

基于数据挖掘和网络药理学的含肉桂保健品组方规律及其缓解体力疲劳保健功能研究



周欢欢¹, 韦盛伟², 肖秀琼², 苏明哲², 陈海燕², 彭诗雅², 陆国寿³, 叶 勇^{1, 2, 4, 5}

1. 广西医科大学第一临床医学院 (南宁 530021)
2. 广西医科大学药学院 (南宁 530021)
3. 广西壮族自治区中医药研究院 (南宁 530022)
4. 广西生物活性分子研究与评价重点实验室 (南宁 530021)
5. 老年重大疾病防治生物医药转化广西高校工程研究中心 (南宁 530021)

【摘要】目的 基于数据挖掘探究含肉桂保健品的组方规律, 并运用网络药理学方法探讨肉桂发挥保健功能的潜在作用机制。**方法** 检索国家市场监督管理总局特殊食品信息查询平台和药智网, 搜集含肉桂保健品相关信息, 检索时间截止2025年10月20日, 分析相关保健品的中药组方及其规律。采用TCMSP、SymMap数据库平台检索肉桂活性成分, 导入SwissTargetPrediction平台预测其潜在靶点; 通过GeneCards数据库收集肉桂缓解体力疲劳的作用靶点, 运用STRING数据库和Cytoscape 3.10软件进行蛋白质-蛋白质相互作用分析及核心靶点筛选; 利用DAVID数据库对肉桂与缓解体力疲劳共有靶点进行基因本体(GO)功能和京都基因与基因组百科全书(KEGG)通路富集分析; 通过分子对接探究其作用机制。**结果** 共收集符合筛选标准的含肉桂保健品134种, 组方中药以补虚药和温里药为主, 药性以平、温为主, 药味以甘、辛味居多, 归经集中于肾经, 保健功能以缓解体力疲劳为主, 剂型以酒剂为主。筛选得到肉桂活性成分59个及其相应作用靶点316个, 肉桂缓解体力疲劳的潜在作用靶点926个, 取交集得到关键靶点60个, 核心靶点6个[肿瘤蛋白53(TP53)、信号转导和转录激活因子3(STAT3)、丝裂原活化蛋白激酶1(MAPK1)、组蛋白乙酰转移酶p300(EP300)、雌激素受体 α (ESR1)、Src原癌基因(SRC)]。肉桂通过癌症通路、癌症中的蛋白聚糖、膀胱癌等信号通路发挥缓解体力疲劳的作用。分子对接结果表明, 肉桂中的锡兰肉桂素与MAPK1、EP300, 香豆素、肉桂酸与EP300均可稳定结合。**结论** 含肉桂保健品多以温补益肾配伍为主, 发挥缓解体力疲劳的功效。肉桂中锡兰肉桂素、香豆素、肉桂酸等活性成分作用于MAPK1、EP300等核心靶点, 通过多通路协同发挥抗疲劳作用。

【关键词】 肉桂; 保健品; 体力疲劳; 数据挖掘; 组方规律; 网络药理学; 分子对接

【中图分类号】 R285.5

【文献标识码】 A

Study on the formulation rules of *Cinnamomi Cortex* health products and its health function of alleviating physical fatigue based on data mining and network pharmacology

ZHOU Huanhuan¹, WEI Shengwei², XIAO Xiuqiong², SU Mingzhe², CHEN Haiyan², PENG Shiya², LU Guoshou³, YE Yong^{1,2,4,5}

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202607055

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目(82360818、81960756); 广西科技重大专项资助项目(桂科AA24263014); 广西自然科学基金资助项目(2022GXNSFDA035063、2023GXNSFAA026366)

通信作者: 叶勇, 博士, 教授, 博士研究生导师, Email: yong-ye@163.com

陆国寿, 硕士, 主任药师, Email: luguoshou@foxmail.com

<https://yxqy.whuzhmedj.com>

1. The First Clinical Medical College, Guangxi Medical University, Nanning 530021, China

2. School of Pharmacy, Guangxi Medical University, Nanning 530021, China

3. Guangxi Institute of Chinese Medicine and Pharmaceutical Science, Nanning 530022, China

4. Guangxi Key Laboratory of Bioactive Molecule Research and Evaluation, Nanning 530021, China

5. Guangxi University Engineering Research Center for Biomedicine Translational Research on Prevention and Treatment of Major Age-related Diseases, Nanning 530021, China

Corresponding authors: YE Yong, Email: yong-ye@163.com; LU Guoshou, Email: luguoshou@foxmail.com

【Abstract】 **Objective** To explore the formulation rules of health products containing *Cinnamomi Cortex* based on data mining, and to investigate the potential mechanism by which *Cinnamomi Cortex* exerts its health functions using network pharmacology. **Methods** Information on *Cinnamomi Cortex*-containing health-care products as of October 20, 2025 was collected from the Special Food Information Query Platform of the State Administration for Market Regulation and the Drug Intelligence Network, and the herbal compositions and their formulation patterns were analyzed. The active components of *Cinnamomi Cortex* were retrieved from TCMSP and SymMap databases, and imported into the SwissTargetPrediction platform for potential target prediction. Targets associated with *Cinnamomi Cortex*-mediated alleviation of physical fatigue were obtained from the GeneCards database. STRING database and Cytoscape 3.10 software were adopted to perform protein-protein interaction (PPI) analysis and screen core targets. Gene Ontology (GO) functional enrichment and Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes KEGG pathway enrichment analyses of the common targets between *Cinnamomi Cortex* and alleviation of physical fatigue were carried out via the DAVID database. Molecular docking was further applied to explore its mechanism of action. **Results** A total of 134 *Cinnamomi Cortex*-containing health products meeting the screening criteria were collected. The most common Chinese medicinal ingredients were those for tonifying deficiency and interior-warming medicinals. The predominant properties were neutral and warm; the predominant flavors were sweet and pungent; and the primary meridian affinity was the kidney meridian. The main health function was relieving physical fatigue, and the main dosage form was medicated wine. A total of 59 active components of *Cinnamomi Cortex* and 316 corresponding targets were identified, along with 926 potential targets related to relieving physical fatigue. Screening of intersecting targets between *Cinnamomi Cortex* and alleviation of physical fatigue yielded 60 key targets and 6 core targets, including tumor protein 53 (TP53), signal transducer and activator of transcription 3 (STAT3), mitogen-activated protein kinase 1 (MAPK1), histone acetyltransferase p300 (EP300), estrogen receptor α (ESR1), and Src proto-oncogene (SRC). *Cinnamomi Cortex* exerts the effect of alleviating physical fatigue via signaling pathways such as cancer pathways, proteoglycans in cancer, and bladder cancer pathway. Molecular docking results showed that cinnzeylanin in *Cinnamomi Cortex* stably binds to MAPK1 and EP300, while coumarin and cinnamic acid stably bind to EP300. **Conclusion** *Cinnamomi Cortex*-containing health products are mainly formulated by pairing *Cinnamomi Cortex* with medicinals that warm and tonify the kidney for alleviating physical fatigue. The active ingredients including cinnzeylanin, coumarin and cinnamic acid in *Cinnamomi Cortex* act on core targets such as MAPK1 and EP300, and synergistically exert anti-fatigue effects through multiple pathways.

【Keywords】 *Cinnamomi Cortex*; Health products; Physical fatigue; Data mining; Formulation rules; Network pharmacology; Molecular docking

肉桂为传统温阳类药食同源中药，味辛甘、性大热，归肾脾心肝经，具有补火助阳、补益气血、温通经脉等传统功效^[1]。现代药理研究证实，肉桂含桂皮醛、多糖、多酚等活性成分^[2-3]，

并具有抗癌^[4-5]、抗炎^[6]、抗氧化^[7]、改善循环^[8-9]等作用，在保健品开发中应用广泛。当前，含肉桂保健品已形成多样化的剂型与功能布局。然而，现有研究对含肉桂保健品的组方分析

多停留于简单的频次统计层面,尚缺乏基于聚类分析的配伍规律挖掘,导致对其组方合理性与功效机制的科学认知不足,在很大程度上制约了含肉桂保健品的精准开发与质量提升。鉴于含中药保健品在原料选择、配伍原则及功能定位上与传统中成药存在显著差异,其组方规律具有较强的产业化导向与市场属性,故有必要对该类产品进行独立的系统性挖掘分析,以区别于传统方剂的临床疗效研究,同时整合网络药理学技术,筛选核心活性成分、预测作用靶点与信号通路,阐释其具体的分子机制。

本研究选取含肉桂保健品为研究对象,在药智网和国家市场监督管理总局特殊食品信息查询数据平台系统收集并整合相关产品信息,运用数据挖掘方法进行中药原料频次统计、高频药物聚类分析、药性药味、归经及功效分析、剂型特征以及适宜/不适宜人群分布统计,系统归纳并揭示含肉桂保健品的组方配伍规律与用药特征。在此基础上,采用网络药理学方法筛选肉桂缓解体力疲劳的核心活性成分、关键作用靶点及信号通路,进一步阐释其改善体力疲劳的潜在分子作用机制,为研发优化缓解体力疲劳的含肉桂保健品提供理论参考与数据支撑,同时为药食同源中药材的现代化研究与产业化应用提供可行的方法学借鉴。

1 资料与方法

1.1 数据挖掘

1.1.1 数据收集

以“肉桂”为关键词,在药智网(<https://www.yaozh.com/>)和国家市场监督管理总局特殊食品信息查询数据平台检索搜集相关保健品信息,检索截止时间为2025年10月20日。以产品名称+生产企业+批准文号为唯一标识,对2个数据库的检索结果进行合并去重,保留最早登记记录;剔除标注为已注销、注册失效、批件过期及已转让的产品。鉴于2个数据库均未提供是否长期未生产或当前是否在产的字段信息,本研究无法区分在产与停产状态,故将纳入分析的产品统一定义为数据库中登记的具有有效批件的产品。

1.1.2 纳入与排除标准

纳入标准:①剂型分类符合《保健食品备案

产品剂型及技术要求(2024年版)(征求意见稿)》^[10]中规定的允许备案剂型目录;②具有明确保健功能、主要原料及适宜人群的保健食品;③重复注册的保健品,仅纳入1次;④保健功能符合《允许保健食品声称的保健功能目录非营养素补充剂(2023年版)》^[11]。排除未明确原料或保健功能的保健品。

1.1.3 数据库构建

保健功能参考《允许保健食品声称的保健功能目录非营养素补充剂(2023年版)》^[11]进行统一规范,如“辅助降血糖”“调节血糖”统一归类为“有助于维持血糖健康水平”;“抗疲劳”统一归类为“缓解体力疲劳”^[12]。以《中国药典》2025年版^[1]为依据,对涉及的中药名称进行统一规范,如“肉桂提取物”统一规范为“肉桂”;“西洋参提取物”统一规范为“西洋参”。剔除产品内的辅料,如“淀粉”“乳糖”“硬脂酸镁”^[13]。对于同一味药材的不同炮制形式统一为原药材名称,如将“肉桂粉”改为“肉桂”,“三七粉”改为“三七”;对于因炮制而导致功效出现显著变化的中药,将其分别作为独立条目进行录入,如“熟地黄”和“生地黄”^[14]。对适宜人群及不适宜人群进行统一整合。

将上述数据进行规范化处理后,运用Microsoft Excel 2007软件对产品名称、剂型、保健功能、适宜人群与不适宜人群、主要原料以及相关中药的功效及性味归经进行整理,建立以肉桂为原料的保健品数据库。

1.1.4 数据分析

采用SPSS 31.0软件对肉桂保健品的保健功能、剂型、主要原料及其功效和性味归经、适宜人群和不适宜人群进行描述性统计。为准确描述各类别的相对分布,本研究采用2种百分比指标:一是有效百分比,指某类别在有效样本(即该变量存在有效记录的产品数)中的占比。有效百分比仅针对该变量存在明确记录的产品进行计算,已剔除缺失值,能够更准确地反映该变量在已知数据中的真实分布。二是累计百分比,指将各类别按频次从高到低排序后,各类别频次逐项累加之和占有效样本总数的百分比。通过频数统计筛选出高频中药,采用组间联接法、平方欧氏距离法进行聚类分析^[15-16],将中药使用频次选入聚类分析的变量,选择“组间联接”作为聚类准则,

“平方欧氏距离”作为距离计算方法，以谱系图作为聚类分析的结果展示，以平方欧氏距离25为阈值。

1.2 肉桂保健功能网络药理学分析

1.2.1 肉桂活性成分及其靶点筛选

运用TCMSP 3.0数据库 (<http://tcmsp.com/>)、SymMap (<http://www.symmap.org>) 搜集肉桂活性成分，并在中国知网、PubMed等数据库查阅文献补充，其中TCMSP数据库和SymMap数据库直接依据口服生物利用度 $\geq 30\%$ 筛选^[17]，再通过SwissADME平台 (<http://swissadme.ch>) 进行综合评估，为避免假阳性，优先保留胃肠道吸收预测为“high”的化合物，采用类药性五规则作为首要筛选标准^[17]，最终纳入的候选化合物需至少满足上述5项类药性指标中的3项。最后通过PubChem数据库 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>) 获得肉桂活性成分的SMILES，将其导入SwissTargetPrediction平台 (<https://swisstargetprediction.ch/>)，设置物种为“Homo sapiens”，选择Probability ≥ 1 为靶点，删除重复靶点^[12, 18]，用UniProt数据库 (<https://www.uniprot.org>) 补充标准基因名^[19]。

1.2.2 筛选关键靶点

以肉桂频数最高的保健功能为关键词，通过OMIM数据库 (<https://www.omim.org>) 获取疾病相关基因靶点，检索结果仅显示具有表型关联的条目，筛选出明确具有疾病表型关联的基因-表型关系记录，获得OMIM来源的疾病相关靶点基因列表；同时在GeneCards数据库 (<https://www.genecards.org>) 检索与保健功能相关的疾病蛋白靶点，筛选基因类型时选择基因类型（如“protein coding”），排除非编码RNA、假基因等非目标基因，根据“relevance score”评分设置阈值 ≥ 10 。此外，将OMIM所得靶点与GeneCards数据库所得靶点合并删除重复靶点，通过UniProt数据库获得标准化基因名，作为保健功能潜在靶点^[20]。使用绘图工具 (<http://www.bioinformatics.com.cn/>) 获取肉桂有效成分靶点与保健功能相关靶点的韦恩图，获得的交集靶点为肉桂缓解体力疲劳的相关靶点。

1.2.3 蛋白质-蛋白质相互作用网络

将交集靶点基因上传到STRING数据库 (<https://stringdb.org/>)，设置物种为“Homo

sapiens”绘制蛋白质-蛋白质相互作用（protein-protein interaction, PPI）网络，在Cytoscape 3.10软件中进行拓扑参数分析^[21]。

1.2.4 GO功能与KEGG通路富集分析

利用DAVID数据库 (<https://david.ncifcrf.gov/>) 对获得的共同作用靶点进行基因本体（Gene Ontology, GO）功能注释和京都基因与基因组百科全书（Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes, KEGG）通路富集分析，并将 $P < 0.05$ 作为筛选条件，选取排名前10条的GO功能数据及前30条KEGG通路富集的数据在微生信平台绘制图片进行可视化分析^[22-23]。

1.2.5 分子对接验证

通过网络药理学筛选获得肉桂潜在活性成分后，结合文献报道，从候选成分中选取肉桂含量最高^[24-25]且具有明确研究基础^[26-27]的代表性成分作为分子对接配体。采用Cytoscape软件CytoHubba插件中的最大团中心性（maximal clique centrality, MCC）算法，对PPI网络节点进行重要性排序。将各节点按MCC得分由高到低排列，选取得分超过所有节点MCC得分均值2倍标准差的节点作为核心靶点，满足该标准者靶点作为后续分子对接的受体。从PubChem数据库中下载中药活性成分相应的2D结构。使用PDB网站 (<https://www.rcsb.org/>) 下载靶蛋白结构；通过去除原始配体、去除水分子等对蛋白质三维结构进行优化。利用AutoDock Vina 1.2.5软件进行分子对接，配体与受体结合能负值越大，结构越稳定，成分与靶点的结合能力越强^[28]。

2 结果

2.1 一般情况

通过检索共得到139种含肉桂的保健品，最终纳入134种符合筛选标准的保健品，包括126种国产保健品和8种进口保健品。

2.2 数据挖掘分析

2.2.1 高频中药

134种保健品的组方中，出现频次前3位的中药依次为肉桂（134次）、枸杞子（83次）、人参（51次）。频次 ≥ 10 的高频中药见表1。聚类分析结果显示，高频中药可聚类为2类（图1），肉桂和枸杞子为一组，其余中药为一组。

表1 含肉桂保健品中高频中药（频次 ≥ 10）信息

Table 1. Information on high-frequency Chinese medicinal herbs in health products containing Cinnamomi Cortex (frequency ≥ 10)

序号	中药名称	频次	有效百分比 (%)	累计百分比 (%)	序号	中药原料	频次	百分比 (%)	有效百分比 (%)	累计百分比 (%)
1	肉桂	134	20.1	20.1	13	龙眼肉	15	2.3	2.3	81.1
2	枸杞子	83	12.4	32.5	14	大枣	14	2.1	2.1	83.2
3	人参	51	7.6	40.2	15	桑椹	13	1.9	1.9	85.2
4	山药	45	6.7	46.9	16	丁香	12	1.8	1.8	87.0
5	当归	30	4.5	51.4	17	杜仲	12	1.8	1.8	88.8
6	茯苓	30	4.5	55.9	18	砂仁	12	1.8	1.8	90.6
7	黄芪	30	4.5	60.4	19	山茱萸	12	1.8	1.8	92.4
8	淫羊藿	29	4.3	64.8	20	生地黄	11	1.6	1.6	94.0
9	鹿茸	26	3.9	68.7	21	巴戟天	10	1.5	1.5	95.5
10	西洋参	24	3.6	72.3	22	刺五加	10	1.5	1.5	97.0
11	黄精	22	3.3	75.6	23	甘草	10	1.5	1.5	98.5
12	熟地黄	22	3.3	78.9	24	玉竹	10	1.5	1.5	100.0

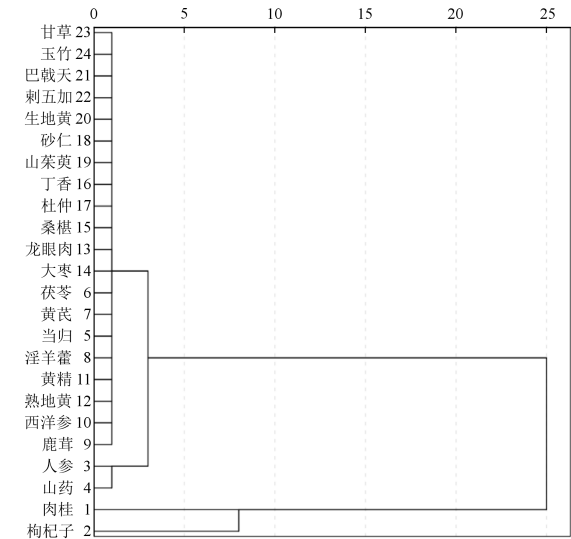


图1 聚类分析高频中药

Figure 1. Cluster analysis of frequently used Chinese herbal medicines

2.2.2 药物功效

对频次≥3中药的功效进行统计分析，主要功效类型以“补虚药”和“温里药”为主。具体见表2。

2.2.3 药性药味归经

频次≥3的中药，药性以平（229次）、温（224次）为主；药味多为甘（703次）、辛（279次）味；归经肾（607次）、脾（487次）、肝（460次）、心（415次）经较多。具体见表3。

2.2.4 保健功能

含肉桂保健品的保健功能共有13项，主要以缓解体力疲劳（66次）为主。具体见表4。

表2 频次 ≥ 3 中药的功效统计

Table 2. Statistics of therapeutic effects of Chinese medicinal herbs with frequency ≥ 3

功效	频次	有效百分比 (%)	累计百分比 (%)
补虚药	526	63.7	63.7
温里药	144	17.4	81.1
利水渗湿药	36	4.4	85.5
清热药	24	2.9	88.4
活血化瘀药	18	2.2	90.6
收涩药	17	2.1	92.6
安神药	14	1.7	94.3
祛风湿药	13	1.6	95.9
化湿药	12	1.5	97.3
解表药	8	1.0	98.3
理气药	8	1.0	99.3
止血药	6	0.7	100.0
总计	826	100.0	

2.2.5 剂型

含肉桂保健品共有剂型11类，其中以酒剂（61种）和胶囊（34种）为主。

2.2.6 适宜人群与不适宜人群

含肉桂保健品的适宜人群中，易疲劳者（64次）最多，见表5；不适宜人群主要为少年儿童（118次），见表6。

2.3 网络药理学分析

2.3.1 肉桂活性成分筛选及作用靶点获取

筛选得到肉桂的59个有效成分，具体见表7，通过SwissTargetPrediction平台筛选得到相应作用靶点316个。

表3 含肉桂保健品中频次 ≥ 3 的中药的药性、药味、归经统计

Table 3. Statistics of medicinal properties, flavors, and meridian tropisms of Chinese medicinal herbs with frequency ≥ 3 in health products containing

Cinnamomi Cortex

药性	频次	药味	频次	归经	频次
平	229	淡	36	肾	607
温	224	甘	703	脾	487
大热	133	苦	54	肝	460
微温	131	涩	28	心	415
凉	41	酸	51	肺	299
寒	40	微苦	96	胃	102
微寒	28	咸	43	胆	13
		辛	279	大肠	5
				心包	5
				三焦	4
总计	826	总计	1 290	总计	2 397

表4 含肉桂保健品的保健功能频次统计

Table 4. Frequency statistics of health functions of Cinnamomi Cortex-containing health products

保健功能	频次	有效百分比 (%)	累计百分比 (%)
缓解体力疲劳	66	40.2	40.2
有助于增强免疫力	49	29.9	70.1
有助于维持血糖健康水平	19	11.6	81.7
有助于抗氧化	7	4.3	86.0
有助于维持血脂（胆固醇/甘油三酯）健康水平	7	4.3	90.2
耐缺氧	6	3.7	93.9
有助于润肠通便	3	1.8	95.7
有助于改善黄褐斑	2	1.2	97.0
有助于改善睡眠	2	1.2	98.2
辅助保护胃黏膜	1	0.6	98.8
辅助改善记忆	1	0.6	99.4
有助于改善骨密度	1	0.6	100.0
总计	164	100.0	

2.3.2 肉桂活性成分缓解体力疲劳潜在靶点的筛选

以“缓解体力疲劳 (relieve physical fatigue)”为关键词在 GeneCards 数据库得到 5 465 个靶点，去除 UniProt ID 空白 463 个，最终筛选得到潜在作用靶点 389 个。在 OMIM 数据库删除重复项并整理得到 560 个靶点。合并 2 个数据检索得到的靶点，进一步去除重复项，最终确定得到 926 个作用靶点。

表5 含肉桂保健品的适宜人群分布

Table 5. Distribution of suitable populations for Cinnamomi Cortex health products

适宜人群	频次	有效百分比 (%)	累计百分比 (%)
易疲劳者	64	38.8	38.8
免疫力低下者	46	27.9	66.7
血糖偏高者	19	11.5	78.2
血脂偏高者	6	3.6	81.8
中老年人	6	3.6	85.5
成年人	5	3.0	88.5
处于缺氧环境者	5	3.0	91.5
便秘者	3	1.8	93.3
睡眠状况不佳者	2	1.2	94.5
有黄褐斑者	2	1.2	95.8
肿瘤患者	2	1.2	97.0
高危人群	1	0.6	97.6
轻度胃黏膜损伤者	1	0.6	98.2
适宜成年男子服用	1	0.6	98.8
体质虚弱者	1	0.6	99.4
需要改善记忆者	1	0.6	100.0
总计	165	100.0	

表6 含肉桂保健品的不适宜人群分布

Table 6. Distribution of unsuitable populations for Cinnamomi Cortex health products

不适宜人群	频次	有效百分比 (%)	累计百分比 (%)
少年儿童	118	30.7	30.7
孕妇	86	22.4	53.1
乳母	67	17.4	70.6
酒精过敏者	37	9.6	80.2
心脑血管疾病患者	18	4.7	84.9
肝肾功能不全者	13	3.4	88.3
经期妇女	6	1.6	89.8
无	6	1.6	91.4
未成年人	5	1.3	92.7
婴幼儿	4	1.0	93.8
糖尿病患者	3	0.8	94.5
月经过多者	3	0.8	95.3
蜂产品过敏者	2	0.5	95.8
肝病家族史者	2	0.5	96.4
肝功能不全者	2	0.5	96.9
儿童	1	0.3	97.1
感冒发热者	1	0.3	97.4
高血压患者	1	0.3	97.7
过敏体质者	1	0.3	97.9
花粉过敏者	1	0.3	98.2
肾功能不全者	1	0.3	98.4
食用真菌过敏者	1	0.3	98.7
胃溃疡患者	1	0.3	99.0
胃酸过多者	1	0.3	99.2
血液病患者	1	0.3	99.5
异性蛋白过敏者	1	0.3	99.7
有出血倾向者	1	0.3	100.0
总计	384	100.0	

表 7 肉桂活性成分及相关信息

Table 7. Active ingredients and relevant information of Cinnamomi Cortex

编号	化学成分	分子式	英文名	分子量	CAS
1	1,8-桉叶油素	C ₁₀ H ₁₈ O	1,8-cineole	154.25	470-82-6
2	丁香酚	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	eugenol	164.20	97-53-0
3	亚麻酸	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	linolenic acid	278.43	463-40-1
4	茴香脑	C ₁₀ H ₁₂ O	anethole	148.20	4180-23-8
5	白头翁素	C ₁₀ H ₈ O ₄	anemonin	192.17	508-44-1
6	香草醛	C ₈ H ₈ O ₃	vanillin	152.15	121-33-5
7	肉桂醛	C ₉ H ₈ O	cinnamaldehyde	132.16	104-55-2
8	α-松油醇	C ₁₀ H ₁₈ O	alpha-terpineol	154.25	98-55-5
9	小檗碱	C ₂₀ H ₁₈ NO ₄ ⁺	berberine	336.36	2086-83-1
10	黄连碱	C ₁₉ H ₁₄ NO ₄ ⁺	coptisine	320.32	3486-66-6
11	麝香草酚	C ₁₀ H ₁₄ O	thymol	150.22	89-83-8
12	壬酸	C ₉ H ₁₈ O ₂	nonanoic acid	158.24	112-05-0
13	乙酸	C ₂ H ₄ O ₂	acetic acid	60.05	64-19-7
14	异丁香酚	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	isoeugenol	164.20	97-54-1
15	(+)-儿茶素	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	(+)-catechin	290.27	154-23-4
16	己醛	C ₆ H ₁₂ O	hexanal	100.16	66-25-1
17	花生四烯酸	C ₂₀ H ₃₂ O ₂	arachidonic acid	304.47	506-32-1
18	3-甲氧基肉桂醛	C ₁₀ H ₁₀ O ₂	3-methoxycinnamaldehyde	162.19	3021-16-1
19	芳樟醇	C ₁₀ H ₁₈ O	linalool	154.25	78-70-6
20	薄荷醇	C ₁₀ H ₂₀ O	menthol	156.27	89-78-1
21	橙花醇乙酸酯	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	neryl acetate	196.29	141-12-8
22	胡椒醛	C ₈ H ₆ O ₃	piperonal	150.13	120-57-0
23	胡薄荷酮	C ₁₀ H ₁₆ O	pulegone	152.23	89-82-7
24	阿魏酸	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	ferulic acid	194.18	1135-24-6
25	甲基丁香酚	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	methyleugenol	178.23	93-15-2
26	邻苯二甲酸二异丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	diisobutyl phthalate	278.34	84-69-5
27	L-α-松油醇	C ₁₀ H ₁₈ O	(L)-alpha-terpineol	154.25	10482-56-1
28	肉桂酸	C ₉ H ₈ O ₂	cinnamic acid	148.16	621-82-9
29	氯霉素	C ₁₁ H ₁₂ C ₁₂ N ₂ O ₅	chloramphenicol	323.13	56-75-7
30	糠醛	C ₅ H ₄ O ₂	fural	96.08	35796
31	(R)-芳樟醇	C ₁₀ H ₁₈ O	(R)-linalool	154.25	126-91-0
32	苯甲酸	C ₇ H ₆ O ₂	benzoic acid	122.12	65-85-0
33	咖啡酸酯	C ₉ H ₈ O ₄	caffeate	180.16	331-39-5
34	4-松油烯醇	C ₁₀ H ₁₈ O	terpinen-4-ol	154.25	562-74-3
35	锡兰肉桂素	C ₂₂ H ₃₄ O ₈	cinnzeylanine	426.50	62203-47-8
36	乙酸邻甲苯酯	C ₉ H ₁₀ O ₂	O-acetyltoluene	150.17	533-18-6
37	2-苯乙醇	C ₈ H ₁₀ O	2-phenylethanol	122.16	22258
38	褪黑素	C ₁₃ H ₁₆ N ₂ O ₂	melatonin	232.28	73-31-4
39	苯乙酮	C ₈ H ₈ O	hypnon	120.15	98-86-2
40	棕榈油酸	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	zoomaric acid	254.41	373-49-9
41	富马酸	C ₄ H ₄ O ₄	fumaric acid	116.07	110-17-8
42	(-)-氧化石竹烯	C ₁₅ H ₂₄ O	(-)-caryophyllene oxide	220.35	1139-30-6
43	肉桂醇	C ₉ H ₁₀ O	styrone	134.18	104-54-1
44	5-羟色胺	C ₁₀ H ₁₂ N ₂ O	serotonin	176.22	50-67-9
45	DL-焦谷氨酸	C ₅ H ₇ NO ₃	DL-pyroglutamic acid	129.11	149-87-1
46	香豆素	C ₉ H ₆ O ₂	coumarin	146.14	91-64-5
47	对甲酚	C ₇ H ₈ O	p-cresol	108.14	106-44-5

续表7

编号	化学成分	分子式	英文名	分子量	CAS
48	L- α -葑酮	C ₁₀ H ₁₆ O	L-alpha-fenchone	152.23	7787-20-4
49	(1S)-内型-($-$)-龙脑	C ₁₀ H ₁₈ O	[(1S)-endo]-($-$)-borneol	154.25	464-45-9
50	异高木酚素	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	isohomogenol	180.24	—
51	苯丙醇	C ₉ H ₁₂ O	benzenepropanol	136.19	122-97-4
52	丙酮基苯	C ₉ H ₁₀ O	pyruvophenone	134.18	103-79-7
53	二丙酮醇	C ₆ H ₁₂ O ₂	tyranton	116.16	123-42-2
54	对甲基苯乙酮	C ₉ H ₁₀ O	M-methylacetophenone	134.18	122-00-9
55	T-依兰油醇	C ₁₅ H ₂₆ O	T-muuirolol	222.37	19912-62-0
56	甲基异丁香酚	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	methyl isoeugenol	178.23	93-16-3
57	信筒子醌	C ₁₇ H ₂₆ O ₄	embelin	294.39	550-24-3
58	邻甲氧基肉桂醛	C ₁₀ H ₁₀ O ₂	O-methoxycinnamaldehyde	162.19	1504-74-1
59	叶醇乙酸酯	C ₈ H ₁₄ O ₂	leaf acetate	142.20	3681-71-8

注：—表示未知；CAS.化学文摘社（Chemical Abstracts Service）。

2.3.3 肉桂缓解体力疲劳关键靶点筛选及PPI网络分析

取肉桂有效成分靶点与缓解体力疲劳潜在靶点的交集，共获得60个主要靶点，绘制韦恩图，见图2。将其导入STRING数据库构建PPI网络图，包含60个节点和99个边，见图3。将STRING数据库输出的结果导入Cytoscape 3.10软件进行筛选和可视化绘图，包含39个节点和94个边，见图4。缓解体力疲劳度值排名前6位的靶点为肿瘤蛋白53 (tumor protein 53, TP53)^[29]、信号转导和转录激活因子3 (signal transducer and activator of transcription 3, STAT3)^[30]、丝裂原活化蛋白激酶1 (mitogen-activated protein kinase 1, MAPK1)^[31-32]、组蛋白乙酰转移酶p300 (E1A binding protein P300, EP300)、雌激素受体 α (estrogen receptor 1, ESR1)、Src原癌基因 (src proto-oncogene, SRC)。

2.3.4 GO功能和KEGG通路富集分析

利用DAVID数据库对收集的交集靶点进行GO和KEGG富集分析。GO富集分析显示，肉桂缓解体力疲劳的生物过程 (biological process, BP) 主要包括对外源化学物质的反应 (response

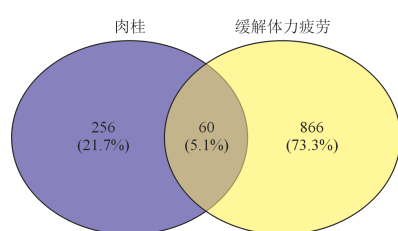


图2 肉桂缓解体力疲劳交集靶点的韦恩图

Figure 2. Venn diagram of targets for Cinnamomi Cortex in alleviating physical fatigue

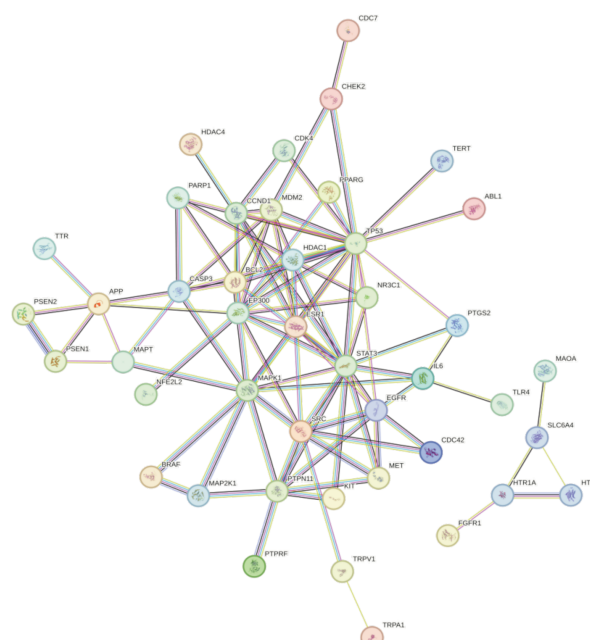


图3 肉桂和缓解体力疲劳共同靶点的PPI网络图

Figure 3. PPI network diagram of common targets for Cinnamomi Cortex in alleviating physical fatigue

to xenobiotic stimulus)^[33]、基因表达的正调控 (positive regulation of gene expression)、由RNA聚合酶II介导的转录负调控 (negative regulation of transcription by RNA polymerase II)、表皮生长因子受体信号通路 (epidermal growth factor receptor signaling pathway) 等方面；肉桂缓解体力疲劳的细胞组分 (cellular component, CC) 主要包括含蛋白质复合物 (protein-containing complex)、神经元突起 (neuron projection)、神经元细胞体 (neuronal cell body)、细胞膜 (plasma membrane) 等方面；肉桂缓解体力疲劳的分子功能

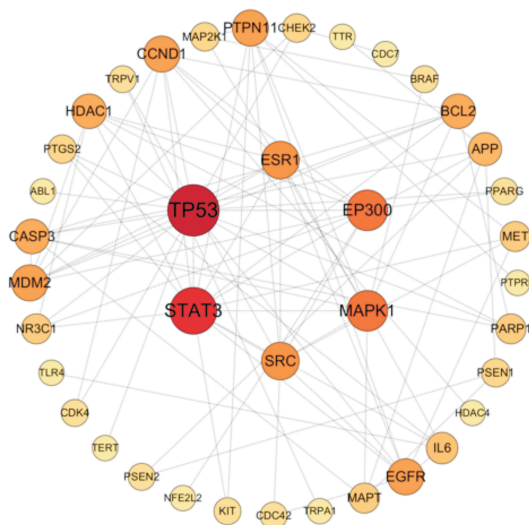


图4 肉桂缓解体力疲劳的核心靶点
Figure 4. Core targets of Cinnamomi Cortex in alleviating physical fatigue

(molecular function, MF) 主要包括相同蛋白质结合 (identical protein binding)、酶结合 (enzyme binding) [33]、蛋白酪氨酸激酶活性 (protein tyrosine kinase activity)、蛋白激酶结合 (protein kinase binding) 等方面。在微生信平台选取前10条进行可视化, 具体见图5。

KEGG 富集分析结果主要为癌症中的通路 (pathways in cancer)、膀胱癌 (bladder cancer)、

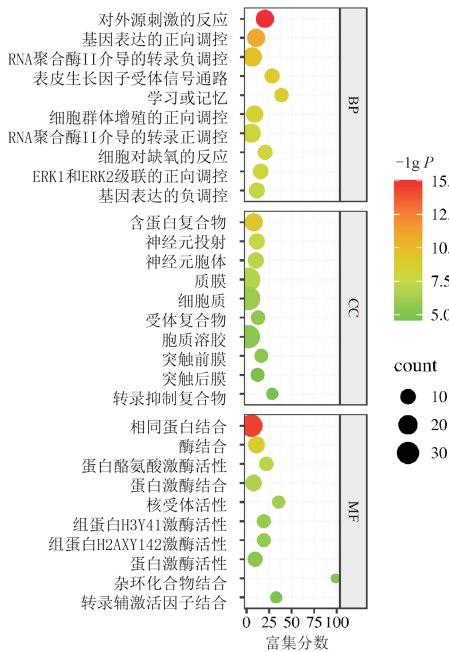


图5 肉桂缓解体力疲劳关键靶点 GO 富集分析 (前10条)
Figure 5. GO enrichment analysis of key targets of Cinnamomi Cortex for relieving physical fatigue (top 10 terms)

内分泌抵抗 (endocrine resistance) 等信号通路。选取排名前30条的核心通路运行微生信平台进行可视化, 具体见图6。

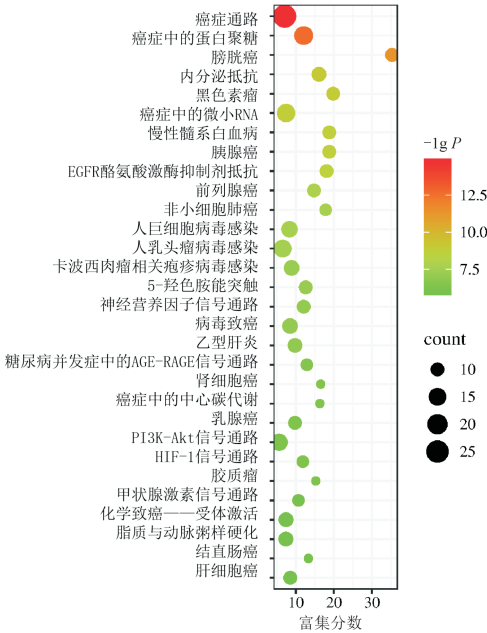


图6 KEGG 富集分析肉桂缓解体力疲劳关键靶点 (前30条)

Figure 6. KEGG enrichment analysis of key targets of Cinnamomi Cortex for relieving physical fatigue (top 30 pathways)

2.3.5 分子对接结果

对 MAPK1、EP300、ESR1、TP53、STAT3 这5个核心靶点与肉桂的桂皮醛 (cinnamaldehyde)、肉桂酸 (cinnamic acid)、锡兰肉桂素 (cinnzeylanine)、香豆素 (coumarin)、邻甲氧基肉桂醛 (O-methoxycinnamaldehyde) 5个有效成分进行分子对接, 获得最低结合能。选取结果最好的前5位进行可视化, 仅展示了结合能低且有相互作用的部分。具体见图7。

3 讨论

3.1 数据挖掘

在纳入的134种保健品中, 频次 ≥ 3 的中药共54种, 频次825次。对频次 ≥ 10 的中药进行聚类分析, 结果可分为2组。第1组为肉桂与枸杞子组, 肉桂性大热, 归肾、脾、心、肝经, 主要功效为补火助阳、散寒止痛、温经通脉、引火归元; 枸杞子性平, 归肝、肾经, 主要功效为滋补肝肾、益精明目。二者配伍温而不燥, 补而不滞, 侧重温补肝肾、调和气血, 适用于肝肾不足

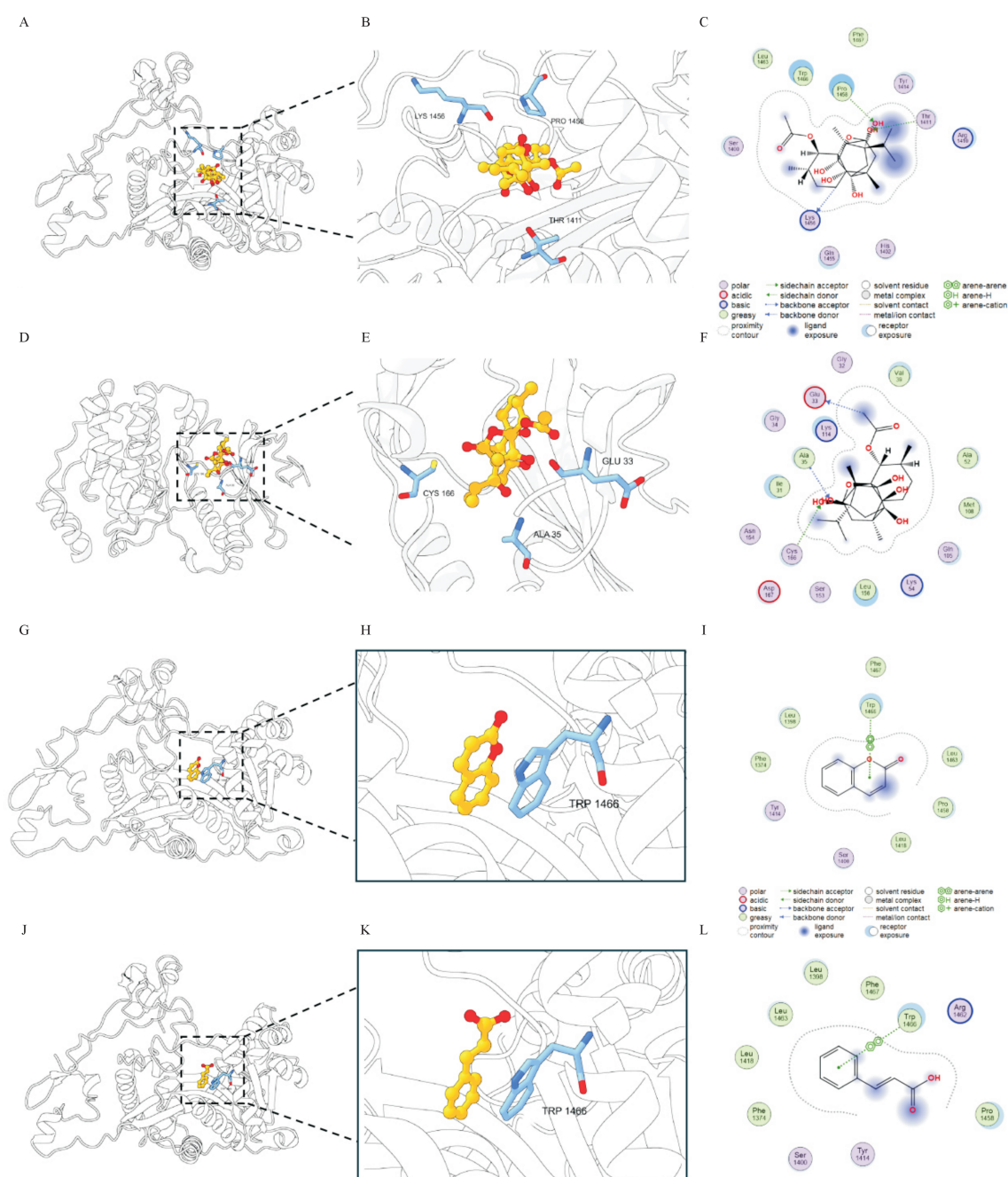


图7 肉桂关键成分与核心靶点分子对接图

Figure 7. Molecular docking of key components of Cinnamomi Cortex with core targets

注：A、D、G、J. 表面结合模式图；B、E、H、K. 三维结合模式图；C、F、I、L. 二维结合模式图；A~C. EP300与锡兰肉桂素的结合模式；D~F. MAPK1与锡兰肉桂素的结合模式；G~I. EP300与香豆素的结合模式；J~L. EP300与肉桂酸的结合模式

引起的乏力、腰膝酸软等症。第2组包括山药、人参等药物组，多为补气、补血、滋阴或温阳之品，整体功效趋向全面调补，如补气养血、滋阴润燥、温阳补肾等，适用于气血两虚、阴阳失调所致疲劳。聚类分析结果进一步印证，肉桂相关保健品的组方思路以温补为核心，兼顾气血阴阳，可应用于多种疾病引起的疲劳。

组方中药的药性以平、温、大热、微温为

主，功效以补虚药和温里药为主，温性和大热性中药具温阳散寒之功^[3, 34]，可通过促进气血运行，缓解因阳虚寒凝导致的肌肉酸痛与疲劳。平性和微温性中药多具补气养血的功效，可通过调节气血平衡，改善气血不足引起的疲劳感，提升机体整体功能^[35]。药味以甘、辛为主，甘味能调和药性，协同诸药，减少毒性，提高整体疗效；辛味药能发散行气、温通经络，促进气血运

行,改善身体血液循环,加速代谢产物清除,从而减轻体力疲劳^[36]。

含肉桂保健品的保健功能以缓解体力疲劳为主,提示肉桂的传统功效与现代需求具有良好契合性。肉桂在中医理论中具有温阳补肾、活血通经等功效,与现代消费者缓解体力疲劳的核心诉求内在关联密切,使其成为该功能领域常用原料。从产品开发与功能定位角度看,肉桂活性成分(如肉桂醛、多酚类化合物等)在调节机体功能、增强体力方面已有一定科学依据^[7, 37-38],以其为主要原料开发缓解体力疲劳保健食品,既符合中医药理论,又具备现代药理学支撑,有助于提高产品的市场接受度和竞争力。

在剂型分布上,含肉桂保健品以酒剂为主,一方面与酒剂作为传统中药载体的特性有关,酒精可促进肉桂中有效成分的溶出与吸收,增强温补阳气、缓解疲劳之效^[39];另一方面,酒剂便于长期保存,适合需持续调理的人群,有助于发挥肉桂的持久保健作用。不适宜人群主要为少年儿童,可能因其消化系统较为娇嫩,肉桂温热之性易刺激胃肠道,引发消化不良、腹痛、腹泻等症状,影响儿童食欲和消化功能,故需谨慎使用。

上述组方规律提示,含肉桂保健品的组方配伍设计上呈现鲜明的“平补缓调”特征,这与中成药及中药方剂以治疗为导向的组方逻辑存在明显差异。保健品以长期安全为首要前提,原料多限于药食同源物质,配伍强调“平补缓调”;中成药及中药方剂则以治疗为目标,允许偏性药物的使用,配伍遵循“君臣佐使”的严谨配伍与随证加减。然而,二者共同植根于中医药理论体系,中成药的临床应用经验可为保健品的原料筛选与功能定位提供线索,而保健品的大样本组方数据亦能反向揭示中药配伍的规律。本研究即立足于这一关联视角,聚焦保健品研发层面,旨在为肉桂类产品的精准定位与科学组方提供参考。

3.2 网络药理学

本研究共筛选出肉桂主要活性成分 59 个及作用靶点 316 个,获取 926 个疾病相关靶点,取二者交集,获得共同靶点 60 个。进一步筛选确定了 6 个核心靶点: TP53、STAT3、MAPK1、EP300、ESR1、SRC。在缓解体力疲劳过程中, TP53 可通过抑制细胞过度增殖与凋亡,维持肌肉细胞稳态。研究表明, TP53 的异常表达可致肌肉功能障

碍,降低运动能力并加重疲劳感^[40]。STAT3 在细胞信号传导中发挥关键作用,参与免疫调节、细胞增殖及能量代谢。SRC 作为原癌基因,参与细胞信号传导与细胞骨架重组,亦与多种肿瘤发生相关^[41]。已有实验^[42-44]表明,药物可通过上述靶点发挥缓解疲劳效应。据此推测,肉桂活性成分可能经由调控这些核心靶点,干预多条信号通路,从而协同实现缓解体力疲劳的保健功能。

GO 富集分析显示,肉桂缓解体力疲劳相关靶点主要富集于对外源化学物质的反应、基因表达的正调控等生物学过程,以及相同蛋白结合、酶结合等分子功能,揭示其作用机制涉及转录调控与代谢适应。KEGG 富集分析结果显示,相关通路主要富集为癌症中的通路、膀胱癌等信号通路。肿瘤发生发展常伴随能量代谢重编程与慢性炎症,癌因性疲乏^[45]是肿瘤患者常见伴随症状。已有研究显示,肉桂及活性成分可通过 PI3K/AKT、MAPK 等亚通路调节细胞能量代谢与氧化应激^[4-5, 46-47],而体力疲劳的核心机制恰为能量代谢紊乱与氧化应激损伤。肉桂通过调控上述亚通路,既能抑制肿瘤细胞增殖,又可改善机体能量代谢,从而缓解体力疲劳。该发现为肉桂在更广泛疲劳干预场景中的应用提供了理论线索,亦提示未来可在与体力疲劳相关的不同疾病背景中,通过靶向调控这些关键节点,为缓解体力疲劳提供更精准性和科学依据的策略。

分子对接结果显示,肉桂关键成分锡兰肉桂素与 MAPK1 靶点具有良好自发结合能力,结合能最优。该结果进一步支持肉桂活性成分可能通过调控 MAPK 通路干预疲劳相关信号转导,为其缓解体力疲劳功效提供了直接分子互作层面的证据。

3.3 局限性

需要指出的是,本研究所用数据来源于国家市场监督管理总局查询平台和药智网的注册/备案登记信息,虽经严格去重和状态筛选,但 2 个数据库均未提供产品是否处于“长期未生产”或“当前实际在产”的状态字段。因此,本研究结果并非直接等同于当前流通市场上的实际产品结构。未来研究可结合线下药店调研、电商平台在售清单或生产企业产能数据,进一步验证本研究的代表性。此外,本研究检索截止时间为 2025 年 10 月 20 日,所纳入产品均为该时间节点前登记的具有有效批件的保健食品;由于保健食品注册与备案

信息处于动态更新之中,新产品的获批、既有产品的注销或再注册均可能改变含肉桂保健食品的组方分布与功能定位格局,故本研究结果反映的是特定时间截面下的组方规律,其时效性存在一定局限。同时,本研究在方法学上存在一项固有局限,即采用的剂型分类标准(《中国药典》2025年版及2024年征求意见稿)的发布时间晚于多数纳入产品的批准时间。尽管本研究已通过保留原始剂型名称等方式尽量控制该偏倚,但无法完全排除因标准时间差导致的历史产品在新型剂型分类中被“超前标签化”的可能。因此,未来研究可在新标准正式实施后,结合新产品注册数据开展纵向对比分析。另外,本研究尚未开展实验验证工作,将建立小鼠体力疲劳模型,通过体内实验验证肉桂对核心靶点表达及运动能力的影响,以期为本研究预测结果的可靠性提供实验支撑,并为含肉桂的保健食品的开发与应用提供更详实的实验数据。

3.4 小结

本研究以数据挖掘为手段,系统分析了含肉桂的保健食品的组方规律、用药特征及剂型分布,揭示了其以温补为核心、兼顾气血阴阳的配伍思路,以及以“缓解体力疲劳”为主导的功能定位,为含肉桂的保健食品的高效开发和精准设计提供了具体思路与数据参考。在此基础上,运用网络药理学方法,筛选并预测了肉桂缓解体力疲劳的核心活性成分、关键作用靶点及主要信号通路,初步阐明了其多成分、多靶点、多通路协同干预的潜在分子机制。综合来看,本研究将数据挖掘与网络药理学相结合,从“组方规律”和“作用机制”两个层面为肉桂缓解体力疲劳保健食品的研发提供了理论依据与科学支撑,也为后续相关实验研究及产品转化奠定了坚实基础。

参考文献

- 1 中国药典2025年版.一部[S]. 2025: 432
- 2 周峰, 籍保平, 李博, 等. 肉桂油有效成分提取、纯化及鉴定研究[J]. 食品科学, 2006, 27(4): 59–61. [Zhou F, Ji BP, Li B, et al. Study on distillation, purification and identification of components in Cinnamon essential oil[J]. Food Science, 2006, 27(4): 59–61. <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFQ&dbname=&filename=>
- 3 李雪, 马艳春, 赵婧含, 等. 肉桂的化学成分及药理作用研究进展[J]. 药学研究, 2024, 43(10): 1015–1020. [Li X, Ma YC, Zhao JH, et al. Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of *Cinnamomum cassia*[J]. Journal of Pharmaceutical Research, 2024, 43(10): 1015–1020.] DOI: 10.13506/j.cnki.jpr.2024.10.015.
- 4 Ohnuma T, Anzai E, Suzuki Y, et al. Selective antagonization of activated Nrf2 and inhibition of cancer cell proliferation by procyanidins from Cinnamomi Cortex extract[J]. Arch Biochem Biophys, 2015, 585: 17–24. DOI: 10.1016/j.abb.2015.09.007.
- 5 Chen R, Wu J, Lu C, et al. Systematic transcriptome analysis reveals the inhibitory function of cinnamaldehyde in non-small cell lung cancer[J]. Front Pharmacol, 2021, 11: 611060. DOI: 10.3389/fphar.2020.611060.
- 6 黄凤, 覃田田, 黄国栋, 等. 肉桂多酚抑制炎症小体并改善糖尿病大鼠的肾损伤[J]. 世界中医药, 2025, 20(6): 932–937. [Huang F, Qin TT, Huang GD, et al. Cinnamon polyphenols inhibit inflammasome and ameliorate kidney injury in diabetic rats[J]. World Chinese Medicine, 2025, 20(6): 932–937.] <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFQ&dbname=CJFDLAST2025&filename=SJZA202506006>.
- 7 李梦洋, 王贵, 乔亚梅, 等. 肉桂醛对苯所致免疫和氧化应激损伤模型小鼠的保护作用研究[J]. 军事医学, 2024, 48(1): 44–51. [Li MY, Wang G, Qiao YM, et al. Protective effects of cinnamaldehyde on benzene-induced immune and oxidative stress injury in mice[J]. Military Medical Sciences, 2024, 48(1): 44–51.] DOI: 10.7644/j.issn.1674–9960.2024.01.008.
- 8 李洋, 郭海涛, 李姝琪, 等. 基于秀丽隐杆线虫高糖模型的肉桂降糖脂作用机制研究[J]. 药学与临床研究, 2025, 33(3): 201–205. [Li Y, Guo HT, Li SQ, et al. A study on the mechanism of Cinnamon's hypoglycemic and lipid lowering effects based on the high sugar model of *Caenorhabditis elegans*[J]. Pharmaceutical and Clinical Research, 2025, 33(3): 201–205.] DOI: 10.13664/j.cnki.pcr.2025.03.001.
- 9 Li Y, Liu Y, Liang J, et al. Gymnemic acid ameliorates hyperglycemia through PI3K/AKT- and AMPK-mediated signaling pathways in type 2 diabetes mellitus rats[J]. J Agric Food Chem, 2019, 67(47): 13051–13060. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b04931.
- 10 国家市场监督管理总局. 保健食品备案产品剂型及技术要求(2024年版)(征求意见稿)[EB/OL]. (2024–10–11)[2026–07–20]. <https://cndp.org.cn/ds/2412806253.html>.
- 11 国家市场监督管理总局. 允许保健食品声称的保健功能目录非营养素补充剂(2023年版)[EB/OL]. (2023–08–31)[2026–07–20]. https://www.samr.gov.cn/zw/zfxxgk/fdzdgknr/tssps/art/2023/art_bffcccd97e6e4d353318487e670.html.
- 12 骆宇欣, 徐佳漫, 郑君娜, 等. 基于数据挖掘和网络药理学的人参保健食品组方规律及主要保健功能研究[J]. 中草药, 2025, 56(16): 5892–5905. [Luo YX, Xu JM, Zheng JN, et al. Formulation rules and main health functions of Panax ginseng health food products based on data mining and network pharmacology[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2025, 56(16): 5892–5905.] DOI: 10.7501/j.issn.0253–2670.2025.16.018.
- 13 梁玲玲, 郝二伟, 杜正彩, 等. 基于数据挖掘技术分析含肉桂保健食品配方用药与应用规律研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2021, 23(4): 1185–1192. [Liang LL, Hao EW, Du ZC, et al.

- Data mining-based analysis of formulation and application patterns of health foods containing cinnamomi cortex[J]. World Science and Technology-Modernization of Traditional Chinese Medicine, 2021, 23(4): 1185-1192.] DOI: [10.11842/wst.20200729007](https://doi.org/10.11842/wst.20200729007).
- 14 胡慧明, 翁家俊, 朱彦陈, 等. 基于数据挖掘的《中医方剂大辞典》含山楂组方用药规律研究[J]. 中国现代应用药学, 2021, 38(21): 2713-2720. [Hu HM, Weng JJ, Zhu YC, et al. Analysis on composition principles of formulae containing crataegi fructus in Dictionary of Traditional Chinese Medicine Prescriptions based on data mining[J]. Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy, 2021, 38(21): 2713-2720.] DOI: [10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2021.21.014](https://doi.org/10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2021.21.014).
- 15 王烨燃, 张洋, 秦琦冰, 等. 基于数据挖掘的胃火炽盛型消渴病方剂的用药规律分析[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(1): 196-201. [Wang YR, Zhang Y, Qin QB, et al. Analysis of medication regularity of traditional Chinese medicine prescriptions for gastropyloric excessiveness diabetes based on data mining[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2020, 45(1): 196-201.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjcm.20191106.502](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjcm.20191106.502).
- 16 纪明月, 其其格, 席琳图雅, 等. 蒙古族药预防新型冠状病毒肺炎组方规律分析[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(13): 3013-3019. [Ji MY, Qi QG, Xi LTY, et al. Analysis on formula of mongolian medicine for prevention of COVID-19[J]. China J China Journal of Chinese Materia Medica, 2020, 45(13): 3013-3019.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjcm.20200425.501](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjcm.20200425.501).
- 17 刘海帆, 冯雪, 王敦方, 等. 基于网络药理学及实验验证探究四神丸合痛泻要方治疗溃疡性结肠炎的作用机制[J]. Sci Tradit Chin Med, 2024, 2(3): 224-236. [Liu H, Feng X, Wang D, et al. Mechanism of Sishen pills-Tongxie Yaofang in the treatment of ulcerative colitis based on network pharmacology and experimental verification[J]. Sci Tradit Chin Med, 2024, 2(3): 224-236.] DOI: [10.1097/st9.0000000000000038](https://doi.org/10.1097/st9.0000000000000038).
- 18 刘树森, 王敏, 刘永铭, 等. 基于数据挖掘和网络药理学的三七保健品组方规律及增强免疫力保健功能研究[J]. 中草药, 2024, 55(1): 205-216. [Liu SS, Wang M, Liu YM, et al. Formulation rule and function of enhancing immunity of *Notoginseng Radix* et Rhizoma-containing health products based on data mining and network pharmacology[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2024, 55(1): 205-216.] <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFQ&dbname=CJFDLAST2024&filename=ZCYO202401021>.
- 19 毕雨晴, 李崧琳, 张宇, 等. 基于数据挖掘和网络药理学的桑椹保健食品组方规律及主要保健功能研究[J]. 中草药, 2026, 57(4): 1402-1415. [Bi YQ, Li QL, Zhang Y, et al. Formulation patterns and primary health functions of Mori Fructus-containing health foods based on data mining and network pharmacology[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2026, 57(4): 1402-1415.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2026.04.018](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2026.04.018).
- 20 刘玉洁, 张玥, 张雅男, 等. 基于 LC-MS/MS 网络药理学与实验验证的益肺健脾方治疗慢性阻塞性肺疾病的作用机制探讨[J]. 时珍国医国药, 2026, 37(6): 1045-1055. [Liu YJ, Zhang Y, Zhang YN, et al. Mechanism of Yifei Jianpi formula in the treatment of chronic obstructive pulmonary disease: a study based on LC-MS/MS, network pharmacology, and experimental validation[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2026, 37(6): 1045-1055.] DOI: [10.70976/j.1008-0805.SZGYGY-2026-0606](https://doi.org/10.70976/j.1008-0805.SZGYGY-2026-0606).
- 21 喻星星, 谢芳, 金晶, 等. 基于网络药理学和实验验证的平冲降逆方治疗子宫内异位症的作用机制探讨[J]. 时珍国医国药, 2026, 37(6): 1034-1043. [Yu XX, Xie F, Jin J, et al. Mechanism of Pingchong Jiangni formula in the treatment of endometriosis: a study based on network pharmacology and experimental validation[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2026, 37(6): 1034-1043.] DOI: [10.70976/j.1008-0805.SZGYGY-2026-0605](https://doi.org/10.70976/j.1008-0805.SZGYGY-2026-0605).
- 22 杨昕宇, 贾晓益, 宣自华, 等. 基于生物信息分析及实验验证探讨温胃舒颗粒对脾胃虚寒证功能性消化不良大鼠的治疗作用[J]. 中国实验方剂学杂志, 2025, 31(18): 30-40. [Yang XY, Jia XY, Xuan ZH, et al. Therapeutic effect of Wenweishu granules on functional dyspepsia rats with Spleen-stomach Deficiency Cold Syndrome based on bioinformatics analysis and experimental validation[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2025, 31(18): 30-40.] DOI: [10.13422/j.cnki.syfjx.20250608](https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfjx.20250608).
- 23 吴文玉, 詹少锋, 王凯. 基于网络药理学及动物实验探讨清肺理痰方调控细胞焦亡对急性肺损伤的作用机制[J]. 时珍国医国药, 2026, 37(10): 1953-1963. [Wu WY, Zhan SF, Wang K. Exploring the mechanism of Qingfei Litan formula in regulating pyroptosis in acute lung injury based on network pharmacology and animal experiments[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2026, 37(10): 1953-1963.] <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CAPJ&dbname=CAPJLAST&filename=SZGY20260310002>.
- 24 廖正根, 温佳豪, 徐希强, 等. 肉桂挥发油化学成分及其体外抗菌、抗氧化、抗肿瘤生物活性研究[J]. 中药药理与临床, 2024, 40(1): 69-76. [Liao ZG, Wen JH, Xu XQ, et al. Chemical constituents and *in vitro* antibacterial, antioxidant, and antitumor biological activities of essential oil from *Cinnamomum cassia* Presl[J]. Pharmacol Clin Chin Materia Med, 2024, 40(1): 69-76.] DOI: [10.13412/j.cnki.zyy.20230719.002](https://doi.org/10.13412/j.cnki.zyy.20230719.002).
- 25 Liu S, Yang L, Zheng S, et al. A review: the botany, ethnopharmacology, phytochemistry, pharmacology of cinnamomi cortex[J]. RSC Adv, 2021, 11(44): 27461-27497. DOI: [10.1039/D1RA04965H](https://doi.org/10.1039/D1RA04965H).
- 26 高铭哲, 李婷, 田晨琪, 等. 肉桂化学成分与药理作用研究进展[J]. 亚太传统医药, 2021, 17(11): 201-205. [Gao MZ, Li T, Tian CQ, et al. Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of Cinnamomi Cortex[J]. Asia-Pacific Trad Med, 2021, 17(11): 201-205. <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFQ&dbname=&filename=>.
- 27 赵凯, 姜勇, 薛培凤, 等. 国产肉桂的化学成分研究[J]. 中草药, 2013, 44(17): 2358-2363. [Zhao K, Jiang Y, Xue PF, et al. Chemical constituents from barks of *Cinnamomum cassia* growing in China[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2013, 44(17): 2358-2363.] <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFQ&dbname=&filename=>.
- 28 姜文轩, 杨金凤, 杨小梅, 等. 基于网络药理学和分子对接探

- 讨葶苈皮黄酮类化合物潜在抗菌感染机制[J]. 现代食品科技, 2026. [Jiang WX, Yang JF, Yang XM, et al. The potential antibacterial infection mechanism of flavonoids eleocharis dulcis peel via network pharmacology and molecular docking[J]. Modern Food Science & Technology, 2026.] DOI: [10.13982/j.mfst.1673-9078.2026.9.0909](#).
- 29 Yuan G, Mao J, Li Z. Systematically investigate the mechanism underlying the therapeutic effect of emodin in treatment of prostate cancer[J]. *Discov Oncol*, 2025, 16(1): 413. DOI: [10.1007/s12672-025-02141-x](#).
- 30 Chen C, Liu K, Wang Y, et al. *In vitro* colonic fermentation of fermented radix astragali by poria cocos and anti-hyperuricemia mechanism based on network pharmacology and experiment verification[J]. *Front Nutr*, 2024, 11: 1466702. DOI: [10.3389/fnut.2024.1466702](#).
- 31 Chang Y, Yang H, Ren D, et al. Activation of ZmMKK10, a maize mitogen-activated protein kinase kinase, induces ethylene-dependent cell death[J]. *Plant Sci*, 2017, 264: 129–137. DOI: [10.1016/j.plantsci.2017.09.012](#).
- 32 De Zelicourt A, Colcombet J, Hirt H. The role of MAPK modules and ABA during abiotic stress signaling[J]. *Trends Plant Sci*, 2016, 21(8): 677–685. DOI: [10.1016/j.tplants.2016.04.004](#).
- 33 周千瑶. 基于数据挖掘和网络药理学分析中医药治疗脾虚型溃疡性结肠炎的用药规律[D]. 哈尔滨: 黑龙江中医药大学, 2025. DOI: [10.27127/d.cnki.ghlzu.2024.000270](#).
- 34 段展辉, 刘桂荣, 杨金萍. 从量效关系探讨张志远运用大剂量附子经验[J]. *中医杂志*, 2025, 66(2): 119–122. [Duan ZH, Liu GR, Yang JP. Discussion on the experience of ZHANG Zhiyuan in using large doses of Fuzi (*Aconiti Lateralis Radix Praeparata*) based on the quantity–effect relationship[J]. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2025, 66(2): 119–122.] DOI: [10.13288/j.11-2166/r.2025.02.003](#).
- 35 谷珊珊, 李蒙, 宋卓, 等. 基于数据挖掘分析癌因性疲乏用药规律及中医辨治思路[J]. *山东中医杂志*, 2022, 41(4): 376–384. [Gu SS, Li M, Song Z, et al. Study on medication regularity and traditional Chinese medicine thought of syndrome differentiation in treating cancer-related fatigue based on data mining[J]. *Shandong Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2022, 41(4): 376–384.] DOI: [10.16295/j.cnki.0257-358x.2022.04.005](#).
- 36 马秀梅, 胡帅航, 王欣妍, 等. 从“治虚三本”及缓中补虚论治癌因性疲乏[J]. *山东中医杂志*, 2024, 43(10): 1074–1078, 1083. [Ma XM, Hu SH, Wang XY, et al. Treatment of cancer-related fatigue from "treating deficiency with three primary sources" and moderating the middle and tonifying deficiency[J]. *Shandong Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2024, 43(10): 1074–1078, 1083.] DOI: [10.16295/j.cnki.0257-358x.2024.10.005](#).
- 37 李品艾, 丁素君. 肉桂挥发油的抗氧化作用研究[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(24): 13547–13548, 13551. [Li PA, Ding SJ. Study on antioxidative capacity in volatile oil of *Cinnamomum cassia*[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2010, 38(24): 13547–13548, 13551.] DOI: [10.13989/j.cnki.0517-6611.2010.24.106](#).
- 38 穆旭, 李金. 肉桂酸对小鼠运动疲劳的实验研究[J]. *重庆医学*, 2015, 44(35): 4932–4935. [Mu X, Li J. Experiment research of cinnamic acid on endurance exercise in mice[J]. *Chongqing Medicine*, 2015, 44(35): 4932–4935.] DOI: [10.3969/j.issn.1671-8348.2015.35.011](#).
- 39 赵洪静, 宛超, 张李伟, 等. 关于酒剂保健食品管理的探讨[J]. *中国中医药信息杂志*, 2017, 24(1): 8–11. [Zhao HJ, Wan C, Zhang LW, et al. Discussion on management of vinum health food[J]. *Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine*, 2017, 24(1): 8–11.] DOI: [10.3969/j.issn.1005-5304.2017.01.003](#).
- 40 Morris G, Maes M. Increased nuclear factor- κ B and loss of p53 are key mechanisms in myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome (ME/CFS)[J]. *Med Hypotheses*, 2012, 79(5): 607–613. DOI: [10.1016/j.mehy.2012.07.034](#).
- 41 Song L, Liu Z, Hu H H, et al. Proto-oncogene src links lipogenesis via lipin-1 to breast cancer malignancy[J]. *Nat Commun*, 2020, 11(1): 5842. DOI: [10.1038/s41467-020-19694-w](#).
- 42 李丹, 胡凯文, 韩丽, 等. 艾灸对癌性疲劳小鼠 jak-stat 信号通路的影响[J]. *环球中医药*, 2022, 15(5): 725–730. [Li D, Hu KW, Han L, et al. Effects of moxibustion on the expression of JAK-STAT signal pathway in cancer fatigue mice[J]. *Global Traditional Chinese Medicine*, 2022, 15(5): 725–730.] DOI: [10.3969/j.issn.1674-1749.2022.05.001](#).
- 43 李晨, 李天歌, 王红梅, 等. 艾灸对疲劳大鼠额叶皮层白细胞介素-6/信号转导及转录激活因子3信号通路的影响[J]. *针刺研究*, 2020, 45(6): 468–472. [Li C, Li TG, Wang HM, et al. Effect of moxibustion on IL-6/STAT3 signaling in frontal cortex of fatigue rats[J]. *Acupuncture Research*, 2020, 45(6): 468–472.] DOI: [10.13702/j.1000-0607.190618](#).
- 44 李红玉, 赵冰洁, 李悦宁, 等. 基于网络药理学和动物模型验证探讨绞股蓝治疗慢性疲劳综合征的作用机制[J]. *天然产物研究与开发*, 2023, 35(12): 2168–2182, 2153. [Li HY, Zhao BJ, Li YN, et al. Mechanism of *Gynostemma pentaphyllum* against chronic fatigue syndrome based on network pharmacology and animal model validation[J]. *Natural Product Research and Development*, 2023, 35(12): 2168–2182, 2153.] DOI: [10.16333/j.1001-6880.2023.12.016](#).
- 45 张文强, 王林仪, 黄雪映, 等. 复方阿胶浆治疗癌因性疲乏的药效学研究[J]. *药物评价研究*, 2026, 49(3): 771–780. [Zhang WQ, Wang LY, Huang XY, et al. Pharmacodynamic study on prevention of cancer-related fatigue by Fufang Ejiao Jiang[J]. *Drug Eval Res*, 2026, 49(3): 771–780.] DOI: [10.7501/j.issn.1674-6376.2026.03.004](#).
- 46 Tsai CM, Yen GC, Sun FM, et al. Assessment of the anti-invasion potential and mechanism of select cinnamic acid derivatives on human lung adenocarcinoma cells[J]. *Mol Pharmaceutics*, 2013, 10(5): 1891–1900. DOI: [10.1021/mp3006648](#).
- 47 Kin R, Kato S, Kaneto N, et al. Procyanidin C1 from cinnamomi cortex inhibits TGF- β -induced epithelial-to-mesenchymal transition in the A549 lung cancer cell line[J]. *Int J Oncol*, 2013, 43(6): 1901–1906. DOI: [10.3892/ijo.2013.2139](#).

收稿日期: 2026 年 07 月 27 日 修回日期: 2026 年 08 月 29 日

本文编辑: 李 阳 洗静怡