

해조류(海藻類, seaweeds)의 사료적 가치



강창원
건국대학교 동물생명과학대학 교수
본회 R&D위원

1. 머리말

바닷물 속에서 생육하는 식물들을 통틀어 해조류라고 하며 일반적으로 이들의 색깔에 따라 녹색을 띠는 녹조류(綠藻類, green algae), 갈색인 갈조류(褐藻類, brown algae) 그리고 붉은색을 띠는 홍조류(紅藻類, red algae)라고 구별하여 불리운다. 우리나라 주변 해역은 한류와 난류가 만나는 관계로 이들이 자라는데 적절한 환경이 제공되므로 약 400여종의 다양한 해조류가 잘 자라고 있음을 볼 수 있다.

따라서 인근 일본이나 마찬가지로 우리나라에서도 풍부한 해조류 자원을 우리생활에 다양하게 이용되고 있다. 우리 밥상에 올라오는 미역, 다시마, 톳과 같은 식용해조류들을 볼 수 있으며, 가공식품이나 의약품제조 원료로 오랫동안 활용되어 왔다. 그러나 그 밖에 해조류들은 비식용으로 쓰임없이 방치되어 왔다. 오히려 지역에 따라서는 해양 자원이나 관광지 개발에 방해물로 인식되어 이를 제거하는데 많은 비용과 노력이 소요되기도 한다.

최근 국내는 물론 세계적으로 사료자원의 공급부족으로 원료 가격이 폭등하고 있으며, 동물성 식품내 항생제 잔류에 대한 소비자들의 우려가 갈수록 커져감에 따라 가축사료내 항생제 사용이 금지 또는 제한되고 있다. 이처럼 어려워

저가는 축산업과 사료산업 발전을 위해 방치되거나 폐기되는 해조류를 활용하는 것도 우리나라 축산발전에 유익한 방안이 될 수 있을 것이다.

2. 해조류내 영양성분과 사료적가치

해조류는 육상의 고등식물과 달리 뿌리, 줄기, 잎의 구분이 없고, 대부분이 잎이나 띠 모양으로 되어 있으며 이들의 외부조직은 영양분의 흡수와 광합성 작용을 하고 내부세포에서 영양분의 저장과 운반이 이루어지고 있다. 따라서 이들이 식용으로서 이용되는데 문제가 없는 것처럼 가

축사료 원료로 이용가능성을 지니고 있다.

(1) 영양성분

우리나라 남해안 지역에 널리 분포되어 있는 갈조류 중, 감태, 다시마, 툇을 자연 건조시켜 이들의 일반성분을 분석한 결과를 보면 표 1~3과 같다. 이들은 자연건조상태에서 7~11%의 수분을 함유하고 있어서 일반 옥수수 등 곡류의 수분함량 10~13%와 유사하였으며, 조단백질 함량은 9~12%로 옥수수나 밀과 유사하였다. 조지방이 1% 이하로 매우 낮고, 섬유질은 34~37%로 매우 높았다.

식물성 원료에 있어서 조단백질과 아미노산들

표 1. 감태, 다시마, 툇의 주요 영양성분과 KOH 용해도

| 성분(%) | 감태 | 다시마 | 툇 |
|---------|------|------|------|
| 수분 | 10.0 | 7.1 | 10.4 |
| 조단백질 | 10.3 | 9.0 | 11.4 |
| 조지방 | 0.73 | 0.85 | 0.75 |
| 조섬유 | 36.4 | 34.1 | 37.1 |
| 회분 | 27.2 | 26.6 | 18.2 |
| KOH 용해도 | 54.8 | 58.1 | 59.0 |

표 2. 감태의 주요 아미노산 함량과 이용율 및 대사에너지

| 영양소 | 성분(%) | 이용율(%) | 에너지(kcal/kg) |
|--------------------------|-------|--------|--------------|
| 메치오닌 | 0.20 | 37.7 | |
| 트레오닌 | 0.44 | 32.7 | |
| 라이신 | 0.36 | 32.3 | |
| 총에너지(GE) | | | 3,600 |
| 대사에너지(TME) | | | 1,850 |
| 대사에너지(TME _n) | | | 1,580 |

의 동물체내에서 이용성에 대한 간접적인 추정치를 보여주는 KOH 용해도는 60%가 채 못 되어 보통 75% 이상을 보여주는 대두박에 비해 낮은 소화이용율을 예상케 한다. 따라서 실제 아미노산과 에너지의 생체이용율을 닭을 대상으로 측정한 결과를 보면 표 2와 같다. 예상대로 필수 아미노산의 이용율은 30~40%로서 매우 낮았으며, 총에너지는 3600kcal/kg인데 비해 가금대사에너지(TME)는 1850kcal/kg 그리고 질소보정대사에너지(TMEN)은 1580kcal/kg에 불과하였다.

표 1에서 보듯이 풍건상태의 해조류내 광물질(회분) 함량은 꽤 높은 편이다. 이들중 몇 가지를 좀 더 자세히 보면 표 3과 같이 염분과 칼슘이 매우 높았으며, 비타민 E와 색소도 함유되어

있었다.

특히 이들을 세척하지 않은 상태로 자연건조를 시켰기 때문에 소금성분이 10%이상 다량 함유되어 있는바 이들을 사료원료로 사용하고자 할 때는 지하수 또는 깨끗한 민물에 침전시키거나 세척해서 사용하는 것이 바람직하다.

식용 해조류 가치는 본래 칼슘과 같은 다량광물질도 중요하지만 아연이나, 옥도, 셀레늄과 같은 미량광물질이 고루 풍부하다는데 이점이 있다. 한편 후시라도 카드뮴(Cd)이나 크롬(Cr)과 같은 중금속 오염이 우려되어 측정해 보았으나, 우려할 사항이 아니었다. 자연건조로 지용성비타민이나 색소가 대부분 파괴되었을 것으로 사료되므로 이를 막기 위해서는 음건 시키는 방법을 강구해야할 것이다.

표 3. 풍건상태의 해조류내 광물질과 비타민 함량

| 항목 | 감태 | 다시마 | 톳 |
|------------------|------|------|------|
| NaCl, % | 10.6 | 13.5 | NM |
| Ca, % | 1.27 | 1.29 | 1.42 |
| P, % | 0.25 | 0.14 | 0.20 |
| Mg, ppm | 7658 | 5915 | 6214 |
| Zn, ppm | 51.1 | 21.2 | 29.6 |
| Se, ppm | 0.66 | 0.62 | 0.27 |
| Cd, ppm | 2.0 | ND | 1.5 |
| Cr, ppm | ND | ND | ND |
| Vit. A, ppm | ND | ND | ND |
| Vit. E, ppm | 99.6 | 74.6 | 36.4 |
| Lutein, ppm | 1.6 | 1.2 | 0.3 |
| Zeaxanthin, ppm | 3.5 | 8.9 | 4.4 |
| Xanthophyll, ppm | 5.1 | 10.1 | 4.7 |

NM : not measured 미측정, ND : not detected 미검출

3. 생산성에 미치는 영향

풍건상태의 해조류를 실험실에서 영양성분 분석과 평가를 마쳤다고 해서 가축사료로서의 이용성이 완전히 파악되는 것은 아니다. 따라서 이를 실제 가축에게 급여하였을 때 미치는 영향을 단위가축을 중심으로 검토하여 보았다.

(1) 육계생산성에 미치는 영향

해조류 가운데 식용으로 이용되지 않았으나 해안지역에 널리 서식하고 있는 감태를 자연건조하여 분말화 시킨 후 육계사료 원료로서 사용하여 육계에 급여하였을 때 얻어진 결과는 표 4와 같다.

육계를 부화후 1일령부터 35일령까지 총 5주간 옥수수과 대두박을 기초로한 대조구 및 감태를 0.1%, 1.0%, 3.0% 육계사료에 포함한 사료를 급여하였을 때 감태무침가 대조구에 비해 감태를 급여한 계군에서 증체량이 같거나 더 우수

하였다. 사료요구율에 있어서는 대조구와 같거나 다소 높았으며 사료섭취량은 1.0%와 3.0%에서 높게 나타난 점으로 보아 처리구의 증체효과는 주로 사료섭취량의 증가에 기인한다고 보아야 할 것이다.

사양시험후 체조성과 육질평가를 수행하였으나 처리구간에 뚜렷한 차이가 없었다. 이로 미루어보아 해조류의 영양평가가 잘 이루어지고 이를 육계사료에 3.0%까지 사용해도 괜찮을 거라고 판단된다.

다만 이보다 더 높은 수준으로 사용했을 경우 생산성에 미치는 효과는 좀 더 연구해야 될 과제이다. 다만 해조류생산량이 그리 크지 않고 건조시키는데 비용이 따르는 이유로 다른 주원료와 같은 정도로 사료원료로 다량을 사용하기는 현실적으로 공급이 충분치 못하리라 여겨진다.

(2) 산란계 생산성에 미치는 영향

위에서 육계에 대한 사양실험을 수행한 것과

표 4. 육계사료내 감태분말의 첨가 수준이 생산성에 미치는 영향

| 항 목 | 사료내 감태 첨가 수준 | | | |
|------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | 0 | 0.1 | 1.0 | 3.0 |
| 개시체중(g) | 41.3 | 41.2 | 41.3 | 41.2 |
| 종료체중(g) | 1616 ^b | 1734 ^a | 1742 ^a | 1684 ^{ab} |
| 사료섭취량 (g/일/수) | 78.3 ^b | 81.1 ^b | 85.1 ^a | 85.9 ^a |
| 일일증체량 (g/일/수) | 44.4 ^b | 47.1 ^a | 47.2 ^a | 46.7 ^a |
| 사료요구율 | 1.76 ^{bc} | 1.72 ^c | 1.81 ^{ab} | 1.84 ^a |

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

유사하게 산란계 사료에 풍건상태의 감태를 파쇄하여 0.1%, 1.0%, 및 3.0% 넣어 급여하고 감태를 넣지 않은 대조구와 생산성을 비교하였다(표 5).

Hyline 갈색계를 대상으로 4주간 급여시험을 실시한 결과 사료섭취량에 있어서 처리구간에 차이가 없었으나 산란율은 감태 3.0% 첨가구에서 유의성 있는 생산성 저하현상을 보였다. 뿐만 아니라 산란중에 있어서 1.0%와 3.0% 첨가구에서 감소현상이 나타났다. 그러나 난각과 난황색 및 HU에 있어서는 처리구간 유의성 있는 차이를 발견할 수 없었다. 따라서 산란계사료 해조류를 사용할 때는 첨가량에 유의해야 할 것이다.

4. 해조류내 기능성물질 Lectin과 면역증강 효과

(1) Lectin 이란?

Lectin은 혈구세포 및 림프구, 섬유아세포, 균류 및 박테리아 등의 세포표면에 있는 당과 특이

적인 결합반응을 나타냄으로써 이들 세포를 응집시키는 특성을 지닌 단백질 또는 당단백질이다. 이물질은 박테리아, 해조류, 곰팡이, 무척추동물 및 척추동물 조직에 이르기까지 다양한 생물체에서 발견된다.

lectin의 생리적 기능 가운데 하나가 동물체내에 들어가서 림프구(lymphocyte)와 대식세포(macrophage)등 면역관련 세포들을 자극하여 면역기능을 조절하는 것으로 알려지고 있다. 해조류에는 이러한 생리적 기능물질인 lectin이 함유되어 있으므로 이를 활용하여 항생제를 대체할 수 있는 항생제 대체 기능성물질로 사용될 수 있는 가능성이 높다.

(2) 단위동물에 있어서 Lectin의 면역조절기능

이러한 lectin의 면역조절제로서의 효과는 주로 실험동물을 통한 *in vitro* 실험으로 수행되었으며, 실제 축산에 있어서 가축 면역증강제로서의 연구는 거의 이루어지지 않았다.

최근 가축에 있어서 lectin과 관련된 연구로서

표 5. 풍건상태의 감태분말의 급여가 산란계의 생산성에 미치는 영향

| 항 목 | 사료내 감태 첨가 수준 | | | |
|------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 0 | 0.1% | 1.0% | 3.0% |
| 사료섭취량 (g/일/수) | 122.7 | 123.6 | 123.5 | 123.7 |
| 산란율(%) | 92.0 ^a | 91.5 ^a | 91.3 ^a | 81.0 ^b |
| 난 중(g) | 64.5 ^{ab} | 66.0 ^a | 63.0 ^b | 63.2 ^b |
| 산란중 (g/일/수) | 61.9 ^a | 60.3 ^a | 57.3 ^b | 51.4 ^c |

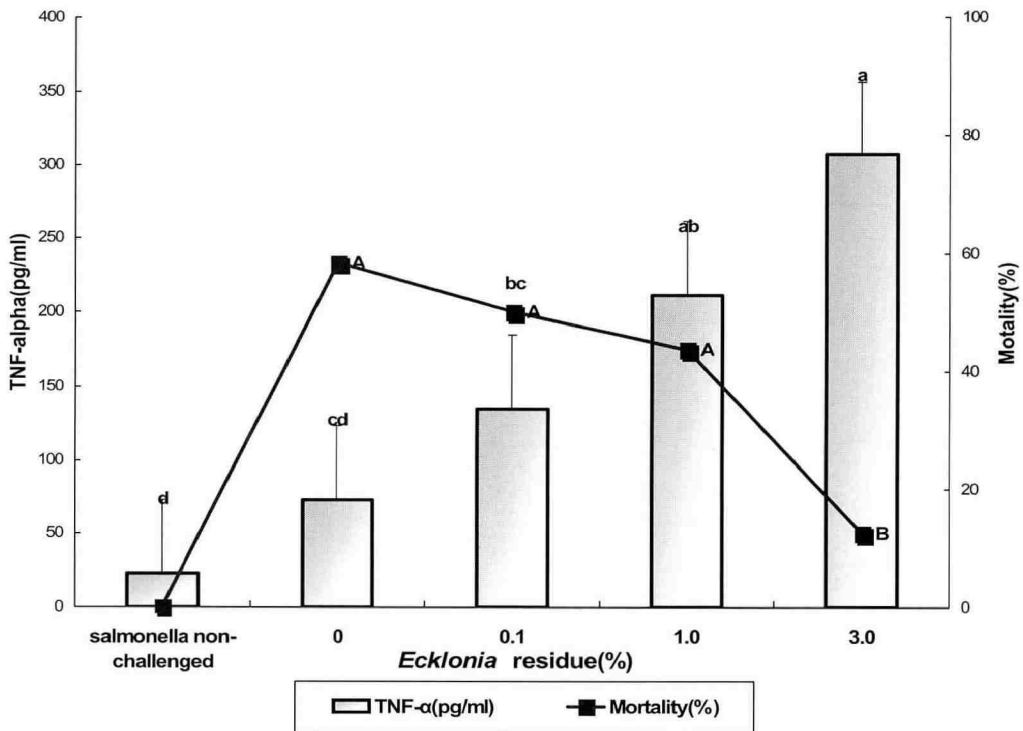
^{a-c} Means within the same row with no common superscripts differ significantly (P<0.05).

갈조류 중 감태에서 lectin을 추출하고 남은 감태부산물을 가금류에 급여하고 *Salmonella*를 인공적으로 감염시켰을 때, 감태부산물의 급여 수준이 높을수록 혈중 TNF- α 의 농도가 상승하면서 폐사율이 감소하였다는 결과가 있었다(그림 1). 또한 갈조류 중 감태에서 추출한 lectin을 단위동물에 급여하였을 때, 돼지에 있어서는 생산성이 저하되지 않고, 혈장 내 IL-1 β 농도가 실험종료시 감태에서 추출한 lectin 0.3% 첨가구가 대조구에 비해 유의하게 높았다고 보고(표 6) 한 바 있다.

육계사료에 감태와 감태에서 추출한 lectin의 첨가 급여 시에도 생산성이 저하되지 않으면서 감태에서 추출한 lectin이 체액성 및 세포성 면역을 증강시키는 효과(표 7)가 있다고 발표하였다. 이로서 감태로부터 추출한 lectin은 닭에서 안전하고 면역능을 증강시키는 가축용 사료첨가제로서의 이용가능성을 시사한 바 있다.

지금까지 lectin에 대해 다양한 연구 분야에서 연구가 계속 진행되어 오고 있다. 그러나 아직까지 축산업에 있어서 이러한 다양한 lectin들의 기능이 점차 밝혀지고 있음에도 불구하고 lectin

그림 1. 가금티프스 감염 산란계에 있어서 감태 추출물이 TNF- α 와 폐사율에 미치는 영향



a-d Mean values with different superscripts are significantly different (P<0.05)

의 이용이 적은 이유는 순수 정제된 lectin은 아직까지 합성이 불가능하고 천연물에서 분리·정제하여야 하는 어려움과 인체의 항암치료제로 사용되어 가격이 고가의 물질이며, 또한 이러한 순수 정제 또는 부분 정제된 lectin을 가축에게 급여하였을 때 농가의 생산비의 상승이 예상되기 때문에 실질적인 연구가 드물고 그 이용도 부족했던 것으로 보인다.

그러나 추후 lectin의 분리·정제 기술이 현재의 기술보다 현저히 발달하고 그 효과가 더욱 더 분명히 밝혀진다면 머지않아 lectin을 대량으로 생산하여 가축에 있어서 항생제 내성문제 및 축산 식품내로의 항생제의 잔류와 같은 식품 안정성 문제에 있어서도 어느 정도 해결할 수 있으리라 생각한다.

표 6. 감태추출물의 급여가 이유자돈의 혈중 TNF- α 와 IL-1 β 수준에 미치는 영향

| | 감태 lectin 첨가량 | | |
|---------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | 0% | 0.1% | 0.3% |
| TNF- α | — pg/ml — | | |
| 15일 | 228.5 \pm 11.8 | 304.2 \pm 40.7 | 305.2 \pm 35.2 |
| 30일 | 240.8 \pm 40.6 | 351.3 \pm 45.3 | 361.3 \pm 65.9 |
| IL-1 β | — pg/ml — | | |
| 15일 | 14.3 \pm 2.8 | 20.1 \pm 2.1 | 20.5 \pm 2.1 |
| 30일 | 17.5 \pm 2.0 ^b | 24.0 \pm 4.6 ^{ab} | 30.9 \pm 2.9 ^a |

^{a,b} Means \pm SE (n=15) within the same row with no common superscripts differ significantly (P<0.05).

표 7. 감태분말 및 감태추출물의 급여가 육계 혈액내 ND 및 IB 항체 형성에 미치는 영향

| 예방접종후 | 비감염 계군 | 감염계군 | 감태 1.0% | 감태 lectin | | |
|----------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | 0.05% | 0.1% | 0.3% |
| ND titer | | | | — log ₂ — | | |
| 14일 | 2.70 ^a | 1.90 ^{ab} | 1.60 ^{ab} | 2.60 ^a | 1.10 ^b | 1.20 ^b |
| 21일 | 2.80 | 2.60 | 3.60 | 3.70 | 2.70 | 3.30 |
| 28일 | 3.22 ^c | 4.44 ^{bc} | 7.00 ^a | 4.89 ^b | 5.67 ^{ab} | 5.78 ^{ab} |
| IB titer | | | | — log ₂ — | | |
| 14일 | 3.80 ^{ab} | 4.60 ^a | 2.50 ^c | 3.70 ^{ab} | 3.30 ^{bc} | 3.30 ^{bc} |
| 21일 | 3.80 ^b | 4.90 ^a | 3.50 ^b | 4.30 ^{ab} | 3.60 ^b | 4.00 ^{ab} |
| 28일 | 2.33 ^b | 2.22 ^b | 2.67 ^{ab} | 2.78 ^{ab} | 3.00 ^{ab} | 3.33 ^a |

^{a,c} Means \pm SE within the same row with no common superscripts differ significantly (P<0.05).

표 8. 가금티프스 감염 육계에 있어서 감태와 감태 lectin 추출물이 폐사율에 미치는 영향

| 접종후 | 비감염계군 | 감염계군 | 감태 1.0% | 감태 lectin | | |
|---------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | | 0.05% | 0.1% | 0.3% |
| ————— % ————— | | | | | | |
| 1일 | 0.00 ^b | 31.11 ^a | 5.56 ^b | 5.56 ^b | 4.76 ^b | 0.00 ^b |
| 2일 | 0.00 ^c | 50.00 ^a | 31.11 ^{ab} | 24.44 ^{bc} | 19.84 ^{bc} | 20.00 ^{bc} |
| 3일 | 0.00 ^c | 62.22 ^a | 43.33 ^{ab} | 31.11 ^b | 32.06 ^b | 26.67 ^{bc} |
| 4일 | 0.00 ^c | 67.78 ^a | 55.56 ^{ab} | 36.67 ^b | 38.73 ^b | 33.33 ^b |
| 5일 | 0.00 ^c | 74.44 ^a | 62.22 ^b | 36.67 ^b | 43.49 ^b | 40.00 ^b |
| 6일 | 0.00 ^c | 74.44 ^a | 67.78 ^{ab} | 43.33 ^b | 49.05 ^b | 46.67 ^b |

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

5. 맺음말

한반도 주위에 널리 자라고 있는 비식용 해조류를 사료자원화한다면 오늘날 우리가 직면한 사료원료 파동을 극복하는데 다소의 도움이 될 수 있을 것이다. 특히 해조류에 들어 있는 lectin

이라는 기능성물질은 동물체내 면역증강 효과를 가지고 있어서 항생제 대체효과를 거둘 수 있을 것이다. 이로서 동물성식품 생산에서 우려되는 항생제 내성문제나 축산식품에 있어서 안전성 문제도 어느 정도 그 실마리를 풀 수 있게 되리라 생각된다. 