



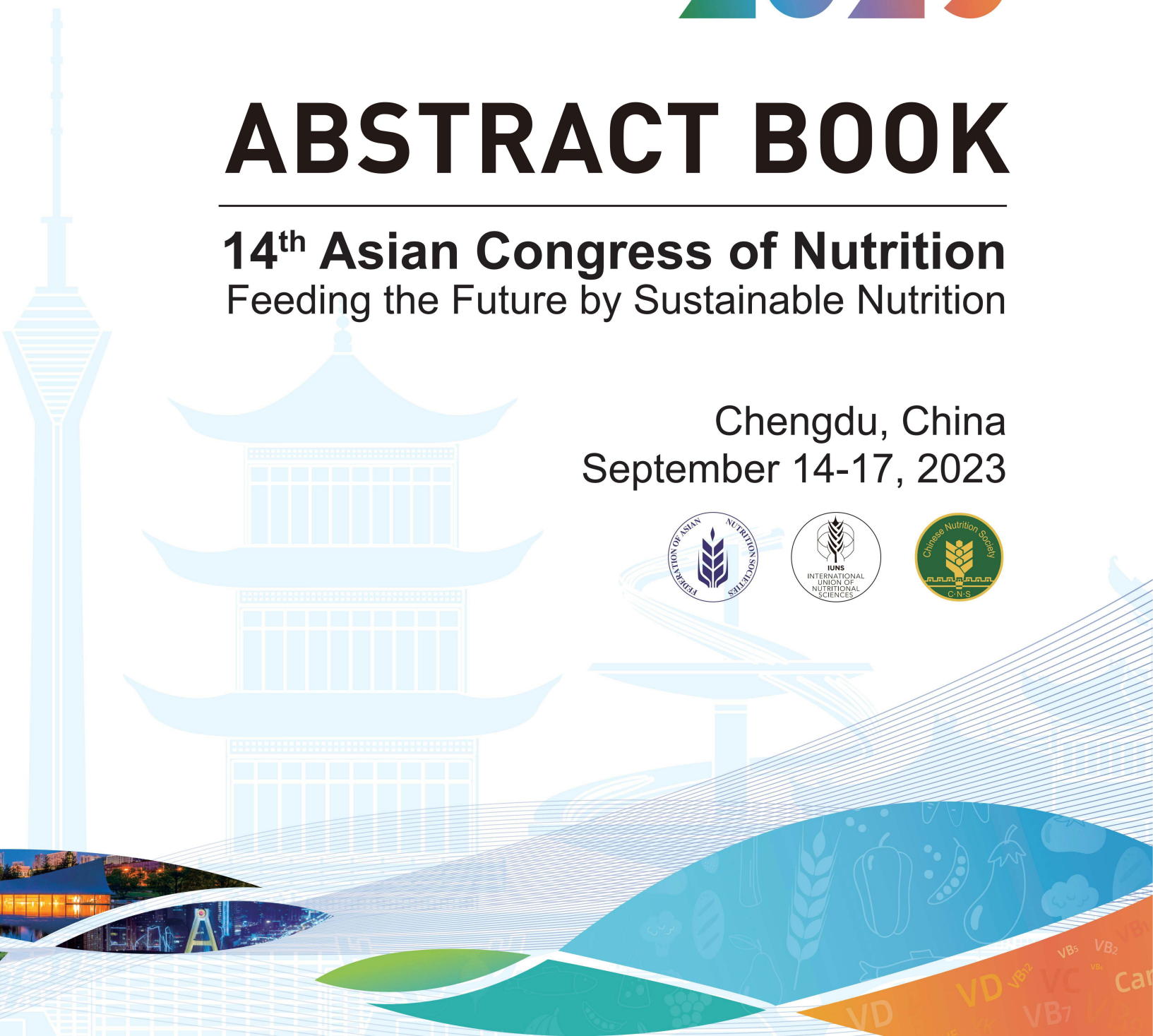
14th ACN 2023
ASIAN CONGRESS OF NUTRITION
SEPTEMBER 14-17th CHENGDU CHINA

14th ACN 2023

ABSTRACT BOOK

14th Asian Congress of Nutrition
Feeding the Future by Sustainable Nutrition

Chengdu, China
September 14-17, 2023



分类：营养与可持续发展

酵母蛋白的氨基酸组成分析及与乳清/大豆蛋白的营养价值比较

曹鑫、刘洪颀、陈子愉、程文林、郝丽萍*

华中科技大学同济医学院公共卫生学院营养与食品卫生学系

酵母蛋白的氨基酸组成分析及与乳清/大豆蛋白的营养价值比较

曹鑫, 刘洪颀, 陈子愉, 程文林, 郝丽萍△

华中科技大学同济医学院公共卫生学院营养与食品卫生学系, 食品营养与安全湖北省重点实验室, 武汉 430030

摘要:

目的: 利用不同的高效液相色谱检测 (HPLC) 技术, 从氨基酸组成角度对酵母蛋白进行营养评价, 与乳清蛋白、大豆蛋白进行比较分析, 评价其作为新型来源蛋白质替代动物蛋白与植物蛋白的潜力, 并以此三种蛋白质计算得出营养价值较高的混合蛋白比例。

方法: 以 HPLC 分析为基础, 利用酸水解方式处理三种蛋白质样本, 6-氨基喹啉基-N-羧基琥珀酰亚氨基甲酸酯 (AQC) 为柱前衍生剂, 以乙腈、磷酸盐-醋酸盐缓冲液、水为流动相进行梯度洗脱, 流速 1.0 ml/min, 进样量为 10 μ l, 柱温 37 $^{\circ}$ C, 紫外检测波长 248 nm, C18 色谱柱 (3.9mm \times 150 mm, 4 μ m) 分离检测天冬氨酸 (Asp)、丝氨酸 (Ser)、谷氨酸 (Glu)、甘氨酸 (Gly)、组氨酸 (His)、苏氨酸 (Thr)、丙氨酸 (Ala)、脯氨酸 (Pro)、酪氨酸 (Tyr)、缬氨酸 (Val)、赖氨酸 (Lys)、亮氨酸 (Leu)、异亮氨酸 (Ile)、苯丙氨酸 (Phe)。利用氧化酸水解的处理方式, 2, 4-二硝基氟苯 (FDNB) 为衍生剂, 乙腈、磷酸盐-醋酸盐缓冲液、水为流动相进行梯度洗脱, 流速 1.0 ml/min, 进样量为 10 μ l, 柱温 37 $^{\circ}$ C, 紫外检测波长 360 nm, C18 色谱柱分离检测蛋氨酸 (Met) 和半胱氨酸 (Cys)。利用碱水解的处理方式, 乙酸钠水溶液、甲醇为流动相进行等度洗脱, 流速 1.0 ml/min, 进样量为 20 μ l, 柱温 35 $^{\circ}$ C, 激发波长 283 nm, 发射波长 343 nm, C18 色谱柱分离检测色氨酸 (Trp)。采用氨基酸评分、必需氨基酸/总氨基酸比值等方法评价三种蛋白质的营养价值。

结果: 乳清蛋白、大豆蛋白、酵母蛋白三种蛋白质的必需氨基酸含量分别为 40.62%, 33.99%, 39.24%, 必需氨基酸与总氨基酸比值分别为 46.37%, 39.98%, 48.12%, 其中酵母蛋白的必需氨基酸含量高于 FAO/WHO 的标准 36%, 且与乳清蛋白接近。与 FAO/WHO 氨基酸评分模式相比可得, 乳清蛋白、大豆蛋白、酵母蛋白的氨基酸评分分别为 94.8, 46.4, 76.2, 第一限制性氨基酸分别为 Val、Thr、Thr。相比乳清蛋白, 酵母蛋白缺乏 Leu、Thr、含硫氨基酸 (SAA), 但 Val 含量更高。与大豆蛋白相比, 酵母蛋白含有更高的 Thr 和 Val, 在氨基酸组成上更为平衡。将乳清蛋白与酵母蛋白按照 5: 2 比例配制混合蛋白, 既能弥补酵母蛋白 Leu、Thr、含硫氨基酸 (SAA) 的不足, 也能相对补充乳清蛋白 Val 的不足, 可作为一种良好的膳食蛋白质来源。

结论: 酵母蛋白的必需氨基酸含量丰富, 相比大豆蛋白氨基酸构成平衡度较高, 作为一种新型来源蛋白质, 具有部分代替动物蛋白和植物蛋白作为膳食蛋白质来源的潜力, 能与乳清蛋白通过蛋白质互补作用获得营养价值更高的混合蛋白。

关键词: 酵母蛋白; 乳清蛋白; 大豆蛋白; 氨基酸评分

曹鑫, 男, 1999, 医学硕士, E-mail: caoxin3733@foxmail.com

△通讯作者, Corresponding author, E-mail: haolp@mails.tjmu.edu.cn

关键字 酵母蛋白; 乳清蛋白; 大豆蛋白; 氨基酸评分

分类：营养与可持续发展

上海地区食药物质应用现状及其影响因素研究

高围激*
上海市中医文献馆

目的：探讨食药物质在上海地区的应用历史、现状及其影响因素，并探索性提出相关应用管理与促进发展的措施建议。

方法：采用综合文献回顾性分析研究，结合专家座谈、个人访谈和实地走访调研、德尔斐法等方法，梳理了国内外食药物质使用管理的相关工作，搜集了上海地区历史上食药物质相关食疗食养文化资料、国家或地区发布的相关法律法规文件以及居民中医药健康素养水平、食药物质的生产销售和使用等情况，并调研分析了上海地区食药物质应用的管理基础、制度保障及其影响因素等情况。

结果：食药物质作为一类特殊的食品营养资源，按照传统既是食品又是药品，具有特定药理和营养作用，对维护正常人群的健康体质、帮助亚健康人群、临床患者的康复治疗，均具有十分重要的实用价值。上海地区居民相对其他地区具有较高的中医药健康文化素养水平，中医食疗养生理念在民间长期广为盛行，且中西合璧运用食药物质维护保障个体健康的历史久远，形成了独特的海派食疗食养文化，具有深厚的海派中医文化积淀。而且早期上海从事食药物质相关开发生产的工业基础较雄厚，在食药物质生产加工市场具有巨大潜力。但也存在一定局限性，比如本地中药材资源受地理环境和农业资源等局限仅有两味道地药材，其他以外地市场输入为主，且随着本地市场功能和定位的调整，近年来本地食药物质相关生产加工产业规模有缩小趋势，地方食药物质相关标准与法规还需不断完善，居民中医药健康素养水平需不断提升，营养科普和健康促进还需要持续加强等。

结论：食药物质作为祖国传统医学与现代营养科学有机结合的健康新领域，其应用开发处于重大政策机遇期，已成为国家大健康战略和新一轮健康产业发展的增长点，对助力打响“上海制造”品牌建设、助推中国特色的健康管理模式具有重要意义。上海作为改革创新发展的先行者，可以在进一步充分且深入调研的基础上，围绕“健康上海”建设和“十四五”发展机遇期，在引领现代医药健康高质量发展的过程中以体制机制和产业创新为突破口，进行贯穿产品研发与市场推广、标准制定与风险评估、市场扶持与行业监管、营养科普与健康促进等环节的综合布局，为国家进一步完善食药物质目录管理和推广应用，加强传统食疗食养文化对营养健康的促进工作提供参考。

关键字 食药物质；海派中医；药食同源；食疗食养；营养

分类：营养与可持续发展

优化“你点我检”活动，促进食品安全社会共治 ——基于监管人员和公众的认知对比

王竞、王晓成、程景民*
山西医科大学

目的：食品安全“你点我检”是市场监督管理总局“我为群众办实事”专项活动之一。本研究拟通过了解监管人员和公众对该活动开展的认识及评价，针对性提出促进活动继续有效开展的建议对策，提升食品安全社会共治能力。

方法：选取 15 省市 20 名食品安全监督抽检人员，7 省市及自治区 30 名公众作为研究对象，进行个人深度访谈，采用 Colaizzi 7 步分析法，利用 NVIVO12.0 编码、分类、整理，提炼主题。

结果：（1）各地“你点我检”在活动推广、民意征集、信息交流、制度建设等方面开展形式多样。

（2）“你点我检”对提升政府关切民生形象、公众食品安全治理参与和食品安全风险防控能力有深远意义。活动可促进食品监管与民众的契合，通过公众参与，打破监管专业信息壁垒，提升公众对食品监管的认知，提升公众对政府食品安全保障的动机信任和能力信任，进而通过广泛社会参与，提升食品生产经营单位主观规范和风险防控主体意识，最终加强公众对食品安全的获得感、幸福感和安全感。

（3）“你点我检”开展可能面临区域开展不均衡、影响、执行、舆情风险等方面困境。活动开展能力受各地经济发展、技术能力等因素影响，存在区域不均衡性；活动还存在普及率和影响力不够广泛的“圈内玩”现象；各级市场监管人员对活动开展的认识理解和具体执行方面存在差异，上级“社会参与”理念在传达过程中容易出现偏差；监督抽检专业性强，而民众认知有限，可能产生民众对活动满意度边际效应递减风险，此外，在活动推广、结果公布等环节，可能产生负面舆情事件。

（4）公众参与意愿普遍较高，但受活动影响力、个体参与社会治理意识、对食品安全的信任和政府对政府监管的动机信任影响。多数未参与源于缺乏对活动的知晓。部分未参与群众认为不能转嫁食品监管工作，未通过提供物质或精神奖励刺激参与等，反映出食品安全社会治理意识不足；食品安全风险意识不足，认为活动是形式主义，也影响参与意愿。

结论：“你点我检”能推动食品安全社会共治共享。应推广各地有效经验，进一步丰富活动形式，加大宣传，增强影响力。可制作短视频，在网民互动性较高的平台传播，并注重舆情监控。可通过持续创新直播、投票、实验室体验等活动形式，提升公众兴趣，吸引更多民众参与；多展现消费者形象、传播消费者声音，提升公众参与感。

关键字 “你点我检”，食品监管，社会治理

分类：营养与可持续发展

超高效液相色谱法测定分析花粉中黄酮醇成分

林宏琳*
福建省疾病预防控制中心

花粉作为植物的精华，包含了维生素、氨基酸、矿物质和糖类等 200 多种营养成分，被称为完全营养食品。花粉中含有丰富植物化学物，包括类黄酮成分。研究表明，膳食中的黄酮类化合物有助于提高机体免疫力、防治糖尿病及其并发症、预防动脉粥样硬化和心血管疾病、减少癌症、肿瘤以及骨质疏松等疾病的发病率等作用。虽然有以上多种的功效，目前为止，对植物中黄酮醇类化合物的研究还十分有限。

目的：建立同时测定花粉中主要黄酮醇成分含量的超高效液相色谱法(UHPLC)，测定分析由中国蜂产品协会花粉专业委员会提供的在全国各花粉产地收集到的蜂花粉 19 份（包括油菜花粉、荞麦花粉、玉米花粉、向日葵花粉、茶花花粉、莲花花粉、紫云英、芝麻花粉共 8 种），松花粉 12 份（包括黑松、云南松、马尾松、油松共 4 种），共计 31 份花粉样品中槲皮素、山柰素、异鼠李素的含量。方法：花粉样品经破壁、均质、超声、酸水解提取后，以乙腈和 0.1%三氟乙酸为流动相，经超高效液相色谱 ACCUCORE C18 色谱柱梯度洗脱，流速 $0.4 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ ，检测波长 369 nm，柱温为 35°C 。结果：3 种主要黄酮醇类成分槲皮素、山柰素、异鼠李素依次分别在 $0.2512 \sim 251.2 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ， $0.2063 \sim 206.3 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ， $0.2200 \sim 220.0 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 线性范围内线性良好， r 值均大等于 0.9998。经方法学验证，3 个组分 3 个水平加标回收率均 $>90\%$ ；精密度相对标准偏差 (RSD) 均 $<5\%$ ；方法检测限 (LOD)：槲皮素为 $0.3 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ，山柰素为 $0.4 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ，异鼠李素为 $0.4 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。比较蜂花粉与松花粉两类花粉的测定结果发现：19 种蜂花粉的槲皮素、山柰素、异鼠李素含量的中位数分别为 $264.3 \mu\text{g}/\text{g}$ ， $250.6 \mu\text{g}/\text{g}$ ， $49.72 \mu\text{g}/\text{g}$ ，三者含量之和的中位数为 $705.4 \mu\text{g}/\text{g}$ ；12 种松花粉的槲皮素、山柰素、异鼠李素含量的中位数分别为 $6.727 \mu\text{g}/\text{g}$ ， $13.535 \mu\text{g}/\text{g}$ ， $4.1325 \mu\text{g}/\text{g}$ ，三者含量之和的中位数为 $23.25 \mu\text{g}/\text{g}$ 。大部分蜂花粉中槲皮素、山柰素、异鼠李素的含量大大高于松花粉。各类花粉中各组分大部分均能检测到，但含量差异较大，其中玉米花粉及油菜花粉的含量较高，具有较高的应用及研究价值。大部分蜂花粉 3 种组分含量大大高于松花粉各花粉样品中，油菜花粉与玉米花粉的含量较高。上海玉米花粉的槲皮素、山柰素含量均最高，山西玉米花粉的异鼠李素含量最高。因此，玉米花粉就黄酮醇成分方面具有较高的应用及研究价值。此外，蜂花粉中芝麻花粉的槲皮素含量最低，安徽向日葵花粉的山柰素含量最低，甚至低于部分松花粉。结论：该法操作便捷，结果准确、可靠，可用于各种花粉中 3 种主要黄酮醇类物质的含量测定；测定结果为各类花粉的成分分析、质量控制或评价及相关研究提供初步数据及参考。

关键字 花粉 黄酮醇 槲皮素 山柰素 异鼠李素 超高效液相色谱法

CRISPR/Cas12a 驱动的 ELASA 传感对谷物样品中 OTA 的超灵敏检测研究

陈思^{1,4}、方荣²、邓飞³、杨丹婷*^{1,4}

1. 宁波大学医学部公共卫生学院
2. 宁波临床病理诊断中心
3. 澳大利亚新南威尔士大学
4. 浙江省病理生理学重点实验室

目的 赭曲霉毒素 A (OTA) 是一种主要由镰刀菌、青霉菌和曲霉产生的有毒的次生代谢产物, 已被列为 2B 类致癌物。由于其在生物体内的半衰期长, 且化学性质十分稳定, 容易在体内蓄积。人或动物长期摄入食品中低浓度 OTA 不但会造成肝肾等脏器以及免疫系统的严重损害, 甚至会导致致癌和致畸效应的发生。因此准确检测食品中 OTA 含量对于保护人与动物健康十分重要。许多技术已被应用于 OTA 检测, 包括薄层色谱法、高效液相色谱法、液相色谱-质谱联用法、毛细管电泳法和酶联免疫吸附测定 (enzyme linked immunosorbent assay, ELISA) 等。其中 ELISA 法是一种比较常用的 OTA 快速检测策略。然而, 它具有抗体价格高、灵敏度低和容易出现假阳性等缺陷。为了克服这些缺点, 我们在 ELISA 用微孔板的基础上, 结合了 OTA 适配体易于合成、价格便宜、化学性质稳定可长期储存等特点, 和聚集规则间隔短回文重复序列/聚集规则间隔短回文重复序列相关蛋白 (CRISPR/Cas12a) 系统高检测灵敏度与特异性的优势, 设计了一种由 CRISPR/Cas12a 系统驱动的酶联适配体吸附测定 (enzyme-linked aptamersorbent assay, ELASA) 法, 用于 OTA 的低成本、高灵敏度和高特异性快速批量检测。

方法 首先在 96 孔透明微孔板内孵育链霉亲和素, 再通过链霉亲和素与生物素的稳定结合将生物素修饰的 OTA 适配体固定在板上, 随后在孔板内孵育待测样品, 最后加入由 Cas12a 蛋白、CRISPR RNA (crRNA) 和单链荧光报告基因 (ssDNA-fluorophore quencher, ssDNA-FQ) 组成的 CRISPR/Cas12a 系统。本研究利用 OTA 与 crRNA 竞争性结合 OTA 适配体的原理, 实现对 OTA 的定量检测。当待测样品中没有 OTA 时, crRNA 与 OTA 适配体互补结合, 激活了 Cas12a 切割任意 ssDNA 的特性, ssDNA-FQ 被切割, 荧光团与猝灭剂分离, 产生大量荧光信号; 反之, 当待测样品中存在 OTA 时, 由于 OTA 和 OTA 适配体的高特异性结合, 导致一部分 OTA 适配体被 OTA 竞争性结合, 与 crRNA 结合的 OTA 适配体数量减少, 荧光信号相应降低。OTA 浓度的对数与荧光信号降低的程度在一定范围内成反比, 从而实现 OTA 的定量检测。

结果 该方法对 OTA 的检测限为 0.39 pg/mL, 定量检测范围在 0.5 pg/mL~1 ng/mL 之间。用此法对大米和燕麦样品中 OTA 含量进行测定, 并与 ELISA 法获得的结果进行比较, 结果相近, 说明此法可靠。此外, 通过在 Web of Science 网站对已发表的 OTA 检测策略进行检索对比, 本方法对于 OTA 的检测灵敏度普遍高于其他方法。

结论 我们构建了一个基于 OTA 适配体的 CRISPR/Cas12a 驱动的 ELASA 传感, 可用于 OTA 的高灵敏度检测。与传统的 ELISA 方法相比, 我们的方法有更高的特异性和灵敏度, 且所用原料成本更低、更容易制备与保藏。与其他许多快速检测方法相比, 我们的策略具有更高的灵敏度, 并且可以实现批量检测, 有广泛的应用前景。

关键字 CRISPR/Cas12a 系统; 适配体; 赭曲霉毒素 A; ELISA; 荧光

分类：营养与可持续发展

“森态”概念对于标记食材营养与安全品质具有认证体系建设价值

孙新*¹、夏远庆²

1. 吉林省人民医院

2. 吉林省粮油食品进出口（集团）有限公司

[目的]探讨“森态”概念作为生态理念的创新、细化和延伸，对于标记类长白山环境及其物产资源的独特品质极具识别度和成长价值。

[方法]分析现阶段以种植、养殖为主要食材供给源头的农牧生产状态，以及森态体系的基本架构、生态人文之间的互动效应和动态走势，论述食材营养和安全品质与生存生长生产环境之间的密切关联，以及营养品质和安全质量认证体系研发建设的意义和价值。

[结果] 森态环境对食材营养与安全品质具有积极影响，“森态”概念对于标记食材营养与安全品质具有认证体系建设价值。

[结论]“森态”物产作为源自生态环境的稀缺资源，其涵养能力、营养构成和安全系数亟需规范认知认证，以确认并保护森态食材的生物效价、资源品质和时空存续。我国对森林效益评价的研究始于20世纪70年代末，通过储备评估和架构分析，对其社会价值和经济价值进行了综合定位。但环林资源的研究多沉浸在环境物表和固化结构层面，对其生态、人文的互动效应、动态走势认识不充分。品质优异的特色食材做为资源物产的重要载体，其营养品质和安全质量认证体系的研发和建立，将对推动和带动生态保护、科技提升、社会进步，实现规范管理、资源整合和效益升级起到举足轻重的作用。森态食材兼具绿色、有机两个质量认证标准的体系优势，作为陆地生态系统的食药物源和再生资源，对于优化环境区位长期、远期的生态效益、社会效益、经济效益意义显著。森态认证体系的建设和规范，是对环森林资源食材的高标赋能和价值确认，是在绿色食品、有机食品的基础上，经过长期的食品认证体系化建设，经过试用、改进、提高等循环积累，对食材生态、产地、遴选、分级、生产、仓储、物流、销售、服务等环节进行从标准到流程到认证的全产品线科学管理和无缝对接，进而实现国产标准体系的创新、升级和国际化，从而在生态反哺、资源品质、产业结构、产品定位、价值提升等方面进行体系化建设和责权利分配，形成生态、健康、文化、经济和时空等学科整合、持续改进和良性循环，为人类社会整体的健康发展筑基建模。森态食材，因由得天独厚的资源条件和生长条件，具有营养浓缩安全、底蕴深厚稀缺、能效持续积累、时空双效循环、品质保值增值等特殊的生态效益、社会效益和经济效益，亟需建立系统的评价体系、运行标准以及区位研发、对接、管理、保护、反哺的专业运营团队，以提高品质认知、资源认知、价值认知，实现研发定位、产业赋能、生态保护的良性循环和成长性发展，为人类健康高端选品、高效赋能提供建设依据、方向引导和行动坐标。

关键字 森态资源 食材品质 认证体系

Cry1Ab 蛋白体外发育毒性的实验研究

周若宇、简远志、王军波*
北京大学公共卫生学院

【目的】以 Cry1Ab 蛋白为受试物，进行全胚胎培养、微团细胞培养、胚胎干细胞实验和非靶向代谢组学检测，以评估 Cry1Ab 蛋白对非目标生物的体外发育毒性和可能的影响机制。

【方法】（1）全胚胎培养：收集 SD 大鼠 9.5 d 胚胎，Cry1Ab 蛋白暴露浓度分别为 0、2.15、4.64、10.00 和 21.50 ng/mL，体外培养 48 h 后测量胚胎卵黄囊发育情况，并使用 Brown's 评分法进行评分。（2）微团细胞培养：收集 SD 大鼠 13 d 胚胎肢芽细胞，Cry1Ab 蛋白暴露浓度分别为 0、10.0、20.0、40.0、80.0、160.0、320.0 和 1000.0 ng/mL，连续培养 5 d 后检测细胞增殖和分化受到的影响。（3）胚胎干细胞实验：使用小鼠胚胎干细胞 D3（ES-D3）和小鼠 3T3 成纤维细胞，Cry1Ab 蛋白暴露浓度分别为 31.2、62.5、125.0、250.0、320.0、1000.0、2000.0 ng/mL，培养 7 d 后检测细胞活性。培养 ES-D3 细胞，Cry1Ab 蛋白暴露浓度分别为 125、250、320、1000、2000 ng/mL，诱导其分化为拟胚胎体，记录其 16 d 内的生长分化情况，检测心肌分化相关标志物（Oct3/4、GATA-4、Nkx2.5 和 β -MHC）的基因表达情况。（4）非靶向代谢组学检测：使用小鼠 3T3 细胞，Cry1Ab 蛋白暴露浓度为 0 和 1000 ng/mL，培养 3 d 后收集细胞进行检测，分析可能的差异代谢物及相关通路。

【结果】（1）全胚胎培养显示，与对照组相比，21.50 ng/mL 浓度 Cry1Ab 蛋白组胚胎卵黄囊直径、冠臀长、头长较对照组减小，卵黄囊直径的变化呈现出剂量相关趋势（ $P < 0.05$ ）。0、21.50、4.64、10.00、21.50 ng/mL Cry1Ab 蛋白组的平均总形态学评分分别为 51.00、49.00、48.88、49.12、45.38 分。4.64 ng/mL 及更高浓度的 Cry1Ab 蛋白可减少胚胎体节数量，诱导胚胎发育畸形，胚胎体节数的变化呈现剂量相关趋势（ $P < 0.05$ ）。Cry1Ab 蛋白对大鼠胚胎的半数致畸浓度为 11.78 ng/mL。（2）微团细胞培养显示，暴露浓度为 0 至 1000.0 ng/mL 的 Cry1Ab 蛋白均未引起大鼠微团细胞增殖能力降低，且各实验组的最低细胞活性均大于 70%。80.0 ng/mL 及以上浓度的 Cry1Ab 蛋白可降低大鼠肢芽细胞分化为软骨细胞的能力（ $P < 0.05$ ），160.0 和 1000.0 ng/mL 浓度的 Cry1Ab 蛋白可减少微团形成数目（ $P < 0.05$ ），细胞分化率的降低呈现剂量相关趋势（ $P < 0.05$ ），但未见 Cry1Ab 蛋白暴露对微团细胞的迁移造成明显影响。Cry1Ab 蛋白对大鼠微团细胞的半抑制浓度为 3.91×10^4 ng/mL。（3）胚胎干细胞实验显示，所有 Cry1Ab 蛋白实验组的小鼠 3T3 细胞和 D3 细胞活性与对照组相比无统计学差异（ $P > 0.05$ ）。各实验组的拟胚胎体直径和心肌细胞分化率无统计学差异（ $P > 0.05$ ），各组细胞团的形态、规模、搏动能力相似。各实验组的成熟心肌标志物 β -MHC、心肌早期分化标志物 Nkx2.5 和 GATA-4、多能性相关标志物 Oct3/4 的基因表达水平与对照组相比均无统计学差异（ $P > 0.05$ ）。（4）非靶向代谢组学检测显示，Cry1Ab 蛋白可使小鼠 3T3 细胞内 25 种代谢物浓度显著上升，7 种代谢物浓度显著下降（ $P < 0.05$ ，含量变化倍数绝对值 > 2 ），并使细胞内生物素代谢通路受到显著影响（ $P < 0.05$ ，通路受影响程度 > 0.10 ）。

【结论】（1）在本研究条件下，Cry1Ab 蛋白可影响大鼠胚胎的正常发育并影响微团细胞的正常分化，对微团细胞和小鼠 3T3 细胞的增殖过程未见影响；未观察到 Cry1Ab 蛋白对小鼠胚胎干细胞分化为心肌细胞的过程产生影响。（2）在本研究条件下，Cry1Ab 蛋白可扰乱小鼠 3T3 细胞代谢，导致细胞内 32 中代谢物的浓度和生物素代谢通路受到显著影响，可能与部分体外发育毒性测试中出现的毒性效应相关，需要更多实验评估以确保相关食品的安全性。

关键字 Cry1Ab 蛋白，发育毒性，全胚胎培养，微团细胞培养，胚胎干细胞

分类：营养与可持续发展

不同来源特种玉米种皮中阿拉伯木聚糖的结构、理化特性和抗氧化潜力研究

孙雨静、杨玉琪、缪铭*
江南大学

目的：全球环境污染和资源稀缺问题频发促使人们研究利用可再生资源生产有价值的产品。基于此，积极推动利用农副产品生产具有社会经济价值的产品具有重要意义。作为玉米淀粉加工过程的低附加值产品，全球玉米种皮的年产量约为 5500 万吨，主要用作动物饲料添加剂，非淀粉玉米种皮含有 50% 以上的半纤维素，许多研究发现其主要成分是阿拉伯木聚糖（AX），这是一种结构复杂的非淀粉多糖。作为一种不能被胃肠道酶水解的益生元膳食纤维，AX 还可以促进健康肠道菌群的生长和短链脂肪酸的产生。研究发现，不同植物来源的 AX 结构差异会影响人类粪便发酵特性，此外，从不同基因型玉米中提取的 AXs 具有不同的阿拉伯糖/木糖（A/X）比例，以及不同的半乳糖和葡萄糖醛酸含量，从而导致不同的肠道微生物群落变化。因此，AX 的精细结构将影响其物理化学性质、功能性质，最终影响其应用。

方法：本研究选取了不同来源的三种特种玉米种皮，分别是糯玉米（粤彩糯 2 号）、甜玉米（粤甜 39 号）和甜糯玉米（粤鲜糯 6 号），通过碱法处理分离得到三种不同来源的 AXs：AX2，AX6 和 AX39，我们确定了其单糖组成和分子量的差异，通过核磁氢谱研究了其精细结构，通过原子力显微镜研究了其形貌及糖链特征，并进一步通过红外，X-射线衍射，热重分析和流变研究了其理化特性差异，最后通过体外抗氧化实验和体外厌氧发酵了解了其功能特性，确定了在体外发酵过程中产生短链脂肪酸的差异，促进特种玉米的综合利用。

结果及结论：研究发现 AX39 的 A/X 值最大，为 0.68，说明其阿拉伯糖侧链的支化程度较高。与 AX2 和 AX6 相比，AX39 的分子量更大，为 3.92×10^5 Da，阿拉伯糖侧链分支更高。此外，AX6 含有较高的二取代木糖，这使得它更难以消化。原子力结果表明，侧链较多的 AX39 含有较多的羟基，导致分子链的柔性化程度较低，而 AX2 允许单个 AX 分子的可视化，AX6 可以形成不规则的形状，如细长的条形。红外及 X-射线衍射结果表明三种 AXs 的官能团差异不显著且均呈无定形。流变学分析表明，高浓度时，AX39 表现出明显的剪切变稀行为。此外，阿魏酸和对香豆酸是 AX 中的两种主要酚酸，体外 DPPH 和 ABTS 自由基清除结果表明，AX 的抗氧化能力与其酚酸含量成正比。结构的差异导致了 AXs 体外发酵过程中短链脂肪酸含量的差异。分支度较高的 AX39 和酚酸含量较高的 AX2 的总短链脂肪酸含量均高于 AX6。基于以上结果，我们发现不同来源的 AXs 具有不同的结构和性质，可以根据不同的需求选择合适的 AXs 来生产高附加值的产品。

关键字 阿拉伯木聚糖；特种玉米；体外酵解；抗氧化

新型淀粉基膳食纤维的益生活性研究

杨玉琪、缪铭*、孙雨静
江南大学

目的：随着社会经济发展和生活水平提高，我国糖代谢异常及代谢综合征易发人群呈快速上升趋势。《健康中国 2030》提出引导合理膳食，实施营养干预，为人民群众提供全方位全周期健康服务。淀粉是日常主食的主要组分，是机体摄入能量的最主要来源。其中淀粉类膳食纤维能有效调节餐后血糖反应和肠道菌群，有利于预防糖代谢异常诱发的代谢综合征。本报告主要介绍类罗伊多糖作为新型淀粉类膳食纤维的潜在益生活性，阐述多糖结构营养品质的相互关系，为促进我国健康食品设计制造提供新的思路。

方法：在本研究中，利用来源于 *Azotobacter chroococcum* NCIMB 8003 的 4,6- α -糖基转移酶改性麦芽糊精（DE 29），通过重构糖链的链接方式制备出一种高分子量类罗伊糖结构的多糖。多角度激光光散射凝胶色谱系统结合酶指纹图谱法和核磁氢谱分析例了类罗伊糖的结构；体外模拟消化和模拟发酵探究了类罗伊糖的益生活性以及酵解过程。

结果：类罗伊糖是一种分子量为 1.5×10^7 g/mol 的多糖，是由麦芽三糖、麦芽四糖、麦芽五糖等麦芽低聚糖通过 α -1,6-glc- α -1,4 转折结构和 α -1,4/6 分支结构形成的葡聚糖，其中 α -1,6 糖苷键的比例达 33.33%。体外模拟消化实验表明类罗伊糖包含 37.4% 的抗消化组分，且类罗伊糖在口腔以及胃部消化阶段只有轻微降解，在小肠消化阶段被降解到 1.2×10^6 g/mol，随后未被吸收的组分充当碳源在大肠中被肠道微生物酵解。与商业化抗性糊精相比，类罗伊糖可以更大限度的促进肠道微生物的增殖，降低肠道环境的 pH 值，产生更多的短链脂肪酸。

结论：4,6- α -糖基转移酶在重构麦芽糊精糖链结构时引入更多的 α -1,6 糖苷键，合成的类罗伊糖结构的新型多糖，可以在人体胃肠道中保留较多的抗消化组分，具有作为益生元的潜力。在体外模拟肠道发酵实验中，类罗伊糖作为碳源显著增加了肠道微生物发酵产有机酸和短链脂肪酸的产量，尤其是丁酸。实验中，类罗伊糖组的丁酸含量是抗性糊精组的 1.4 倍。丁酸在提供能量和抑制肠道细胞癌变方面发挥着重要作用，体现了类罗伊糖对维持人体肠道健康的巨大潜力。另外，类罗伊糖的益生作用主要与其在小肠中抗消化、大肠中较高的生物利用度有关。通过测定发酵液中的总糖含量变化发现，类罗伊糖比抗性糊精更易被肠道微生物降解利用，生物利用度在 50% 左右，远高于商业化的抗性糊精。表明了类罗伊糖作为新型淀粉基膳食纤维的巨大潜力。

关键字 新型淀粉基膳食纤维，类罗伊糖，模拟胃肠消化，模拟肠道发酵

分类：营养与可持续发展

中国 18 岁及以上成人中心性肥胖变迁趋势的分析

公维一*

中国疾病预防控制中心营养与健康所

目的：中心性肥胖也称腹型肥胖，是指过多的脂肪堆积于腰腹部皮下或腹腔内脏器官、肠系膜、主动脉周围。中心性肥胖已成为全球重大公共卫生问题，与一般性肥胖相比，中心性肥胖与高血压、糖尿病、脑卒中等的相关性更为密切，给我国的医疗卫生体系造成了较为严重的负担。本研究分析我国 18 岁及以上成人中心性肥胖的患病状况及变化趋势，为成人中心性肥胖的防控提供理论依据与基础数据依据。方法：利用 2010-2012 中国居民营养与健康状况监测数据和 2015-2017 年中国居民营养与健康状况监测数据，采用多阶段分层整群抽样的方法，监测对象为全国 31 个省（自治区、直辖市）的常住人口。腰围的测量方法要求使用统一规定的腰围尺，空腹状态下进行，调查对象直立，腹部放松，双臂自然下垂，双脚合并，露出腹部皮肤，测量时平缓呼吸，以腋中线肋弓下缘和髂嵴连线中点的水平位置为测量点，并在双侧测量点做标记，记录调查对象平静呼气末时的腰围尺读数，以厘米为单位，精确到 0.1 厘米，重复测量两次，两次测量之间，误差不得超过 1 厘米。根据《中国成人体重判定》（WS/T 428-2013），将 $85\text{cm} \leq$ 成年男性腰围 $< 90\text{cm}$ ， $80\text{cm} \leq$ 成年女性腰围 $< 85\text{cm}$ 定义为中心性肥胖前期；成年男性腰围 $\geq 90\text{cm}$ ，成年女性腰围 $\geq 85\text{cm}$ 定义为中心性肥胖。结果：（1）2015 年纳入分析的样本数为 181817 人，其中男性 84849 人，占 46.7%，女性 96968 人，占 53.3%。（2）2015 年我国 18 岁及以上成人的中心性肥胖率为 29.3%（95%CI：27.8~30.8%），男性的中心肥胖率为 30.1%（95%CI：28.3~31.9%），女性为 28.5%（95%CI：27.1~30.0%）；城市居民的中心性肥胖率为 30.5%（95%CI：28.1~32.8%），农村居民的中心性肥胖率为 28.1%（95%CI：26.2~30.0%）；东部地区居民中心性肥胖率为 32.1%（95%CI：29.1~35.1%），中部为 28.1%（95%CI：25.7~30.5%），西部为 26.3%（95%CI：24.7~27.9%）。整体来看，我国 18 岁及以上成人的中心性肥胖率男性高于女性，城市高于农村，地区以东部最高，西部最低，东、中、西部逐渐降低。（3）与 2012 年相比，2015 年我国 18 岁及以上成人的中心性肥胖率上升了 3.6 个百分点；男性上升了 4 个百分点，女性上升了 3.1 个百分点；城市居民上升了 1.5 个百分点，农村居民上升了 5 个百分点；且不同年龄段均有上升。结论：2012-2015 年，我国 18 岁及以上成人的中心性肥胖率呈上升趋势；其中男性的中心性肥胖上升速度高于女性，城市居民的上升速度高于农村；男性和女性的中心性肥胖率差距加大，城市和农村居民的中心性肥胖率差距缩小。需要尽快采取相应的政策和干预措施对我国成人中心性肥胖进行防控，包括积极进行营养健康教育，倡导居民合理饮食、积极运动等，降低中心性肥胖的发生风险。

关键字 成人；中心性肥胖；趋势

分类：营养与可持续发展

低温等离子体和超声波处理对蛋清过敏蛋白结构及致敏性的影响

张丽丽、王进*

东南大学公共卫生学院营养与食品卫生系

目的 卵类粘蛋白 (Ovomucoid, OVM) 和卵清蛋白 (Ovalbumin, OVA) 既是鸡蛋中的营养成分和主要构成, 也是较为常见的过敏原。其中, 卵类粘蛋白约占蛋清蛋白的 11%, 其致敏能力最强。卵清蛋白在蛋清的中蛋白含量最高约为 54%, 致敏性弱于卵类粘蛋白。开发新型食品加工技术用于降低蛋清过敏原的致敏性对儿童摄取充足的营养具有重要指导意义。**方法** 研究拟采用不同食品加工技术: 低温等离子体和超声波来分别处理卵类粘蛋白和卵清蛋白鸡蛋过敏原。检测加工前后鸡蛋过敏原结构及理化特性的变化。通过电子鼻分析处理前后蛋清的气味变化, 研究加工方式对蛋白的体外消化率影响。采用扫描电子显微镜研究蛋清过敏蛋白微观形貌的变化, 通过十二烷基硫酸钠聚丙烯酰胺凝胶电泳、傅里叶红外变换光谱和圆二色性光谱探索蛋清过敏蛋白分子构象和分子间相互作用。从原子及分子水平上阐明低温等离子体和超声波改善蛋清过敏蛋白的微观结构和功能性质的分子机制, 旨在为新型食品脱敏加工技术在食品工业中的应用提供理论基础和实验支撑。**结果** 超声波处理蛋清前后的气味差别较小, 但是处理时间越长, 气味越相似。低温等离子体和超声波处理后蛋清的可溶性蛋白浓度减少, 体外消化率略微增加, 微观结构上分子粒径减小。蛋白凝胶电泳结果显示蛋清过敏原有 4 种主要过敏原, 分布在 10-98 kDa 范围内, 其中卵类粘蛋白的分子量是 28KDa, 而电泳中的条带分子量大约是 38 KDa。这可能是因为在煮沸的过程中, 卵类粘蛋白发生了交联造成的。由于蛋白质间交联反应, 疏水和静电相互作用以及二硫键的形成, 蛋白质可以转化为更高分子量的聚集体。在圆二色谱和傅里叶红外光谱分析中, 蛋清过敏蛋白二级结构主要以 α -螺旋为主, β -转角和 β -折叠含量低。随着超声和低温等离子体持续时间的增加, 二级结构含量没有明显变化。**结论** 随着超声波和低温等离子体的处理时间增加, 蛋清蛋白的气味愈加相似, 可溶性蛋白含量减少, 体外消化略有增加, 微观结构的颗粒更加细碎, 处理后的蛋白二级结构较不处理的蛋白未发生明显变化。原因可能是处理强度和时间不够, 需要加大功率或者时间。但还需要进一步的免疫学实验证实处理后蛋清过敏蛋白的 IgE 结合能力变化, 以更好地了解这两种加工方法对过敏原的影响。

关键字 新型食品加工技术;低温等离子体;超声波;食物过敏;过敏蛋白;蛋白二级结构;

分类：营养与可持续发展

基于适配体识别和双循环扩增策略的荧光传感器构建及对雌二醇的测定研究

张亚君、姜萌、张红颖、牛凌梅*
河北医科大学

目的：雌二醇是最典型的环境雌激素之一，它可通过食物链在体内富集，激活或抑制内分泌系统，破坏内环境稳定，对机体造成不可逆转的损害。基于适配体特异性识别，切口内切酶和分子信标辅助的双循环信号放大技术，构建了荧光适配体传感器，并应用于雌二醇的检测。

方法：本研究创新性地提出了一种三倍扩增的新策略来检测雌二醇。设计了 DNA 链 S1 和发夹 DNA HP1、HP2。DNA S1 可以和适配体配对结合形成双链 DNA，将不同浓度雌二醇加入至体系中会使双链解离，释放出作为第一步循环扩增的启动链 DNA S1，S1 与发夹 DNA HP1 结合，借助切口内切酶产生两个单链 DNA S2，分别开启两个循环扩增反应。通过将 FAM 荧光基团从猝灭基团旁解离出来，使荧光恢复。由于触发链与 HP1、HP2 可同时进行信号扩增反应，从而导致荧光信号多倍增高。通过荧光信号增加量实现对雌二醇的定量检测。因此，结合适配体、分子信标和切口酶辅助信号放大法建立了一种灵敏、便捷的雌二醇荧光检测方法。利用聚丙烯酰胺凝胶电泳技术验证了传感器中酶循环反应的可行性。借助 X 射线光电子能谱仪 (XPS) 检测验证了雌二醇适配体与金磁微球结合。为了获得更好的分析性能，对重要的影响因素进行了优化，包括 S1 浓度、雌二醇与适配体的孵育时间、HP1 浓度、HP2 浓度、酶浓度、酶反应时间、以及 S1 与适配体互补碱基数量。

结果：在最佳优化条件下，应用该传感器测定了不同浓度的雌二醇溶液，所有样品平行测定三次。结果发现，随着雌二醇浓度的增加，荧光强度变化量逐渐增大，这表明在反应体系中有越来越多的荧光基团产生，也证明雌二醇传感器已被成功构建。雌二醇浓度在 3.0×10^{-10} – 10.0×10^{-9} mol/L 范围内，与荧光强度变化呈现出良好的线性关系。回归方程是 $\Delta F = 121.1C + 159.7$ (C: nM)，相关系数为 0.995，检出限为 8.910–12 mol/L。本研究方法和现有报道的雌二醇检测传感器的性能对比结果表明，本方法具有更好的线性范围和更低的检出限。采用标准加入法对该种适配体荧光传感器的实用性进行了测试。对牛奶样品的加标回收实验的回收率和相对标准偏差范围分别为 98.50–117.50% 和 0.13–2.90%。由上可知，所制备的适配体荧光传感器可应用于实际样品的测定。

结论：该传感器检测效率高，可在短时间内实现信号的快速增大，相比于单循环扩增方法，检测效率提升了近 70%，且无需复杂的样品前处理，灵敏度高、特异性强、操作简便，可用于水样和牛奶样品的测定，结果准确可靠。本研究可通过改变适配体种类来为其他目标物的检测提供一个通用平台，这为食品检测和生物分析提出了新的思路和理论依据。

关键字 适配体、荧光传感器、切口内切酶、分子信标、 17β -雌二醇

分类：营养与可持续发展

食物系统转型中营养健康问题及评价指标研究

唐振闯、程广燕*

农业农村部食物与营养发展研究所

背景：食物系统是人类赖以生存的基础。食物系统的健康发展关系国民素质提高和经济社会发展，以营养健康为导向重塑食物系统对实施健康中国战略具有重大战略意义。我国食物系统的发展已取得了长足进步，但随着生活方式、饮食结构、疾病负担等方面的变化，对营养健康提出了新的需求，中国食物系统要向提供更合理、更营养、更健康食物的模式转型升级。目前，中国居民面临膳食营养需求升级、营养不均衡问题加剧、营养相关疾病负担加重等营养健康问题，当前的食物系统无法满足中国居民膳食结构变化与营养需求升级的要求，这就要求中国食物系统战略任务必须由供给保障逐步转型升级到食物系统的可持续供给与营养健康保障的更高层次，形成食物供给—营养需求—健康促进的更高水平的食物系统。从已有研究来看，对可持续食物系统的评价主要集中在资源、环境、成本维度，缺乏将营养、健康综合考虑的评价指标探讨。本文探讨了食物系统转型中面临的营养健康问题，系统梳理了未来中国营养健康发展目标，提出了食物系统转型中营养健康相关评价指标。

目的：构建中国食物系统转型中营养健康评价指标体系，为未来中国可持续性食物系统综合评价提供初步的参考点和科学依据。

方法：本文探讨了食物系统转型中面临的营养健康问题，系统梳理了中国食物系统转型中营养健康发展目标，及国内外食物系统营养健康相关评价指标，利用目标规划方法，探讨营养和健康目标下的未来食物消费结构。

结果：中国可持续食物系统的重塑，必须要以中国居民面临的营养健康问题为导向，将食物、营养、健康作为可持续食物系统的重要参数进行考量，使中国居民在物质和经济上都能够获得充足、营养、健康和安全的食物，同时积极构建更加健康、生态、可持续的食物消费观和生产观。结果表明，实现可持续食物系统需要重点优化优质蛋白质食物供给结构，减少红肉摄入，适当增加白肉摄入，同时增加豆类摄入。

结论：中国可持续食物系统的重塑必须要以中国居民面临的营养健康问题为导向，从食物结构合理、营养摄入充分、促进生命健康三个方面构建可持续食物系统中营养健康指标评价体系。

关键字 食物系统转型；可持续性；营养；健康；评价指标

分类：营养与可持续发展

2 型糖尿病相关炎症通路与抗炎治疗的研究进展

任慧林*、管孝贤
郑州大学

目的 2型糖尿病 (Type 2 diabetes mellitus, T2DM) 是最常见的代谢性疾病之一，是一个全球性的公共卫生问题，且中国的糖尿病患者占全球的四分之一，已经高居全世界首位。T2DM 多发于老年人，但现如今由于肥胖，缺乏身体活动和不良饮食水平的上升，也越来越多地出现在儿童，青少年和年轻人当中。流行病学研究表明，肥胖个体患 T2DM 的风险比正常体重者高出七倍。反过来，大约 80% 的 T2DM 患者超重。有学者用慢性低度炎症理论（也称为代谢性炎症）来解释肥胖和 T2DM 这两种疾病的关系。这种慢性低度炎症状态是 T2DM 的典型表现，可增加促炎细胞因子的产生，这些炎症细胞因子不仅会损害胰腺的 β 细胞，导致胰岛素分泌减少，而且还会通过降低葡萄糖摄取和外周组织的利用效率来促进胰岛素抵抗。因此，抑制炎症或炎症细胞因子被视为治疗 T2DM 的重要步骤。

方法 本文通过计算机检索文献，从与 T2DM 相关的 5 种炎症通路、4 种相关促炎因子以及基于抗炎的药物和天然植物活性成分对 T2DM 治疗的多个方面进行分析。

结果 5 种炎症通路分别是 IKK/NF- κ B 通路、JNK/AP-1 激酶通路、NFAT 通路、JAK/STAT 通路和 NLRP3 炎症体信号通路。4 种相关促炎因子分别是肿瘤坏死因子- α 、白细胞介素-1 β 、白细胞介素-6 和 C 反应蛋白。基于抗炎的 T2DM 治疗药物可以分为直接针对代谢性炎症的治疗药物和潜在的具有抗炎作用的抗糖药物。以炎症为靶点的治疗 T2DM 的天然植物活性成分根据其生物合成来源，可统分为酚类化合物、萜类化合物以及含氮生物碱和含硫化合物。相较于其他几类，酚类化合物对人体健康有很大的益处。

结论 炎症的出现加剧了 T2DM 的发病及其继发性并发症。围绕炎症与胰岛素抵抗和相关并发症联系起来的潜在机制，开发新型抗炎治疗药物，对未来 T2DM 及其并发症患者的健康管理极其重要。天然植物活性成分可作为慢性炎症性疾病的治疗工具。多酚或黄酮类化合物更是天然植物活性成分中功能性强的物质代表，是重要的代谢调节剂，它们能够通过影响各种细胞和分子途径靶标而发挥治疗 T2DM 的作用。本综述进一步为 T2DM 的预防和治疗提供新见解。

关键字 2 型糖尿病；炎症通路；促炎因子；植物活性成分

分类：营养与可持续发展

图形化营养信息标示对餐饮食品碳足迹的影响

郭雪莲、邱爽、吕晓华*

四川大学华西公共卫生学院/四川大学华西第四医院

【摘要】目的 以碳足迹（Carbon Footprint）作为碳排放量评价指标，通过网络模拟点餐观察图形化营养信息标示对餐饮食品碳排放的影响，探索实践减少餐饮食品浪费的有效措施。方法 设计图形化营养信息标示，包括雷达图和条形图两部分。其中雷达图借鉴英国“交通灯”标签系统将食品的能量、脂肪、胆固醇、钠和添加糖 5 种限制性营养指标以绿、黄、红三色在雷达图中标示，绿色表示限制性营养指标含量低于 6%营养素参考值（nutrient reference values, NRV）或建议值，黄色表示限制性营养指标含量为 6%~25%NRV 或建议值，红色表示限制性营养指标含量 >25%NRV；条形图标示各食品具有代表性的推荐性营养指标，如蛋白质、维生素、矿物质及其 NRV%。采用方便抽样，共纳入 1407 名调查对象，设计带有包括调查对象基本信息、营养知识、模拟点餐、对餐饮食品营养信息标示的态度、对图形化餐饮食品营养信息标示的满意度 5 部分的问卷调查其对菜品的选择，模拟点餐时，第一次使用普通菜单，第二次使用与普通菜单菜品相同但带有图形化营养信息标示的菜单。模拟点餐部分共设牛肉类、猪肉类、鸡肉类、鱼肉类、蔬菜类及豆制品类等 6 类菜品，每类 4 个菜品。基于过程分析法计算调查对象前后两次选择菜品的碳足迹及营养分值。结果 在两次模拟点餐中，调查对象选择菜品的总营养分值与总碳足迹均呈负相关（ $P < 0.05$ ），5 种限制性营养指标与总碳足迹均呈正相关（ $P < 0.05$ ）。与使用普通菜单相比，使用带有图形化营养信息标示的菜单进行模拟点餐时，调查对象选择牛肉类、鱼肉类、猪肉类、蔬菜类、豆制品类菜品的碳足迹均下降（ $P < 0.05$ ），6 类菜品的总碳足迹下降（ $P < 0.05$ ）。结论 图形化餐饮食品营养信息标示作为膳食认知干预方式，有助于指导人群合理选择餐饮食品、改善人群健康状况，同时有望成为减少餐饮食品浪费进而降低餐饮食品消费碳足迹的有效措施。

关键字 膳食认知干预；餐饮食品；营养信息标示；碳足迹