

营养与风味的科学重构：探索谷物精深加工的无限可能

刘洁

山东省农业科学院成果转化与推广处，山东 济南 250000

DOI: 10.61369/SSSD.2026060017

摘 要： 随着全球粮食安全发展与公众健康需求不断提升，传统谷物加工模式已经难以满足新时代的食品服务需求。本文立足“营养与风味的科学重构”视角展开研究，通过分析谷物中营养与风味的物质基础及其在传统加工中的损失机制，进而从酶解、发酵、物理改性、挤压与微胶囊等技术维度提出现代谷物精深加工的发展趋势，以此夯实其在营养活化、风味重塑及副产物高值化利用等层面的作用机制，达到推动谷物加工模式从“粗放利用”向“精准开发”变革的目的。

关 键 词： 谷物精深加工；营养重构；风味重塑；食品科技；可持续发展

Scientific Reconstruction of Nutrition and Flavor: Exploring the Unlimited Possibilities of Grain Deep Processing

Liu Jie

Achievement Transformation and Promotion Department, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan, Shandong 250000

Abstract： With the global development of food security and the continuous improvement of public health demands, the traditional grain processing model has been difficult to meet the food service needs of the new era. Based on the perspective of "scientific reconstruction of nutrition and flavor", this paper conducts research by analyzing the material basis of nutrition and flavor in grains and their loss mechanisms during traditional processing. Furthermore, it proposes the development trends of modern grain deep processing from technical dimensions such as enzymatic hydrolysis, fermentation, physical modification, extrusion, and microencapsulation, so as to consolidate its functional mechanisms in aspects such as nutrition activation, flavor remodeling, and high-value utilization of by-products. The purpose is to promote the transformation of the grain processing model from "extensive utilization" to "precision development".

Keywords： grain deep processing; nutrition reconstruction; flavor remodeling; food science and technology; sustainable development

引言

随着我国粮食安全战略的深化落实，传统以“去粗取精”为核心谷物加工模式已经难以满足新的时代需求。简单的碾米、制粉工艺不仅造成了大量的营养物质流失，而且还会使得米糠、麦麸等富含生物活性成分的副产物被废弃，进而对“健康中国”行动计划目标受阻。与此同时，当代消费大众对谷物食品提出了更高的要求，强调“既健康又好吃”，而传统加工工艺在营养与风味方面往往存在无法调和的矛盾。对此，以科技驱动的谷物精深加工技术革命悄然兴起，其以“全谷物利用”为核心理念，充分发挥物理、化学及生物技术优势，从而对谷物成分进行科学分离与改性重组，达到功能强化的目的和效果。本文即以此为背景，探索谷物精深加工背后的物质基础与技术本质，并展望其在构建健康、可持续未来食品体系中的无限可能。

一、谷物营养与风味的物质基础与加工影响

（一）谷物的营养宝藏：从胚乳到麸皮的梯度分布

谷物籽粒可以视为一个微型的“营养库”，其营养成分按照梯度进行分布。其中最内层的胚乳则用于储存淀粉和蛋白质，也

是谷物提供碳水化合物的核心来源。但富集了绝大多数生物活性成分的胚芽与糊粉层，却在传统加工环节中被混入麸皮中。其中胚芽含有优质的油脂、蛋白质、维生素 E 和 B 族维生素，麸皮层则含有较多的膳食纤维、矿物质、植物化学素等^[1]。该结构特征使得谷物不仅可以作为主食为人类提供主要能量来源，而且同样可

以提供重要的营养物质，为人类带来健康。比如其所含的膳食纤维有助于调节肠道微生态，而多酚类物质可以发挥抗氧化、抗炎的抗氧化、抗炎

（二）风味的诗意来源：香气前体与化学反应的交响

谷物在食品加工中可以散发出诱人的香气，该风味特征是其内部多种化合物共同作用的结果。其风味物质在加工过程中会发生化学变化，由于其本身含有游离氨基酸、还原糖、不饱和脂肪酸等大量无味的香气前体，因此在加热、蒸煮、烘焙、挤压等过程中，就会通过化学反应生成不同的香气，构成其风味特征。具体来说，相关反应主要包括以下三种：第一，美拉德反应。该反应特指氨基酸与还原糖之间发生的一系列复杂反应，其一方面可以生成类黑精，从而为谷物食物增添色泽，另一方面则可以生成大量吡嗪类、呋喃类等挥发性化合物，由此散发出坚果香与焦糖香的混合风味，成为谷物烘焙香和焦香的主要原因^[2]。第二，焦糖化反应，特指糖类在高温下脱水、降解和聚合的反应，该反应可以生成的风味物质包括呋喃类和麦芽酚类等物质，可以产生甜香、奶油香等风味特征。第三，脂肪氧化降解，特指谷物中不饱和脂肪酸在脂肪氧合酶或热作用下的氧化反应，其可以生成小分子的醛、酮、醇类物质^[3]，从而为谷物食品带来具有谷物清新的青草香或花果香。但在过度氧化情况下，则会进一步产生哈喇味。

（三）传统加工的困境：营养与风味的双重损失

在传统加工工艺下，谷物食品往往以提高口感与延长保质期为目的，而该过程使得其一定程度上需要牺牲营养与天然风味。从营养的结构性流失方面来说，传统碾米和制粉工艺采用物理碾削或筛分的方式，将胚芽和麸皮去除。但这一环节使得胚芽和麸皮所包含的膳食纤维、维生素、矿物质及植物化学素等大幅损失，由此导致其加工食品成为主要含有“热量”的精致淀粉源。米糠、麦麸被废弃后，虽然价值极高，但由于含有不稳定脂肪酶，因而极易发生酸败变质^[4]，多数情况下仅能用于饲料，从而产生资源浪费。在风味扁平化与异味生成方面，传统加工工艺为了保证口感并提升保质期，通常使用过度碾白或化学处理的方式，使得谷物本身细腻、复合的天然风味被严重削弱。同时，胚芽被去除的过程中虽然将不饱和脂肪酸同样去除，可以有效防止氧化酸败产生的异味，但同样使得谷物失去了原有的饱满风味。此外，在干燥与储存条件差异下，谷物还可能会受到微生物污染并产生霉味，同样也会造成谷物风味品质降低。

二、基于营养与风味需求的谷物精深加工技术路径

（一）营养活化与释放：生物技术的精准介入

在谷物精深加工技术领域，生物技术是实现营养重构的重要手段，当前主要采用的包括酶解技术与发酵技术。

酶解技术是指在加工环节添加特定的工业酶制剂，可以对谷物组分进行高效转化。例如在谷物麸皮处理中，可以通过纤维素酶和木聚糖酶将其中的不溶性膳食纤维进行水解，从而将其转化为水溶性膳食纤维，突出其益生元功能。在谷物蛋白处理中，可以使用蛋白酶水解作用将其转化为更易吸收的小分子肽和氨基

酸^[5]。例如从玉米蛋白中可以提取出玉米肽，可以发挥其醒酒护肝功能；在燕麦蛋白中可以制备燕麦肽，具有抗氧化活性特征。总之，酶解技术是当前谷物精深加工中制备功能性谷物配料的核心手段，具有反应条件温和、底物特异性强、产物易于控制等优势。

发酵技术是指通过乳酸菌、酵母菌等特定菌种代谢过程中产生的复杂酶系，对谷物底物产生作用。一方面，微生物可有效分解植酸，从而解除对矿物质元素的整合，促进人体对铁、锌等微量元素的吸收；另一方面，发酵过程可以将大分子蛋白降解，进而转化为风味物质和活性肽，并合成新的有益代谢产物，例如 γ -氨基丁酸、维生素 K2 等^[6]，从而实现营养与风味的双重提升。

（二）物理改性：激活与保护的双重艺术

在谷物精深加工中，物理改性技术具有重要地位，具有绿色且高效的特征。

超微粉碎与气流粉碎是提升谷物溶出率和体内吸收利用率的重要手段，其可以将谷物或麸皮粉碎至微米甚至纳米级^[7]，而该过程可以有效破坏谷物细胞壁，从而将细胞内部的多酚、黄酮、膳食纤维等营养物质释放出来，同时还可以避免全谷物食品口感粗糙的问题。

挤压膨化技术可以极大地改善谷物消化率，并赋予产品酥脆的质构。该技术集成了混合、熟化、成型三位一体的高温短时加工技术，在高温高压条件下瞬间挤压膨化，可以使谷物淀粉迅速糊化、蛋白质变性、脂肪复合，同时还可以降解其中的胰蛋白酶抑制剂等抗营养因子^[8]。此外，在精确控制水分、温度、螺杆转速等工艺参数的条件下，该技术还可以定向调控美拉德反应程度，从而保证生成预想的烘焙香气。

蒸汽稳定化处理可以提高米糠、胚芽的高值化利用率，其主要通过高温饱和蒸汽进行瞬时处理，将米糠、胚芽等副产物中的脂肪氧化酶和脂肪酶迅速失活，既可以延长保质期，又可以提高谷物的稳定性，从而可以进一步加工为营养强化剂或功能性油脂。

（三）风味定向重塑：从被动保留到主动设计

随着现代食品加工技术的优化升级，在谷物精深加工环节还可以实现主动设计风味。

热反应风味调控旨在精准控制烘焙、蒸煮、油炸等热处理方式及其条件，以此引导美拉德反应方向。例如在咖啡或麦芽烘焙时，可以调控温度和升温速率，从而控制其生成的吡嗪类和呋喃类化合物，以此达到主动设计香气特征的效果。

发酵产香技术旨在借助乳酸菌、酵母菌的发酵活动，通过生成的乳酸、酯类或者醇类和醛类赋予燕麦奶、米露等发酵谷物饮品独特风味，还可以遮盖其原有的苦涩味。

香气回收与微胶囊包埋技术则可以在浓缩、干燥等谷物加工过程中，将易挥发的香气通过精馏、吸附的方式进行回收，而后通过喷雾干燥或分子包埋技术，将其封装以改性淀粉或环糊精为壁材的微胶囊中^[9]。当用户冲泡速食粥或谷物粉时，胶囊遇水破裂即可将香气释放，带来“新鲜现煮”的感官体验。

（四）营养强化与复配：构建协同增效的健康矩阵

单一的谷物食品通常存在氨基酸组成不平衡或营养物质不均

衡的问题，这就可以通过营养强化与复配技术进行改进。

氨基酸互补技术可以将赖氨酸含量高的豆类蛋白与蛋氨酸含量高的谷物蛋白进行科学配比，从而达到提升混合蛋白利用率的效果，为高蛋白营养代餐粉、植物基肉制品的开发提供了理论依据。

微量营养素精准强化技术则可以根据特定人群需求，将其所需的微量营养素或风味进行包装，从而稳定添加到其食品之中，达到精准化、个性化服务的效果。

（五）副产物高值化利用：循环经济的产业实践

在谷物精深加工领域，还应注重其绿色属性，全面提升谷物产品的利用率。

在米糠的综合利用中，可以通过压榨或超临界 CO₂ 萃取获得米糠油，可以为人们提供谷维素、植物甾醇等营养物质^[10]。同时，脱脂米糠粕还可以用于提取米糠蛋白、膳食纤维或植酸。其中米糠蛋白可以用于婴幼儿食品开发；米糠膳食纤维可以作为益生元添加在食品中。

在麦麸加工中，通过酶解可以制备阿拉伯木聚糖和低聚糖，

通过发酵则可以生成乙醇或有机肥。在胚芽加工中，可以提取其中的谷胱甘肽和维生素 E，并用于营养补充剂和化妆品。

此外，玉米加工副产物也获得了广泛应用，除了玉米淀粉外，还可以用于提取植酸、提取玉米黄素和玉米肽、制油、生产木糖醇，实现了从原料到产品再到再生资源的全利用。

三、结语

综上所述，谷物精深加工不仅是技术升级与优化，更是一种融合食品科学、营养学、生态学与现代工程学的系统哲学。它既可以为“健康中国”与“双碳”目标实现提供动力，又可以重构人与食物、农业与生态之间的关系。展望未来，随着合成生物学、人工智能、精准营养等前沿技术的不断渗透，谷物精深加工将迈向更加个性化、智能化和低碳化的新纪元。届时或许可以为个体定制基于其肠道菌群特征的谷物营养方案，利用 AI 优化出能耗最低、产出最高的绿色生产工艺。

参考文献

[1] 徐锐. 以农产品精深加工与食品工业驱动特色产业价值链提升研究——基于金昌市农产品加工业的调查分析 [J]. 农业科技与信息, 2025, (12): 142–145+150.
[2] 刘丽娟. 仁怀市高粱精深加工现状与提升路径研究 [J]. 粮油科学与工程, 2025, 39(06): 38–40.
[3] 周静. 科技赋能强链延链精深加工提质增效 [N]. 黑龙江日报, 2025–11–30(004).
[4] 王宸之, 熊伟, 梁强, 宣朴, 姚英政, 项超, 张驰松, 杜俊波. 四川省大豆精深加工产业发展现状、存在问题及对策建议 [J]. 四川农业科技, 2025, (11): 123–125.
[5] 张恒达, 李生龙, 张成林, 朱晓月, 崔晨昊, 范仲亚. 谷物加工设备智能化发展与实践 [J]. 中国食品学报, 2025, 25(01): 1–11.
[6] 冉秋艺, 孙虎. 传统谷物加工农具的设计逻辑及创新应用研究 [J]. 工业设计研究, 2023, (00): 261–269.
[7] 张莹璐. 谷物加工发酵工艺优化及其生物抑菌效果分析 [J]. 粮食与饲料工业, 2024, (04): 38–41.
[8] 高琨, 汪丽萍, 翟小童, 谭斌. 全谷物生物加工研究进展与发展方向 [J]. 中国食品学报, 2024, 24(07): 387–400.
[9] 程潇辉, 刘玮, 李莹, 刘霞. 全谷物加工工艺及其营养成分对疾病的预防作用研究进展 [J]. 中国食物与营养, 2025, 31(06): 65–69.
[10] 张洵, 刘贺, 李娜. 全谷物加工方式对其营养功能影响的研究进展 [J]. 渤海大学学报 (自然科学版), 2023, 44(01): 10–20.