

식품나노기술의 현황과 전망

조용진

한국식품연구원 식품나노바이오연구단

Food Nanotechnology: Present and Perspective

Yong-Jin Cho

Food Nano-Biotechnology Research Center, Korea Food Research Institute, Songnam 463-746, Korea

Abstract

Food nanotechnology, which is being focused by some food scientists and engineers just a couple of years ago, is an emerging technology. Nanotechnology has being already affected all the fields of sciences and technologies because many scientists and engineers have recognized well it to lead industry in the 21 century. Some basic concepts and technology based on nano-scale have been established well while industry-oriented applications are still far from effective industrialization. In the food engineering field, there are three major applications related to nanotechnology, that is, food nano-sensing, food nano-structured ingredients, and food nano-packaging. In the food nano-sensing field, better food quality and safety evaluation can be achieved by using nanotechnology. Solubilization and color in food can be controlled through nano-structured particles and composites. nano-packaging system can support a smart intelligent packaging and distribution for food, which can indicate and improve its freshness. Meanwhile, it is necessary to evaluate adverse effects as well as positive effects derived from nanotechnology because food nanotechnology is a new technology.

Key words: food nanotechnology, nano-sensing, nano-structured ingredient, nano-packaging

서론

나노기술의 정의를 우리나라 나노기술개발촉진법에서 찾아보면, 제2조 1항에 '물질을 나노미터 크기의 범주에서 조작, 분석하고 이를 제어함으로써 새롭거나 개선된 물리적, 화학적, 생물학적 특성을 나타내는 소재, 소자 또는 시스템(이하 소재 등이라 한다)을 만들어 내는 과학기술'이라고 나노기술을 정의하고 있다(대한민국 나노기술개발촉진법, 2002). 나노기술은 통용개념으로는 나노미터 수준에서 물체들을 만들고 조작하는 기술을 통칭하는 말로서 기존 가공방식인 Top-Down 방식과는 달리 Bottom-Up 방식에 의해 원자나 분자의 수준에서 물질들을

조작하고 만들어 전혀 새로운 성질과 기능을 가진 시스템을 구현하는 기술로 받아들여지고 있다. 여기서 나노미터 수준이란 일반적으로 100 nm 이하로 규정하고 있다(KISTI, 2005).

최근 전 세계적으로 나노기술에 대한 관심은 지대한 바, 2004년도 나노기술연감(KISTI, 2005)에서 나노기술의 전망에 대해서 다음과 같이 고무적으로 소개하고 있다. 즉, 21세기의 시작과 함께 전 세계적으로 나노기술 개발 경쟁이 가속화되고 있으며, 2006년경이 나노기술의 산업화를 위한 획기적인 전환점이 될 것으로 예측하고 있을 뿐만 아니라, 나노기술의 발전은 전통 제조 산업의 활성화뿐만 아니라, IT, BT, ET 등 국가 핵심 전략산업을 한층 고도화시키는 신개념의 기술로서 미래의 국가 경쟁력 확보에 중대한 영향을 미칠 것으로 기대된다고 적고 있으며, 나노기술은 물질을 원자, 분자 단위 수준에서 분석, 조작하는 기술로 바이오기술(BT)과 정보기술(IT) 등 미래 유망기술의 발전에 촉매 역할

Corresponding author: Yong-Jin Cho, Head, Food Nano-Biotechnology Research Center, Korea Food Research Institute, Songnam 463-746, Korea.
Phone: +82-31-780-9136, Fax:
E-mail: yjcho@kfri.re.kr

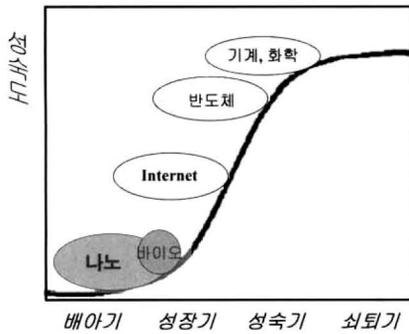


Fig. 1. A cycle in technology development.
(Source: KISTI, 2005)

을 하며, 반도체, 자동차, 철강 등 전통산업의 경쟁력 한계를 극복하는데 기여할 핵심기술이라고 하고, 또한 화학 및 바이오 분야에서도 생체센서, DNA 칩 및 소재기술로 파급되는 고부가가치 신산업 창출기술로 각광받고 있다고 소개하고 있다.

식품 분야에서의 나노기술은 개념 정립부터 다소 늦게 출발하였음을 부인하기 어렵다. 그럼에도 불구하고 나노기술 자체가 신생기술로서 아직 배아기에 머물고 있는 상태이기 때문에(Fig. 1), 식품나노기술의 태동은 전 과학기술의 추이와 발맞춤을 같이 할 수 있다고 믿어 의심치 않는다. 최근, 이미 확보된 다소의 나노원천기술을 이용하여 산업화 응용 분야를 발굴하고자 하는 노력을 함에 있어 많은 나노과학자 및 나노기술자들은 식품이나 농업 분야에서의 잠재력을 다른 어떤 분야보다도 높이 평가하고 있다. 예를 들면, 식품의 품질이나 안전을 향상시키기 위한 혁신기술의 확보를 위해 나노기술의 응용은 매우 큰 잠재력을 보인다고 전망하고 있다 (Cho, 2002; Cho *et al.*, 2006; Cho 2007a; Cho 2007b; Traver, 2006).

여기서는 우리나라 식품나노기술에 대한 이해와 발전을 위해 조금이나마 도움을 주기 위하여 다음과 같은 내용을 소개하고자 한다. 첫째, 세계 주요국의 나노기술 개발정책에 대한 동향을 간단히 살펴보고, 둘째, 식품나노기술의 일반 현황을 살펴본 다음, 셋째, 식품나노기술의 연구 사례를 주요 영역별로 소개하고자 한다. 마지막으로, 식품나노기술을 연구개발함에 있어 향후 유념해야 할 과제를 짚어 보고자 한다.

주요국의 나노기술 개발정책

미국은 2000년 1월, 제1기 NNI(National Nanotechnology Initiative)를 발표하였던 바, 여기서는 나노기술을 국가 경제 및 안보를 위한 최우선 전략과제의 하나로 공식 인정하고 있다. 이어서, 2003년 12월에 '나노기술개발법'을 통과시켜 국가적 연구개발사업으로서의 나노기술에 대한 법적인 근거를 확보하였다. 제2기 NNI는 2004년 12월에 발표되었다. NNI 추진 5년 만에 예산을 2배로 증액하였으며, 2015년 실용화를 위한 10개 전략과제를 선정하였다. 10개 전략과제 중에는 10 nm 이하 트랜지스터, 압진단 및 치료, 나노소재, 나노제조 등이 포함되어 있다. 미국은 나노기술에 관한 연구개발을 효과적으로 수행하기 위하여 나노기술의 인프라 확충에 집중하였다. 이를 위하여 전국적으로 나노전문센터를 설립하여 2003년에 10개 센터를 확보하였으며, 2004년에는 17개 센터를 증설하였다. 특히, 국립연구소를 중심으로 5개의 대형 나노랩을 건립하였다.

일본의 경우, 이미 1991년도에 'Atom 프로젝트'를 발표하여 나노기술과 관련된 연구개발에 중점을 두기 시작하였다. 그러나, 본격적인 나노기술개발사업은 2001년 6월에 발표한 'n-Plan-21'이라고 할 수 있다. 일본은 나노기술개발사업을 융합연구 프로젝트로서 본격적으로 지원하기 위하여 정부 부처간 연계를 강화하였다. 일본에서는 나노기술개발사업을 5개 분야로 구분하여 추진하고 있는 바, 정보통신용 나노소재, 에너지/환경 재료, 나노바이오, 공정/측정, 기능창출 재료 등이 바로 그것들이다. 특히, 일본은 소재부품 분야에서 세계 최고의 기술경쟁력을 확보하고 유지하기 위한 목표를 최우선적으로 설정하고 있다.

EU는 유럽연합집행위원회(EC)에서 2004년 9월 나노기술전략을 수립하였던 바, 2010년까지 연구개발 투자규모를 3배 이상을 확대할 계획을 발표하였다. 2005년 4월, 제7차 프레임워크 프로그램(FP7: 2007-2013)에서는 '나노소재 산업화' 부문에 48억3천200백만 유로를 책정하였다. 2005년 6월에는 2005년부터 2009년까지의 '나노기술개발 시행계획'을 발표하면서, 연구개발능력의 통합, 산업화 촉진 및 사회적 영향에 대한 책임을 강조하였고, 세계 수준의 연구개발 인프라 및 우수연구센터 구축, 학제간 훈련 및 교육의 강화, 산학연 및 금융계의 연계체계 강

화 등에 관한 내용을 담고 있다.

한국의 나노기술개발정책은 세계적 동향과 같이 하고 있다. 2002년 12월 ‘나노기술개발촉진법’을 발표하였고, 이어서 2003년 6월에는 시행령을 발표하여 나노기술 육성을 위한 법적근거를 확립하였다. 국가차원의 나노기술정책을 지속적, 체계적으로 추진하기 위해 범정부 차원의 중장기 정책을 수립하여 추진하고 있다. 구체적인 사례로서 정부에서는 ‘나노기술종합발전계획’ 및 ‘연도별 시행계획’을 범 부처를 통해 종합적으로 추진하고 있는 한편, 나노기술에 대한 영향평가 방안을 마련하고 있다. 2001년부터 2005년까지 이미 완료한 제1기 ‘나노기술종합발전계획’에서는 신기술(제품) 개발을 통하여 지속성장을 위한 잠재력을 확보하고, 기존기술과의 연계를 보완하며, 인간의 삶의 질을 향상하기 위한 기술을 개발한다는 내용을 크게 담고 있다. 제2기 ‘나노기술종합발전계획’은 2006년부터 2015년까지의 계획을 담고 있는 바, 나노기술을 21세기 산업혁명을 주도할 핵심기술로 활용하고자 하는 것이 가장 중요한 목표이다.

한편, 한국에서는 나노기술개발사업을 효과적으로 추진하기 위하여 나노기술 로드맵 작성을 추진하고 있다. 한국은 ‘나노기술종합발전계획’을 통해 나노기술 육성을 위한 정부의 종합적 및 체계적 지원 덕분에 한국의 나노기술 수준을 2001년도에는 세계 8위 수준이었던 것을 2005년도에는 미국, 일본, 독일에 이어 세계 4위 수준으로 도약하였다. 그럼에도 불구하고 산업적 측면은 매우 미흡하여 미국, 일본의 초기 상태에 지나지 않는 수준이며, 국내 기업의 나노기술 투자와 연구개발은 아직도 미흡한 수준을 벗어나지 않고 있어 나노기술 로드맵 작성

의 필요성이 대두된 것이다. 제1단계(2006. 7 - 2007. 4) 나노기술 로드맵에서는 나노기술의 대분류 기술을 정의하고, 중분류 기술 범위를 설정한 후, 로드맵 전개를 위한 토대를 마련하였다. 제2단계 작업은 2007년 5월부터 2008년 4월까지 계획되어 있는 바, 세부 로드맵을 작성하여 전략제품별 및 산업별 전략을 재구성하는 계획으로 추진되고 있다. 나노기술 로드맵에서는 나노기술을 4개 대분류로 구분하고 있는 바, 나노소재기술(나노재료/환경/에너지기술), 나노소자기술, 나노바이오기술, 나노공정/장비/측정기술로 구분하고 있다. Table 1은 식품 분야가 포함되어 있는 나노바이오기술 분야의 국내역량을 소개하고 있다(KoNTRS and NTRA, 2007).

식품나노기술의 일반 현황

식품나노기술은 21세기 식품공학기술을 대표하는 기술로 부상하고 있다. 식품공학기술은 시대별로 핵심개념과 핵심기술을 달리하여 발전하여 왔다(Fig. 2). 1950년대와 1960년대를 대표한 식품공학기술을 뒤돌아보면, 산업화 및 대량생산이라는 핵심개념 하에서 단위조작기술을 핵심기술로 활용하였다. 1970년대와 1980년대에는 에너지 위기를 겪으면서 에너지 및 생산성이라는 핵심개념 하에서 기계화 및 자동화 기술이 식품공학 분야의 핵심기술로 역할을 하였다. 1980년대와 1990년대는 고품질의 식품을 생산한다는 목표로 계측 및 컴퓨터화 기술이 식품공학의 핵심기술로 자리 잡았던 시기였다. 21세기 진입 후, 세계 식품산업계는 전 세계적으로 식품산업이 풀어야 하는 주요 8대 과제를 설정하고 있는 바, 생산성, 기술개발, 가격경쟁력, 제품혁신, 신속편이

Table 1. Domestic technology potentials in the field of nano-biotechnology

중분류 기술 영역	기술수준(%)	전문인력 보유정도(%)	인프라구축정도(%)	국제경쟁력(%)
검지 및 정제	81	85	70	79
치료 및 임플란트	76	80	65	74
정보	67	75	50	64
에너지	61	65	55	60
극한제어 및 분석	82	90	75	82
생필품	82	90	80	84
농림	71	75	50	65
수산	71	75	50	65
종합전략(암 정복)	76	85	65	75
안전성, 영향 평가 및 표준화	66	65	55	62

(Source: KoNTRS and NTRA, 2007)

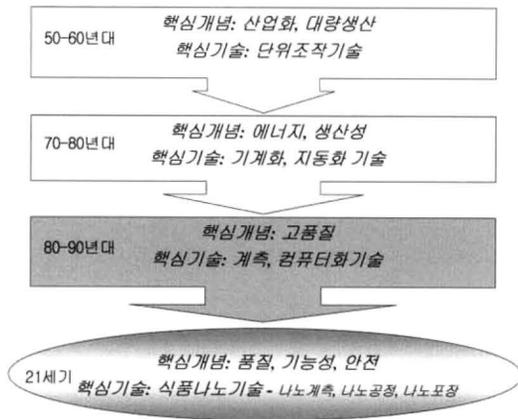


Fig. 2. Trends in food engineering. (Source: Cho, 2007b)

해법, 건강증진, 식품안전, 질병예방, 품질보증, 소비자 인식 등과 관련된 혁신기술이 필요하다고 하고 있으며, 이러한 과제를 해결할 수 있는 핵심기술로서 식품나노기술이 강조되고 있다(Nano4Food Conference, 2006). 식품나노기술을 개발하고자 하는 목표는 품질, 기능성, 안전 문제를 동시에 해결하는 방안을 찾고자 하는 것으로서, 나노계측, 나노공정, 나노포장 등을 핵심기술로 요구하고 있다(Cho, 2007a; Cho, 2007b).

식품나노기술에 속하는 요소기술은 여러 가지가 있으며, 요소기술의 응용은 단독 또는 융복합에 의해 구현될 수 있다(Fig. 3). Fig. 3에서 보는 바와 같이, 식품나노소재 분야에 해당하는 요소기술은 나노입자기술, 나노에멀션기술, 나노복합체기술, 나노구조체기술 등이 있으며, 식품나노계측 분야에 해당하는 요소기술은 나노센서기술, 나노트레이서기술 등이 있다. 이러한 요소기술들은 융복합에 의해 식

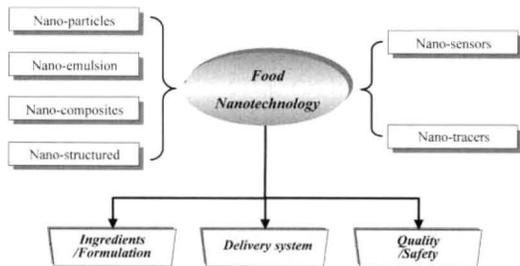


Fig. 3. Applications of nanotechnology to food systems. (Source: Cho, 2007b)

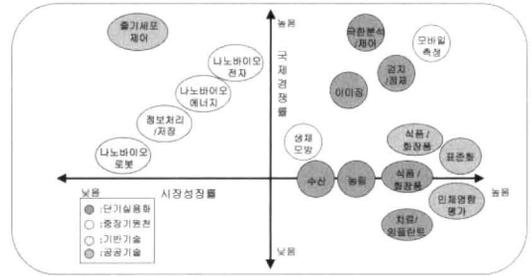


Fig. 4. Perspective of nano-biotechnology in Korea. (Source: KoNTRS and NTRA, 2007)

품소재 및 가공, 식품전달시스템, 식품품질 및 안전성 평가 등의 형태로 응용기술 또는 제품으로 나타날 수 있다(Cho, 2007a; Cho, 2007b).

식품과 관련된 나노바이오기술을 시장성장률 및 국제경쟁률 측면에서 살펴보면 Fig. 4에서 보는 바와 같이 식품 분야는 단기실용화 부문과 공공기술 부문으로 구분할 수 있는데, 두 영역 모두 비교적 높은 시장성장률을 가지고 있는 것에 반해 높지 않은 국제경쟁률을 보이고 있다.

식품 분야에서 나노기술을 응용하고자 할 때 6대 관심사항은 다음과 같다(Cho, 2007b).

- 첫째, 식품산업에서의 나노기술 활용 방안
- 둘째, 식품 품질과 안전에 응용될 수 있는 나노기술
- 셋째, 식품가공에 응용될 수 있는 나노기술
- 넷째, 식품포장과 유통에 응용될 수 있는 나노기술
- 다섯째, 영양전달시스템과 나노기술
- 여섯째, 나노기술 도입에 따른 규제와 소비자 신뢰 문제

식품산업의 나노기술에 대한 기대는 식품의 품질, 식품안전, 식품포장의 관점에 중점을 두고 있다. 그러나 아직 식품나노기술의 기술적 수준이 완전히 검증된 상태가 아니기 때문에 식품산업에서는 나노기술의 응용에 대해서 기대와 우려가 교차하고 있는 형편임을 부인하기 어렵다. 즉, 나노기술을 적용함에 있어 제품은 안전한가, 국내 또는 국제 규제는 어떻게 될 것인가? 생산비용 측면에서 경쟁력을 가지고 있는가? 나노응용 제품에 대해서는 소비자는 신뢰할 것인가? 등과 같은 질문을 제기하고 있다. 결국 식품나노기술에 대한 시장의 요구는 경제성과 실효성으로 요약될 수 있다. 그럼에도 불구하고 2010년에는 식품나노응용제품의 시장규모가 200

Table 2. Conferences held in the field of food nanotechnology

Conferences	Contents
Nano4Food Conference 2005	- Organizer: Wageningen Univ, The Netherlands - Date: 6/20/2005 - 6/21/2005 - Themes: applications to food industry, nano-food, quality and safety, regulation and confidence, food processing, packaging and distribution
Nano4Food Conference 2006	- Organizer: Georgia Tech, USA - Date: 10/12/2006 - 10/13/2006 - Themes: applications to food industry, quality and safety, food processing, regulation and confidence, food processing, packaging and distribution, nutrients delivery
International Food Nanoscience Conference	- Organizer: USDA CSREES & IFT, USA - Date: 6/28/2006 - 6/29/2006 - Themes: similar to Nano4Food Conference 2006
IFT International Food Nanoscience Conference	- Organizer: IFT, USA - Date: 8/1/2007 - Themes: food nanotechnology of each country(US, UK, Japan, Taiwan, India, Brazil, Canada), benefits of nanotechnology, risk and regulation

억 달러에 이를 것으로 전망하고 있다(Helmut Kaiser Consultancy, 2004). 현재 전 세계적으로 200여개의 대형 식품회사에서 나노기술을 응용한 제품 개발을 진행하고 있는 중이다.

한편, 나노기술이 도입된 초기에는 식품 이외의 다른 분야 학회 또는 학술회의의 일부 세션에서 식품나노응용에 관한 연구가 산발적으로 소개되던 것이 최근에는 식품나노기술에 관한 독립된 학술회의가 개최되고 있는 수준으로 발전하였다(Cho, 2007b). Table 2는 최근 식품나노기술과 관련하여 개최된 학술회의의 현황을 보여주고 있다.

식품나노기술의 연구 사례

식품 분야의 나노기술응용에 관한 연구개발 사례는 다양하게 나타나고 있다. Nano4Food Conference 2006에서는 그 동안 연구되었거나 연구할 주제에 대해서 종합적으로 발표한 바 있으며, 그 내용을 소개하면 다음과 같다.

식품나노기술은 기술적 측면에서 크게 세 영역에서 응용연구를 찾아볼 수 있다. 식품의 품질과 안전에 관한 식품나노계측이 한 영역을 차지하고 있고, 식품나노소재의 제조와 응용에 관한 식품나노공정이 또 다른 영역을 차지하고 있으며, 식품의 저

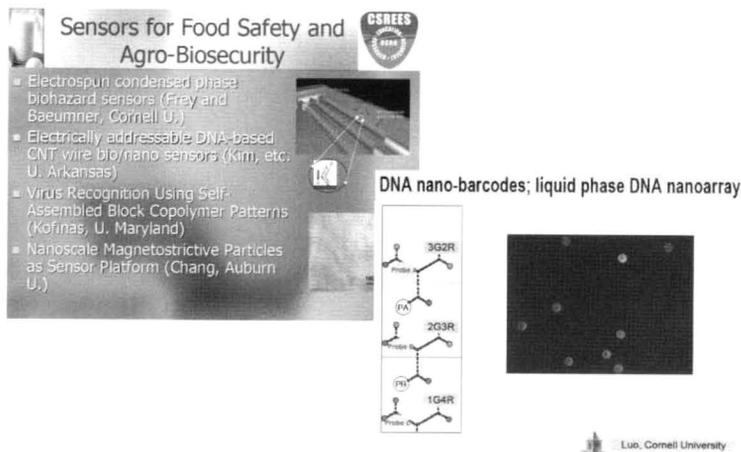


Fig. 5. Applications of nanotechnology to food nano-sensing field.
(Source: Chen, Nano4Conference, 2006)

장 및 유통에 관한 식품나노포장이 관심 영역으로 구분되고 있다. 한편, 식품나노기술 및 제품의 신뢰와 규제에 관한 영역은 정책적 측면에서 구분되는 중요 영역으로 인식되고 있다.

H Chen(Nano4Conference, 2006)은 식품의 품질과 안전을 향상시키기 위한 혁신기술을 개발하고자 미국 농무부 주도로 수행한 연구결과를 소개하였는데 (Fig. 5), condensed phase biohazard sensors(Frey and Baeumner, Cornell U.), electrically addressable DNA-based CNT wire bio/nano sensors(Kim, etc. U. Arkansas), virus recognition using self-assembled block copolymer patterns(Kofinas, U. Maryland), nanoscale magnetostrictive particles as sensor platform (Chang, Auburn U.) 등이다. 또한 DNA nano-barcode를 liquid phase DNA array 상에서 제조하여 식품의 추적 시스템에 관한 연구를 수행하였다(Luo, Cornell University).

R Yada(Nano4Conference, 2006)는 나노기술을 이용하여 식품소재를 100 nm 이하로 제조하게 되면 입자의 색상은 무색으로 투명하게 변하고 매우 안정하여 레토르트 공정을 적용하는 것도 가능하다고 하였다(Fig. 6). 또한, 나노기술을 적용하여 에멀션을 제조할 경우 친수성, 친유성을 능동적으로 제어할 수 있음을 보여 주었다.

식품나노포장기술의 경우, 현재는 나노클레이를 이용하여 특정한 파장의 빛이나 기체를 선택으로

투과하거나 차단하는 기술개발이 이루어지고 있으며, 미래에는 나노디바이스를 식품포장기술에 접목하여 지능형 식품포장을 개발하고자 하고 있다(V K Arora, Nano4Conference, 2006). Fig. 7은 식품나노포장기술을 개괄적으로 나타낸 것이다.

식품나노기술의 향후 과제

식품나노기술은 나노수준에서 bottom-up 기술에 의해 과거와는 다른 기능이나 물성을 가지는 제품을 개발하고자 하는 기술이다. 현재까지 기술의 개발 목표는 비교적 잘 이해되고 있다. 그러나 식품나노기술이 생산 현장이나 일상생활에 출현하게 될 때, 그 실체가 무엇인지는 아직 명확하지 않다 하더라도 지금까지 이해되지 않은 물성으로 인하여 우려되는 문제가 발생할 소지가 있다고 염려하고 있음을 부인할 수만은 없다. Fig. 8에서 보는 바와 같이, 나노기술이 적용되면 물리적 및 화학적 구조 측면에서 입자의 크기, 형상, 표면적, 표면활성, 나노구조 등과 관련된 인자의 독특한 특성으로 인하여 나노고유의 이화학적 성질이 나타날 수 있다. 따라서 나노응용제품의 원활한 진입을 위해서는 식품나노기술개발과 함께 기술영향평가에 대한 검토가 요구된다.

식품나노기술에 대해서 잠재력과 우려를 종합적으로 살펴보면 다음과 같다. 즉, 식품나노기술이 성

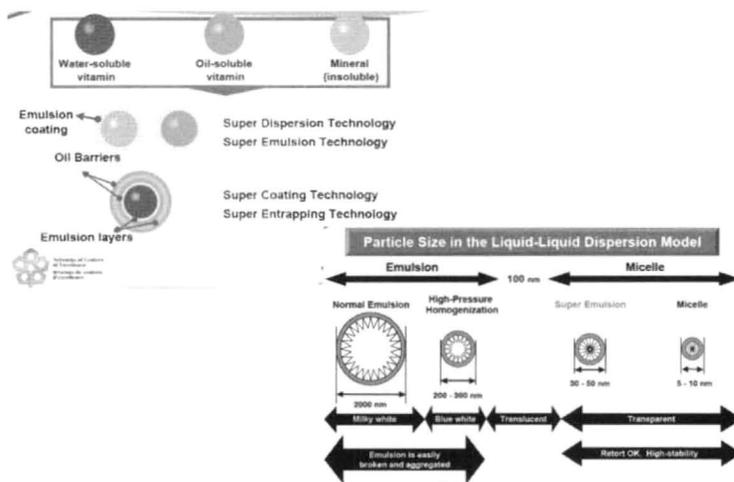


Fig. 6. Applications of nanotechnology to food nano-processing field. (Source: Yada, Nano4Conference, 2006)

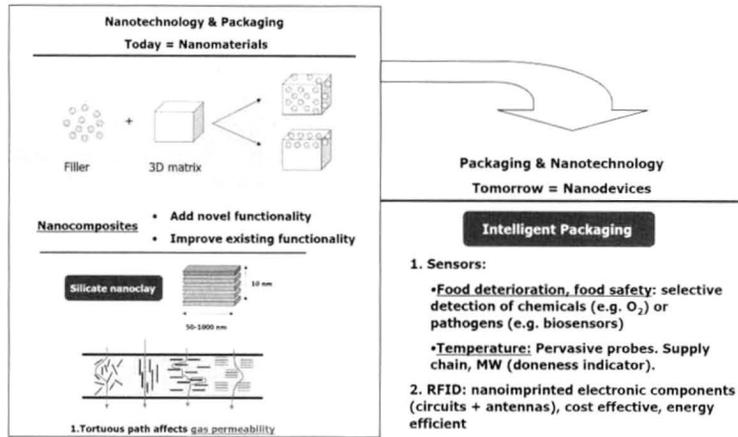


Fig. 7. Applications of nanotechnology to food nano-packaging field. (Source: Arora, Nano4Conference, 2006)

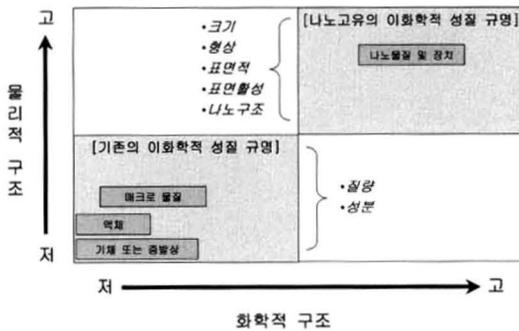


Fig. 8. Potentials in benefit and risk of nanotechnology. (Source: Cho, 2007b)

공적으로 개발될 때 얻을 수 있는 잠재력은 첫째, 혁신적 기술, 둘째, 경제적 이익 기대, 셋째, 사회적 및 환경적 이익 기대 등이다. 반면에, 식품나노응용 제품이 생산 현장이나 일상생활에 도입되었을 때 우려되는 문제점은 첫째, 건강과 환경에 대한 예기치 못한 위해성, 둘째, 나노기술의 영향을 제대로 이해하지 못한 상태임에도 불구하고 나노기술이 시장에 진입하는 문제 등이다.

따라서, 식품나노기술의 성공적 개발을 위해 향후 풀어야 할 과제는 첫째, 식품나노기술에 대한 사회적 수용 방안 마련, 둘째, 나노기술의 위해성 최소화, 마지막으로, 나노기술의 편익 최대화이다.

요 약

식품나노기술은 불과 수년전부터 관심을 가지기

시작하였음에도 불구하고 최근 식품 분야에서 가장 많은 관심을 받고 있는 신기술이다. 이미 나노기술은 21세기 산업기술을 선도할 기술로 인식되어 있으며, 모든 과학기술 분야에서 가장 많은 영향을 미치고 있는 것으로 나타나고 있다. 아직 나노기술이 산업적 수준에서 유효한 응용기술을 쏟아내고 있지 못한 수준일지라도 일부 나노기술과 관련된 개념과 기술은 구체적으로 잘 수립되어 있다. 식품공학 측면에서 나노기술과 관련된 3대 주요 응용기술은 식품나노계측, 식품나노소재 및 식품나노포장이라고 할 수 있다. 식품나노계측 분야에서는 나노기술의 응용에 의해 더 좋은 품질과 더 안전한 식품을 생산할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 나노기술이 응용된 식품나노소재에서는 친수성과 소수성을 능동적으로 조절할 수 있는 수용화 기술의 접목뿐만 아니라 색상의 조절 또한 가능해질 수 있다. 지능형 식품나노포장기술은 식품의 선도유지뿐만 아니라 자동선도지시 기능을 구현할 수 있어 혁신적인 식품유통기술의 출현을 기대하고 있다. 한편, 지금까지 경험하지 못한 새로운 식품나노기술의 출현은 기술도입에 따른 긍정적인 영향뿐만 아니라 부작용을 사전에 평가하는 시스템의 구축이 병행되어야 함을 지적해 두고자 한다.

참고문헌

Cho, 2002. Research trends in nano-systems for food and biology. Special Lecture, National Institute of Agricultural Engineering, Suwon

- Cho YJ *et al.* 2006. Future Demand in Technology Development Program for Agriculture and Forestry (Vol. 3 Agro-Nanotechnology Development). Research Report, Agriculture R&D Promotion Center
- Cho YJ. 2007a. Food nanotechnology: present and perspective. Seminar for the Foundation of Society for the Study of Green Bio-Nano Technology, Seoul
- Cho YJ. 2007b. Overview on current and future food nanotechnology. The 74th Annual Meeting of KoSFoST, BEXCO, Busan
- ETC Group. 2004. Down on the Farm: The Impact on Nano-Scale Technologies on Food and Agriculture. Research Report, The International Development Research Centre, Canada
- Helmut Kaiser Consultancy. 2004. Nanotechnology in Food and Food Processing Industry Worldwide. Unpublished Study Report. Tubingen.
- Joseph T and Morrison M. 2006. Nanotechnology in Agriculture and Food. Research Report, Nanoforum, EU
- KISTI. 2005. Korea Nanotechnology Annual 2004. Korea Institute of Science and Technology Information
- KISTI. 2006. Korea Nanotechnology Annual 2005. Korea Institute of Science and Technology Information
- KoNTRS and NTRA. 2007. National Nanotechnology Road Map: Phase I. Research REport, Korea Nano Technology Research Society, Nano Technology Research Association
- Kuzma J and VerHage P. 2006. Nanotechnology in Agriculture and Food Production: Anticipated Applications. Research Report, Woodrow Wilson International Center for Scholars, USA
- MoST and KISTEP. 2007. Technology Implications of Nano-materials 2006. Research Report Ministry of Science & Technology and Korea Institute of S&T Evaluation Planning
- Nano4Food Conference. 2006. <http://www.nanofood.info/>
- National Science and Technology Council. 2004. The National Nanotechnology Initiative: Strategic Plan. Committee Report, The Nanoscale Science, Engineering and Technology Subcommittee, USA
- Tarver T. 2006. Food Nanotechnology. *Food Technology* **60(11)**: 22-26
- USDA CSREES. 2003. Nanoscale Science and Engineering for Agriculture and Food Systems. Research Report, USDA, USA