

원예신소재 산업의 국제화 전략

충북대학교 원예과학과 백기엽

[www. paekky.pe.kr](http://www.paekky.pe.kr)

신소재의 정의

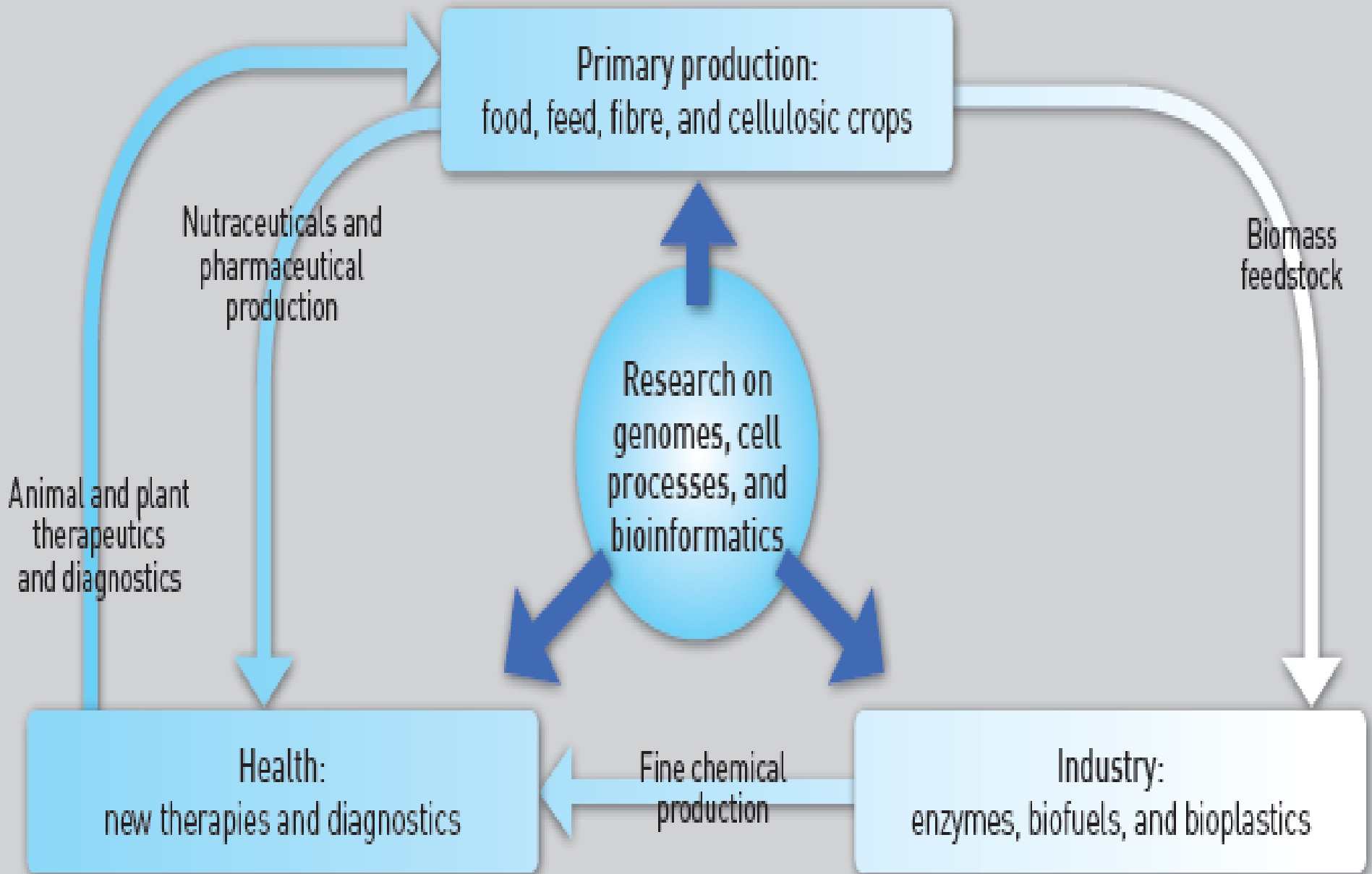
- 신소재는 '특성면에서 기존 재료보다 뛰어나거나, 기존 재료가 갖고 있지 않는 새로운 기능을 갖고 있어 **그 효용 가치가 큰 재료**'를 말한다
- 기존 혹은 새로운 원료를 기초로 고도의 제조, 가공, 상품화 기술을 구사하여 기존의 특성과 용도를 크게 향상시키거나 종래 없는 새로운 용도를 창출하여 부가가치를 높인 소재를 말하며 새로운 특성과 용도를 구현하는 제조 및 공정기술을 포함
- 유기, 무기, 금속 또는 이들의 혼합체를 원료로 하여, 기존재료들의 특성을 고도의 제조 및 가공기술을 통하여 획기적으로 개선시킨 고 기능성 첨단소재
- 시간개념의 "**Advanced(또는 New) Materials**", 고도기술개념의 '**High-Tech. Materials**', 고기능의 '**High Performance Materials**' 등으로도 불리우고 있다
- 생물소재 산업 중 바이오 산업은 1세대 의약바이오(**Red BT**), 2세대 그린바이오(**Green BT**), 3세대 산업바이오(**White BT**) 및 융합바이오(**Fusion BT**)로 발전되고 있음

«What's next?»

New materials that will shape the future



〈Bioeconomy의 내부 구성도〉



〈출처〉 OECD (2009). The Bioeconomy to 2030; designing a policy agenda – Main Findings and Policy Conclusions, OECD, Paris

신소재 창출 분야

- **의약바이오(Red BT):** 저분자 의약품, 생물 의약품 등을 생산하는 바이오산업의 대표적 분야로, 시장규모가 바이오산업의 60% 이상을 차지, 바이오신약, 진단시약 등
- **그린바이오(Green BT):** 식물, 동물, 미생물 등을 대상으로 농림수산업에 바이오기술을 접목하여 산업적으로 효용이 있는 자원과 소재, 제품을 대량 생산하는 기술, 유전자변형식물, 식물공장
- **산업바이오(White BT):** 바이오매스를 원료로 바이오기술(생촉매)을 이용해 바이오 기반 화학제품(유기산, 아미노산, 폴리올, 바이오폴리머 등) 또는 바이오연료(바이오에탄올, 바이오디젤, 바이오부탄올) 등을 생산하는 분야, 바이오 플라스틱, 바이오 연료
- **융합바이오(Fusion BT):** 생물체 관련 분석 및 검출 기술의 발전에 따라 IT·NT·ET기술 등이 BT기술과 융합되어 새로운 시장을 형성하는 분야
바이오나노(Bionanotechnology) 혹은 바이오나노(Nanobiotechnology)

식물은 잠재적 가능성이 큰 신소재



Harvesting the corn

Corn is the first plant to be used heavily in the making of polymers. In the future, plants such as sweet potatoes, wheat, rice and soybeans will be used.

2. Getting sugar from the corn

A form of sugar known as glucose is extracted from the kernel, the starchiest part of the corn. Scientists are working on extracting glucose from stalk and straw, which would reduce the cost of glucose production and bring down the cost of products such as Sorona.

3. The fermenter: Turning sugar into a monomer

The glucose is fed down pipes into a three-story vat containing genetically engineered organisms and some vitamins and minerals.



이러 장식, 카페트, 항공성 직물 생산

세사리빙의 침구제품은 친환경 소재 듀폰 소로나 솜을 사용합니다.

Made with



Sorona[®]
renewably sourced™ polymer

듀폰 소로나

옥수수, 사탕수수 등 식물에서 「소로나」라는 고분자 물질을 뽑아내어 만드는 자연적이고 과학적인 하이테크 원료입니다.

소로나 고분자로 섬유를 제조하면 석유화학섬유보다 40%에너지를 줄일 수 있으며, 일산화탄소 70%를 줄일 수 있는 친환경 소재

S·E·S·A Living
Good Sleeping Science

● 도요타 - 생분해성 플라스틱 사용

- 2001년 인도네시아에 바이오 법인을 세우고 수 만평의 고구마 농장 구입(연 250,000ton 생산계획)
- 고구마로 자동차에 들어가는 생분해성 플라스틱과 고순도의 천연수소를 얻음.
고구마를 재료로 한 생분해성 플라스틱은 폐차 시 가공 처리를 하면 자연 분해됨
- 3세대 프리우스에서 scuff plates, 좌석쿠션 등에 생분해성 플라스틱 사용(고구마, Kenaf, 모시, 목재, 잔디 이용)



분자육종 신소재의 실패 사례

1. 유전자 변형 작물의 개발

- 1990년 170만 ha-> 2014년 1억 8,100만 ha
- 국내는 심사승인 통과되어 재배되고 있는 **GM**은 없다
 - 동등성에 대한 인식부족(유전자의 기능 검정에 치중, 후기세대에 동등성 차이)
 - 실용화를 위한 검정 시스템의 부재(유용유전자의 도입과 발현에 치중, 유전자 도입위치, 카피수, 카세트의 온전성 여부, 복수 세대에서 안전성 문제)

2. 대표적 실패사례

- FlavSavr Tomato: 1994, Calgene, 1996년 시장에서 철수
- Zeneca tomato paste: 1996, Zeneca, First European fruit, 1999 시장에서 철수
- NewLeaf potatoes: 1996, Monsanto's NatureMark, 2001 시장에서 철수
- Triffid flax: 2001, Univ. of Saskatchewan, Herbicide resistance
- StarLink corn: 1998년 출시, 2000 회수, Aventis, European corn borer,
- Bt 176 corn: KnockOut(Novartis), NatureGard(Mycogen), pollen was toxic to Monarch caterpillars, 1996년 출시, 2001 시장에서 철수

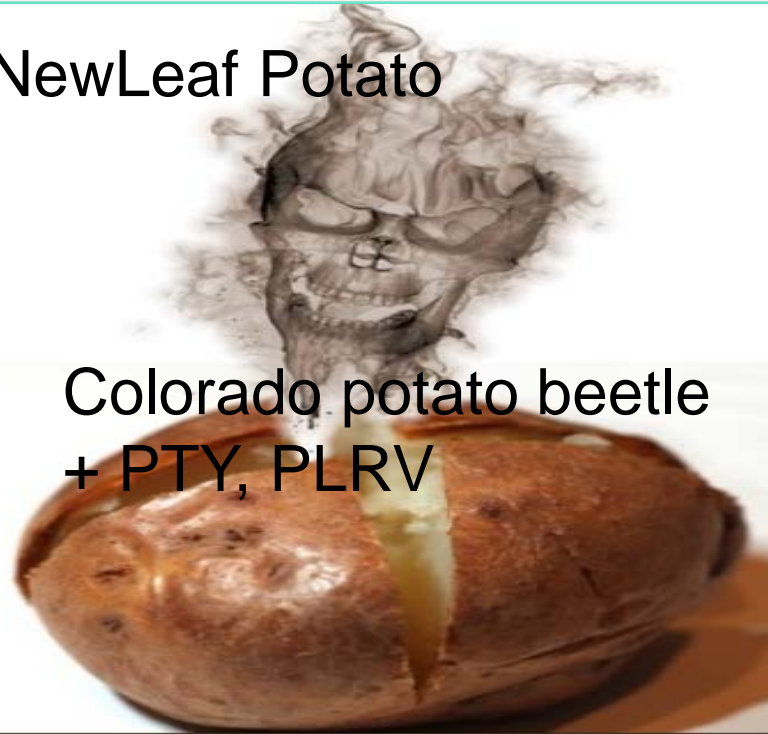
BELINDA MARTINEAU



The Creation of the Flavr Savr™ Tomato and the Birth of Biotech Food



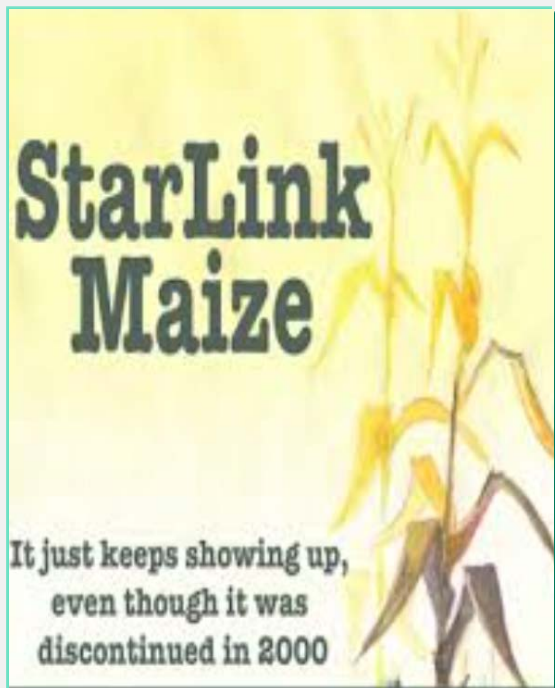
NewLeaf Potato



Colorado potato beetle + PTY, PLRV



Triffid Flax



It just keeps showing up, even though it was discontinued in 2000

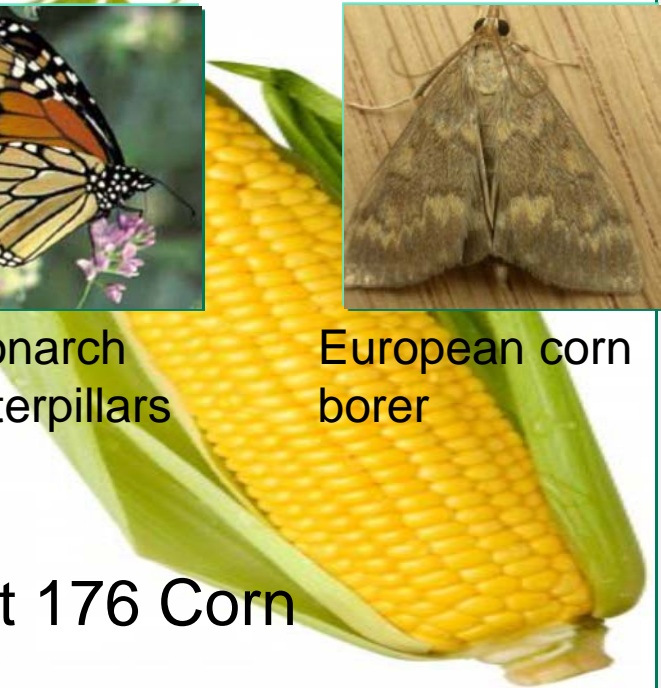


Monarch caterpillars



European corn borer

Bt 176 Corn



New varieties of genetically modified floral crops, with novel coloured flowers, have been marketed(성공사례)

FLORIGENE Moonaqua™

FLORIGENE Moondust™ *

FLORIGENE Moonlite™



FLORIGENE Moonshade™



FLORIGENE Moonshadow™ *

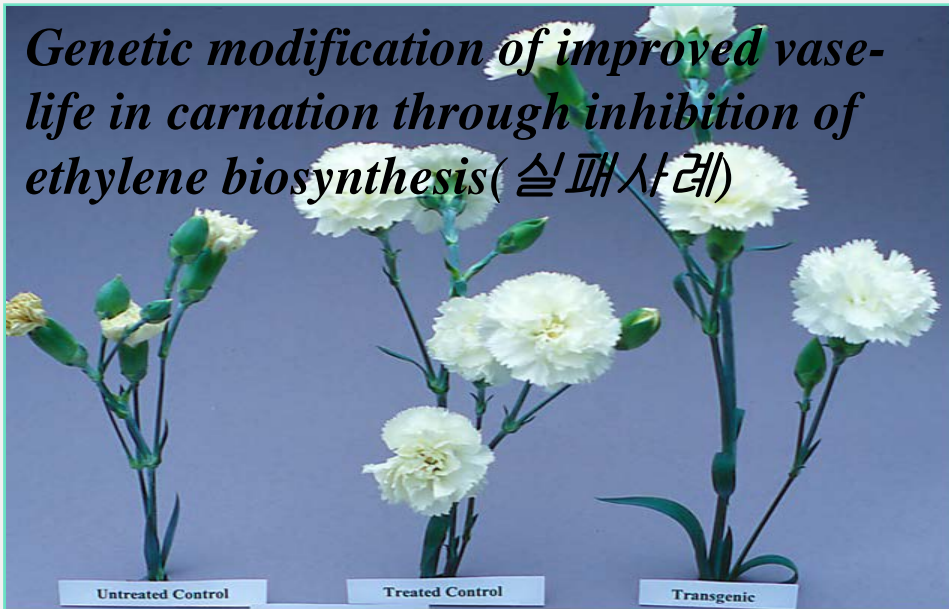


FLORIGENE Moonvista™

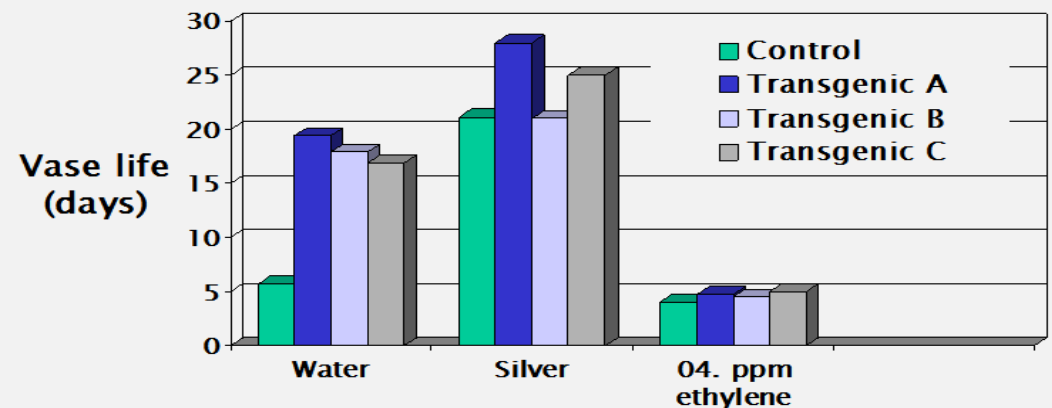


Columbia 재배

Genetic modification of improved vase-life in carnation through inhibition of ethylene biosynthesis(실패사례)



ACS transgenics retain sensitivity to external ethylene



신소재가 우리나라 농업의 역사에 미친 영향

1960년대(근대화 이전 전통농업)

- 농촌인구가 전체인구의 70% 차지
- 농업의 당면과제: 춘궁기와 보릿고개 해소, 쥐잡기 운동과 퇴비 증산왕 시상

1970년대(녹색혁명시대)

- 비닐하우스, 지붕개량사업
- 1971년 IR 667을 통일벼로 명명
- 72년 새마을 운동 시작

1980년대(백색혁명시대)

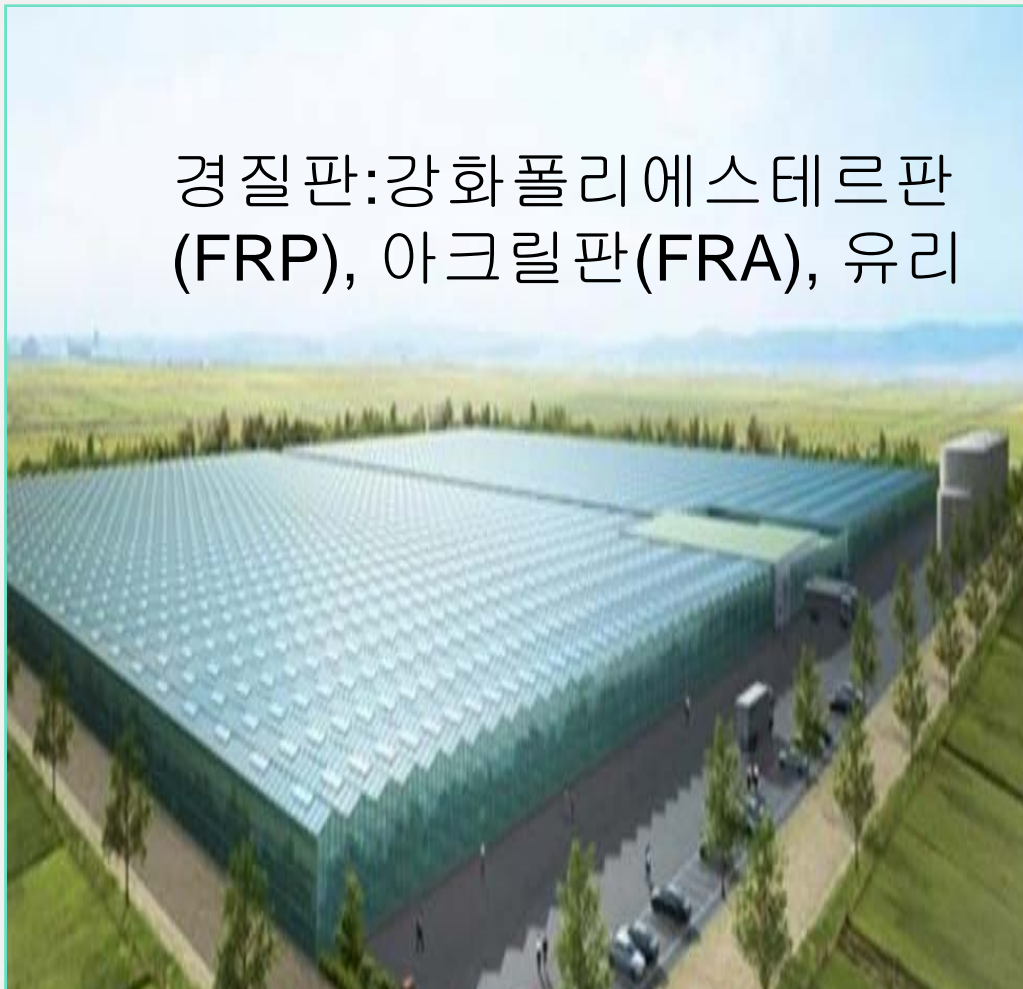
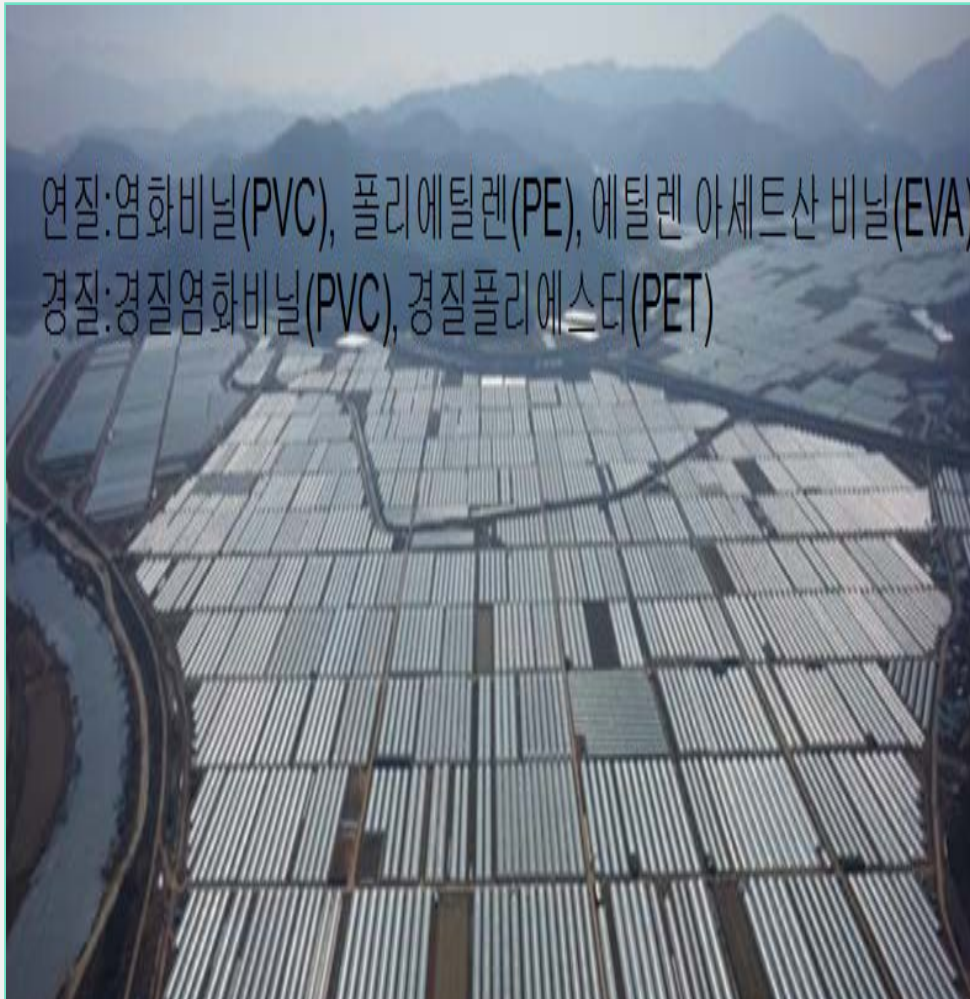
- 1986년 UR 출범 농산물 수입개방 압력
- 농어민 후계자 제도 도입

1990년대(품질혁명시대)

2000년대(지식혁명)

2010년대(가치혁명)

원예산업의 혁명을 주도한 신소재: 플라스틱 필름, 20세기 신이 내려준 선물, 고분자 화합물의 신소재



	전체	비닐하우스	유리온실	경질판온실
■ 채소	47,924	47,556	90	278
■ 화훼	2,675	2,458	70	147
■ 합계	50,599	50,014	160	425

Scientific Fiction by Cell Hybrid



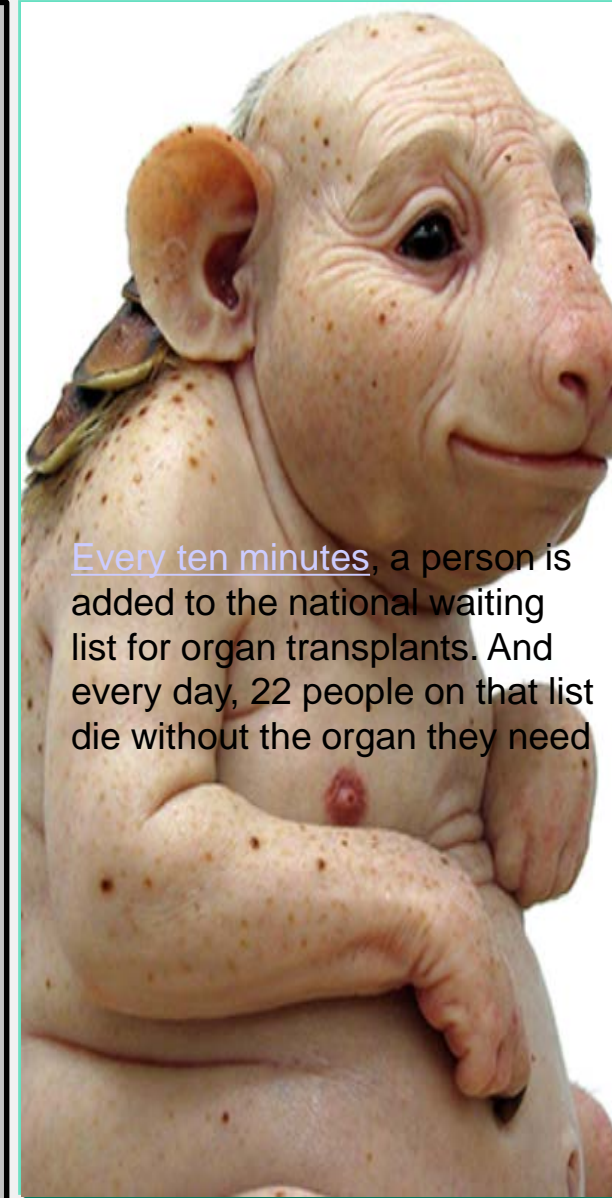
Pomato



무배추



고마추

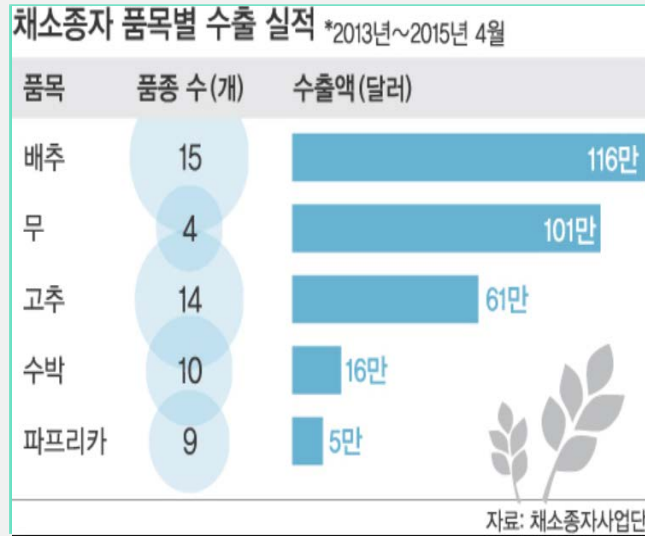


Every ten minutes, a person is added to the national waiting list for organ transplants. And every day, 22 people on that list die without the organ they need

**Human-Pig Hybrid
Created in the Lab—
Here Are the Facts**

원예분야에서 신소재를 획득방법

- 재래 및 분자 육종



품종의 국산화



홍로



백마,
2010



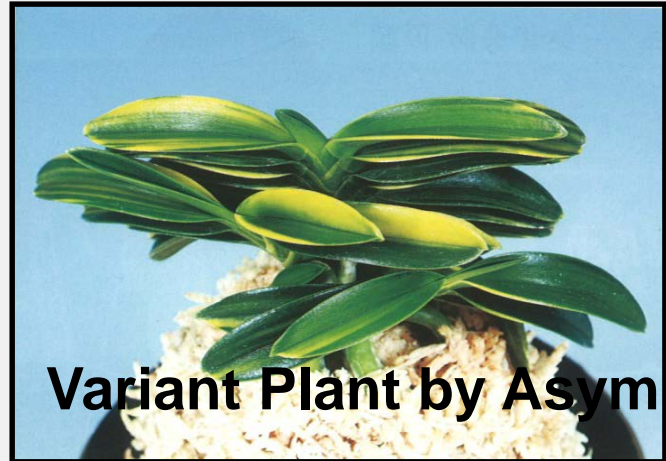
필립, 2016



조식배양변이체



Normal plant



Variant Plant by Asymbiotic Seed Culture in *Neofinetia falcata*

조식



도요 변이체:
1.5년 재배 후
2,000원 판매
'대국'



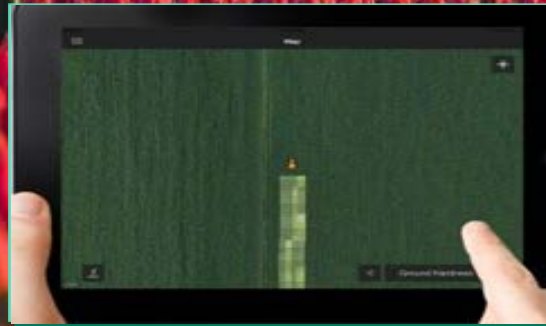
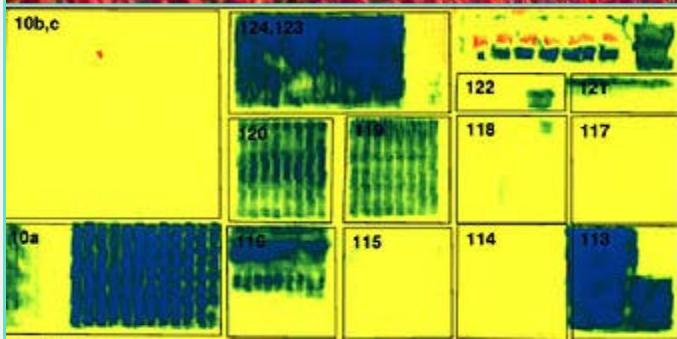
도화 변이체:
화형과 화색은
동일, 앞에
무늬만 있음





Emerging Technologies as a Means of New Material Creation in Agriculture

Precision agriculture (PA) or satellite farming or site specific crop management (SSCM) is a farming management concept based on observing, measuring and responding to inter and intra-field variability in crops



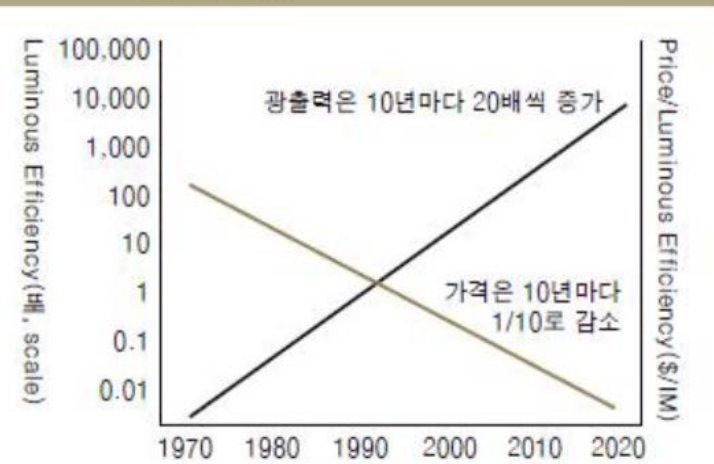
Crop sensors :

GPS, 로봇, 센서 등 첨단
기술이 총동원된 빅데이터
시스템

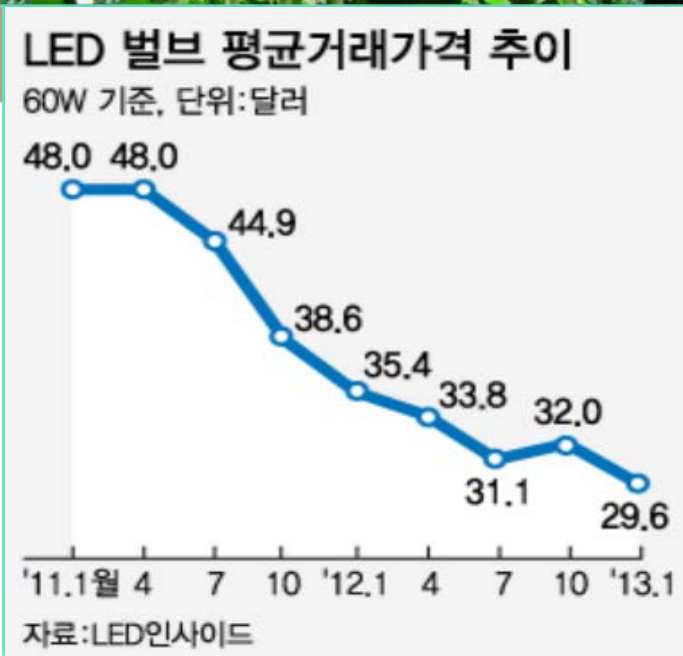
●식물공장: 우주농장 개념에 적용(CELSS, Controlled or Closed Ecological Life Supporting System)



<그림 3> 하이츠의 법칙 : LED 광원 효율 개선 및 가격 하락



주: 하이츠의 법칙은 Agilent Technologies(現 Philips Lumileds)의 롤랜드 하이츠(Roland Haitz)가 LED의 성능은 10년마다 20배가 향상되고 가격은 1/10로 하락한다고 주장한 법칙. 결국 LED 효율은 매년 35%씩, 가격은 21%씩 하락



3천평 공장농사로
밭농사의 4천배 수익
예상(일본)

Current issues of plant factory

- **One of next generation agricultural types**
- **Various element techniques for plant growth promotion**
- **Low economic efficiency by high initial investment and electrical power consumption**

Production cost for lettuce (Won/kg)		Consumer price for lettuce (Won/kg)	
Plant factory	14,428	Lettuce (plant factory)	12,000
Greenhouse	1,060	Lettuce (greenhouse)	6,505

(Lim and Yang, 2011, GS&J) , Fom Prof. Oh. CBNU



융합기술을 이용한 신소재 생산

나노기술, 생명공학, 농업 및 환경 과학의 융합이 향후 5~10년 사이에 혁신적인 진보로 이어질 것이라고 학자들과 업계종사자들은 예상

나노기술은 전 세계적으로 과학과 공학 분야의 핵심적인 큰 흐름 (Mega trend)이며, 앞으로도 R&D 분야에서 주요한 과학 및 기술 플랫폼으로서 폭발적인 성장세를 보일 것이다.

나노기술 : 미래 축복인가 재앙인가?

UN 미래 보고서 : 2030년까지, 20억 개의 일자리가 소멸하고, 현존하는 일자리의 80%가, 사라진다는 보고

Crop protection

- Plant protection products
- Fertilizers

Plant breeding

Plant genetic modification

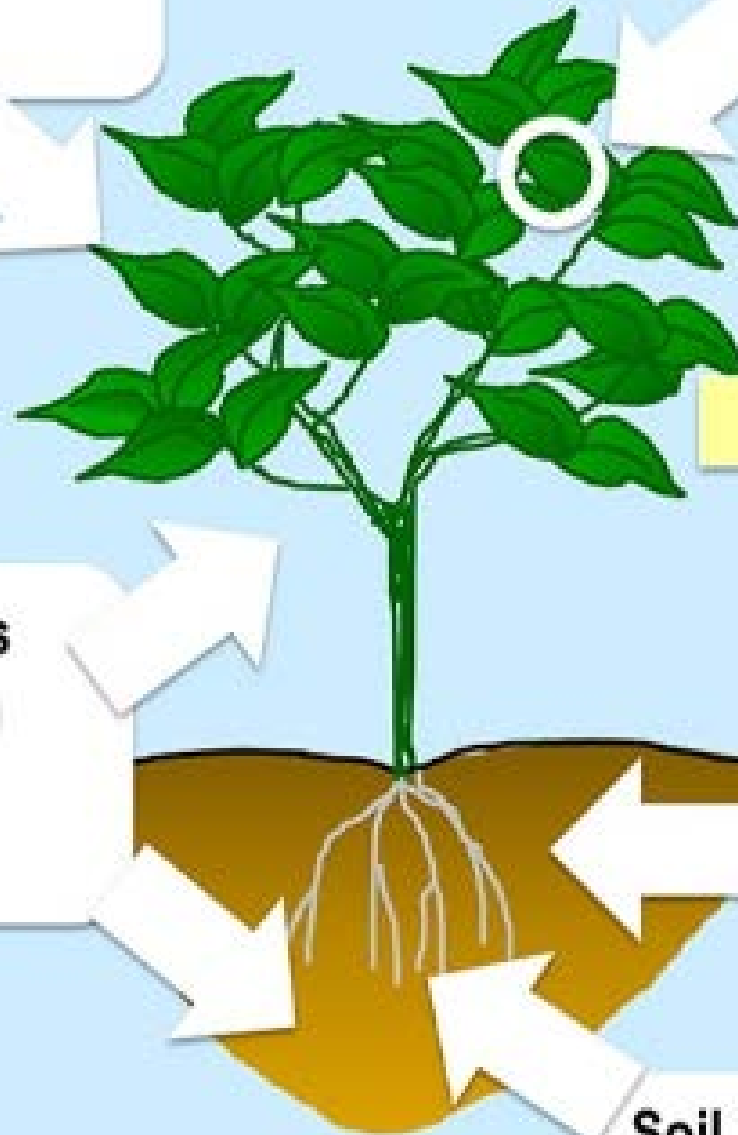
Nanoparticles
from plants

Diagnostic: Nanosensors

- Plant health and growth
- Environment and soil conditions

Water purification and
pollutant remediation

Soil improvement
Water/liquid retention



- 나노 기술(Nanotechnology)

- 정밀 농업 생산 분야 : 티끌 또는 스마트 먼지(motes or smart dust)라 불리는 매우 적은 센서들이 농지와 농작물 안에서 그리고 동물의 몸 안에서 무슨 일이 일어나고 있는가에 대한 정보를 농부에게 전달하여 생산량을 조절.
- 스마트 살충제 또는 나노살충제 (nanocide)의 형태로 사용되고 있다. 신젠타(syngenta)나 몬산토(Monsanto), 그리고 BASF 등의 업체들은 좀 더 안정적이고 오랜 기간 동안 효과를 보일 수 있으며 해충에게 치명적인 영향을 줄 수 있는 나노단위의 살충제를 개발하는데 많은 노력
- 식품 가공과 기능성 식품 분야 : 이미 100가지 이상의 나노입자가 들어간 식품이나 식품 관련 제품있다. 나노물질이 혈관 속으로 침투할 경우 우리 몸 어디든 돌아다닐 수 있는데, 이때 우리 몸이 어떻게 반응할지 정확히 알 수 없다는 게 전문가들의 설명. 그만큼 위험 요소도 증가

>농식품 산업에서 나노 기술의 적용은 윤리적 및 안전성 문제가 대두됨

>‘나노’가 식품에 포함된다면, 무슨 목적에 의해 ‘나노’가 사용되었는지를 표시해야 함

Gene editing technique could transform future

The technology is known as CRISPR (**10 Breakthrough Technologies 2014: Genome Editing** and selected by **Science** as **2015 Breakthrough of the Year**)

Plants modified with it are sprouting in laboratory greenhouses around the world

Precise Gene Editing in Plants

CRISPR offers an easy, exact way to alter genes to create traits such as disease resistance and drought tolerance in efforts to boost yields.

Availability: 5-10 years as a natural process without artificial genetic engineering.

United States Director of National Intelligence, JR. Clapper, named genome editing as a potential **Weapon of Mass Destruction** by creation of harmful biological agents or products.



Gene-edited CRISPR mushroom escapes US regulation

A fungus engineered with the CRISPR–Cas9 technique can be cultivated and sold without further oversight.

NATURE.COM 2016, April

21세기 밥상은... '유전자 가위'로 만든 두부·샐러드

비약 오르는 '유전자 편집 식물' 유전자 조작 작물과는 다르게 특정한 유전물질 자르고 결합 기술 간단해 누구나 배울 수 있어 콩·감자·버섯 등 적용 범위 다양 뉴욕선 '유전자 가위' 만찬 열려

미국 뉴욕의 고급 레스토랑 '알레인 두카세'에서는 지난해 10월부터 교수·배우·금융가 등 유명인들이 참여하는 만찬이 비약적으로 열리고 있다. 두부·팬케이크 샐러드 등 어디서나 볼 수 있는 음식들이지만, 주재료인 콩과 감자는 몇 년 전까지만 해도 지구상에 존재하지 않았던 식물이다. 5년 기름으로 만들었을 때 유해한 트랜스 지방이 생기지 않고, 감자는 껍질을 벗겨도 오랫동안 색깔이 변하지 않는다. 유전공학 기술인 '유전자 가위'로 콩에서 트랜스 지방을 만들고, 감자의 색깔을 바꾸는 유전자를 잘라냈기 때문이다. 만찬의 주최사이자 유전공학 회사 셀레틱스의 최고경영자(CEO)인 안드레 쇼라카는 "유전자 편집으로 탄생한 식물들은 유전자 조작 작물(GMO·Genetically Modified Organism)과는 다르다"면서 "21세기 인류의 주식(主食)이 될 것"이라고 말했다.

> 원하는 식물 만들 수 있는 유전자 가위 유전자 가위가 실험실을 벗어나 인류의餐桌와 식탁에 영향을 미치기 시작했다. 유전자 가위는 잘라내고 싶은 특정한 유전자(DNA)에만 결합하는 유전 물질(RNA·ribo nucleic acid)과 효소를 결합한 형태이다. RNA의 종류를 다양하게 만들면 어떤 유전자도 잘라낼 수 있다. 무엇보다 기술이 간단하다. 생명공학에 대한 기초적인 지식만 있다면 불과 한두 달 만에 완벽하게 기술을 배울 수 있다. 2014년 8월 21일 시작해 이후 불과 3년 만에 셀러

유전자 편집으로 만들어진 차세대 음식들을 먹게 될 것"이라고 보도했다. 이미 콩과 감자뿐 아니라 기존보다 훨씬 오래 사는 양송이버섯, 알갱이가 무르지 않는 옥수수 등이 개발됐다. 셀레틱스의 경우 내년부터 이 식물들을 대량생산할 계획이다.

유전자 편집이 각광받는 것은 유전자 조작 농산물(GMO)과 달리 안전성 논란이 없기 때문이다. GMO는 박테리아를 이용해 식물의 유전자에 원하는 형질을 집어넣는다. 이 과정에서 박테리아의 유전자가 식물에 남을 수 있다는 우려가 있다. 자연에서 일어날 수 없는 과정인 만큼 위험이 내포돼 있다는 것이다. 아직까지 부작용이나 문제가 보고된 적은 없지만 유럽 등에서는 국가적으로 재배를 금지하는 곳도 많다. 반면 유전자 편집은 원래 있는 유전자를 그대로 유지하기 때문에 이런 논란에서 자유롭다. 또 정확히 원하는 유전자만 골라서 잘라낼 수 있기 때문에 각 유전자의 역할만 알면 원하는 형질의 식물을 얼마든지 만들어낼 수 있다. 미국·영국·중국 등은 GMO와 달리 유전자 편집 작물에 대해서는 별도의 규제를 하지 않고 있다.

◇한국도 세계적 경쟁력 갖춰 한국도 이 분야에서 세계적인 기술력을 갖고 있다. 김진수 기초과학연구원 유전체 교정연구단장(서울대 화학부 교수)은 2015년 크리스퍼 유전자 가위를 이용해 상추의 유전자를 편집하는 데 성공했다. 상추의 성장 속도를 결정하는 식물 호르몬 관련 유전자를 편집해 병충해나 가뭄 등에 대한 내성을 갖게 만든 것이다. 김진수 단장은 "상추 이외에 담배·벼의 유전자 편집에 이미 성공했다"면서 "효소의 종류를 다양하게 개발하고 정밀도를 더 높이는 연구를 진행하고 있다"고 말했다.

유전자 편집은 식물뿐 아니라 동물도 원하는 대로 만들 수 있다. 김진수 교수는 윤희준 중국 연변대 교수 연구팀과 공동으로 일반 돼지보다 근육량이 월등히 많



유명 배우 닐 페트리 허리스(윗줄 가운데)를 비롯한 유명인들이 미국 뉴욕의 레스토랑 '알레인 두카세'에서 유전자 편집 식물로 만든 음식으로 만찬을 즐기고 있다.

식품 식물의 발달

※자료: 미국 농무부·기초과학연구원

식물 종류	어종 교배	방사선 돌연변이	유전자 조작(GMO)	유전자 교정·편집
시금치	1800년대 - 현재	1930년대 - 현재	1996년 - 현재	2014년 - 현재
사레	대부분의 곡식·채소	일부 사과, 말바	옥수수, 콩, 면화	버섯, 상추
맛	좋은 작물 거의 교배	비슷한 다른 종 유종 교배해 좋은 특성만 뽑아냄	방사선을 쬐며 유전자를 변화시킴	다른 종이나 동물의 유전자를 식물에 삽입
개발 기간	5~30년	5~30년	5년 이상	3~5년

유전자 교정 상추	식물 유전자(DNA)	방사선 조절하는 식물 호르몬 유전자 교정	표적 유전자만 잘라낸 뒤 재조합·복구	본드·가공·외부 스트레스 강화고 품질 저하는 상추
일반 상추	RNA 유전물질			유전자 교정 상추

Farm and/ or lab based biofactories

- By 2028, synthetic biology will have the potential to produce different kinds of food, including meat and drinks at lower costs than today. By manipulating genes, brand-new foods can be created with new properties or flavors.
- The bio-production industry is expected to reach \$100B by 2020 alone. This technology, which uses glass or plastic vats (bioreactors), and needs only sun or sugar, algae and nutrients, can be located anywhere.

The £250,000 hamburger: First test tube-grown beef will be served in London restaurant this week

- The artificial burger will be cooked and served for the first time this week
- It cost in the region of £250,000 to produce the prototype
- The 5oz beef burger is grown from the stem cells of one cow
- Creator Professor Mark Post believes the development could help solve problems in the meat industry

By JAYMI MCCANN and SOPHIE BORLAND

PUBLISHED: 09:44 GMT, 28 July 2013 | UPDATED: 09:45 GMT, 29 July 2013

Share Tweet +1 Share | **8,007** shares | **409** View comments

The world's first test-tube burger will be served in London next week. It is made from meat grown in a laboratory, rather than cattle raised in pastures.

And its developers hope it will show how the soaring global demand for protein can be met without the need for vast herds of cattle.

The 5oz 'Frankenburger', which cost £250,000 to produce, is made from 3,000 tiny strips of meat grown from the stem cells of a cow.

The raw meat is said to be grey with a slippery texture similar to squid or scallop.



140g 생산에 4억 3천만원, 구글의 세르게이 브린이 지원

●Tissue Fabrication 기술

실험실에서 키운(Lab Grown Meat) 배양육(Cultured Meat, Meat Without Animal, In Vitro Meat)



한 국농촌경제연구원은 올해 전 세계 돼지고기 소비량이 약 1억440만톤에 이를 것으로 예상했다. 인구가 늘고 생활여건이 나아지면서 돼지고기를 포함한 고기 소비량은 더욱 증가할 전망이다. 2030년 전세계 고기소비량은 2000년보다 72% 늘어날 거란 예측도 나온다. 문제는 고기를 생산하는 방식이다. 기존 축산방식은 지구에게 부담스럽다. 쇠고기 1kg을 얻으려면 물 15.5톤과



곡물 7kg이 필요하다고 한다. 가축의 방귀나 트림에 섞인 메탄가스는 지구온난화의 큰 원인이다. 전 세계 가축이 도축 전까지 뿜어내는 가스가 전체 온실가스의 15~24%에 달한다고 한다.

환경을 해치는 고기 생산방식의 대안으로 과학자들은 '연구실에서 키운 고기(Lab grown meat)'라 불리는 '배양육(cultured meat)'을 개발하기 시작했다. 배양육은 말 그대로 연구실에서 동물의 근육세포를 배양해 만든 고기다. 채취한 세포를 영양분과, 분화하는데 도움이 되는 단백질이 섞인 배양액에 넣어 고기를 만든다. 동물의 실제 살에서 나온 것이란 점에서 콩 단백질로 만든 인조고기와 다르다.



소의 몸에서 떠낸 세포를 실험실에서 배양해 고기로 만드는 연구가 시작했다. 동물보호단체는 환영하지만 유전자변형식품(GMO)이 연상되는 데다 돈이 많이 들어 상용화까지는 쉽지 않을 전망이다.

“음메~ 우리들 세포 떼어내 고기 만든다고요?”

1995년 미국 항공우주국(NASA)이 미국 식품의약국(FDA) 승인을 받아 가장 먼저 개발을 시작했다. 세상에 첫 선을 보인 배양육은 2000년 한 생명공학컨소시엄이 금붕어 세포를 이용해 만든 생선 살코기다. 이후 NASA도 칠면조 세포를 배양해 고기를 만드는 데 성공했다. 2009년 네덜란드에선 돼지 세포로 배양육을 생산했다. 한국식품연구원 산업진흥본부 김영봉 책임연구원은 “국내에선 아직까지 연구하고 있지 않지만 축산농가에 큰 영향을 미칠 수 있는 만큼 조심스레 접근해야 한다”고 말했다.

줄기세포로 만드는 것도 가능

그런에도 배양육은 각광받고 있다. 2009년 미국 시사잡지 타임이 선정한 놀랄만한 아이디어 50선에 꼽혔을 정도다. 지구에 해를 덜 끼치고 고기 소비량을 충족할 잠재력을 갖고 있기 때문이다. 영국 옥스퍼드대와 네덜란드 암스테르담대에 따르면 배양육을 생산할 때 배출하는 온실가스 양은 기존 축산방식의 4%에 불과하다. 환경호르몬에서 자유롭고 광우병, 조류독감 같은 전염병을

**‘연구실에서 키운 고기’ 배양육
배출되는 온실가스 기존 4% 불과
광우병·조류독감 등 전염병 방지
비용과 안전성은 해결할 과제**

걱정할 일도 없다. 오메가3 지방산, 비타민 등을 첨가하면 다른 영양분까지 얻는 기능성 고기가 된다.

잘 분화하지 않는: 근육세포의 단점은 줄기세포로 극복할 수 있다. 김동욱 교육과학기술부 세포응용연구사업단장(연세대 의대 교수)은 “줄기세포는 주로 치료목적으로 쓰이지만 근육으로 분화시켜 고기를 얻는 일도 충분히 가능하다”며 “배양 줄기세포보다 일반 세포에서 얻은 성체줄기세포가 더 적절한 것”이라고 말했다. 배양줄기세포는 난자와 정자가 만나 생긴 배에서 추출한 줄기세포다. 원하는 조직으로 분화시키기가 어렵고 윤리적인 문제가 뒤따른다.

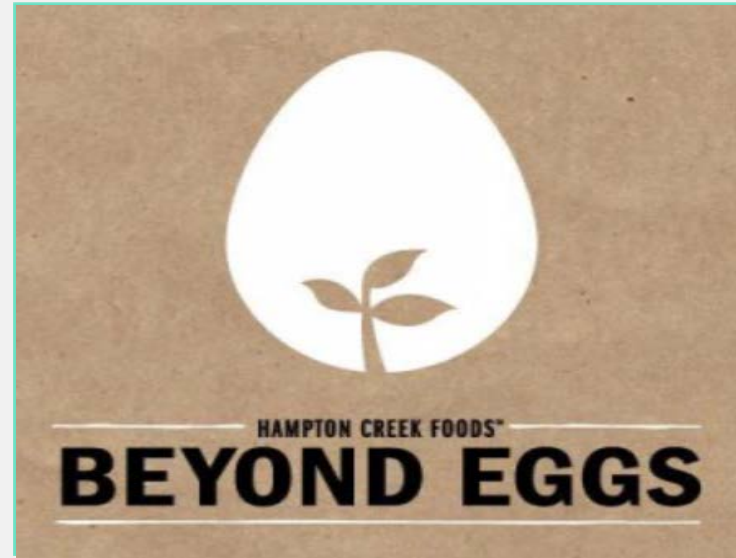
이런 소식은 동물보호단체가 배양육 개발을 독려하는 진풍경까지 낳았다. 세계적인 동물보호단체 ‘동물윤리연대’로 사랑하는 사람들의 모임(PETA)은 내년까지 상업화할 수 있는 배양육 기술을 만들면 상금 100만달러(약 10억5,000만 원)를 주겠다고 약속했다.

인체안전성 검사 철저히 해야

PETA의 바람과 달리 상업화는 10년 이상 걸릴 전망이다. 현재 기술로는 쇠고기 250g을 얻는데 수십만달러가 넘는 비용이 필요하다. 고기의 풍미를 더하는 배와 지방이 없고, 유전자변형식품(GMO)처럼 사람들이 부정적인 인식을 가질 수 있다는 점도 넘어야 할 과제다. 장호민 한국생명공학연구원 바이오안전성정보센터장은 “배양육이 인체에 어떤 영향을 미칠지 아직 명확히 밝혀진 게 없는 만큼 상업화하기 전까지 안전성 검사를 철저히 해야 하고, 결과를 소비자들이 볼 수 있도록 투명하게 공개해야 한다”고 말했다.

- **Production:** two months of *cultured meat* production could deliver up to 50,000 tons of meat from ten pork muscle cells
- **Health: omega-3 fatty acids** could be added to *cultured meat* as a health bonus
- **Environment:** environmental impacts of *cultured meat* would be significantly lower than normally slaughtered beef
- **The role of genetic modification:** closely resembles hydroponic vegetables
- **Economic :** In Vitro Meat Consortium estimate that it could be produced for US \$5424/ton in March 2008, which is about twice the cost of conventional European chicken production.
- In a March 2015 interview with Australia's ABC, Mark Post said that the marginal cost of his team's original €250,000 burger was now €8.00. He estimates that technological advancements would allow the product to be cost-competitive to traditionally sourced beef in approximately ten years

Artificial milk and egg



Bioengineers in the US are developing the world's first artificial cow's milk made from genetically engineered yeast in an effort to put a more environmentally sustainable option on the market.

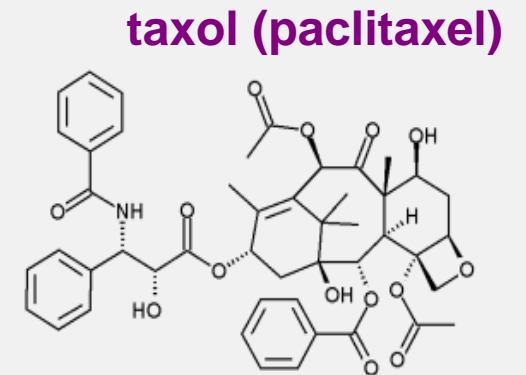
2013, Hampton Creek, the company that just announced its latest creation, artificial eggs which are made of plants such as peas, sunflower lecithin, canola, and natural gums . Artificial eggs, also known as Beyond Eggs, are far more superior than regular eggs. Hampton Creek claims that Beyond Eggs will tastes better than normal eggs, have no cholesterol, and even cheaper. On August 5, 2015, the World Economic Forum named Hampton Creek a "Technology Pioneer,"

Plant Secondary Metabolites

- biologically active compounds
- Important ecological role as
 - Attractants for pollinators
 - Chemical defences against microorganisms, insects and herbivores
- Plant secondary metabolites
 - Plants contain several thousand of different metabolites
 - Presently, a few 100,000 substances have been identified
 - 1kg(500 patient): 100yr old, 3,000 tree, 6000만원-1억



Taxus spp.



used in cancer therapy

식물 세포로 약 대량 제조... 식물공장 시대 열렸다

이스라엘 제약사 프로탈릭스 바이오세라퓨틱스(Protalix Biotherapeutics)는 지난 2월 식물세포로 만든 유전질환 치료제에 대해 미국식품의약국(FDA) 승인을 받았다.

미생물, 동물세포로 만든 생물약품은 많았지만, 식물로 만든 치료제가 FDA 승인을 받은 것은 이번이 처음이다. 식물 세포를 배양해 약을 대량 제조하는 '식물공장' 시대가 본격적으로 열린 것이다.

이 회사는 효소 유전자를 담근 세포에 넣고 배양해 고서병 치료제를 개발했다. 고서병은 지방분해 효소가 만들어지지 않는 유전질환이다. 식물공장에서 만든 고서병 치료제는 기존

치료제보다 25% 싸고 부작용도 거의 없는 것으로 알려졌다.

식물치료제의 장점은 여러 가지다. 기존 고서병 치료제는 인간 유전자가 들어간 햄스터 세포를 배양해 만든다. 그런데 동물은 인간을 공격하는 바이러스에 특같이 감염되는 경우가 많다. 이 문제로 지난해 고서병 치료제 생산이 중단돼 전 세계적으로 약품 품귀 현상이 벌어지기도 했다. 프로탈릭스사는 "식물세포는 동물과 인간을 공격하는 바이러스에 감염되지 않기 때문에 안전에 문제가 없다"고 밝혔다.

또 다른 장점은 가격이다. 생물약품 공장에는 대형 건물에 미생물과 동물세포를 배양하는 대형 금속제 탱

크와 배관들이 뿔뿔이 들어서 있다. 식물공장은 식물세포 배양액을 담은 비닐 백이 죽 늘어선 구조다. 생산을 늘리려면 비닐 백을 추가하기만 하면 된다. 배양 조건도 미생물이나 동물 세포보다 까다롭지 않아 제조단가가 낮다.

다른 바이오·제약업체들도 조류인플루엔자 백신이나 C형 간염, 말라리아 치료제를 만들 다양한 식물공장을 개발 중이다. 농사처럼 치료용 식물을 키우는 회사도 있다. 아를테면 담배나 벼에 인간 유전자를 집어넣고, 나중에 담뱃잎이나 쌀에서 치료물질을 추출하는 식이다.

이영환 기자 ylee@chosun.com



식물공장으로 개발 중인 대표적 생물약품	사탕 옥수수	개구리밥	담배	담배	벼
	의약품	Locteron(인터페론-벡시)	HSN1 백신	CaroRx	VEN100
	미생물	C형 간염	조류인플루엔자	승차	항생제 유발 설사

●식물 세포 및 기관 배양을 통한 Pharmaceutical과 Neutraceutical Product

치료용 의약품 생산

Pharmers hope for first plant based harvest

An approval by the US FDA (2012. 5) for Protalix/Pfizer's plant-derived human therapeutic recombinant protein taliglucerase alfa (ProCellEx) would mark a first for pharmers.

Gaucher's disease, a rare genetic lysosomal storage disease in which body does not produce enough enzyme glucocerebrosidase.(Elelyso)

The first FDA-approved plant-derived human therapeutic protein.

Carrot cell culture using disposable plastic bag bioreactor.



Merit of plant based medicine

No human attack virus

(Genzyme Co has stoped for the production of Cerezyme obtained from Hamster cell culture due to virus infection in 2010)

Cost effective

(Elelyso is 25% lower than Cerezyme)

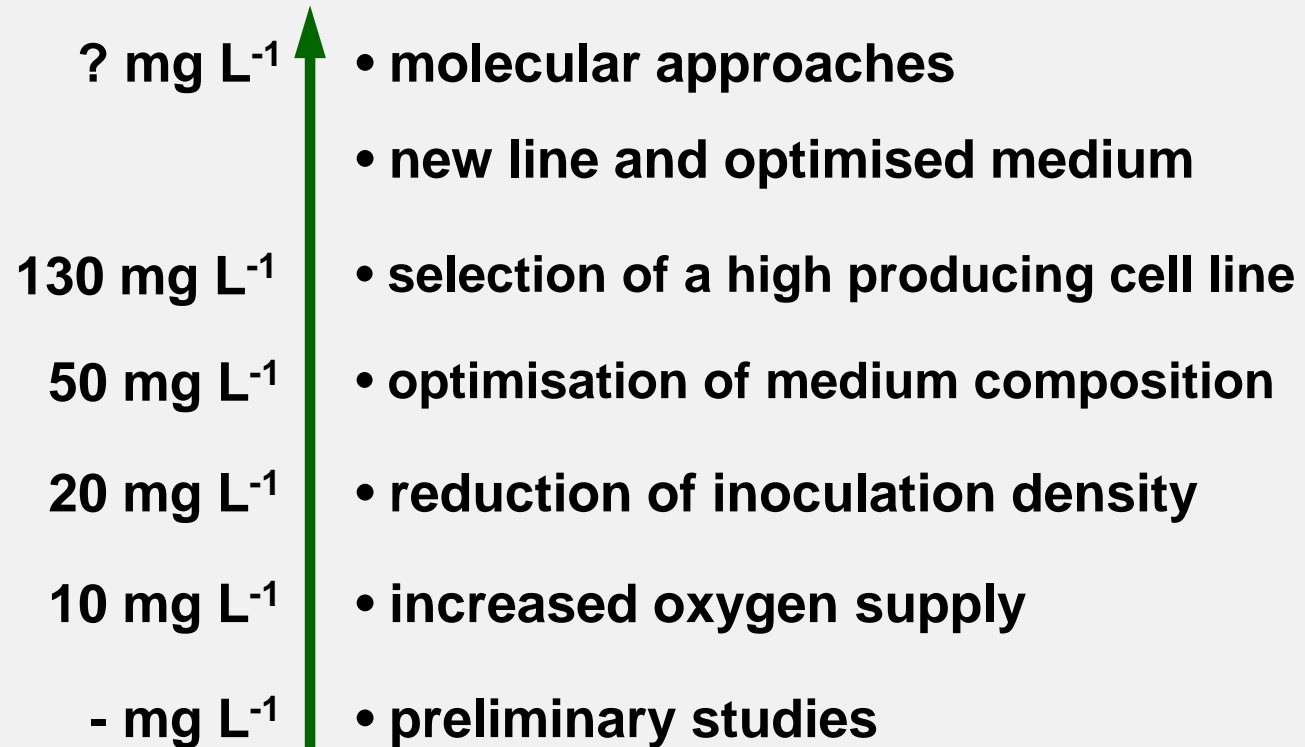
Culture condition is simple compare to animal cell culture

Medium composition, physical and chemical factors

Problems associated with the manufacture of plant-based medicines (표준화가 어렵다)

Category	Problem Area	Impact on Products
Cultivation	Botanical characterization	Adulteration with wrong plant species(백수오)
	Field production	Contamination with fungi, bacteria, insects, weeds
	Environmental pollution	Contamination with heavy metals, organics, herbicides and pesticides
	Crop nutrition	Altered profiles of medicinal metabolites
Manufacturing	Harvest	All plant material received to manufacturing facility at once
	Drying	Loss of medicinal components
	Storage	Degradation of medicinal components over time
	Processing	Addition of fillers and binders that can alter medicinal content
Marketing and distribution	Advertising	Exaggeration of efficacy

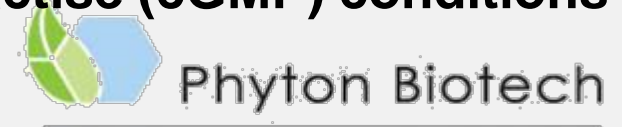
Strategies for Increasing Active Compound Production in Airlift Bioreactors



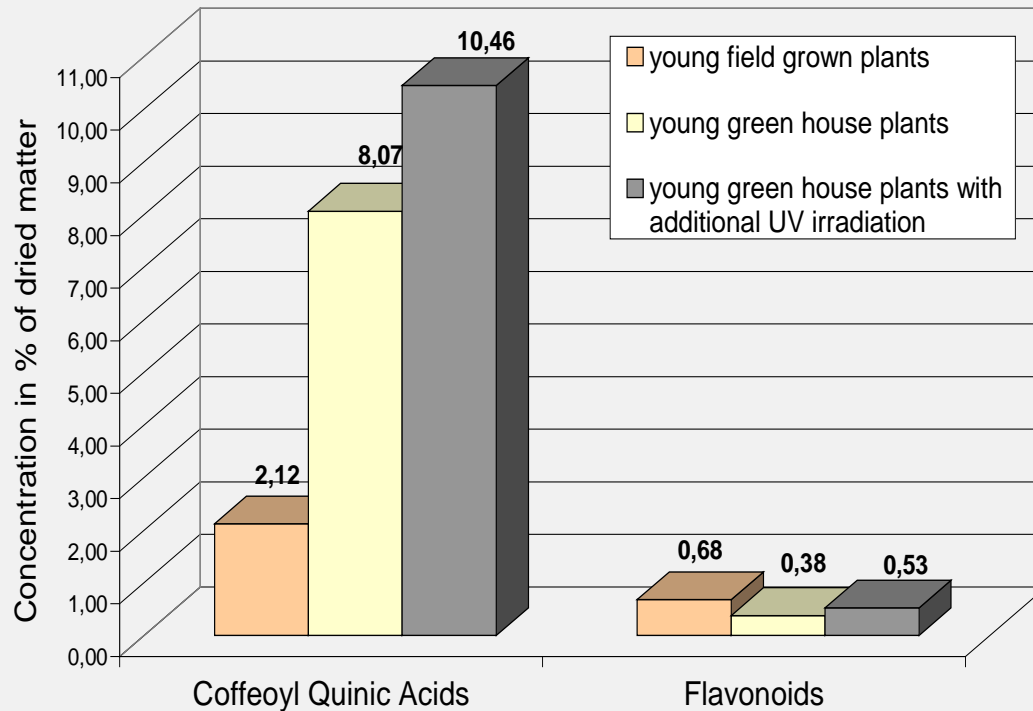
Active compound

Paclitaxel Production Through Plant Cell Culture

- The world's largest plant cell culture production facility is located in Daejeon, Korea and Ahrensburg, Germany
- Plant cell fermentation in large-scale bioreactors up to 120 ton (Korea) and 75 ton(Germany)
- Paclitaxel production (active ingredients in Bristol-Myers Squibb's Taxol®) under current Good Manufacturing Practise (cGMP) conditions



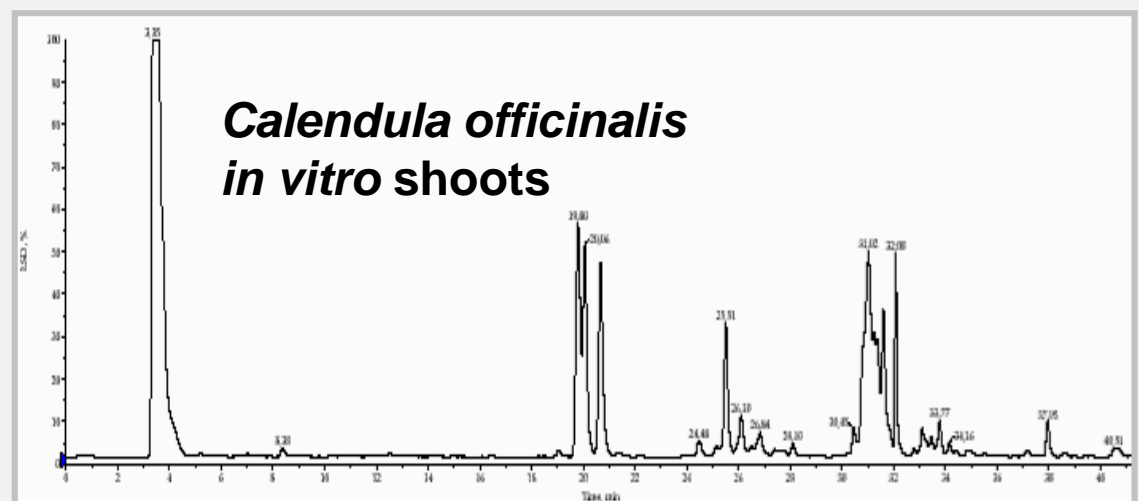
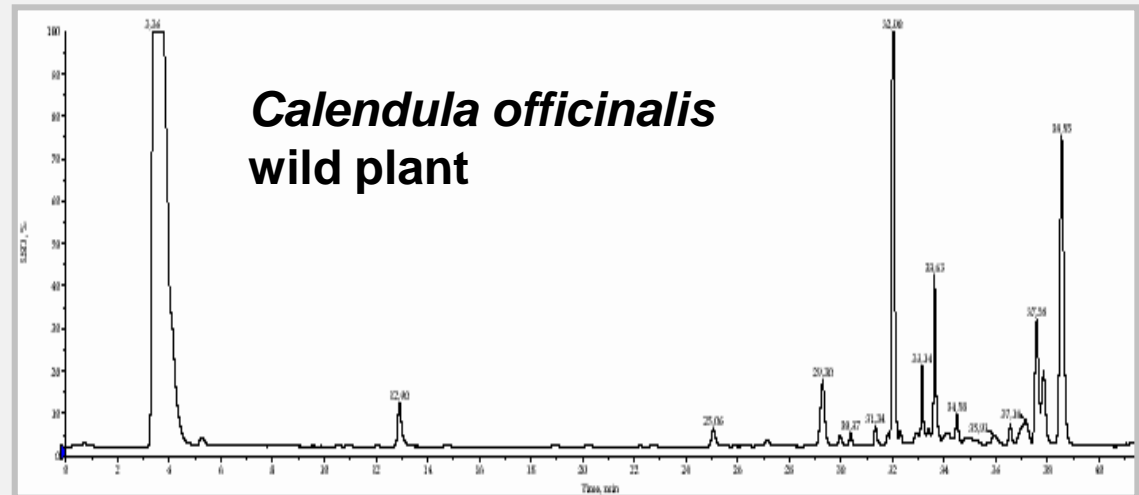
Production of Phytochemicals in High Tech Greenhouses

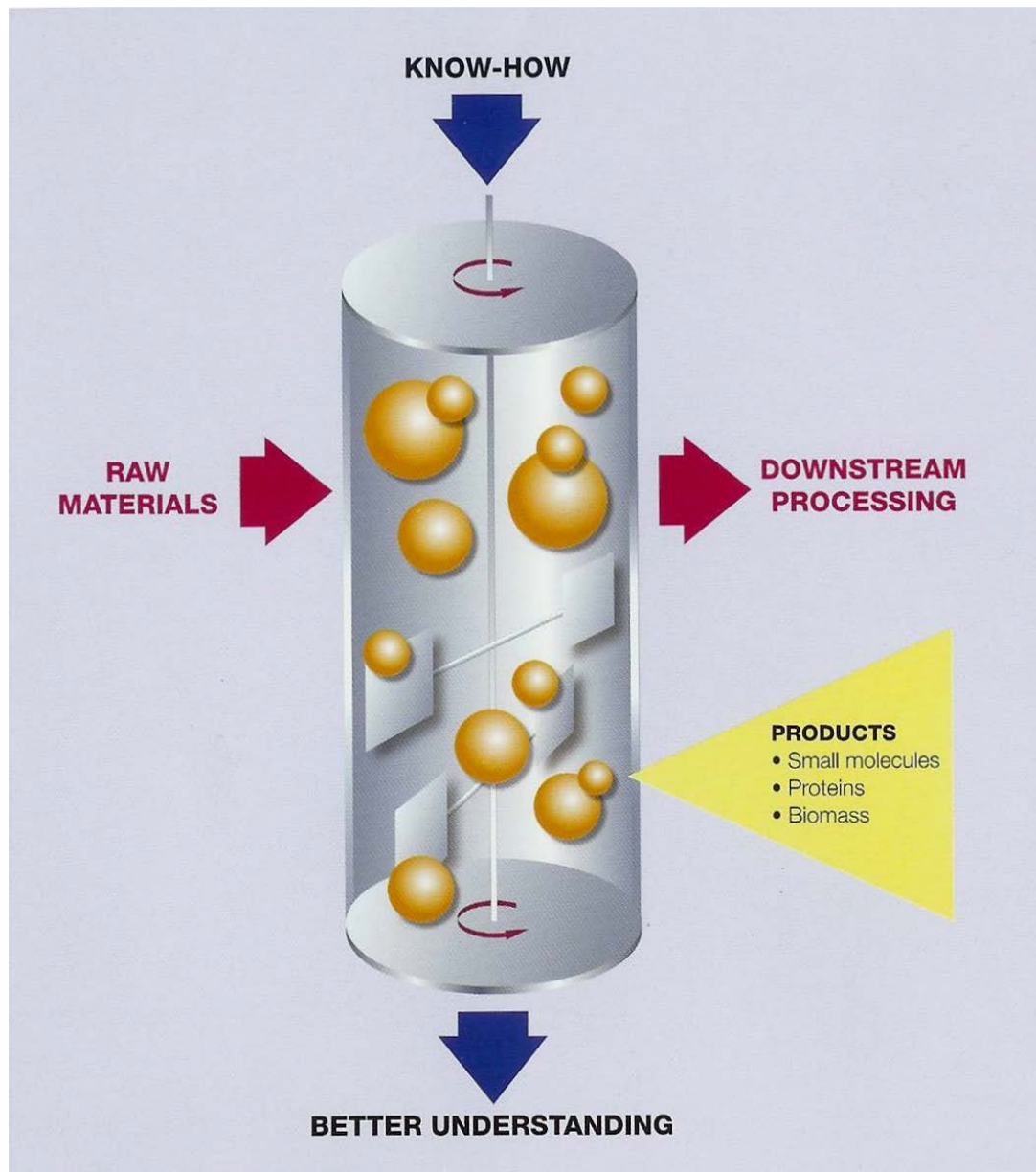


- **Increasing the metabolite contents by optimisation of the cultivation conditions for artichoke (*Cynara scolymus*)**
- **Investigation parameters: UV irradiation, CO₂, hydroponic / aeroponic systems**

Identification of Novel Active Compounds and Derivatives in Bioreactor Produced Plant Material

- Chemical profiling of secondary metabolites by combination of HPLC/MS-ELSD-UV and the AnalytiCon-Database (> 25,000 natural compounds)
- Spectrum of secondary metabolites varies at different culture types
- 25 - 30 % of the bioreactor material shows a new chemical profile





MEDICAL AND HEALTH-CARE APPLICATIONS

Antibiotics and intermediates
Recombinant proteins
Antibodies

INDUSTRIAL APPLICATIONS

Industrial enzymes
Bioactive compounds

HEALTH FOOD APPLICATIONS

Phytomolecules

ENVIRONMENTAL APPLICATIONS

Biopesticides
Phytoremediation

유전적 변이가 심한 세포배양의 단점을
기관배양을 통해 극복





Cultured mountain ginseng after harvest

탱크에서 수확하는 모습





**Ginseng cell harvested from pilot
scale bioreactors**



최근 글로벌 화장품 시장의 핵심 Trend는 “Natural”이며,
천연화장품은 세계 화장품 시장의 핵심 영역으로 자리 잡았음

→ *Beauty from Nature*



화장품회사와 공동 미백화장품 ‘산심’ 의
개발



식물줄기세포 배양 추출물이
포함된 화장품



FIM과 BIM의 비교

항 목	First in the market	Best in the market	비 고
시장형성	신시장	이미 형성된 시장	
시장규모	예측불가	예측가능	
진입장벽설정	가능	불가능	규격 및 표준화
인지도	높음(최초제품)	낮음(유사제품)	
마케팅비용	적음	많음	
요구자료	적음	많음(비교자료)	
경쟁업체	없음	있음	
차별성	높음	낮음	
시장잠재력	높음	낮음	
시장위험도	높음	낮음	



Boehringer
Ingelheim



몸은 기본, 정신능력까지!
인삼추출물 G115® 함유
세계적인 종합영양제 파마톤®!

베링거인겔하임 '파마톤',
인삼성분 함유... 유럽
'베스트셀러' 영양제



인삼 종주국 한국에 치명적 상처를 준 사례

Highly concentrated, standardized Ginseng extract G115 40.0 mg (made from roots of best quality of genuine, Panax ginseng, C.A. Meyer) according to a specific procedure, and contains a constant (= **standardized**) amount of active ingredients.

스위스 파마톤사의 경우 인삼 사포닌을 추출한 기능성식품(제품명 : 진사나) 개발로 100여개국에서 연 30억\$(약3조원) 매출을 올리고 있다.(2005년 한국 8000억원)

전량 중국에서 수입, 연 2000억 정도

소재 산업의 국제화 전략 ?

지식은 경제의 가장 중요한 자원이며, 가장 지배적인 경쟁우위가 될 것이다. -Peter F. Drucker-

20세기 산업사회에서 21세기 지식기반 사회로 진입

지금까지 공업사회, 하드웨어 중심사회, 유형의 물질이 부가가치 창출하는 사회,
자본은 **Man, Machine, Money(3M)**가 주도한 사회였음.

그러나, 21세기는 탈 공업사회, 소프트웨어 중심사회, 두뇌에 의한 지식이
부가가치 창출하는 사회,

자본은 **Human, Knowledge, Management(HKM)**가 주도하는 사회



지식사회(Knowledge Society)의 특징(“The Next Society” by Peter Drucker

-지식이 가장 중요한 핵심자원이고 지식근로자가 노동시장의 지배집단


- 지식사회는 국경이 없고
- 상승 이동이 쉬우며
- 성공뿐 아니라 실패 가능성도 높다.

- 집합적으로 볼 때 지식근로자는 새로운 자본가이다.
- 상사와 부하의 개념이 아닌 고참자와 신참자로 구성된 고도의 경쟁 사회
- 금전적 보상으로는 동기를 부여할 수 없다. 도전의 기회가 필요
- 자신의 일에 대해 조직 내 누구보다도 더 많이 알아야 한다

국내 지식집단의 특징

● **고착화된 직업병:** 아집, 독선, 자만, 칭찬이 없는 사회
경쟁력 저하 시 포기, 비난
지식의 사업화에 대한 마인드 부족

- **직업에 대한 인식:**
 - 대학은 3D 업종이다
 - 사명감과 열정이 부족하다
 - 공부할 시간도 없고 하지 않는다
 - 근성이 부족하고 학문적 유행에 민감

 <p>San Francisco DORA Declaration on Research Assessment</p>	<p>2012년 12월 16일 ASCB 연례총회 세계 각국의 과학자 155명과 주요 과학 단체 78곳이 연구자들의 연구비지원, 고용, 승진 등에 중요 자료로 활용되는 연구 평가 방식의 불합리 관행을 개선하라는 요구하는 선언문</p>
--	---

A Cancer Journal for Clinicians: IF 137.58(11,961개 저널 가운데 1위), Commun Pur Appl Math은 IF 3.08로 수학분야 299개 중 1위

릭스 “오늘날의 아카데미 풍토에선 나는 생산적이지 못해”

1964년 릭스 메커니즘을 발표한 이래 현재까지 10여편의 논문발표

생각을 바꾸자

- 과거경험상 이걸 무조건 된다
- 여태 들인 돈이 얼마데 중단할 수 없다
- 준비된 것이 이것 뿐이라 할 수 없다

- 농업혁명과 산업혁명에 이어 제 3의 물결 지식혁명시대(고품질 권력)로 진입, 기업은 변화의 속도가 100마일, 정부는 25마일, 교육시스템은 10마일에 불과 (엘빈 토플러)

- 국가경쟁력은 ‘과학기술’이고 과학자의 연구역량 매우 중요.
- “새롭고(original, novel) 동시에 중요하다(meaningful, significant, valuable)” “분야 의존적”(domain-dependent) 창의성

“인간이 상상하는 것은 실현된다.단지 시간의 문제이다”
과학자의 역할이 중요