

21세기를 향한 획기적 식량생산방안

“미세조류·어류 增幅共生 큰 기대”



朴 茂 榮

韓國과학기술원 교수·생물공학

앞으로 10년이 못가서 21세기가 시작된다. 새로운 세기를 맞이하면서, 올바른 삶을 위해 인류가 해결해야 할 문제들은 많지만, 그중에서도 가장 긴박한 것이 세계인구의 폭발적인 증가문제, 거기에 따른 심각한 식량부족문제의 해결이다.

식량의 증산율이 인구의 증가율에 따라가지 못함을 깨닫고, 가축이나 농작물보다 성장이 빠른 미생물을 길러, 단백질원으로 삼자는 연구가 약 반세기동안 범세계적으로 진행되었지만, 아직도 실질적인 성과를 거두지 못하고 있는 실정이다.

여기에서는, 먼저 당면한 세계인구 문제의 실태를 살펴보고, 이어서 미생물 식량생산연구의 개요와 거기에 따른 문제점들을 지적한 다음, 그런 문제점을 보완한 새로운 연구방향을 제시함으로써, 다가오는 21세기를 위한 식량생산의 한 방법으로 삼고자 한다.

1. 세계의 인구증가와 식량부족

세계 165개국의 국가별인구를 수시로 나타내는 전자계산기형식의 「인구카드」가 개발되었다.

이 카드가 나타낸 1989년 10월7일 정오 현재의 세계인구는 5,225,610,331명으로 되어있다. 1987년에 50억을 돌파한 뒤, 2년이 못되어 52억이 되었으니, 1년내에 약 1억명씩의 인구가 증가한 것이고, 이 같은 인구증가는 1초에 3명, 1분에 185명, 1시간에 11,117명, 하루에 266,828명이 늘어난다는 셈이 된다.

UN은 이 같은 인구증가가 지속될 경우 서기 2000년의 세계인구는 63억명, 2020~2030년에는 100~120억명이 될 것으로 예측하고 있다. 특히, 증가되는 인구의 95%가 개발도상국에서 태어나기 때문에 빈곤의 악순환은 가속화될 것이라는 전망이다.

우리의 주위에 인구가 2배, 10배로 늘어났을 때의 일을 상상하기는 너무나 비참할 것이니 미생물에 비유하여 이야기를 해보기로 한다.

시험관이나 플라스크 속에 충분한 영양분을 함유하고 있는 배양액을 넣고, 대장균 같은 미생물을 길러 본다. 시간의 흐름에 따라, 배양액 1ml속의 미생물의 수를 그래프에 나타낸 것이 그림1의 윗부분이다. 좋은 환경에 놓인 미생물은 분열을

시작하여 그 수가 늘어난다. 하나가 둘, 둘이 넷, 넷이 여덟이 되는 기하급수식으로 미생물의 수가 불어 간다(B). 미생물의 수가 기하급수로 증가한다는 것은 놀라운 일이며, 단시간에 그 수는 엄청나게 늘어나서, 배양액 1ml당 수십억개를 헤아릴 수 있게 된 다음, 증식은 멈추게 된다(C). 먹이가 줄어들고, 배설물에 의한 환경의 악화 때문에, 이 시점에서는 미생물의 증가하는 수와 죽어가는 수가 같게 되어 전체적으로 변함이 없어 보인다(C). 그런데, 그런 경향도 오래가지 못하고, 마침내 미생물들은 죽음의 시기(D)로 옮겨가게 된다. 먹이는 고갈되고, 악화된 환경은 생명의 유지조차 허락치 않게 되고 만다.

같은 그림에 세계인구의 동태를 축소해서 나타내었다. 놀라운 일은 속도의 차이는 있지만, 현재 세계인구가 늘어나는 모양이 앞서 말한 미생물의 성장곡선을 그대로 좇아가고 있다는 것이다. 이

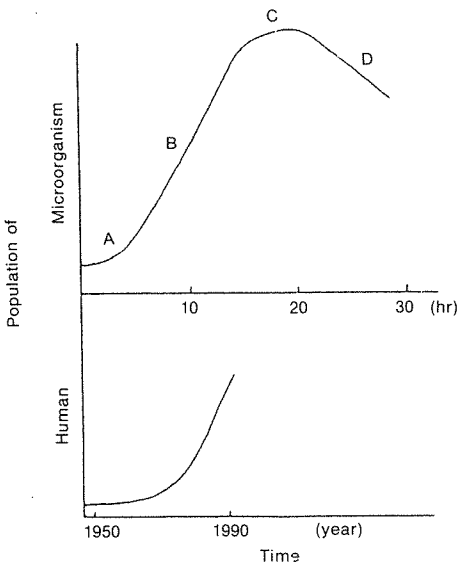


Fig. 1. Population change of microbial cells in a flask(upper) and human beings in the world(down). A. lag phase : B. log phase : C. stationary phase : D. death phase

것은 인류의 장래를 점치는 엄숙한 경고라고 아니할 수가 없다. 혹자는 인간을 어떻게 미생물과 비교하는가 할지 모르지만 과연 인류는 Homosaficience (현명한 사람)라고 이름지었듯이, 다른

생물과 같지 않은 몇가지 특색을 갖고 있다. 그러나, 잊어서는 안될 것은, Saficience(현명)하건 말건, 기원을 따지면 많은 생물 가운데 靈長目 사람과(人科)에 속하는 생물에 지나지 않는다는 것이다. 사람과의 생물이라고 해서 자연의 법칙, 생물의 법칙의 테두리 밖에 있다고 스스로 생각한다면 착각도 이만 저만이 아닌 것이다.

인구의 급속한 증가는 필연적으로 그 주름이 식량공급에 나타나기 시작했다. Mellor와 Adams (1)는 1980년 현재 특히 개발도상국을 비롯한 후진국에 있는 사람들 중, 4억5천만명이 굶주리거나 영양실조에 걸려 있다고 밝혔다. 이 숫자는 1980년 당시의 세계인구 44억의 약 10분의1에 해당되는 것이다.

Hoshiali(3,4), Scenz(5)들의 예측에 의하면 2000년에 세계의 단백질 수요량은 7,400만톤이며 이 숫자는 1980년의 수요량의 약 2배에 해당된다. 그러니까 단백질수요량의 증가가 인구 증가보다 빠르다는 셈이다. 특히 개발도상국에서 쉽게 볼 수 있듯이, 경제적인 사정이 좋아짐에 따라 요구하는 식품의 질도 올라가기 때문이다. 한편, 2000년의 단백질 생산량은 5,200만톤 밖에 되지 않아, 결국 2,200만톤이 부족이 예상된다.

2. 빨리 자라는 미생물들

미생물은 다른 농작물이나 가축보다 월등히 빨리 자란다. 그리고 미생물체는 건조중량의 절반 정도가 단백질로 구성되어 있다. 따라서 농작물을 경작하거나 가축을 키우는 대신에 미생물을 배양하여 단백질원으로 이용할 때, 식량 증산율이 인구증가율을 따라 잡을 수 있다고 생각할 수가 있다.

예를 들어 450kg의 비육우 한마리가 하루동안에 자라서 증가하는 단백질량은 0.4kg이다. 같은 하루동안에 같은 450kg의 대두(콩)가 생산하는 단백질량은 37kg으로 속도가 약 90배나 빠르다. 그런데 미생물인 효모균을 배양한다면, 하루동안에 49,500kg의 단백질이 생산되어 그 속도는 비육부의 그것보다 약 12만배나 더 빠르다.

이렇게 성장이 빠른 미생물을 길러서 만든 단백질(Single cell protein 또는 SCP)을 가지고 식량 부족 문제를 해결해 보려는 시도는 이미 약 40년의 역사를 가졌지만, 그 생산비용이 높아 자유경제사회에서는 아직 산업생산에 성공을 거두지 못하고 있다. SCP 생산의 연구가 어디까지 와있는가 그 역사적인 변천을 살펴보기로 한다.

3. 석유를 먹고 자라는 세균과 효모

여러 종류의 세균이나 효모가 석유를 탄소원으로 하여 잘 자란다. 그러나 이것이 석유가 SCP의 원료로 선택된 유일한 이유는 아니다. 적당한 가격으로 대량공급이 된다는 점이 석유나 천연가스에게 SCP생산을 위한 원료로서의 자격을 부여하게 된 것이다.

가축사료에 대한 품질상의 요구는 식품에 대한 그것보다 덜 까다롭다. 따라서 미생물을 길러서 만든 SCP의 첫 용도는 가축의 사료이다. 가축의 사료는 저가치-고용적 제품에 속한다. 저가치-고용적 제품은 생산공장의 규모에 관한 손익분기점(breakeven point)이 높은 것이 특징이다. 많은 연구자들이 SCP생산공장에 대한 breakeven point를 5만톤/년으로 보고 있다. 다시 말하면, 해마다 5만톤의 SCP를 생산하지 못하면 그 회사는 손해를 보게 되며, 5만톤 이상을 생산해야만 이익을 기대할 수 있다는 것이다. 이것을 안 다음부터는 대부분의 상업규모 SCP공장은 5만톤 이상의 규모로 설계되고, 건설되었다.

연간 5만톤의 규모라면 하루에 약 150톤의 SCP를 생산하게 된다. 회수율(yield)을 약 50%로 가정할 때, 하루에 150톤의 SCP를 생산하려면 3백톤의 원료가 필요하다. 공장하나를 가동하기 위해 매일 3백톤을 끊임없이 공급할 수 있는 원료는, 석유나 천연가스 이외에는 찾아 볼 수가 없다. 그것도 이 지구상에 극히 한정된 산유지역에서만 가능한 것이다.

석유를 원료로 한 Candida효모의 산업생산이 30년전에 프랑스에서 시작되었다. 석유유래의 효모 SCP가 영양적으로 호평을 받자, 세계 각국에

서 민간 또는 정부지원으로 SCP의 생산이 시도되었다. 1970년에 영국석유회사(BP)는 2개의 생산공장을 건설하였다. 하나는 영국의 Grangemouth에 세워, normal paraffin을 원료로 연간 4천톤의, 건조효모(Toprina-G)를 생산하고, 다른 하나는 프랑스의 Lavera에 세운 1만6천톤 규모의 공장으로 Fuel-oil을 원료로 건조효모를 생산하여, Toprina- L이라는 상품명으로 사료시장에 내놓았다. 조금 지난 1973년에는 이태리에 10만톤 규모로 2개의 큰 공장이 세워졌다.

Sardin에 위치한 Italprotein공장은 이태리 정부의 재정 참여아래 BP와 ENI에 의해 건설되었고, Calabria에 세워진 다른 하나는, 일본의 Kanegafuchi사의 기술원조를 받았다.

영국의 Imperial Chemical Industries(ICI)는 국내 Billingham에 공장을 세우고, Methanol을 원료로 세균 SCP를 생산하고 있다. ICI는 5만~7만톤/년 규모의 이 공장을 세우기까지 11년간에 1억불(\$100 Million)을 투자했다.

그러나 이와 같이 식량문제의 해결이라는 커다란 포부를 가지고 시작한 SCP의 생산은 의외의 복병을 만나 좌절되었다. BP가 건설한 Grangemouth 와 Lavera의 두 공장은 생산을 정지하였고, 이태리에 세운 두 공장은 생산을 시작해 보지도 못하고 문을 닫아야만 했다. 경제적인 이유와 석유로 길러 미생물을 사료로 사용하는 데에 대한 소비자의 강한 반발이 이런 결과를 가져 왔다. 예외적인 존재는 소련과 동독의 공장들이다. 특히 소련에는 연간 50만톤의 공장이 가동되고 있으며, 이 규모는 해마다 늘어가고 있다고 한다.

공산주의 사회의 특징이 여기서도 나타나는 모양입니다. 자유경제 체제의 사료시장에서는 톤당 \$237의 대두박이 단백질사료의 가격을 지배하고 있으며, 어떤 SCP도 생산가가 이 대두박 가격을 넘어서는 상업생산이 불가능한 것이다. 불행히도 석유 유도체인 Alkane이나 Methanol을 원료로 한 SCP의 가격은 톤당 약 \$500로 대두박 가격의 2배가 넘는다. 더욱이 이 원료의 값이, SCP 값의 각각 40%와 75%를 차지하고 있다. 머지않은 장래에 석유값이 대폭적으로내린다는 보장은

없다. 그뿐 아니라 석유는 재생이 안되는 원료이니, 경제적인 생산이 된다고 가정해도, 언제까지나 늘어나는 세계의 인구를 석유 SCP로 해결해 나갈 수는 없을 것이다.

4. 탄산가스로 자라는 조류

미세조류(Microalgae)는 물속에서 광합성(Photosynthesis)을 통해 자라는 미생물로서, 세포 하나가 한 개체를 이루는 종류도 있고 여러개의 세포가 실모양(사상)으로 연결된 사상미세조류(Filamentous Microalgae)도 있다. 자연계에 약 25,000종의 미세조류가 서식한다고 기록되어 있다.

미세조류는 생장이 빠르고, 성장하는데도 태양광선을 에너지원으로 삼기 때문에, 포도당이나 전분 같은 에너지물질을 요구하지 않고 물, 탄산가스, 무기염류 등 만으로 잘 자라, 세균이나 효모에 비료해 생산비가 낮다.

미세조류의 세포체(Biomass)는 양질의 단백질 함량이 클 뿐 아니라, 지방질, 탄수화물, 비타민, 기타 각종 생리활성물질을 포함하고 있어서, 장래의 식량원, 에너지원, Fine Chemicals원으로서 크게 각광을 받고 있다.

이런 미세조류를 식량이나 사료의 목적으로 대량 생산하려는 시도는 석유 SCP보다 먼저, 1940년대에 이미 독일서 시작되었다. 이어서 1951년에는 미국의 Arther D. Little회사가 New York의 Carnegie Corporation의 연구비로 Chlorella를 실험실 규모와 Pilot Plant 규모로 배양했다. 1953년에는 California대학이 1만리터 규모로 미세조류를 배양하였고, 1955년에 들어가서는 Rockefeller 재단의 후원으로 2백만리터의 Pilot Plant를 건설하여 2년동안 가동하였다.

미세조류의 대량배양은 그 후에도 미국, 일본, 대만, 이스라엘, 프랑스, 이태리, 멕시코, 페루, 태국, 불가리아, 체코슬로바키아, 소련, 독일, 인도, 호주 등지에서 계속되었다. 그러나 생산가가 높아 미세조류 SCP가 가축 사료로서는 경제성을 갖지 못했다. 탄산가스(CO₂)의 값이 생산가의 대부분을 차지하며, Soeder에 의하면 건조 미세조

류체 1톤을 생산하는데 드는 CO₂의 값이 \$2천이나 된다고 한다.

따라서 근래에 와서는 미세조류의 대량생산이 저가치-고용적 제품에서, 고가치-저용적 제품으로 옮겨간 느낌이다. California에 있는 Earthrise Farms사는 105,000m²의 못(Pond)에서 연간 1백톤의 Spirulina를 생산하여, 건강식품(Health Food)으로 판매하고 있다. 호주에서는 Western Biotechnology 사가 50ha의 못에서 Dunaliella를 길러 β-Carotene을 추출하고 있다. β-Carotene은 Vitamin A의 선구물질로 고가에 팔린다.

건강식품용으로는 Spirulina미세조류가 현재 멕시코, 대만, 태국, 일본, 이스라엘에서 기업적으로 생산되고 있다. 1984년 현재, 건조 Spirulina 1톤의 값은 \$1만~\$2만인데, 품질에 따라 가격이 결정된다고 한다.

멕시코에서는 Lake Texcoco호수의 특수성을 살려, 직경 3km, 표면적 900ha의 규모로 Spirulina Maxima를 생산하고 있다. 일본의 Dainippon Ink 회사는, 기후조건이 좋은 대만과 태국에 지사를 세워 건강식품, 식용색소, 치어사료용으로 Spirulina를 오래전부터 양산하고 있다.

Becker와 Venkataraman은 인도에서의 Spirulina 생산비용을 상세히 산출하였다. 이들의 계산에 의하면 Spray건조시킨 1kg의 Spirulina를 생산하는데 \$2.26의 비용이 들며, 그 내역은 시설비(Capital Cost)가 \$1.25, 가동비(Operation Cost)가 \$1.00로 되어 있으며, 이런 계산은 배양지 면적 = 1 × 10⁵ m², 연3백일 가동, 평균 5kg m⁻²a⁻¹의 생산율에 바탕을 둔 것이다. 가동비의 70%가 기름을 연소시켜 얻는 CO₂의 값이다.

5. 물고기에서 탄산가스를

CO₂의 값이 비싸서 사료나 식량으로서의 미세조류 SCP의 생산이 안된다면, 값싼 CO₂를 얻는 방법을 강구하는 수밖에 없다. CO₂는 동물의 호흡에서도 나온다. 물고기도 동물이니까 물고기가 활동하는 이상 그 물속에는 많은 양의 CO₂가 생길 것이다. 역시 물속에서 자라는 미세조류를 이

물고기의 호흡에서 나오는 CO₂로 자라게 할 수만 있다면, 값싼 SCP의 생산도 가능하게 될 것이 아니겠는가. 이러한 가설아래 1987년부터 강연자의 연구실에서 물고기와 Chlorella의 공생에 관한 연구를 시작했다.

미세조류가 잘 자라는데는 약 5%의 CO₂를 포함한 공기를 불어 넣어 주어야 하는데, 대기속의 CO₂ 함량은 0.03%밖에 되지 않는다. 그런데 같은 물속에 미꾸라지와 Chlorella를 동시에 길러 보았더니, 공기를 불어 넣어 주지 않아도 Chlorella가 잘 자랐다. 확실히 미꾸라지의 호흡 CO₂가 Chlorella에 의해 이용된 것이다. 그뿐 아니라, 미꾸라지를 위해서도 통기가 필요없었다. 미세조류가 광합성을 할 때 내뿜는 산소(O₂)가 미꾸라지의 호흡에 이용된 것이다. 이 물속의 미세조류와 물고기 사이에는 서로 이익을 주고 받는 공생관계(symbiosis)가 성립된 것이다.

Symbiosis라는 용어는 1879년에 독일의 식물병리학자 A.D. Vailly가 처음 사용한 말이다. 미세조류와 물고기사이의 공생관계는 호수나 하천 같은 자연수 속에서도 있을 것이다. 그러나, 이러한 자연적인 Symbiosis는 경제적으로 아무런 가치 없다. 이동성인 물고기는 어느 한곳에 장기적으로 고정되어 있지 않고, 따라서 자연수 속에서는 그들의 호흡에 의한 CO₂의 농도도 높지 않을 것이다. CO₂의 농도가 높지 않으니까 미세조류의 성장도 빠르지 않아 경제적인 대량생산을 기대할 수 없을 것이다.

강연자는 이런 자연적인 Symbiosis를 증폭(Amplify) 시켜, 미세조류의 성장을 빠르게 하고 물고기의 양식농도도 높일 수 있는 방법을 개발하였다. 그리하여 이런 공생을 자연공생에 대비하여 증폭공생(Amplified Symbiosis)이라고 부르기도 했다.

5.1 공생의 증폭

미세조류와 물고기 사이의 공생관계를 증폭시키는 방법에는 3가지가 있다. 1) 물고기의 밀도를 올린다. 2) 미세조류의 밀도를 올린다. 3) 물고기의 급이율을 증가시킨다. 이 3가지 요소를 생태

균형(Ecological Balance)을 깨지 않는 범위내에서 증가시켜 주면, 미세조류와 물고기의 생산율을 동시에 높여 경제적인 생산이 가능하게 된다.

물고기의 밀도가 미세조류의 성장에 미치는 영향을 살펴보면, Spirogyra의 생장은 미꾸라지의 밀도의 증가에 따라 증진되어, 2.5 l의 물속에 125g의 미꾸라지, 즉 1 l당 50g의 밀도에서 최고의 성장을 보였다. 미꾸라지의 밀도가 늘어날수록 호흡에 의한 CO₂의 발생량도 늘어나서 더 많은 Spirogyra의 성장을 가져오게 된 것이다. 이와 같이 CO₂의 공급량은 물고기의 밀도를 선택함으로써, 임의로 조절되는 것이다.

미세조류의 성장은 물고기의 급이량에도 영향을 받는다. 100g의 미꾸라지에 0.25g의 잉어 치어용 배합사료를 하루에 두번씩 급이했을 때, 급이를 하지 않은 것보다 Chlorella의 생장이 현저히 높았다. 급이량을 두배로 늘리면 미세조류의 생장은 더욱 늘어났는데 물고기가 사료를 먹으면 대사작용이 활발해져서, CO₂의 배출량도 늘어난 것이다.

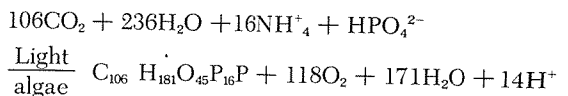
미세조류의 물속에서의 밀도도 조류생산에 영향을 주었다. Chlorella sp.의 수확기를 배양액 OD₆₀₀의 값이 0.6에 도달했을 때로 정하므로써, OD₆₀₀값으로 표시된 미세조류의 밀도를 0.3에서 0.6사이에 유지하면, 하루에 한번씩 수확이 가능해져, 미세조류의 생산률이, 하루에 한번의 수확을 못한 다른 두가지보다 높았다.

5.2 증폭공생의 장점

이와 같이 미세조류와 물고기 사이의 공생관계를 증폭시켰을 경우, 양 생물이 받는 이점은 CO₂와 O₂의 주고 받는 것 이외에도 여러가지가 있다.

1) 미세조류에서 CO₂를 :

다음식은 미세조류가 물속에서 햇빛을 받아 광합성 생장을 할 때의 원료물질과 생산물질 사이의 양적인 관계를 나타내는 것이다.



이 화학식에 따르면 미세조류체(biomass)1톤을 생산하는데 1.92톤의 CO₂가 요구된다. 그것을 가격으로 따지면 \$2천이 된다고 앞에서 언급하였다. 증폭된 공생배양에서는 따로 CO₂를 공급해주지 않았으므로 이런 양의 CO₂는 모두 물고기의 호흡에서 오는 것이다.

2) 질소원료도 공짜로 :

앞의 화학식에 의하면 미세조류체 1톤을 위해 0.12톤의 NH₄⁺가 소요된다. 이 질소원도 모두 물고기의 배설을 통해 공급된다. 특히 어류는 그들이 먹는 단백질 사료속의 질소분의 90% 이상을 NH₄⁺ 형태로 배설한다고 한다. 이 NH₄⁺가 물속에 축적되면 물고기 자신들에게 매우 해로운 것인데, 다행히 미세조류는 이 NH₄⁺를 흡수하여 자라는데 필요한 질소원으로 사용한다. 따라서 증폭공생이 이루어질 때는 미세조류의 성장을 위한 질소원이 공짜로 공급될 뿐 아니라, 제독작용에 힘입어 물고기의 고밀도양식도 가능하게 되는 것이다.

3) 물고기에 산소를 :

미세조류가 광합성을 할 때는 O₂를 방출한다. 앞의 화학식에 따르면, 미세조류 1톤이 생산될 때 1.55톤의 O₂가 발생한다. 이 O₂는 물론 물속에 녹아 물고기의 호흡에 이용된다. 그러므로 햇빛이나 인공광으로 증폭공생이 진행될 때는 물고기를 위해 통기를 해줄 필요가 없어서 양어 비용의 절감을 기대할 수 있다.

4) 교반작용도 필요없이 :

미세조류를 대량으로 배양할 때, 물을 쉼새없이 교반하여 물속의 미세조류 세포가 햇빛을 고루 받도록 해주어야 한다. 많은 물을 기계적으로 교반하는 데는 막대한 에너지가 소모되는데, 물고기의 유영운동이 이 기계적인 교반작용을 대신 해주므로 교반을 위한 생산비가 절약된다.

5) 벌레도 잡아주어 :

햇빛을 받기 위해 미세조류의 대량생산에는 노천배양이 보통이고, 노천배양에는 미세조류 이외의 생물들이 혼입이 문제됩니다. 특히 원생동물(Protozoa)에 의한 피해는 심각하다. β-Carotene 이나 건강식품을 위한 미세조류의 대량배양에

Spirulina 나 Dunaliella를 사용하고 있는 이유의 하나는, 이들의 종류가 낮은 pH나 높은 염분함량의 물에 잘 자라고, 이런 환경이 원생동물에게는 부적합하다는 점을 이용한 것이다.

따라서 대량배양에 이용될 수 있는 미세조류의 종류가 몇가지 만으로 국한되어 있다. 다행히 증폭공생생산에서는 물고기가 원생동물을 먹어 없애기 때문에 이런 제한이 없어서, 앞으로는 많은 종류의 미세조류가 노천식 대량배양의 대상이 될 것으로 믿는다.

6) 토지의 경제적 이용 :

한 물속에서 미세조류와 물고기를 동시에 생산할 수 있으므로, 토지의 경제적인 이용이라는 점에서도 그 의의가 크다. 이것은 우리나라처럼 국토가 좁은 곳에서 더욱 그렇다. 그리고 지하수만 이용된다면, 농경에 부적합한 땅도 식량생산에 이용될 수가 있다.

6. 결 론

이상과 같이 한 물속에 미세조류와 물고기를 증폭 공생시키면, 미생물 SCP생산에서 가장 큰 걸림돌이 되어온 원료값의 문제가 해결될 뿐 아니라, 교반에 따른 비용도 절감되고, 원생동물의 혼입문제도 해결되어, 사료나 식량을 위한 SCP의 경제적인 생산이 가능하게 된다. 아울러 광합성에 따른 산소, 미세조류의 대사에 의한 암모니아의 제독으로 고밀도 양어도 될 수 있어, 양어사업의 경제성도 증진하게 된다. 따라서 같은 면적의 땅에서 경제성에 맞는 미세조류 SCP의 생산과 물고기의 생산이 동시에 가능해지므로, 이 미세조류-어류의 증폭공생 생산방법은 앞으로 새로운 식량생산의 한 방법으로서 널리 이용되어, 나아가 세계의 식량문제 해결에도 이바지하게 될 것으로 기대된다.

◇ 이 글은 대한보건협회 주최로 9월 12일 롯데호텔에서 열린 「유산균과 건강」을 주제로 한 제7회 국제학술회의에서 발표된 내용을 전제한 것임편집자