

# 바이오산업의 응용범위

Applied limit for Biotechnology



글 / 秦秀雄

(Jin, Soo Ung)

지하자원개발기술사, (주)한자엔지니어링  
기술사사무소 대표이사, 본회 홍보위원.

E-mail: Hanjaco@Hanjaco.co.kr

The biotechnology is the study of biochemical and biological processes in living things.

Since 1990's biotechnology has developed more rapidly than all of the life technical industries, through the use of extremely sensitive analytical instruments, computers, and radioactive tracers.

The biotechnician has been able to gain an understanding of the mechanisms and information on biotechnology, enables the biologist and biochemist to fine farther information about DNA techniques and human beings.

## 1. 서론

요즈음 매스컴에서 '바이오'라는 용어가 자주 등장한다.

이미 일본에서는 1999. 1. 29. 정책결정으로 '바이오산업 추진을 위한 기본방침'을 수립하고 강력히 추진하고 있다.

이는 2010년쯤 일본의 게놈정보시장이 엔화기준 약 25조엔 이상 될 전망이다며 우리나라도 100조원 이상 달할 것으로 추정된다.

Genome은 유전자를 뜻하는 Gene와 염색체를 뜻하는 Chromosome의 합성어로 생물의 DNA (Deoxyribonucleic acid) 정보를 해독하여 유전자를 조작해 냄으로서 요업, 의료, 식품, 동물, 환경 등 모든 산업분야에 접목시켜 제2의 산업혁명을 가져왔다.

따라서 뒤늦게나마 본고에서는 각 분야별로 바이오산업의 활용실태를 파악하여 미래 지식정보산

업(Intelligence and Information technology)과 연계할 수 있는 가능성 여부를 타진하여 보았다.

오래 전부터 우리는 바이오산업의 일종인 양조와 제약산업을 통해 꾸준히 발전시켜 왔으며 오늘날에는 Interferon과 같은 항암물질, Erythropoietin과 같은 빈혈치료 호르몬 등 첨단물질까지 개발되었고, 최근에는 사람의 유전자 정보를 해독하는데 성공하여 의료분야에 일대 혁신을 가져오고 있다.

이와 같이 바이오산업을 IT산업과 연계 발전시킴으로 미래산업의 핵심으로 자리하게 되었고 앞으로 무한한 잠재산업성이 있다는 생각에 우선 바이오산업의 현황을 살펴보았다.

## 2. 유전자 발현공장의 출현

우리가 의약이나 농약을 제조할 때 단백질 (Protein)을 많이 이용하는데 단백질은 아미노산이 결합되어 만들어진 분자량이 큰 물질이지만 효소에

의하여야만 생체 내에서 제 역할을 해낼 수 있다.

또한 분자량이 아주 작은 Peptid(단백질의 일종)도 내분비물질(호르몬)로 생체 내에서 중요 역할을 담당한다.

이와 같이 효소(Enzym)나 Peptid는 세포증식과 보유 필요성에 의해 세포 내에서 분비되며 이들의 합성과 분비는 생물의 항상성(Homeostasis) 유지에 필수적인 물질이 된다.

따라서 의약품이나 농약제조에 단백질이나 펩티드가 유전자 발현에 있어 필수적 물질이기 때문에 많이 쓰여 단백질과 펩티드를 일명 유전자발현 공장이라 부르게 되었다.

일반적으로 단백질의 입체구조는 대단히 복잡하고 열에 너무 취약하여 유기화학적 방법으로는 합성이 잘 안되기 때문에 단백질합성은 화학적 방법이 아닌 유전자발현법(遺傳子發現法)을 통해 목적하는 단백질의 유전자를 설계하여 설계된 유전자를 미생물이나 동물세포에 운반체를 통해 전이 배양시켜 단백질을 대량생산할 수 있다.

이와 같이 현대과학은 세포의 유전자 암호를 해독하여 단백질을 만들어내는 유전자발현법을 발전시켜 바로 미생물이나 세포가 화학공장을 대신하여 단백질을 양산할 수 있다.

이러한 유전자발현에 의한 단백질생산은 기존 화학공장에 의할 때 보다 자원절약과 환경오염 발생이 없어 환경친화적 측면에서 작지만 가장 이상적인 대규모 화학공장과 비견할 수 있다.

미생물이나 동물의 세포에서 단백질을 합성해 내는 경우에 두 가지 공통점이 있는데 그 중 하나가 단백질을 이루는 아미노산은 유전자핵산에 의해서만 만들어진다는 사실이며, 두 번째는 유전자(DNA)를 구성하는 물질로는 Adenosin triphosphate(ATP), Thymidine triphosphate(TTP), Guanosine triphosphate(GTP), Cytidine triphosphate(CTT) 등 네 가지 핵산을 꼭 필요로 한다는 점이다.

메주를 띄울 때 콩에서 생기는 고초균(枯草菌)은 세균분별염색법인 Gram's stain에 나타나는 양성균의 일종인데 균체 밖으로 분비물을 연속적으로 배출하는 조직이 발달되어 있다.

이와 같은 유전자발현의 주체인 미생물은 주로 대장균, 효모, 고초균(枯草菌), 방선균(放線菌) 등이며 이들의 크기는 1~10미크론(1미크론은 1000분의 1mm)으로 아주 작지만 20~100분만에 2배로 증식되고 이후는 기하급수적으로 증식돼 커진다.

일반적으로 '유전자발현'에 쓰이는 대장균은 O-157 같이 독성이 강한 대장균은 쓰지 않고 K-12 같이 독성이 거의 없는 대장균만 골라 쓴다.

효모의 경우도 균류와는 달리 진핵세포(眞核細胞) 조직을 갖고 있기 때문에 일반 생물의 세포와 외관상 비슷하나 쓰임새는 다르다.

이와 같이 미생물을 주체로 하여 만들어진 바이오 약품으로는 췌장호르몬인 Insulin, 성장호르몬, 항암제인 Interferon, 임파호르몬인 Interleukin-2, 백혈구의 일종인 Macrophage, 이노제인 Peptide 등을 예로 들 수 있다.

동물세포를 주체로 한 유전자발현법은 천연과 비슷한 단백질을 얻기 위해 개발하였으나 배양대상동물의 세포가 취약하여 대량증식이 어렵고 배양비용에 비해 상대적으로 생산성도 낮아 요즘은 곤충세포를 이용하거나 Hamster 같은 시험용 쥐를 이용하는 유전자발현기술이 개발되어 단백질이나 Peptid의 양산기술의 신기원을 맞고 있는데 주목해 볼만하다.

### 3. 항체제조기법의 실체

항체(抗体)는 생체(生體)를 방어하기 위해 생체 내에서 만들어지는 물질로 외부로부터 바이러스나 세균과 같은 이물질이 침입하면 이를 파괴시키

는 면역계(免疫系)의 핵심항원(抗原)을 뜻한다.

항체도 일종의 단백질로 화학적 용어로는 면역 그로부린(Immunity globulin)이라 하는데 면역 그로부린은 기능성 고분자로 이루어져 있다.

항체는 ①항원결합성, ②보체(補體)결합성, ③항체와 수용체(受容體)결합성 등 세 가지 기능적 특징을 가지고 있는데 항체가 단순한 고분자가 아니라 항원결합성 기능을 가지는 고분자의 일종이다.

따라서 항체 1분자에 항원 2분자가 결합되는 경우 항원결합성은 ①어떤 특정항체의 항원만을 선택 결합하고자 하는 특이성이 있고, ②여러 종류의 항체가 존재하는 경우라도 다양한 항원과도 모두 결합하려는 다양성과 ③희박한 용액 중에서도 결합하고자 하는 높은 친화성 있다.

이와 같은 항체는 동물의 경우 자연적으로 자기 방어를 위해 만들어지지만 우리가 필요로 하는 항체를 따로 만들기 위해서는 건강한 동물을 택해 항원이 되는 물질(세균, 바이러스, 화학물질 등)인 면역원(항체를 만들도록 자극을 주는 물질)을 주사하여 만든다.

이때 동물체내에서 새로 생긴 항체들을 동물혈액을 채취 혈청을 분리해 항체를 얻는다.

이와 같이 새로운 항체를 얻어내는 기술이 개발되어 신물질에 속하는 각종 신약제조가 가능해져 난치병 예방과 치료에 획기적인 전기를 맞게 되었다.

세포는 생체 중 존재할 때는 온도, pH 등 물리적 환경이 안정되고 이에 따른 영양소 공급이 충분하여야 세포증식이 가능하다.

따라서 세포배양기법도 항온항습기인 배양용기 중에다가 세포배지(細胞培地)를 넣고 적절한 자연환경조성과 영양소인 아미노산, 비타민, 염류, 당 등을 공급해 주고 잠균의 번식을 막기 위한 페니실린, 스트렙트 마이신 등 항생제를 투여하면 세포배양이 된다.

이와 같이 만들어진 배양된 세포를 효소처리를

반복하면 염색체 핵이 증식되다가 어느 한계에 이르러 세포의 정상기능을 잃고 세포는 죽어버리게 된다.

그러나 정상세포가 죽는다 할지라도 일부는 원래의 유성을 지닌 세포로 남아 무한히 증식하여 오랫동안 계대(繼代)할 수 있는 새로운 세포주(細胞株) 또는 주화세포(株化細胞)를 얻을 수 있다.

이 같은 세포주를 인위적으로 조작, 세포융합에 의해 단일무성항체(Monoclonal antibody)와 같은 유전적으로 균일한 단일세포(Hybridcell)로 만들어진 면역항체를 만들어낸다.

이렇게 조작된 세포나 항체는 냉동보관하고 있으며 냉동보관 세계 최대 세포은행은 미국의 ATCC(American Type Culture Collection)이고 일본의 경우는 이화학연구소신은행(理化學研究所新銀行), 일본생물자원수집은행, JCRB(Japanese Collection of Research Biore-sources) 등인데 우리나라에는 아직까지 전문적인 세포은행이 없어 보다 체계적인 바이오산업육성이 요구된다.

#### 4. 바이오 전략의 필요성

바이러스의 크기는 생물세포 크기에 비해 1/100 ~1,000 정도로 아주 작아 계놈사이즈(Nucleotide No, 핵산수) 기준 1,000,000만배 이상 확대해야 겨우 볼 수 있는 나노미크론(1nm=0.001미크론) 범주에 속한다.

이와 같이 작은 바이러스일지라도 자기자손을 남기기 위한 조절유전자를 갖고 있어 숙주세포의 전사(RNA 합성)나 번역(단백질합성)등 조절능력을 갖고 있다.

따라서 바이러스는 일반 생물과 같이 숙주의 면역기구를 교란하기도 하고 새로운 생명을 탄생시

키기도 하며 환경에 따라 진화하기도 한다.

RNA바이러스의 중간 변종바이러스인 레트로 바이러스(Retrovirus)는 소위 역전사효소(逆轉寫酵素)라 하는 독특한 효소를 가진 바이러스 유전자를 감염세포인 DNA 중에 가지고 있다.

사람에 암을 유발하는 극소수의 변종바이러스인 레트로바이러스의 경우 T-세포 백혈병바이러스(HTLV-1 : Human T-cell Leukemia Virus type 1)의 암유전자는 독자적으로 진화한 특종바이러스로 스스로 전사활성화 할 수 있는 인자를 가지고 있어 암발생을 유발시키는 유해한 바이러스에 속한다.

따라서 현대의학은 이러한 사실과 원리를 파악 역이용함으로서 항암바이러스 개발도 가능하게 되었다.

이와 같이 우리 인간의 바이러스에 관한 전략은 수두 같은 대상포진, 에이즈 등 난치병 치료제 개발이 가능해졌고 최근 유전자조작기술에 의해 대장균이나 효모에서 특종바이러스성 단백질만을 추출하여 DNA확진 등을 만들어내고 있다.

뿐만 아니라 DNA의 유전자정보를 거의 다 판독해 냄으로서 인간의 생명연장도 가능해졌고 유전자치료를 위한 각종 난치병치료도 할 수 있게 되어 바이오전략의 필요성이 한층 높아지게 된 것이 현실이다.

## 5. 인간게놈 판독과 게놈지도설계

사람의 질병유발원인은 유전적인 것과 환경적인 것으로 구분할 수 있으나 대부분은 유전과 환경의 복합적 요인에 있다 할 수 있다.

예를 들면 환경적 요인으로 발생하는 것은 유행병, 독감, 에이즈 등이며 유전적 요인인 것은 심장병, 고혈압, 당뇨 등 선천적인 유전인자에 의해 면역기능이 약해져 발병확률이 높아짐으로서 복

합적 요인으로 발병되는 것으로 암(Cancer)이 이에 속한다.

인간게놈(유전자 정보)은 24종의 염색체로 구성되어 이들을 거의 모두 해석할 수 있게 됨으로써 질병유발원인을 찾아낼 수 있게 되었고 난치병 치료의 획기적 전기를 맞게 되었다.

이와 같이 인간유전자지도가 완성됨으로서 인간의 생명연장은 물론 난치병에 속했던 암이나 알레르기(Allergie) 치료와 예방도 가능해졌고 이에 따른 각종 바이오의약품개발과 생산도 가능해졌다.

또한 피부를 깨끗하고 아름답게 가꿀 수 있는 바이오화장품개발, 양조기술의 바이오화, 고도불포화성지방산 개발로 기능성식품(DHA : Docosahexaenoic acid, EPA : Eicosapentaenoic acid 등) 제조, 유전자변형에 의한 농작물증산, 가축개량(유전자복제동물, 일명 Clone동물로 개종), 미생물농약과 비료제조 등도 가능해 졌다.

이밖에 지구환경과피부질인 탄산가스과 다이옥신류 등 환경호르몬 물질의 발생억제와 환경폐기물처리에 바이오기술을 접목시킴으로서 환경친화적 물질을 생산할 수 있게 되었고 공업적으로는 특히 화섬분야에 바이오기술을 도입 바이오셀룰로즈, 바이오프라스틱 등 신소재 생산도 가능하게 되었다.

특히 지구환경개선과 바이오산업과의 접목 필요성은 우리 생존환경을 원천적으로 위협하는 지구환경개선 문제 해결에 가장 시급한 당면과제란 생각이 들며 보다 폭 넓은 게놈의 판독과 이에 대한 게놈설계지도작성이 요구되는 시기란 생각이 든다.

## 6. 바이오육성산업과 지구환경개선

지구의 환경과피부 주범은 그간 냉매로 쓰이던 프레온가스(Flon gas or Fleon)와 화석연료 연소

시 발생되는 탄산가스(CO<sub>2</sub>)로 이들 때문에 대기 오존층파괴와 지구온난화가 가속되어 가장 심각한 지구환경문제로 대두되고 있다.

그러나 프레온가스는 인공적으로 합성하여 만 들어지는 것이기 때문에 생산을 중지하면 그만이지만 탄산가스의 지구온난화 기여도는 너무 커서 63.7%나 되며, 다음이 메탄의 19.2%, 이산화질소의 5.7% 순으로 탄산가스의 발생억제가 당면 과제 중 최대관심사가 되고 있다.(세계환경백서 1997 참조)

대기 중 탄산가스농도는 영국의 산업혁명 전에는 약 280ppm수준으로 추정되던 것이 200년이 지난 오늘에 이르러서는 400ppm을 넘고 있다.

이와 같은 대기 중 탄산가스농도의 증가는 태양 광의 복사열을 대기권 밖으로 내보내지 못하게 차단시킴으로 대기온도의 상승을 초래하고 이에 따른 기상이변을 가져오는가 하면 극지방의 만년설을 녹여 해수면상승을 일으키고 있다.

이같은 지구환경변화를 방지하기 위하여 선진국들은 오래 전부터 탄산가스 배출량을 줄이려고 화석연료사용을 줄이는가 하면 식물, 미생물, 조류 등을 증식시켜 탄산가스를 탄소동화작용에 의해 흡수제거 하는 방법을 쓰고 있다.

특히 식물의 바이오 조직배양법 개발에 의한 대량증식은 삼림의 식생과 재생, 넓은 해양표층에 플랑크톤의 증식으로 탄산가스를 광합성 시켜 유기물로 전환하는 방법, 사막녹화에 적용할 수 있는 특수식물의 개발 등을 통해 탄산가스를 흡수하는 방법 등이 추진되고 있다.

이밖에 환경호르몬인 다이옥신류의 발생을 억제하기 위한 바이오농약과 비료의 보급확대, Bio-conversion에 의한 인분과 가축분뇨처리, 오니 Compost화에 의한 토양개량제개발, 유기성폐기물을 이용한 연료(메탄 등)생산 등을 보급확대함으로써 지구환경 개선에 어느 정도 일익을 담당

할 수 있을 것이란 생각이 든다.

## 7. 바이오세라믹개발활용

바이오세라믹(Bio-ceramics)이란 기능성을 가진 세라믹을 총칭하는 것으로 일명 화인세라믹(Fine-ceramics)이라고도 한다.

따라서 바이오세라믹은 비금속, 무기질, 고체 등이 가지고 있는 특성적 기능이나 형상을 부여할 때 부여된 기능을 잃지 않고 계속 유지하는 무기물질을 화인세라믹 또는 바이오세라믹이라 할 수 있다.

바이오세라믹의 응용분야는 크게 나누어 ①정보통신분야, ②수송분야, ③전기, 에너지분야, ④의화학분야, ⑤정밀기계분야, ⑥토목건축분야, ⑦화학분야, ⑧가정용품분야 등으로 구분되고 기능적으로는 ①전기적 기능, ②자기적 기능, ③광학적 기능, ④열적 기능, ⑤기계적 기능, ⑥생화학적 기능으로 구분된다.

이상과 같이 산업전반에 걸쳐 바이오세라믹은 필수 불가결한 물질로 제조기술 또한 다양하며 형태적으로도 ①단결정, ②소결체(유리), ③분체, ④다공재료, ⑤박막, ⑥섬유, ⑦복합체(접합체) 등으로 구분할 수 있다.

구조적으로도 ①전자과도, 배위 또는 결정장, 화학결합, 결정구조, 격자결합, 전위 등 입자내부 차원(次元)에 따른 구조와 ②표면, 계면, 입계(粒界), 입경(粒徑), 입경분포, 입자의 항배성 등 입자 밖의 차원(次元)에 따른 구조로 대별된다.

이와 같이 바이오세라믹의 응용분야는 너무 넓어 본고에서는 요약 기술할 수밖에 없으며 산업적 전망은 ①IT산업의 기초소재로 정보통신기술과 시스템개혁의 원동력이 될 수 있고, ②바이오세라믹이 갖고 있는 내열, 내식, 경질성 등은 고온내열재료로 에너지분야에 빼놓을 수 없는 위치를 견

지할 것이며, ③특히 안정적이고 무해한 성질은 인체를 위한 생체대체재료로 쓸 수 있고, ④경고성과 내구성을 필요로 하는 정밀장치산업의 내구소재로, ⑤탈취, 정수, 멸균 등 기능을 활용한 환경친화적 소재로 무한한 용도개발이 기대된다.

## 8. 결론

이상에서 개략적인 바이오산업의 응용범위에서 기술하였으나 요즘 지나칠 정도로 인간계놈 연구를 서두르는 경향이 있다.

실사 인간계놈지도가 완성되었다 할지라도 이를 생명공학적 응용에는 한계가 있을 것으로 생각되며 오히려 악용될 경우 사람 개개인의 신상정보가 노출되어 비밀이 없어질 뿐 아니라 궁극적으로 우량형질을 조합한 우수인간이 태어나 인간사회의 갈등을 심화시킬 수 있을 것이다.

따라서 바이오산업은 인간 개개인의 근본적인 형질변경이 아니라 질병치료 등에 국한시키고 인간의 삶의 환경을 개선시킬 수 있는 환경, 농업, 축산업, 공업 등에 적용시키는 것이 바람직하다는 생각이 든다.

이 세상에 태어난 사람들은 모두가 나름대로 각기 다른 용모와 성정(性情)을 가지고 있다.

인간사회는 잘난 사람, 못난 사람, 똑똑한 사람, 바보스런 사람들이 모여야 하나의 인간사회를 형성할 수 있는 것이지 잘나고 똑똑한 사람 만으로나 또는 못나고 바보스런 사람만으로는 건전한 사회형성이 될 수 없다.

인간 삶에 있어서는 생활과 생존으로 구분할 수 있는데 요즘같이 생활연령이 오십대나 환갑이 고작인 때에 생명만 연장시켜 100세가 넘는 초고령화 사회가 되어 생존연령만 연장된다면 어찌될 것인가도 한 번쯤 생각해 봐야 한다.

결국 생로병사(生老病死)는 자연의 섭리인즉 자연섭리에 크게 거역하지 않는 범위 내에서 바이오산업의 발전과 육성책이 강구되어야 할 것이다.

20세기 후반에 불어닥치기 시작한 정보통신(IT) 산업과 바이오산업(BT)이 21세기에 이르러서는 상호보완적으로 균형 있게 발전되어 우리 삶의 환경개선에 보다 큰 성과가 있게 되기를 바랄 뿐이다.

(원고 접수일 2001. 5. 14)

