

# 中药材苍术综合开发利用的研究进展

赵彪<sup>1</sup>, 王雨晨<sup>2</sup>, 王洋<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>商洛学院生物医药与食品工程学院, 商洛市中药材病虫害综合防治技术研究中心, 陕西 商洛

<sup>2</sup>西北大学生命科学学院, 陕西 西安

收稿日期: 2022年7月10日; 录用日期: 2022年8月10日; 发布日期: 2022年8月18日

## 摘要

苍术 *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. 是菊科苍术属多年生草本植物, 其疙瘩状根状茎是我国传统的中药材。《中国药典》(2020年版)记载苍术为茅苍术 *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. 或北苍术 *Atractylodes chinensis* (DC.) Koidz 的干燥根茎, 有燥湿、化浊、止痛之效。本文对中药材苍术的种质资源、内生菌、药效成分、药理作用以及挥发油合成进行概述, 为合理开发利用苍术资源提供参考。

## 关键词

苍术, 内生菌, 活性成分, 药理作用

# The Research Progress of Traditional Chinese Medicine *Atractylodes lancea* Comprehensive Exploitation and Utilization

Biao Zhao<sup>1</sup>, Yuchen Wang<sup>2</sup>, Yang Wang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>College of Biomedical and Food Engineering, Shangluo Technology & Research Institute of Integrated Pest Management for Chinese Herbs, Shangluo University, Shangluo Shaanxi

<sup>2</sup>College of Life Science, Northwest University, Xi'an Shaanxi

Received: Jul. 10<sup>th</sup>, 2022; accepted: Aug. 10<sup>th</sup>, 2022; published: Aug. 18<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

*Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. is a perennial herbaceous plant of the family of Compositae, and its knobbly rhizoid is a traditional Chinese medicinal material. In the Chinese Pharmacopoeia

\*通讯作者。

(2020 edition), the atractylodes is the dry rhizome of *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. or *Atractylodes chinensis* (DC.), and it has dryness, turbidification, and analgesic effects. In this paper, germplasm resources, endophytic bacteria, pharmacodynamic components, pharmacological effects and volatile oil synthesis of *Atractylodes lancea* were summarized, so as to provide a reference for rational development and utilization of the *Atractylodes lancea* resources.

## Keywords

**Atractylodes, Endophytes, Active Ingredients, Pharmacological Effects**

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

中药材苍术是菊科苍术属茅苍术或北苍术的干燥根茎, 原名术[1]。苍术属在中国有 5 个种, 2020 版《中国药典》中将茅苍术和北苍术作为中药材[2], 主要用于风寒感冒、水肿、夜盲和风湿痹痛等。苍术作为我国上品传统中药材, 含有半萜、倍半萜、烯炔、甾醇和多糖等物质, 对其活性成分及药理作用、提取工艺、种质资源和栽培、内生菌、方剂、炮制工艺、鉴定和质量评价、基因以及转录组分析等方面有较多研究。当前的研究热点多集中在有效成分和药理作用两方面, 对基因组学分析、挖掘有效成分合成相关基因的研究成为一种趋势。研究表明苍术在抗癌、抗炎、利尿、降糖降血脂、改善神经系统疾病、影响免疫系统等方面均具有一定作用[3] [4]。当前针对苍术的研究更多的是针对植物本身, 涉及苍术的栽培技术, 产品开发和药理药效等多个方面, 但从宏观层面对整个苍术产业发展的指导性研究还存在欠缺。本文就苍术的种质资源、繁殖技术、内生菌、药效成分和药理作用等方面进行阐述, 以期对苍术的开发利用提供参考。

## 2. 苍术的种质资源

种质资源包含生物遗传信息, 是生物开发利用的先决条件。目前, 对苍术种质资源的研究, 在调查方法上, 主要是在直接采集的基础上联用遥感技术[5]; 在资源特性上, 邓娟利用 RNA-Seq 分析表明不同地区的苍术基因表达存在较大差异[6]; 在遗传学研究上, 多使用 RFLP、SSR、ISSR 等分子标记技术[7], 姜雨昕等采用 ISSR 标记技术分析表明北苍术遗传多样性非常丰富[8]。

## 3. 苍术的繁殖技术

由于市场需求攀升, 导致对苍术的野生资源过度采挖, 因此对其进行人工栽培和繁殖研究对保护苍术野生资源的具有重要意义。王娜等依据《农作物种子检验规程》将来自辽宁、内蒙等地的 22 份北苍术种子划分为三个等级[9], 这对规范苍术种子市场和行业标准的制定具有促进作用。姜雨昕等的研究表明在 20℃时苍术的萌发率最高, 但种子繁殖年限长且发芽率低, 而苍术组织培养可缩短繁殖年限。关于苍术无性繁殖的培养基配方多在 MS 培养基或 1/2MS 培养基的基础上进行优化[10] [11] [12] [13] [14], 其中张炜坤等优化了培养条件, 使苍术生根率达到了 93.61% [15]。目前已基本明确了苍术不同组织的培养条件, 但无性快繁的标准化体系还需进一步研究。

## 4. 苍术内生菌的研究

苍术内生菌对苍术的生长、发育和品质有重要促进作用。药用植物内生菌可促进有效成分的合成和

积累[16]。在不同的生长环境、生长时期,苍术内生菌的种类也不同[17]。Yuan 等研究表明苍术内生菌与宿主互作可以通过增加来源(光合作用),扩大汇(糖酵解和三羧酸循环)和增强苍术的代谢通量(倍半萜类生物合成途径)来改善产量(生物量和倍半萜类化合物的积累) [18]。陈飘雪等采用内生菌接种的方式,表明了内生菌对苍术倍半萜含量具有明显的促进作用,较对照组增加了 136% [19]。阳湖荣发现苍术内生菌可通过诱导 GA 的产生使挥发油积累[20]。对内生菌资源的挖掘和对内生菌的中药代谢物反应器的开发将成为未来的研究趋势[21]。

## 5. 苍术的主要活性成分及药理作用

苍术含多种活性成分,可从苍术中提取得到倍半萜类、三萜类、聚乙炔类、苯丙类、香豆素类、黄酮类、黄酮苷类、甾体类、苯醌类、多糖等多种化合物[22]。其中烯炔类、多糖和萜类是主要成分,目前已鉴定出烯炔类约 113 种,萜类及皂苷类约 83 种,寡糖类和多糖类 6 种,其他类 27 种[23] [24]。

苍术素作为烯炔类主要成分,是 2020 版《中国药典》在苍术质量测定时的指标,具有抗炎、抗肿瘤、降血糖、利尿和促进胃排空等作用[25]。研究表明,苍术素可影响 MAPKs 的氧化磷酸化和 NPM-ALK 通路调节炎症因子,可以抑制脂多糖诱导的炎症反应,同时还可抑制髓过氧化物酶(MPO)活性、肺湿干重比、蛋白渗漏、炎性细胞浸润、TNF- $\alpha$ 、IL-6、IL-1 $\beta$  和单核细胞趋化蛋白分泌[26]。Yu 等研究表明其作用的机制主要与血浆促炎细胞因子如 TNF- $\alpha$ 、IL-1 $\beta$  和 IL-6 的减少有关[27]。Tang 等研究表明苍术素可下调核苷酸结合域-样受体蛋白 3 (NOD-NLRP3)炎症小体的含量、抑制 TLR4 的激活[28]。Bailey 等发现苍术素通过影响中枢调节剂 TLR4、NF $\kappa$ B 和 Nrf2 的信号通路进而影响其抗炎作用[29]。

$\beta$ -桉叶醇是一种倍半萜醇,是苍术的主要活性成分。 $\beta$ -桉叶醇对肿瘤有较强的抑制作用,对神经元的炎症损伤有保护作用。研究表明  $\beta$ -桉叶醇可抑制 CREB 活性[30],从而抑制血管增生[31],发挥抗肿瘤作用;通过抑制 GPT 的活性产生抗肝毒效果[32]。 $\beta$ -桉叶醇诱导 CCA 细胞凋亡,使细胞周期阻滞在 G1 期,使 caspase 3 和 caspase 7 裂解[33]。同时, Han 等研究表明  $\beta$ -桉叶醇抑制了 PMA-钙离子载体 A23187 刺激的 HMC-1 细胞释放的组胺和色蛋白酶酶的释放,抑制活化的 HMC-1 细胞中组氨酸脱羧酶的表达和活性,降低了活化的 RMC 中的细胞内钙水平[34]。近年来,越来越多的研究表明  $\beta$ -桉叶醇可通过阻断 ERK 信号通路对血管生成产生一定的抑制作用,表明  $\beta$ -桉叶醇可能是抗过敏和治疗血管方面疾病的候选药物[35]。

苍术酮是的主要倍半萜成分之一,具有抗炎、抗肝毒性作用[36]。苍术酮还可降低血清中的 IL-6、TNF- $\alpha$  和 IL-1 $\beta$  的水平,减弱人核因子- $\kappa$ B 蛋白的表达[37],发挥抗病毒作用[38]。研究表明苍术酮对卵白蛋白(OVA)诱导的 AR 动物模型的过敏性炎症有抑制作用,还能抑制 caspase-1、NF- $\kappa$ B、MAPKs 对 1,2-肉豆蔻酸、1,3-醋酸盐和钙离子载体 A23187 (PMACI)诱导的人肥大细胞系(HMC-1)细胞的激活[39]。苍术酮可抑制 IL-6、TNF- $\alpha$  和 IL-1 $\beta$ ,但可促进 T 淋巴样受体 7 (TLR7)、MyD88、肿瘤坏死因子受体相关因子 6、干扰素- $\beta$  (IFN- $\beta$ )的表达[37]。苍术酮可抑制干细胞因子刺激下 RPMCs 动物模型的形态改变和丝状肌动蛋白的形成[40]。目前韩国已经开发出以苍术素为主要成分的 KMP6 药物,用于治疗胃肠道疾病[39]。

苍术内酯(ATL)为倍半萜,主要有 ATL-I、ATL-II 和 ATL-III 三种,具有抗癌、抗炎、抗特异反应等作用,可调节 GABAA 受体活性产生镇痛作用[41]。Xu 等人研究表明 ATL-1 能显著促进人和小鼠结肠直肠癌(CRC)细胞的肿瘤抗原呈递,从而增强 CD8 和 T 细胞的细胞毒性反应;ATT-I 靶向免疫蛋白酶体的功能可促进肿瘤抗原呈递并增强 T 细胞细胞毒性,从而提高肿瘤对免疫治疗的反应[42]。Xiao 等研究表明 ATL-II 可通过促进抗氧化因子血红素加氧酶-1 (HO-1)和 NAD(P)H 脱氢酶、醌氧化还原酶 1 (NQO-1)的表达,影响 MKPKp38/Nrf2 信号通路,显著抑制红外损伤[43]。Wang 等研究表明 ATL-III 除了可以作为抗氧化剂发挥作用外,还可以通过激活氧化应激介导的 PI3K/AKT/mTOR 途径来防止肌肉萎缩[44]。

糖类中多糖主要分中性多糖(ALP-1)和酸性多糖(ALP-3)。Qin 等发现 ALP-3 能以剂量依赖方式刺激巨噬细胞增殖, 并刺激吞噬细胞 ALP-1、NO 和细胞因子的产生[45], 寡糖如 ACPS-1 可显著抑制肝癌细胞系和宫颈癌细胞系的活性[46] [47]。

苍术醇是一种倍半萜类化合物, 对癌细胞具有细胞毒性作用, 具有较强的抗炎作用。苍术醇由 Nakai 等人于 2003 年成功分离[48]。研究表明苍术醇能减少核碎裂和 DNA 碎裂, 说明苍术醇对人白血病 HL-60 细胞的凋亡有抑制作用[49]。苍术醇还可通过抑制 H<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>-ATP 酶、Mg<sup>2+</sup>-ATP 酶和 Ca<sup>2+</sup>-ATP 酶活性发挥抗胃溃疡作用[50]。Guo 等发现苍术醇可降低丝裂原活化蛋白激酶、细胞外信号调控激酶 IκBα 和 p65 的磷酸化, 抑制了 Bcl-2、细胞周期蛋白 D1 的表达, 加强了 Bax 的表达[51], 具有抗肺癌(特别是非小细胞肺癌)作用。

## 6. 小结与展望

《中国药典》(2020 年版)记载苍术为茅苍术或北苍术的干燥根茎, 是我国上品传统中药材, 有燥湿、化浊、止痛之效[2], 含有半萜、倍半萜、烯炔、甾醇和多糖等物质, 具有重要的经济价值和产业化前景。当前的研究热点多集中在有效成分和药理作用两方面, 对基因组学分析、挖掘有效成分合成相关基因的研究成为一种趋势。当前针对苍术的研究更多的是针对植物本身, 涉及苍术的栽培技术, 产品开发和药理药效等多个方面, 但从宏观层面对整个苍术产业发展的指导性研究还存在欠缺。本文对中药材苍术的种质资源、内生菌、药效成分、药理作用以及挥发油合成进行概述, 为合理开发利用苍术资源提供参考。

近年来, 随着中医药振兴发展政策的支持, 对中草药及其提取物进行了广泛研究。苍术作为我国传统中草药, 其代谢产物具有多种生物活性。但目前苍术资源仍不满足市场需求, 广泛的药理研究为临床应用提供了一定依据, 但在繁育技术上还缺少成熟的体系, 对活性物质的提取、苍术内生菌资源的利用、系统的基因组和转录组研究等方面还需深入研究, 以期充分合理地开发苍术资源。

## 基金项目

本研究受国家级大学生创新创业训练项目(No. 201911396005)和商洛市科技创新团队建设项目(No. SK2018-03-03)支持。

## 参考文献

- [1] 赵佳琛, 翁倩倩, 张悦, 等. 经典名方中术类药材的本草考证[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(23): 5248-5255.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部) [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- [3] Koonrunsesomboon, N., Na-Bangchang, K. and Karbwang, J. (2014) Therapeutic Potential and Pharmacological Activities of *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 7, 421-428. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(14\)60069-9](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(14)60069-9)
- [4] Ishii, T., Okuyama, T., Noguchi, N., et al. (2020) Antiinflammatory Constituents of *Atractylodes chinensis* Rhizome Improve Glomerular Lesions in Immunoglobulin A Nephropathy Model Mice. *Journal of Natural Medicines*, 74, 51-64. <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01342-3>
- [5] 高鑫媛, 白茹玥, 魏金月, 等. 中药材苍术种质资源及栽培技术研究进展[J]. 承德医学院学报, 2022, 39(3): 237-241.
- [6] 邓娟. 基于转录组学的茅苍术种质资源研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 湖北中医药大学, 2018.
- [7] Zietkiewicz, E., Rafalski, A. and Labuda, D. (1994) Genome Fingerprinting by Simple Sequence Repeat (SSR)-Anchored Polymerase Chain Reaction Amplification. *Genomics*, 20, 176-183. <https://doi.org/10.1006/geno.1994.1151>
- [8] 姜雨昕, 肖春萍, 孙金, 等. 基于 ISSR 标记的北苍术种质资源亲缘关系分析[J]. 种子, 2021, 40(12): 32-38.
- [9] 王娜, 尹海波, 陈吉祥. 北苍术种子质量分级标准研究[J]. 种子, 2021, 40(2): 133-138.
- [10] 黄日晴, 王鑫磊, 玉猛, 等. 苍术繁殖技术研究进展[J]. 河北农业大学学报, 2022, 45(3): 75-81.



- [11] 张炜坤. 北苍术离体快繁体系的建立[D]: [硕士学位论文]. 秦皇岛: 河北科技师范学院, 2018.
- [12] 黄日晴, 王鑫晶, 玉猛, 等. 苍术繁殖技术研究进展[J]. 河北农业大学学报, 2022, 45(3): 75-81.
- [13] 陈璐, 邢德科, 吴沿友, 等. 不同基质对茅苍术移栽组培苗叶片导水度及光合的影响[J]. 种子, 2021, 40(2): 7-12+19.
- [14] 李鸿盛, 刘梦茹, 侯文秋, 等. 药用植物茅苍术快繁及组织培养技术初探[J]. 分子植物育种, 2019, 17(5): 1611-1615.
- [15] 张炜坤, 赵恢, 张小芳, 等. 北苍术组织培养与快繁技术研究[J]. 种子, 2018, 37(12): 136-139.
- [16] 唐梦月, 樊佳佳, 刘霞, 等. 苦蕈内生真菌 *Trichoderma harzianum* 的次级代谢产物[J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(14): 186-191.
- [17] 何冬梅, 王海, 陈金龙, 等. 中药微生态与中药道地性[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(2): 290-302.
- [18] Yuan, J., Zhang, W., Sun, K., *et al.* (2019) Comparative Transcriptomics and Proteomics of *Atractylodes lancea* in Response to Endophytic Fungus *Gilmaniella* sp. AL12 Reveals Regulation in Plant Metabolism. *Frontiers in Microbiology*, **10**, Article No. 1208. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01208>
- [19] 陈飘雪, 陈飞, 袁洁, 等. 内生菌复合接种对茅苍术生长和倍半萜积累的影响[J]. 生态学杂志, 2020, 39(9): 2944-2952.
- [20] 阳湖荣. 内生细菌促进白术和茅苍术挥发油积累的信号分子差异研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京师范大学, 2019.
- [21] 王红阳, 康传志, 王升, 等. 基于高通量测序和传统培养分离方法的药用植物内生菌资源研究策略[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(8): 1910-1919.
- [22] 欧阳臻, 杨凌, 宿树兰, 等. 茅苍术挥发油的气相色谱-质谱指纹图谱研究[J]. 药学学报, 2007, 42(9): 968-972.
- [23] 庄丹, 秦靖, 王慧阳, 等. 苍术的药效成分研究进展[J]. 生物加工过程, 2021, 19(3): 306-313.
- [24] Jun, X., Fu, P., Lei, Y., *et al.* (2018) Pharmacological Effects of Medicinal Components of *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. *Chinese Medicine*, **13**, Article No. 59. <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0216-7>
- [25] 蒋正立, 陈星如, 林忠, 等. HPLC 法测定复方刺梨合剂中苍术素的含量[J]. 中国中医药科技, 2022, 29(1): 47-49.
- [26] Chae, H.-S., Kim, Y.-M. and Chin, Y.-W. (2016) Atractylodin Inhibits Interleukin-6 by Blocking NPM-ALK Activation and MAPKs in HMC-1. *Molecules*, **21**, Article No. 1169. <https://doi.org/10.3390/molecules21091169>
- [27] Yu, C., Xiong, Y., Chen, D., *et al.* (2017) Ameliorative Effects of Atractylodin on Intestinal Inflammation and Co-Occurring Dysmotility in Both Constipation and Diarrhea Prominent Rats. *The Korean Journal of Physiology & Pharmacology*, **21**, 1-9. <https://doi.org/10.4196/kjpp.2017.21.1.1>
- [28] Tang, F., Fan, K., Wang, K., *et al.* (2018) Atractylodin Attenuates Lipopolysaccharide-Induced Acute Lung Injury by Inhibiting NLRP3 Inflammasome and TLR4 Pathways. *Journal of Pharmacological Sciences*, **136**, 203-211. <https://doi.org/10.1016/j.jphs.2017.11.010>
- [29] Bailly, C. (2021) Atractylenolides, Essential Components of Atractylodes-Based Traditional Herbal Medicines: Antioxidant, Anti-Inflammatory and Anticancer Properties. *European Journal of Pharmacology*, **891**, Article ID: 173735. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2020.173735>
- [30] Ma, E.-L., Li, Y.-C., Tsuneki, H., Xiao, J.-F., Xia, M.-Y., Wang, M.-W. and Ikuko, K. (2008) Beta-Eudesmol Suppresses Tumour Growth Through Inhibition of Tumour Neovascularisation and Tumour Cell Proliferation. *Journal of Asian Natural Products Research*, **10**, 159-167. <https://doi.org/10.1080/10286020701394332>
- [31] Hiroshi, T., Ma, E.-L., Kobayashi, S., Sekizaki, N., Maekawa, K., Sasaoka, T., *et al.* (2005) Antiangiogenic Activity of Beta-Eudesmol *in Vitro* and *in Vivo*. *European Journal of Pharmacology*, **512**, 105-115. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2005.02.035>
- [32] Kiso, Y., Tohkin, M. and Hikino, H. (1983) Antihepatotoxic Principles of *Atractylodes* Rhizomes. *Journal of Natural Products*, **46**, 651-654. <https://doi.org/10.1021/np50029a010>
- [33] Plengsuriyakarn, T., Karbwang, J. and Na-Bangchang, K. (2015) Anticancer Activity Using Positron Emission Tomography-Computed Tomography and Pharmacokinetics of  $\beta$ -Eudesmol in Human Cholangiocarcinoma Xenografted Nude Mouse Model. *Clin Exp Pharmacol*, **42**, 293-304. <https://doi.org/10.1111/1440-1681.12354>
- [34] Han, N.R., Moon, P.D., Ryu, K.J., *et al.* (2017)  $\beta$ -Eudesmol Suppresses Allergic Reactions via Inhibiting Mast Cell Degranulation. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, **44**, 257-265. <https://doi.org/10.1111/1440-1681.12698>
- [35] Tsuneki, H., Ma, E.L., Kobayashi, S., *et al.* (2005) Antiangiogenic Activity of Beta-Eudesmol *in Vitro* and *in Vivo*. *European Journal of Pharmacology*, **512**, 105-115. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2005.02.035>

- [36] Kiso, Y., Tohkin, M. and Hikino, H. (1985) Mechanism of Antihepatotoxic Activity of Atractylon, I: Effect on Free Radical Generation and Lipid Peroxidation. *Planta Medica*, **51**, 97-100. <https://doi.org/10.1055/s-2007-969416>
- [37] Cheng, Y., Mai, J.Y., Hou, T.L., et al. (2016) Antiviral Activities of Atractylon from *Atractylodes Rhizoma*. *Molecular Medicine Reports*, **14**, 3704-3710. <https://doi.org/10.3892/mmr.2016.5713>
- [38] 陈天阳, 张萍, 成扬. 苍术酮含量测定方法、燥性及药理作用的研究进展[J]. *中成药*, 2022, 44(6): 1902-1905.
- [39] Kim, H.Y., Nam, S.Y., Hwang, S.Y., et al. (2016) Atractylone, an Active Constituent of KMP6, Attenuates Allergic Inflammation on Allergic Rhinitis *in Vitro* and *in Vivo* Models. *Molecular Immunology*, **78**, 121-132. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2016.09.007>
- [40] Han, N.R., Moon, P.D., Nam, S.Y., et al. (2016) Inhibitory Effects of Atractylone on Mast Cell-Mediated Allergic Reactions. *Chemico-Biological Interactions*, **258**, 59-68. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2016.08.015>
- [41] Singhuber, J., Baburin, I., Kählig, H., et al. (2012) GABA A Receptor Modulators from Chinese Herbal Medicines Traditionally Applied against Insomnia and Anxiety. *Phytomedicine*, **19**, 334-340. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.10.009>
- [42] Xu, H., Van der Jeught, K., Zhou, Z., et al. (2021) Atractylenolide I Enhances Responsiveness to Immune Checkpoint Blockade Therapy by Activating Tumor Antigen Presentation. *Journal of Clinical Investigation*, **131**, Article ID: e146832. <https://doi.org/10.1172/JCI146832>
- [43] Xiao, C., Xu, C., He, N., et al. (2020) Atractylenolide II Prevents Radiation Damage via MAPKp38/Nrf2 Signaling Pathway. *Biochemical Pharmacology*, **177**, Article ID: 114007. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.114007>
- [44] Wang, M., Hu, R., Wang, Y., et al. (2019) Atractylenolide III Attenuates Muscle Wasting in Chronic Kidney Disease via the Oxidative Stress-Mediated PI3K/AKT/mTOR Pathway. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, **2019**, Article ID: 1875471. <https://doi.org/10.1155/2019/1875471>
- [45] Qin, J., Wang, H.Y., Zhuang, D., et al. (2019) Structural Characterization and Immunoregulatory Activity of Two Polysaccharides from the Rhizomes of *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. *International Journal of Biological Macromolecules*, **136**, 341-351. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.088>
- [46] Xu, J., Chen, D., Liu, C., et al. (2016) Structural Characterization and Anti-Tumor Effects of an Inulin-Type Fructan from *Atractylodes chinensis*. *International Journal of Biological Macromolecules*, **82**, 765-771. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.10.082>
- [47] Kitajima, J., Kamoshita, A., Ishikawa, T., et al. (2003) Glycosides of *Atractylodes lancea*. *Journal of Clinical Investigation*, **51**, 673-678. <https://doi.org/10.1248/cpb.51.673>
- [48] Nakai, Y., Kido, T., Hashimoto, K., et al. (2003) Effect of the Rhizomes of *Atractylodes lancea* and Its Constituents on the Delay of Gastric Emptying. *Journal of Ethnopharmacology*, **84**, 51-55. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(02\)00260-X](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(02)00260-X)
- [49] Masuda, Y., Kadokura, T., Ishii, M., et al. (2015) Hinesol, a Compound Isolated from the Essential Oils of *Atractylodes lancea* rhizome, Inhibits Cell Growth and Induces Apoptosis in Human Leukemia HL-60 Cells. *Journal of Natural Medicines*, **69**, 332-339. <https://doi.org/10.1007/s11418-015-0897-5>
- [50] Satoh, K., Nagai, F. and Kano, I. (2000) Inhibition of H<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase by Hinesol, a Major Component of So-jutsu, by Interaction with Enzyme in the E1 State. *Biochemical Pharmacology*, **59**, 881-886. [https://doi.org/10.1016/S0006-2952\(99\)00399-8](https://doi.org/10.1016/S0006-2952(99)00399-8)
- [51] Guo, W., Liu, S., Ju, X., et al. (2019) The Antitumor Effect of Hinesol, Extract from *Atractylodes lancea* (Thunb.) DC. by Proliferation, Inhibition, and Apoptosis Induction via MEK/ERK and NF-κB Pathway in Non-Small Cell Lung Cancer Cell Lines A549 and NCI-H1299. *Journal of Cellular Biochemistry*, **120**, 18600-18607. <https://doi.org/10.1002/jcb.28696>