

# 나노 기술을 이용한 고부가가치 농산물의 융합기술 발전

Fusion Technique Advances of High-quality Agricultural Products Using the Nanotechnology

항운구  
Yun-Gu Hwang

주식회사 에스엠나노바이오  
SMNANOBIO Co., Ltd.

## 1. 서론

나노수준의 물질은 마이크로수준의 물질과는 다른 특성을 지닌다. 동일한 물질 내에서도 입자크기가 나노미터 수준으로 미세해지면, 물질 자체의 전자 및 결정구조의 변화, 입자의 표면적 증가에 따른 표면 물성의 증가 등으로 인하여 현재 주로 연구되고 있는 마이크로미터 수준의 입자와는 매우 다른 물리적, 화학적, 전자기적, 광학적 특성을 갖게 되는 것이다. 여기서 나노(nano)란 10억분의 1미터를 나타내는 단위로 1 나노미터는 머리카락 굵기의 10만분의 1 밖에 안되는 초미세단위다. 에너지의 양자적 특징은 나노미터 수준의 미세구조의 성질을 이해하기 위한 중요한 이론적 토대를 마련해 주었으며, 광·전자기적으로 원하는 특성을 갖는 재료를 디자인할 수 있도록 하여 주었다. 이렇게 특별한 기능을 나타내기 위해 디자인된 미세 나노구조체들은 그것을 이루는 기본적인 단위체들의 크기에 따라 발현되는 독특한 물리적 특성을 보인다. 금속 나노입자들 중 금 나노입자는 일반적으로 벌크상태에서 물리적 특성인 금의 녹는점은 1064℃인 반면 2 nm 크기의 금 나노입자의 경우 500℃로 전혀 다른 녹는점을 가지게 되며, 광학적 특성은 금색

은 살아지고 진한 보라색으로 변하게 된다. 이는 벌크상태의 금의 경우 가시광선의 빛을 전혀 흡수하지 않지만 100 nm 미만의 크기를 가지는 금 나노입자의 경우는 530 nm의 가시광선을 강하게 흡수함으로써 색깔이 진한 보라색을 띠게 되는데 이런 현상을 표면 플라즈몬(surface plasmon) 현상이라 한다.

우리나라 나노기술개발촉진법 제 2조 1항에는 나노기술을 ‘물질을 나노미터 크기의 범주에서 조작, 분석하고 이를 제어함으로써 새롭거나 개선된 물리적, 화학적, 생물학적 특성을 나타내는 소재, 소자 또는 시스템을 만들어 내는 과학기술’이라고 정의하고 있다(대한민국 나노기술개발촉진법, 2002)(1). 나노기술의 응용분야는 정보기술(IT)분야에서는 우리가 손쉽게 사용하는 핸드폰, 테블렛 PC, 노트북 등 과 같은 가전제품의 소형화를 위하여 부품 등의 고밀도 집적화를 위해 나노기술이 적용되고, 질병치료, 의약품, 화장품, 식품포장재, 가공식품 등 바이오기술(BT)은 물론 모든 산업분야에서 근본적인 변화를 이끌어 내고 있다(3-9, 11, 12).

나노-바이오 융합기술은 나노미터 수준의 크기에서 물질이 가진 물리·화학적 특성을 분석·가공하는 나노기술과 식물, 동물이 가진 DNA 등 생체특성

Corresponding author: Yun-Gu Hwang  
SMNANOBIO Co., Ltd.  
#408 CBI, 160, Techno 2-ro, Yuseong-gu, Daejeon 305-500, Korea  
TEL: +82-42-342-1100  
FAX: +82-42-342-1101  
E-mail: ykhwang80@gmail.com

을 분석·가공하는 바이오기술을 접목하여 개발되는 새로운 기술 영역으로 나노기술 종합발전 계획에서는 바이오 시스템 및 이들이 나노구조와 결합된 융합 시스템을 나노미터 크기의 수준에서 조절 및 분석하고 이를 제어하는 과학과 기술로 나노-바이오 기술을 정의하고 있다(2). 나노기술이 실생활에 적용되고 있는 가운데 여러 종류의 금속을 나노화시켜 다양한 나노입자를 만들수 있는 기술이 발전하고 있다. 이런 여러 금속 중 금 나노(Gold nanoparticles, AuNPs)는 인체에 거부반응이 없어 현재 국내의 나노-바이오 분야에서 금 소재 고성능 나노CT 조영제와 나노화장품, 나노섬유에서 사용되고 있으며, 금은 현재 항염증 및 항류마티스 약(Auranofin®, Tauredon®)으로 류마티스성 관절염의 치료제로 임상에서 사용 중에 있다(10). 또한, 인체 치료용 나노소재 기술에 대해서도 많은 연구가 이루어지고 있다. 하지만, 나노 기술이 식품에 직접 적용되는 연구 및 제품은 찾아보기 어렵다. 미국의 경우에는 금속(금, 은, 백금 등) 나노 콜로이드 용액을 이용하여 기능성 음료가 개발되었으며, 일본 역시 금 나노 콜로이드 기능성 음료뿐만 아니라 소금에도 금 나노 콜로이드 용액을 적용하여 나노기술을 접목된 다양한 식품들이 개발되고 있다.

다양한 분야에서 우리의 삶을 진보시키는 나노기술을 이용하여 금 나노입자를 물에 분산시킨 금 나노 콜로이드 용액을 농산물에 적용한 나노-바이오 융합 기술을 정리하고자 한다.

## 2. 금속 나노입자 제조기술

금속 나노입자를 제조하는 방식은 크게 마이크로 단위의 구조체를 갖는 재료를 극심한 기계적 가공이나 열처리 또는 조합을 통해 나노소재로 만드는 Top-down 방식과 원자나 분자 등과 같은 작은 단위체들의 화학적, 물리적 성질을 이용하여 나노소재를 만드는 bottom-up 방식 두 종류로 나눌 수 있다.

Bottom-up 방식 중 보편적으로 금속 나노입자를 만드는 방법은 화학적환원법(chemical reduction method), 일반적인 전기분해법(general electrolysis method), 친환경

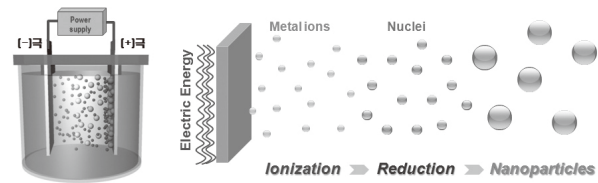


그림 1. 친환경적 전기분해법의 금속 나노입자 생성 메커니즘

경적인 전기분해법(environment-friendly electrolysis method)으로 나눌 수 있다(11, 12). 화학적환원법(chemical reduction method)은 출발 물질로 금속염을 전해질로 사용하고 있기 때문에, 환경 친화적이지 못하고 유해물의 제거하기 위하여 많은 비용과 시간이 소요되며, 입자크기를 용이하게 제어하지 못한다는 단점이 있다. 이전에는 금속입자의 응집에 의한 입자성장을 막기 위해 사용되는 계면활성제 및 첨가제 또한 유해물을 사용하기 때문에, 친환경적이지 못하다는 단점이 있다. 또한, 일반적인 전기분해법(general electrolysis method)의 경우, 합성하고자 하는 금속소재의 전극과 금속염 즉 질산염, 탄산염, 황산염 등을 전해질로 하여 전기분해에 의해서 전극표면에서 금속화시켜 입자를 얻어낸다. 물론 전기분해법에서 유해한 금속분말을 얻기 위한 전해질로서 유해금속염을 사용하는 이유는 금속이 물에 용해되지 않기 때문이며, 강산염과 결합한 금속을 물에 녹이면 이온으로 쉽게 해리되어 환원제 등에 의하여 나노입자화 될 수 있다. 이러한 경우에는 부산물로서 유해물이 발생하고, 온도를 높일 때에 유해가스가 발생하여 친환경적이지 못하며, 입자의 크기도 균일하지 못하다. 더욱이 종래와 같이 질산염, 탄산염, 황산염 등과 같은 금속염을 사용한 전기분해법에서는 출발 물질 자체가 친환경적이지 못하고, 중화 및 세척과정에서 폐수처리 문제가 발생할 뿐만 아니라 많은 세척 과정을 거쳐야하는 번거로움이 있으며, 세척 과정에서 금속 분말을 많이 유실하게 된다는 단점이 있다.

친환경적인 전기분해법(environment-friendly electrolysis method)은 이런 유해한 금속염을 사용하는 것이 아닌 단지 전극과 식품첨가물에 사용되는 소량의 첨가제, 순수에 사용함과 더불어 전기적인 힘을 가하여 금속

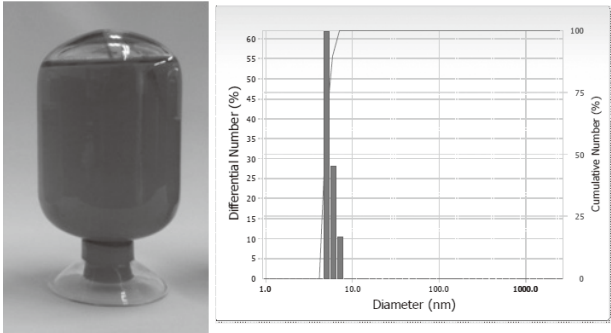


그림 2. 금 나노콜로이드 용액과 입도결과

입자들의 형성 및 분산을 유도함으로써, 친환경적으로 금속 나노입자를 제조함과 더불어 금속입자의 크기를 효과적으로 제어하고, 간단한 공정으로 균일한 입자의 금속 나노입자를 생산할 수 있는 전기분해법을 응용한 금속 나노입자 제조방법이다(그림 1).

최근 국제적으로 친환경적인 기술인 녹색기술을 요구하고 있다. 친환경적으로 금속 나노입자를 제조하는 기술은 인체에 무해한 전해물질을 사용하므로 금속 나노입자 제조 후 이차오염에 문제가 발생하지 않아 금속 나노입자를 제조 후 즉시 사용이 가능한 기술이다.

### 3. 나노기술을 적용한 농산물 기술

친환경적인 전기분해법(environment-friendly electrolysis method)을 이용하여 평균입자 사이즈 5 ~ 10 nm인 금 나노 콜로이드 용액을 제조하여 일정농도로 농업용수와 희석하여 발육하고 있는 인삼 포장과 더덕 밭에 약 2 ~ 5 회 반복적으로 시비하여 인삼 및 더덕에 금 나노입자의 전이량을 ICP-MS를 이용하여 확인한 결과 표 1과 같이 인삼에서는 0.43 ppm, 더덕은 1.01 ppm의 금이 전이된 것을 확인하였다. 금 나노입자가 전이되는 방법은 인삼이나 더덕이 발육 시 비료에 포함되어 있는 유기질 혹은 무기질 성분이 뿌리를 통하여 몸통이나 잎으로 전이되는 것을 착안하여 실시한 결과 금 나노입자도 동일하게 전이되는 것을 확인 할 수 있다. 인삼은 사포닌 성분으로 특유의 쓴맛이 발생하지

표 1. 인삼 및 더덕에 전이된 금 함량 분석결과

구 분	인 삼	더 덕
금전이량 (ppm)	0.43	1.01

표 2. 금 나노입자의 전이 유/무에 따른 인삼의 사포닌 변화

(단위 : mg/g)

	Rg1	Rf	Re	Rc	Rb2	Rb1	Total
Non main root	0.78	0.13	1.23	0.18	-	1.13	3.45
Gold main root	1.22	0.19	1.27	0.27	0.24	1.89	5.08
Non fine root	0.88	0.29	3.70	1.59	1.31	5.14	12.91
Gold main root	1.19	0.31	5.27	2.21	1.46	6.77	17.21

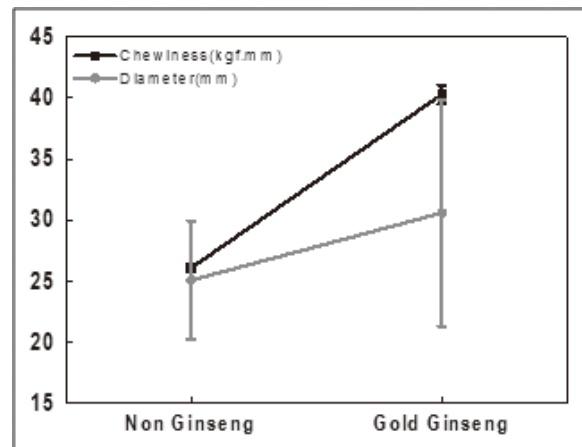
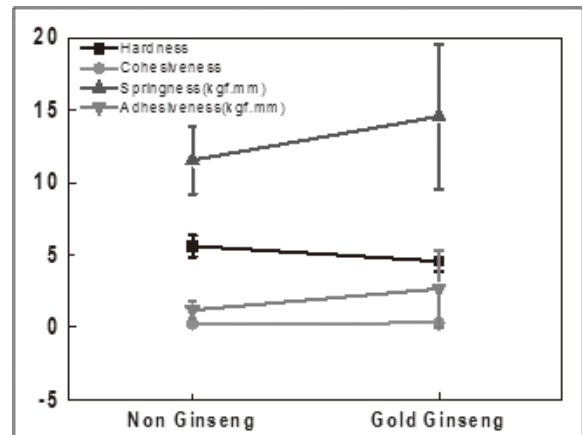


그림 3. 금 나노입자의 전이 유/무에 따른 인삼의 물리적 특성 변화

만 금 나노입자가 전이된 인삼은 쓴맛이 감소하고 약간의 단맛이 나타났다. 인삼 쓴맛의 감소로 인한 금 나노입자가 전이된 인삼에 나쁜 영향을 줄 것으로 예상했지만, 인삼의 주근(main root)과 지근(fine root) 부분의 사포닌 성분을 확인하면 대부분의 성분들이 15 ~ 20% 증가한다(표 2). 또한, 인삼에 금 나노입자 전이 유/무에 따른 경도(hardness), 탄력성(springness), 점착성(adhesiveness), 씹힘성(chewiness) 등과 같은 물리적 특성(physical properties) 변화도 확연히 나타난다(그림 3). 이는 인삼을 가공하는데 있어 중요한 변수(factor)들이며 추후 금 나노입자가 전이된 인삼을 이용한 식품을 가공할 때 반드시 고려되어야 한다. 이런 물리적·화학적 특성의 변화의 요인으로 무기물인 금 나노입자가 농작물 뿌리를 통하여 각 생물 부분으로 전이되어 금 나노입자의 촉매 반응으로 기존 농작물의 물리적·화학적 특성이 변화하는 것으로 예상된다. 이 부분은 추후에서 좀 더 깊은 연구가 필요하다.

#### 4. 결론

나노기술은 우리 실생활의 모든 분야에서 적용되고 있으며 식품 분야에서도 가공, 포장재 및 계측 분야에서 많이 응용되고 있다. 이후에도 식품산업에 큰 영향을 줄 것으로 예상되며, 차세대 성장 동력으로 국가 산업의 기술이 될 것이다. 현재 진행중인 여러 나라와의 FTA가 체결되고 발효되면 농업분야에서는 시장 경쟁력 등의 문제로 농가의 소득 및 국내·외 농산물 시장 경쟁력에서 밀려 국내 농업의 큰 피해가 발생할 것이다. 이런 피해를 막기 위해서는 나노기술이 적용된 농산물의 고부가가치화가 국내·외 농산물 시장에서 살아나갈 수 있는 방법이다. 또한, 나노

기술을 적용하여 농산물의 물리적·화학적 특성, 품질 및 나노기술 안전성에 대하여 체계적으로 연구 및 검증하여 국내 및 해외 농산물 시장뿐만 아니라 이를 이용한 식품 가공시장에서 제품 경쟁력 및 국가 식품 산업에 차세대 성장 동력으로 발전할 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

1. 조용진, 식품나노기술의 현황과 전망. Food Engineering Progress 11: 145-152 (2007)
2. 김경호, 이호신, 서주환, 이영재. 나노-바이오 융합기술의 연구 개발 동향과 특허정보 분석. 공업화학 전망 11(1): 61-74 (2008)
3. The Nanotechnology Opportunity Report(3rd Ed.). Cientifica (2008)
4. Jennifer K, Peter V. Nanotechnology in agriculture and food production. Washington, DC: Woodrow Wilson International Center for Scholars (2006)
5. Asua JM, editor. Polymeric Dispersions: Principles and Applications. Kluwer Academic, Dordrecht/London (1997)
6. So DS, Lee HW. The Commercialization Trend of Nanofood. J. Chitin Chitosan 14: 6-12 (2009)
7. El-Aasser MS, Fitch RM, editors. Future Directions in Polymer Colloids. NATO ASI Series. Martinus Nijhoff. Dordrecht (1987)
8. M. S. Lim, M. A. Park, S. N. Park. Preparation of Nano-emulsion Containing Polygonum aviculare Extract for Enhanced Transdermal Delivery. Appl. Chem. Eng. 23: 222-227 (2012)
9. C.G. Knight(Ed.). Liposomes From Physical Structure To Therapeutic Applications. Elsevier. Amsterdam (1981)
10. 김지은, 이슬, 강진석, 염영나, 김동섭, 박순희. 금나노물질의 in vitro 유전독성 평가연구. Journal of Alternatives to Animal Experiments 3: 11-22 (2009)
11. Y. S. Goo, Y. I. Lee, N. W. Kim, G. J. Lee, B. Y. Yoo, S. J. Hong, J. D. Kim, Y. H. Choa. Ink-jet printing of Cu conductive ink on flexible substrate modified by oxygen plasma treatment. Surface and Coatings Technology 8: 369-372 (2010)
12. K. J. Lee, B. Lim, Y. H. Jeong, S. J. Hong, K. B. Lee, K. D. Kim, J. R. Kim, H. T. Kim, Y. H. Choa. The Synthesis and Characterization of Metal Nanoparticles Using a Modified Electrolysis Method for Conductive Ink in Ink-Jet Printing Technology. Journal of Nanoscience and Nanotechnology 8: 5062-5065 (2008)