

日本农业和食品加工领域纳米技术的应用研究

钟致东

(黑龙江省科技厅, 哈尔滨 150001)

摘要: 日本政府从20世纪80年代初开始实施纳米技术基础研究的相关计划, 90年代初开始推进应用开发, 新世纪初制定了“纳米领域推进战略”, 明确要求国家对纳米技术的实用化和产业化研发重点配置资源。随着生命科学领域纳米技术基础研究的不断深入, 政府开始重视纳米技术在农业领域的开发应用, 通过科技立项逐步推进相关研究和开发, 重点是以生物功能的创新利用为目的, 通过纳米技术与生物技术等交叉融合, 进行纳米级的生物结构探明、功能解析、新功能生物材料研制和低成本高效率的产业化应用技术开发。本文概要介绍了目前及近期日本政府主导的农业领域纳米技术应用研究的计划、内容、预期目标、进展和成果等。

关键词: 农业和食品加工领域; 纳米技术; 应用研究

日本关于纳米技术的研究开发起步较早。随着生命科学领域纳米技术基础研究的不断深入, 日本政府开始重视纳米技术在农业领域开发应用, 主要研发内容是以生物功能的创新利用为目的, 通过纳米技术与生物技术等交叉融合, 进行纳米级的生物结构探明、功能解析、新功能生物材料研制以及低成本高效率的产业化应用技术开发。

一、制定并实施政府主导的应用研究项目计划

日本政府从2001年开始推进农业领域纳米技术的应用研究。2004年, 政府为整合政府各相关部门力量和减少不必要的重复研究开发, 综合科学技术会议制定并实施“科学技术连携施策群”计划, 将与农业领域应用相关的“纳米生物技术”列入计划重点推进, 文部科学省、农林水产省等5省府协作实施。2006年投入预算1.29亿日元实施“食品原料的纳米级加工及其评价技术研究开发”课题, 2007年以该课题为基础实施新一轮的“食品加工领域纳米技术应用研究”项目计划。该项目计划为期5年, 设立“食品原料纳米级加工基础技术开发及对生物影响的评估”和“食品原料纳

米级评估技术开发与新功能解析”两大研究课题, 在实施纳米级食品粒子应用开发的同时, 也开展纳米级食品原料安全性的评估分析, 第一年度预算为2.04亿日元。

二、以生物功能创新利用为目的的纳米技术和材料技术开发

(一) 研究内容与预期目标

1. 有效利用纳米级结构控制技术的研究成果。

研究开发可用于食品功能性成分体内输送系统的均一粒径纳米粒子, 研究开发具有新功能的生物材料; 开发出具备纳米级微小空间结构、适于培养各种细胞的细胞培养基, 确立单一粒径纳米粒子的制造技术, 确立不同方式的细胞长期稳定培养技术。

2. 进行新功能生物材料的研究开发。

开发出具有导电功能等并适于农业及其他领域应用的新功能纳米生物材料。

3. 利用微细加工技术进行开发。

利用微细加工技术开发超高感度检测有害微生物的生物传感器, 开发出能将水分子团的生化反应有效应用于食品加工工业的相关技术, 开发出

高感度并能人为改变活体功能的生物传感器，确立水分子团的动态评估技术，确立特殊功能水的生产应用技术。

4. 运用微细加工技术和生物功能构建微型生物反应器进行开发。

运用微细加工技术和生物功能构建微型生物反应器，以开发出极微量功能物质高效生产和提高细胞育种效率的技术，及能迅速并简便地检测食品及环境中有害物质的下一代试剂盒。

5. “DDS技术”的农业领域应用。

所谓DDS技术，就是将微量药剂高效、有选择地输送到特定部位并能发挥作用的药物输送系统技术。

研究开发适于农业领域应用的DDS技术的目的是减少猪、牛等家畜和其他动物的药品使用量，确保畜产品的安全 and 质量。研究内容是利用纳米技术开发能将微量的抗生素、生理活性物质和疫苗等高效率有选择地输送到特定部位并发挥作用的的相关技术。

(二) 课题设置

以纳米级生物材料的新功能解析、有效利用和开发新功能生物材料为重点，设立以下5大研究课题：

1. 纳米级生物结构细胞培养基的开发。
2. 均一粒径纳米粒子的生产应用技术与药物输送系统的开发。
3. 通过控制分子配向开发新功能的生物材料。
4. 纳米级生物活体分子的结构解析及操作技术开发。
5. 水分子团的动态评估与应用。

(三) 进展与成果

“以生物功能创新利用为目的的纳米技术和材料技术开发”项目，经5年实施于2006年结束，取得了相当成果，共发表638篇论文，取得97个专利。

1. 纳米级生物结构培养基开发。
 - (1) 探明髓间质细胞主要在孔内增殖，纤维芽细胞主要在孔外增殖。
 - (2) 增殖差包括各自细胞的积极移动。
 - (3) 细胞内局部存在与孔的形状相对应的骨骼蛋白。
 - (4) 用适当的图案可以发现纤维芽细胞呈排

列状。

- (5) 孔的环境因素可以影响骨化和基因导入的效率。
- (6) 在微细加工基板上成功制成蜂窝状膜。
- (7) 在蜂窝状膜上培养细胞成功。
- (8) 用微细加工基板成功形成凝胶。
- (9) 用微细加工基板成功控制了藻酸钙粒子链的长度。

2. 均一粒径纳米粒子制造和DDS技术开发。

(1) 通过MC乳化和液态去水干燥等开发出纳米级脂肪粒子的制造方法，在不使用界面活化剂条件下，用二氧化硅成功制作出单相分散的乳状液，开发出用亚临界水制作纳米粒子的方法，发现通过自我结构重组可形成10纳米~110纳米的脂肪粒子并查明了粒子结构，确立了以MC乳化为基础的单相分散高分子超微容器的制作方法。

(2) 与微米级粒子相比，纳米级粒子结晶温度和熔点降低，结晶的分子团明显不稳定，溶解量大于容积。不同尺寸粒子所显示的特性明显影响脂质的氧化稳定性。

(3) 对抑制肠道吸收过敏原的活性成分进行了分析测定，通过将其纳米级微粒化，使该活性成分显示出能预防过敏的效果。

(4) 成功制造出小于100纳米的粒子，获得粒子尺寸不同导致肠道产生吸收差异等对药物输送系统开发非常有用的若干基础知识。

3. 新功能生物材料开发。

(1) 用细菌纤维素膜片（通过醋酸菌培养获得）开发出在其表面能制作纳米轨道的高强度疏水平滑板，探明醋酸菌可以在高分子轨道上沿一定方向边分泌纤维素边位移。开发出在纳米水平利用醋酸菌生产纤维素纤维的技术，通过动物试验证明该纤维素纤维具有生物活体适应性，可能成为新功能的生物材料。

- (2) 用纤维素制成蜂窝状膜。
- (3) 用管状凝胶制成可配向的高强度纤维管。
- (4) 探明海绵状丝蛋白的形成过程和结构。
- (5) 如果在高分子轨道表面堆积无机的铝硅酸盐纳米管，则纳米管可沿着轨道产生配向，结构沿这一方向延伸。

4. 生物活体分子的纳米级结构解析及操作技

术开发。

(1) 探明枯草菌外激素及其受体基因的结构。

(2) 制成用于发现和解析病原性O157大肠杆菌基因的DNA芯片。

(3) 完成对O157大肠杆菌基因结构的测定, 开发出O157菌株的识别系统。

(4) 制成MOS场效应晶体管、微孔阵列电极和微室阵列, 形成脂质膜, 使电化学测定成为可能。

(5) 确立了纳米级精度的射出成型技术。

(6) 在神经细胞的纳米计测装置开发上, 已完成纳米孔阵列、微管道、微电子管和纳米电极的制作和实验验证。

5. 水分子团的动态评估与利用。

(1) 发现了在强碱电解水中层状硅质岩易结晶、合成速度也加快的现象, 合成了层间有五碳环的新的层状硅酸盐, 合成了具有八碳环结构的新沸石。

(2) 用本项目开发的传感器和过热蒸汽发生装置测定过热蒸汽的光谱取得成功, 能在温度和气压变化条件下测定光谱变化并缩小了测定偏差。

(3) 在解析水的氢键状态基础上确立了解析振动吸收光谱的重要方法, 探明水的氢键数量在有机质溶解时的变化及分布, 获得对于解析微小空间内水的氢键状态非常有用的发现。

(4) 初步确定了恒定地确保150(半衰期: 2分) 标识水的技术, 植物体内吸水动态的成像将成为可能。由于掌握了定量解析的方法, 利用中子线进行植物体内水分布的立体化显现也将成为可能。

三、食品原料的纳米级加工及其评价技术开发研究开发

将纳米技术应用于新功能食品原料加工, 虽然有利于开辟食品新产业, 但人类对于食品原料的新功能尚有许多未知领域。对纳米级食品原料的新功能进行解析, 对纳米级食品原料的加工适应性和安全性进行科学验证, 研究探讨纳米技术在食品领域应用的可行性非常必要。

(一) 预期目标

1. 开发出食品原料的纳米级粉碎和分离技术, 实现食品原料的纳米级超微粒子加工。

2. 开发出用于解析100微米到10纳米级粒子食品原料功能的、通用性好的纳米级计测评估技术。

3. 探明纳米级食品原料物性(包括粘性、弹性、流动性等)的明显变化, 验证纳米级食品原料及生产技术的安全性和有效性。

4. 探明由纳米级结构和物性改变产生的新功能, 确定分析评估安全性和加工适应性的参数。

(二) 研究内容

1. 研究开发纳米级食品原料的加工技术。

固态原料以开发淀粉类的超微粉碎技术为重点, 初期目标为开发100微米到500纳米的粒子, 最终目标为粉碎出100纳米的粒子, 对蛋白类和纤维类原料也开展同样的研究。

液态原料以乳液用均一粒子的制造技术开发为主, 初期目标为开发粒径数微米到100纳米的粒子(变动系数在20%以下), 最终目标为开发10纳米的粒子。并制作含有特定营养成分、通过控制纳米级界面和结构实现稳定状态的乳液颗粒。

气态原料也以均一粒子的制造技术开发为主, 但初期目标为开发几十微米到数百纳米的均一粒子(变动系数在20%以下), 最终目标为开发100纳米的粒子。根据对新产品用途的预测, 对含有特定气体的粒子进行液化制作研究。

2. 研究分析纳米级食品原料的理化特性和加工适应性。

在固态、液态和气态纳米级食品原料的制作阶段, 研究分析其纳米级的熔点、凝聚性、粘性、弹性、口感、风味等理化特性和加工适应性, 研究分析不同食品原料的粒子尺寸与特性之间的关系, 研究分析在纳米领域发现的食物原料新功能。

3. 通过动物试验对纳米级食品在体内的动态进行评估试验。

对于固态纳米食品原料, 进行吸入和肠道吸收等试验, 根据需要进行分布、代谢和排泄等的分析评估。对于液态纳米食品原料, 主要对含有特定成分的乳液的肠道吸收特性进行评估, 根据需要进行其他试验。对于气态纳米食品原料, 考虑到含有纳米级气泡的液体在流通阶段有可能被使用, 因此, 必须通过动物试验分析评估摄取气态纳米食品原料对生物活体产生的影响。

4. 纳米级食品原料质量稳定性的研究分析。

由于微粒化的纳米级食品原料可能增强化学反应特性, 本课题设定纳米级食品原料的凝聚性和氧化程度两个测定项目, 主要是研究分析纳米级食品原料保存过程中的质量稳定性, 观察分析表面附着的有害微生物的举动。通过控制纳米级界面和结构对乳液等液体原料的耐热性和耐氧化性进行研究分析。对于用气体原料制造并含有纳米级气泡的果汁等生鲜食品类, 解析其在流通阶段的质量控制机理, 包括杀菌和抑制代谢的效果, 并验证纳米级气泡存在于生鲜食品上的程度和形态。

5. 应用扫描电子显微镜及其他必要的仪器设备, 开发高清晰度观测含水状态纳米级食品原料表面构造和物性的可视技术, 进行与食品原料新功能解析、纳米级营养成分分布和纳米级水动态相关的观测分析。

(三) 进展与成果

1. 开发出功能性脂质等微米粒子的高效制造技术、成功制造出尺寸小于100纳米的粒子。

2. 成功开发出能在纳米尺寸包装封入食品原料的“胶囊”技术。

健康食品的有效成分容易凝聚、分子变大或难溶于水, 常规制法的有效成分不一定被身体有效吸收。为了促进被身体吸收, 即要抑制有效成分在胃里的分解、又要将其尺寸变小到500纳米以下便于肠道吸收, 利用该项技术解决了这两个问题。通

过动物试验, 与原产品相比, 食品的有效成分减少到1/6时仍对人体健康产生同样的效果。■

参考文献:

- [1] 《研究课题中间评价书》2-(1) “以生物功能创新利用为目的的纳米技术和材料技术”, 农林水产省, 2005.3
http://www.s.affrc.go.jp/docs/hyouka/kk_hyouka/project_hyouka/h16/chukan/project_m.pdf
- [2] 《食品原料的纳米级加工及其评价技术开发》研究开发的目标和计划, 农林水产省提供的资料, 2007.7
- [3] 《第8次纳米技术和材料技术研究开发推进项目组会议资料》, 2004.4
http://www8.cao.go.jp/cstp/proiect/ntpt_on8/material_1-4-1.pdf
- [4] 《以生物功能创新利用为目的的纳米技术和材料技术》(扩充), 2004.5
<http://www.s.affrc.go.jp/docs/hyouka/h16iinkai/h1602/pdf/3-4.pdf>
- [5] 《生物技术》(科技协作计划的活动状况报告), 2006.6
<http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/system/haihu23/siryoy1-7.pdf>
- [6] 《开发出食品原料的纳米尺寸胶囊化技术》, 2005.3.
http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2005/pr20050315_2/pr20050315_2.html
- [7] 《基于研究开发评估指针的事后评估》, 农林水产省, 2007.3
http://www.s.affrc.go.jp/docs/hyouka/project_hyouka/h19/jigo/h19project_jigo2.pdf

Applied Research of Nanotech in the Field of Agriculture and Food Processing in Japan

Zhong Zhidong

(Heilongjiang Provincial Science and Technology Department, Haerbin 150001)

Abstract: Japanese government launched the relevant fundamental research programs to develop nanotech since 1980s, and moved it into application and development since 1990s. At the threshold of this new century, the strategy of nanotech promotion is launched to define state's function of allocating important resources for commercialization and application of nanotech. Along with the development of fundamental research on nanotech, Japanese government has placed importance on application of nanotech in the field of agriculture, and set up various S&T programs to promote R&D which focuses determination of bio-structure, function analysis, development of new functional materials and low-cost application and commercialization through integration of biotech and nanotech. This paper briefs about government-leading programs of nanotech's application on agriculture, and introduces their priorities, objectives, development and outcomes.

Key words: agriculture and food processing; nanotech; applied research