

项目公示信息（科技进步奖）

一、项目名称：食源性非消化多糖的营养代谢规律和功能开发研究

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省教育厅

本成果围绕食源性非消化多糖这一重要研究方向，系统开展了从结构解析、营养代谢机制揭示到功能应用开发的全链条创新研究，具有显著的科学价值和应用效益。该研究成果立意新颖、设计严谨、数据翔实、创新性强，在多糖结构—功能—代谢关系的理论研究上取得了重要突破，并在技术开发和产业化应用方面成效显著，有力促进了食品科学与营养健康领域的科技进步，对提升国民健康水平和推动地方经济发展具有重要意义。基于非消化多糖的多种功效，创新性地将其应用于菌种发酵增效、功能油脂品质提升及高纤维健康面包开发等领域，有效提升了相关产品的营养价值和健康内涵，实现了基础研究向产业应用的转化。建立和发展的一套从高效提取、结构表征到功能评价的完整技术体系，已成功服务于省内外多家食品企业，推动了行业技术进步和产品升级换代。成果整体技术成熟度高，推广应用前景广阔，经济和社会效益显著。

提名材料齐全、规范，经完成单位公示，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科学技术奖提名条件。特提名为陕西省科学技术三等奖。

三、项目简介

多糖是人类膳食的重要成分之一，它们为人体提供主要的能量来源，并且是维持生命活动必不可少的营养素。多糖也是一类重要的生物资源，在食品、农业、畜牧业、能源、新型生物材料、医药及化工领域有着十分重要的应用价值，对解决我国目前面临的粮食安全、食品安全以及人口与健康等重大需求问题有重要意义。

多糖可分为消化性多糖和非消化性多糖。消化淀粉属于消化性多糖，可被消化道的淀粉酶、糖化酶等酶类水解，最终被分解成葡萄糖，为生命活动提供能量。抗性淀粉、非淀粉多糖和植物纤维等属于非消化性多糖，人体本身缺乏直接利用非消化性多糖的酶类，最终其以多糖的形式进入大肠被定植的肠道菌群消化利用。非消化性多糖作为一类重要的具有生物活性的物质，在抗氧化、降血糖、抗肿瘤和调节机体免疫等方面显示出了诱人前景，已成为当前食品科学研究的重点和热点之一。虽然膳食中非消化性多糖来源广泛，但其结构复杂多样，构效关系和营养代谢规律尚不明确，限制了其功能开发利用。因此，对不同来源食源性非消化多糖的构效关系和营养代谢规律进行深入研究，有助于膳食资源的发

掘和营养价值的评价，对提升社会经济发展和国民健康水平有重要价值和意义。

该研究成果紧密围绕食源性功能多糖的结构解析和营养评价开展了持续性研究工作，利用枸杞、海带、海葡萄、茯苓、苹果、食品胶体等膳食资源，成功制备了多种具有功能活性的非消化性多糖，解析了其结构特性；建立了多种功能性多糖的体外和体内评价体系，揭示了其营养代谢机制；并基于非消化多糖的功能特性，成功将其应用于菌种发酵、功能油脂加工和面包制作中；建立和发展的提取技术和分析评价体系服务于省内外多家企业。主要发现和创新点如下：

- 1、建立了多种非消化多糖的高效制备技术，结合现代分析技术，成功解析了特定膳食中非消化性多糖的结构特征，为食源性非消化多糖的规模化制备和深入挖掘利用提供了技术支撑。

- 2、基于细胞模型和动物模型建立了可靠的生物活性评价体系，从体外和体内两方面系统研究和比较了多种食源性非消化多糖的免疫调节活性和肠道菌群调节能力，结合其结构特征，揭示了分子量、基团取代、单糖组成等细微结构对多糖活性的影响，为深入阐明食源性非消化多糖发挥健康功效的构效关系奠定了理论基础。

- 3、研究了多种食源性非消化多糖的营养消化特性和肠道菌群代谢机制，解析了关键代谢产物的代谢途径，证实了

多糖对宿主健康的影响是通过改变重点肠道菌群组成和代谢产物引起的，为揭示食源性非消化多糖发挥健康功效的体内代谢通路和分子机制提供了理论依据。

4、基于食源性多糖的功能特性，开展了系列应用研究和技术推广，一方面将其用于菌丝体液体发酵、功能油脂加工和低糖高膳食纤维面包制品的开发中，为食源性多糖的综合开发利用提供了理论参考和技术支撑；另一方面，研究成果中建立和发展的多糖提取技术和分析评价体系已成功服务于省内外多家企业，提高了企业的销售额和利润，减少了企业损失和生产成本，降低了生产能耗。

四、客观评价

研究团队紧密围绕食源性非消化多糖的结构解析和营养评价开展了持续性研究工作，在功能性多糖的高效制备、构效关系和营养代谢机制等研究方面取得了一系列创新成果，为膳食中多糖资源的综合开发利用做出了努力。与国内外同类学科技术相比，该研究工作具有鲜明的特色和优势：利用枸杞、海带、海葡萄、茯茶、苹果、食品胶体等膳食资源，成功制备了多种具有功能活性的非消化性多糖，建立了稀碱法高效提取制备高活性多糖的方法；研究了多种食源性非消化多糖发挥免疫调节活性的作用机制，证实了多糖对宿主健康的影响是通过改变重点肠道菌群组成和代谢产物引起的；揭示了分子量、基团取代、单糖组成等细微结构对多

糖活性的影响，为深入研究多糖发挥健康功效的构效关系奠定了基础，具有理论创新；并基于非消化多糖的功能特性，开拓性的将多糖应用于菌种发酵、功能油脂加工和低糖高膳食纤维面包制品开发中，具有应用创新。

五、应用情况

相关研究成果已服务于海南弥生生物科技有限公司、陕西长盛博奥生物科技有限公司、陕西本草医药控股集团有限公司、西安雨田农业科技股份有限公司、子洲县攀阳种养殖有限公司等多家企业，开发的添加有非消化多糖的低糖高膳食纤维面包制品荣获陕西省营养学会“新零食”创意大赛优秀奖。

六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

序号	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
1	发明专利	一种纳米脂质体及其制备方法和应用	中国	ZL202110379845.6	2023 年 04 月 14 日	5881154	陕西科技大学	常大伟; 张天宝
2	发明专利	一种阿拉伯胶-明胶修饰牡丹籽油纳米脂质体及其制备方法	中国	ZL202110379790.9	2022 年 10 月 25 日	5532428	陕西科技大学	常大伟; 张天宝; 闫瑾
3	论文	Impact of acidic, water and alkaline extraction on structural features, antioxidant activities of Laminaria japonica polysaccharides	中国	2018, 112: 985-995.	2018 年 06 月 01 日	International Journal of Biological Macromolecules	Shaanxi University of Science and Technology; Dalian Polytechnic University.	Yujiao Sun, Shuting Hou, Shuang Song, Bao Zhang, Chunqing Ai, Xuefeng Chen, Ning Liu.
4	论文	Caulerpa lentillifera polysaccharides enhance the immunostimulatory activity in immunosuppressed mice in correlation with modulating gut microbiota	中国	2019, 10: 4315-4329.	2019 年 07 月 01 日	Food & Function	Shaanxi University of Science and Technology; DPU; Shaanxi Academy of Traditional Chinese Medicine.	Yujiao Sun, Yang Liu, Chunqing Ai, Shuang Song, Xuefeng Chen.
5	论文	In vitro fermentation of κ -carrageenan oligosaccharides by human gut microbiota and its inflammatory effect on HT29 cells	中国	2019, 59: 80-91.	2019 年 08 月 01 日	Journal of Functional Foods	Shaanxi University of Science and Technology; Dalian Polytechnic University.	Yujiao Sun, Xiangyi Cui, Mengmeng Duan, Chunqing Ai, Shuang Song, Xuefeng Chen.
6	论文	Microbiome-metabolome responses of Fuzhuan brick tea crude polysaccharides with immune-protective benefit in	中国	2022, 157: 111370.	2022 年 07 月 01 日	Food Research International	Shaanxi University of Science and Technology; Shaanxi Academy of Traditional Chinese	Yujiao Sun, Fan Wang, Yang Liu, Shuai Liu, Yuye An, Haiyan Xue, Jiankang Wang,

		cyclophosphamide-induced immunosuppressive mice					Medicine.	Fei Xia, Xuefeng Chen, Yungang Cao.
7	论文	Comparison of water and alkali-extracted polysaccharides from Fuzhuan brick tea and their immunomodulatory effects in vitro and in vivo	中国	2022, 13: 806-824.	2021 年 12 月 01 日	Food & Function	Shaanxi University of Science and Technology; Shaanxi Academy of Traditional Chinese Medicine.	Yujiao Sun, Fan Wang, Yang Liu, Yuye An, Dawei Chang, Jiankang Wang, Fei Xia, Ning Liu, Xuefeng Chen, Yungang Cao.
8	论文	Metabolomic and transcriptomic analyses reveal comparisons against liquid-state fermentation of primary dark tea, green tea and white tea by <i>Aspergillus cristatus</i>	中国	2023, 172: 113115.	2023 年 10 月 01 日	Food Research International	Shaanxi University of Science and Technology; Shaanxi Academy of Traditional Chinese Medicine.	Yujiao Sun, Xushuang Yuan, Zhaojun Luo, Yungang Cao, Shuai Liu, Yang Liu.
9	论文	Comparison of immunomodulatory activity of polysaccharides and soluble dietary fibers and adsorption capacities of insoluble dietary fibers extracted from <i>Lentinus edodes</i> stipes	中国	2024, 6: 64.	2024 年 12 月 01 日	Food Production, Processing and Nutrition	Shaanxi University of Science and Technology; Shaanxi Academy of Traditional Chinese Medicine.	Yujiao Sun, Baobao Li, Yuanye Xue, Jiankang Wang, Bingbing Miao, Yang Liu, Yanjun Li, Yungang Cao, Dawei Chang.

七、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
孙玉姣	1	无	副教授	陕西科技大学	陕西科技大学	(1) 整体负责课题的选题、筹划、实施、审核和方案制定；(2) 负责课题组项目申报，研究指导以及与企业的项目合作；(3) 所有高水平研究论文的第一作者和通讯作者。
常大伟	2	无	副教授	陕西科技大学	陕西科技大学	(1) 对创新点 1、2 和 4 做出了贡献；(2) 合作发表 2 篇论文，授权 2 项发明专利的第一完成人。
刘帅	3	无	副教授	陕西省中医药研究院	陕西省中医药研究院	(1) 对创新点 3 和 4 做出了贡献；(2) 合作发表 2 篇论文。
骆超	4	董事长	无	海南弥生生物科技有限公司	海南弥生生物科技有限公司	(1) 在食源性多糖提取和检测方面进行长期的技术合作 (2) 技术推广和大规模应用的主要负责人。

八、主要完成单位及创新推广贡献

主要完成单位：陕西科技大学，本项目的主要完成单位，在项目实施的过程中，本项目组成员所在的相关学院—食品科学与工程学院及科技处等单位给予了很大支持，其主要贡献如下：1. 负责项目的管理和监督等工作；2. 开放与项目实验研究相关的实验设备及设施；3. 人力、物力、财力等方面的支持；4. 对关键问题的研发及解决提供协助。

主要完成单位：陕西省中医药研究院，本项目的合作完成单位，本项目组成员所在的相关科室—中药研究所在研究条件、实验检测设备、技术推广和人员配备等方面给予了大力的支持。

主要完成单位：海南弥生生物科技有限公司，本项目的合作

完成单位，负责食源性多糖提取和检测技术的推广和大规模应用。

九、完成人合作关系说明

本项目完成人为孙玉姣（排名 1）、常大伟（排名 2）、刘帅（排名 3）、骆超（排名 4），合作关系如下：

完成人孙玉姣、常大伟共同完成主要知识产权 7 和 9，共同获得陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖二等奖。

完成人孙玉姣、刘帅共同完成主要知识产权 6 和 8，共同获得陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖二等奖，共同开展花生多糖的分离纯化和含量测定的技术合作。

完成人孙玉姣、骆超在食源性多糖提取和检测方面进行长期的技术合作，共同开展花生多糖的分离纯化和含量测定的技术合作。