



山东省食品科学技术学会
Shandong Institute of Food Science and Technology



山東農業大學
SHANDONG AGRICULTURAL UNIVERSITY



山東農業大學
120周年校庆 | 1906-2026
120TH ANNIVERSARY OF SHANDONG AGRICULTURAL UNIVERSITY

营养健康与未来食品发展

山东省食品科学技术学会第十四届年会

会议摘要

2026年7月
山东·泰安

目 录

1. 纳米蛋壳钙通过 Ca^{2+} 缓释与颗粒填充协同改善低盐猪肉肌球蛋白乳液凝胶品质	1
2. Peroxiredoxin 6 的非钙依赖型磷脂酶 A_2 活性调控牛肉嫩化的机制	2
3. 乳化肉体系中磷脂-肌球蛋白非共价相互作用及其界面行为机制	3
4. 青花菜风味品质提升与全资源化利用技术研究	4
5. 利用 κ -卡拉胶构建黑化枣果肉重组凝胶及其口感改善与微观机制研究	5
6. 特色发酵酵母的筛选及其对枣酒理化性质与风味的调控	6
7. 桃本土酵母筛选及其在桃酒增香中的作用	7
8. 钙离子介导的豌豆分离蛋白-低甲氧基果胶体系构建桃仁油半固体乳液	8
9. 黑化荸荠提取物调控壳聚糖明胶复合膜结构、功能及西兰花保鲜应用研究	9
10. 桃高值化加工技术及副产品综合利用	10
11. 全降解生物胺传感型智能包装的高通量制造、动力学研究及神经网络建模	11
12. 果胶基凝胶载体的构建与活性成分包埋递送研究	12
13. 基于冷等离子体改性蛋白构像调控策略	13
14. 超声-酶-低共熔溶剂协同提取小麦麸可溶性膳食纤维及其结构功能特性研究	14
15. 大豆肽聚集体-可溶性大豆多糖复合颗粒的制备及其在 Pickering 溶液中的应用	15
16. 多酚氧化酶抑制肽的筛选及超高压条件下钝酶效果研究	16
17. 用于吞咽障碍食品 3D 打印的大豆蛋白-黄原胶-柑橘纤维复合凝胶墨水	17
18. 诱导调控、胁迫作用对戊糖片球菌 CCFM18 合成分泌片球菌素的影响及机理研究	18
19. 两株高效降解核苷乳酸菌的筛选及益生特性比较	19
20. Effects of ultra-high pressure (UHP) treatment on delay of quality deterioration and regulation of flavor profile in whitespotted conger (Conger myriaster) during cold storage	20
21. 褐藻多糖	21
22. 碱性蛋白酶用于酶解小麦糊粉层制取多肽的研究与膜分离技术的应用	22
23. 糖类/糖醇与甘油复配增塑高淀粉含量淀粉-PBAT 吹塑薄膜: 精细结构至理化性能研究	23
24. 基于代谢组学与网络药理学探究玉灵膏的制备及作用机制	24
25. 植物乳杆菌 LWQ17 抑制芽孢杆菌的抑菌机制及其在馒头腐败防控中的应用	25

26. Zr doped CoOOH nano-enzymes with enhanced oxidase-like activity for the colorimetric determination malathion in Foods	26
27. 植物乳植杆菌 P2 对果蔬制品的护色效果及应用特性研究	27
28. 新型糖苷酶和卡拉胶酶协同催化的奇数卡拉胶寡糖制备研究	28
29. 微生物源黑芥子酶的挖掘、改造及其在萝卜硫素制备中的应用	29
30. 新型非核糖体肽合成酶 DpEbony 的改造及其多酶一锅法合成脱羧肌肽	30
31. 蒸汽爆破辅助超声提取羊肚菌级外品多糖及体外抗氧化、降糖活性研究	31
32. 混合胶束介导类胡萝卜素肠道吸收的脂肪酸调控与粘液屏障互作机制	32
33. 蛹虫草—果胶复合凝胶体系的 3D 打印配方优化研究	33
34. 蒸汽爆破对芦笋老茎皂苷的影响及其降血糖活性与应用研究	34
35. 分子拥挤介导的适配体性能增强机制及其应用	35
36. 高效抑霉乳酸菌的筛选鉴定、抑菌机理阐释及保鲜应用	36
37. 玫瑰浸提液调控白菜泡菜亚硝酸盐积累的效应及机制研究	37
38. 利用 SPME-GC-MS、SPME-GC × GC-MS 和 HS-GC-IMS 结合机器学习算法对辐照和发酵樱桃汁中挥发性化合物的表征	38
39. 蒸汽爆破协同复合菌种发酵苹果皮渣功能营养评价与应用研究	39
40. 超声辅助酶解提取对银耳多糖结构功能特性的影响及其在巴旦木乳饮料中的应用研究	40
41. 不同提取方式对植物乳杆菌发酵的红枣多糖理化性质及生物活性的影响	41
42. 石榴汁沉淀物形成机制及酶法抑制工艺与稳定性研究	42
43. 通过苯乳酸联合气调包装处理改善甜樱桃的贮藏品质和香气品质	43
44. 银耳多糖—血红素铁纳米复合物的制备、功能性评价及其 44 在铁强化香肠中的应用研究	44
45. 靶向金黄色葡萄球菌蛋白 A 适配体的筛选及应用研究	45
46. 基于抗氧化途径探究 AP-1 缓解早期热应激对绵羊肉品质不利影响的机制	46
47. 不同冷却方式对中温牛肉品质和货架期的影响	47
48. 不同原料来源和处理技术对牛皮明胶品质影响研究	48
49. 蒜泥加工与贮藏过程中风味劣变机制及超高压调控作用研究	49
50. 超声波和冷等离子体预处理对热风干燥无花果干燥动力学、微观结构变化及品质特性的影响	50
51. β -乳球蛋白与大蒜挥发性有机硫化物结构依赖性结合行为的研究：基于多光谱、分子对接及分子动力学模拟	51
52. 超声辅助盐渍预处理结合催化红外对生姜干燥品质的影响	52

纳米蛋壳钙通过 Ca^{2+} 缓释与颗粒填充协同改善低盐猪肉肌球蛋白乳液凝胶品质

郑宠贤

为改善低盐肉制品中肌球蛋白乳液凝胶网络疏松、保水性不足和质构劣化等问题，本研究以猪肉肌球蛋白为基质，构建低盐肌球蛋白乳液体系，并添加不同水平的纳米蛋壳钙（nano eggshell calcium, NEC, 0–1.25%），系统探究其对乳液稳定性、热诱导凝胶特性及多尺度结构的调控作用。结果表明，NEC 具有典型纳米级粒径特征，并能在体系中持续释放 Ca^{2+} 使体系保持稳定的钙离子浓度，并通过其小颗粒特性协同改善乳液凝胶特性。随着 NEC 添加量增加，肌球蛋白乳液的乳化活性指数由 $6.77 \text{ m}^2/\text{g}$ 提高至 $14.76 \text{ m}^2/\text{g}$ ，乳化稳定性指数由 85.96% 提高至 96.19%。在 1% NEC 条件下，肌球蛋白表面疏水性显著增强，溶解性降低至 51.9%， ζ -电位达到 -15.4 mV ，乳滴分布最为紧密均一。热诱导凝胶结果显示，1% NEC 处理组具有最高的白度、硬度和保水性，蒸煮损失降低至 8.29%。低场核磁共振和磁共振成像结果表明，NEC 促进自由水向不易流动水和结合水转化，提高了凝胶体系的水分固定能力。傅里叶变换红外光谱、内源荧光光谱和差示扫描量热分析进一步表明，适量 NEC 可促进肌球蛋白二级和三级结构重排，并增强热稳定性。流变学和扫描电镜结果证实，1% NEC 可形成更致密、均匀且连续的凝胶网络。其作用机制主要归因于 NEC 缓释 Ca^{2+} 所产生的电荷屏蔽和离子桥联作用，以及纳米颗粒在凝胶孔隙中的填充和支撑作用。过量 NEC（1.25%）则可能引发颗粒聚集和网络不均一，削弱改善效果。本研究表明，适量纳米蛋壳钙不仅可作为兼具营养强化、结构调控和品质提升功能的天然钙源应用于低盐乳化肉制品，还为蛋壳副产物从低值废弃资源向高附加值食品功能因子的转化提供了重要产业化路径。同时，本研究揭示了 Ca^{2+} 缓释与纳米颗粒填充协同驱动肌球蛋白乳液凝胶网络重构的关键机制，为低盐肉制品凝胶品质调控、天然矿物质改良剂开发及健康肉制品加工技术创新提供了重要理论支撑。

Peroxioredoxin 6 的非钙依赖型磷脂酶 A₂ 活性调控牛肉嫩化的机制

刘际通

Peroxioredoxin 6 (Prdx6) 是一种具有非钙依赖型磷脂酶 A₂ (iPLA₂) 活性的双功能蛋白, 已被证实与牛肉嫩度相关, 但其 iPLA₂ 活性在牛肉嫩化中的具体调控机制尚不明确。本研究以牛背最长肌 (Longissimus lumborum, LL) 为对象, 采用 Prdx6 的 iPLA₂ 特异性抑制剂 MJ33 和氧化剂 H₂O₂ 处理, 探究抑制 Prdx6 的 iPLA₂ 活性对牛肉早期成熟过程中嫩化相关指标的影响。结果表明, 抑制 iPLA₂ 活性可显著加速肌钙蛋白 T 和 desmin 的降解, 提升细胞内 Ca²⁺ 浓度, 激活 calpain-1, 同时抑制 caspase-8、caspase-9 和 caspase-3 的活化, 降低细胞凋亡率。细胞形态学观察显示, 抑制 iPLA₂ 活性对细胞结构具有保护作用。综合表明, 抑制 Prdx6 的 iPLA₂ 活性通过激活 calpain 通路对嫩化有促进作用, 抑制了凋亡通路同时延缓了嫩化, 但综合结果表明促嫩化作用大于抑制作用, 加速了牛肉的嫩化。本研究为 Prdx6 作为牛肉嫩度生物标志物提供了理论依据。

乳化肉体系中磷脂—肌球蛋白非共价相互作用 及其界面行为机制

刘景

乳化肉体系中蛋白—脂质相互作用是影响乳化稳定性和加工品质的重要因素。本研究以肌球蛋白和磷脂构建模拟乳化肉体系，结合界面吸附、乳化特性、光谱分析、显微观察和分子动力学模拟，解析磷脂调控肌球蛋白构象及界面行为的机制。结果表明，随着磷脂比例增加，乳滴大小由 8.2 μm 降至 1.6 μm ，界面肌球蛋白吸附量由 43.58% 降至 24.08%，说明磷脂可通过竞争吸附重构油水界面。适量磷脂可促进肌球蛋白疏水基团暴露 β -折叠结构富集，提高蛋白—脂质复合物稳定性；过量卵磷脂则可能导致体系结构趋于无序。分子动力学模拟显示，磷脂酰胆碱可嵌入肌球蛋白疏水沟槽，结合自由能为-55.36 kcal/mol，主要由疏水作用和范德华力驱动，并由氢键和静电相互作用协同稳定。本研究揭示了磷脂—肌球蛋白非共价结合及其界面调控机制，为乳化肉制品品质提升提供理论依据。

青花菜风味品质提升与全资源化利用技术研究

范梦睿

针对青花菜加工中存在的风味缺陷（含硫化合物比例失调导致不良气味）及副产物（茎叶约占花球重量 60%）资源浪费严重两大产业痛点，本研究以风味品质提升与全资源化利用为目标，系统开展了青花菜精深加工关键技术研究。通过设置蒸汽烫漂（30-150 s）与热水烫漂（30-150 s）对比实验，采用 GC-MS、OPLS-DA 及 ROAV 方法分析风味物质变化规律。结果表明：蒸汽烫漂 60 s 为最优工艺，可显著减少戊醛、己醛等脂质氧化产物的积累，调控二甲基二硫醚、二甲基三硫醚等关键含硫化合物比例，实现风味平衡。在此基础上，以优化烫漂后的青花菜汁为基底，分别与百香果、荔枝、苹果、红枣按 2:1 复配，综合感官评价与稳定性分析，筛选出青花菜-苹果、青花菜-红枣两款复合果蔬汁，色泽稳定、风味协调、适口性佳。针对占花球重量 60% 的茎叶副产物，开发了青花菜茎叶粉胶囊及速溶粉产品，通过分散性、沉淀率及电子鼻气味分布评价，初步验证了其加工可行性与应用潜力。本研究构建了“花球—饮品、茎叶—胶囊/速溶粉”的全资源化利用技术链，为青花菜加工风味调控提供了实验依据，同时为果蔬加工副产物的高值转化及健康食品开发提供了可复制的技术方案，助力食品与健康产业绿色、高质、可持续发展。

利用κ-卡拉胶构建黑化枣果肉重组凝胶及其口感改善与微观机制研究

张 慧

黑化处理可显著提升乐陵金丝小枣的营养与功能活性，但在此过程中“皮硬肉软”的质构矛盾会导致强烈的粗糙感，严重制约了其零食化应用与产业升级。为突破这一瓶颈，本研究提出了一种利用κ-卡拉胶（KC）辅助重组果肉基质的策略，旨在构建自支撑复合凝胶以全面改善口感体验。

将黑化枣去核打浆后，引入不同浓度的 KC，通过加热与冷却诱导制备复合凝胶。综合运用流变学、质构分析、低场核磁共振（LF-NMR）、扫描电镜（SEM）、傅里叶变换红外光谱（FTIR）及感官评价等多维手段，系统解析复合体系的质构调控规律与微观演变机制。

研究发现，黑化枣果肉基质对 KC 具有显著的促凝胶形成效应，在极低 KC 浓度下即可形成自支撑复合凝胶（纯 KC 及纯果肉在该浓度下均无法成胶）。随着 KC 浓度增至 2.5%，复合凝胶网络发生显著致密化演变，SEM 显示孔径由~236 μm 急剧缩小至~86 μm；大分子链段交联度增加，宏观硬度由~2.5 N 跃升至 16.7 N。同时，LF-NMR 结果表明网络对水分的物理束缚能力大幅增强，T₂₂ 弛豫时间由 75.8 ms 缩短至 37.0 ms，进而赋予凝胶优异的持水性（77.01%）与冻融稳定性（76.01%）。感官评价证实，重组策略成功消除了果皮带来的颗粒粗糙感与黏牙感，其中 1.5% KC 组的综合口感表现最佳，实现了向顺滑、湿润质地的转化。

本研究阐明了果肉多糖基质与 KC 的协同凝胶机制，不仅为攻克果肉类原料的口感缺陷提供了通用策略，也为通过轻量化、低成本的技术手段助力广大枣农和小微专业合作社实现低值农副产品的高值化转化与落地提供了切实可行的实践路径。

特色发酵酵母的筛选及其对枣酒理化性质与风味的调控

孙心语

我国是全球红枣第一大生产与消费国，红枣种植规模与产量常年位居世界首位，但鲜果水分含量高、采后极易腐烂，储运损耗严重；传统晾晒、干制等初级加工方式产能消化能力有限，大量红枣存在低价滞销问题，产业需高附加值深加工路径。枣酒发酵可完整保留红枣功能性营养成分，兼具独特果香，是红枣资源化增值利用的优选方向，而发酵酵母是决定枣酒酒体、风味品质的核心关键。

红枣果皮天然附生大量本土野生酵母，这类菌株拥有区别于商用酵母的独特代谢通路与产香潜力，是极具开发价值的特色菌种资源。本研究以多产区红枣为试验材料，对果皮表面野生酵母开展分离、纯化与分子生物学鉴定，系统考察不同菌株的发酵活力、高糖、乙醇、低 pH 等环境耐受性能，筛选优势酵母菌株；借助 GC-MS、电子鼻等检测手段，解析优势酵母发酵全过程的代谢变化与风味物质生成规律，明确菌株对枣酒酒精度、香气组分、口感层次的调控作用。

本研究扩充了果酒专用酵母菌种资源库，通过优良野生酵母有效提升红枣酒综合品质，同时阐明野生酵母定向增香发酵机理，为红枣特色发酵新工艺的研发、产业化落地提供菌种素材与理论支撑，对延伸红枣深加工产业链、降低红枣采后损失、提升枣类产品经济效益具有重要实践意义。

桃本土酵母筛选及其在桃酒增香中的作用

张 敏

桃是山东省重要的特色水果资源，但其成熟期集中，采后易软化、易损伤和腐败，鲜食流通与长期贮藏受到限制。将桃加工为桃酒，有助于降低采后损耗、延长产业链并提升产品附加值。桃酒品质不仅受酒精度、残糖和酸度等理化指标影响，也与酵母发酵过程中形成的挥发性香气物质密切相关。

本研究从桃及相关环境中分离本土酵母，并以商业酵母为对照，比较不同酵母在桃酒发酵中的发酵性能、产酯能力和增香作用。通过理化指标测定、氨基酸动态分析、电子鼻分析、HS-SPME-GC-MS 挥发性成分检测及感官评价，系统评价不同酵母对桃酒品质和香气特征的影响。结果表明，部分桃本土酵母能够在保持良好发酵性能的基础上，促进酯类和萜烯类香气物质形成，增强桃酒果香和花香特征。相关菌株发酵所得桃酒在挥发性物质种类、酯类含量及感官评价方面表现较优，说明本土酵母具有改善桃酒风味品质的潜力。

综上，桃本土酵母资源可用于桃酒风味定向发酵，为山东特色桃资源精深加工、发酵果酒品质提升和地方特色食品开发提供技术参考。

钙离子介导的豌豆分离蛋白—低甲氧基果胶体系 构建桃仁油半固体乳液

高万亨

桃仁油富含不饱和脂肪酸，是桃加工副产物高值化利用的重要脂质资源。然而，桃仁油本身为液态油脂，难以直接赋予食品体系稳定的半固态质构，限制了其在低脂结构化食品中的应用。本研究以豌豆分离蛋白（PPI）和低甲氧基果胶（LM）为主要结构基材，引入钙离子（ Ca^{2+} ）调控连续相网络构建，制备桃仁油低油半固态乳液，并考察 PPI/LM 比例和 Ca^{2+} 调控对体系结构与稳定性的影响。通过低场核磁共振、持水力测定、贮藏稳定性观察、流变分析、红外光谱、热重分析和激光共聚焦显微镜等方法，分析蛋白界面稳定、果胶基体构建和钙离子网络强化之间的协同关系。结果表明，PPI 有助于油滴分散和界面稳定，但单一蛋白体系连续相支撑不足；LM 可增强水分保持和基体形成能力，但单一果胶体系对油滴的空间限域能力有限。PPI 与 LM 复配后能够在油滴稳定和水相基体构建之间形成互补作用。适量 Ca^{2+} 进一步促进富果胶网络形成，降低体系中水分迁移，提高乳液抗流动能力和结构稳定性；而过量 Ca^{2+} 可能导致局部聚集和结构非均一性增强。综合分析表明，适宜的 PPI/LM 比例与 Ca^{2+} 调控条件可获得较均衡的半固态结构，使乳液表现出较好的水分约束能力、倒置稳定性、固体主导黏弹行为和较均匀的油滴分布。综上所述，本研究构建了 Ca^{2+} 介导的 PPI—LM 桃仁油低油半固态乳液，并提出了“界面稳定—基体构筑”协同结构化机制，可为桃仁脂质资源开发及植物基低油半固态食品设计提供参考。

黑化荸荠提取物调控壳聚糖明胶复合膜结构、 功能及西兰花保鲜应用研究

张弘扬

本研究通过美拉德反应型热处理，制备了黑化荸荠提取物（BWCE）改性的壳聚糖/明胶（CS/Gel）复合薄膜，旨在调控其基质结构并增强其在食品包装应用中的功能特性。BWCE 的加入改变了 CS/Gel 基质的结构，其作为一种组分改性剂参与基质重组，这些结构变化导致了浓度依赖性的性能变化。BWCE 提高了薄膜的遮光性能、机械性能，降低了水溶性、溶胀率和水蒸气透过率，并改善了其抗氧化和抗菌活性。这在西蓝花保鲜的应用中表现出抑制微生物增殖和延缓氧化及衰老相关的变质，在维持后期品质方面表现出优势。

桃高值化加工技术及副产品综合利用

米靖洁

桃是我国重要特色果品资源，鲜食消费占比较高，但在加工增值、风味提升、功能化开发及副产物综合利用方面仍具有较大提升空间。围绕食品与健康产业高质量发展需求，本汇报以桃资源高值化加工为主线，系统介绍黑化桃新产品开发、桃酒与桃醋发酵技术优化、特色桃基饮品及副产物功能化利用等研究进展。在产品开发方面，构建了黑化桃、黑桃气泡酒、黑桃白兰地、黑桃白兰地鸡尾酒、复合桃汁饮料、桃胶果冻、调和桃仁油等多元化产品体系，拓展了桃加工产品形态和消费场景。在发酵加工方面，开展了黑化桃酒工艺优化及其与鲜桃酒品质特性的对比研究，阐明不同加工方式对桃酒风味与品质形成的影响；同时开发黑桃醋产品，并创新分离获得适用于生物发酵的功能菌株——塞内加尔醋酸杆菌，实现桃醋一步发酵，为提高桃醋发酵效率和稳定产品品质提供了新的技术路径。此外，通过筛选桃本土酵母并研究其在桃酒增香中的作用，为构建具有产地特色的桃酒发酵菌群和提升桃酒风味品质提供了菌种基础。在副产物利用方面，围绕桃仁油和桃胶等资源，开展桃仁油乳液递送体系构建与表征、桃胶/卡拉胶复合凝胶材料构建与表征等研究，推动桃加工副产物由低值利用向功能食品配料和健康食品材料转化。系列研究形成了以黑化加工、发酵增值、风味提升和副产物功能化利用为核心的桃全产业链加工技术体系，可为桃资源高效利用、特色健康食品开发和果品加工产业提质增效提供技术支撑。

全降解生物胺传感型智能包装的高通量制造、 动力学研究及神经网络建模

高 山

传感型智能包装可实时感知包装微环境的变化，从而实现包装食品货架期的动态监控。然而，受限于指示剂（如花青素、紫草素、姜黄素等）较差的热稳定性及高昂的成本，这些传感型智能包装难以通过高通量的熔融挤出法进行生产，已成为阻碍其推广应用的技术瓶颈。为此，我们提出了一种仅使用少量的蓝莓提取物（ $\leq 3\%$ w/w）作为天然指示剂制造全降解生物胺传感型智能包装的方法：构建了乙醇基蓝莓提取物分散体系，并将其涂覆在淀粉/聚对苯二甲酸-己二酸丁二醇酯（poly (butylene adipate-co-terephthalate), PBAT）母粒后吹塑成膜。整个成膜过程中蓝莓提取物仅经历一次热加工。结果表明，天然色素很好地融合并保留在薄膜中，赋予了薄膜优异的抗紫外线性能。制备的包装膜能够响应环境 pH 进而产生颜色变化，氨检出限 $\leq 0.2 \mu\text{M}$ ，具备颜色可逆性与可回收性。得益于淀粉/PBAT 基质的优异性能（机械性能、阻隔性能与耐水性），制备的全降解生物胺传感型智能薄膜可以以智能标签或智能包装的形式，实时、原位监测海产品品质变化。动力学研究表明，色素浸出遵循 Fick 扩散为主的一阶动力学行为。使用 Python 语言编程，建立了基于薄膜颜色计算海产品新鲜度的深度神经网络模型。

果胶基凝胶载体的构建与活性成分包埋递送研究

步允可

本报告围绕果胶基凝胶载体的构建优化、结构调控及活性成分递送应用展开，系统介绍了负载铁离子、白藜芦醇、姜黄素三类果胶基凝胶递送体系。重点阐述了果胶基凝胶载体的制备工艺、微观结构特征及控释规律，并结合结构表征、体外模拟消化及益生菌增殖实验，分析其在活性成分递送及益生元活性等方面的功能表现，以期天然多糖载体的功能化改性及功能性食品开发提供理论依据。

基于冷等离子体改性蛋白构像调控策略

张景凯

植物蛋白常因溶解性差和起泡能力弱而限制其在食品中的应用。本研究使用冷等离子体（CP）对桑叶蛋白（MLP）进行改性，经过120秒处理后，蛋白的溶解度、起泡能力和泡沫稳定性分别提高了3.5倍、32.7倍和4.14倍。CP处理引发了S-S键断裂、巯基暴露、表面疏水性增加，颗粒尺寸减小，构象发生变化（ α -螺旋和 β -折叠减少，无规卷曲增加）。这些结构变化使蛋白质更加展开，提高了其溶解性、灵活性和界面活性，增强了起泡性能。研究表明，冷等离子体作为一种新型非加热技术，能有效改善植物蛋白的界面功能，具有潜力应用于泡沫型或充气食品中。

超声—酶—低共熔溶剂协同提取小麦麸可溶性膳食纤维及其结构功能特性研究

刘晓民

为建立一种绿色高效的麦麸可溶性膳食纤维（SDF）提取工艺，本研究将氯化胆碱、柠檬酸、甘油按摩尔比 1:2:3 配制而成的低共熔溶剂（DES）作为提取介质；系统对比热水提取法、柠檬酸提取法、低共熔溶剂提取法、超声—酶—低共熔溶剂耦合提取法（U-E-D）所得可溶性膳食纤维的理化特性与功能性质。结果显示，超声—酶—低共熔溶剂联合提取法的可溶性膳食纤维得率最高，可达 44.29%，分别较热水提取、柠檬酸提取、单一低共熔溶剂提取提升 1376.3%、361.4%、56.3%。结构表征分析表明，该联合提取工艺可显著降低产物分子量（67.62 kDa）、结晶度（24.34%），形成多孔网状结构，同时提升官能团暴露程度。上述结构改变大幅提升了样品对胆酸钠（56.81 mg/g）、胆固醇（26.75 $\mu\text{mol/g}$ ）、葡萄糖（7.85 mg/g）和亚硝酸盐（pH 2.0 时 16.93 $\mu\text{mol/g}$ ）的吸附能力，抗氧化活性显著增强，对 α - 淀粉酶、 α - 葡萄糖苷酶的抑制率分别达到 86.18%、68.29%。该生物活性提升源于超声空化效应、酶解作用与低共熔溶剂解构效应的协同作用，三者共同构建了良好的结构 - 功能关联规律。该绿色提取工艺可为从小麦麸可持续生产结构定制的 SDF 提供了绿色且高效的平台，并拓宽了其在功能性和低升糖指数食品中的潜在应用。

大豆肽聚集体—可溶性大豆多糖复合颗粒的制备及其在 Pickering 溶液中的应用

王双瑞

在食品与健康产业高质量发展的时代背景下，构建稳定、高功能的天然乳化体系，是推动功能性食品发展与产业升级的重要科学问题。本研究采用的大豆肽聚集体（SPA）来源于大豆蛋白酶解后的副产物，具有一定的抗氧化活性与两亲性，在绿色食品开发中具有良好的应用潜力。然而，SPA 在 Pickering 乳液体系中存在界面吸附能力有限，容易出现液滴易聚集以及储存稳定性较差等问题，限制了其在高端食品体系中的进一步应用。为此，引入可溶性大豆多糖（SSPS），利用蛋白质-多糖复合策略对 SPA 进行结构调控。在此基础上，结合超声辅助技术，构建 SPA-SSPS 复合颗粒乳化剂体系，实现对颗粒结构形成过程的精细调控。本研究在超声辅助条件下制备 SPA-SSPS 复合颗粒乳化剂，系统考察 pH、超声功率与时间以及质量比对体系理化性质与乳化性能的影响，确定最佳制备条件。研究旨在构建稳定的天然复合乳化体系，为功能性食品乳液的绿色制备与健康食品产业的高质量发展提供理论依据与技术支持。

多酚氧化酶抑制肽的筛选及超高压条件下钝酶效果研究

刘 嘉

超高压 (high-pressure processing, HPP) 是已实现商业化应用的食物非热加工技术, 能够在保持产品原有品质的基础上有效地杀菌、钝酶, 在果蔬和肉制品加工、生物大分子改性、活性成分提取等领域得到广泛应用, 成为推动我国未来食品加工产业高质量发展的重要支撑。但超高压的钝酶效果受酶结构、食品组分和处理条件等多个因素的影响, 苹果、草莓、马铃薯、蘑菇等产品中的多酚氧化酶难以完全钝化, 导致产品在贮藏期间易发生褐变, 感官品质和营养价值降低, 同时也限制了超高压技术的应用和产业发展。

添加抗坏血酸、柠檬酸等有机酸能显著提高超高压的钝酶效果, 但较高的添加量会造成产品甜酸失衡及浑浊分层, 产品品质仍会降低。因此, 筛选新型的酶抑制剂是维持超高压产品品质的重要研究方向。短肽的分子序列、电荷分布、疏水性和水相溶解性多样, 是一类可设计性极强的潜在分子抑制剂。本项目以浑浊苹果汁中的多酚氧化酶为研究对象, 1) 分析催化位点氨基酸与底物、抑制剂分子相互作用, 确定主要作用位点 (锚点) 和结合类型; 2) 基于结构扩散模型和目标锚点, 生成以 α -螺旋为代表的碳骨架, 再以 ProteinMPNN 软件生成多样结构序列; 3) 生成序列经溶解性、净电荷、疏水性、聚集倾向性、苦味等多目标筛选, 结合 AlphaFold Multimer 复合物结构置信度预测, 筛选并确定候选多肽; 4) 候选肽经柔性对接及分子动力学模拟, 评价候选肽结合位置、界面几何互补性、关键残基接触和复合物稳定性; 5) 构建虚拟抑制肽文库, 并计算多肽分子描述符; 6) 系统筛选动物、植物及微生物食源性蛋白, 采用蛋白酶等水解, 测定多肽序列及分子性质, 基于水解肽与目标抑制肽文库相似性, 确定水解反应条件, 优化水解工艺条件并实际验证。

研究结果表明, 多酚氧化酶催化位点作用氨基酸为组氨酸、赖氨酸和缬氨酸, 通过氢键和疏水作用等结合抑制剂或底物; 生成肽碳骨架及理化性质分析结果说明, 存在八种多肽结构簇, 以谷氨酸、赖氨酸、亮氨酸占比最高; 筛选得到 161 条抑制肽构建文库, pLDDT 得分高于 90。基于分子描述符相似性确定水解条件, 浑浊苹果汁褐变抑制试验验证抑制效果, 确定最终水解条件为: 在 55–60 °C、pH 6.8–7 条件下, 大豆分离蛋白/木瓜蛋白酶 25:1 (w/w), 水解 8 h, 获得水解肽 VNRDDNEEL、LVPARESEN RASA、GQDVDRVNAVEPAKSAF、VLVREATLTSPDKSQLIDSF、SRGQIEEL、KFLVPARESEN RASA、VRPPHNTLSF、NPEAGRIKTVTSLDLPVLRW、RVLDLAIPVNRPGQL、RRTVEAAGVPF 等表现出较好的多酚氧化酶抑制能力, 添加 5% 水解肽能够在贮藏期内有效抑制褐变, 平均褐变抑制率为 52.62%, 产品口感没有变化。

本项目以超高压加工产业实际需求为切入点, 开展靶向性抑制肽设计协同超高压钝化多酚氧化酶活性的研究, 提升超高压钝酶效果, 保持超高压加工产品品质, 推动超高压技术的应用和产业发展。

用于吞咽障碍食品 3D 打印的大豆蛋白—黄原胶—柑橘纤维复合凝胶墨水

张译文

3D 打印为精准制造吞咽障碍食品提供了新途径，但现有墨水难以兼顾适印性与吞咽安全性。大豆分离蛋白（SPI）虽是理想的全蛋白基质，但面临高剪切挤出下网络易破坏、形变恢复慢及保水有限的瓶颈。在这里，我们研究了由大豆分离蛋白（SPI）和黄原胶（XG）配制，并结合了柑橘纤维（CIFI）的复合凝胶，作为符合上述要求的潜在打印墨水。流变学测量，包括小振幅振荡剪切（SAOS）和大振幅振荡剪切（LAOS），表明增加 CIFI 含量通过增强网络交联密度显著提高了复合凝胶的黏度、弹性储能与自支撑性能。低场核磁共振（LF-NMR）数据进一步证实，适量 CIFI 的引入增强了网络对水分的结合与固定能力。添加 2.5% CIFI 的 SPI-XG 系统在适印性、宏观形态保真度等表现出最佳性能。印刷的网格结构，其形状真实度指数（SFI）达到最高值 0.87。此外，可以通过改变 3D 打印系统中的 CIFI 含量来精确地调节复合凝胶的质地性质与吞咽安全级别。较高的 CIFI 浓度导致印刷结构中改进的形状精度和增加的力学硬度；IDDSI 定性分级测试表明，1%~2.5% CIFI 组分均成功归于“5 级碎末和湿润”类别，具备优异的内聚性与极高的吞咽安全性。这项研究强调了 SPI-XG-CIFI 三元复合体系在开发植物基特殊膳食中的潜力，从而能够创建具有可定制纹理的稳定、安全的质地改良食品。

诱导调控、胁迫作用对戊糖片球菌 CCFM18 合成分泌片球菌素的影响及机理研究

郭晓静

细菌素作为乳酸菌核糖体合成的重要抗菌肽，其合成分泌通常受环境压力及群体感应系统（quorum sensing, QS）的精密调控。片球菌素 PA-1 对单增李斯特菌具有显著抑制作用，但其产量有限且合成调控机制尚不明确，限制了进一步应用。本研究旨在系统评估诱导胁迫对戊糖片球菌 CCFM18 产片球菌素的影响，并深入解析片球菌素合成分泌的分子调控机制。首先筛选了自诱导、外源物诱导及微生物胁迫等条件，确定与蜡样芽孢杆菌 ATCC11778 共培养为最优诱导策略。全基因组测序表明，CCFM18 基因组中存在片球菌素 PA-1 合成基因簇（*pedABCD*）和 LuxS/AI-2 QS 系统，*pedABCD* 下游鉴定出多个潜在的转录调控因子基因。代谢组学表明，共培养条件下 CCFM18 通过合成分泌细菌素抑制蜡样芽孢杆菌 ATCC11778 的生长及脂肪酸代谢，损害其细胞膜完整性，导致胞内代谢物泄漏，构成了促进 CCFM18 细菌素生产的正反馈触发机制。最后，运用质谱成像技术鉴定出菌株互作中诱导片球菌素产生的信号肽 FAS。转录组学分析结合 SPR、分子对接、EMSA 等分子生物学手段进一步验证了信号肽通过 *pedABCD* 下游跨膜转录因子 Hph 介导调控片球菌素产生。本研究填补了片球菌素 PA-1 合成调控机制方面的研究空白，为片球菌素的高效生产及其在食品防腐领域的应用提供了重要的理论基础。

两株高效降解核苷乳酸菌的筛选及益生特性比较

郑心茹

高尿酸血症与核苷代谢失衡密切相关，益生菌因安全高效的優勢成為該病症新型干預手段的研究熱點。本研究以農家自腌酸白菜為菌種來源，分離純化乳酸菌菌株，採用高效液相色譜法篩選高效降解鳥苷、肌苷的菌株，並對目標菌株開展菌種鑑定及益生特性系統分析。研究從 35 株乳酸菌中篩選出 SNSS116 和 SNSS177 兩株核苷降解能力突出的菌株，經 16SrDNA 測序鑑定為布氏乳桿菌(*L.buchneri* SNSS116)和短乳桿菌 (*L.brevis* SNSS177)，二者對鳥苷、肌苷的降解率均超 99.9%。益生特性檢測顯示，*L.buchneri* SNSS116 生長速率更快，自凝聚能力更優異；*L.brevis* SNSS177 則表現出更强的耐酸、耐膽鹽能力，在非極性及酸性極性界面的疏水粘附能力更突出。兩株菌株均具备良好的抗氧化性，對β - 內酰胺類、四環素類等多數抗生素敏感，僅對喹諾酮類、磺胺類呈天然固有耐藥，且均為非溶血性菌株，生物安全性良好。本研究篩選出的兩株乳酸菌 為輔助治療高尿酸血症的優質候選菌株，其中 *L.brevis* SNSS177 的胃腸道適應潛力更優，研究結果為高尿酸血症的益生菌靶向治療提供了重要的菌種資源與理論依據。

Effects of ultra-high pressure (UHP) treatment on delay of quality deterioration and regulation of flavor profile in whitespotted conger (*Conger myriaster*) during cold storage

怀欲晓

Whitespotted conger (*Conger myriaster*), an economically important marine fish, is prone to rapid deterioration in quality during refrigerated storage due to microbial proliferation, protein denaturation, and lipid oxidation, thereby limiting its shelf life and market applications. This study evaluated the preservation effects and mechanisms of ultra-high pressure (UHP, 200–500 MPa, 10 min) on refrigerated whitespotted conger muscle, with untreated samples as control. The results showed that UHP effectively retarded fish quality degradation. All UHP treatments significantly reduced total viable counts, total volatile basic nitrogen and thiobarbituric acid reactive substances, inhibiting microbial growth, protein decomposition and lipid oxidation, and maintained stable pH and texture properties. FTIR and endogenous fluorescence spectroscopy confirmed that UHP stabilized the secondary and tertiary structures of myofibrillar protein. Sensory evaluation, electronic sensory analysis and GC-MS results demonstrated that UHP delayed sensory deterioration, suppressed off-flavor generation, and preserved characteristic flavor compounds via reducing spoilage-related volatiles. Multivariate analysis revealed close correlations among protein structure, water state, microbial activity and flavor properties. Notably, 400–500 MPa UHP exhibited the optimal preservation performance. This work clarifies the mechanisms of UHP in improving the storage quality and flavor stability of refrigerated whitespotted conger, providing theoretical guidance for the industrial utilization of UHP in aquatic product preservation.

褐藻多糖

刘光林

为实现山东省海藻资源的高值化利用，推动食品与健康产业高质量发展，本研究以山东沿海优势褐藻——海带为原料，采用超声辅助共提取技术同步获取海藻多酚与岩藻聚糖硫酸酯，通过非共价自组装制备多酚-多糖复合物，并系统评价其调节糖脂代谢及肠道微生态的功能。在单因素实验基础上采用响应面法优化工艺，获得复合物得率 18.5%，多酚结合量 (132.6 ± 5.2) mg GAE/g。红外光谱与荧光猝灭分析证实，多酚主要通过氢键和疏水作用与多糖结合，复合物平均粒径约 356 nm，多分散指数 0.22，4 °C 下 30 d 内粒径无显著变化，稳定性良好。体外活性测定显示，该复合物对 α -葡萄糖苷酶和胰脂肪酶的抑制率分别达 $(72.3 \pm 3.1)\%$ 和 $(58.9 \pm 2.7)\%$ ，均显著优于单一多酚或岩藻聚糖硫酸酯 ($*p < 0.05$)。通过高脂饮食联合链脲佐菌素建立 2 型糖尿病小鼠模型，经 8 周干预，中、高剂量组空腹血糖较模型组分别降低 38.7% 和 44.2%，胰岛素抵抗指数明显改善，血清总胆固醇、甘油三酯及低密度脂蛋白胆固醇水平均显著下降，高密度脂蛋白胆固醇水平有所回升。16S rRNA 基因测序结果显示，复合物干预能够有效逆转糖尿病引起的肠道菌群失调，显著提高拟杆菌门/厚壁菌门比值，富集 *Akkermansia muciniphila* 及产短链脂肪酸菌属，增加盲肠内容物中乙酸、丙酸和丁酸含量。综上，海藻多酚-岩藻聚糖硫酸酯非共价复合物具有显著的糖脂代谢调节和肠道菌群重塑功能，可作为新型膳食补充剂或功能性食品基料进行开发。研究为山东海藻精深加工及特色健康食品创制提供了科学依据，对延长海洋食品产业链、助力食品与健康产业提质增效具有积极意义。

碱性蛋白酶用于酶解小麦糊粉层制取多肽的研究与膜分离技术的应用

王文智

全球小麦年产量超 7 亿吨，我国作为小麦生产与消费大国，年产量连续多年稳定在 1.3 亿吨以上。在小麦制粉过程中，约 25% 的麦粒重量转化为麸皮，我国每年麸皮产量超 2000 万吨，但当前麸皮主要作为饲料原料，食品化利用率不足 10%。糊粉层是麸皮中最具营养价值的部分，占其总量的 48%~52%，在食品营养领域的应用潜力巨大。糊粉层作为小麦籽粒的“营养金库”，仅占麦粒总重的 7%~9%，却蕴含小麦 60%~70% 的功能性成分。其中，蛋白质含量达到 23% 左右，且赖氨酸、苏氨酸等氨基酸比例更高，更接近人体需求。因此，小麦糊粉层是制备优质蛋白质、活性肽等重要的功能食品配料的优质原料。由于糊粉层物料成分特性的特殊性，现有工艺，不能有效适应其中多肽的提取。主要有以下原因：（1）糊粉层原料由于分离工艺限制，通常含有较高的淀粉，这部分淀粉如果不能有效去除，会影响多肽的纯度及色泽；（2）糊粉层的蛋白和多糖含量均较为丰富，因此多肽和多糖都是其重要产品，应当充分将两者分离。本实验提出了一种适合于小麦糊粉层的直接制取多肽工艺，打破了传统的由提取蛋白再到酶解制取多肽的繁琐方式，并通过膜分离技术将其分为不同组分，有很大的开发与研究价值。其主要步骤包括：糊粉层原料粉碎、蛋白酶解、固液分离、淀粉分离、蛋白酶解液分级及产品精制。该工艺能够以较低的成本，同时分离提取糊粉层中的蛋白、淀粉，并能够将其中部分蛋白转化为功能活性更好的多肽，实现糊粉层营养资源的深度利用，为开发糊粉层高附加值功能食品提供基础。

糖类/糖醇与甘油复配增塑高淀粉含量淀粉—PBAT 吹塑薄膜：精细结构至理化性能研究

侯远喆

甘油作为淀粉常用增塑剂存在易迁移、薄膜吸湿性差等缺陷。本文以葡萄糖、蔗糖、山梨醇与甘油复配作为共增塑剂，制备高淀粉含量淀粉/PBAT 吹塑薄膜，系统探究糖类/糖醇分子结构对薄膜微观结构与理化性能的调控规律。结果表明，糖类、糖醇可与淀粉形成分子间氢键，降低共混体系熔体流动性；蔗糖诱导生成大量 B 型淀粉晶体，葡萄糖促进结合水向截留水转化，山梨醇则提升薄膜结合水占比。复配增塑体系显著提升薄膜热稳定性与氧气阻隔性能，葡萄糖复配薄膜拉伸强度最高（10.12 MPa），蔗糖组杨氏模量达 380.31 MPa，但薄膜水蒸气阻隔与断裂伸长率小幅下降。山梨醇线性低熔点结构赋予其与甘油相近的增塑效果，薄膜内部无明显微裂纹；蔗糖环状大分子易造成薄膜脆性上升。菠菜保鲜实验证实，该系列薄膜可有效调控包装内气体环境，延缓蔬菜腐烂。综上，分子构型、羟基数量、熔点是决定糖类/糖醇共增塑效果的核心因素，糖类与糖醇可作为绿色可食用共增塑剂改良高淀粉淀粉/PBAT 包装薄膜，后续可进一步优化其水蒸气阻隔性能。

基于代谢组学与网络药理学探究玉灵膏的制备及作用机制

刘子琪

玉灵膏源自清代医家王孟英所著《随息居饮食谱》，是益气养血、调理气血两虚的经典食疗方，由西洋参与龙眼蒸制而成，具有 200 多年的应用历史。而关于玉灵膏的制备方法仅有“蒸百次”的记载，蒸制时间不明确严重制约玉灵膏产品的稳定可控与产业化。本研究于蒸制不同时间采集样品，通过非靶向代谢组学分析不同蒸制时间下代谢物的差异，结合 TCMSP、SwissTargetPrediction 等数据库预测活性成分靶点，通过 GeneCards、OMIM 构建蛋白互作网络筛选核心靶点，采用 AutoDock Vina 进行分子对接，验证活性成分与核心靶点的结合能力。结果显示，随着蒸制时间延长差异代谢物数量持续增多，其中泽兰黄酮、大黄酚和 6-姜辣素等成分含量随蒸制时长逐步升高（20 h 达到峰值），它们靶向 GAPDH、AKT1、STAT3、ALB 等核心靶点，可能通过调控 PI3K-Akt、HIF-1 信号通路协同发挥益气补血功效。该研究为玉灵膏的规范化制备提供数据参考。

植物乳杆菌 LWQ17 抑制芽孢杆菌的抑菌机制 及其在馒头腐败防控中的应用

李梦雪

夏季高温高湿易造成馒头微生物腐败，制约其工业化产销。本研究鉴定馒头夏季致腐菌群并开发乳酸菌保鲜技术。结果表明 37–45 °C 下馒头优势腐败菌由霉菌转为地衣芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌，二者造成拉丝腐败。筛选得到植物乳杆菌 LWQ17，可通过抑制生物膜、破坏菌体细胞膜、损伤细胞形态多重机制抑菌，其抑菌代谢产物热稳定性优异 LWQ17 保鲜结合 45 °C 热处理后，馒头在 22–25 °C 常温、高温高湿条件下货架期可达 10 d；pH 调至 6.5 时，30–35 °C 夏季室温仍可贮藏 4 d。本研究构建的乳酸菌复合热处理保鲜方案，为夏季馒头工业化防腐提供可行技术支撑。

Zr doped CoOOH nano–enzymes with enhanced oxidase–like activity for the colorimetric determination malathion in Foods

李时鑫

Herein, a colorimetric platform is presented based on zirconium-doped cobalt oxyhydroxide (Zr-CoOOH) nano-enzymes for the rapid detection of malathion (MAL). The CoOOH nano-enzymes showed excellent oxidase-like activity. With the use of 3,3',5,5'-tetramethylbenzidine (TMB) as the chromogenic substrate, the Zr-CoOOH nano-enzymes can oxidize the colorless TMB to the blue product (oxTMB), and the UV-visible spectral absorption band of oxTMB is 652 nm. The oxidase-like activity of Zr-CoOOH nano-enzymes was significantly enhanced, which was attributed to the high affinity between Zr-CoOOH nano-enzymes and TMB. The metal in the Zr-CoOOH nano-enzymes can be combined with the phosphate thiolate groups in the MAL molecule, thus inducing an enhanced catalytic activity of MAL for the reaction. The Zr-CoOOH+TMB+MAL system can achieve the quantitative detection of MAL. Under the optimized conditions, the constructed sensor exhibited a linear relation with MAL over the range of concentration from 0.1-10 μM , with a detection limit of 0.023 μM . The sensing platform showed excellent anti-interference and batch stability. This strategy expands the application of nano-enzymes to the area of rapid detection.

植物乳植杆菌 P2 对果蔬制品的护色效果及应用特性研究

王 前

鲜切果品、冻干果干及果蔬汁在加工与贮藏过程中极易发生酶促褐变，造成色泽暗沉、汁液浑浊，严重降低产品商品价值。传统化学护色剂存在残留安全隐患，绿色生物护色技术已成为果蔬加工领域的研究热点。本研究以自主筛选保藏的植物乳植杆菌 P2（CCTCC NO: M 20261182）发酵液为研究对象，探究其对果蔬的护色及营养增效作用。结果表明：P2 发酵液可使果蔬汁亮度 L^* 值显著提升 13.5%~17.8%，同时有效提高果汁 DPPH 清除率、总抗氧化能力以及多酚、黄酮活性物质含量。此外，该菌株可显著改善冻干果干色泽，使其褐变指数较对照组降低 50.75%~56.10%，并可有效抑制不同品种鲜切梨褐变，护色性能优异。综上，植物乳植杆菌 P2 兼具高效护色、抗氧化及营养保留能力，在果蔬精深加工领域具有良好的理论研究价值与产业化应用前景。

新型糖苷酶和卡拉胶酶协同催化的奇数卡拉胶寡糖 制 备 研 究

王 哲

卡拉胶寡糖具有抗炎、抗氧化等活性，在食品领域广泛应用。酶法制备卡拉胶寡糖绿色环保，产物特异性高，但产物结构相对单一，均为偶数卡拉胶寡糖。利用卡拉胶酶和 3,6-内醚-D-半乳糖苷酶协同催化，可实现奇数卡拉胶寡糖制备。

本研究针对卡拉胶降解酶资源基础及酶功能强化理论缺乏等问题，基于卡拉胶多糖利用位点挖掘与分析，从海洋微生物中获得三个新型 3,6-内醚-D-半乳糖苷酶，并建立了一种基于高效液相色谱的 3,6-内醚-D-半乳糖苷酶酶活测定方法，实现 3,6-内醚-D-半乳糖苷酶比酶活和稳定性的精准测定，筛选出最具应用潜力的新型糖苷酶 OUC-ApdagB。本研究利用 SpyTag/SpyCatcher 系统介导的蛋白体外自环化策略，对高活性卡拉胶酶进行功能强化，获得催化性能更强的环化酶，与原始酶相比，环化酶的比酶活和半衰期提升近两倍，催化效率提升约 6.7 倍。

综上，本研究利用挖掘的新型高活性 3,6-内醚-D-半乳糖苷酶和环化卡拉胶酶，成功实现了以卡拉胶五糖为代表的奇数卡拉胶寡糖高效制备，在优化后的最适反应条件下，该体系 4 h 产量可达 0.837 mg/mL，转化率达 55.83%，是目前报道的产量最高、生产强度最高的卡拉胶五糖制备体系。

微生物源黑芥子酶的挖掘、改造及其在萝卜硫素制备中的应用

李 艳

萝卜硫素是西兰花中含量丰富的硫代葡萄糖苷，具有抗癌、抗氧化等多种生理功效，但其制备方法存在局限：内源酶法副产物多且难控制，化学合成法风险高、收率低，外源酶法虽绿色高效却严重依赖高活性黑芥子酶制剂。因此，获得高活性黑芥子酶是实现其高效制备的核心关键。

本研究以高活性黑芥子酶为研究对象，围绕“酶的挖掘-酶的改造-酶的应用”开展研究，首先以高活性黑芥子酶Rmyr为模板，基于序列分析和结构聚类的方法成功挖掘并异源表达出比酶活高达 110.48 U/mg的重组酶Semyr，是目前文献中报道过的活性最高的重组黑芥子酶，其最适温度 40 °C、pH 6.0，且具有出色的储存稳定性。进一步基于序列特性和结构分析通过将野生型黑芥子酶进行定向突变，获得双突变体S342N/H350N，比酶活提升至 169.76 U/mg，并在 35 °C、pH 6.0 下表现出更强的催化活力与稳定性。以该双突变体作为催化剂，在优化条件（40 °C、pH 6.0、60 U/5 mL）下反应 20 min，萝卜硫素产量即达 15.23 mg/g种子，转化率 94.71%，生产强度 5.61 $\mu\text{mol/g}\cdot\text{min}$ ，刷新了文献报道的最高水平。

新型非核糖体肽合成酶 DpEbony 的改造 及其多酶一锅法合成脱羧肌肽

李 越

脱羧肌肽作为具有优异抗氧化与抗糖化活性的生物活性二肽，在功能食品及健康产业中应用潜力巨大。但其规模化生产受制于合成成本高昂、依赖昂贵前体组胺以及现有生物催化剂活力不足等问题。本研究旨在挖掘新型非核糖体肽合成酶，通过酶工程改造与多酶级联策略，建立一条以廉价 L-组氨酸为原料直接合成脱羧肌肽的绿色高效路线。本研究通过基因组数据挖掘，鉴定出一种新型非核糖体肽合成酶 DpEbony，该酶在 *E. coli* BL21 中实现高可溶性表达，且对 β -丙氨酸和组胺的催化活性显著优于已报道同源酶。同源建模与分子对接揭示其 AS 结构域中 Thr825 为组胺特异性识别的关键亲核位点。基于此，在野生酶的 C 端额外融合 AS 结构域，构建突变酶 C-Dp-AS。酶动力学与分子对接分析表明，双 AS 结构域增加了底物结合口袋，提升了组胺局部浓度与催化效率，使脱羧肌肽产量较原始酶提高 1.73 倍。依据各酶的酶学性质，进一步构建了由组氨酸脱羧酶 HDC、非核糖体肽合成酶野生突变体及磷酸转移酶 Sfp 组成的多酶一锅法级联体系，采用阶段控温策略，以 L-组氨酸和 β -丙氨酸为底物直接合成脱羧肌肽。在最适条件下，脱羧肌肽产量 38.68 mM，转化率 96.7%，生产强度高达 0.88 g/(L·h) (4.835 mM/h)，为目前已报道非核糖体肽合成酶生产脱羧肌肽的最高水平。综上所述，本研究提供了一种高效、经济的脱羧肌肽酶法制备新途径，为其工业化生产奠定了基础，对推动食品健康产业高质量发展具有重要意义。

蒸汽爆破辅助超声提取羊肚菌级外品多糖及体外抗氧化、降糖活性研究

付 飒

以羊肚菌加工副产物为原料，采用蒸汽爆破预处理辅助提取多糖，以多糖得率为指标，结合单因素试验与响应面法优化爆破压力、保压时间、料腔比工艺参数，确定最优制备条件。对比原生多糖 MOP 与爆破改性多糖 SE-MOP 的体外抗氧化能力，并构建 IR-HepG2 胰岛素抵抗细胞模型评价降糖活性。体外抗氧化试验显示，SE-MOP 清除 DPPH、ABTS 自由基能力显著优于 MOP；细胞实验表明，SE-MOP 可剂量依赖性提升细胞葡萄糖消耗、丙酮酸激酶活性与糖原合成能力，分级醇沉各组分均有降糖作用，未分级 SE-MOP 综合活性最佳。蒸汽爆破既能提高多糖提取率，又可显著增强多糖抗氧化、改善胰岛素抵抗的降糖活性，为羊肚菌加工副产物高值化开发提供理论支撑。

混合胶束介导类胡萝卜素肠道吸收的脂肪酸调控与 粘液屏障互作机制

陈晓宇

类胡萝卜素是一类具有抗氧化、抗炎、护眼及慢病防控等多种生理活性的脂溶性功能营养素，但其水溶性差、化学稳定性弱，在人体内生物可接受率低，极大限制了其营养功能的高效发挥。肠道吸收过程中，类胡萝卜素需与膳食脂质结合形成脂滴，在小肠肠腔中经水解、与胆盐组装形成混合胶束后，方可穿透粘液屏障并被小肠上皮细胞摄取，因此混合胶束的结构与功能特性是决定类胡萝卜素肠道吸收效率的关键。脂肪酸作为混合胶束疏水核心的重要组分，其结构组成可显著改变胶束理化性质与体系稳定性，调控类胡萝卜素包载能力、粘液层穿透行为及上皮细胞摄取效率。小肠粘液屏障是类胡萝卜素递送吸收的第一道屏障，主要由杯状细胞分泌的MUC2黏蛋白构成三维多孔水凝胶微环境，可通过尺寸筛分、非特异性吸附及动态更新清除等机制阻碍胶束载体的穿透与递送。本研究围绕混合胶束介导类胡萝卜素肠道吸收过程，聚焦脂肪酸调控效应与粘液屏障互作机制，重点探讨类胡萝卜素极性对胶束理化特性的影响、脂肪酸组成对胶束界面特征及吸收效率的调控规律，以及不同胶束体系与肠道粘液屏障的差异化互作机制，旨在阐明类胡萝卜素肠道吸收的关键调控机理，为优化膳食脂质配比、提升类胡萝卜素生物利用度提供理论依据。

蛹虫草—果胶复合凝胶体系的 3D 打印配方优化研究

房炜皓

蛹虫草是一种功能丰富的药食同源真菌，但目前相关产品多以初级加工为主，结构化程度和经济附加值较低。为提高蛹虫草在食品 3D 打印中的成型适用性，本研究以蛹虫草粉为主要原料，分别添加葵花盘果胶、柑橘果胶和苹果果胶，构建蛹虫草-果胶复合凝胶体系，并探究不同果胶种类及添加量对其流变特性、水分分布、打印性能、质构特性和微观结构的影响。结果表明，各组复合凝胶均表现出明显的剪切稀化行为，且储能模量 G' 高于损耗模量 G'' ，说明该体系具有良好的可挤出性和自支撑能力。果胶添加可改善复合凝胶的水分分布、打印精确度和稳定性，其中 4% 柑橘果胶组综合表现较优。质构分析，4% 柑橘果胶组硬度达到 $206.36 \pm 5.38\text{g}$ ，胶着性为 157.25 ± 5.13 ，咀嚼性为 139.95 ± 0.28 ，表现出较好的结构支撑能力。扫描电镜结果显示，4% 柑橘果胶组打印制品截面结构更加致密、均一。综上，柑橘果胶能够有效改善蛹虫草复合凝胶的打印成型性能，其中 4% 柑橘果胶更适合作为蛹虫草 3D 打印食品的优选基质配方。本研究可为蛹虫草功能食品的结构化加工及个性化 3D 打印食品开发提供参考。

蒸汽爆破对芦笋老茎皂苷的影响及其降血糖活性与应用研究

舒兴妃

本研究旨在探究蒸汽爆破预处理对芦笋加工老茎废弃物中皂苷提取效率及降血糖活性的影响，并开发了一款降血糖口服液产品。以芦笋老茎为原料，优化蒸汽爆破压力、时间和料腔比，经超声提取纯化后采用液相色谱-质谱联用仪（LC-MS）鉴定皂苷组成，评价爆破前后皂苷的抗氧化、体外降糖活性及斑马鱼体内降糖效果，并通过组合试验设计响应面优化口服液产品配方方案，以感官评价得分为响应值，建立二次回归模型，确定最优工艺参数。结果表明，最优爆破条件为压力 0.8 MPa、时间 60 s、料腔比 2 : 4，皂苷提取率达 8.63%，较未爆破组提高 10 倍，共鉴定出 19 种皂苷。爆破后皂苷对 DPPH 和 ABTS⁺ 清除率的 IC₅₀ 分别为 0.039 mg/mL 和 0.121 mg/mL（爆破前为 0.16 mg/mL 和 0.138 mg/mL），对 α -淀粉酶和 α -葡萄糖苷酶的抑制率分别为 94.37%、94.62%（爆破前为 92.43%和 81.93%）。高剂量组（100 μ g/mL）爆破前后皂苷使斑马鱼血糖降低 77.38%和 82.14%。研发产品口服液最优配方为芦笋提取物 0.2 g、玉米须提取物 0.5 g、桑叶提取物 0.2 g、甘草提取物 0.04 g，此配比下感官评分达 82.72 分。综上，蒸汽爆破可显著提高芦笋老茎皂苷的提取率及降血糖活性，优化所得口服液口感良好，为芦笋加工副产物的高值化利用提供了科学依据。

分子拥挤介导的适配体性能增强机制及其应用

王思琪

核酸适配体在食品安全检测中潜力巨大，但实际应用中亲和力不足与稳定性差严重制约其应用。受细胞内无膜细胞器形成分子拥挤微环境的启发，本研究首先构建 RNA 凝聚物系统，将 CUG 重复标签融合至靶向金黄色葡萄球菌的 RNA 适配体，在 Poly-L-Lys 诱导下形成非中空凝聚态液滴。与常规缓冲体系相比，凝聚态适配体亲和力提升 22.04%，熔解温度提升 11.63%，酶抗性增强，镁离子依赖性降低，且特异性完好。机制揭示凝聚态促使适配体结构从简单发夹转变为多分支环拓扑，结合驱动力从熵驱动转为焓驱动，结合速率显著加快。受此启发，进一步开发出更简便的 PEG 诱导分子拥挤法，同样显著增强多种适配体性能（亲和力提升 25%， T_m 提升 31.7%），且普适于 DNA 和 RNA 适配体及不同靶标类型。应用层面，将 RNA 凝聚物用于 pH 敏感比色法，检测限为传统方法的五分之一，实际样品回收率稳定；将分子拥挤剂用于侧向层析试纸条，经系统筛选确定 5% PVP58 为最优，可视化检测限提升一个数量级且无假阳性。综上，本研究从 RNA 凝聚物出发衍生出简便通用的分子拥挤剂法，共同揭示分子拥挤增强适配体性能的物理机制，为克服适配体应用瓶颈提供了工程化策略。

高效抑霉乳酸菌的筛选鉴定、抑菌机理阐释及保鲜应用

王馨茹

樱桃采后软腐病（*Mucor racemosus*）是制约果实贮运品质的关键因素，开发绿色安全的生物保鲜剂成为产业迫切需求。本研究以实验室保藏植物乳植杆菌为核心菌株，系统解析其代谢产物的抑霉机制与应用潜力。目前主要研究以苯乳酸（PLA）为主，菌株筛选采用双层平板法与牛津杯法，确定 PLA 对毛霉的最低抑菌浓度为 12~12.5 mmol/L。机制研究表明，PLA 不破坏细胞壁完整性，但透射电镜观察到菌丝细胞壁与膜分离、细胞器崩解，孢子出现染色质凝集与 DNA 片段化（TUNEL 阳性）。流式细胞术进一步证实 PLA 可诱导线粒体膜电位下降、活性氧积累及 Caspase-3 激活，触发凋亡样死亡。iTRAQ/TMT 蛋白质组学揭示 PLA 显著下调糖酵解与三羧酸循环关键酶，同时上调氧化磷酸化相关蛋白，构建了“膜损伤—氧化胁迫—能量代谢阻滞”级联抑菌通路。PLA 在 4~37℃ 宽温域内保持稳定活性，与樱桃冷链高度适配，可食用涂层负载策略可协同发挥多重功效。值得注意的是，乳酸菌代谢网络具有复杂性，除 PLA 外，其分泌的有机酸、细菌素、胞外多糖及挥发性有机物等活性成分亦可能参与协同抑霉。后续研究将聚焦于这些组分的分离鉴定与功能验证，系统解析乳酸菌“代谢物群”的多靶点联合抑菌谱，为全面挖掘乳酸菌源生物保鲜潜力提供更完整的理论支撑。

玫瑰浸提液调控白菜泡菜亚硝酸盐积累的效应及机制研究

朱光鑫

针对自发发酵泡菜前期亚硝酸盐积累的食品安全痛点，本研究以玫瑰精油加工副产物玫瑰浸提液为天然调控介质，探究其对白菜泡菜亚硝酸盐的消减效应及作用机制，旨在开发清洁安全的亚硝酸盐调控策略，实现农产品副产物高值化利用。

本研究设置不同浓度玫瑰浸提液处理组，通过亚硝酸盐动态监测与感官评价筛选最优添加量；结合理化检测、16S rRNA 高通量测序及非靶向 LC-MS 代谢组学技术，从抗氧化能力、细菌群落演替、代谢谱重塑三方面解析调控机制。

结果表明，50%玫瑰浸提液处理综合效果最佳，可使亚硝酸盐峰值降低 71.61%，发酵终末期残留量降至 0.47 mg/kg；处理组全程总酚、总黄酮含量及 DPPH、FRAP 抗氧化能力均显著高于对照组；菌群 α 多样性无显著改变，但肠杆菌属、假单胞菌属等产亚硝酸盐有害菌丰度显著降低；两组代谢谱差异显著，酚酸、黄酮及苯丙烷类代谢物为核心差异物质，且抗氧化相关代谢物与亚硝酸盐含量呈显著负相关。

综上，玫瑰浸提液可通过多途径协同作用有效消减泡菜亚硝酸盐，是兼具安全性与经济性的天然调控策略，可为发酵蔬菜安全生产与玫瑰副产物高值化利用提供理论支撑。

利用 SPME-GC - MS、SPME-GC GC-MS 和 HS-GC-IMS 结合机器学习算法对辐照和发酵樱桃汁中挥发性化合物的表征

王茜琳

为探究辐照与发酵对樱桃汁风味的影响，本研究采用气相色谱-质谱联用（GC-MS）、气相色谱-离子迁移率谱联用（GC-IMS）以及结合机器学习技术的综合二维气相色谱-质谱联用（GC×GC-MS）方法，对樱桃汁中的挥发性成分进行了表征。电子束辐照（EBI）处理可提高 C+ EBI 样品中苯甲醇、庚酸甲酯和丁酸甲酯的浓度；发酵处理则能提升 C+ EBI +F 样品中 3-甲基苯酚、芳樟醇及 2-羟基-4-甲基戊酸乙酯的含量。经 2 kGy 辐射处理后，样品风味质量达到最优水平，其中 2-壬酮、2-十三酮、薄荷脑和 2-十一酮作为关键特征化合物，分别赋予产品清新的果香、酸爽口感及薄荷香气。为实现精准的香气分析，偏最小二乘判别分析（PLS-DA）分别从 GC-MS、GC-IMS 及 GC×GC-MS 数据集中识别出 17、22 和 36 个关键特征，并将这些特征应用于机器学习模型，其中 NBM 模型展现出最佳的分类与预测性能。

蒸汽爆破协同复合菌种发酵苹果皮渣功能营养评价与应用研究

玛依热·阿不力克木

本研究旨在通过蒸汽爆破联合发酵处理苹果皮渣，期望实现其功能营养特性的双向提升。以蒸汽爆破技术为主要研究对象，以总酚含量为评价指标，通过单因素试验及响应面优化确定苹果皮渣总酚最佳爆破工艺。在最佳爆破工艺条件下对苹果皮渣进行固态发酵，以乳酸菌活菌数为评价指标，通过响应面试验优化乳酸菌发酵条件，并分析苹果皮渣理化指标和抗氧化能力。结果表明，苹果皮渣多酚提取的最佳工艺为汽爆压力为 0.6MPa、蒸汽爆破稳压时间 30s、复水率 30%，此时苹果渣多酚的提取得率最高，达到 5.24mg/g，比汽爆前苹果渣多酚得率提高 25.6%。发酵工艺优化实验结果表明，最佳发酵工艺为 37℃，接种量 10%，发酵时间为 60h，在此条件下实际活菌数为 2.0×10^8 CFU/g，与预测值偏差 1.16%。SE+FAP 总糖、还原糖含量及 pH 值分别为 16.25mg/g、0.74 mg/g、3.68，与 FAP 相比，均显著下降 ($P < 0.05$)；SE+FAP 总酸、总黄酮、DPPH 清除率、ABTS 自由基清除率及还原力值分别为 48.19mg/g、0.46mg/g、88.9%、97.6%，0.778 与 FAP 相比，均显著升高 ($P < 0.05$)。本研究可为苹果皮渣绿色高效预处理技术的开发及其在功能食品中的高值化应用提供理论参考。

超声辅助酶解提取对银耳多糖结构功能特性的影响及其在巴旦木乳饮料中的应用研究

密 杰

本研究系统比较了三种提取方法（超声波辅助酶提、单独超声波、单独酶提）所得银耳多糖的结构与功能差异，并分别将其添加至巴旦木乳中评估其对乳饮料体系的影响。结果表明，超声辅助酶法的提取得率分别是单独超声和单独酶解提取的 1.5 倍和 2.5 倍，且所得多糖微观结构更疏松多孔，乳化稳定性更高，表观粘度更低、热稳定性优异。多变量统计分析证实，分子量、蛋白质及糖醛酸含量是与乳化性能密切相关的关键结构参数。在实际应用中发现，超声辅助酶法提取的银耳多糖可显著提升巴旦木乳的物理稳定性与质地特性。综上，超声辅助酶法可同时提升多糖得率并定向调控其结构，为其在植物基饮料中的应用提供了理论依据。

不同提取方式对植物乳杆菌发酵的红枣多糖理化性质及生物活性的影响

王 蕾

为探究植物乳杆菌 LP90 发酵对红枣多糖理化性质及生物活性的影响，本研究以新疆骏枣为原料，经制浆后接种 LP90 于 37℃ 发酵 36 h，分别采用热水提取、碱提取和超声辅助提取制备发酵前后两组红枣多糖，系统比较其化学组成、结构特征及体外生物活性。结果表明：发酵能够显著提升水提多糖得率和碳水化合物含量，分别为提升 31.9% 和 26.5%，而对碱提和超声提多糖的得率影响较小。

单糖组成方面，发酵后各提取组中阿拉伯糖比例普遍升高，而鼠李糖及碱提条件下半乳糖醛酸含量显著下降。分子量测定显示，发酵使三种提取方式所得多糖的分子量均降低，其中水提和碱提多糖的降幅尤为突出，且分布均一。热重分析表明，无论发酵与否，碱提多糖热稳定性最优，而发酵使水提多糖残渣率显著增加。扫描电镜观察发现，发酵使多糖表面由致密膜状转变为疏松纤维网络结构。刚果红实验证实六种多糖均不存在三螺旋构象。在生物活性方面，碱提发酵多糖对 DPPH 自由基清除能力和铁离子还原能力最强，显著优于其他组；而超声提取发酵多糖则表现出最高的 α -葡萄糖苷酶抑制活性。综上，植物乳杆菌发酵可有效改变红枣多糖的分子大小、单糖组成及微观形貌，进而增强其体外抗氧化和降血糖活性，其中发酵联合碱提或超声提取可作为功能性红枣多糖开发的有效策略。

石榴汁沉淀物形成机制及酶法抑制工艺与稳定性研究

刘 然

石榴汁在加工与贮藏阶段易生成沉淀物，破坏果汁感官品质，制约石榴深加工产业发展。为明晰石榴汁沉淀生成内在机理，构建高效绿色抑沉加工工艺，本研究开展石榴汁沉淀物形成机制、酶法抑制工艺及产品贮藏稳定性综合探究。首先测定不同石榴品种出汁率、色值、总酚、花色苷等理化与功能指标，通过相关性分析、聚类分析以及主成分分析，筛选适宜制汁且易形成沉淀的试验原料；随后采用酶法筛选出致沉因子，结合 FTIR、ICP-MS 以及 HPLC 确定其组成。筛选得到沉淀倾向性显著的石榴试验品种为陕西净皮甜，通过酶法筛选单宁类物质为关键致沉因子，蛋白质是重要的协同因素或结合对象，其中单宁类物质中鞣花酸含量占比 44.3%；沉淀物中 K、Na、Ca、Mg 等矿质元素仅为痕量，对沉淀形成贡献极低。基于上述沉淀形成机理，本研究进一步优化复合酶解抑沉工艺并验证加工与贮藏稳定性，系统完善石榴汁沉淀调控技术体系，为石榴清汁工业化生产、延长货架贮藏稳定性提供理论依据与工艺参考。

通过苯乳酸联合气调包装处理改善甜樱桃的 贮藏品质和香气品质

王婧乐

甜樱桃 (*Prunus avium* L.) 作为兼具较高营养价值与经济价值的水果品类, 其采后易腐特性与较短货架期问题长期制约樱桃产业发展。本研究旨在探究 3-苯基乳酸 (PLA) 联合气调包装对“*Youyi*”和“*Tieton*”两个品种甜樱桃贮藏品质及香气的影响。在本研究中, 采用浓度分别为 3、6、12 和 24 mmol/L 的 PLA 结合改性气调包装 (“*Youyi*”樱桃采用 3% O₂、10% CO₂ 和 87% N₂; “*Tieton*”樱桃为 7% O₂、15% CO₂ 和 78% N₂), 于 1 °C、相对湿度 80%–85% 下贮藏 60 d, 每 15 d 测定腐烂指数、包装内气体组成、色泽、硬度、失重率、可溶性固形物 (TSS)、可滴定酸 (TA) 及挥发性成分。结果表明, 12 mmol/L PLA 有效减缓 O₂ 消耗和 CO₂ 积累, 维持较高 L* 值和色度, 减缓硬度下降和失重, 并保持较高的 TSS 和 TA。香气分析显示, 12 mmol/L PLA 处理可维持特征香气物质苯甲醛、(E)-2-己烯醛和己醛的含量, 同时抑制贮藏末期乙醇、乙醛和乙酸乙酯等不良气味成分的积累。

综上, 12 mmol/L PLA 结合气调包装能有效延缓甜樱桃采后衰老, 保持理化品质和良好香气, 是一种有潜力的保鲜技术。

银耳多糖-血红素铁纳米复合物的制备、功能性评价及其在铁强化香肠中的应用研究

孙丹丹

血红素铁吸收率高，副作用较少。但水溶性差，严重影响其在小肠环境中的吸收率。而当前市面上常规铁营养强化剂普遍存在生物利用率低、易刺激胃肠道等突出行业痛点。因此，本项目以血红素铁为核心原料，依托银耳多糖的两亲结构对其进行包埋，成功制备一种纳米复合物，并将其应用于乳化香肠加工中，研发出一款具有铁营养强化功效的新型营养强化健康肉制品。经多维度试验验证：该纳米复合物可有效改善血红素铁的水溶性与胃酸稳定性，大幅提升肠道吸收率与生物利用度。同时，该乳化香肠的感官品质优良，契合现代消费者对健康膳食的需求。本项目突破传统肉制品单一营养短板，填补补铁功能性肉制品市场空白，具备良好的产业化与推广价值。

靶向金黄色葡萄球菌蛋白 A 适配体的筛选及应用研究

马麒越

金黄色葡萄球菌是食品中常见的致病菌，不仅能够污染牛乳、肉制品等食品，还容易在加工设备表面形成生物被膜，使其更难清除，增加食品安全风险。针对传统检测方法耗时长、现场应用能力不足，以及生物被膜难以有效控制等问题，本研究围绕金黄色葡萄球菌关键毒力蛋白——蛋白 A（*Staphylococcus aureus* protein A, SPA），开展了适配体筛选、快速检测及生物被膜抑制研究。

首先，构建了基于 PEG 水凝胶的适配体快速筛选平台，并结合分子动力学模拟，筛选获得两条高亲和力、高稳定性的 SPA 特异性适配体（X₇ 和 X₃₂）。基于此建立了胶体金试纸条检测方法，实现了金黄色葡萄球菌的快速可视化检测，结合光热信号实现定量分析，检测限达到 168 CFU/mL。进一步研究发现，适配体 X₃₂ 不仅能够抑制约 40% 的生物被膜形成，还可解离约 56% 的成熟生物被膜，其作用机制是阻断 SPA 发挥黏附功能，并抑制前体蛋白分泌和细胞壁锚定过程，从而降低细菌形成生物被膜的能力。

本研究实现了适配体从快速筛选、现场检测到生物被膜干预的全过程应用，为食品中金黄色葡萄球菌的快速检测和污染控制提供了新的技术思路，也为适配体在食品安全领域的应用提供了理论基础和技术支撑。

基于抗氧化途径探究 AP-1 缓解早期热应激对绵羊肉品质不利影响的机制

姜琳琳

全球气候变暖加剧畜禽热应激，高温诱发机体氧化失衡，破坏肌肉生理代谢，劣化羊肉品质，制约肉羊产业发展。现有研究证实热应激时长对肉质存在时序差异，但绵羊骨骼肌抵御热损伤的抗氧化分子调控机制尚不清晰，AP-1 转录因子在该过程中的作用缺乏系统验证。本研究以绵羊原代成肌细胞与活体绵羊为双重研究模型，设置不同时长热应激处理，结合AP-1 特异性抑制剂、siRNA 基因沉默手段，运用qPCR、Western blot、RNA-seq 及肉质常规检测技术，解析MAPK/AP-1 通路调控骨骼肌抗氧化酶（SOD、CAT、HO-1 等）表达的分子途径，阐明不同热胁迫周期下AP-1 活性、氧化水平与羊肉 pH、肉色、保水性、剪切力等指标的关联规律。结果旨在揭示短期热应激激活 AP-1、维持肉质稳定，长期热应激抑制AP-1、加剧肉品劣变的内在机理，明晰 HIF- α 、NRF2 等转录因子的互作代偿效应。本研究填补AP-1 介导反刍动物肌肉耐热机制研究空白，完善热应激—氧化应激—肉品质调控理论，为高温环境肉羊抗应激营养调控、优质肉生产提供分子理论与技术支撑。

不同冷却方式对中温牛肉品质和货架期的影响

刘佳明

探究不同冷却工艺对中温牛肉品质的影响，选取三家企业调研其冷却方案与产品产销品质卫生。结果显示各企业冷却工艺缺乏科学规范，成品普遍存在冷收缩、出水、变色、货架期短等缺陷：C1 低温快冷（0-4℃）可抑制氧化与微生物、稳定肉色，但易引发冷收缩，肉质变硬出水；C2 冷却温区偏高且波动（0-8℃），加剧脂质氧化、降低嫩度；C3 分段缓冷（11-13℃转 4-7℃）保水嫩化效果佳，却易滋生微生物、肉色劣变、缩短货架期。此外，不同部位牛肉理化与体积特性有别，适配冷却工艺存在差异。

不同原料来源和处理技术对牛皮明胶品质影响研究

李怀宇

在“大食物观”指引下，挖掘新型食品原料是推动食品产业高质量发展的核心动力。为此，本研究系统分析了不同原料来源和处理技术的黄牛皮及牦牛皮明胶的理化特性、营养成分与风味特征。结果表明，黄牛皮明胶的蛋白质含量(68.45%–71.51%)显著高于牦牛皮明胶(66.81%–67.56%)，且其铁元素含量更高(86.75 ± 1.650 mg/kg)。四种牛皮明胶样品中共检出 17 种氨基酸，其中脱毛黄牛皮明胶的甜味氨基酸含量尤为丰富。值得注意的是，未脱毛黄牛皮明胶的特征风味物质为具蜂蜜香气的 4-甲基-3-戊烯-2-酮，而未脱毛牦牛皮明胶则以 β -蒎烯、1-壬醛、D-乙酸、(E)-2-戊烯醛及烯丙基硫醚为特征。综上，黄牛皮明胶在营养与风味方面均表现出显著优势，具备成为食品工业优质替代原料的潜力。

蒜泥加工与贮藏过程中风味劣变机制 及超高压调控作用研究

刘倩茹

研究目的：本研究旨在系统比较热处理（TP）与非热处理（超高压，HPP）蒜泥在储藏期内的风味稳定性及化学物质演变,探明引起风味劣化的关键异味标志物。

研究方法：通过感官评价结合电子鼻技术确定蒜泥风味劣化的关键时间节点。综合采用 HS-SPME-GC-MS、HS-GC-IMS 和 GC-O-MS 分析挥发性组分。结合气味活度值（OAV）与偏最小二乘判别分析（PLS-DA）筛选异味物质。此外,利用高效液相色谱（HPLC）监测大蒜素与硫代亚硫酸 S-甲基甲酯（MMTS）含量的变化。

研究结果：感官评价表明,储藏 40 h 后 HPP 和 TP 组发生显著劣化,可接受度分别下降 52.17%和 63.04%。色谱分析共鉴定出 51 种（GC-MS）、53 种（GC-IMS）挥发物及 20 种香气活性成分。PLS-DA 模型筛选出 10 种关键异味成分。其中，二甲基三硫化物（DMTS）在热处理劣化样品中的 OAV 高达 2943.50，带来强烈的腐败与含硫异味。半定量分析显示，HPP 组有效减弱了刺激性并保留了鲜香,大蒜素保留率达 91%。

研究结论：蒜泥风味劣化主要是由大蒜素持续降解以及 MMTS 分解生成异味化合物共同驱动的双重机制所致。本研究为大蒜制品的风味调控及品质控制提供了理论支撑。

超声波和冷等离子体预处理对热风干燥无花果干燥动力学、微观结构变化及品质特性的影响

林瑞

研究目的：比较超声(US)和冷等离子体(CP)与冻融(FT)、渗透脱水(OD)等预处理对无花果热风干燥及理品质的影响，筛选最优预处理-温度组合。

研究方法：以青皮无花果为原料，分别进行 US(200W, 35℃, 20min)、CP(30s)、FT(-18℃, 12h)、OD(40%蔗糖/葡萄糖, 60min)预处理，于 60、70、80℃热风干燥。测定干燥曲线、有效水分扩散系数并拟合数学模型；微观结构(SEM)，水分状态(LF-NMR)，色泽、硬度，总酚及抗氧化活性(DPPH/ABTS)。

研究结果：US 和 CP 显著缩短干燥时间，提高 De_{eff} 值，诱导形成多孔微通道，促进结合水向自由水转化；FT 和 OD 因组织塌陷或表面致密化而延缓干燥。CP+80℃总酚和抗氧化活性最高，但褐变严重；US+70℃色泽最佳，硬度降低 75.37%，抗氧化能力良好，Logarithmic 模型拟合最优($R^2=0.99962$)。

研究结论：US 预处理联合 70℃热风干燥为最优组合，可同步提升干燥效率与产品品质，有效减轻热损伤和褐变，显著改善质地并保留活性成分，为高糖果干制加工提供了科学可行的技术方案。

β -乳球蛋白与大蒜挥发性有机硫化合物结构依赖性结合行为的研究：基于多光谱、分子对接及分子动力学模拟

李天尤

大蒜中的有机硫化合物会产生持久的异味，这限制了其在食品领域的广泛应用。本研究利用多光谱技术和分子模拟，探讨了 β -乳球蛋白（ β -LG）与五种挥发性有机硫化合物之间的结合行为。

研究表明，两者的相互作用显著降低了 β -LG 的游离巯基含量（降幅为 54.6%–61.2%），降低了绝对 Zeta 电位（ ζ -电位）和表面疏水性，并促进了蛋白质聚集，导致粒径变大和浊度增加。光谱分析证实了蛋白质发生了构象重排，主要表现为二级结构的改变和显著的荧光猝灭现象。

热力学参数和分子模拟证实了复合物的形成是一个自发过程（ $\Delta G < 0$ ）。这种结合作用主要由两种机制驱动：对于二甲基三硫醚和二烯丙基二硫醚，主要由氢键和范德华力驱动；而对于二甲基二硫醚、大蒜素和 S-甲基甲硫代磺酸酯，则主要由疏水相互作用驱动。

值得注意的是，大蒜素表现出最强的结合亲和力（在 318 K 时， $K_a = 7.9 \times 10^7$ L/mol）。这些发现阐明了 β -LG 与风味物质相互作用的分子基础，为开发基于 β -LG 的策略以调控食品体系中与硫相关的异味提供了科学指导。

超声辅助盐渍预处理结合催化红外对生姜干燥品质的影响

李瑞波

为提升生姜催化红外干燥品质，缓解干燥过程中皱缩、褐变、复水性降低及营养与风味流失等问题，以新鲜生姜为原料，设无预处理对照组（Control, CK）和不同浓度（5%、10%、15%、20%）氯化钠渗透预处理组（Osmotic dehydration, OD）及超声协同渗透预处理组（Ultrasound-assisted osmotic dehydration, UOD），超声功率 240 W、时间 30 min，考察各预处理对干燥特性、外观品质、理化指标、微观结构、功能成分及挥发性风味物质的影响。结果表明，UOD 处理可显著提高干燥速率，10% UOD 组干燥时间较 CK 组缩短 40 min，干燥效率最优。该处理有效抑制姜片皱缩与褐变，复水比提高 11.37%，收缩率降低 30.36%，细胞结构更加致密均匀。随氯化钠浓度升高，姜辣素含量逐渐降低，总酚含量先升后降，10% UOD 组总酚含量最高，较 CK 组提高 43.70%。主成分分析与正交偏最小二乘法-判别分析模型验证有效，可清晰区分不同预处理组的香气差异；10% UOD 组共鉴定出 14 种关键风味化合物，其中芳樟醇、 α -松油醇赋予其花香特征，香茅醛与壬醛强化柑橘果香，2-庚醇、2-壬醇等丰富了草木与脂肪味，并新增杏仁味、可可味和柠檬味等。综上，10% UOD 组可显著提升生姜干燥品质，可作为生姜催化红外干燥的优选预处理技术推广应用。

