 DOI: https://doi.org/10.12349/rwae.v7i2.10856

Pharmacological Activities of Medicinal and Edible Coix Seed and Its Research Progress in Food Health Care

Jianping Mei[1] Yaping Di[2] Peng Chen[2] Kaihua Shi[1*]

1. Jinyun County Agriculture and Rural Bureau, Lishui, Zhejiang, 321400, China
2. Zhejiang University City College, Hangzhou, Zhejiang, 310015, China

Abstract

Coix seed is a superior product for both medicinal and edible purposes, containing a variety of active chemical components such as esters and fatty acids, polysaccharides, amino acids and proteins, polyphenols,sterols, and flavonoids. It possesses multiple pharmacological effects including anti-cancer, anti-inflammatory, antioxidant, hypoglycemic, hypolipidemic, and immunomodulatory properties. It has been developed into various food products such as coix seed beverages, biscuits, compound meal replacement powders, and walnut cakes,integrating traditional Chinese medicine theories into daily diets, which meets the demands of modern people for sub-health conditioning and chronic disease prevention. Meanwhile, its skin-whitening and nourishing effects have been utilized to develop coix seed facial mask products. Future research should further deepen the study on the molecular mechanisms of its active components, and use modern biotechnology to provide scientific basis for the further development and utilization of coix seed as a medicinal material. In addition, it is necessary to optimize the processing technology, and improve the utilization rate of active components and product stability in finished products through technologies such as fermentation and microencapsulation.

Keywords

coix seed; pharmacological effects; food health care; chemical components

药食同源薏苡仁药理活性及其在食品保健方面研究进展

梅建平[1] 狄亚平[2] 陈鹏[2] 施凯华[1*]

1. 缙云县农业农村局，中国 · 浙江 丽水 321400
2. 浙大城市学院，中国 · 浙江 杭州 310015

摘 要

薏苡仁是一种药食两用的佳品，含有多种活性化学成分，如酯类及脂肪酸、多糖、氨基酸及蛋白质类、多酚类、甾醇、黄酮类等，具有抗癌、抗炎、抗氧化、降血糖、降血脂、调节免疫等功效，已被开发为薏苡仁饮品、饼干、复合代餐粉、桃酥等食品，将中医药理论融入日常饮食中，契合现代人群对亚健康调理、慢病预防的需求。同时其美白、滋养皮肤的功效利用研制出了薏苡仁面膜产品。未来研究需进一步深化活性成分的分子机制研究，利用现代生物技术为薏苡仁药材进一步的开发利用提供科学依据。同时还需要优化加工工艺，通过发酵、微胶囊包埋等技术提升活性成分在产品中的利用率与产品稳定性。

关键词

薏苡仁；药理作用；食品保健；化学成分

1 引言

薏苡仁（Coix Seed.），又称为薏米，为薏苡的干燥成熟种仁，秋季果实成熟时采割植株，晒干，打下果实，再晒干，除去外壳、黄褐色种皮和杂质，收集种仁即得。薏苡仁是一种药食两用的佳品，性凉，味甘、淡，归脾、胃、肺经，主产于福建、河北、辽宁等地。薏苡仁具有多种化学成分，如蛋白质、多糖、脂质、甾醇、酚类、类黄酮、生物碱、三萜类化合物、氨基酸、矿物质等[1]。其中主要成分为糖类、蛋白质及氨基酸、薏苡仁油脂类、多酚等，其中黄酮类和薏苡仁多酚是主要的抗氧化活性成分，保护细胞免受氧化损；油脂类和多糖可以抑制癌细胞的增殖，发挥抗癌作用[2]。因此该篇文章主要将薏苡仁活性成分以及药理作用回顾与整理。

【作者简介】梅建平（1980–），女，中国浙江丽水人，本科，高级农艺师，从事农业技术推广研究。

【通讯作者】施凯华（1995—），男，中国浙江丽水人，本科，农艺师，从事农业技术推广研究。

2 薏苡仁的化学成分

薏苡仁具有多种化学成分，如包括蛋白质、多糖、脂质、甾醇、酚类、类黄酮、生物碱、三萜类化合物、氨基酸、矿物质等。其中主要成分为糖类、蛋白质及氨基酸、薏苡仁油脂类等。薏苡仁糖类主要为多糖，具有增强机体免疫功能，

刺激免疫细胞活性；还具有降血糖、降血脂效果，可改善胰岛素抵抗，辅助调节代谢相关指标。薏苡仁油脂是核心活性成分之一，具有抗肿瘤作用，可抑制肿瘤细胞增殖与转移；同时能抗炎、镇痛，缓解湿痹引发的关节拘挛疼。而其中薏苡仁多酚是主要的抗氧化活性成分，主要包括黄酮类、酚酸类等，可以有效减缓抗氧化应激的负面影响，对损伤肝脏细胞具有保护作用。

2.1 酯类及脂肪酸

薏苡仁中的油脂含量约为 5%, 主要以甘油三酯的形式存在，占薏苡仁总油脂成分的 85% 左右，其次是甘油单酯、甘油二酯及脂肪酰烃酯类 [3]。薏苡仁油中还含有丰富的不饱和脂肪酸类成分，薏苡仁油中的不饱和脂肪酸主要包括肉豆蔻酸、棕榈酸、棕榈油酸、硬脂酸、亚麻酸、油酸、亚油酸等。其中，油酸、亚油酸及棕榈酸为主要脂肪酸，占总脂肪酸的 96% 左右。这些酯类和脂肪酸可以通过抑制癌细胞增殖、促进癌细胞凋亡来发挥抗癌作用。同时还具有抗炎、镇痛、抗氧化、降血脂、免疫调节、肠道功能调节等作用 [4]。

2.2 薏苡仁多糖

薏苡仁多糖是薏苡仁核心活性成分之一，主要包括薏苡仁多糖 A(阿拉伯糖 - 木糖 - 甘露糖 - 半乳糖 1 ： 1 ： 1 ： 11 ： 10)、薏苡仁多糖 B(鼠李糖 - 阿拉伯糖 - 木糖 - 甘露糖 - 半乳糖 - 葡萄糖 3 ： 18 ： 13 ： 3 ： 10 ： 5)、薏苡仁多糖 C(葡聚糖)、中性葡聚糖 1~7、酸性多糖 CA-1、低聚果糖等。经过高效液相色谱分析表明薏苡仁多糖是由多种单糖组成的酸性杂多糖，构成这些，多糖的单糖有甘露糖、鼠李糖、葡萄糖、阿拉伯糖、半乳糖、木糖、果糖、氨基葡萄糖等 [4]。这些多糖可通过不同的机制发挥抗肿瘤、免疫调节、调节代谢、抗炎与抗氧化等作用 [2]。

2.3 氨基酸及蛋白质类

薏苡仁中蛋白质含量在 20% 左右 , 有较高的营养价值。其中主要为醇溶蛋白和谷蛋白，约占蛋白质总量的 80%, 还有少量球蛋白和清蛋白 [6]。此外薏苡仁中还含有多种氨基酸成分，包括 7 种人体必需氨基酸，分别为赖氨酸、苯丙氨酸、甲硫氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、缬氨酸以及苏氨酸，其中以异亮氨酸含量为最高。其余为人体非必需氨基酸中，酪氨酸含量最高 [7]。

2.4 多酚类

薏苡仁中的多酚类化合物包括结合态和游离态 2 种形式 , 经实验鉴别发现了多种游离型多酚，包括丁香酸、阿魏酸、对香豆酸、香草酸、咖啡酸、芥子酸、2- 羟基苯乙酸、绿原酸、薏苡醇等 [8]，其中阿魏酸和对香豆酸的含量较高。其为发挥药理活性的关键物质基础之一，可通过抑制炎症通路发挥抗炎作用；同时也可通过清除氧自由基，抑制脂质过氧化，保护细胞免受氧化损伤，增强机体自身抗氧化防御系统，发挥抗氧化和抗衰老作用 [9]。

2.5 甾醇

薏苡仁中含有多种甾醇类化合物，是薏苡仁油不皂化物的主要成分，包括菜油甾醇、麦角甾醇、豆甾醇、β - 谷甾醇、α - 谷甾醇、胆甾醇、阿魏酰豆甾醇、阿魏酰菜子甾醇、芸苔甾醇等 [10]，此外还有烃类及 4- 甲基甾醇，其中烃类成分主要为角鲨烯，质量分数约 9.80%。薏苡仁甾醇和角鲨烯具有抗肿瘤、抗炎、降血脂、抗氧化等多种药理活性，部分甾醇还能促进排卵。其中，β - 谷甾醇不仅抗氧化和抑菌作用显著，还能抑制胃癌细胞增殖并促进其凋亡。

2.6 黄酮类

黄酮类化合物是一类以 2- 苯基色原酮为基本母核结构的一系列化合物，有槲皮素、芹菜素、木犀草素、橘皮素、柚皮苷、芦丁等 [11]。研究显示，薏苡仁黄酮具有显著的抗氧化与抗炎活性，能有效清除 DPPH 自由基并保护线粒体免受氧化损伤，其抗氧化能力随总黄酮浓度升高而增强 [12]。

2.7 其他化合物

除了上述化学成分外，薏苡仁中还含有内酰胺类化合物、三萜类化合物、维生素、矿物质、生育酚、抗菌活性的茚类化合物、腺苷等。

3 薏苡仁的药理作用

3.1 抗癌

薏苡仁可通过降低 Na^+/K^+-ATP 酶的活性，促进 cAMP 生成，增加血钠浓度，抑制肿瘤生长 [12]。有研究发现，Coix 多糖可以显著抑制肺癌细胞的增殖，并可能通过上调 caspase-3 和 caspase-9 基因的表达而诱导肺癌细胞凋亡；同时可抑制肺癌细胞内的信号转导通路（如 PI3K/Akt/mTOR 通路），在转录水平抑制环氧合酶 2（COX-2）的表达，抑制肺肿瘤细胞增殖和侵袭转移。康莱特注射液可以抑制小鼠 Lewis 肺癌 Survivin 蛋白的表达，促进癌细胞凋亡，抑制小鼠肺癌细胞的增殖，还可以改变肿瘤的分化程度，抑制淋巴结转移 [13]。进一步研究揭示了薏苡仁油干预可通过显著升高 MCF-7 和 ZR-75-1 细胞活性氧（ROS）水平及超氧化物歧化酶（SOD）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）、过氧化氢酶（CAT）等抗氧化酶活性，同时下调 CDK4、CyclinA、CyclinE 等周期基因表达以抑制增殖，通过下调 Bcl-2、上调 Bax 诱导凋亡来发挥抗乳腺癌的作用 [14]。康莱特注射液可以将人肝癌 SMMC-7721 细胞周期阻滞在 G2/M 期，减少有丝分裂，从而使肝癌细胞的增殖受到抑制，也可以通过增加与自噬相关基因如 Beclin-1、LC3 的表达、激活 Fas ／ Fas-L 信号通路增加 Caspase-8 的表达来诱导 SMMC ― 7721 细胞凋亡。也有研究发现其可通过抑制 CKLF1 介导的 NF- κ B 通路，减少炎症因子的产生，破坏肿瘤的炎症微环境，降低肿瘤的侵袭和迁移能力 [15]。康莱特注射液可通过降低血管内皮生长因子 (VEGF) 和碱性成纤维细胞生长因子 (bFGF), 抑制肿瘤血管的形成，进而发挥抗肿瘤作用 [16]。薏苡仁油可通过降低胃癌 SGC-7901 细胞蛋白质精氨酸甲基转移酶 5(Protein argi-nine methyltransferase 5,PRMT5)，从而减少 PI3K 和 AKT 的表达，降低 SGC-7901

细胞的侵袭、迁移、增殖能力 [17]。

3.2 抗炎

有研究发现，薏苡仁提取物可能通过 TNF 信号通路介导其下游 NF-κB 信号通路的激活，从而促进细胞增殖、抑制凋亡、减轻炎症反应，从而发挥抗炎作用 [18]。薏苡仁汤的有效成分包括谷甾醇、β-谷甾醇、汉黄芩素、香叶木素、槲皮素等多种化合物对膝骨关节炎（KOA) 有治疗作用。这些成分主要通过抑制 NF-κB 信号通路、降低 IL-1β、IL-6、TNF-α 等炎症因子表达、减少基质金属蛋白酶（MMP）和环氧化合酶产生，以及通过 PI3K/AKT 通路调节 ROS 水平等多种途径，发挥抗炎、抗凋亡和保护软骨的作用 [19]。研究表明，薏苡仁提取物可明显减轻 2,4- 二硝基氯苯（DNCB）造成的 BALB/c 小鼠特异性皮炎所致的小鼠耳部肿胀、减轻皮肤炎症反应， 同时降低血清 IgE、 IL-4 水平，升高 IFN-γ 水平，调节皮肤 AQP3、 TLR2 和 TLR4 的表达 [20]。

3.3 抗氧化

有研究表明，薏苡仁中的抗氧化活性成分主要为多酚类和总黄酮类 [21]。同时薏苡仁多糖也有较强的自由基清除能力，抑制细胞膜的脂质过氧化反应，可以保护细胞结构免受自由基的损害，维护细胞正常结构和功能，进而预防与氧化应激密切相关的疾病发生 [22]。有些研究发现从薏苡仁提取物中分离得到的薏苡仁多糖多种植物油有抗氧化作用 [23]。赵丹等的研究证实，发酵薏苡仁多糖可通过抑制胰岛素 /IGF1 通路，提高线虫的抗氧化应激能力 [24]。此外，薏苡仁中的不饱和脂肪酸也通过中和自由基、增强免疫力发挥抗衰老作用。薏苡仁提取物可以提升 SOD 活性，降低脂质过氧化产物丙二醛 (MDA) 水平，减少氧化损伤对肠道黏膜的破坏，间接辅助免疫功能修复 [25]。薏苡仁可以抑制缺血性脑卒中所激活的氧化应激，减少 ROS 和 MDA 的产生，抑制对 SOD 和谷胱甘肽（GSH）的水平的降低，因而对局灶性脑缺血再灌注损伤的保护作用 [26]。

3.4 降血脂

有研究表明，摄入薏苡仁奶的高脂肪饮食小鼠，血清总胆固醇、甘油三酯水平降低，高密度脂蛋白（HDL）水平增加，同时可以下调和脂质合成相关的基因的表达，减少肝脏脂肪积累 [27]。进一步研究表明，薏苡仁提取物可以降低在脂肪合成中起重要作用的 CCAAT/ 增强结合蛋白（C/EBP）并上调过氧化物增殖激活受体 α（PPARα）的表达，减少脂肪合成 [28]。薏苡仁提取物可以下调脂肪合成相关基因（ACC、FAS、HMGCR）表达，上调胆固醇转化相关基因（CYP7A1）表达，减少脂肪和胆固醇从头合成从而发挥降血脂作用，同时还可以提高降脂有益菌的丰度，逆转高脂饮食诱导的肠道失调 [27]。

3.5 降血糖

经过 CSP 处理的模型小鼠结肠中胰岛素样生长因子 1(Insulin-like Growth Factor1,IGF1) 及 AKT 的表达增强，进而降低与糖异生相关酶的表达，如磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶 (PEPCK) 和葡萄糖 -6- 磷酸酶 (G-6-Pase) 等，从而抑制糖异生，同时 AKT 能够直接使糖原合成酶激酶 3β（GSK-3β）发生磷酸化，从而抑制其活性。这一作用减弱了 GSK-3β 对糖原合成酶（GS）的抑制，进而促进肝细胞中的糖原合成过程，有助于降低血糖水平 [29]。研究表明 10%CS 麸皮油可使 DM 模型大鼠磷酸化 AKT 表达增加，同时降低模型大鼠钠 - 葡萄糖转运蛋白 2（GLUT-2）和磷酸烯醇式丙酮酸羧激酶（PEPCK）的 mRNA 和蛋白表达，并提高肝脏葡萄糖激酶 (Glucokinase, GCK) 的含量及活性，从而有效降低血液 TG、TC 和葡萄糖水平 [30]。还有报道表明 CSE 酯类中内酯可通过环磷酸腺苷介导的信号通路扩增血清葡萄糖刺激的胰岛素分泌，起到降低血糖的作用 [31]。研究显示薏苡仁多糖可以通过抑制糖原分解和糖异生翻转由肾上腺素导致的小鼠血糖升高 [32]。有研究从薏苡仁提取物中分离得到的一种水溶性多糖可以降低由链脲佐菌素造模的 2 型糖尿病小鼠的糖化血红蛋白水平，改善高血糖造成的线粒体障碍以及脂肪堆积 [33]。

3.6 调节免疫

薏苡仁可通过增加外周血中细胞毒性淋巴细胞的数量来增强机体免疫功能。其活性成分薏苡仁酯则能提高腹腔巨噬细胞的吞噬与转化能力，表现出免疫兴奋效应 [16]。康莱特通过增加血清 IFN-γ 和 IL-2 水平、增加肝癌 HCC 患者血液中 T 细胞和 NK 细胞的数量来刺激免疫反应 [34]。薏苡仁提取物可调节 T 淋巴细胞亚群，显著提高结肠组织中 $CD4^+/CD3^+$、$CD8^+/CD3^+$ 及 $CD4^+CD8^+$ 双阳性 T 细胞比例，修复 T 细胞功能紊乱，增强免疫调节与组织保护能力。同时也可维持中性粒细胞、树突状细胞、巨噬细胞的正常水平 [35]。

表 1 薏苡仁的主要功能特性及其相关活性成分

作用	功能物质	作用机制	参考文献
抗癌	酯类及脂肪酸类、多糖、黄酮类化合物、甾醇类	抑制肿瘤细胞增殖、促进肿瘤细胞凋亡、抑制肿瘤血管生成、减少炎症因子生成、降低肿瘤侵袭能力	[12][17]
抗炎	酯类及脂肪酸类、多糖、黄酮类化合物、甾醇类	减少基质金属蛋白酶（MMP）和环氧化合酶产生、减少炎症因子生成	[18][20]
抗氧化	多糖、黄酮类化合物、多酚类、不饱和脂肪酸	提升 SOD 的活性、清除氧自由基、减少脂质过氧化	[26]
降血糖	多糖、黄酮类化合物、甾醇类、不饱和脂肪酸	促进胰岛素释放、抑制糖异生、促进糖原合成	[30][33]
降血脂	多糖、黄酮类化合物、甾醇类、不饱和脂肪酸	抑制脂肪和胆固醇合成、促进脂肪分解、增加 HDL	[27][28]
调节免疫	多糖、甾醇类、氨基酸及蛋白质类、黄酮类化合物	提高巨噬细胞的吞噬与转化能力、增加 T 细胞和 NK 细胞的数量	[16][35]

4 薏苡仁在食品保健方面的应用

4.1 薏苡仁饮品

用乳酸菌和酵母菌协同发酵，可以使薏苡仁中的淀粉、蛋白质等大分子物质更易分解为小分子糖类、氨基酸等，更易被人体消化吸收，同时乳酸菌代谢产生乳酸、乙酸等有机酸，赋予产品清爽酸味，酵母菌发酵生成乙醇、酯类等风味物质，因此游新侠等人以感官评分、酸度、黏度为依据，从薏苡仁质量分数、乳酸菌和酵母菌接种比例、菌种接种量、赤藓糖醇质量分数、发酵时间等方面提供了薏苡仁发酵酸奶的最佳工艺 [36]；为了扩展薏苡仁在食品保健方面的功能，王志亮等人以薏苡仁、山药为原材料，利用乳酸菌进行发酵，研制出了薏苡仁山药复合饮料 [37]；由于薏苡仁本身具有一定的涩味，发酵可以消解其涩味，同时也符合当代中老年人养生的理念，具有较好的应用前景，邹立飞等人以薏苡仁和糯米作为原料进行发酵制备处薏苡仁酒 [38]；在祛湿和保护肠粘膜，促进肠道蠕动方面发挥作用。由于薏苡仁红豆复合具有利水消肿、健脾渗湿、解毒排脓功效，邹正平 [39] 以红豆和薏苡仁为原料，选择薏苡仁汁、红豆汁以及木糖醇的不同添加量，以感官特性为依据，优化薏苡仁红豆复合饮料。

4.2 薏苡仁代餐粉

随着生活压力的增加，引发了营养缺乏及代谢综合征等一系列健康问题，在此情况下，多样化的膳食结构是改善亚健康状态的有效方法。王敏等人 [40] 以薏苡仁粉、黑豆粉为主要原料，芒果粉、苹果粉、木糖醇、魔芋精粉为辅料，经单因素实验结合感官评分优化薏苡仁复合代餐粉的配方。

4.3 薏苡仁面膜

随着人们生活水平的提高以及对美的追求，美容护肤已成为时代的一种趋势。白芷和薏苡仁均具有减少黑色素生成、美白皮肤、滋润皮肤的功效，陈颖等 [41] 以薏苡仁和白芷中的异欧前胡素为原料，以 CMC-Na 和明胶为成膜剂、聚丙烯酰胺为乳化剂、甘油为保湿剂，并分别对其添加量进行单因素实验确定面膜最佳配方；Li-Yun Lin 等 [42] 的研究发现，以乙醇作为有机溶剂进行提取时，黄酮的含量较高，具有较好的美白活性，搭配 3% 透明质酸、3% 玉米多元醇等成分，经 50℃溶解、室温混合、膜布浸泡吸附后密封制备所得的面膜质量较好。

4.4 薏苡仁饼干

薏苡仁不仅含有蛋白质、脂肪、淀粉、粗纤维等，而且还含有人体所必需的 8 种氨基酸亮氨酸、精氨酸、酪氨酸等，是典型的“绿色食品”，同时还可以改善代谢、调节免疫功能。饼干是一种常见的休闲食品，因其具有松脆或酥松的口感、方便携带、口感丰富受到各年龄段消费者的喜爱。李志 [43] 等以低筋小麦粉为主要原料，鸡蛋、食盐、小苏打为辅料，研究薏苡仁粉添加量、木糖醇添加量、黄油添加量对薏苡仁饼干感官体验的影响。

4.5 薏苡仁桃酥

桃酥作为南北通吃的经典汉族传统小吃，以干香酥脆、甜润适口的独特风味深入人心。但因其存在脂肪、糖分及热量偏高的问题，长期食用可能增加肥胖、心血管疾病等健康风险，为满足消费者日益增长的对营养健康食品的需求，已研制出了许多营养功能型桃酥，如李伟岸 [44] 研制出了薏苡仁桃酥，具有降血脂、降血糖、抗炎等功效，并薏苡仁粉、玉米油、绵白糖、泡打粉的添加量分别进行了单因素实验，提供了薏苡仁桃酥的最佳配方。

4.6 薏苡仁内酯豆腐

内酯豆腐以葡萄糖酸 - δ - 内酯为新型凝固剂制成，相比传统豆腐，其在产出效率、外观质地（细腻洁白）、保水性、风味（无苦涩）及储藏稳定性上均具优势，仅因加工中凝固剂转化为葡萄糖酸而带有轻微酸味。张丽华等 [45]、程秀玮等 [46] 均以薏苡仁和大豆为主要原料，添加 0.25% 葡萄糖内酯（GDL）制备薏苡仁内酯豆腐，前者采用豆乳与薏苡仁提取液 8:12 的比例，后者采用薏苡仁与大豆 1:4 的比例且以 85℃ 凝固，成品均具薏苡仁独特风味与营养，口感、质地良好。

表 2 薏苡仁液体类产品开发工艺及配方

薏苡仁饮品	工艺	调配配方	参考文献
薏苡仁发酵酸奶	乳酸菌和酵母菌发酵	纯牛奶、薏苡仁基料、赤藓糖醇、混合菌种 42℃发酵 7.5h	[36]
薏苡仁山药复合饮料	嗜酸乳杆菌和保加利乳杆菌发酵	薏苡仁浆、山药浆、奶粉适量混合、巴氏杀菌、37℃巴氏杀菌、37℃厌氧发酵 12h	[37]
薏苡仁酒	扣囊复膜酵母 A1	薏苡仁：糯米 =1：19；31.7℃发酵 8d	[38]
薏苡仁红豆复合饮料	与红豆汁复配	红豆汁 45%、薏苡仁汁 40%、木糖醇 7.5%、饮料 PH4.2-4.6	[39]

表 3 薏苡仁其他产品开发工艺及配方

其他产品	工艺	调配配方	参考文献
复合代餐粉	粉末过筛混合	薏苡仁粉 11.36g、黑豆粉 9.5g、苹果粉 2.00g、芒果粉 2.00g、木糖醇 5.94g、魔芋精粉 0.3g	[40]
面膜	三相法制备	CMC-Na 和明胶为成膜剂、聚丙烯酰胺为乳化剂、甘油为保湿剂	[41]
饼干	烘烤	以低筋小麦粉为主要原料，鸡蛋、食盐、小苏打为辅料，同时添加薏苡仁、木糖醇和黄油	[43]
桃酥	起酥、烘烤	在面粉中加入薏苡仁粉、玉米油、绵白糖、泡打粉成面团，切成小剂子、烘烤	[44]
内酯豆腐	煮浆撇沫、加内酯凝固剂	薏米：大豆 =1：1，煮浆、冷却、加入葡萄糖内酯凝固成型	[46]

5 总结展望

综上所述，薏苡仁作为药食同源的典型代表，其研究已覆盖成分分离、功效验证、产品开发等多个维度。化学成分方面，已明确薏苡仁多糖、薏苡仁内酯、多酚类、黄酮类等核心活性物质，且证实其在降血脂、抗氧化、调节免疫功能、降血糖、抗炎、抗癌等方面的显著作用；产品开发领域，从传统食品加工延伸至功能性保健食品、化妆品等多元场景，薏苡仁发酵乳、保健豆腐、美白面膜等产品已完成初步应用。但现有研究仍存在不足：核心活性成分的作用机制尚未完全阐明，部分功效的临床验证数据有限；产品加工中存在活性成分保留率低、风味适配性不足等问题。未来研究需进一步深化活性成分的分子机制研究，利用现代生物技术为临床疾病的治疗提供精准的作用靶点。同时还需要优化加工工艺，通过发酵、微胶囊包埋等技术提升活性成分在产品中的利用率与产品稳定性。

参考文献

[1] 廖兰, 林思童, 梁骏峰. 药食同源薏苡仁药理活性成分的研究进展 [J].食品科学, 2024: 1-15.

[2] 吴静雨,陈晓凡,徐万爱,等.薏苡仁活性成分研究进展[J].中国中药杂志,2024,49(06):1474-1484.

[3] 吴映梅, 王明力, 李姗姗. 薏苡仁饮料抗氧化活性的研究[J].安徽农业科学, 2014, 42(16): 5246-5247.

[4] 蒋星月,张喻惠,高嵩,等.薏苡仁多糖的药理作用及应用研究进展[J].中药与临床,2022,13(05):135-139.

[5] 李晓凯,顾坤,梁慕文,等.薏苡仁化学成分及药理作用研究进展[J].中草药,2020,51(21):5645-5657.

[6] 李玲玲,李开,张月圆,等.薏苡仁醇溶蛋白源小分子肽生物学活性研究[J].中医药学报,2017,45(05):21-25

[7] 伍清芳,王敏,陈鸿平,等.异硫氰酸苯酯柱前衍生高效液相色谱法测定薏苡仁中17种氨基酸的含量[J].食品与发酵工业,2021,47(13):274-279.

[8] 王辰,刘虹,陈雁,等.薏苡仁的营养成分和生物活性研究进展[J].农产品加工,2019,(06):62-65.

[9] Hu Y, Zhou Q, Liu T,et al. Coixol Suppresses NF-κB, MAPK Pathways and NLRP3 Inflammasome Activation in Lipopolysaccharide-Induced RAW 264[J].Molecules. 2020;25(4):894.

[10] 黄娇,陈丹,熊朝栋,等.薏苡种皮油与薏苡仁油中脂肪酸与不皂化物组分群的GC-MS联用分析[J].福建中医药,2021,52(06):18-21.

[11] 李志.超声波提取薏苡仁中总黄酮工艺及抗氧化活性的研究[J].四川理工学院学报,2019,32(01):16-23.

[12] Wang L, Chen C, Su A, Zhang Y, Yuan J, Ju X. Structural characterization of phenolic compounds and antioxidant activity of the phenolic-rich fraction from defatted adlay (Coix lachryma-jobi L. var. ma-yuen Stapf) seed meal[J].Food Chem. 2016;196:509-517.

[13] Meng FD, Yuan L, Lu DD, et al. Anti-tumor effect of coix seed based on the theory of medicinal and food homology[J].World J Clin Oncol. 2023;14(12):593-605.

[14] 韩珊珊,路洋,刘寨东.薏苡仁化学成分及抗肿瘤作用研究进展[J].中华中医药学刊,2024,42(09):210-219.

[15] Lu Y, Zhang BY, Jia ZX, Wu WJ, Lu ZQ. Hepatocellular carcinoma HepG2 cell apoptosis and caspase-8 and Bcl-2 expression induced by injectable seed extract of Coix lacryma-jobi[J]. Hepatobiliary Pancreat Dis Int. 2011;10(3):303-307.

[16] 吴岩,原永芳.薏苡仁的化学成分和药理活性研究进展[J].华西药学杂志,2010,25(01):111-113.

[17] 孙国壮,曹有军,毛海燕,等.薏苡仁油诱导胃癌细胞SGC-7901凋亡的实验研究[J].实用临床医药杂志,2019,23(08):1-6.

[18] Qiu J, Chen R, Song C, et al. Network pharmacological analysis on the mechanism of Coix seed decoction for osteoarthritis of the knee[J].Medicine (Baltimore). 2023;102(31):e34464.

[19] 陈财,曾平,刘金富,等.基于网络药理学探讨薏苡仁汤治疗膝骨关节炎的作用机制[J].西部中医药,2025,38(05):31-37.

[20] 王俊霞.薏苡仁提取物对BALB/c特应性皮炎模型小鼠的疗效观察[D].天津医科大学,2018.

[21] 邹健,邓婕,王道平,等.14种喀斯特地区植物药提取物的体外抗氧化活性比较[J].贵州医科大学学报,2024,49(01):41-47.

[22] 张洋婷,马洪波,宋春梅,等.薏苡仁多糖的提取及其对油脂的抗氧化作用研究[J].食品研究与开发,2015,36(18):58-61.

[23] Zhao D, Yan M, Xu H, et al. Antioxidant and Antiaging Activity of Fermented Coix Seed Polysaccharides on Caenorhabditis elegans[J].Nutrients. 2023;15(11):2474.

[24] Zhou Q, Yu R, Liu T, et al. Coix Seed Diet Ameliorates Immune Function Disorders in Experimental Colitis Mice[J].Nutrients. 2021;14(1):123.

[25] Du J, Yin G, Hu Y, et al. Coicis semen protects against focal cerebral ischemia-reperfusion injury by inhibiting oxidative stress and promoting angiogenesis via the TGFβ/ALK1/Smad1/5 signaling pathway[J].Aging (Albany NY). 2020;13(1):877-893.

[26] Yang Z, Zhu X, Wen A,et al. Coix Seed-Based Milk Fermented With Limosilactobacillus reuteri Improves Lipid Metabolism and Gut Microbiota in Mice Fed With a High-Fat Diet[J].Front Nutr. 2022;9:921255.

[27] CHOI E K, CHO Y J, YANG H J, et al. Coix seed extract attenuates the high-fat induced mouse obesity via PPAR and C/EBP a downregulation[J].Mol Cell Toxicol, 2015, 11: 213-221.

[28] Yang Z, Zhu X, Wen A, et al. Coix Seed-Based Milk Fermented With Limosilactobacillus reuteri Improves Lipid Metabolism and Gut Microbiota in Mice Fed With a High-Fat Diet[J].Front Nutr. 2022;9:921255.

[29] Xia T, Liu CS, Hu YN, et al. Coix seed polysaccharides alleviate type 2 diabetes mellitus via gut microbiota-derived short-chain fatty acids activation of IGF1/PI3K/AKT signaling[J].Food Res

Int. 2021;150(Pt A):110717.

[30] Tseng YH, Chang CW, Chiang W, Hsieh SC. Adlay Bran Oil Suppresses Hepatic Gluconeogenesis and Attenuates Hyperlipidemia in Type 2 Diabetes Rats[J].J Med Food. 2019; 22(1):22-28.

[31] Hameed A, Hafizur RM, Khan MI, et al. Coixol amplifies glucose-stimulated insulin secretion via cAMP mediated signaling pathway[J]. Eur J Pharmacol. 2019;858:173-175.

[32] 徐梓辉,周世文,黄林清.薏苡仁多糖的分离提取及其降血糖作用的研究[J].第三军医大学学报,2000,(06):578-581.

[33] Chen LC, Jiang BK, Zheng WH, Zhang SY, Li JJ, Fan ZY. Preparation, characterization and anti-diabetic activity of polysaccharides from adlay seed[J].Int J Biol Macromol. 2019; 139:605-613.

[34] 徐俊丽,张明丽.细胞免疫治疗联合注射用薏苡仁油对老年肝癌患者T细胞亚群及疾病预后的影响[J].中国临床研究,2016, 29(08):1054-1056.

[35] Zhou Q, Yu R, Liu T, et al. Coix Seed Diet Ameliorates Immune Function Disorders in Experimental Colitis Mice[J]. Nutrients. 2021;14(1):123.

[36] 游新侠,田红涛,朱玲,等.联合发酵薏苡仁酸奶的研制及品质评价[J].包装与食品机械,2025,43(02):103-112.

[37] 王志亮,史少奇,韩昊林,等.响应面法优化薏苡仁山药复合发酵乳饮料生产工艺[J].粮食科技与经济,2025,50(01):105-110.

[38] 邹立飞,郑鹏.人工神经网络和响应面法优化薏苡仁酒发酵条件[J].中国酿造,2021,40(01):142-147.

[39] 邹正平.薏苡仁红豆复合饮料的研制及其活性研究[D].吉林大学,2018.

[40] 王敏,孙大利,郭正艳,等.薏苡仁复合代餐粉的研发及其营养指标分析[J].食品研究与开发,2025,46(16):142-149.

[41] 陈颖,孙建菊.白芷与薏苡仁美白面膜制备[J].商洛学院学报, 2017,31(06):64-68.

[42] Lin LY, Liao YL, Chen MH, Chang SF, Chen KC, Peng RY. Molecular Action Mechanism of Coixol from Soft-Shelled Adlay on Tyrosinase: The Future of Cosmetics[J].Molecules. 2022;27(14):4626.

[43] 李志,徐俐,冯佳佳.薏仁饼干制作配方的研究[J].食品研究与开发,2017,38(03):86-90.

[44] 李伟岸.薏苡仁桃酥的加工工艺及功能评价研究[D].贵州大学, 2018:50-55

[45] 张丽华,曹雪慧,王宝印.薏米保健豆腐的研制[J].食品科技,2004, (07):30-32.

[46] 程秀玮,魏玮.薏米内酯豆腐的研制及其质构分析[J].农产品加工(学刊),2014,(11):18-21.