



ISSN 1002-2481

CN 14-1113/S  
CODEN SNKHCO

# 功能食品营养与健康 基础研究及产业应用 专刊

JOURNAL OF SHANXI AGRICULTURAL SCIENCES  
SHANXI NONGYE KEXUE

# 山西農業科學

- 中国科技核心期刊
- RCCSE中国核心学术期刊
- 中国农林核心期刊
- 中国学术期刊综合评价数据库 (CAJCED) 统计源期刊
- 中国期刊全文数据库 (CJFD) 全文收录
- 中国核心期刊 (遴选) 数据库全文上网
- 中文科技期刊数据库全文收录
- 英国《食品科技文摘》(FSTA) 来源期刊
- 《乌利希期刊指南 (网络版)》(Ulrichsweb) 来源期刊

## 11 2022

第50卷 第11期 (总第441期)  
Vol.50 No.11

ISSN 1002-2481



山西省农业科学院 主办

## 导 语

党的二十大报告中提出“加快建设农业强国”，这是党中央着眼全面建设社会主义现代化国家作出的重大决策部署，明确了新时代新阶段农业农村现代化的主攻方向。以“大食物观”新发展理念保障国家粮食安全，是加快推进农业强国建设的应有之义。粮食安全，或者说食物安全，已经涵盖了数量、质量和营养安全。营养、安全、健康已经成为食品开发的主题。

目前，兼具营养和保健功能的功能性食品在全球范围内正进入到快速发展阶段，行业规模不断扩大。2021年我国功能性食品市场规模达到4 035.1亿元。然而，对标美日等发达国家，我国功能食品渗透率仍较低，未来发展空间巨大。发达国家在功能食品的理论研究方面，深入研究分子水平上功效成分与生理功能的关系，揭示功能因子的化学结构本质、作用机理、量效关系及稳定性；在应用开发方面，运用现代分离、提取、培植、稳定、评价及制造技术，实现从原料中提取有效成分，继而以有效成分为原料，根据不同的科学配方和产品要求，确定合理的加工工艺，进行科学配制，生产出系列功能食品。而我国在功能食品研究与应用方面与之相比，尚有较大差距，亟待加强。

山西独特的地理气候条件和有机旱作农业模式，造就了山西品种丰富、品质优良的特色农产品资源。2017年6月习近平总书记在山西视察时指出，山西的现代农业发展要打好特色优势牌；2020年5月习近平总书记视察山西时强调，山西农业的出路在于“特”和“优”，为山西现代农业的发展指明了方向。为深入贯彻落实习近平总书记视察山西重要讲话精神，山西省确立了“功能农业（功能食品）”的发展战略。立足有机旱作农业下的特色农产品资源基础，大力发展功能食品产业，是山西特色农产品资源优势转化为产业优势、经济优势的必然选择。

为进一步推动功能食品的研究和产业提升，《山西农业科学》“功能食品营养与健康基础研究及产业应用”专刊面向国内功能食品专家学者组稿，经同行评议最终录用综述和研究性论文13篇，内容包含功能成分分析、功效评价和作用机理研究、原料特性和加工适应性分析、加工工艺下活性组分控制和改性，以及功能食品加工技术集成和创制，涵盖了中国农业科学院、黑龙江八一农垦大学、天津科技大学、山西大学等省内外多家高校与科研院所，展示了国内功能食品领域的最新研究成果和进展。专刊的出版，将有助于推动我国功能食品领域新技术、新方法和新成果的交流 and 共享，以科技创新赋能食品产业高质量发展。在此我谨代表本刊向所有贡献其研究成果和学术观点的作者表示衷心的感谢！

特邀编委： 院士





天地“粮”心

珍食莫蚀



# 山西農業科学

JOURNAL OF SHANXI AGRICULTURAL SCIENCES

## 《山西农业科学》编委会

主 任：张 强

副主任：李宏全

委 员：（按姓氏笔画排序）

王 军 王晓娟 史向远 付宝春 冯美臣 冯翠萍 邢宝龙  
刘恩科 孙耀贵 杜慧平 杜慧玲 李 华 李 森 李云龙  
李云霞 李有华 李廷亮 李宏全 李灵芝 李朋波 李建军  
李家奎 杨治平 吴慎杰 张元庆 张中东 张丽君 张海生  
邵林生 郑 军 郑兴卫 郑洪元 郑德聪 赵晓军 赵俊星  
秦 曙 秦丽霞 袁文业 贾 栋 郭 尚 郭二虎 姬虎太  
梁建萍 穆志新

主 编：张 强

副 主 编：李宏全 李云霞 袁文业 杜慧平（常务）

责任编辑：安清秀 李素娟

英文编辑：郭数进

电脑照排：赵 明

## 山西农业科学

（月刊，1961年创刊）

第50卷第11期

2022年11月20日出版

## Journal of Shanxi Agricultural Sciences

（Monthly, Started in 1961）

Vol. 50 No. 11

November 20, 2022

主管单位：山西省农业科学院  
主办单位：山西省农业科学院  
编辑出版：《山西农业科学》编辑部  
地 址：太原市龙城大街81号  
邮政编码：030031  
电 话：0351-7089783 7075565  
电子信箱：sxnykx@126.com  
印 刷：山西同方知网印刷有限公司  
发 行：山西省邮政报刊发行局  
发行范围：公开发行  
网 址：<http://sxlx.cbpt.cnki.net/>  
邮发代号：22-24

Responsible Institution Shanxi Academy of Agricultural Sciences  
Sponsored by Shanxi Academy of Agricultural Sciences  
Editor-in-Chief ZHANG Qiang  
Editor Publisher Editorial Department of Journal of Shanxi Agricultural Sciences  
Address 81 Longcheng Street Taiyuan  
Postcode 030031  
Telephone 0351-7089783 7075565  
E-mail sxnykx@126.com  
Printer Shanxi Tongfang Knowledge Network Printing Co., Ltd  
Distribution Distribution Bureau of Shanxi Post Office  
Issuing Scope Public Issue  
Weebbsite <http://sxlx.cbpt.cnki.net/>  
Mail Code 22-24



山西农业大学出版社



山西农业科学官网

中国标准连续出版物号：

ISSN 1002-2481

CN 14-1113/S

定价：8.00元

## “功能食品营养与健康基础研究及产业应用”专刊

### 目 录

果蔬膳食纤维生理功能及其作用机制研究进展 .....	孙元琳,崔嘉航,蔡文强,刘 瑞,李 楠,王晓闻(1489)
益生菌干预Ⅱ型糖尿病的作用及潜在机制研究进展 .....	吴 涛,张永莉,李宗琪,田慧颖,张国华(1497)
益生菌安全性与功能性评价方法研究进展 .....	张国华,田慧颖,何国庆(1505)
藜麦粉的抗氧化能力及体外降糖降脂特性研究 .....	佐兆杭,徐炳政,宫 雪,庞惟俏,王 颖(1511)
陈化六堡茶的主要品质化学成分及其抗氧化活性分析 .....	杨高中,马士成,张 悦,林 智,吕海鹏(1519)
辣木叶茶青梅复合饮料的制备及其抗氧化活性评价 .....	陈怡飞,肖婧楠,董 蕾,胡青平,徐建国(1527)
油枣中黄酮类化合物体外抗凝血活性分析 .....	王争争,赵 邑,王如福(1536)
小米糠多肽抗氧化活性及对秀丽隐杆线虫延寿作用初析 .....	卢 翔,张翔宇,李 晨(1542)
山西老陈醋调节高脂血症大鼠血脂及肠道菌群的机制 .....	.....
.....	李瑛琪,侯嘉怡,李 轩,杜 鹏,宋 佳,聂志强,王 敏(1549)
绿豆蛋白水解物对环磷酰胺诱导小鼠免疫活性的影响 .....	胡锦瑞,刘 欣,刁静静,王长远(1560)
传统工艺山西陈醋酿造微生物溯源分析 .....	寇 蓉,冯国杨,李 晨,范晓军(1568)
基于微流变学技术分析不同脂肪含量对发酵乳特性的影响 .....	.....
.....	张 婷,王 丹,赵 谦,张文秀,白 梅,孙志宏,于 洁(1576)
不同猪肉的营养成分与食用品质分析 .....	田慧颖,张国华,贾 如(1583)



## 导语

孙宝国（中国工程院院士）



北京工商大学校长、党委副书记、教授、博士生导师，中国食品科学技术学会理事长，北京市科协副主席，香料和食品添加剂专家。构建了肉香味含硫化合物分子特征结构单元模型，研究成功了一系列重要肉香味食品香料制造技术，奠定了中国 3-呋喃硫化物系列和不对称二硫醚类食品香料制造的技术基础。北京市重点学科应用化学和食品科学学科带头人，北京市高等学校（青年）学科带头人，先后主持国家重点科技攻关项目 4 项，国家自然科学基金项目 3 项，部级重点科技攻关项目 3 项。获得国家技术发明二等奖 1 项，国家科学技术进步二等奖 2 项，省部级科技进步一等奖 2 项、二等奖 2 项，申请发明专利 11 项。出版专著 10 余部，发表论文 100 余篇。

党的二十大报告中提出“加快建设农业强国”，这是党中央着眼全面建设社会主义现代化国家作出的重大决策部署，明确了新时代新阶段农业农村现代化的主攻方向。以“大食物观”新发展理念保障国家粮食安全，是加快推进农业强国建设的应有之义。粮食安全，或者说食物安全，已经涵盖了数量、质量和营养安全。营养、安全、健康已经成为食品开发的主题。

目前，兼具营养和保健功能的功能性食品在全球范围内正进入到快速发展阶段，行业规模不断扩大。2021 年我国功能性食品市场规模达到 4 035.1 亿元。然而，对标美日等发达国家，我国功能食品渗透率仍较低，未来发展空间巨大。发达国家在功能食品的理论研究方面，深入研究分子水平上功效成分与生理功能的关系，揭示功能因子的化学结构本质、作用机理、量效关系及稳定性；在应用开发方面，运用现代分离、提取、培植、稳定、评价及制造技术，实现从原料中提取有效成分，继而以有效成分为原料，根据不同的科学配方和产品质量要求，确定合理的加工工艺，进行科学配制，生产出系列功能食品。而我国在功能食品研究与应用方面与之相比，尚有较大差距，亟待加强。

山西独特的地理气候条件和有机旱作农业模式，造就了品种丰富、品质优良的特色农产品资源。2017 年 6 月习近平总书记在山西视察时指出，山西的现代农业发展要打好特色优势牌；2020 年 5 月习近平总书记视察山西时强调，山西农业的出路在于“特”和“优”，为山西现代农业的发展指明了方向。为深入贯彻落实习近平总书记视察山西重要讲话精神，山西省确立了“功能农业（功能食品）”的发展战略。立足有机旱作农业下的特色农产品资源基础，大力发展功能食品产业，是山西特色农产品资源优势转化为产业优势、经济优势的必然选择。

为进一步推动功能食品的研究和产业提升，《山西农业科学》“功能食品营养与健康基础研究及产业应用”专刊面向国内功能食品专家学者组稿，经同行评议最终录用综述和研究性论文 13 篇，内容包含功能成分分析、功效评价和作用机理研究、原料特性和加工适应性分析、加工工艺下活性组分控制和改性，以及功能食品加工技术集成和创制，涵盖了中国农业科学院、黑龙江八一农垦大学、天津科技大学、山西大学等省内外多家高校与科研院所，展示了国内功能食品领域的最新研究成果和进展。专刊的出版，将有助于推动我国功能食品领域新技术、新方法和新成果的交流 and 共享，以科技创新赋能食品产业高质量发展。在此我谨代表本刊向所有贡献其研究成果和学术观点的作者表示衷心的感谢！



孙元琳，运城学院生命科学系教授，硕士生导师。主要从事特色农产品加工与增值技术研究。主持国家自然科学基金项目 2 项，国际合作与交流项目 1 项，山西省应用基础研究计划 3 项，山西省重点研发计划 2 项；获山西省高校科研创新成果一等奖 1 项，中国食品科技学会“第四届科技创新奖（优秀论文）一等奖” 1 项。出版著作 3 部，发表学术论文 60 余篇。

### 果蔬膳食纤维生理功能及其作用机制研究进展

孙元琳<sup>1</sup>，崔嘉航<sup>2</sup>，蔡文强<sup>2</sup>，刘瑞<sup>1</sup>，李楠<sup>1</sup>，王晓闻<sup>2</sup>

（1.运城学院；2.山西农业大学）

**摘 要：**果蔬膳食纤维具有改善肠道菌群结构、降血糖、降血脂等生理功能，对预防肥胖、糖尿病等慢性疾病具有重要的作用。文章综述了果蔬膳食纤维的主要生理功能及其降血糖、降血脂作用机制，系统阐释了果蔬膳食纤维对人体的益处，旨在为果蔬膳食纤维功能食品的开发和应用提供理论参考。果蔬膳食纤维的摄入能够增殖有益菌、抑制有害菌，通过改善肠道菌群结构，调节机体对胰岛素和胰高血糖素的分泌，使血糖值趋于正常水平，从而改善体内的糖代谢紊乱和胰岛素抵抗作用，并通过保持细胞的氧化与抗氧化平衡状态，防止胰岛  $\beta$  细胞的损伤，减轻机体的炎症作用，以此达到降低机体血糖的功能。果蔬膳食纤维会加速食物在肠道中的排空速度，减少机体对胆固醇的吸收，同时膳食纤维为肠道益生菌的生长和繁殖提供了适宜的环境，促进机体对脂类物质的代谢。此外，肠道中的益生菌发酵膳食纤维产生的短链脂肪酸可以抑制胆固醇的合成，达到降低血脂的效果。

**关键词：**果蔬；膳食纤维；生理功能；作用机制



吴涛，天津科技大学食品工程与生物技术学院副教授，硕士生导师。主要从事食品营养、天然产物对慢病的干预作用以及农副产物高值化利用技术等研究。先后主持并参加了多项科研项目，研究成果“玛咖复合型固体饮料的研制与开发”获得 2014 年天津市津南区科技进步三等奖，申请发明专利 9 项。发表学术论文 20 余篇。

### 益生菌干预 II 型糖尿病的作用及潜在机制研究进展

吴涛<sup>1</sup>，张永莉<sup>1</sup>，李宗琪<sup>1</sup>，田慧颖<sup>2</sup>，张国华<sup>2</sup>

（1.天津科技大学；2.山西大学）

**摘要:** II型糖尿病（T2DM）是全球面临的严重代谢疾病之一，其病因与发病机制较为复杂。近年来研究表明，肠道菌群与II型糖尿病关系密切，并且肠道菌群严重紊乱可能还会诱发II型糖尿病的发生。因此，利用益生菌调节肠道微生态环境从而改善II型糖尿病，已成为当前的研究热点之一。文章总结了目前益生菌对II型糖尿病的改善作用和调控II型糖尿病的作用途径，详细介绍了益生菌对II型糖尿病患者机体炎症、肠黏膜屏障、糖脂代谢、氧化应激的调节作用。根据目前已取得的研究成果，II型糖尿病患者体内摄入益生菌后其肠道菌群结构得到改善、体内胃肠激素得到积极调控，体内各种异常表达的细胞因子及基因趋于正常水平，并且损伤的组织细胞被修复，同时可增强体内胰岛素敏感性并缓解胰岛素抵抗现象。

**关键词:** 肠道菌群；II型糖尿病；益生菌；菌群失调



张国华，山西大学生命科学学院副教授，硕士生导师；兼任中国食品科学技术学会第三届青年工作委员会委员，中国食品科学技术学会传统酿造食品分会常务理事，山西省九三学社青年工作委员会委员，山西省细胞生物学会委员，山西省科学技术协会科学传播专家，山西省营养学会专家委员，山西省标准化技术委员会委员。主要从事传统发酵食品、乳酸菌及功能食品等方面的研究。主持参与科研项目19项，其中，国家自然科学基金、山西省自然科学基金面上项目、山西省重点研发项目6项；获山西省科学技术奖三等奖1项，授权发明专利6项。主编论著2部，发表学术论文10余篇。

## 益生菌安全性与功能性评价方法研究进展

张国华<sup>1</sup>，田慧颖<sup>1</sup>，何国庆<sup>2</sup>

（1. 山西大学；2. 浙江大学）

**摘要:** 益生菌指的是剂量充足时对寄主健康有益的活的微生物，大多数为乳杆菌。益生菌具有增强胃肠道功能、调节免疫功能、降低胆固醇、促进营养物质的吸收、清除重金属等多种功能，在食品加工、医药治疗、功能性食品、动植物微生物制剂等方面都有着广泛的应用。随着人们对肠道菌群与人体健康关系的认识和研究，益生菌越来越受到人们的重视。但是，随着益生菌市场的扩大，其所带来的安全性问题也逐渐扩大，且目前国内对益生菌的安全性和功能性评价方法的研究仍处于落后状态，严重制约了该行业的发展，并存在着安全隐患。文章就益生菌安全性评价进行了总结，并从菌种鉴定、动物致病性试验、产毒试验、耐药性试验等方面进行了阐述，同时介绍了益生菌功能性评价的方法，着重介绍了益生菌提高免疫力、调节肠道菌群和润肠通便的功能的评价方法。

**关键词:** 益生菌；安全性评价；功能性评价





王颖, 国家杂粮工程技术中心副主任, 教授, 博士生导师, 美国康奈尔大学食品学院高级访问学者, 黑龙江省农产品加工与贮藏领军人才梯队后备带头人, 黑龙江省 C 类人才计划专家; 兼任国家杂粮产业技术创新战略联盟秘书长、全谷物食品产学研联盟副理事长等。主要从事食品质量和农产品加工及贮藏的科研和教学工作。主持完成科研项目 35 项、横向课题或成果转化项目 4 项; 获各级科研奖励 10 余项, 授权发明专利 17 项。出版专著 4 部, 教材 6 部, 发表学术论文 150 余篇, 其中 SCI 和 EI 收录 28 篇。黑龙江省第四届女工创新创业创效成果奖、黑龙江省第十四届青年科技奖等荣誉称号。

### 藜麦粉的抗氧化能力及体外降糖降脂特性研究

佐兆杭<sup>1</sup>, 徐炳政<sup>2</sup>, 宫雪<sup>1</sup>, 庞惟俏<sup>1</sup>, 王颖<sup>1, 3, 4, 5</sup>

(1.黑龙江八一农垦大学; 2.青岛琅琊台集团股份有限公司; 3.国家杂粮工程技术中心; 4.粮食副产物加工与利用教育部工程研究中心; 5.黑龙江省农产品加工与质量安全重点实验室)

**摘 要:** 为了对比脱皮制粉工艺和传统制粉工艺对藜麦抗氧化活性和降糖降脂生理功能的影响, 测定了藜麦脱皮前后总酚、总黄酮、皂苷含量以及乙醇-丙酮提取物抗氧化活性及其对  $\alpha$ -葡萄糖苷酶和胰脂肪酶的抑制率, 并分析其降糖降脂的生理功能。结果表明, 传统制粉工艺制备的藜麦原粮粉提取物的总酚、总黄酮和皂苷含量均高于脱皮粉, 且藜麦原粮粉提取物的总抗氧化能力、DPPH 自由基、ABTS 自由基、超氧阴离子自由基 ( $O_2^{\cdot-}$ ) 和羟自由基 ( $\cdot OH$ ) 清除能力显著高于脱皮粉; 藜麦原粮粉提取物对  $\alpha$ -葡萄糖苷酶和胰脂肪酶的抑制率显著高于脱皮粉。与藜麦原粮粉相比, 藜麦脱皮粉的活性物质、抗氧化活性和体外降糖降脂能力虽有所降低, 但仍呈现出较强的功能特性。

**关键词:** 藜麦; 脱皮工艺; 抗氧化; 降糖; 降脂



吕海鹏, 中国农业科学院茶叶研究所研究员, 博士生导师, 浙江省茶叶学会常务理事, 长期担任浙江省科技特派员。主要从事茶叶加工品质化学与营养健康研究。主持国家自然科学基金、成果转化和开发项目等 10 余项, 获浙江省科技进步二等奖 3 项和三等奖 1 项、中国农业科学院科学技术成果奖一等奖 1 项和二等奖 2 项、第五届中国茶叶学会青年科技奖和第五届中国茶叶学会科学技术奖二等奖各 1 项, 授权国家发明专利 8 项。参编专著 2 部, 发表学术论文 50 多篇。

### 陈化六堡茶的主要品质化学成分及其抗氧化活性分析

杨高中<sup>1, 2</sup>, 马士成<sup>3</sup>, 张悦<sup>1</sup>, 林智<sup>1</sup>, 吕海鹏<sup>1</sup>

(1.农业农村部茶树生物学与资源利用重点实验室; 2.中国农业科学院; 3.梧州市六堡茶研究会)

**摘 要:** 六堡茶是历史上著名的黑茶之一, 具有独特的风味品质和保健功效。为了探明不同陈化时间对六堡茶主要品质化学成分及其抗氧化活性的影响, 分别采用 4 种不同化学分析法(铁离子还原抗氧化能力、清除 1, 1-二苯基苦基苯肼自由基活性、清除 2, 2-联氨基-双-(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二氨盐自由基活性以及清除超氧阴离子自由基活性)和 1 种生物学方法(细胞抗氧化法)分析比较不同陈化时间(6 a 以及 8 a 左右、10 a 以上)对六堡茶抗氧化活性的影响。结果表明, 随着陈化时间的增加, 六堡茶茶汤中水浸出总量、茶多酚、儿茶素以及游离氨基酸等主要化学成分含量呈下降趋势, 而茶褐素含量呈增加趋势; 六堡茶的抗氧化活性随着陈化时间的增加一般存在降低的趋势, 陈化 6 a 样品的抗氧化活性显著高于陈化 10 a 以上的样品; 此外, 六堡茶的细胞抗氧化能力随着陈化时间的延长有一定的增加趋势。相关性分析表明, 六堡茶的抗氧化活性与其水浸出物含量、茶多酚、儿茶素等成分的含量水平存在较强的相关性。不同陈化时间对六堡茶的抗氧化活性具有重要的影响, 六堡茶的抗氧化活性下降可能与其主要茶多酚成分等含量下降有关, 而其细胞抗氧化能力的增强可能与茶褐素成分含量增加有关。

**关键词:** 六堡茶; 陈化时间; 抗氧化活性; 化学成分; 相关性分析



徐建国, 山西师范大学食品科学学院教授, 硕士生导师。主要从事食品资源综合利用及功能性食品开发与活性评价等研究。先后主持或参与省部级以上项目及企业委托项目 20 余项; 获省高等学校科学研究优秀成果一等奖、省科学技术奖三等奖各 1 项, 授权国家发明专利 3 项。发表学术论文 100 余篇。

## 辣木叶茶青梅复合饮料的制备及其抗氧化活性评价

陈怡飞, 肖婧楠, 董蕾, 胡青平, 徐建国 (山西师范大学)

**摘 要:** 以辣木叶茶和青梅浓缩原浆为主要原料, 以蜂蜜、白砂糖为辅料, 研制一种复合饮料配方, 并以感官评分为评价指标, 采用单因素试验研究辣木叶茶浸提液、青梅浓缩液、白砂糖、蜂蜜的用量对复合饮料品质的影响, 在单因素试验的基础上采用响应面法对复合饮料的配方进行优化, 分析优化后的产品质量, 并考查其体外抗氧化活性。结果表明, 辣木叶茶青梅复合饮料的最佳配方为: 辣木叶茶浸提液添加量 52.0%, 青梅浓缩液添加量 5.5%, 蜂蜜添加量 4.0%, 白砂糖添加量 2.2%。该配方的饮料酸甜可口, 色泽金黄, 质地澄清透明, 有浓郁辣木叶茶香味以及清淡的青梅香味; 饮料的可溶性固形物含量为 6.80%, 黄酮含量为 0.088 mg/mL, 总酚含量为 0.094 mg/mL, pH 值为 4.73。体外抗氧化活性研究表明, 复合饮料对 1, 1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)自由基清除率和 2, 2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐(ABTS)自由基清除率分别为 90.5%和 36.4%。研究所得到的复合饮料具有一定的抗氧化能力, 且制备工艺简单, 具有作为功能饮料开发的潜能。

**关键词:** 辣木叶; 复合饮料; 响应面法; 抗氧化活性



王如福，山西农业大学教授，博士生导师，山西省老陈醋产业技术创新战略联盟理事长，山西省红枣协会副理事长。主要从事果品蔬菜贮藏与加工及食醋工艺的研究和教学工作。主持完成国家“863”计划、国家林业局行业公益性专项、山西省重点研发项目等多项；获山西省科技进步奖 5 项，授权发明专利 10 余项。主编或参编专著 20 余部，发表学术论文 100 余篇。

### 油枣中黄酮类化合物体外抗凝血活性分析

王争争<sup>1,2</sup>，赵邑<sup>1</sup>，王如福<sup>2</sup>

(1.山西省生物研究院有限公司；2.山西农业大学)

**摘 要：**为了研究油枣中黄酮类化合物的体外抗凝血活性和抗血栓作用，试验以凝血酶原时间 (PT)、活化部分凝血酶原时间 (APTT) 和凝血酶时间 (TT) 为评价指标，分别测定了油枣中黄酮提取物表儿茶素、槲皮素、异槲皮苷、金丝桃苷、芦丁的体外抗凝血活性；进一步选取抗凝血效果较为明显的黄酮类化合物，进行体外血凝块溶解率试验。结果表明，油枣中 5 种黄酮类化合物对正常人血浆的 APTT 均有不同程度的延长，且呈量效关系，其中芦丁的抗凝血效果最明显，当芦丁质量浓度为 20 mg/mL 时，APTT 值达 60.8 s，5 种黄酮类化合物对 APTT 的影响由高到低依次为芦丁>表儿茶素>槲皮素>金丝桃苷>异槲皮苷。5 种黄酮类化合物对 PT 和 TT 略有延长，当芦丁质量浓度为 20 mg/mL 时，作用于血浆，其 PT 值为 17.8 s；当芦丁质量浓度为 40 mg/mL 时，作用于血浆，其 TT 值为 23.9 s。当芦丁质量浓度为 50 mg/mL，作用于血凝块 4、8、24 h 后，测得血凝块溶解率分别为 22.8%、34.2%、41.3%，显著高于空白对照组。油枣中黄酮类化合物具有体外抗凝血活性和抑制血栓形成的作用。

**关键词：**油枣；黄酮；抗凝血；抗血栓



李晨，山西大学生命科学学院副教授，博士。主要从事蛋白质与酶工程研究。先后主持国家自然科学基金和省级科研项目 4 项，授权发明专利 2 项。主编国家级教材 1 部，参编英文专著 1 部；发表学术论文 30 余篇，其中 SCI 收录 15 篇。

### 小米糠多肽抗氧化活性及对秀丽隐杆线虫延寿作用初析

卢翔，张翔宇，李晨（山西大学）

**摘 要：**为了提高小米糠的利用率，为小米糠的综合利用与高值开发奠定一定理论基础，采



用碱溶酸沉法制备了小米糠蛋白,用碱性蛋白酶酶解后使用超滤管对酶解的蛋白样品进行超滤,从而得到3组不同分子质量(MW)的多肽组分(MW<3 ku、3 ku<MW<10 ku和MW>10 ku),进一步对这3种组分小米糠多肽的抗氧化活性进行研究。结果表明,MW<3 ku的多肽组分体外抗氧化活性最佳,当多肽质量浓度为6 mg/mL时,对ABTS自由基、DPPH自由基和羟自由基的清除率分别达到了90.28%、78.43%和34.23%,具有较强的自由基清除能力。将MW<3 ku的小米糠多肽组作用于秀丽隐杆线虫后,线虫寿命较对照组显著提高,在质量浓度为20 μg/mL时延长寿命效果最佳;线虫运动和咽抽能力试验结果表明,20 μg/mL的小米糠多肽能显著增强线虫运动能力和咽抽速率。进一步采用液质联用技术(LC-MS/MS)对小米糠多肽进行了测序,并结合分子对接技术预测了小米糠代表性肽ASEGGHGPHWPLPPF与髓过氧化物酶(Myeloperoxidase, MPO)的作用方式,结果显示,该肽与MPO活性位点具有强烈的分子相互作用,推测其具有抵抗体内氧化应激的能力。

**关键词:** 小米糠; 肽; 抗氧化; 延寿; 分子对接



王敏,天津科技大学生物工程学院教授,博士生导师,研工部部长、研究生院常务副院长。主要从事具有重要食品与医药价值的工业微生物菌种筛选与改良,微生物细胞催化反应与过程调控,传统发酵食品生产菌种的功能分析与发酵技术研究。近5年主持天津市高等学校创新团队项目、国家自然科学基金项目、天津市农业科技成果转化与推广项目等14项,授权或申请发明专利60余项。参编教材或专著8部,发表SCI/EI论文100余篇。

## 山西老陈醋调节高脂血症大鼠血脂及肠道菌群的机制

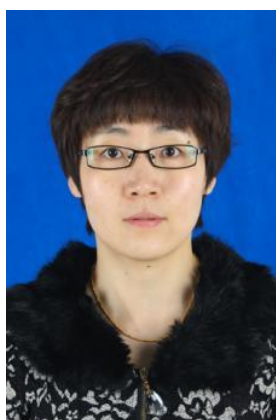
李瑛琪<sup>1</sup>, 侯嘉怡<sup>1</sup>, 李轩<sup>1</sup>, 杜鹏<sup>1</sup>, 宋佳<sup>1</sup>, 聂志强<sup>2</sup>, 王敏<sup>1</sup>

(1.天津科技大学; 2.山西大学)

**摘要:** 长期高脂肪饮食(HFD)会诱发机体氧化应激、炎症和肠道微生物菌群紊乱。为了解山西老陈醋调节血脂代谢的作用机制,采用高脂饲料喂养法建立大鼠高脂血症模型,考察不同剂量山西老陈醋对高脂血症大鼠的体质量、血清生化指标、肝功能指标、抗氧化水平及肠道菌群等影响。结果表明,山西老陈醋的干预能够显著降低高脂血症大鼠体质量的增长趋势,改善大鼠血清脂质代谢水平指标,并且对高脂血症大鼠肠道菌群的多样性和结构具有显著的正向调节作用,其中乳杆菌属(*Lactobacillus*)、阿克曼氏菌属(*Akkermansia*)等有益菌丰度上调,拟杆菌属(*Bacteroides*)、脱硫弧菌属(*Desulfovibrio*)和瘤胃球菌属(*Ruminococcus*)等致病菌丰度下调。此外,山西老陈醋可显著提升抗氧化指标,降低氧化应激反应,增加血清中肝功酶水平,显著降低炎症因子的水平,有显著的抗氧化、抗炎效应和肝损伤保护作用。因此,推测山西老陈醋在直接改善机体脂质代谢的同时,还可通过对高脂血症大鼠肠道菌群的多样性和菌群结构的正向调节达到进一步降低血脂的效果。山西老陈醋可作为一种对抗氧

化应激、炎症、恢复肠道正常微生物群落和治疗代谢性疾病的新策略。

**关键词：**山西老陈醋；脂质代谢；肠道菌群；抗氧化；护肝



刁静静，黑龙江八一农垦大学副研究员，硕士生导师。主要从事农产品加工、杂豆食品营养等方面的研究。先后主持或参加国家自然科学基金面上项目、国家农业成果转化资金项目、战略国际合作重点研发项目子课题、黑龙江省青年自然科学基金项目、黑龙江省教育厅科技攻关项目等 10 余项；获黑龙江省科技进步二等奖 2 项，黑龙江省农垦总局科技进步一等奖 2 项、二等奖 3 项，大庆市科技进步一等奖 1 项、二等奖 3 项，授权国家发明专利 8 项。发表学术论文 30 余篇。

### 绿豆蛋白水解物对环磷酰胺诱导小鼠免疫活性的影响

胡锦瑞，刘欣，刁静静，王长远（黑龙江八一农垦大学）

**摘 要：**以<3 000 u 的绿豆蛋白水解物（Mung bean protein hydrolysate, MBPH）为原料，研究其对环磷酰胺（Cyclophosphamide, CY）诱导小鼠免疫活性的影响，采用 40 mg/kg CY 腹腔注射建立免疫抑制小鼠模型，灌胃给予不同剂量的 MBPH（100、300、500 mg/kg），考察免疫器官指数、免疫酶活力、血液指标、巨噬细胞吞噬率、脾淋巴细胞增殖率、细胞因子和免疫球蛋白水平。结果表明，MBPH 中剂量组和高剂量组显著改善 CY 诱导免疫抑制小鼠的免疫器官指数，改善脾脏组织病理状态；增强乳酸脱氢酶（Lactate dehydrogenase, LDH）和酸性磷酸酶（Acid phosphatase, ACPase）的活力；MBPH 能显著促进脾细胞增殖和巨噬细胞吞噬能力，改善白介素-10（IL-10）、白介素-6（IL-6）、肿瘤坏死因子- $\alpha$ （TNF- $\alpha$ ）、干扰素  $\gamma$ （IFN- $\gamma$ ）、免疫球蛋白 M（IgM）和免疫球蛋白 G（IgG）水平，且呈剂量依赖性。综上，绿豆蛋白水解物对机体的免疫系统具有一定的保护作用，可以作为一种免疫调节剂应用于功能性食品和保健品领域。

**关键词：**绿豆蛋白水解物；免疫功能低下；小鼠



范晓军，太原理工大学环境科学与工程学院教授，硕士生导师，加拿大 SFU 大学访问学者；兼任山西省微生物学会副理事长，中国食品科学技术学会传统酿造分会理事，山西省食品科学技术学会理事，山西省科技战略专家库成员，入选首批山西省“三晋英才”支持计划。主要从事微生态系统与工程、微生物应用技术、合成生物与微生物代谢工程等研究。主持和参与国家级项目 4 项，省部级项目 10 余项，横向项目 7 项；获山西省自然科学二等奖 1 项，山西省自然科学三等奖 1 项，山西省优秀学术论文三等奖 1 项，授权发明专利 4 项。在国内外学术期刊发表论文 80 余篇。

## 传统工艺山西陈醋酿造微生物溯源分析

寇蓉<sup>1,2</sup>, 冯国杨<sup>1</sup>, 李晨<sup>3</sup>, 范晓军<sup>1</sup>

(1.太原理工大学; 2.山西杏花村汾酒集团有限责任公司; 3.山西大学)

**摘 要:** 为了解传统工艺山西陈醋酿造过程中微生物群落的组成和解释酿造微生物来源提供重要的理论数据,研究采用高通量测序技术对发酵剂、车间空气、工具表面、糖化样、末期酒醅、辅料麸皮以及早期醋醅微生物的群落组成结构和多样性进行分析,通过快速期望最大化微生物源跟踪(FEAST)方法解析糖化发酵第2天和醋酸发酵第1天微生物群落的来源。结果表明,所有样本中细菌群落的多样性和丰富度均大于真菌群落,其中,大曲中优势细菌属和真菌属分别为乳酸杆菌属(*Lactobacillus*)和复膜孢酵母属(*Saccharomycopsis*),而快曲中优势细菌属和真菌属分别为魏斯氏菌属(*Weissella*)和曲霉属(*Aspergillus*),麸皮样品中主要的细菌属和真菌属分别为不动杆菌属(*Acinetobacter*)和节担菌属(*Wallemia*)。基于FEAST的微生物溯源分析结果显示,糖化发酵第2天样本中细菌群落主要来自室内地面和工具表面,真菌群落主要来自大曲;醋酸发酵第1天样本中细菌群落主要来自工具表面、火醅和酒精发酵第12天的酒醅,真菌群落主要来自工具表面、空气和酒精发酵第12天的酒醅。

**关键词:** 山西陈醋; 溯源分析; 高通量测序; 微生物群落



于洁, 内蒙古农业大学讲师, 硕士生导师。主要从事乳酸菌资源库建设与生物多样性、益生乳酸菌基因组和蛋白组学、乳品发酵剂产业化关键技术等研究。主持国家自然科学基金面上项目和青年基金项目、内蒙古自然科学基金面上项目、内蒙古自治区科技计划关键技术攻关项目子课题等6项; 入选2022年内蒙古自治区高等学校青年科技英才支持计划, 获神农中华农业科技奖—优秀创新团队奖、内蒙古科技进步一等奖、长城食品安全科学技术奖、内蒙古自治区优秀硕士和博士论文奖各1项, 授权发明专利2项。参编英文学术专著1部; 发表学术论文60余篇, 其中, SCI和EI收录19篇。

## 基于微流变学技术分析不同脂肪含量对发酵乳特性的影响

张婷, 王丹, 赵谦, 张文秀, 白梅, 孙志宏, 于洁 (内蒙古农业大学)

**摘 要:** 目前, 减少脂肪摄入成为消费者的共识, 低脂食品成为一种消费趋势, 而乳脂肪作为发酵乳的主要成分之一, 对发酵乳的风味和物理特性起着关键作用。以全脂(3.4%)、低脂(1.4%)和无脂发酵乳(0.09%)为研究对象, 采用动态激光光散射的扩散波光谱学技术研究不同脂肪含量发酵乳发酵过程中的微流变学特性, 并通过酸度、持水性和黏度等分析其贮藏特性, 旨在为不同脂肪含量发酵乳的开发提供数据支持和参考依据。微流变学数据显示, 无脂发酵乳比全脂和低脂发酵乳提前30 min到达凝胶点, 表明脂肪含量极低可加快发酵乳凝乳速率。发酵6 h时, 全脂发酵乳样品的弹性因子值为 $2.21 \times 10^{-2} \text{ nm}^{-2}$ , 高于另外2组样品; 黏度因子值为 $3.99 \times 10^{-2} \text{ nm}^{-2} \cdot \text{s}$ , 固液平衡值为0.46, 均低于其他2组样品, 表明低脂和



无脂发酵乳在发酵后期较全脂发酵乳形成较低弹性、较高黏度、更加偏液态的弱凝胶结构。在贮藏过程中，低脂和无脂发酵乳的持水力、黏度以及质构指标中硬度、稠度、内聚性、黏附性等参数均显著低于全脂发酵乳。综上，低脂和无脂发酵乳较全脂发酵乳表现出弱凝胶结构、贮藏稳定性差的特性。

**关键词：**脂肪含量；发酵乳；微流变学；质构特性



贾如，山西大学生命科学学院副教授，硕士生导师，《Animal Feed and Nutrition》审稿专家。主要从事动物营养与饲料安全领域的研究，特别是饲料中霉菌毒素的降解、降解蛋白的分离纯化、基因克隆及酶制剂的开发和利用，并建立了高效快速的饲料及食品中霉菌毒素的检测方法。先后主持或参加科研项目 13 项，申请发明专利 6 项，部分研究成果已经实现产业化。发表学术论文 10 余篇。

## 不同猪肉的营养成分与食用品质分析

田慧颖，张国华，贾如（山西大学）

**摘 要：**吕梁山猪是一种以吕梁本地山玉米、豌豆、高粱等纯正山粮饲养的自然生长的杜长大猪，其在养殖过程中采用了互联网、物联网和二维码技术，对养殖、屠宰、运输、包装、销售等信息进行数字化管理，形成“生产者—经营者—消费者—监管机构”可追溯数据链，是一种严格按照标准生产的中高档猪肉。为了给消费者选择优质猪肉和对猪肉营养价值、食用品质方面的评价提供参考，对比分析了吕梁山猪肉和普通猪肉部分营养理化指标及食用品质。结果表明,吕梁山猪肉的水分含量相对较少，蛋白质含量（16%）相对较高，为普通猪肉的 1.3 倍，山猪肉中的铁（11.3 mg/kg）、锌（13.2 mg/kg）含量均显著高于普通猪肉，挥发性盐基氮含量为 7.09 mg/100 g，仅为普通猪肉中挥发性盐基氮含量的 60%。除脂肪酸、胱氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、精氨酸外，山猪肉的其余氨基酸含量均高于普通猪肉，并且总氨基酸、鲜味氨基酸、必需氨基酸含量略高于普通猪肉。此外，山猪肉在肉的嫩度、保水性及感官品质等方面也优于普通猪肉。

**关键词：**吕梁山猪肉；普通猪肉；食用品质；氨基酸；脂肪酸