

클로렐라의

공업적 생산과 응용

글 _ 최인석 _ 대상㈜ 중앙연구소

1. 서 론

최근 건강에 대한 관심이 증폭되면서 클로렐라 (Chlorella)의 대중적 인기가 상승하고 있다. 건강식품 뿐만 아니라 의약 및 소재 분야에서도 클로렐라와 같은 미세조류(微細藻類: microalgae)에 대한 관심이 학계와 업계에서 높아지고 있다. 미세조류의 응용범위는 단순히 식품이나 사료를 위한 biomass로 부터, 고부가가치의 의약 및 건강 보조 식품의 원료 물질 생산으로 매우 넓다고 할 수 있다. 이러한 응용범위는 미세조류의 biotechnology 발전에 의하여 점차 새로운 영역으로 확대될 것으로 예상된다. 또한 최근 발전된 유전 공학 기술과 배양 공학 기술이 적용된다면 미세조류는 생물 산업 전반에 걸쳐서 새로운 제품으로서의 무한한 가능성을 제시하는 청사진을 가지고 있다고 표현해도 과언은 아닐 것이다.

조류(algae)를 이용한 생물 산업의 시초는 530년 전 아시아에서 김(Porphyræ) 인공 양식을 시작한 것이 시초라 할 수 있다. 그 후 한천 양식이 20세기에 시작된 것으로 알려져 있다. 현재 미세조류를 이용한 생물 산업의 규모는 세계적으로 연간 12억 \$ 규모이며 이들의 대략적인 용도와 배양 방법을 표. 1에 나타내었다.¹⁾

우리나라는 해양 인접국으로 해수 및 담수에 다양한 미세조류가 분포하고 있을 것으로 예상된다. 이들 미세조류를 이용한 생물산업은 향후 중요한 역할을 담당할 것이다. 많은 미세조류를 이용한 제품 중 우리에게 잘 알려진 클로렐라는 국제적인 인지도와 원가 경쟁력을

갖춘 제품이다. 또한 클로렐라는 최근 시장이 급상승하는 품목으로 일반인의 관심이 날로 증가하고 있다. 한편 상품으로서 클로렐라의 성공은 국내 미세조류의 연구 개발과 시장의 확대의 기폭제가 될 수 있을 것이다. 따라서 이 글에서는 미세조류의 산업적 이용의 예로서 클로렐라의 산업적 생산과 이 제품의 건강 식품으로서의 가치 및 시장성에 대하여 살펴보고 향후 전망을 알아 보고자 한다.

2. 클로렐라의 개요

2.1. History

1890년 네덜란드의 Bayring 이 구형의 미세 담수녹조를 그리스어로 녹색을 의미하는 Chloros 와 라틴어로 작은 것을 의미하는 ella 를 조합하여 클로렐라라고 명명하였다. 클로렐라는 단백질을 포함한 여러 영양소를 포함하고 있으며 증식속도가 다른 식물에 비하여 매우 빠르므로 미래의 단백질 식량, 고 영양식 식량으로서의 가능성이 기대되어 왔다.²⁾ 제 1차 세계 대전(1914~1918)에 독일에서 시작된 클로렐라 식량화의 연구는 그 후 미국 카네기 연구소를 통하여 연구되기 시작하였으며, 1951년 일본에 토쿠카와 생물학 연구소 동경대학 교수 다미야(田宮) 박사에 의하여 클로렐라의 대량배양법으로 발전하였다. 이러한 대량 배양 연구와 건강 식품으로서의 기능성 연구 결과에 힘입어 1980년대 이후 아시아를 중심으로 건강보조식품으로서 안정된 시장을 구축해오고 있다.^{3), 4)}

표. 1 생물 산업에 이용되는 미세 조류

Product	Product	Application	Basins/reactors
<i>Spirulina platensis/Cyanobacteria</i>	Phycocyanin, biomass	Health food, cosmetics	Open ponds, natural lakes
<i>Chlorella vulgaris/Chlorophyta</i>	Biomass	Health food, food supplement, feed surrogates	Open ponds, basins, glass-tube PBR
<i>Dunaliella salina/Chlorophyta</i>	Carotenoids	Health food, food supplement, feed	Open ponds, lagoons
<i>Haematococcus pluvialis/Chlorophyta</i>	Carotenoids, astaxanthin	Health food, pharmaceuticals, feed additives	Open ponds, PBR
<i>Odontella aurita/Bacillariophyta</i>	Fatty acids	Pharmaceuticals, cosmetics, baby food	Open ponds
<i>Porphyridium cruentum/Rhodophyta</i>	Polysaccharides	Pharmaceuticals, cosmetics, nutrition	Tubular PBR
<i>Isochrysis galbana/Chlorophyta</i>	Fatty acids	Animal nutrition	Open ponds
<i>Phaedactylum tricornutum/Bacillariophyta</i>	Lipids, Fatty acids	Nutrition, fuel production	Open ponds, basins
<i>Lyngbya majuscula/Cyanobacteria</i>	Immune modulators	Pharmaceuticals, nutrition	

Applied Microbiology and Biotechnology, Volume 65, Number 6, 2004

2.2. 주요 특성

클로렐라는 녹조류의 일종으로 담수(淡水) 중에 증식하는 단세포 식물로서 분류학상 녹조강, *Chlorococcum* 목, *Chlorella* 속으로서 해당 속의 주요 종(species)으로는 *Chlorella vulgaris*, *C. pyrenoidosa*, *C. ellipsoidea* 등이 널리 알려져 있다. 이들 클로렐라는 보통 연못이나 호수 등 담수에서 생육한다.

클로렐라의 크기는 직경 2~10 μ m 정도로, 형태적으로는 구형 단세포 조류로서 엽록소(Chlorophyll a, b)를 다량 함유하고 있으며, 세포 표면은 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스의 세포벽으로 이루어져 있다 (그림 1).

그림 1의 (a)는 배양액 중에서 증식하고 있는 클로렐라의 사진이며, (b)는 전자현미경 사진으로 세포내 핵과 클로로플라스트(Chloroplast)를 관찰할 수 있다.

클로렐라의 증식은 무성생식으로 이루어진다. 통상의 클로렐라는 10~30시간에 1회 4개의 낭세포로 분열하여 증식을 계속함에 따라 하루에 4~16 배로 증식한다.

2.3. 주요 구성 성분

Geoghegan⁵⁾에 의하면 클로렐라의 성분 중, 조 단백질의 함유량은 50% 이상으로 이 중 47.5% 이상의 순 단백질을 포함하고 있으며, 지질의 경우는 질소원이 적

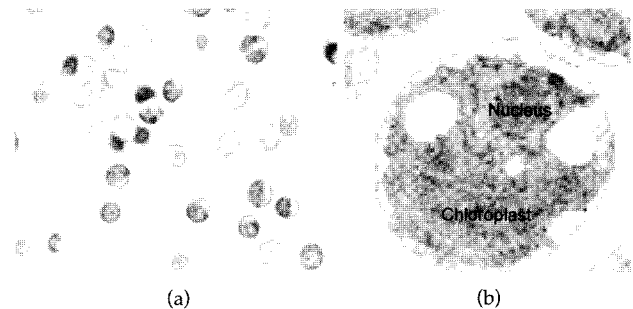


그림 1. 클로렐라 (*Chlorella sp.*) 의 사진

(a) 암소(暗所) 탱크 배양중인 클로렐라 (x1000 일반 광학 현미경 사진 : 대상(株) 중앙연구소), (b) 전자 현미경 TEM(Transmission Electron Microscope) 사진 (촬영장소: 한국기초과학지원연구원 춘천분소, 기종 모델명: LEO-912AB OMEGA)

게 함유된 배지에서 생육된 세포의 경우 지질 함량은 높아진다고 알려져 있다. 일반적인 클로렐라의 구성 성분은 조단백질 55%, 조지질 18%, 탄수화물 18%, 회분 6%, 수분 3% 로 구성되어 있다.

클로렐라의 단백질을 구성하고 있는 아미노산은 Lubitz⁶⁾에 따르면 균종에 따라 차이는 있지만 alanine, glutamic acid, aspartic acid, arginine, leucine, lysine 등이 함유된 주요 아미노산으로 알려져 있다. 클로렐라의 아미노산 조성의 특징 중 하나는 필수 아미노산인 lysine 을 다량 함유하고 있으며, 이는 클로렐라의 영양학적 가치

가 있는 증거가 될 수 있다고 생각된다.

클로렐라는 다량의 클로로필(엽록소 : Chlorophyll)을 함유하고 있다.(그림 2) 클로로필 a와 b의 정량 결과 일반 야채류와 비교하여 함유량이 높고 a 와 b 의 비율은 일반 식물과 차이가 없었다. 클로로필의 함량은 빛의 조사에 의하여 생성되는 일반 식물과는 다르게 포도당을 탄소원으로 배양한 암 배양에서도 1% 정도의 클로로필을 함유한다는 사실을 확인하였다. 최근 시판되고 있는 클로렐라의 클로로필 함량은 2000mg/100g 이상 함유하도록 개량된 것으로서 품질의 결정에 중요한 요소이기도 하다. 클로렐라의 지방산 함유량의 변화는 증식 시 온도, 태양광선, 질소 함량, Mn²⁺의 량에 의하여 결정되는데 건강과 기능성에 주요한 지방산으로 알려진 불포화 지방산이 다량 함유되어 있는 것으로 알려지고 있다.

3. 클로렐라의 공업적 생산

1940년대 이전의 미세조류의 배양 방법은 실험실 수준에 머물렀으나⁷⁾ 독일과 미국의 실험적 배양 설비의 개

발과 더불어 1940년대 후반에 미세조류의 옥외 배양에 대한 실험이 시작되었다고 알려졌다.⁸⁾ 그 후 20년간 미세조류의 옥외 배양은 활발히 연구되기 시작하였다.^{9), 10)}

일본 내 클로렐라의 대량배양 연구는 1951년 토쿠카와(徳川) 연구소에서 시작되었다. 1957년 일본 정부의 연구 개발비에 의하여 일본 클로렐라 연구소가 설립되고 클로렐라 실용화가 본격적으로 추진되었다. 당시 배양 설비는 직경 2m의 배양연못 6기에 5m 연못 2기, 20m 연못 10기를 보유한 설비로서 1963년에는 스프레이 드라이어를 이용한 건조기술이 확립됨에 따라 지금의 타정 클로렐라 상품의 개발이 시작되었다. 또한 대만의 기술이전도 이 시기에 이루어졌다. 탱크 배양에 의한 클로렐라 생산은 1964년에 시작되었는데 1981년 일본 후생성의 지도에 의하여 1. 원말은 100℃에서 3분간 가열한다, 2. 원말의 성분 과 유기용매와의 접촉 가능성을 최소한으로 제한한다. 3. 직사 광선 및 고온 다습한 곳을 피하여 보관한다. 이상 3개항의 대책을 마련하여 위생적으로 안전한 클로렐라가 시장에 공급되게 되었다.

클로렐라를 대량배양하기 위한 배양 방법은 몇 가지

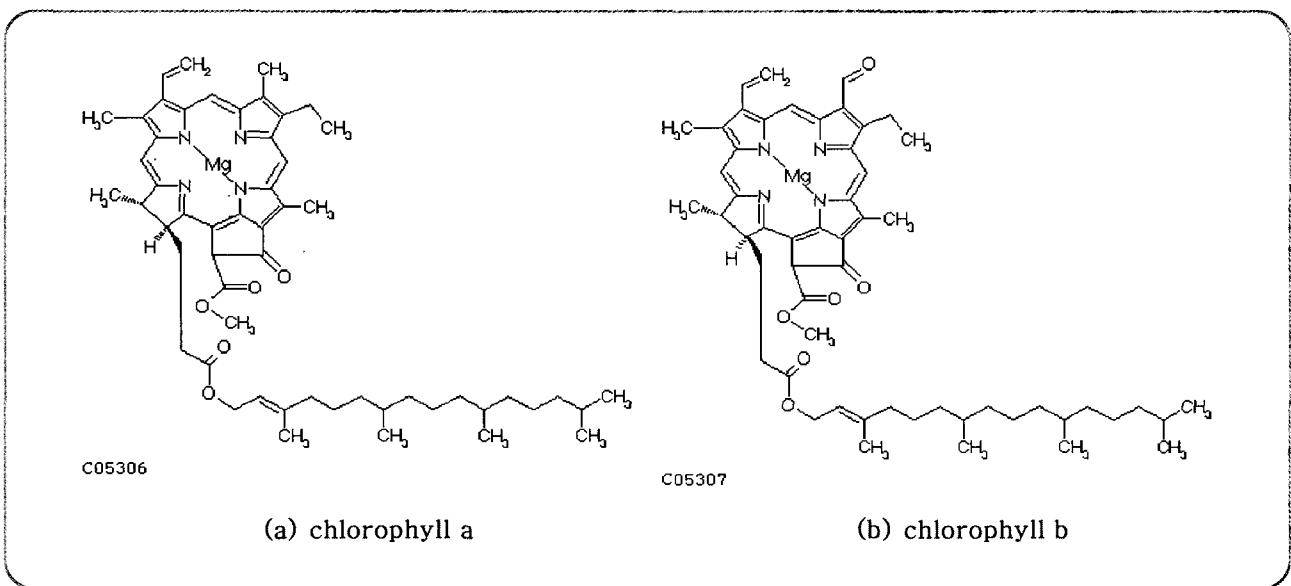


그림 2. 클로로필(chlorophyll)의 분자 구조

기준에 의하여 분류가 가능하다.

1. 우선 생육 조건으로 보면 광(光)을 조사하고 CO₂ 를 탄소원으로 사용하는 autotrophic 에 의해 생육 시키는 경우와 광을 조사하지 않고 포도당을 탄소원으로 하여 생육 시키는 heterotrophic 으로서 무균적으로 탱크 내에서 배양하는 경우와, 광의 조사하에 초산 등의 유기산을 탄소원으로 사용하는 mixotrophic 으로 배양하는 경우로 나눌 수 있다.
2. 다음으로는 영양분의 보충방법 측면에서 살펴보면 최초 배양액 내에 탄소원 이외의 모든 영양 성분을 첨가하여 배양이 충분히 이루어진 후 회수하는 batch 법과 조류의 생육량에 맞도록 영양분을 경시적으로 첨가해 가면서 생육시키는 보충법과 배양액으로부터 클로렐라를 회수한 후 상등액을 다시 배지(옥외 배양의 경우 pond)로 돌려 보내는 환류법(recycling) 등이 있다.
3. 마지막으로 배양 장치의 형식에서 보면 옥외의 연못(pond)에서 행하는 옥외 배양법과 탱크 내에서 autotrophic 또는 heterotrophic 한 방법을 이용한 탱크 배양법으로 나눌 수 있다.¹¹⁾

과거에는 연못에서의 옥외 배양이 주류를 이루어 왔으나 최근에는 암배양(暗培養)에서도 고 농도의 클로렐라가 필 함량을 가진 클로렐라가 개발됨에 따라 탱크배양에 의

표 2. 각 배양 시스템에서의 특징 비교

Category	Capital cost	Running cost	Cell yield	Reliability
Pond	Medium	low	low	Variable
Tank	Very high	Very high	Very high	Very good

한 매우 위생적이고 안정적인 원료공급이 가능하게 되었다.

옥외 배양과 탱크 배양의 대략적인 공정은 그림 3과 같은 순서에 의하여 구성되며 각 배양방법 간의 특징을 표 2에 나타내었다. 옥외 배양의 경우에는 계절에 따른 온도 및 빛의 강도의 조절이 가장 큰 문제점이며 외부의 오염과 무기염 농도의 균일성을 확보하는데 어려움이 있다고 한다. 그러나 탱크 배양의 경우 제품의 품질을 일정하게 유지 가능하나 초기 투자비용과 유지 관리에 많은 비용이 소요된다는 단점을 가지고 있다.

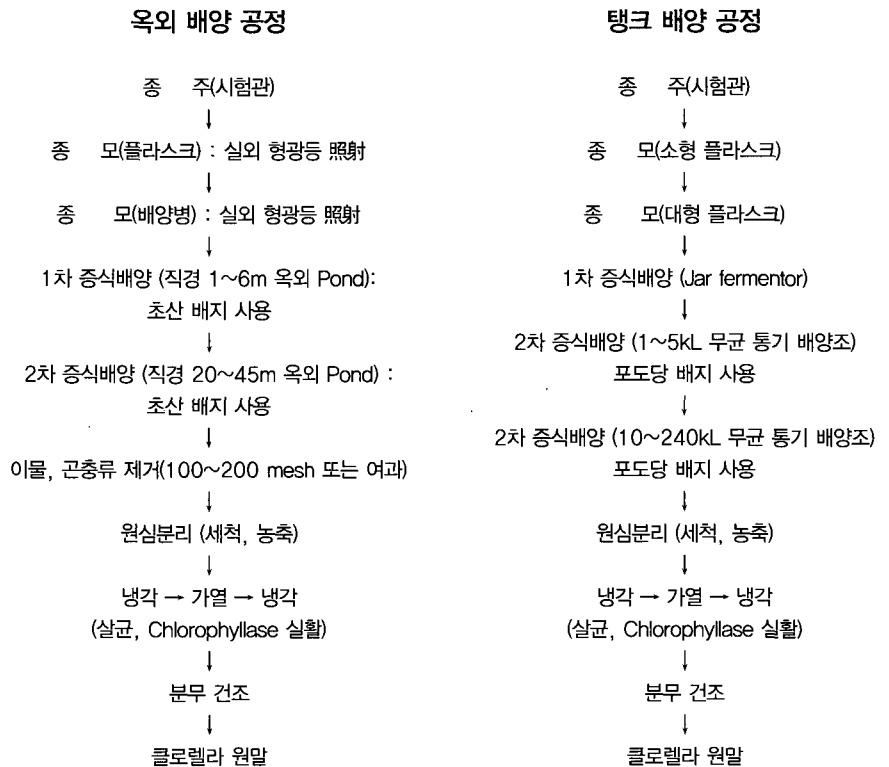


그림 3. 산업적 클로렐라 생산을 위한 옥외 배양과 탱크 배양 공정 비교

탱크와 같은 배양기를 이용한 배양의 경우 biomass 확보의 중요한 인자는 물리적인 조건 즉, 빛의 강도, 빛의 분산 (autotrophic 일 경우), gas의 교환 등이 작용할 것이며, 배지의 조성은 암배양과 광배양 모두 중요하다고 할 수 있다. 일반적으로 배지의 조성은 해당 미세조류가 분리된 서식지의 환경을 응용하여 화학적인 분석을 통하여 결정하는 것이 일반적이라고 할 수 있다.¹²⁾

녹조류의 성장에 있어서 요구되는 주요인자는 탄소원과 질소원외에 N, P, K, Mg, Ca, S, Fe, Cu, Mn, Zn 등의 무기 이온 류들이 salt 형태로 배지에 투입된다.¹³⁾ 클로렐라의 배지성분은 많은 그룹에 의하여 연구되었으나, 기본 개념은 질소원의 종류와 질소원과 인산의 비율이 biomass 와 클로로필 함량을 결정짓는 주요 요소라는 점이다.^{14), 15)} Harrison(1990) 등은 배지의 구성성분의 변화(특히 질소원의 고갈)는 생육 stage 의 변화를 나타낼 수 있다고 말하고 있으며,¹⁶⁾ PBR (photobioreactor) 를 사용하는 배양일 경우 연구진의 많은 노력으로 강력한 빛의 조사나 효율적인 빛의 분배는 이루어 졌으나 이러한 물리적인 조건의 개선도 배지 성분의 고갈과 2차 대사 산물의 분비와 같은 생물학적 제한 요인이 해소되지 않고는 효과를 볼 수 없을 것이라고 생각된다.

초기 PBR 배양용 배지로 사용되었던 배지 성분은 여러 실험 결과 Mg⁺⁺와 sulfur 그리고 질소원 의 함량이 부족함을 알 수 있었고,¹⁷⁾ 이들 성분의 보강으로 클로렐라의 biomass 와 클로로필 함량을 상승시켰다고 보고된 바 있다. 이러한 배지 성분의 변화는 biomass나 클로로필 뿐만 아니라 세포의 구성 성분의 변화에도 중요한 원인으로 작용하는데 Syrett 등 (1962)은 질소원의 부족은 세포 내 질소함량보다 클로로필의 함량을 급속히 감소시키고 지방보다 탄수화물 축적을 촉진시킨다고 보고하였다.¹⁸⁾

4. 클로렐라의 기능

클로렐라는 신체의 시스템을 보조하고 회복이 필요한

부분의 조직재생을 도와주는 것으로 알려져 있으며, 대체요법에 적당한 보조 식품으로의 역할을 수행한다고 한다. 합성 등에 의한 화학적 공정에 의하여 제조된 다른 보조 식품들은 자연계에 존재하는 자연 식품과는 그 형상이나 구조 면에서 차이가 있을 수 있으나 클로렐라의 경우 인체의 섭취가 용이하다는 장점을 가지고 있다. 이러한 클로렐라는 전식품(Whole food)이라고 일컬어지고 있다.¹⁹⁾ 클로렐라의 세포벽인 식이섬유는 중금속을 인체로부터 제거하는 기능을 가지고 있다. 이것은 대기, 식품, 수질 등 환경오염이 증가되고 있는 현재 매우 중요한 기능이라 할 수 있다. 클로렐라의 주성분인 클로로필은 그 세정기능(cleansing)과 해독기능(detoxifying)이 이미 밝혀져 있다. 또한 일반적인 건강 보조 식품의 주요 성분인 비타민 A, B1, B2, B6, C, E, K, 엽산, 칼슘, 철, 아연, 마그네슘, 인, 요오드가 풍부한 식품이며, 상처의 치유를 촉진하는 핵산이 풍부한 것으로 알려지고 있다.

클로렐라의 성장인자 (CGF : chlorella growth factor) 는 주성분이 아미노산, 핵산, 펩타이드이며 조직의 성장과 회복을 촉진시키는 역할을 한다. 특히 20시간 마다 4배로 증가하는 어느 식물보다도 빠른 번식력을 가진 클로렐라의 섭취는 인체 내에서 치유능력과 동물과 어린이의 성장 속도를 증가 시키는 역할을 하며, 이 역시 CGF에 의한 효과로 추측되고 있다. 또한 CGF는 T세포와 B세포를 활성화하여 면역을 조절하고 바이러스로부터 인체를 방어하는 것으로 밝혀져 있다. 노화에 따라 인체의 핵산 (RNA, DNA)의 양은 감소하게 되는데, 현대인에게 많은 스트레스, 공해, 나쁜 식습관이 이를 가속화한다. 따라서 클로렐라의 세포핵은 RNA(3%), DNA(0.3%)의 좋은 공급원으로 작용하며 이는 섭취 시, 다른 식품보다 높은 함량의 핵산 공급이 가능하다. 섭취된 핵산에 의하여 면역력 강화, 세포의 재생, 조직의 치유 작용 개선이 기대된다고 할 수 있다.¹⁹⁾

한편 클로렐라는 β-카로틴 (β-carotene)의 농도가 높게 존재하며, 이는 인체의 면역력을 증강시켜 항암 효

과를 기대할 수 있다는 실험 결과를 쥐에서 얻기도 하였다.²⁰⁾ 또한 건강상 여러 가지 문제가 있는 고령자에게 다양한 영양소를 공급할 수 있으며, 성인에게는 체중 조절, 콜레스테롤 조절, 혈당 조절과 어린이에게는 알레르기 개선 등의 효과를 기대할 수 있는 매우 적절한 자연식이 요법이라 할 수 있다.²¹⁾

5. 클로렐라 시장

클로렐라의 최대 시장인 일본에서는 1990년부터 수요가 급속히 확대되어 1994년에 최고인 원말(타정 전분말형태의 클로렐라)로 2000 톤/년의 수준이 되었다. 이러한 수요 증가 경향에 대하여 대만, 일본의 원말 생산업체는 제조 설비를 확대하고 주요 OEM 생산 국가인 인도네시아, 중국에는 신공장이 증설되어 추정 생산 능력은 약 4000톤/년이 되었다. 여기에 1996년 말부터 대상이 1000톤/년의 생산 능력으로 클로렐라 시장에 진입하여 세계의 총 생산 능력은 약 5000톤/년이 되었다.

6. 일본 시장

클로렐라 배양 연구와 응용 연구를 가장 먼저 시행되었고, 안정된 시장을 오래 전에 구축하여온 일본의 연구 배경 및 시장 상황을 알아보는 것은 향후 우리나라의 클로렐라의 시장 확대 예측에 중요한 자료가 될 수 있을 것이라고 생각된다.

일본 내 클로렐라 수입 추이는 1970~1987년 사이, (통계자료의 품목분야가 불분명하지만) 대략 연간 400 톤 정도로 추측이 가능하다. 1990 년대에 들어서면서 클로렐라의 수입량은 급격히 증가하여 1992~1995년에는 연간 1000~1400톤으로 증가하였다. 한편 일본 국내의 클로렐라 원말 소비량은 연간 1400~1600톤 정도로 2000년 이후 급증하였다. 일본 내 건강 식품시장은 급격히 확대되어 2002년 부터는 연간 1조엔 규모에 육박하고 있다. 특히 통신 판매 또는 방문 판매의 신장이 눈

에 띄게 증가하고 있다. 그 중 클로렐라 (최종 소비자 상품)은 연간 400~500억 엔으로 추정되고 있다. 일본 내에서 클로렐라는 건강식품 중 상위 5위 이내의 판매량을 지속적으로 유지하고 있다. 또한 일본건강·영양 식품협회에 의하여 실시된 2001년 7월 앙케이트 조사에 의하면 많은 건강 식품 중 비타민, 로얄 제리 등에 이어 여섯 번째를 차지하였다.

이상으로 일본의 클로렐라 시장에 대하여 간략히 알아보았다. 일본 내 클로렐라는 안정된 시장을 확보하고 있으며, 클로렐라 메이커 및 취급하고 있는 통신 판매 회사등을 중심으로 여러가지 판매 확대의 방안이 모색되고 있는 상황이다. 그 대책의 일부로서 대학 연구기관의 클로렐라 효과에 대한 공동연구, 연구잡지의 발행, 전시회의 개최 등이 행하여 지고 있다.

7. 국내 클로렐라 시장과 전망

국내에서는 2000년 이후 참살이(Well-being) 열풍과 함께 건강식품 시장도 급격히 증가하였다. 1994년 8000 억원이었던 건강식품 시장 규모는 올해는 2조원에 이를 것으로 예상되며, 향후 소득 증대와 고령화 사회 진입, 건강 및 식품에 관한 지식의 축적 등에 힘입어 건강기능식품 시장이 매년 20% 정도 성장할 것으로 전망하고 있다(동아일보 9월 7일 자). 대상(株)이 클로렐라를 처음 출시한 1999년 당시 소비자의 인식 부족으로 인하여 20억원에 불과했던 시장 규모는 그 후 2000년 70억원, 2001년 150억원, 지난해 240억원으로 급신장세를 보여왔다. 2004년에는 작년(240억원)의 2.4배인 570억원 대로 커질 전망이다(그림 4). 클로렐라 판매가 이처럼 호조인 것은 각종 마스크 등을 통해 클로렐라의 면역력 강화, 중금속 배출, 골밀도 개선, 세포노화 방지 등 효과가 널리 알려졌기 때문으로 보인다.

클로렐라의 지속적인 시장 확대를 위해서는 현재의 수준에서 몇 가지 요건을 갖추어야 한다는 견해가 일반적이다. 다른 건강식품이 그러하였듯이 일시적인 유행

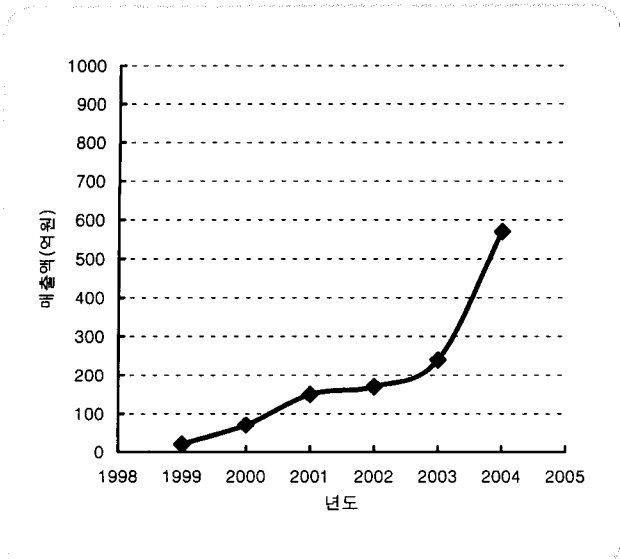


그림 4. 국내 클로렐라 시장 추이

상품에 그친 경우는 얼마든지 찾아볼 수 있다. 장수 건강 보조식품으로서의 역할을 수행하기 위하여 다음의 몇 가지 조건들이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

첫째, 지금의 단순한 클로렐라 분말에서 한 발 앞서 기능이 부여된 클로렐라 즉 예를 들어 주요 불포화 지방산인 DHA의 강화, 소화 흡수율의 강화 등은 한층 넓은 소비자의 지지를 받을 것으로 예상된다. 또한 보다 많은 식품에 첨가할 수 있도록 개발 한다면 소비의 폭은 넓어 질 것으로 예상된다.

둘째, 클로렐라가 가지고 있는 고유의 기능에 대한 응용연구에 많은 노력을 기울여야 할 것이다. 이미 섭취 효능에 대한 많은 연구가 이루어졌으나 보다 체계적이고 객관적인 데이터의 축적은 많은 소비자의 믿음을 얻어 낼 수 있을 것이다.

마지막으로 보다 낮은 비용으로 질 좋은 클로렐라를 생산하여 낮은 가격으로 일반 소비자에게 공급하는 것이다. 이는 미세조류의 생리적 이해와 생물공학적인 연구를 통하여 이를 수 있는데, 이것이 바로 우리 생명 공학 전문가의 몫이라 할 수 있다

8. 결 론

이상과 같이 클로렐라에 대하여 대략적으로 살펴보았다. 최근 국내 뿐 아니라 세계적으로 미세조류가 가진 산업적 가치가 새롭게 부각되고 있으며, 또한 현재 소비자의 최대 관심인 참살이(Well-being)은 미세조류의 건강 소재로서의 가치에 더욱 관심을 가지게 하였다. 그 첨병으로서 클로렐라는 중요한 산업적, 학술적 역할을 수행하고 있다고 할 수 있다.

언급한 바와 같이 우리나라는 미세조류 연구에 여러 강점을 지니고 있다고 생각된다. 예를 들어 아미노산, 핵산 등을 개발한 경험이 있는 세계적 발효 기술을 보유하고 있으며, 건강에 관심이 많은 내수 시장과 중국과 일본과 같은 인접 거대 시장을 보유하고 있다는 점은 경쟁력의 핵심 강점으로 생각된다.

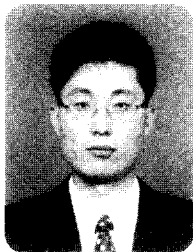
2000년부터 시작된 클로렐라 열풍과 상품으로서의 성공은 미세조류의 연구와 우리나라의 생물 산업 활성화에 기폭제로 작용하기를 바라는 바이다.

참고 문헌

1. Wolfgang Gross. Applied Microbiology and Biotechnology Volume 65, Number 6 (635 - 648).
2. Krauss RW. Mass culture of algae for food and other organic compounds. American Journal of Botany 49: p425-435, 1962.
3. Soeder CJ. The scope of microalgae for food and feed. In: Shelef G, Soeder CJ, editors. Algae Biomass. Amsterdam: Elsevier/North-Holland Biomedical Press, p9-20, 1980.
4. Soong P. Production and development of Chlorella and Spirulina in Taiwan. In Shelef G, Soeder CJ, editors. Algae Biomass. Amsterdam: Elsevier/North-Holland Biomedical Press, p 97-113, 1980.
5. Geoghegan, M. J. Unicellular algae as a source of food. Discovery, 19, 1953.
6. Lubitz, J. A Jour. Food Science, 28, p 229, 1963.
7. Terry, K. L and L.P. Raymond Enzymologia. Microbial Technol., 7:p 474~487, 1985.
8. Cook, P. M Chemical engineering problem in large scale culture of algae Ind. Eng. Chem 43:p 2385~2389, 1951.
9. Casey. R. P., R, J Lubitz and B. J. Weissman . Food Rechnol., 17(8): p1039~1072.
10. Clyde, R. A US patent 4,446,236, 1984.

11. 武智 芳郎 著 クロレラ その 基礎 と 應用 學習研究社 p 277, 1971.
12. Vonshak, A.. Laboratory techniques for the cultivation of microalgae, p 117-145. 1986 : In A. Richmond (ed.), Handbook of microalgal mass culture. CRC Press, Boca Raton, FL.
13. Oh-Hama, T., Miyachi, S. *Chlorella*, pp. 3-26, 1988 : In M. A. Borowitzka and L. J. Borowitzka (eds.), Microalgal biotechnology. Cambridge University Press, Cambridge.
14. H Huang, B., Hong, H., Chen, L. *Asian Mar. Biol.* 11: p 137-142, 1994.
15. Jeanfils, J., Canisius, M. F., Burlion, N. *J. Appl. Phycol.* 5: p 369-374, 1993.
16. Harrison, P. J., Thompson, P. A., Calderwood, G. S. *J. Appl. Phycol.* 2: p 45-56, 1990.
17. Mandalam, R., Palsson, B. O. *Amer. J. Botany* 82: p 955-963, 1995.
18. Syrett, P. J. Nitrogen assimilation, p 171-188, 1962 In: R. A. Lewin (ed.), Physiology and biochemistry of algae. Academic Press New York.
19. Jensen, B. *Chlorella, Jewel of the Far East*. Bernard Jensen Publisher USA, 1992.
20. Balch J, M. D and Balch P., Prescription for Nutritional Healing by C.N.C.
21. Cribbs, G. *Nature's Super Food- The blue green algae revolution*. Newleaf publishers, 1997.

약 력



최 인 석

- 1989. 고려대학교 이과대학 생물학과 졸업 (학사)
- 1991. 고려대학교 대학원 미생물학 전공 (석사)
- 1999. 고려대학교 대학원 미생물학 전공 (박사)
- 1993. 미원 식품 기술 연구소 입사 연구원
- 1996. - 1997. 일본 오사카 대학 응용생물공학과 연구원
- 1997. - 현재 대상(주) 중앙연구소 BIO 실 책임연구원