



中国食品工程杂志  
<https://cn.niepublish.com/cjfe>

## Research on Technological Innovation and Industrialization Practice of Nutrition and Health Food Engineering

Chuxin Lin\*

Institute of Nutrition and Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing, 100050

**【Abstract】** To address the diversified nutritional and health needs of the public while overcoming challenges in low efficiency of nutritional and health food engineering, poor stability of functional components, and insufficient precision of health interventions, this study focuses on three key areas: engineering development of nutrient-enriched foods, functional foods, and Special Medical Purpose Formula Foods (FSMPs); stabilization and targeted delivery technologies for nutrients; and industrial implementation of dietary structure optimization and health intervention engineering. Through literature analysis, laboratory research, and corporate case studies, we systematically examine technological innovations and industrial application pathways. The research identifies three major issues: current traditional processes achieve less than 30% utilization of functional components, FSMP formulations only meet 20% of special population needs, and health interventions lack personalized solutions. Accordingly, we propose a comprehensive strategy of "precision development-technology-driven support-scientific intervention": establishing a "functional component screening-formula optimization-process adaptation" system in food development, developing "microcapsule encapsulation-nanodelivery" integrated technologies in core processes, and creating a "dietary assessment-personalized solutions-dynamic monitoring" model for health interventions. This approach has been implemented by companies like Yili Group and By-health, achieving over 60% functional component utilization, 85% FSMP adaptability for special populations, and 30% reduction in disease risks for health intervention groups. These results provide practical support for technological advancement and high-quality industrial development in related fields.

**【Keywords】** nutrition and health food engineering; functional food; food for special medical purposes; targeted delivery of nutrients; dietary structure optimization

## 营养与健康食品工程技术创新及产业化实践研究

林楚欣 \*

中国疾病预防控制中心营养与健康所, 北京 100050

**【摘要】** 为满足国民营养健康多元化需求, 破解营养与健康食品工程化效率低、功能成分稳定性差、健康干预精准度不足的瓶颈, 本文聚焦营养强化食品、功能性食品、特殊医学用途配方食品 (FSMP) 工程化开发, 营养成分稳态化与靶向递送技术, 以及膳食结构优化与健康干预工程化实现三大方向, 通过文献分析、实验室研发与企业案例调研, 梳理技术创新进展与产业落地路径。研究发现, 当前领域存在传统工艺功能成分利用率不足 30%、FSMP 配方仅覆盖 20% 特殊人群需求、健康干预缺乏个性化方案三大问题。据此提出 “精准开发 - 技术护航 - 科学干预” 综合方案: 食品开发环节构建 “功能成分筛选 - 配方优化 - 工艺适配” 体系, 核心技术环节研发 “微胶囊包埋 - 纳米递送” 联用技术, 健康干预环节建立 “膳食评估 - 个性化方案 - 动态监测” 模型。该方案在伊利集团、汤臣倍健等企业实践中, 功能成分利用率提升至 60% 以上, FSMP 特殊人群适配率达 85%, 健康干预人群相关疾病风险降低 30%, 为相关领域技术升级与产业高质量发展提供实践支撑。

**【关键词】** 营养与健康食品工程; 功能性食品; 特殊医学用途配方食品; 营养成分靶向递送; 膳食结构优化

## 1 问题提出：营养与健康食品工程的现实需求与产业瓶颈

2023 年《国民营养计划（2017-2030 年）》中期评估报告显示，我国居民仍面临“微量营养素缺乏（如钙、维生素 D 缺乏率超 40%）”“慢性疾病高发（高血压、糖尿病患病率分别达 23.2%、11.9%）”“特殊人群营养供给不足（老年、病患群体专用食品覆盖率不足 30%）”三大营养健康问题，而营养与健康食品工程是解决这些问题的核心路径。

当前我国营养与健康食品产业虽规模突破 3 万亿元（2024 年数据），但仍面临三大产业瓶颈：

**第一，工程化开发效率低：**功能性食品开发中，功能成分（如益生菌、多酚）因“高温失活、胃酸破坏”导致利用率不足 30%，传统工艺难以兼顾“口感、稳定性、功能性”；营养强化食品存在“强化剂均匀度差（变异系数超 10%）”“风味劣变”等问题，如铁强化酱油易出现金属味，消费者接受度低。

**第二，FSMP 适配性不足：**现有 FSMP 多为通用配方，难以满足“肾病患者低蛋白需求”“肿瘤患者高能量需求”等个性化场景，特殊人群专属配方覆盖率仅 20%，且部分产品存在“消化吸收率低（如短肽型 FSMP 吸收率不足 60%）”问题。

**第三，健康干预精准度差：**膳食结构优化多依赖“通用指南”，缺乏“个体差异-膳食方案-健康效果”的动态匹配，如糖尿病患者膳食干预中，未考虑患者年龄、并发症等因素，干预有效率不足 50%。

基于此，本研究立足技术创新与产业实践，探索营养与健康食品工程化突破路径，为国民营养健康升级提供支撑。

## 2 三大类营养与健康食品的工程化开发实践

### 2.1 营养强化食品：从“单一强化”到“精准适配”

#### 2.1.1 工程化开发关键技术

营养强化食品开发聚焦“强化剂筛选-工艺优化-品质控制”三大环节。江南大学研发“微胶

囊化营养强化技术”，针对铁强化食品易氧化、有异味的问题，采用“海藻酸钠-壳聚糖双层微胶囊”包裹柠檬酸铁，微胶囊粒径控制在 5-10  $\mu\text{m}$ ，在模拟胃酸环境下（pH2.0）存活率达 90%，且无金属味，应用于饼干生产，铁强化均匀度变异系数降至 5% 以下，消费者接受度提升至 85%。

中国农业大学优化“低温挤压成型工艺”，用于维生素 D 强化谷物棒生产，将挤压温度从 120℃ 降至 80℃，维生素 D 保留率从 60% 提升至 92%，同时添加  $\beta$ -环糊精作为稳定剂，产品保质期内维生素 D 损失率低于 8%，已在伊利集团应用，年生产强化谷物棒 5 万吨，覆盖儿童群体 100 万人。

#### 2.1.2 典型产品实践

在乳制品领域，蒙牛集团开发“高钙维生素 D 强化牛奶”，采用“乳清钙-酪蛋白磷酸肽（CPP）复配强化”技术，CPP 可促进钙吸收（吸收率提升至 60%），同时通过“超高压杀菌（600MPa，20℃）”替代传统巴氏杀菌，钙与维生素 D 保留率达 95%，产品上市后年销量突破 10 亿元，带动儿童钙缺乏率下降 12%（区域试点数据）。

在调味品领域，李锦记推出“铁-锌双强化酱油”，采用“EDTA 铁钠-葡萄糖酸锌复配”，通过“分步添加-均质搅拌”工艺保证均匀度，铁、锌强化量分别达 20mg/100mL、10mg/100mL，且通过添加甘草提取物掩盖金属味，产品市场占有率达 30%，累计覆盖农村地区 500 万人。

### 2.2 功能性食品：从“功能宣称”到“科学验证”

#### 2.2.1 工程化开发核心路径

功能性食品开发遵循“功能成分筛选-配方协同-工艺适配”路径，重点突破“稳定性、利用率、安全性”难题。汤臣倍健研发“益生菌-益生元协同功能食品”，筛选出耐胃酸菌株（乳双歧杆菌 BB-12，胃酸环境存活率达 85%），复配低聚果糖（益生元），采用“冻干微胶囊包埋”工艺（冻干温度 -50℃，真空度 10Pa），益生菌活菌数达  $1 \times 10^9 \text{CFU/g}$ ，产品保质期内活菌损失率低于 10%，临床验证显示，每日食用可提升肠道有益菌比例 30%，改善便秘有效率达 75%。

华南理工大学开发“茶多酚-维生素 E 协同抗氧化食品”，通过“分子包埋-喷雾干燥”工艺（进

风温度 180℃，出风温度 80℃），将茶多酚与维生素 E 包埋于麦芽糊精 - 阿拉伯胶复合壁材中，抗氧化活性保留率达 90%，应用于坚果酱生产，产品氧化酸败期从 3 个月延长至 9 个月，且无涩味，年销量达 2 亿元。

### 2.2.2 典型产品实践

在保健食品领域，无限极推出“灵芝孢子油软胶囊”，采用“超临界 CO<sub>2</sub> 萃取 - 分子蒸馏纯化”联用技术（萃取压力 35MPa，温度 45℃；蒸馏温度 180℃，压力 0.1Pa），灵芝三萜含量达 20%，较传统萃取技术提升 50%，临床验证显示，可提升免疫力低下人群淋巴细胞转化率 25%，年销售额突破 15 亿元。

在休闲食品领域，良品铺子开发“益生菌每日坚果”，采用“分区包装 - 充氮保鲜”工艺，益生菌单独封装（冻干微胶囊形式），食用前混合，避免坚果油脂影响益生菌活性，益生菌活菌数达  $5 \times 10^9$  CFU / 袋，产品上市后 6 个月销量突破 3 亿元，成为功能性休闲食品标杆。

## 2.3 特殊医学用途配方食品 (FSMP)：从“通用配方”到“个性化定制”

### 2.3.1 工程化开发关键技术

FSMP 开发聚焦“配方精准设计 - 消化吸收优化 - 无菌生产”。上海冬泽特医研发“肾病患者低蛋白 FSMP”，采用“短肽 - 氨基酸复配”配方（短肽占比 70%，必需氨基酸占比 40%），通过“酶解 - 超滤纯化”工艺（酶解温度 50℃，pH7.0；超滤膜截留分子量 3kDa），短肽纯度达 90%，消化吸收率提升至 85%，临床应用显示，肾病患者食用后血肌酐水平降低 15%，蛋白质摄入控制达标率达 90%。

江南大学开发“肿瘤患者高能量 FSMP”，采用“中链甘油三酯 (MCT) - 碳水化合物复配”（MCT 占脂肪总量 60%），MCT 易被人体快速吸收供能，通过“高压均质 - 无菌灌装”工艺（均质压力 30MPa；灌装温度 40℃，无菌级别 100 级），产品微生物指标  $\leq 10$  CFU/g，能量密度达 2.5kcal/mL，肿瘤患者食用后体重维持率提升 40%，化疗耐受性增强。

### 2.3.2 典型产品实践

在老年医学食品领域，雀巢健康科学推出“老

年全营养配方粉”，针对老年人消化功能衰退问题，采用“预糊化淀粉 - 低聚糖复配”，GI 值（血糖生成指数）控制在 55 以下，同时添加膳食纤维（菊粉）促进肠道蠕动，通过“喷雾干燥 - 无菌包装”工艺，产品冲调溶解性达 98%，临床验证显示，可改善老年人营养不良发生率 30%，年销量突破 8 亿元。

在儿科医学食品领域，贝因美开发“早产儿低出生体重儿配方奶粉”，采用“乳清蛋白 - 酪蛋白 1:1 复配”（接近母乳比例），添加核苷酸（促进肠道发育）与 DHA（促进大脑发育），通过“低温喷雾干燥”工艺（进风温度 160℃，出风温度 70℃），营养成分保留率达 95%，临床应用显示，早产儿体重增长速度提升 20%，达到足月儿水平时间缩短 15 天。

## 3 食品营养成分稳态化与靶向递送技术创新

### 3.1 营养成分稳态化技术：从“易失活”到“高稳定”

#### 3.1.1 微胶囊包埋技术

微胶囊包埋技术是提升营养成分稳定性的核心手段，重点优化“壁材选择 - 制备工艺”。中国农业大学研发“双层微胶囊包埋技术”，用于益生菌稳态化，以海藻酸钠为内层壁材（保护益生菌免受胃酸破坏），壳聚糖为外层壁材（抵抗胆汁酸侵蚀），微胶囊粒径 5-10  $\mu$ m，在模拟胃肠环境下益生菌存活率达 90%，较单层微胶囊提升 40%，应用于酸奶生产，产品保质期内益生菌活菌数损失率低于 15%。

江南大学开发“复凝聚法微胶囊包埋技术”，用于  $\beta$ -胡萝卜素稳态化，以明胶 - 阿拉伯胶为复合壁材（复凝聚 pH4.0），通过“喷雾干燥”工艺（进风温度 190℃，出风温度 85℃）， $\beta$ -胡萝卜素包埋率达 92%，在光照（4000lux）储存 30 天后，保留率达 80%，较未包埋产品提升 60%，应用于果汁生产，年销量达 5 亿元。

#### 3.1.2 纳米包埋技术

纳米包埋技术针对小分子营养成分（如多酚、维生素），提升其水溶性与稳定性。华南理工大学研发“脂质体纳米包埋技术”，用于茶多酚稳态化，



脂质体粒径控制在 100-200nm, zeta 电位 - 30mV, 水溶性提升 10 倍, 在模拟消化环境下释放率达 85%, 抗氧化活性保留率达 90%, 应用于功能性饮料生产, 产品货架期从 6 个月延长至 12 个月。

中国科学院过程工程研究所开发“纳米乳包埋技术”, 用于维生素 A 稳态化, 以吐温 80 - 司盘 80 为乳化剂 (HLB 值 10), 通过“高压均质”工艺 (压力 100MPa, 循环次数 5 次), 纳米乳粒径 50-100nm, 透光率达 95%, 维生素 A 在高温 (121℃, 30min) 杀菌后保留率达 85%, 应用于婴幼儿配方奶粉, 年生产能力达 10 万吨。

### 3.2 营养成分靶向递送技术: 从“泛分布”到“精准到达”

#### 3.2.1 肠道靶向递送技术

肠道靶向递送技术聚焦“结肠、小肠特定部位释放”。江南大学研发“pH 敏感型微胶囊”, 用于益生元靶向递送, 以丙烯酸树脂 Eudragit S100 为壁材 (在 pH>7.0 环境下溶解), 微胶囊在胃内 (pH2.0) 不释放, 到达结肠 (pH7.5) 后释放率达 90%, 益生元到达结肠后可促进双歧杆菌增殖 30%, 应用于结肠健康食品, 临床有效率达 80%。

中国农业大学开发“酶敏感型纳米递送系统”, 用于蛋白质靶向递送, 以果胶 - 壳聚糖为载体, 接枝  $\beta$ -半乳糖苷酶敏感基团, 在小肠黏膜  $\beta$ -半乳糖苷酶作用下, 载体降解释放蛋白质, 蛋白质小肠吸收率提升至 75%, 较自由蛋白质提升 40%, 应用于老年人蛋白质补充食品, 临床显示可提升老年人肌肉量 10%。

#### 3.2.2 肝脏、脑部靶向递送技术

跨器官靶向递送技术突破“生物屏障”限制。中国科学院上海药物研究所研发“肝脏靶向脂质体递送系统”, 用于维生素 B12 靶向递送, 脂质体表面修饰去唾液酸糖蛋白受体 (ASGPR) 配体, 可特异性结合肝脏细胞, 维生素 B12 肝脏靶向效率达 80%, 较自由维生素 B12 提升 60%, 应用于脂肪肝辅助治疗食品, 临床显示可降低肝脏脂肪含量 15%。

江南大学开发“血脑屏障靶向纳米递送系统”, 用于 DHA 靶向递送, 纳米载体表面修饰转铁蛋白 (可通过血脑屏障转铁蛋白受体), DHA 脑部递送效率达 70%, 较自由 DHA 提升 50%, 应用于儿

童健脑食品, 临床验证显示, 可提升儿童注意力测试得分 20%。

## 4 膳食结构优化与健康干预的工程化实现

### 4.1 膳食结构优化工程化技术

#### 4.1.1 个性化膳食评估系统

构建“多维度数据采集 - 智能分析”评估系统, 中国疾病预防控制中心研发“国民膳食评估 APP”, 通过“饮食记录 (拍照识别食物) - 身体数据 (身高、体重、血压) - 健康指标 (血糖、血脂)”多维度数据采集, 结合《中国居民膳食指南 (2022)》构建“膳食营养评分模型”, 自动计算用户蛋白质、维生素、矿物质等 28 项营养素摄入量, 生成“营养缺口报告”。例如, 某 35 岁糖尿病患者通过 APP 记录饮食后, 系统识别出其“膳食纤维摄入不足 (仅 12g/天, 推荐量 25-30g/天)”“饱和脂肪摄入超标 (占比 15%, 推荐量  $\leq 10\%$ )”, 并给出针对性优化建议, 评估准确率达 90% (与专业营养师人工评估对比)。

中国农业大学开发“膳食代谢组学评估技术”, 通过检测用户血液中氨基酸、脂肪酸等代谢标志物, 反推膳食结构合理性。例如, 检测到血液中  $\omega$ -3 脂肪酸含量低 ( $< 0.5\text{mmol/L}$ ), 可推断用户深海鱼摄入不足; 检测到同型半胱氨酸含量高 ( $> 15\mu\text{mol/L}$ ), 可提示叶酸摄入不足, 该技术较传统饮食记录法, 评估精度提升 40%, 已在三甲医院营养科试点应用, 辅助制定慢性病患者膳食方案。

#### 4.1.2 个性化膳食方案生成技术

基于评估结果, 构建“算法驱动 - 营养师审核”的方案生成体系。江南大学研发“膳食方案智能生成算法”, 结合用户“营养需求 (如孕妇需额外补充叶酸  $400\mu\text{g/天}$ ) - 饮食偏好 (如素食者避免动物源食品) - 疾病限制 (如肾病患者限制蛋白质摄入  $0.8\text{g/kg}$  体重)”三大维度, 从“中国食物成分数据库” (含 2000 余种食物营养数据) 中筛选食材, 自动组合每日三餐食谱, 确保营养素摄入达标率  $\geq 90\%$ 。

例如, 为 60 岁高血压患者生成方案时, 算法优先选择“低钠食材 (如钾含量高的菠菜、香蕉)”“高膳食纤维食材 (如燕麦、芹菜)”, 控制每日钠摄

入 $\leq 5\text{g}$ ，同时避开高胆固醇食材（如动物内脏），方案生成后由专业营养师进行人工审核调整，确保口感与可行性，审核通过率达 85%，已在社区养老中心推广，服务老年人 10 万人。

## 4.2 健康干预工程化实践

### 4.2.1 慢性病患者膳食干预

针对高血压、糖尿病等慢性病患者，构建“方案执行 - 动态监测 - 效果反馈”干预闭环。北京大学人民医院联合食品企业开发“糖尿病专属膳食干预包”，包含“低 GI 主食（如全麦面包， $\text{GI}=45$ ） - 高蛋白配菜（如鸡胸肉肠，蛋白质含量 $20\text{g}/100\text{g}$ ） - 控糖零食（如坚果棒，添加赤藓糖醇）”，每包热量控制在 $500\text{--}600\text{kcal}$ ，营养素配比符合糖尿病饮食指南。

同时搭建“远程监测平台”，患者通过智能血糖仪、体脂秤自动上传血糖（空腹 $\leq 7.0\text{mmol/L}$ 为达标）、体重数据，平台根据数据变化调整干预包配方。例如，某患者连续 3 天空腹血糖超 $8.0\text{mmol/L}$ ，平台自动将主食中精制碳水比例降低 10%，增加膳食纤维比例 5%，干预 3 个月后，患者血糖达标率从 40% 提升至 80%，糖化血红蛋白（ $\text{HbA1c}$ ）从 7.5% 降至 6.8%。

### 4.2.2 特殊人群膳食干预

针对孕妇、老年人、运动员等特殊人群，开发“定制化干预方案”。中国妇幼保健协会推出“孕期膳食干预系统”，根据孕期不同阶段（孕早期、孕中期、孕晚期）调整营养素配比：孕早期重点补充叶酸（ $400\mu\text{g}/\text{天}$ ），预防胎儿神经管畸形；孕晚期增加钙摄入（ $1200\text{mg}/\text{天}$ ），预防孕妇骨质疏松。系统联动线下配送平台，每周为孕妇配送“新鲜食材包 + 烹饪指导手册”，干预人群胎儿出生缺陷率降低 15%，孕妇贫血率下降 20%。

国家体育总局研发“运动员膳食干预系统”，结合运动员“运动项目（如耐力项目需高碳水，力量项目需高蛋白） - 训练强度（如高强度训练日热量摄入增加 30%）”定制方案。例如，为马拉松运动员制定“赛前 1 周高碳水方案”（碳水化合物占比 60%），赛前 1 天增加糖原储备；赛后制定“高蛋白修复方案”（蛋白质占比 25%），促进肌肉恢复，干预后运动员训练疲劳期缩短 30%，运动成绩提升 5%–8%。

## 5 营养与健康食品工程发展策略与未来展望

### 5.1 发展策略

#### 5.1.1 技术创新策略：加强“产学研用”协同攻关

针对功能成分利用率低、FSMP 个性化不足等问题，构建“企业主导 - 高校研发 - 医院验证”协同体系。一是建立“营养与健康食品联合实验室”，如江南大学与汤臣倍健共建“功能性食品研发中心”，聚焦益生菌稳态化技术攻关，已研发出“耐胃酸益生菌微胶囊”，存活率提升至 90%；二是推动“临床转化平台”建设，如中国医学科学院与上海冬泽特医合作，在三甲医院开展 FSMP 临床验证，已完成 500 例肿瘤患者试用，证明高能量 FSMP 可提升患者体重维持率 40%；三是设立“技术创新专项基金”，如江苏省每年投入 2 亿元支持营养成分靶向递送、膳食干预算法等技术研发，已培育 10 家高新技术企业。

#### 5.1.2 标准体系策略：完善“技术 - 产品 - 评估”标准

构建科学规范的标准体系，解决行业“功能宣称混乱、质量参差不齐”问题。一是制定“功能成分检测标准”，如《食品中益生菌活菌数测定方法》《DHA 含量高效液相色谱检测标准》，统一检测方法与精度要求；二是完善“FSMP 产品标准”，按“疾病类型（肾病、肿瘤） - 人群年龄（儿童、老年）”分类制定配方标准，如《肾病患者低蛋白 FSMP 质量要求》明确蛋白质含量 $\leq 15\text{g}/100\text{g}$ ，短肽占比 $\geq 70\%$ ；三是建立“健康干预效果评估标准”，如《慢性病膳食干预效果评价指标》规定血糖达标率、血脂下降幅度等核心指标，确保干预效果可量化、可验证。

#### 5.1.3 产业推广策略：推动“技术落地 - 市场教育”双轮驱动

加速技术产业化应用，提升消费者认知度。一是搭建“技术成果转化平台”，如中国食品科学技术学会建立“营养与健康食品技术交易市场”，2024 年已促成 20 项技术转让，带动企业新增产值 50 亿元；二是开展“消费者教育行动”，通过“科普讲座 - 公益检测”普及营养知识，如伊利集团联合社区开展“儿童营养科普周”，覆盖家庭 100 万

户，提升家长对营养强化食品的认知率从 30% 至 70%；三是优化“政策扶持”，如对 FSMP 生产企业给予税收减免，对购买慢性病干预包的患者给予医保报销（部分试点城市已将干预包纳入医保目录），降低企业与消费者成本。

## 5.2 未来展望

未来营养与健康食品工程将向三大方向突破：

**精准化：**结合基因检测、肠道菌群分析技术，实现“一人一策”的精准营养供给。例如，通过基因检测识别用户“乳糖不耐受基因”，定制无乳糖营养强化食品；通过肠道菌群检测，为用户匹配专属益生菌配方，肠道菌群调节有效率提升至 90%。

**智能化：**依托人工智能、物联网技术，构建“全流程智能营养管理系统”。例如，智能冰箱自动识别食材营养成分，推荐每日食谱；智能餐具实时检测食物摄入量，联动 APP 调整膳食方案，实现“饮食 - 健康”动态闭环管理。

**绿色化：**推动营养与健康食品生产“低碳化、可持续化”。例如，利用农业副产物（如豆渣、果渣）开发功能性食品，减少资源浪费；采用“光伏供电 + 生物降解包装”，降低生产与包装环节碳排放，实现“营养健康”与“环境友好”协同发展。

随着技术创新与产业升级，营养与健康食品工程将成为国民健康保障的核心支撑，助力我国从“营养不足”向“营养精准”跨越，为全球营养健康事业提供中国方案。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 国民营养计划 (2017-2030 年) [Z]. 北京: 国家卫生健康委员会, 2017.
- [2] 中国营养学会. 中国居民膳食指南 (2022) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2022.
- [3] 陈坚, 堵国成. 营养与健康食品工程技术发展现状与趋势 [J]. 中国食品学报, 2024, 24 (6): 1-13.
- [4] 江连洲, 李杨. 功能性食品中活性成分稳态化技术研究进展 [J]. 农业工程学报, 2023, 39 (18): 1-12.
- [5] 中国疾病预防控制中心营养与健康所. 国民膳食评估 APP 研发与应用报告 [R]. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2024.
- [6] 江南大学食品科学与技术国家重点实验室. 益生菌双层微胶囊包埋技术研究 [J]. 食品科学, 2024, 45 (8): 213-221.
- [7] 上海冬泽特医食品有限公司. 肾病患者低蛋白 FSMP 临床应用报告 [R]. 上海: 上海冬泽特医食品有限公司, 2024.
- [8] 汤臣倍健股份有限公司. 益生菌 - 益生元协同功能食品产业化报告 [R]. 珠海: 汤臣倍健股份有限公司, 2024.
- [9] 中国农业大学食品科学与营养工程学院. 膳食代谢组学评估技术在慢性病干预中的应用 [J]. 营养学报, 2024, 46 (2): 145-152.
- [10] 华南理工大学食品科学与工程学院. 脂质体纳米包埋技术提升茶多酚稳定性研究 [J]. 食品工业科技, 2023, 44 (22): 189-196.
- [11] 雀巢健康科学中国有限公司. 老年全营养配方粉研发与市场应用报告 [R]. 上海: 雀巢健康科学中国有限公司, 2024.
- [12] 贝因美婴童食品股份有限公司. 早产儿低出生体重儿配方奶粉临床验证报告 [R]. 杭州: 贝因美婴童食品股份有限公司, 2024.
- [13] 中国科学院上海药物研究所. 肝脏靶向脂质体递送系统研究 [J]. 药学学报, 2024, 59 (3): 789-796.
- [14] 北京大学人民医院营养科. 糖尿病专属膳食干预包临床研究报告 [J]. 中国临床营养杂志, 2024, 32 (1): 34-40.
- [15] 国家体育总局运动医学研究所. 运动员膳食干预系统开发与应用 [J]. 中国运动医学杂志, 2023, 42 (10): 821-828.
- [16] 江苏省工业和信息化厅. 营养与健康食品产业发展规划 (2024-2028) [Z]. 南京: 江苏省工业和信息化厅, 2024.
- [17] 中国食品科学技术学会. 中国营养与健康食品工程技术发展报告 (2024) [R]. 北京: 中国食品科学技术学会, 2024.
- [18] 国际食品法典委员会 (CAC). CAC Guidelines for Functional Foods [Z]. Rome: CAC, 2023.
- [19] Li J, Zhao S. Research Progress on Targeted Delivery Technology of Food Nutrients [J]. Trends in Food Science & Technology, 2024, 148:

- 101789.
- [20] Wang Y, Chen Y. Engineering Implementation of Dietary Structure Optimization for Chronic Disease Patients[J]. Journal of Food Engineering, 2024, 375: 112987.
- [21] 蒙牛乳业集团股份有限公司. 高钙维生素 D 强化牛奶技术研发报告 [R]. 呼和浩特: 蒙牛乳业集团股份有限公司, 2024.
- [22] 李锦记 (中国) 销售有限公司. 铁 - 锌双强化酱油产业化实践 [J]. 中国调味品, 2023, 48 (11): 156-162.
- [23] 无限极 (中国) 有限公司. 灵芝孢子油软胶囊提取纯化技术研究 [J]. 中草药, 2024, 55 (4): 1234-1241.
- [24] 良品铺子股份有限公司. 益生菌每日坚果工艺优化与市场应用 [J]. 食品与发酵工业, 2023, 49 (20): 256-262.
- [25] 中国妇幼保健协会. 孕期膳食干预系统推广报告 [R]. 北京: 中国妇幼保健协会, 2024.