

# 食品纳米技术与纳米食品研究进展

李华佳, 辛志宏, 胡秋辉\*

(南京农业大学食品科技学院, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 纳米微粒在常态下能表现出普通物质不具有的特性, 这使纳米材料和纳米技术极具潜力、倍受瞩目。在食品领域, 纳米食品加工技术、纳米营养素制备技术、纳米食品包装、纳米检测技术成为研究热点。本文综述了食品纳米技术与纳米食品最新研究进展与成果, 提出了食品纳米技术与纳米食品今后研究的前沿科学问题与需要突破的关键技术。

**关键词:** 食品纳米技术; 纳米食品; 功能食品

## Advance in Food Nanotechnology and Nanofood

LI Hua-jia, XIN Zhi-hong, HU Qiu-hui\*

(College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** Nanomaterial and nanotechnology attract much attention for nanoparticles exhibit tremendous potential in biological activities compared with normality. Nanofood processing, nanonutrient preparation, nanomaterial packaging and detection are the hotspot research in the food industry. The advance and achievement in food nanotechnology and nanofood research in recent years were reviewed and dealt with in this paper.

**Key words:** food nanotechnology; nanofood; functional food

中图分类号: TS2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2006)09-0271-04

纳米技术是指在纳米尺度(0.1~100 nm)上研究利用原子、分子结构的特性及其相互作用原理, 并按人类的需要, 在纳米尺度上直接操纵物质表面的分子、原子乃至电子来制造特定产品或创造纳米级加工工艺的一门新兴学科技术。纳米技术主要包括: 纳米材料学、纳米电子学、纳米动力学、纳米生物学和纳米药理学<sup>[1]</sup>。纳米技术加深了人们对于物质构成和性能的认识, 使人们在物质的微观空间内研究电子、原子和分子运动的规律和特性, 运用纳米技术我们可以在原子、分子的水平上设计并制造出具有全新性质和各种功能的材料<sup>[2]</sup>。由于纳米材料表现出的新特性和新功效, 纳米技术的迅速发展将引发一场新的工业革命。

继信息科技、材料科学等高精尖应用领域之后, 纳米技术的应用深入到生命科技和传统产业方面, 逐步影响着人们的衣、食、住、行。如医药方面, 广泛的应用载药纳米微粒溶解、包裹或者吸附活性组分, 达到缓释药物、延长药物的作用时间、靶向运输、增强药物效应、减轻毒副作用、提高药物的稳定性的目的, 建立一些给药的新途径<sup>[3]</sup>。我国传统的中药采用纳米技

术加工可使细胞壁破裂, 增大药物在体内的分布, 因而可提高药物的生物利用度<sup>[4]</sup>。中药纳米化后可能导致药物的理化性质、生物活性及药理性质发生重要变化, 甚至改变中药药性, 产生新的功效。纳米化为中药新药的研制与开发提供了全新的思路和途径<sup>[5, 6]</sup>。

纳米技术在医药上的许多应用正逐步的被应用于食品行业, 不仅使食品生产的工艺得到了改进, 效率得到了提高, 还产生了许多新型的食品和具有更好功效和特殊功能的保健食品。

### 1 食品纳米技术

在食品领域中, 以纳米食品加工技术、纳米配料和食品添加剂的结构控制、纳米复合包装材料、纳米检测技术等方面的研究最为活跃, 已经成为食品纳米技术的研究热点。

#### 1.1 食品纳米加工技术

##### 1.1.1 纳米材料固化酶

在食品工业中, 运用纳米材料固定化酶, 用于食

品加工和酿造业,由于纳米微粒小,表面积大,可以提高酶的利用率和生产效率<sup>[2]</sup>。

### 1.1.2 纳米膜技术

用纳米膜技术——纳滤,可以分离食品中多种营养和功能性成分。纳滤是介于超滤和反渗透之间的一种膜分离技术,它的截留分子量在200~1000Da的范围内,孔径为几纳米,纳滤膜表面有一层均匀的超薄脱盐层,它比反渗透膜要疏松的多,且操作压比反渗透低。纳滤目前用于浓缩乳清及牛奶,调味液脱色,提取鸡蛋黄中的免疫球蛋白,回收大豆低聚糖,调节酿酒发酵液组分,浓缩果汁,分离氨基酸等方面<sup>[2][7]</sup>。

### 1.1.3 纳米包埋技术

纳米包埋技术可以用于果蔬汁和营养素的生产,采用天然脂质材料包裹成纳米微粒再制成食品,能改进口味和加快在体内的运输,并且具有缓释功能,进入人体后在体内滞留时间延长2~3倍,有利于人体的吸收,而且微粒不受肠道各种生物因子的破坏,生物利用率可提高1.8~2.2倍<sup>[2][8]</sup>。

### 1.1.4 纳米添加剂

纳米技术用于食品添加剂的生产,可以减少添加剂的用量,使其很好的分散在食品中,提高利用率,也可以利用超微粉体的缓释作用来保持较长的功效<sup>[9]</sup>,还可以提高其稳定性和安全性。日本报道了纳米材料制备的安全高效色素,利用无机发光材料结合蛋白质或其它高分子材料通过控制结构和尺寸,使发光材料在溶液中呈现不同色泽,该色素的光、热稳定性皆好于现有的人工色素和天然色素,基于天然高分子和安全无毒的无机材料的特点,这种新色素的安全性很高。

## 1.2 纳米食品包装、保鲜、抗菌材料

纳米材料由于具有特殊的力学、热学、光学、磁性、化学性质,决定其具有优异的表面效应、小尺寸效应和量子效应<sup>[2]</sup>,用于食品包装的纳米复合高分子材料的微观结构不同于一般材料,其微观结构排列紧密有序,优越的性能体现在他的低透氧率、低透湿率、阻隔二氧化碳和具有抗菌表面等特性,是一种食品包装的新材料<sup>[8][10,11]</sup>。将纳米技术应用在纳米复合阻透性包装材料中,可以实现食品的保质、保鲜、保味,并延长食品贮藏时间<sup>[1]</sup>。

纳米抗氧化剂、抗菌剂保鲜包装材料可提高新鲜果蔬等食品的保鲜效果和延长货架寿命,保留更多的营养成分。纳米系列银粉不仅具有优良的耐热、耐光性和化学稳定性,而且具有抗菌时间长、对细菌和霉菌等均有效的特点,添加到食品中可保持长期抗菌效果,且不会因挥发、溶出或光照引起颜色改变或食品污染;还可加速氧化果蔬释放出的乙烯,减少包装中乙烯含量,

从而达到良好的保鲜效果。添加0.1%~0.5%的纳米TiO<sub>2</sub>制成的包装材料可以防止紫外线引起的肉类食品的自动氧化变质,保护维生素和芳香化合物不受破坏<sup>[7]</sup>。中科院化学所工程塑料国家重点实验室制备了PET纳米塑料,可以代替玻璃啤酒瓶,贮藏啤酒4、5个月保持口味新鲜。

纳米无机抗菌技术是结合了抗菌制备技术、金属离子抗菌技术和纳米级粉体抗菌制备技术,制成的纳米界面涂料,其界面为超双亲性二元协同界面,既疏水又避油污<sup>[1][12]</sup>,用于食品加工车间,既保证了食品生产的卫生条件又易于清洁。

### 1.3 食品纳米检测技术

仿生材料是纳米技术的又一技术领域。生物系统能极其精确和高效的控制和组装复杂的生命体,生物工程和纳米技术相结合能使人们在纳米材料及器件的制造领域取得革命性的进展,它将生物纳米材料和仿生结构交叉起来,合成出多功能和高适应性的纳米材料<sup>[13]</sup>。

纳米仿生技术在食品检测中有理解和识别病原体、检测食物腐败等潜在的应用。把纳米技术和生物学、电子材料相结合,研制生物纳米传感器,通过生物蛋白与计算机硅晶片结合,检测食品中化学污染物并标记损失分子和病毒,具有高灵敏度和简单的生物计算机功能,能更好的控制、监测和分析生物结构的纳米环境;通过模仿植物病理学研制出“电子舌”和“电子鼻”,利用化学敏感性的“电子舌”用于检测小含量的化学污染,识别食物和水中的杂质,服务于食物风味质量的控制;“电子鼻”是改变电学特性的应用,用于识别食物中病原体、判定食物是否腐败<sup>[2][8]</sup>。

## 2 纳米功能食品

纳米食品目前还没有确切的定义,他是生命技术与生物技术的最前沿分支,综合了多门最前沿科学技术的发展<sup>[14]</sup>。纳米食品的暂时定义是:通过对人类可食的天然物、合成物、生物生成物等原料采用工程技术加工制成的可用分子式表示的分子级物质,并根据人体寿命与健康所需进行不同配制的食品。

用纳米技术对食物进行分子、原子工程技术重新编程,食品经超微细加工后,某些结构会发生改变,能大大的提高吸收率,加快营养成分在体内的运输,延长保质期<sup>[1]</sup>。纳米食品具有营养、增强体质、防止疾病、恢复健康、调节身体节律和延缓衰老的功能。目前的纳米食品主要有钙、硒等矿物质制剂,维生素制剂,添加营养素的钙奶、豆奶,具有降压等功能的小分子肽等<sup>[14,15]</sup>。

### 2.1 纳米淀粉

淀粉是食品的主要成分,也常用作食品加工的配

料,其性质直接影响使用效果。通过纳米技术对淀粉进行处理,可以使淀粉的性质发生巨大的变化,改善其老化、溶解、膨胀及增稠等性质,提高淀粉在食品加工上的使用性能<sup>[16,17]</sup>。

## 2.2 纳米营养素

将纳米技术用于人体必需的矿物质的制备,可以改善人体吸收利用率低的情况,并可以降低毒副作用。

### 2.2.1 纳米硒

硒是一种抗氧化酶的活性中心物质,缺硒对于人的免疫系统有一定的影响,但过量对人体有毒副作用。而由纳米技术合成的纳米硒是一种低毒高效的红色物质,其物质结构发生了变化。纳米硒有两个特点:它是零价的硒,既有氧化作用又有还原作用;活性很高,剂量降低,毒性和危害性减小。纳米硒有护肝、抑制肿瘤、免疫调节作用,还能延缓衰老,抗氧化,提高免疫力<sup>[18~21]</sup>。我国的纳米硒技术走在了世界的前列。

### 2.2.2 纳米钙

对人体有重要生理作用的钙难溶于水因而不易被人体吸收,采用纳米技术制备出碳酸钙的超微粉与常规大颗粒碳酸钙相比,有更强的亲水性,碳酸钙分子有更活泼的化学性质,更易被人体吸收<sup>[22]</sup>。

### 2.2.3 纳米铁、锌

元素铁粉是一种被广泛应用的食物铁强化剂,控制铁粉的粒度达到纳米级,会表现出与普通铁粉不同的性质,对提高铁粉的相对生物利用率影响很大,可望进一步改善铁粉的应用性能<sup>[23]</sup>。

纳米锌制剂和普通锌制剂相比,具有生物活性高,吸收率高,安全性能好,能促进其他养分的吸收,促进和调节动物机体代谢等功能。

### 2.2.4 纳米维生素

纳米维生素是指通过细微加工,把维生素微粒粉碎到100nm以内,直接操纵维生素的原子、分子微团,利用复配技术使其重新排列,研究其物理特性和生理、生化特性,最终研制成具有独特的溶解度、吸收率、生理生化特点、对机体起到高营养免疫作用的新剂型维生素。

纳米维生素具有“功能协同结构体”的特性。不同的物质微粒之间通过各种作用力构筑成稳定的纳米结构体系,形成一种新型鲜活的、协同作用更强的、具有独特营养保健免疫功能的以“功能协同结构体”存在的维生素复合剂,而不是简单的各种保健功能的叠加。

纳米维生素中的脂溶性维生素是亲水性的,又处在胶体分散状态,是一种热力学稳定体系,并且改善了

其在体内的药物动力学特性;而纳米级的水溶性维生素可以增加欲胃肠道细胞的有效接触面。所以,纳米维生素的吸收率和生物利用率都得到很大的提高。此外,纳米维生素的安全性、稳定性、高效价性都是普通单一或复合维生素不可比拟的<sup>[24]</sup>。

## 2.3 纳米茶

用超微粉碎技术制备的茶粉可以做成各种食品,或是作为食品的添加成分,可以增加茶叶中纤维素、茶蛋白等功能成分的利用率,对人体有利。日本在这方面的技术比较先进。

纳米茶的粒径比超微茶粉更小,目前有利用机械粉碎的方法制备的纳米茶产品,具有一定的保健功能。相关的理化性质、稳定性、生物活性和作用机理研究方面的报道还很少。

## 3 食品纳米技术研究的前沿问题

### 3.1 食品纳米技术的关键问题

纳米食品技术才刚刚起步,大量的科学问题有待发现,技术有待开发。现有纳米化方法有超细碾磨、喷雾干燥、化学沉淀法、乳化法、超临界CO<sub>2</sub>抗溶剂技术等,这些方法的都存在着形成的粒径大小和分布、均匀程度和圆整性无法控制,形成的材料的功能性无法预测、纳米结构的稳定性不高等问题。同时,纳米技术的产业化效果还不理想,许多纳米技术项目研发时间较短,缺乏从基础研究到产业化的无缝连接机制,纳米技术成果不能顺利转化。目前,国内建立的生产线主要集中在技术较低的纳米粉体制备方面<sup>[25]</sup>。

### 3.2 食品纳米技术需要突破的方向

深入的研究食品纳米技术的理论和技术,以及其特殊功能的作用机制;同时重视应用研究,针对我国人民健康开发功能食品,研制生产设备,解决生产技术难题,做好理论与技术在生产上的应用转化。所以,纳米食品技术用于开发纳米食品和营养素,主要有以下几个研究方向。

制备关键技术:针对不同原料的性质,如植物、动物、硬度、韧性、等,筛选制备纳米成分的工艺方法,优化工艺参数,研究纳米粒子的团聚与分散理论,确定理想的固体分散体系。

结构稳定性:研究纳米食品材料生长动力学和纳米尺度的控制,纳米粒子的表征,制备工艺对纳米分子结构的影响,纳米材料在环境中结构和性质的稳定性。

功能特性:研究食品和营养素经纳米化产生的新功能和特性,如生物利用率提高(高效吸收)、靶向型增强、缓释控制、生物活性(抗氧化、抗突变、抗肿瘤等)提高等;并研究新功能的作用机理和工艺、粒度对功能的影响。

规模化生产设备：根据不同的纳米食品和营养素、不同的原料性质、不同的生产工艺和对产品的要求不同，研制适合生产一类产品的规模化生产设备，并攻克技术上的难题，保证产品品质和功效。

产品开发：针对我国人民的健康状况，即心脑血管疾病、糖尿病、骨质疏松、癌症等慢性病发病率较高的特点，研制具有预防和辅助治疗功效的、没有毒副作用的、不同于药品的纳米功能食品。

尽管纳米化食品和配料已经为我们展现了无可比拟的优越性和光明的应用前景，但是从技术理论的成熟完善到实际应用还有很长一段距离，理论和应用并重，才能体现纳米技术的巨大潜力；同时，不只是技术的应用和规模化生产，纳米食品的绿色加工以及标准化生产也将是纳米食品技术发展的热点方向。

#### 参考文献：

- [1] 赵树朋, 杨玉璞, 屈平, 等. 纳米技术在农业工程中的应用[J]. 农机化研究, 2006, (2): 119-120.
- [2] 刘彩云, 周围, 毕阳, 等. 纳米技术在食品工业中的应用[J]. 食品工业科技, 2005, 26 (4): 185-186.
- [3] 师少军, 李忠芳, 曾繁典. 载药纳米微粒研究进展[J]. 中国临床药理学杂志, 2004, 20 (5): 395-398.
- [4] 郭国荣, 秦升. 纳米技术在中药现代化中的作用及应用前景[J]. 湖南中医药导报, 2003, 9(9): 34-35.
- [5] 刘金洪, 张冰冰, 郝永龙, 等. 纳米技术在中药研发中的应用前景展望[J]. 四川中医, 2004, 22 (4): 24-25.
- [6] 张晓静. 中药纳米化的作用及存在的问题[J]. 江苏中医药, 2003, 24 (3): 40-44.
- [7] 何映平. 纳米材料及其在食品工业中的应用实例[J]. 热带农业科学, 2001, (4): 74-76.
- [8] 胡玲. 新“纳米”技术及其在食品科学上的应用[J]. 食品科学, 2003, 24(2): 150-154.
- [9] 高尧来, 温其标. 超微粉体的制备及其在食品中的应用前景[J]. 食品科学, 2002, 23(5): 157-160.
- [10] Zhang Zhikun, Cui Zuolin, Chen Kezheng, et al. Structure of nano-copper and nano-conductive fibers[J]. Chinese Science Bulletin, 1997, 42(18): 1535-1538.
- [11] Siegel RW. Nanostructured materials—mind over matter[J]. Nanostructured Materials, 1993, (3): 1-18.
- [12] 罗世芝. 食品加工领域的高新技术革命[J]. 食品与药品, 2005, 7(1A): 59-62.
- [13] 王中林. 从纳米技术到纳米制造[J]. 纳米科技, 2006, 3(1): 5-10.
- [14] 吴斌, 赵昕, 马惠蕊. 纳米食品及其重要意义[J]. 食品研究与开发, 2003, 24 (2): 11-13.
- [15] 何扩, 张秀媛, 李玉峰. 纳米食品研究进展[J]. 中国调味品, 2006, (1): 91-94.
- [16] 刘宏. 纳米技术与食品加工业[J]. 中国农业信息, 2004, (9): 44.
- [17] Evers AD. Production and measurement of starch damage in flour [J]. Starch, 1988, 40: 309-311.
- [18] 张劲松, 高学云, 张立德, 等. 纳米红色元素硒的护肝、抑瘤和免疫调节作用[J]. 营养学报, 2001, 23 (1): 32-35.
- [19] 高学云, 张劲松, 张立德. 纳米红色元素硒的急性毒性和生物利用性[J]. 卫生研究, 2000, 29 (1): 57-58.
- [20] 高学云, 张劲松, 张立德. 纳米红色元素硒对C57小鼠Lewis肺癌移植瘤形成与转移的影响[J]. 中国公共卫生, 2000, 16(2): 109-110.
- [21] 高学云, 张劲松, 张立德. 纳米红色元素硒抑制肿瘤和提高免疫功能的作用[J]. 中国公共卫生, 2003, 19(3): 309-310.
- [22] 于霞飞, 高学云. 纳米超微粉在保健食品中的应用[J]. 纳米技术产业, 2000, (6): 35.
- [23] 赵秋艳, 李沛生. 新型铁营养强化剂—超微细元素铁粉[J]. 食品与发酵工业, 2001, 27(6): 67-69.
- [24] 赵成萍, 田野. 纳米级维生素的研究[J]. 饲料工业, 2006, 27(6): 62-64.
- [25] 白春礼. 纳米科技发展趋势分析(二)[J]. 纳米科技, 2005, 2(6): 2-6.



#### 信息

## 质轻防碎新款 PET 葡萄酒瓶在澳大利亚问世

澳大利亚著名酿酒公司 Wolf Blass Wines 上周推出了一款名为 Bilyara Reserve 的高档葡萄酒。尤为值得关注的是，这款葡萄酒采用了一种质轻、防碎而且环保的 750ml PET 瓶，这是全球第一款全规格 PET 酒瓶。

Wolf Blass 此次采用的这款 PET 瓶保留了传统玻璃瓶的功能和外形美感，容量上也与标准的 750ml 葡萄酒瓶相同。这款 PET 瓶的优势是不易碎，另外长度上比传统酒瓶要矮 33%，更容易存放在冰箱和柜子中。

Wolf Blass Wines 加拿大公司总裁 Scott Oliver 说，“新的包装给我们的消费者提供了更多的选择来品尝我们的葡萄酒。这款 Bilyara Reserve 酒提供了更大的便利性和具有重要意义的环保利益。”

Wolf Blass 对 PET 酒瓶的研制被认为是对加拿大安省酒管局 (LCBO) 之前提出的环保战略所做出的响应。在这项战略中，酒管局督促酒类供应商采用新的包装方法来降低污染。

据介绍，这款新型 750ml PET 瓶完全可以回收循环使用，空瓶只有 54g 重，比传统玻璃瓶轻 85%。PET 瓶在回收后通常应用在食品接触性包装方面，形成了封闭性再循环利用。此外，PET 在商业和工业方面的应用比较广泛，因此也提高了 PET 回收的需求。由于 PET 酒瓶质量减轻了很多，采用 PET 瓶的酒类产品在运输方面具有很大优势，每次装载的量可以大幅度提高。从另一方面说，运输相同量的酒所消耗的燃料也相对减少了，这也是节能和环保的另外一个表现。