青岛市自然科学奖公示

1. **项目名称：食品级淀粉纳米材料构建的新方法及应用**
2. **推荐单位（专家）及推荐意见**

（适用于单位推荐）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 青岛农业大学 | | | |
| 通讯地址 | 山东省青岛市城阳区长城路700号 | | 邮政编码 | 266109 |
| 联 系 人 | 刁志凯 | | 联系电话 | 13793230707 |
| 电子邮箱 | kjccgk@qau.edu.cn | | 传真 |  |
| 推荐意见(限600字)  我单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认推荐材料真实有效、确认完成人排序无异议、确认相关栏目符合填写要求。  本项目天然生物大分子-淀粉为原料，设计纳米尺度的食品级淀粉材料，深入探究其在食品领域应用中的关键科学问题。实现了纳米颗粒的可控制备及在可食膜、活性物质装载、抑制酶活等方面的应用，并阐明了纳米颗粒的制备原理及在应用方面的作用机理，主要科学发现如下：  1. 构建了绿色安全可控制备食品级天然高分子—淀粉纳米材料的新方法，并揭示了淀粉纳米颗粒的形成机理。  2. 发现淀粉纳米颗粒与基质间相互作用以氢键为主，揭示了淀粉纳米颗粒强化可食膜的机理。  3. 构建了淀粉纳米颗粒装载功能因子运载体系，揭示了淀粉纳米颗粒对功能因子装载和释放的作用机理。  该项目具有原创性，其中酶解结合重结晶技术制备纳米颗粒被国际纳米淀粉领域专家评价为近年来最具创新性的方法。  项目发表相关SCI收录论文60余篇，其中高被引论文8篇，已授权国家发明专利15件。该项目为我国食品纳米技术的发展和淀粉深加工的进步起到了强劲的科技驱动作用。  该推荐成果是否已在疫情防控中得到应用: 否  推荐该项目为青岛市自然科学奖一等奖或二等奖。 | | | | |
| 声明：  我单位严格按照《青岛市科学技术奖励办法》及其实施细则的有关规定和青岛市科学技术奖励委员会办公室对推荐工作的具体要求，对推荐书内容及全部附件材料进行了严格审查，确认该项目符合《青岛市科学技术奖励办法》及其实施细则规定的推荐资格条件，推荐材料全部内容属实，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等有关法律法规及侵犯他人知识产权的情形，如被推荐项目发生争议，将积极配合工作，协助调查处理。  我单位承诺将严格按照青岛市科学技术奖励委员会办公室的有关规定和要求，认真履行作为推荐单位的义务并承担相应的法律责任。  推荐单位(盖章)  年 月 日 | | | | |
| 对参评项目等级要求 | | | | |
| 服从评审结果 | |  | | |
| 一等奖 | |  | | |
| 一等奖或二等奖 | | √ | | |
| **说明：**请在相应栏打“√”进行选择。选择“服从评审结果”表示无论评审结果如何都接受；选择“一等奖”，评审落选项目不再降格参评二、三等奖；选择“一等奖或二等奖”，评审落选项目不再降格参评三等奖。评审公示后不受理对评审结果中有关推荐等级的异议。请认真填写推荐等级**。** | | | | |
| 第一完成人签字： 第一完成单位盖章： | | | | |

1. **项目简介**

本项目属于高性能高分子材料与食品学科交叉融合的前沿科学。

纳米技术作为一种新兴的前沿技术，在新材料、生物和医药等领域得到深入研究和广泛应用，但在食品领域的研究刚刚起步。纳米材料具有尺寸小、比表面积大、反应活性高等性质，能够改善食品品质和营养功能、提高安全性，成为食品学科发展的新领域。目前有关纳米材料的研究主要集中在无机纳米材料，但是无机纳米材料（二氧化钛、二氧化硅等）存在的毒性和环境安全性等问题限制了其在食品领域的应用。利用食品级生物大分子开发有机纳米材料已成为食品领域面临的重大基础前沿科学问题。然而，较多的官能基团、分子结构复杂等增加了食品级生物大分子纳米材料可控制备的难度。因而，开发食品级纳米材料可控制备的新方法是食品纳米化学亟待解决的难题。本项目围绕食品级生物大分子—淀粉纳米材料可控制备的新方法、淀粉纳米材料在可食膜、功能因子装载等方面的应用开展了一系列独具创新性和特色的研究工作，主要取得以下创新成果：

1. 开创了绿色安全可控制备淀粉纳米材料的新策略，并揭示了淀粉纳米颗粒的形成机理。通过酶解脱支结合短直链淀粉重结晶实现了淀粉纳米颗粒可控高效制备，是传统酸水解淀粉纳米颗粒得率的5.67倍，揭示了淀粉纳米颗粒的形成机理。探究了不同淀粉种类、结晶类型和直链淀粉含量对淀粉纳米颗粒粒径、形貌和结晶结构的影响规律，阐明了淀粉纳米颗粒粒径的大小与原淀粉颗粒的粒径呈正相关。

2. 揭示了淀粉纳米颗粒强化可食膜的机理。系统研究了芋头淀粉纳米颗粒对可食膜的机械性能和阻水性等影响规律，证实了淀粉纳米颗粒对可食膜的强化作用，揭示了淀粉纳米颗粒强化可食膜的机理主要是淀粉纳米颗粒与基质间形成的较强氢键作用。

3. 构建了淀粉纳米颗粒装载功能因子的纳米运载体系，揭示了淀粉纳米颗粒对功能因子装载和释放的作用机理。采用过程简单、快速、一步原位纳米沉淀法，构建了装载精油的淀粉纳米颗粒运载体系，提高了精油抑菌作用时间和抗氧化性。精油经淀粉纳米颗粒装载后具有缓释效果，释放时间达12 h以上，揭示了淀粉纳米颗粒对精油释放的作用机理，有效克服了精油挥发性高、作用时间短的弊端。

本项目开展期间，相关研究成果在Journal of Agricultural and Food Chemistry，Food Hydrocolloids，Food Chemistry，Food & Function等国际重要学术期刊上发表SCI收录论文共计60余篇。5篇代表性论文包括1篇中文核心论文（发表在中国粮油学报）和4篇SCI论文（均发表在JCR期刊分区Q1，均为ESI高被引论文）。截止到2020年7月，代表论文被Trends in Food Science & Technology (IF 11.077)， Carbohydrate Polymers (IF 7.182)等国际权威SCI期刊正面引用，其中单篇最高SCI引用96次。成果第一完成人荣获山东省泰山学者荣誉称号，培养的3名该方向研究生获评山东省优秀硕士学位论文；2名研究生获山东省研究生优秀成果奖一等奖。

1. **客观评价**

本项目相关成果在***Journal of Agricultural and Food Chemistry，Food Hydrocolloids，Food Chemistry***等国际重要学术期刊上发表SCI收录论文60余篇。5篇代表性论文均发表在相关领域的Top期刊（JCR期刊分区Q1），其中**ESI高被引论文4篇**，国际Top期刊**总引用285次**，产生了重要的国际国内影响。代表性成果的引用和评价：

**（1）代表作一：Green preparation and characterisation of waxy maize starch nanoparticles through enzymolysis and recrystallisation. *Food Chemistry*, 2014, 162, 223-228.**

**ESI高被引论文，SCI总引用次数：96次**

**客观评价：**该论文中报道的酶解结合回生制备淀粉纳米颗粒的方法，被国际纳米淀粉领域专家Déborah LeCorre教授等在***Reactive & Functional Polymers***（2014, *85*, 97-120）上**高度评价：**“Most recently, Sun et al. proposed a time saving regeneration method which combines enzymolysis and recrystallisation. This is the most innovative approach proposed in the last years. （**孙等发明了一种节约时间、可再生的酶解结合重结晶制备纳米颗粒的方法。这是最近几年来最具创新性的方法**）”。布拉格化学与技术大学碳水化合物与谷物系的Evžen Šárka教授等在***Food Hydrocolloids***（2017, *69*, 402-409）上同样认为这是一种创新性方法，而且，在***Journal of Food Engineering***上还认为是一种具备工业化生产潜力的方法。此外，Jiang Zhou教授等在***International Journal of Biological Macromolecules***（2017, *97*, 481–488）上，认为该方法还是一种环境友好型纳米材料制备方法。2020年Tao Feng教授等在***Nanomaterials***（2020, *9*, 1073）参考代表作一制备纳米颗粒的方法制备了OSA改性淀粉纳米颗粒，并用于装载姜黄素，提高其稳定性和生物利用度。Moo-Yeol Baik教授等在***Food Science and Biotechnology***（2020, *29*, 585-589）提出“Enzymatic hydrolysis and crystallization was first attempted by Sun et al. (2014b), and SNPs of 20–100 nm were obtained from low molecular weight polymers produced by pullulanase hydrolysis（**孙等首次**提出了酶解结合重结晶制备淀粉纳米颗粒的方法，淀粉纳米颗粒（20–100 nm）是由普鲁兰酶水解得到的低分子量聚合物）”。

**（2）代表作二:** **Characterisation of corn starch-based films reinforced with taro starch nanoparticles. *Food Chemistry*, 2015, 174, 82-88.**

**ESI高被引论文，SCI总引用次数：67次**

**客观评价：**新西兰奥克兰大学化学科学学院的Fan Zhu教授在***Food Hydrocolloids*** （2016, *52*, 378-392），日本东洋大学跨学科新科学研究科生物纳米电子研究中心的D. Sakthi Kumar教授等在***Materials***（2017, *10*, 929）上，引证了纳米颗粒能增强玉米淀粉基薄膜的机械性能和温度稳定性。南非德班理工大学生物技术与食品技术系的Eric O. Amonsou教授等在***Carbohydrate Polymers***（2017, *165*, 142–148）上，引证了本论文的内容“The interfacial bonding on the reinforcement matrix causes the effective transfer of stress through a shear mechanism from the matrix to the nanocrystals that can effectively carry the load and enhance the composite’s strength.（增强基体上的界面粘附性能引起通过剪切机制将压力从基质到纳米晶体进行有效转移，这能有效地承载载荷并增强复合材料的强度）”。墨西哥的J. Vazquez-Arenas教授等在***Solid State Ionics***（2019, *332*, 1–9）上认为本文章中使用淀粉纳米颗粒是一种增强淀粉基薄膜机械性能的有效方法。

**（3）代表作三:** **Characterization of starch nanoparticles prepared by nanoprecipitation: Influence of amylose content and starch type. *Industrial Crops & Products*, 2016, 87, 182-190.**

**ESI高被引论文，SCI总引用次数：73次**

**客观评价：**美国普渡大学食品科学系的Jozef Kokini教授等在***Journal of Cereal Science*** （2017, *76*, 122-130）上引用了本论文的方法和观点，并用较大篇幅进行了介绍和对比，同时采用乙醇、甲醇和丙酮沉淀制备淀粉纳米颗粒，对代表作三的实验方法进行了适当的补充；Marie Wahlgren教授等（***Carbohydrate Polymers***, 2017, *157*, 558–566）在本论文的基础上，研究了纳米沉淀法制备的淀粉纳米颗粒在Pickering乳液中的应用；此外，瑞典隆德大学工程学院的Catalina Fuentes教授等在***Carbohydrate Polymers***（2019, *206*, 21–28）也对本论文中的纳米沉淀法进行了正面引用。

**（4）代表作四: Preparation and characterization of essential oil-loaded starch nanoparticles formed by short glucan chains. *Food Chemistry*, 2017, 221, 426-1433.**

**ESI高被引论文，SCI总引用次数：34次**

**客观评价：**Leonardo Fernandes Fraceto教授等在***Journal of Agricultural and Food Chemistry***（2018, *66*, 8898−8913）上总结了制备微米/纳米级别生物农药制剂的天然基质，详细引证了本论文的结论“Nanoparticles produced using higher temperature showed improved sustained release; both free and nanoencapsulated menthone showed antibacterial action against E. coli and S. aureus; however, the nanoencapsulation of menthone resulted in sustained antibacterial activity during the test period.（使用更高的温度提高了纳米颗粒的产率、包封效率和负载能力；同时，高温制备的纳米颗粒都表现出更缓慢而持续释放薄荷酮的能力；而且显示出持续的对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抗菌作用）”。

**（5）代表作五:** **生物酶法制备蜡质玉米淀粉纳米晶及其表征**

**被引次数：12次**

**客观评价：湖南农业大学肖茜博士**对本论文进行了正面引用：姬娜等利用糖化酶部分酶 解蜡质玉米淀粉，并对其进超声波处理，离心后经真空冷冻干燥得到淀粉纳米晶。酶法制备淀粉纳米晶粒不仅提高了结晶度、得率，也解决了酸水解过程中产生的不可避免的化学污染，具有更快速、简便的操作。

1. **代表性论文专著目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 论文专著名称 | 刊名（出版社） | 作者（按刊物发表顺序） | 年卷页码  （xx年xx卷  xx页） | 发表时间  （年月 日） | 通讯作者  （含共同） | 第一作者  （含共同） | 国内作者 | 他引  总次数 | 检索数据库 | 论文署名单位是否包括国外单位 |
| 1 | Green preparation and characterisation of waxy maize starch nanoparticles through enzymolysis and recrystallisation | Food Chemistry（食品化学，**ESI高被引论文, JCR-Q1，*IF: 6.306***） | 孙庆杰\*、李广华、代蕾、姬娜、熊柳 | 2014年162卷223-228页 | 2014.11. 01 | 孙庆杰 | 孙庆杰 | 孙庆杰\*、李广华、代蕾、姬娜、熊柳 | 61 | Web of Science | 否 |
| 2 | Characterisation of corn starch-based films reinforced with taro starch nanoparticles | Food Chemistry（食品化学，**ESI高被引论文, JCR-Q1, *IF: 6.306***） | 代蕾、邱超、熊柳、孙庆杰\* | 2015年174卷82-88页 | 2015.05．01 | 孙庆杰 | 代蕾 | 代蕾、邱超、熊柳、孙庆杰\* | 58 | Web of Science | 否 |
| 3 | Characterization of starch nanoparticles prepared by nanoprecipitation: Influence of amylose content and starch type | Industrial Crops and Products（工业原料作物与制品，**ESI高被引论文, JCR-Q1, *IF: 4.244***） | 秦洋、刘成珍、姜岁岁、熊柳、孙庆杰\* | 2016年87卷182-190页 | 2016.09．15 | 孙庆杰 | 杨洁 | 秦洋、刘成珍、姜岁岁、熊柳、孙庆杰\* | 62 | Web of Science | 否 |
| 4 | Preparation and characterization of essential oil-loaded starch nanoparticles formed by short glucan chains | Food Chemistry（食品化学，**ESI高被引论文, JCR-Q1, *IF: 6.306***） | 邱超、常然然、杨洁、葛胜菊、熊柳、赵梅、李曼、孙庆杰\* | 2017年221卷1426-1433页 | 2017.04.15 | 孙庆杰 | 邱超 | 邱超、常然然、杨洁、葛胜菊、熊柳、赵梅、李曼、孙庆杰\* | 30 | Web of Science | 否 |
| 5 | 生物酶法制备蜡质玉米淀粉纳米晶及其表征 | 中国粮油学报 | 姬娜、李广华、马志超、熊柳、 孙庆杰\* | 2014 年29 卷50 | 2014.08.25 | 孙庆杰 | 姬娜 | 姬娜、李广华、马志超、熊柳、 孙庆杰\* | 12 | 中国知网 | 否 |
| 合计 | | | | | | | | |  |  |  |

1. **主要完成人情况**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 孙庆杰 | 对本项目  主要科学  发现的贡  献 | 本项目的主要负责人，对项目的3个重要科学发现均做出了突出贡献。对重要科学发现1的突出贡献是首次构建了酶解结合重结晶技术等3项纳米颗粒制备的关键技术，优化了纳米颗粒制备技术并揭示了相应机理。对重要科学发现2的突出贡献是构思了纳米颗粒增强淀粉膜，显著提高膜的机械性能。对重要科学发现3的突出贡献是构思了淀粉纳米颗粒用于装载活性物质的体系，并揭示了纳米颗粒对活性物质的作用机理。是5篇代表性论文的通讯作者。 |
| 排 名 | 1 |
| 技术职称 | 教授 |
| 行政职务 | 院长 |
| 工作单位 | 青岛农业大学 |
| 完成单位 | 青岛农业大学 |
| 曾获国家、省科技奖励情况 | | 2005年获国家科技进步二等奖“稻米及其副产品高效增值深加工技术”列第9位（2005-J-211-2-03-R09）；2013年获山东省科技进步二等奖“低 POV 花生制品、活性花生蛋白、花生功能成分关键技术创新”列第1位（JB2013-2-1-R01）；2016年获山东省科技进步二等奖“食品专用变性淀粉与专用糖浆绿色制备关键技术创新与应用”列第1位（JB2016-2-26-R01） | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 代蕾 | 对本项目  主要科学  发现的贡  献 | 主要负责制备纳米颗粒强化可食膜及相关强化机理研究，对重要科学发现2有创造性贡献。对重要科学发现2的贡献是首次采用绿色、高效和低成本的酶解回生法制备了芋头淀粉纳米颗粒，解决了传统制取淀粉纳米颗粒的得率较低、污染环境和对反应设备要求较高等缺陷；首次将芋头淀粉纳米颗粒作为增强剂添加到流延法制备的甘油增塑的淀粉复合材料中，有效提高了玉米淀粉膜力学性能、不透气性及热稳定性等，有助于提高芋头淀粉的附加值，为可食性食品包装膜的制备提供理论依据。为代表性论文2的第一作者，代表性论文1的第三作者。 |
| 排 名 | 2 |
| 技术职称 | 教授 |
| 行政职务 | 无 |
| 工作单位 | 青岛农业大学 |
| 完成单位 | 青岛农业大学 |
| 曾获国家、省科技奖励情况 | | 2013年获山东省科技进步二等奖“低 POV 花生制品、活性花生蛋白、花生功能成分关键技术创新”列第7位（JB2013-2-1-R07）。 | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 姬娜 | 对本项目  主要科学  发现的贡  献 | 主要负责利用糖化酶酶解结合超声制备蜡质玉米淀粉纳米颗粒，对重要科学发现1有创造性贡献。对重要科学发现1的贡献是研究发现了糖化酶酶解蜡质玉米淀粉颗粒的无定形区，并结合超声处理，能够制备结晶类型为A型，结晶度高达75.86%的淀粉纳米晶，得率达27.53%，高于常规硫酸法水解淀粉制备淀粉纳米晶的产率。为代表性论文5的第一作者，代表性论文1的第四作者。 |
| 排 名 | 3 |
| 技术职称 | 教授 |
| 行政职务 | 无 |
| 工作单位 | 青岛农业大学 |
| 完成单位 | 青岛农业大学 |
| 曾获国家、省科技奖励情况 | | 无 | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 熊柳 | 对本项目  主要科学  发现的贡  献 | 对本项目重要科学发现的贡献：主要负责淀粉纳米颗粒对酶活性的影响规律及抑制机理研究，对重要科学发现1有创造性贡献。对重要科学发现1的贡献是探究了不同种类淀粉、不同淀粉结晶类型和直链淀粉含量对淀粉纳米颗粒粒径、形貌和结晶结构的影响规律，发现纳米颗粒的形状为球形或椭圆形，颗粒粒径为20-75 nm，淀粉纳米颗粒结晶类型均为V型，且粒径的大小与原淀粉颗粒的粒径呈正相关，与原淀粉的晶型无关。为代表性论文1的第五作者，代表性论文2的第三作者，代表性论文3的第四作者，代表性论文4的第五作者，代表性论文5的第四作者。 |
| 排 名 | 4 |
| 技术职称 | 高级工程师 |
| 行政职务 | 无 |
| 工作单位 | 青岛农业大学 |
| 完成单位 | 青岛农业大学 |
| 曾获国家、省科技奖励情况 | | 2013年“低 POV 花生制品、活性花生蛋白、花生功能成分关键技术创新”项目获山东省科技进步二等奖，列第3位；  2016年“食品专用变性淀粉与专用糖浆绿色制备关键技术创新与应用”项目获山东省科技进步二等奖，列第4位。 | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 李曼 | 对本项目  主要科学  发现的贡  献 | 主要负责构建淀粉纳米颗粒装载精油的纳米运载体系，对重要科学发现3有创造性贡献。对重要科学发现3的贡献是突破了原位纳米沉淀法包埋精油的纳米胶囊关键技术，成功装载了5种精油（薄荷酮、牛至精油、肉桂精油、薰衣草精油和柠檬醛），显著增强了易挥发精油的稳定性，实现了精油的持续释放。以淀粉纳米颗粒装载薄荷酮研究了对2种致病菌的抑制效果，大幅度增加了薄荷酮的抑菌时长，有效克服了精油挥发性高、作用时间短的弊端。为代表性论文4 的第七作者。 |
| 排 名 | 5 |
| 技术职称 | 副教授 |
| 行政职务 | 无 |
| 工作单位 | 青岛农业大学 |
| 完成单位 | 青岛农业大学 |
| 曾获国家、省科技奖励情况 | | 2013年获中国粮油学会科学技术奖一等奖“延长生鲜面制品货架期关键技术研究及应用”项目列第3位（证书编号：ly-cg-2013-105）；  2014年获全国商业进步一等奖“生鲜面和半干面品质调控和保鲜关键  技术研究及产业化示范”项目列第4位（证书编号：2013-1-22-R04） | |

1. **完成人合作关系说明**

项目第一完成人孙庆杰与项目第二完成人代蕾、第三完成人姬娜、第四完成人熊柳、第五完成人李曼均为青岛农业大学教师，泰山学者研究团队的核心成员，已进行了长期的合作。项目组第一完成人孙庆杰（**通讯作者**）、第二完成人代蕾、第三完成人姬娜与第四完成人熊柳共同发表了代表性论文1“Green preparation and characterisation of waxy maize starch nanoparticles through enzymolysis and recrystallisation”（**Food Chemistry，ESI高被引论文, JCR-Q1，IF: 6.306**）。项目组第一完成人孙庆杰（**通讯作者**）、第二完成人代蕾（**第一作者**）与第四完成人熊柳共同发表了代表性论文2“Characterisation of corn starch-based films reinforced with taro starch nanoparticles”（**Food Chemistry，ESI高被引论文, JCR-Q1, IF: 6.306）。**项目组第一完成人孙庆杰（通讯作者）与第四完成人熊柳共同发表了代表性论文3“Characterization of starch nanoparticles prepared by nanoprecipitation: Influence of amylose content and starch type”（**Industrial Crops and Products，ESI高被引论文, JCR-Q1, IF: 4.244**）。项目组第一完成人孙庆杰（通讯作者）、第四完成人熊柳与第五完成人李曼共同发表了代表性论文4“Preparation and characterization of essential oil-loaded starch nanoparticles formed by short glucan chains”（**Food Chemistry，ESI高被引论文, JCR-Q1, IF: 6.306）。**项目组第一完成人孙庆杰（通讯作者）、第三完成人姬娜（**第一作者**）与第四完成人熊柳共同发表了代表性论文5 “生物酶法制备蜡质玉米淀粉纳米晶及其表征”（**中国粮油学报，2014, 029(008):50-53**）。