.H. Lee, S.H. Kim, C.H. Park, I. Azuma, and J.B. Kim, 1999. Lectins isolated from Korean mistletoe induce apoptosis in tumor cells. *Cancer Lett.* 136:33-40.
- Yoon, T.J., Y.C. Yoo, T.B. Kang, Y.J. Baek, C.S. Huh, S.K. Song, K.H. Lee, I. Azuma, and J.B. Kim, 1998. Prophylactic effect of Korean mistletoe extract on tumor metastasis is mediated by enhancement of NK cell activity. *Int. J. Immunopharmacol.* 20:163-172.
- 강제원, 1966. 한국에 있어서 해조류의 지리적 분포에 관한 연구. 부산수대연보.
- 권태완, 이태영, 1960. 미역의 비단백질 및 단백질분획의 아미노산의 크로마토그래피 분석. 한국농화학회지, 1:55-61.
- 김두상, 이동수, 조득문, 김형락, 변재형, 1995. 식용해조류중의 미량요소와 특수기능성 당질: 2. 산지와 채취시기별 식이섬유질 함량의 변화와 해조다당류의 분포. 한국수산학회지, 28:270-278.
- 김은미, 우순자, 지규만, 1996. 주요 당류 및 해조류의 대사 에너지 함량 평가에 관한 연구. 한국영양학회지, 29:251-259.
- 김장양, 원종훈, 1974. 수영만 양식 미역, 모자반 및 화경해수의 수은, 카드뮴, 납, 구리의 농도에 대하여. 한국수산학회지, 7:169-178.
- 김형균, 1974. 초생추에 있어서 해조분말의 사료가치시험. 한국축산학회지, 16:330-335.
- 박영호, 1968. 알긴산製造에 관한 研究. I. 原藻成分組成의 季節的인 變化에 대하여. 부산수산대학 석사논문.
- 박영호, 강영주, 변재형, 오후규, 1976. 미이용해조류의 이용화에 관한 연구. I. 미이용해조류의 성분조성과 조류단백질의 추출. 한국수산학회지, 9:155-162.
- 山田 莞弘, 1973. 植物油脂の代謝. 食品工業, 16:20-31.
- 森本 宏, 1969. 飼料學. 養賢堂. pp. 483-630.
- 成田不二生, 構山京介, 1932. つるあとの組成について. 京醫傳紀要, 2:8-12.
- 염월형, 지설하, 이영철, 1976. 부로일러에 대한 강류대치사료로서의 해조분의 이용 시험. 한국축산학회지, 18:349-354.
- 이강호, 1969. 김의 가공 저장중에 있어서의 색도의 안정도. 한국수산학회지, 2:105-133.
- 이두석, 이창국, 장영순, 1996. 한국 연안 해조류의 식이섬유 함량. 수진연구보고, 52:99-106.
- 이성태, 2001. 한국산 해조류로부터 분리된 렉틴의 이화학적 특성과 면역생물학적 활성기전에 관한 연구. 강원대학교 대학원 박사학위논문.
- 이종호, 이강호, 한성빈, 1974. 건해태(김)의 아연 및 마그네슘 함량과 품질과의 관계. 한국수산학회지, 7:63-68.
- 이학성, 서정호, 서근학, 2000. 해조류 추출물로부터 항균제의 제조 및 항균효과. 한국수산학회지,

33:32-37.

- 조길석, 김영명, 김동수, 구재근, 도정룡, 이명현, 신미화, 1995. 양식산 해조류의 종합적인 이용 가공 기술 개발. 해양수산부 연구보고서, 한국식품개발연구원.
- 조득문, 김두상, 이동수, 김형락, 변재형, 1995. 식용해조류중의 미량요소와 특수기능성 당질. 1. 산지와 채취시기별 일반성분의 조성과 무기원소의 분포. 한국수산학회지, 28:49-59.
- 최진호, 김일성, 김재일, 윤태현, 1992. 해조류 성분의 노화억제작용에 관한 연구. 2. 간장 세포속의 노화억제작용의 조절성분으로서 알긴산의 투여효과. 한국수산학회지, 25:181-188.
- 하봉석, 1977. 수산물의 지질에 관한 연구(제2보). 해조류 지질의 지방산조성에 대하여. 한국수산학회지, 10:199-204.
- 한인규, 1970. 국산사료 성분분석에 관한 연구. 한국축산학회지, 12:339-349.
- 한인규, 이봉덕, 윤덕진, 백인기, 1975. 사료자원 개발을 위한 연구: I. 부로일러에 대한 해조분의 사료적 가치에 관한 연구. 한국축산학회지, 17:207-213.
- 하정기, 송우준, 고영두, 1975. 병아리 사료에 밀기울 대체로써 말의 효과. 한국축산학회지, 17:144-148.