

项目公示信息表

一、项目基本情况

奖 种	国家科技进步奖
项目名称	半纤维素酶高效生产及应用关键技术
完成单位	中国农业大学 北京瓜尔润科技股份有限公司 华中农业大学 山东隆科特酶制剂有限公司 山东龙力生物科技股份有限公司
完成人	江正强 杨绍青 闫巧娟 刘燕静 李斌 李延啸 郭庆文 张伟 王兴吉 夏蕊蕊
提名单位	中国轻工业联合会
提名单位意见	<p>半纤维素资源的高效生物转化及利用具有重大的经济、社会和生态效益，是目前国际上研究的热点和难点。该项目围绕半纤维素的生物转化，在半纤维素水解酶的发掘、高效制备、益生元转化及应用等方面开展了长期、系统研究，取得了系列创新性成果。发掘了 11 种具有自主知识产权的新型半纤维素酶，阐明了其酶学特性和催化作用机制；创立了半纤维素酶的高效制备关键技术，突破了半纤维素酶工业化生产的技术障碍；发明了半纤维素高效预处理技术耦合特异性半纤维素酶转化益生元技术，攻克了半纤维素资源高效利用的技术难题。项目成果及相关产品应用于山东龙力生物科技股份有限公司和蒙牛乳业有限公司等 50 多家企业，近三年 15 家代表性企业累计新增销售额 76.6 亿元，新增利润 11.6 亿元。</p> <p>项目发表直接相关 SCI 收录论文 52 篇；获得授权国家发明专利 20 件。相关技术获得中国轻工业联合会科技进步一等奖 1 项和国家专利优秀奖 1 项；项目打破了国际跨国公司在半纤维素酶生产及益生元转化应用领域技术垄断，带动了我国发酵、食品、饲料等产业的发展和技术进步，产生了重大经济、社会效益和生态效益。</p> <p>我单位认真审阅了该项目提名书全文，确认全部材料真实有效。提名该项目为国家科技进步奖二等奖。</p>

二、项目简介

半纤维素作为第二丰富的可再生资源，具有结构复杂性和多样性，其益生元转化是国际上研究的热点和难点。酶制剂作为国家战略性新兴产业之一，是食品工业等快速发展的催化剂。半纤维素酶主要包括木聚糖酶、甘露聚糖酶和葡聚糖酶在半纤维素生物转化过程中发挥着关键性作用。益生元作为肠道微生态调节剂对提高国民健康水平具有重要意义。我国在半纤维素酶及益生元等方面起步较晚，研究基础薄弱，产业发展还存在诸多技术瓶颈，主要表现在：1) 半纤维素酶种类少和转化效率低；2) 发酵产酶水平偏低；3) 半纤维素转化益生元关键技术落后。该项目在国家杰出青年科学基金、863 计划等支持下针对上述问题，经过 10 余年攻关，取得了系列关键技术突破，主要创新点如下：

1、发掘了 11 种具有自主知识产权的新型半纤维素酶，阐明了其酶学特性和催化作用机制，为工业化生产和应用奠定了基础。开发了半纤维素酶高通量定向筛选技术，从 6000 多份样本中选育出 13 株高产半纤维素酶的优良菌株如米黑根毛霉 CAU432 等。克隆表达 20 个半纤维素酶基因，发掘出 11 种具有自主知识产权和优良酶学性质的半纤维素酶（如比酶活力最高的葡聚糖酶），丰富了我国半纤维素酶品种。率先解析了 5 个半纤维素酶的晶体结构，阐明了催化作用机制。

2、解决了高效制备半纤维素酶的难题，突破了半纤维素酶工业化生产的技术瓶颈。采用密码子优化、多尺度优化和代谢流调控等高效表达 7 种性能优秀的半纤维素酶，创立了“三高（高底物转化率、高生产强度和高产量）”新型高密度发酵技术，发酵产酶水平达到国际上同类酶的最高水平。耐高温木聚糖酶的产酶水平（80360 U/mL）比野生型提高 10.5 倍、甘露聚糖酶（85200 U/mL）和葡聚糖酶（55300 U/mL）的产酶水平分别为国际上同类酶最高报道的 3.5 和 3.6 倍。

3、发明了半纤维素高效预处理技术耦合半纤维素酶转化益生元产业化关键技术，攻克了半纤维素资源高效利用的技术难题。针对我国益生元产业化技术落后的问题，根据不同半纤维素结构创立了高效预处理方法耦合特异性半纤维素酶生产益生元技术。利用高温蒸汽爆破玉米芯耦合耐高温木聚糖酶水解，显著提高低聚木糖的生产效率（30%）和品质（木二糖和三糖达 70%）；开发醇促降解等预处理协同特异性甘露聚糖酶生产高品质魔芋甘露寡糖技术（产品中聚合度小于 7 的甘露寡糖达 80%，同类产品仅 50%左右）；创新性集成连续逆流提取同步酶解工艺制备瓜尔胶可溶性膳食纤维，在国内率先实现了瓜尔胶系列益生元的工业化生产。

该项目经中轻联组织专家鉴定：项目整体技术达到国际领先水平。发表论文 75 篇（其中 SCI 收录 52 篇）；申报国家发明专利 30 项，其中授权 20 项；授权实用新型专利 4 项；制定国家和行业标准 2 项以及产品企业标准 6 项。成果转化和产品应用至山东龙力生物科技股份有限公司和蒙牛乳业有限公司等 50 多家企业。目前，半纤维素酶国内市场占有率从 5%提升至 30%以上；低聚木糖市场占有率达 85%以上。近三年 15 家企业累计新增销售额约 76.6 亿元，新增利润约 11.6 亿元。获得中国轻工联合会科技进步一等奖 1 项和国家专利优秀奖 1 项，推动了我国酶制剂和益生元制品行业发展和技术进步。

三、客观评价

1. 科技奖励和成果

(1) “ β -甘露聚糖酶的高效制备和甘露聚糖的酶法转化关键技术”获得 2017 年度中国轻工业联合会科技进步奖一等奖。

(2) 发表论文 75 篇，其中 SCI 收录论文 52 篇；

(3) 申请国家发明专利 30 项，已获授权 20 项，其中授权发明专利“ β -甘露聚糖酶及其制备方法 (ZL201110089684.3)”获得 2017 年度国家专利优秀奖。

2. 成果鉴定结论

(1) 中国农业大学与北京瓜尔润科技股份有限公司联合完成的“ β -甘露聚糖酶的高效制备和甘露聚糖的酶法转化关键技术”项目于 2017 年通过中国轻工业联合会组织的项目技术鉴定 (中轻联科鉴字[2017]第 22 号)。鉴定委员会认为：“...项目成果已经实现产业化，取得了显著的经济和社会效益，项目整体技术达到国际领先水平，一致同意通过鉴定”。

(2) 华中农业大学等主要参与完成的“魔芋粉去杂提质新技术”项目于 2013 年通过了湖北省科技厅组织的项目技术鉴定 (鄂科鉴字[2013]第 04180146 号)。鉴定委员会认为：“...项目对现有魔芋加工企业工艺技术装备进行了升级创新，显著提高了产品品质，技术经济效益显著，成果达到国际先进水平...”。

3. 科技查新报告结论

委托教育部科技查新工作站 (N01) 对项目的 3 个主要科技创新点进行了科技查新。查新结论表明项目的主要科学发现点具有很强的创新性。

4. 国内外同行评价意见

(1) 印度 Kapoor 教授在其最新发表的一篇关于 β -甘露聚糖酶的综述文章中评价到本项目获得的毛壳霉 β -甘露聚糖酶发酵水平为目前已报道的最高值 (Biotechnology Advances, 2017, 35:1-19)。

(2) 德国 Hreggvidsson 教授认为我们关于葡萄糖基转移酶的研究工作揭示了这类酶的催化作用机制，即从线性葡聚糖底物的还原端释放出昆布二糖，继续把剩下的葡聚糖转移到另外一个葡聚糖受体上 (Glycobiology, 2016, 26, 11:1157-1170)。

(3) 台湾大学动 Guo 教授认为“嗜热拟青霉 β -1,3-1,4-葡聚糖酶 (PtLic16A) 的最适温度为 70°C，具有很好的温度稳定性，这一特性使其在工业应用中具有非常大的优势”，基于我们公布的 PtLic16A 编码基因序列，Guo 教授课题组还合成了该酶因并在毕赤酵母中进行了表达，解析了该酶的晶体结构，最后参考了我们报道的 PtLic16A 的酶学特性，有针对性进行了酶的突变研究，提升了酶的特性

(Biochimica et Biophysica Acta, 2014, 1844:366-373)。(附件 B3-6)

5. 第三方行业、协会评价

(1) 中国生物发酵产业协会的评价：“...在关键技术和理论研究方面取得突破，项目整体研究水平处于国际领先水平，且实现了 β -1,3-1,4-葡聚糖酶的大规模工业化生产。相关成果不仅促进了我国葡聚糖酶领域的理论创新，而且还促进了我国发酵产业和酶制剂行业的发展...”。

(2) 中国农业工程学会农产品加工与贮藏分会认为：“...基于葡聚糖酶领域基础理论研究存在的不足开展了系统研究工作，在基础研究方面取得了重要突破，项目整体研究成果处于国际领先水平。研究成果不仅具有重要的理论创新性，而且还有助于我国酶制剂和食品行业的发展...”。

(3) 中国食品工业协会面包糕饼专业委员会通过推广和调研发现项目开发的木聚糖酶和益生元产品市场应用反应良好，认为“...两类产品的大规模使用不仅满足了不同消费群体对烘焙食品的多元化需求，促进了烘焙行业的技术进步，而且还产生了重大的经济效益...”。

6. 国家/行业标准

项目组成员参与了 2 项国家或行业标准的制定。包括《食品添加剂半乳甘露聚糖食品安全国家标准》(已通过食品安全国家标准审核委员会审核，近期将发布)和《 β -葡聚糖酶制剂行业标准》(QB/T4481-2013)。

7. 技术检测报告

(1) 项目委托北京市营养源研究所分析检测本项目瓜尔胶低可溶性膳食纤维，产品中分子量 <200 kDa 组分的含量为 87%，总膳食纤维含量为 83%，其它所检项目符合相关标准要求。

(2) 项目委托北京市营养源研究所分析检测本项目魔芋甘露寡糖产品，产品中甘露二糖至甘露六糖组分的含量 $\geq 88\%$ ，其它所检项目符合相关标准要求。

四、推广应用情况

项目整体技术转化至山东龙力生物科技股份有限公司、西安源森生物技术有限公司和北京瓜尔润科技股份有限公司等生产半纤维素酶和益生元。半纤维素酶生产技术转化至山东隆科特酶制剂有限公司等，项目产品推广至国内乳品、饮料、功能食品及饲料等不同领域 50 余家企业应用。三年来 15 家主要企业累计新增销售额约 76.6 亿元（见表 1）。

表 1 主要应用单位情况表

应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话	应用情况(近三年累计新增销售额)
山东龙力生物科技股份有限公司	整体技术	2012-2017	肖林 /13583442792	111744 万元
西安源森生物技术有限公司	整体技术	2014-2017	金祥 /18688437599	28763 万元
北京瓜尔润科技股份有限公司	整体技术	2013-2017	刘燕静 /13601269997	21935.6 万元
山东隆科特酶制剂有限公司	半纤维素酶发酵	2014-2017	刘顺启 /13953906936	47232 万元
湖北花果山实业有限公司	益生元生产	2015-2017	赵西选 /18671873456	17490 万元
河南中鹤现代农业开发集团有限公司	半纤维素酶应用	2014-2017	王安东 /13768122866	70060 万元
山东福洋生物淀粉有限公司	半纤维素酶应用	2015-2017	刘飞 /18953478599	51555 万元
山东世纪传奇啤酒有限公司	半纤维素酶应用	2015-2017	刘克军 /18953363738	89390 万元
蒙牛乳业有限公司	益生元应用	2014-2017	温永平 /13347159699	160717 万元
山东统元食品有限公司	益生元应用	2013-2017	马俊杰 /13639481337	12372 万元
盐城顶益食品有限公司	益生元应用	2015-2017	陈义权 /13905115292	48543 万元
河北怡达食品集团有限公司	益生元应用	2014-2017	李志民 /18631438781	15893 万元
湖北强森魔芋科技有限公司	益生元应用	2015-2017	周立强 /13707104187	28639 万元
哈尔滨美华生物技术股份有限公司	益生元应用	2015-2017	侯莹 /15765542768	20583 万元
北京农大铁骑力士牧业科技有限公司涿州基地	半纤维素酶及益生元应用	2014-2017	郭文广 /13890125585	41506 万元

五、主要知识产权证明目录（不超过 10 件）

知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
发明专利	木聚糖酶的表达方法及其专用 DNA 片段	中国	ZL201110089691.3	2013.08.28	1260252	中国农业大学	江正强；贾会勇；范光森；闫巧娟；严烨	有效
发明专利	β -甘露聚糖酶及其制备方法	中国	ZL201110089684.3	2014.6.11	1416636	中国农业大学	江正强；周鹏；闫巧娟；波丽特；徐海博	有效
发明专利	米黑根毛霉菌株及其在制备 β -葡聚糖酶和凝乳酶中的应用	中国	ZL201110312302.9	2015.04.22	1645400	中国农业大学	江正强；唐艳斌；崔健；闫巧娟；杨绍青	有效
发明专利	获得定向突变基因的方法和基于其发现的酸性 β -1,3-1,4-葡聚糖酶	中国	ZL201110310945.X	2014.07.09	1439188	中国农业大学	江正强；贾会勇；闫巧娟；李一男；陈洲	有效
发明专利	一种制备 β -葡聚糖酶的方法及其专用菌株	中国	ZL201010197404.6	2012.11.14	1091330	中国农业大学	江正强；杜雪丹；闫巧娟；唐艳斌	有效
发明专利	一种具有宽 PH 范围的 β -甘露聚糖酶 BA-Man5A 及其基因和应	中国	ZL201110330274.3	2013.3.20	1153462	山东隆科特酶制剂有限公司	郭庆文；王兴吉；王仲连；李芳芳；孙硕；钱娟娟	有效

	用							
发明专利	β -木糖苷酶及其编码基因与应用	中国	ZL201010033635.3	2012.11.21	1086032	中国农业大学	江正强; 贾会勇; 滕超; 周鹏; 闫巧娟	有效
发明专利	一种 α -半乳糖苷酶及其编码基因和应用	中国	ZL201110311080.9	2014.8.16	1457202	中国农业大学	江正强; 贾会勇; 闫巧娟; 波利特; 宋爽;	有效
发明专利	一株绿青色拟青霉及其应用	中国	ZL201010199383.1	2012.11.21	1084159	中国农业大学	江正强; 郭洋; 闫巧娟; 徐忠义;	有效
发明专利	一种高木糖耐受性的木糖苷酶 Xy143B 及其基因和应用	中国	ZL201310205665.1	2014.12.10	1536356	山东隆科特酶制剂有限公司	王兴吉; 郭庆文; 刘文龙; 张杰	有效

六、主要完成人情况表

姓名	江正强	排名	1	技术职称	教授
工作单位	中国农业大学			行政职务	副院长
完成单位	中国农业大学				
对本项目技术创造性贡献： 项目主持，负责项目总体规划、方案设计、组织实施和产业化推广应用，研究解决了产半纤维素酶高效筛选、高效表达及半纤维素转化益生元等核心技术问题，对项目的全部创新点做出重大贡献。授权国家发明专利 16 项（附件 A1-1、A1-2、A1-3、B2-3），另已申请发明专利 6 项（附件 B2-3）；发表论文 62 篇，其中 SCI 收录期刊 40 篇（附件 B2-1），中文核心期刊 22 篇（附件 B2-2）；主持获中国轻工业联合会科技进步一等奖 1 项（附件 B1-1），主持获国家专利优秀奖 1 项（附件 B1-2）。					
姓名	杨绍青	排名	2	技术职称	副教授
工作单位	中国农业大学			行政职务	
完成单位	中国农业大学				
对本项目技术创造性贡献： 项目主要负责人之一，负责制定项目的总体研究方案和实施计划，重点负责木聚糖酶和葡聚糖酶的相关研究工作，并对项目的全部创新点做出贡献。与江正强等合作授权国家发明专利 2 项（附件 B2-3），另与江正强等合作申请发明专利 2 项（附件 B2-3）；与江正强等合作发表论文 31 篇，其中 SCI 收录期刊 21 篇（附件 B2-1），中文核心期刊 10 篇（附件 B2-2）；共同获中国轻工业联合会科技进步一等奖 1 项（第 3 完成人）（附件 B1-2）。					
姓名	闫巧娟	排名	3	技术职称	教授
工作单位	中国农业大学			行政职务	院长
完成单位	中国农业大学				
对本项目技术创造性贡献： 项目主要负责人之一，负责制定项目的总体研究方案和实施计划，重点负责甘露聚糖酶、葡聚糖酶和半纤维素转化益生元的相关研究工作，对项目的全部创新点做出重要贡献。与江正强等合作授权国家发明专利 14 项（附件 B2-3），另与江正强等合作申请发明专利 6 项（附件 B2-3）；与江正强等合作发表论文 47 篇，其中 SCI 收录期刊 34 篇（附件 B2-1），中文核心期刊 13 篇（附件 B2-2）；共同获中国轻工业联合会科技进步一等奖 1 项（第 2 完成人）（附件 B1-1），共同获国家专利优秀奖 1 项（第 3 发明人）（附件 B1-2）。					

姓名	刘燕静	排名	4	技术职称	教授
工作单位	北京瓜尔润科技股份有限公司			行政职务	
完成单位	北京瓜尔润科技股份有限公司				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目主要参与人之一，主要负责本项目技术成果的转化与推广，推动瓜尔胶酶法改性及可溶性膳食纤维产业化，对项目第三项创新内容做出重要贡献。与江正强等合作申请发明专利 2 项（B2-3），共同获中国轻工业联合会科技进步一等奖 1 项（第 4 完成人）（附件 B1-1）。</p>					
姓名	李斌	排名	5	技术职称	教授
工作单位	华中农业大学			行政职务	院长
完成单位	华中农业大学				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目主要负责人之一，主要负责魔芋前处理及魔芋甘露聚糖的高效分离等技术的研发与产业化推广应用，对第三项创新内容有重要贡献。与江正强等合作申请发明专利 1 项（附件 B2-3）；发表论文 13 篇，其中 SCI 收录期刊 12 篇（附件 B2-1），中文核心期刊 1 篇（附件 B2-2）。</p>					
姓名	李延啸	排名	6	技术职称	中级发酵工程师
工作单位	中国农业大学			行政职务	董事长
完成单位	中国农业大学				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目主要参与人之一，主要负责甘露聚糖酶的高效表达、高密度发酵以及多种甘露聚糖的酶法转化益生元等技术，对项目第二、第三项创新内容有重要贡献。与江正强等合作申请发明专利 4 项（附件 B2-3）；与江正强等合作发表论文 5 篇，其中 SCI 收录期刊 4 篇（附录 B2-1），中文核心期刊 1 篇（B2-2）。共同获中国轻工业联合会科技进步一等奖 1 项（第 5 完成人）（附件 B1-1）。</p>					
姓名	郭庆文	排名	7	技术职称	无
工作单位	山东隆科特酶制剂有限公司			行政职务	无
完成单位	山东隆科特酶制剂有限公司				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目主要参与人之一，主要参与菌株筛选、发酵工艺优化的研究，同时参与半纤维素酶的工业化生产和应用推广，对项目第一、第二项创新内容有重要贡献。授权国家发明专利 2 项、实用新型专利 1 项，另已申请发明专利 2 项（附件 B2-3）。</p>					

姓名	张伟	排名	8	技术职称	高级工程师
工作单位	北京瓜尔润科技股份有限公司			行政职务	副总经理
完成单位	北京瓜尔润科技股份有限公司				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目主要参与人之一，主要参与瓜尔胶酶法改性及可溶性膳食纤维生产技术的研发及其产业化应用推广，对项目第三创新内容有重要贡献。与江正强等合作申请发明专利 2 项（附件 B2-3），共同获中国轻工业联合会科技进步一等奖 1 项（第 6 完成人）（附件 B1-1）。</p>					
姓名	王兴吉	排名	9	技术职称	高级发酵工程师
工作单位	山东隆科特酶制剂有限公司			行政职务	首席技术官
完成单位	山东隆科特酶制剂有限公司				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目主要参与人之一，主要参与菌株筛选、发酵工艺优化等研究，同时参与半纤维素酶的工业化生产和应用推广，对项目第一、第二项创新内容有重要贡献。与郭庆文合作授权国家发明专利 2 项，授权实用新型专利 3 项（与郭庆文合作 1 项）（附件 B2-3），另与郭庆文合作申请发明专利 2 项（B2-3）。</p>					
姓名	夏蕊蕊	排名	10	技术职称	中级工程师
工作单位	山东龙力生物科技股份有限公司			行政职务	副总经理
完成单位	山东龙力生物科技股份有限公司				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目主要参与人之一，主要参与木聚糖酶生产和酶法转化玉米芯生产低聚木糖的技术研发和产业化推广应用，对项目第一、第三项创新内容有重要贡献。授权国家发明专利 2 项、实用新型专利 1 项，另已申请发明专利 2 项（附件 B2-3）。</p>					

七、主要完成单位及创新推广贡献

主要完成单位情况表

单位名称	中国农业大学
排 名	1
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：	
<p>中国农业大学是国家首批入选“双一流”重点建设的教育部直属高校，科学研究实力雄厚。食品科学与营养工程学院是中国农业大学的特色和优势学院之一，同时也入选国家“一流”发展学科。食品科学与营养工程学院在生物酶制剂、益生元高效制备、功能食品开发、健康功能评价等研究方面处于国内领先和国际一流水平，在国际上具有较高的知名度和影响力。</p> <p>中国农业大学在项目中负责项目的总体设计、组织实施和产业化推广应用，做出的主要贡献如下：</p> <p>(1) 选育了高产木聚糖酶、甘露聚糖酶或葡聚糖酶的优良菌株 13 株，拓宽了半纤维素酶来源；(2) 率先解析了 3 个葡聚糖酶、1 个甘露聚糖酶和 1 个木聚糖酶的晶体结构；进一步基于结构信息分别改造了 2 个葡聚糖酶和 2 个甘露聚糖酶分子，提高了其基本酶学特性和应用适应性；(3) 高效表达了 7 种半纤维素酶，包括木聚糖酶、甘露聚糖酶和葡聚糖酶，并进行了小试生产和应用。(4) 发明了半纤维素高效预处理技术耦合获得的特异性半纤维素酶转化益生元技术，开发了酶法高效制备低聚木糖、瓜尔胶可溶性膳食纤维和魔芋甘露寡糖益生元关键技术。</p> <p>授权国家发明专利 16 项（附件 A1-1、A1-2、A1-3、B2-3），发表论文 62 篇（附件 B2-1、B2-2）；主持获中国轻工业联合会科技进步一等奖 1 项（附件 B1-1），主持获国家专利优秀奖 1 项（附件 B1-2）。</p>	
单位名称	北京瓜尔润科技股份有限公司
排 名	2
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：	
<p>北京瓜尔润科技股份有限公司是一家以研发、生产和销售瓜尔胶及瓜尔胶可溶性膳食纤维等系列产品为主的高新生物技术企业，是国内最大的瓜尔胶系列产品生产和销售企业。为满足不同客户的需求，公司独立研发了瓜尔胶生产工艺线和生产设备，推出数十种瓜尔胶产品，建成国内高品质和大生产能力的瓜尔胶工厂，编制和完善了不同产品的规格标准和质量检测方法。公司在中国、印度和美国均设有瓜尔种植、生产、研发基地，实现了国内外多元化合作和全球营销。</p> <p>北京瓜尔润科技股份有限公司在项目中负责瓜尔胶酶法改性和可溶性膳食纤维生产技术的研发，并负责本项目相关技术成果的转化与推广，其在本项目中做出的主要贡献如下：</p> <p>(1) 开发了瓜尔胶酶法改性技术，工业化生产系列瓜尔胶产品；</p> <p>(2) 完成了瓜尔胶及其可溶性膳食纤维产品的中试及大规模工业化生产，直接推动瓜尔胶可溶性膳食纤维产业化。</p> <p>获中国轻工业联合会科技进步一等奖 1 项（附件 B1-1）。</p>	

单位名称	华中农业大学
排 名	3
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：	
<p>华中农业大学是教育部直属的，以生命科学为特色，农、理、工、文、法、经、管等学科协调发展的全国重点大学，是国家首批“双一流”世界一流学科建设高校，是国家生命科学与技术、农业现代化建设优秀人才培养的重要基地。学校具有一流的科研平台和雄厚的科学研究实力。学校在农业生物质资源精、深加工，以及综合高效利用方面成果突出。</p> <p>华中农业大学在项目中主要负责魔芋前处理及魔芋甘露聚糖的高效分离等技术的研发与产业化推广应用，对本项目做出的主要贡献如下：</p> <p>（1）提出魔芋“隔氧护色”、原位去杂”、“醇促降解”等魔芋粉前处理新技术，提高了后继酶解效率、降低了产品纯化难度、提升了产品品质，同时降低了化学品的使用量，避免了环境污染；（2）开发了魔芋粉加工过程中副产物的高效回收和利用技术，实现了魔芋资源的高效、综合利用，降低魔芋粉的生产成本。</p> <p>发表论文 13 篇（附件 B2-1、B2-2）。</p>	
单位名称	山东隆科特酶制剂有限公司
排 名	4
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：	
<p>山东隆科特酶制剂有限公司是山东隆大生物工程有限公司为实施整体搬迁升级新设立的公司，年产新型酶制剂 5 万吨，位居中国民族工业酶第一位。公司总占地 270 亩，现有职工 720 人。公司下设国家企业技术中心、国家地方联合工程研究中心、山东省酶制剂工程技术研究中心、山东省酶制剂生物发酵技术重点实验室、国家博士后工作站、山东省院士工作站等研发平台。</p> <p>山东隆科特酶制剂有限公司在项目中负责产半纤维素酶微生物的筛选及其发酵工艺的优化，对半纤维素酶的工业化生产和应用推广做出了贡献，对本项目做出的主要贡献如下：</p> <p>（1）优化了半纤维素酶发酵工艺参数；</p> <p>（2）完成了半纤维素的中试和工业化生产；</p> <p>（3）推动了半纤维素酶的工业化应用。</p> <p>授权国家发明专利 2 项、实用新型专利 1 项（附件 B2-3），制定了系列企业标准（附件 B6-1）。</p>	

单位名称	山东龙力生物科技股份有限公司
排 名	5
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：	
<p>山东龙力生物科技股份有限公司成立于 2001 年 6 月，是一家以打造“玉米全株产业链”为发展目标，以“生物炼制、绿色循环”为理念，以再生资源的高效、循环利用为开发方向，立足于绿色健康产业，致力推进循环经济的高新生物技术企业。公司经过十年发展，现已形成功能糖、淀粉糖、新能源、新材料四大产业。目前已成为全球最大、市场占有率最高的低聚木糖生产企业。</p> <p>山东龙力生物科技股份有限公司在项目中负责木聚糖酶的生产及酶法转化玉米芯生产低聚木糖的技术研发和项目产业化推广应用，对项目做出的主要贡献如下：</p> <ul style="list-style-type: none"> （1）耐高温木聚糖酶的中试及工业化生产； （2）原料玉米芯预处理技术改进； （3）低聚木糖的工业化生产工艺改进和市场推广。 <p>授权国家发明专利 2 项、实用新型专利 1 项（附件 B2-3）。</p>	

八、完成人合作关系说明（含完成人合作关系情况汇总表）

自 2005 年以来，第一完成人江正强与其他完成人陆续开展合作，围绕自主知识产权的半纤维素酶发掘、高效生产及益生元转化、产业化示范和推广应用等方面，建立紧密的产学研合作关系。合作方式包括合作申报国家级课题、共同鉴定科研成果、企业委托合作共同研发、共同发表论文和共同知识产权等。各完成人在项目实施过程中通力合作，解决了从实验室研究到产业化生产所遇到的各种技术难题。一致同意申报国家科学技术进步二等奖。具体合作关系如下：

完成人杨绍青和闫巧娟与第一完成人江正强均为中国农业大学教师，李延啸为中国农业大学在读博士研究生，作为同一研究团队的成员，共同发表多篇研究论文、合作申报多项专利。

北京瓜尔润科技股份有限公司刘燕静和张伟在甘露聚糖酶应用，尤其是瓜尔胶水解制备甘露寡糖和可溶性膳食纤维与第一完成人江正强课题组进行了紧密的合作。合作鉴定成果“ β -甘露聚糖酶的高效制备和甘露聚糖的酶法转化关键技术”并因此获得轻工联合会奖励。联合申请 2 项与项目密切相关的国家发明专利“一种富含半乳甘露聚糖的可溶性膳食纤维及其制备方法”（申请号：CN201610808817.0）和“一种利用复合酶水解瓜尔豆胶制备可溶性膳食纤维及甘露寡糖的方法”（申请号：CN201610808818.5）。

华中农业大学教授李斌在魔芋甘露寡糖的研究方面与第一完成人江正强课题组有多年的合作关系，李斌也是项目部分论文的作者。共同申请承担国家重点研发计划项目“2017YFD0400200 食品营养及生物活性物质的健康功能作用研究”；共同申请国家发明专利“2017110612718 一种微孢根霉来源的 β -甘露聚糖酶及其编码基因与应用”。

山东隆科特酶制剂有限公司郭庆文和王兴吉在半纤维素酶的生产 and 产业化推广方面与第一完成人江正强课题组进行了多年的合作研究。

山东龙力生物科技股份有限公司夏蕊蕊与第一完成人江正强课题组在木聚糖酶及玉米芯酶法制备低聚木糖相关益生元制品等方面进行多年合作，为科研成果的工业化应用协同创新。

所有完成人共同完成鉴定成果“半纤维素酶高效生产及益生元转化应用关键技术”。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	备注
1	共同专利；论文合著	江正强/1， 杨绍青/2	2006. 1-2017	米黑根毛霉菌株及其在制备 β -葡聚糖酶和凝乳酶中的应用； High-level production of β-1,3-1,4-glucanase by <i>Rhizomucor miehei</i> under solid-state fermentation and its potential application in the brewing industry	
2	共同成果、共同立项	江正强/1， 李斌/3	2013-2017	“半纤维素酶的高效生产及益生元转化应用关键技术”；“食品营养及生物活性物质的健康功能作用研究”	
3	共同专利；论文合著	江正强/1， 闫巧娟/4	2006. 1-2017	β -甘露聚糖酶及其制备方法； Properties of a xylanase from <i>Streptomyces matensis</i> being suitable for xylooligosaccharides production	
4	共同成果	江正强/1， 刘燕静/5， 张伟/8	2012. 1-2017	β -甘露聚糖酶的高效制备和甘露聚糖的酶法转化关键技术	
5	共同成果、论文合著	江正强/1， 李延啸/6	2012. 9-2017	β -甘露聚糖酶的高效制备和甘露聚糖的酶法转化关键技术； Directed evolution of thermostable β-mannanase from <i>Rhizomucor miehei</i> to improve catalytic activity in acidic pH and high temperature	
6	共同成果	江正强/1， 郭庆文/7， 王兴吉/9	2013-2017	“半纤维素酶的高效生产及益生元转化应用关键技术”	
9	共同成果	江正强/1， 夏蕊蕊/10	2010-2017	“半纤维素酶的高效生产及益生元转化应用关键技术”	