

2019 年度国家科技进步奖公示材料

项目名称：肉品风味与凝胶品质控制关键技术研发及产业化应用

提名者：教育部

提名意见：

肉品加工业是我国农产品加工及食品行业的支柱产业，但加工技术相对落后，缺乏自主研发的关键技术及装备，肉品风味和凝胶品质难以控制，产品质量不稳定，严重限制了产业发展。该项目系统研究并揭示了我国传统腌腊肉品风味品质形成机理，阐明了低温肉制品肉蛋白乳化凝胶机制，研发出“低温低盐腌制-中温风干发酵-高温快速成熟”的风味品质控制技术和“高效乳化、注射-嫩化-滚揉一体化腌制和热诱导凝胶”的凝胶品质控制技术，突破了肉品风味和凝胶品质难以控制的技术难题，同时创制出火腿自动撒盐-滚揉腌制和智能化风干发酵成熟装备、高效乳化斩拌机、盐水高压雾化注射机、全自动变压滚揉设备和熏蒸煮多功能一体化装备等可替代进口的加工关键装备 8 台套，构建了肉品加工全程质量控制体系。

该项目获国家发明专利 31 项，发表 SCI 论文 141 篇，自主研发装备 8 台套，成果在雨润、华统等 13 家肉品加工领军企业得到产业化应用，开发出新产品 75 种，近三年实现累计销售额 56.56 亿元人民币，产生了显著的经济和社会效益，为中国肉品加工业的转型升级提供了技术支撑。经同行专家评价，低温肉制品加工技术和干腌肉制品强化高温熟化技术达到国际领先。成果获教育部科技进步一等奖 2 项。

推荐申报国家科技进步奖二等奖。

项目简介：

肉品加工业是我国农产品加工及食品行业的支柱产业，但加工技术相对落后，缺乏自主研发的关键技术及装备，如代表我国传统肉品的腌腊肉制品以风味浓郁著称，但风味形成机理不明，缺乏风味品质控制技术，导致生产周期长、脂肪氧化严重、产品盐分过高；代表肉制品加工方向的低温肉制品以质地适口为优势，但凝胶质构形成机制不明，缺乏凝胶品质控制技术，导致产品质地差、出水出油严重。该项目历时 15 年，系统研究了肉品风味与凝胶品质形成机理，研发出关键技术，创制了相关装备，建立了全程质量控制体系，突破了肉品风味与凝胶品质难以控制的技术瓶颈，显著提升了我国肉品加工科技创新能力和整体水平。主要创新如下：

1. **揭示了肉品风味形成机理，研发出“低温低盐腌制-中温风干发酵-高温快速成熟”关键技术，有效解决了传统腌腊肉制品风味难以控制的技术瓶颈。**首次阐明了传统腌腊肉制品的主体风味形成主要取决于内源酶的作用，否定了“表面霉菌起主导作用”的传统认知，《Nature China》撰文指出“该发现揭示了中国传统腌腊肉制品浓郁风味生成的秘密”；研发出基于内源酶活力调控的“低温低盐腌制-中温风干发酵-高温快速成熟”现代工艺技术，使产品盐分含量降低 50%，生产周期缩短 50%，优级产品率由 75% 提高到 97% 以上，解决了传统腌腊肉制品生产周期长、脂肪氧化严重、产品盐分过高和风味品质难以控制等技术瓶颈。

2. **阐明了肉品凝胶形成机制，研发出“高效乳化、注射-嫩化-滚揉一体化腌制和热诱导凝胶”关键技术，有效解决了低温肉制品质地差、出水出油严重等技术难题。**揭示了肌原纤维蛋白在热诱导下“肩并肩”交联形成凝胶的新机制；发现了肌肉蛋白质构象改变，使疏水基团暴露，并与脂质融合形成乳化界面蛋白膜。研发出可促进盐溶性蛋白溶出、保水性和质构增强的“高效乳化、注射-嫩化-滚揉一体化腌制和热诱导凝胶”控制技术，并开发了高效复配腌制剂，使低温肉制品的蒸煮损失由 13% 降低至 8%，质构得到显著改善。

3. **研创了可替代进口的肉品加工关键装备，构建了全程质量控制体系，支撑了我国肉品加工业的快速发展。**创制了火腿自动撒盐-辊揉腌制和智能化风干发酵成熟装备，研发了高效乳化斩拌机、盐水高压雾化注射机、全自动变压滚揉设备和熏蒸煮多功能一体化装备等，有效实施了肉品风味和凝胶品质控制技术，解决了我国肉品加工装备主要依赖进口的局面。构建了以腐败菌控制为核心的肉品全程质量控制技术体系，保障了产品的质量安全。

该项目获国家发明专利 31 项，发表 SCI 论文 141 篇，自主研发装备 8 台套，成果在雨润、华统等 13 家肉品加工领军企业得到产业化应用，开发新产品 75 种，近三年实现累计销售额 56.56 亿元人民币，为中国肉品加工业的转型升级提供了技术支撑。成果获教育部科技进步一等奖 2 项。经同行专家评价，低温肉制品加工技术和干腌肉制品强化高温熟化技术达到国际领先。

客观评价：

1. 科技成果第三方评价

P1-1: 2016 年 11 月中国农学会组织庞国芳院士、朱蓓薇院士、孟素荷理事长等 11 位行业专家对该项目主体成果“低温肉制品质量控制关键技术及装备研发与应用”进行了第三方科技评价，认为“揭示了肌肉蛋白凝胶、乳化形成机理及色泽变化规律，形成了低温肉制品的重大理论创新，并明确了低温肉制品品质关键控制点；研发出低温肉制品加工关键工艺和技术，有效解决了产品出水出油、质构差、褪色快、货架期短等重大技术难题；创制低温肉制品加工关键装备，显著改善了产品质量，推进了关键设备的国产化进程，并在企业进行了推广应用，取得了重大创新，总体达到国际先进水平，**加工技术达到国际领先水平”**。

P1-2: 2015 年 12 月教育部组织行业专家该项目主体成果“干腌肉制品风味品质调控现代工艺及装备成套技术”进行了鉴定，认为“开发了快速成熟加工技术，在保证产品传统风味的前提下，加工周期缩短 50% 以上；研发了自动撒盐-辊揉腌制现代工艺及装备成套技术，提高了干腌火腿的生产效率，建立了 1 条辊揉腌制自动生产线，生产能力达到 150-200 条/h。**干腌肉制品强化高温熟化工艺技术达到国际领先水平”**。

P1-3: 2005 年，教育部组织专家对该项目主体成果“金华火腿内源酶作用机制及风味形成机理研究”进行了鉴定，认为“首次系统研究了金华火腿传统工艺过程中内源蛋白酶和活力变化，形成了肉品内源酶分析测定研究的系统方法；首次系统研究了金华火腿蛋白质和脂质分解氧化、风味物质形成机理和变化规律，基本形成了火腿内源酶-蛋白质脂质分解氧化-风味物质形成的研究体系。**研究的系统性和研究方法达到国际先进水平”**（鉴字[教 TP2005]第 29 号）。

P1-4: 2005 年，教育部组织专家对该项目主体成果“干腌火腿发酵成熟现代工艺及装备成套技术”进行了鉴定，认为“首次提出金华火腿现代发酵成熟恒温恒湿、变工况温湿度控制工艺方法，通过强化高温成熟有效缩短工艺时间，该装备既能模拟自然气候模式，不仅能调控发酵成熟空间风速和温湿度，还能控制发酵成熟过程，突破传统工艺生产的季节性限制。首次研究确定了火腿成熟发酵的现代工艺，在保证传统产品风味的基础上，工艺时间由 180-240 天缩短至 110 天，**成果达到国际先进水平。”**（鉴字[教 TP2005]第 28 号）。

P1-5: 2005 年，教育部组织专家对该项目主体成果“干腌火腿辊揉腌制工艺及装备成套技术”进行了鉴定，认为“采用空间仿形辊揉压辊机构开发的火腿辊揉腌制机，加速了猪腿表层盐分和水分传质渗透速度，提高了腌制工作效率，能有效控制用盐量及其均匀性，创造了国内火腿辊揉腌制连续式新机型，**成果达到国际先进水平”**（鉴字[教 TP2005]第 27 号）。

P1-6: 2006 年，江苏省科技厅对该项目主体成果“传统畜禽肉制品加工关键技术与新产品开发”进行了鉴定，任务“首次建立了板鸭主要风味前体物磷脂的测定方法，研发出板鸭、风鹅加工自动化控温、控湿、控风速的风干设备，建立了风干禽产品加工的全程质量控制体系，**总体达到国际先进水平”**（苏科鉴字[2006]第 373 号）。

2. 论文评价

《Nature》旗下的《Nature China》，每周从所有华人在全球各类期刊发表的学术论文中筛选出一篇最具热点的研究论文，并撰写文章予以评述。周光宏和赵改名发表的论文《Biochemical changes during processing of traditional Jinhua Ham》，2007年被其评为每周科研亮点和年度 10 大科研亮点之一，称其揭示了“金华火腿香味之谜”。

3. 重要科技奖励

项目成果“传统肉制品品质形成机理及现代化生产研究与示范”和“低温肉制品质量控制关键技术及装备研发与产业化应用”分别于 2006 年和 2018 年获得教育部高等学校科学研究优秀成果奖科技进步一等奖。

4. 科技查新报告

国家一级查新机构出具的查新报告[201836000N030119]:“首次阐明了金华火腿的主体风味形成主要取决于内源酶的作用，否定了“表面霉菌起主导作用”的传统认知；研发出基于内源酶活力调控的“低温低盐腌制、中温风干发酵和高温快速成熟”现代工艺技术；创制了金华火腿滚揉腌制、自动撒盐和智能化风干发酵成熟装备”。在乳化肠加工过程中，发现肌球蛋白在水-油界面的吸附动力学规律，发现加热后纳米级别的肌球蛋白热凝聚体也可有效吸附并降低界面张力，进一步在水-油界面上发生蛋白构象改变，并与脂质融合形成乳化界面蛋白膜，优化乳化和预乳化过程，形成高效乳化技术。阐明了肉蛋白在热诱导作用下的分子结构次递变化规律及组装驱动力，发现“肩并肩”的交联新机制，及凝胶失水的主要成因。在国内外公开发表的文献中，除本委托方发表的文献外，未见相同报道。

应用情况：

本项目整体技术成果在江苏雨润肉类产业集团有限公司、浙江华统肉制品股份有限公司、山东得利斯食品股份有限公司、烟台喜旺食品有限公司、烟台喜旺肉类食品有限公司、江苏长寿集团有限公司、嘉兴艾博实业有限公司、江苏省苏食肉品有限公司、新希望六和食品有限公司、扬州天歌鹅业有限公司、绍兴高金冷冻空调设备有限公司、南通双和食品有限公司、南京欧嘉食品科技有限公司等 13 家肉品加工领军企业进行了应用。核心包括高效乳化技术、注射-嫩化-滚揉一体化腌制技术和热诱导凝胶的凝胶品质控制技术、干腌肉制品现代化加工工艺、全程质量控制等技术和配套装备，解决了传统腌腊肉制品生产周期长、脂肪氧化严重、产品盐分过高和风味品质难以控制等的技术瓶颈，以及低温肉制品品质构差、出油出水严重等瓶颈问题，并开发了 75 种新产品，产生了显著的经济效益。

示范企业应用该项目核心技术和配套装备后，产品品质得到明显提升，品牌效应明显提升，产品种类不断增多，市场和产销量逐年上升，经济效益显著。与技术成果使用的起始年份销售额为参照，近三年技术示范应用企业累计新增销售额 16.56 亿元、18.11 亿元和 21.88 亿元，合计新增销售额 56.56 亿元。

主要知识产权和标准规范：

| 知识产权 (标准) 类别 | 知识产权(标 准)具体名称 | 国家 (地 区) | 授权号 (标准 编号) | 授权(标 准发布) 日期 | 证书编号 (标准批 准发布部 门) | 权利人 (标准 起草单 位) | 发明人(标 准起草人) | 发明专 利(标 准)有效 状态 |
|--------------------|------------------------|----------------|-------------------|--------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 发明专利 | 低场核磁共振测定肉糜凝胶过程中蒸煮损失的方法 | 中国 | ZL201510635374.5 | 2018.01.12 | 2774497 | 南京农业大学 | 周光宏, 杨慧娟, 薛思雯, 徐幸莲 | 有效专利 |
| 发明专利 | 干腌火腿发酵成熟工艺 | 中国 | ZL200410009882.4 | 2006.11.26 | 292497 | 南京农业大学 | 章建浩, 唐志勇, 周光宏 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种滚揉类火腿制品用复合腌制剂 | 中国 | ZL201110253835.4 | 2012.12.12 | 1097416 | 南京农业大学 | 徐幸莲, 王鹏, 周光宏 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种猪肉颜色的色差计评定方法 | 中国 | ZL201210083596.7 | 2014.04.16 | 1384730 | 南京农业大学 | 周光宏, 王晓宇, 李春保, 徐幸莲 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种测定肉制品品质构特性的方法 | 中国 | ZL201210285328.3 | 2014.07.02 | 1432315 | 南京农业大学 | 李春保, 李霄, 史秋峰, 刘冲, 王慧蓉 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种含脂带皮肉制品的抗氧化腌制工艺 | 中国 | ZL201410413425.5 | 2016.02.24 | 1960924 | 南京农业大学 | 张万刚, 葛庆丰, 周光宏 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种多肽食盐替代物及其制备方法 | 中国 | ZL201110121195.1 | 2012.11.28 | 1087003 | 南京农业大学 | 彭增起, 张雅玮, 郭秀云 | 有效专利 |
| 发明专利 | 火腿清洗脱盐-风干脱水生产线 | 中国 | ZL200810024499.4 | 2010.08.18 | 659660 | 南京农业大学 | 章建浩, 沈德红, | 有效专利 |
| 发明专利 | 中式培根腌制风干成熟工艺 | 中国 | ZL200810154945.3 | 2011.10.19 | 853794 | 南京农业大学 | 章建浩, 靳国锋, 张杨萍 | 有效专利 |
| 实用新型 | 一种用于肉制品注射的注射装置 | 中国 | ZL201320794355.3 | 2015.5.14 | 3566069 | 嘉兴艾博实业有限公司 | 韩青荣, 傅红兵 | 有效专利 |

承诺：上述知识产权和标准规范等用于提名国家科学技术进步奖的情况，已征得未列入项目主要完成人的权利人（发明专利指发明人）的同意。

第一完成人签名：

主要完成人情况：

周光宏，第一完成人，南京农业大学校长、教授，负责项目设计和实施，为创新点 1、2 和 3 的主要贡献者。主持并全面参与了肉品风味形成机理研究，研发出“低温低盐腌制-中温风干发酵-高温快速成熟”关键技术，阐明了肉品凝胶形成机制，研发出“高效乳化、注射-嫩化-滚揉一体化腌制和热诱导凝胶”、全程质量控制关键技术，提出重要加工设备的技术要求。通过国家工程技术研究中心，集成熟化成套技术和装备，并推广辐射，在推动产业科技创新，带动产业发展等方面发挥了主导作用。作为第一完成人，获教育部科技进步一等奖 2 项；获发明专利 4 项。

徐幸莲，第二完成人，南京农业大学食品科学技术学院院长、教授，为创新点 2 和 3 的主要贡献者。全面参与了肌肉蛋白乳化凝胶形成机理和肉品风味形成机理，研发出“高效乳化、注射-嫩化-滚揉一体化腌制和热诱导凝胶”关键技术，有效解决了低温肉制品质地差、出水出油严重等技术难题。通过国家工程技术研究中心辐射推广项目成果，在推动产业科技创新，带动产业发展等方面发挥了重要作用。作为主要完成人，获教育部科技进步一等奖 2 项，获专利 3 项。

李春保，第三完成人，南京农业大学食品科学技术学院副院长、教授，为创新点 2 和 3 的重要贡献者。参与了一体化腌制和全程质量控制技术体系等技术的研发和推广。作为主要完成人，成果奖励 1 项，获得授权发明专利 7 项，发表论文 2 篇。

祝义亮，第四完成人，江苏雨润肉类产业集团有限公司董事长，为创新点 2 的重要贡献者。重点负责低温肉制品高效乳化、一体化研制、热诱导凝胶的技术研发，新产品开发及技术集成和产业化应用等，解决了低温肉制品质地差、出水出油严重等技术难题，开发了 20 余种新产品，并投产上市，产生了显著的经济效益和社会效益。

章建浩，第五完成人，南京农业大学教授，研发出“低温低盐腌制、中温风干发酵和高温快速成熟”的风味控制技术，解决了传统腌腊肉制品生产周期长、盐分过高和风味品质难以控制等的技术瓶颈。研发了干腌火腿自动撒盐-辊揉腌制生产线和风干发酵成熟智能化控制系统装备，实现了传统干腌火腿工艺装备现代化。获得发明专利 9 件、实用新型专利 6 件，主持鉴定技术成果 3 项。

韩青荣，第六完成人，嘉兴艾博实业股份有限公司董事长，为创新点 3 的重要贡献者。主要研发出加工冷冻原料肉的双系统高效绞肉机、双结构桨式搅拌机、高速斩拌机、高压雾化盐水注射机、全自动制冷变压真空滚揉机、制冷型全自动多功

能烟熏蒸煮设备，为实现相关技术的应用提供了硬件支撑。设备在国内外市场得到了很好的应用，达到国际同类产品先进水平，实现了关键装备国际化，带动了产业发展。作为主要完成人，获教育部科技进步一等奖 1 项，授权专利 1 项。

彭增起，第七完成人，南京农业大学教授，项目主要执行人，为创新点 2 的重要贡献者。参与了肌肉蛋白乳化和热诱导凝胶机理及调控技术，揭示了肌原纤维蛋白在热诱导作用下通过“肩并肩”方式形成凝胶的机制，证实了肌球蛋白具有三聚磷酸酶活性。作为主要完成人，获教育部科技进步一等奖 1 项，获发明专利 1 项。

朱俭军，第八完成人，浙江华统肉制品股份有限公司总裁，项目主要完成人，为创新点 1 和 3 的贡献者，全面参与推广“低温低盐腌制-中温风干发酵-高温快速成熟”关键技术。

张万刚，第九完成人，南京农业大学教授，项目主要执行人，为创新点 2 的贡献者，参与了肌肉蛋白质乳化和热诱导凝胶机理研究，以及低温肉制品品质构调控技术研发，作为主要完成人，获教育部科技进步一等奖 1 项，获发明专利 1 项。

王虎虎，第十完成人，南京农业大学副教授，项目主要执行人，为创新点 3 的贡献者，参与了全程质量控制技术体系的研发和推广。作为主要完成人，获教育部科技进步一等奖 1 项。

主要完成单位及创新推广贡献：

南京农业大学，第一完成单位。系统研究并揭示了我国传统腌腊肉品风味品质形成机理，阐明了低温肉制品肉蛋白乳化凝胶机制，研发出“低温低盐腌制-中温风干发酵-高温快速成熟”的风味品质控制技术和“高效乳化、注射-嫩化-滚揉一体化腌制和热诱导凝胶”的凝胶品质控制技术，突破了肉品风味和凝胶品质难以控制的技术难题。通过技术推广和辐射，行业技术水平得到整体提升。建成了国家肉品质量安全控制工程技术研究中心等重要科研平台，培养了一批学科带头人和企业技术高管，为该项目技术和装备的推广应用提供了重要支撑条件。获成果奖励 2 项。贡献于本项目的创新点 1、2 和 3。

江苏雨润肉类产业集团有限公司，第二完成单位。与南京农业大学全面合作，共同承担了多个国家和部省级课题。联合组建了国家级科研平台。研发了一体化腌制技术、高效乳化技术、热诱导凝胶技术，构建了全程质量控制技术体系等，解决了低温肉制品质地差、出水出油严重等瓶颈问题，主持研发了 20 余种新型低温肉制品，并上市销售。在全国范围内全面推广应用项目成果，带动了行业发展，为我国低温肉制品加工技术水平的提升做出了重要贡献。贡献于本项目的创新点 2 和 3。

嘉兴艾博实业有限公司，第三完成单位。与南京农业大学通过项目合作，研发了双系统高效绞肉机、高压盐水雾化注射机、变压真空滚揉机、双结构浆式内糜搅拌机、高速乳化机、制冷型全自动多功能烟熏设备等关键装备，为高效乳化、注射-嫩化-滚揉一体化腌制和热诱导凝胶关键技术的实施提供装备支撑，解决了低温肉制品加工关键装备依赖进口、出水出油严重等瓶颈问题。设备价格只有国外进口同类设备的三分之一，在国内肉类加工企业广泛应用的同时，已开始替代进口，并出口到美国、德国等发达国家，增强了国产设备的国际竞争力。并在南京农业大学建立了肉制品加工装备联合实验室，依托国家级工程技术研究中心平台进行辐射推广，获得成果奖励 1 项。贡献于本项目的创新点 3。

浙江华统肉制品股份有限公司，第四完成单位。与南京农业大学合作，推广应用了“低温低盐腌制-中温风干发酵-高温快速成熟”关键技术和火腿自动撒盐-滚揉腌制和智能化风干发酵成熟装备，有效解决了传统腌腊肉制品风味难以控制的技术瓶颈。贡献于本项目的创新点 1 和 3。

完成人合作关系说明：

徐幸莲是南京农业大学教授，1994 年起，与周光宏合作组建南京农业大学肉类研究室，1999-2003 年师从周光宏攻读博士学位，1999 年合作编著《肉品学》，对肉品加工技术进行系统介绍。围绕该项目中蛋白质乳化和凝胶机理及控制技术，共同承担了国家和部省级科技计划项目 10 余项，共同获得专利 3 件、发表论文 97 篇、奖励 2 项。

李春保是南京农业大学教授，2000 年起攻读周光宏研究生，2006 年留在团队工作。围绕该项目中风味形成机理和质构调控技术，共同承担了国家科技支撑计划、国际合作项目等，共同获得专利 7 件、发表论文 6 篇、奖励 1 项。

祝义亮是校企合作的企业负责人，与周光宏、徐幸莲合作承担国家科技攻关计划（2006BAD05A15），2005 年和 2009 年分别联合建立江苏省和国家肉品质量安全控制工程技术研究中心。在该项目实施过程中主要负责一体化腌制、高效乳化技术、全程质量安全控制技术体系等研发，全套技术的集成示范、新产品开发等，合作项目 1 项，共同组建产业化示范平台 2 个。

章建浩是南京农业大学教授，2001~2005 年攻读周光宏研究生，围绕该项目中肉品风味形成及控制技术，共同发表论文 2 篇，获得专利 3 件、奖励 1 项。

韩青荣是校企合作的企业负责人，2008 年起与周光宏合作，投资共建立了艾博-南农肉品加工装备联合实验室，联合承担了农业部 948 项目，联合研发和推广应用了该项目涉及的关键肉制品加工装备，2015 年被聘为周光宏牵头的江苏省肉类生产与加工质量安全控制协同创新中心骨干成员。共同获得奖励 1 项。

彭增起是南京农业大学教授，2001 年起加入周光宏团队，围绕该项目中凝胶乳化机理及控制技术，共同承担了国家支撑计划课题、国际合作项目等，共同发表论文 5 篇、奖励 1 项。

张万刚是南京农业大学教授，2011 年加入周光宏团队，围绕该项目中高效乳化技术，共同获得专利 1 件，共同发表文章 19 篇，获得奖励 1 项。

朱俭军是校企合作的企业负责人，全面参与推广“低温低盐腌制-中温风干发酵-高温快速成熟”关键技术，共同签署校企合作项目 1 项。

王虎虎是南京农业大学教师，2008 年起在周光宏团队攻读研究生、留在团队工作，围绕该项目中全程质量控制技术体系，共同发表论文 11 篇，获得奖励 1 项。

承诺：本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：