

香花鸡血藤化学成分数据集

肖凌¹,汪依兰^{2*}¹湖北省药品监督检验研究院 湖北省药品质量检测与控制工程技术研究中心,武汉 430075;²武汉城市学院,武汉 430070

摘要:香花鸡血藤是传统中药材,其药效物质基础尚不清晰。为全面解析其化学轮廓,本研究采用超高效液相色谱-四极杆-飞行时间质谱联用技术(UPLC-Q-TOF-MS/MS),对来自云南、湖北、广西等地的香花鸡血藤样品进行分析。从8批样品中初步鉴定出41个化合物,主要包括28种黄酮类、3种木脂素类、2种氨基酸类及8种有机酸类成分,并建立了香花鸡血藤化学成分数据集,可为该药材的质量评价、药效物质筛选及后续开发利用提供数据支持。

关键词:香花鸡血藤;UPLC-Q-TOF-MS/MS;化学成分;数据集

数据链接:https://doi.org/10.57760/sciencedb.npr.00107

数据摘要:数据库(集)名称:香花鸡血藤化学成分数据集;时间范围:2022—2024年;地理区域:云南、广西、湖北;数据量:6.33 KB;数据格式:*.xlsx;数据库(集)组成:包含1个表格“基于UPLC-Q-TOF-MS/MS的香花鸡血藤药材成分信息”,其中包括代谢物编号、保留时间、紫外最大吸收波长、离子源模式、代谢物分子离子峰、代谢物二级质谱信息、分子量偏差、分子式、分子量、鉴定物质名称、CAS号等信息。

香花鸡血藤(*Callerya dielsiana* Hemsl. Schot)为豆科(Fabaceae)鸡血藤属植物,其干燥藤茎在民间及传统医学中被广泛使用。作为鸡血藤类药材的重要基原植物之一,其性温,味苦、甘,归肝、肾经,具有补血活血、舒筋活络、祛风止痛等显著功效,常用于治疗月经不调、风湿痹痛、肢体麻木等症,临床疗效确切。现代药理学研究表明,鸡血藤类药材具有抗氧化、抗炎、免疫调节、改善微循环及神经保护等多种生物活性。然而,目前国内外关于香花鸡血藤的化学成分研究相对滞后,主要集中在理化鉴别及部分单体成分分离上^[1-4],对其整体化学轮廓缺乏系统性的认识,导致其药效物质基础尚不清晰。中药的疗效往往源于多成分的协同作用,因此,全面、系统地解析其化学成分,不仅是阐释其药效机制的前提,也是实现药材质量可控的关键。

近年来,超高效液相色谱-四极杆-飞行时间质谱联用技术(UPLC-Q-TOF-MS/MS)因其高分辨率、高灵敏度及强大的多级质谱解析能力,已成为复杂体系中药物成分定性分析的有力工具。该技术能够在无须完全分离单体化合物的情况下,通过精确质

量数测定和特征碎片离子分析,实现对中药复杂体系中多种成分的快速鉴定。鉴于此,本研究采用UPLC-Q-TOF-MS/MS技术,对香花鸡血藤药材进行全面的化学成分分析,形成数据集,旨在系统解析香花鸡血藤整体化学轮廓,明确其药效物质基础,支撑药材质量评价、特征标志物筛选,也为药效机制研究、资源开发及同类中药成分快速鉴定提供标准化共享数据。

1 数据采集和处理方法

1.1 样品采集

从云南、湖北、广西等主产区或分布区共采集了8批香花鸡血藤样品。所有样品经武汉大学标本馆杜巍博士鉴定为豆科植物香花鸡血藤(*Callerya dielsiana*)的藤茎。样品详细信息见表1。

1.2 样品制备

取8份样品粉末(过3号筛)各约1.0 g,精密称定,置50 mL具塞锥形瓶中,精密加入20 mL 70%甲醇20 mL,密塞,称重,超声处理1 h,放冷,补重并摇匀,用0.2 μm微孔滤膜滤过,即得供试品溶液。

1.3 UPLC-Q-TOF-MS/MS检测

Waters ACQUITY UPLC C₁₈色谱柱(100 mm × 2.1 mm, 1.7 μm);流动相为0.1%甲酸水溶液(A)-甲醇(B),梯度洗脱:0~3 min, 5% B→10% B;3~15 min, 10% B→25% B;15~18 min, 25% B→33% B;18~25 min, 33% B→45% B;25~32 min, 40% B→65%

收稿日期:2026-03-09 接受日期:2026-08-27

基金项目:国家重点研发计划“中医药现代化”重点专项(2025 YFC3513003);中国食品药品检定研究院“茎木类中药材数字标本规范的研究”

*通信作者 E-mail: Wang1339771197@163.com

表 1 香花鸡血藤样品信息

编号	采集地点	经纬度	海拔 (m)	采集时间
1	云南昭通市盐津县	N 28°10'59", E 104°23'46"	464	2020.06.29
2	云南昭通市普洱镇大风岩	N 28°28'53", E 104°03'98"	390	2022.06.30
3	湖北恩施市黄泥塘乡	N 29°58'97", E 108°99'80"	610	2020.11.15
4	湖北恩施市芭蕉乡	N 30°12'04", E 109°40'34"	560	2021.05.23
5	神农架三堆河潮水河	N 31°37'22", E 110°48'31"	1 200	2021.07.07
6	湖北恩施市佛宝山	N 30°19'30", E 108°74'10"	1 450	2021.11.16
7	湖北咸丰县展马河	N 29°76'89", E 109°26'33"	760	2021.11.17
8	广西南宁市隆安县屏山镇仙缘谷	N 22°56'21", E 107°34'15"	560	2021.12.23

B;32 ~ 35 min。65% B→68% B; 体积流 0.2 mL/min;柱温 30 ℃;进样量 2.0 μL;二极管阵列检测器。

超高压相色谱仪联高分辨飞行时间质谱检测器 Acquity UPLC-XEVO-G2Q-TOF (Waters), 电喷雾离子源(ESI)正、负离子模式;毛细管电压:2.6 ~ 3.0 kV;锥孔电压:40 V;离子源温度:100 ℃;脱溶剂气温度:350 ℃;锥孔气流速:50 L/h;脱溶剂气流速:600 L/h;数据采集模式:ESI(+ / -) 下采集 MS^E 和 MSMS;碰撞能量电压:20 ~ 60 V;扫描时间为 0.5 s;扫描间隔为 0.02 s;质量扫描范围:*m/z* 50 ~ 1 200;仪器使用前以亮氨酸脑啡肽、甲酸钠校正质量轴,进样过程中以亮氨酸脑啡肽为内标实时校正。

1.4 化合物鉴定

香花鸡血藤在负离子(A)和正离子(B)模式下的基峰离子流图见图 1。通过 Masslynx 软件采集质谱数据并进行峰提取处理,基于高分辨质谱的一级精确质量数、二级质谱数据,首先判断化合物可能的分子量,然后依据分子量测定值与精确分子量的理

论值偏差小于 10.0 × 10⁻⁶ 的原则,利用 Elemental Composition ParametersTM匹配对应的分子式,结合前期文献调研,选择对照品比对来鉴定待分析的化合物,并总结对照品的裂解规律;对于没有对照品的化合物,首先将其特征碎片与已有对照品进行比对,初步判断化合物类别,再通过在线数据库(Reaxys、SciFinder、PubChem、MassBank 等)搜索可能的分子式,得到具体结构与对应的参考文献,确定主要离子峰的归属。

2 数据样本描述

本数据集整合了 8 批香花鸡血藤样本的 UPLC-Q-TOF-MS/MS 检测数据,经合并去重后共初步鉴定出 41 个化学成分的相关信息,包括保留时间、紫外最大吸收波长、准分子离子峰、二级碎片离子、分子量、分子式及鉴定结果。主要化合物类别包括黄酮类(28 个)、木脂素类(3 个)、氨基酸类(2 个)及有机酸类(8 个)。其中黄酮类涵盖异黄酮、二氢黄酮、黄烷醇、查尔酮及异黄烷等多种结构类型。数据示例见表 2。

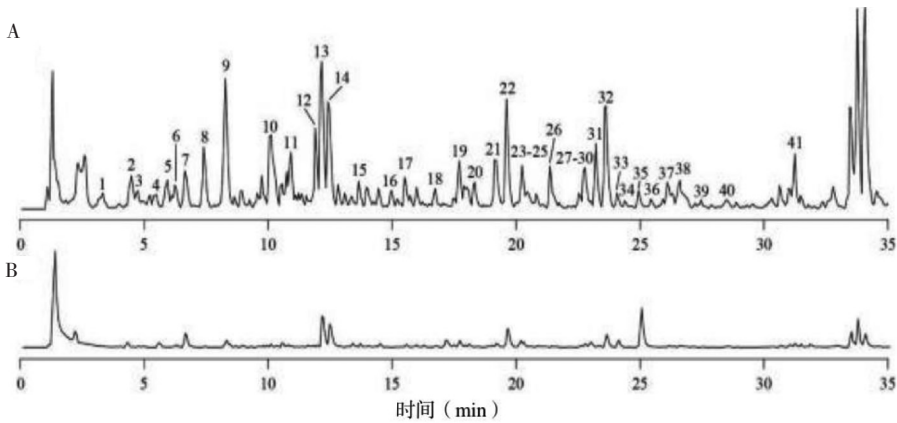


图 1 香花鸡血藤在负离子(A)和正离子(B)模式下的基峰离子流图

表 2 基于 UPLC-Q-TOF-MS/MS 的香花鸡血藤药材成分信息

峰号	t_R (min)	准分子离子峰 (m/z)	偏差 ($\times 10^{-6}$)	分子式	鉴定成分
1	4.26	164.071 6 [M-H] ⁻	-3	C ₉ H ₁₁ NO ₂	苯丙氨酸 * <i>L</i> -Phenylalanine
2	4.49	315.071 2 [M-H] ⁻	0.6	C ₁₃ H ₁₆ O ₉	Ginnalin B
3	4.76	331.103 1 [M-H] ⁻	-0.6	C ₁₄ H ₂₀ O ₉	Leonuriside A
4	5.55	369.115 1 [M + Na] ⁺	1.1	C ₁₅ H ₂₂ O ₉	2,4,6-三甲氧基苯酚 1- <i>O</i> - β - <i>D</i> -葡萄糖苷 2,4,6-Trimethoxyphenol 1- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucoside
5	5.93	447.114 2 [M-H] ⁻	-0.7	C ₁₈ H ₂₄ O ₁₃	5-(2- <i>O</i> -芹糖-葡萄糖苷)-2-羟基苯甲酸 2- <i>O</i> -Apiosylglucoside)-2-hydroxybenzoic acid
6	6.2	451.124 6 [M-H] ⁻	-1.1	C ₂₁ H ₂₄ O ₁₁	儿茶素 7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -吡喃葡萄糖苷 Catechin 7- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranoside
7	6.66	203.081 7 [M-H] ⁻	1.5	C ₁₁ H ₁₂ N ₂ O ₂	色氨酸 * <i>L</i> -Tryptophan
8	7.4	289.071 4 [M-H] ⁻	-0.7	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	儿茶素 * Catechin
9	8.27	577.135 0 [M-H] ⁻	-1.2	C ₃₀ H ₂₆ O ₁₂	原花青素 B2 * Procyanidin B2
10	10.13	289.071 3 [M-H] ⁻	-0.3	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	表儿茶素 * Epicatechin
11	10.93	387.165 7 [M-H] ⁻	-0.5	C ₁₈ H ₂₈ O ₉	Tuberonic acid glucoside
12	12.31	581.222 9 [M-H] ⁻	0.9	C ₂₈ H ₃₈ O ₁₃	(+)-南烛木树脂酚-9'- <i>O</i> -葡萄糖苷 * (+)-Lyoniresinol-9'- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranoside
13	12.67	419.170 8 [M-H] ⁻	-0.5	C ₂₂ H ₂₈ O ₈	(+)-南烛木树脂酚 * (+)-Lyoniresinol
14	13.72	521.201 2 [M-H] ⁻	2.1	C ₂₆ H ₃₄ O ₁₁	Isolariciresinol 3- <i>O</i> - β - <i>D</i> - glucopyranoside
15	14.11	301.071 1 [M-H] ⁻	0.3	C ₁₆ H ₁₄ O ₆	4'-甲氧基-5,7,3'-三羟基黄酮 4'-Methoxy-5,7,3'-trihydroxyflavanone
16	14.82	137.023 4 [M-H] ⁻	3.6	C ₇ H ₆ O ₃	水杨酸 * Salicylic acid
17	15.55	271.061 8 [M-H] ⁻	-1.5	C ₁₅ H ₁₂ O ₅	7,3',4'-三羟基黄酮 7,3',4'-Trihydroxyflavanone
18	17.71	255.066 2 [M-H] ⁻	1.6	C ₁₅ H ₁₂ O ₄	甘草素 Liquiritigenin
19	17.9	475.123 3 [M-H] ⁻	1.9	C ₂₁ H ₂₀ O ₉	芒柄花苷 * Ononin
20	18.26	285.075 9 [M-H] ⁻	2.9	C ₁₆ H ₁₄ O ₅	7-甲氧基-3',4'-二羟基黄酮 7-Methoxy-3',4'-dihydroxyflavanone
21	18.75	299.057 2 [M-H] ⁻	3.9	C ₁₆ H ₁₂ O ₆	Gliricidin
22	19.2	269.045 0 [M-H] ⁻	3.9	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	7,3',4'-三羟基异黄酮 Daidzein
23	19.93	283.060 9 [M-H] ⁻	-0.7	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	毛蕊异黄酮 * Calycosin
24	20.1	267.065 1 [M-H] ⁻	2.6	C ₁₆ H ₁₂ O ₄	4'-甲氧基-7-羟基异黄酮 Formononetin
25	20.35	271.060 4 [M-H] ⁻	3.7	C ₁₅ H ₁₂ O ₅	柚皮素 * Naringenin
26	20.81	271.060 8 [M-H] ⁻	2.2	C ₁₅ H ₁₂ O ₅	紫柳因 * Butein
27	21.03	299.093 6 [M-H] ⁻	-5.3	C ₁₇ H ₁₆ O ₅	7,4'-二甲氧基-5-羟基黄酮 7,4'-Dimethoxy-5-hydroxyflavanone
28	21.17	269.045 0 [M-H] ⁻	0	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	染料木素 * Genistein
29	21.3	269.081 4 [M-H] ⁻	0	C ₁₆ H ₁₄ O ₄	2',4'-二羟基-4-甲氧基查尔酮 2',4'-Dihydroxy-4-methoxychalcone
30	22.32	299.055 1 [M-H] ⁻	1.7	C ₁₆ H ₁₂ O ₆	Pratensein
31	23.09	255.065 1 [M-H] ⁻	2.7	C ₁₅ H ₁₂ O ₄	异甘草素 Isoliquiritigenin
32	23.22	285.076 1 [M-H] ⁻	1.4	C ₁₆ H ₁₄ O ₅	7-甲氧基-3',4'-二羟基黄酮 7-Methoxy-3',4'-dihydroxyflavanone
33	23.58	271.097 2 [M-H] ⁻	-0.4	C ₁₆ H ₁₆ O ₄	牛角花酮 * Lotusuin A
34	23.68	281.045 3 [M-H] ⁻	-1.1	C ₁₆ H ₁₀ O ₅	野靛黄素 * Pseudobaptigenin
35	24.01	267.065 3 [M-H] ⁻	1.9	C ₁₆ H ₁₂ O ₄	芒柄花素 * Formononetin
36	24.63	297.074 1 [M-H] ⁻	-1.7	C ₁₇ H ₁₄ O ₅	8-甲雷杜辛 8-Methylretusin
37	25.54	285.075 6 [M-H] ⁻	0.7	C ₁₆ H ₁₄ O ₅	樱花亭 Sakuranetin
38	26.52	283.060 7 [M-H] ⁻	0	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	鹰嘴豆芽素 A * Biochanin A
39	27.25	329.233 3 [M-H] ⁻	-1.5	C ₁₈ H ₃₄ O ₅	Pinellic acid
40	28.08	285.113 5 [M-H] ⁻	-2.8	C ₁₇ H ₁₈ O ₄	Isosativan
41	31.24	311.223 2 [M-H] ⁻	-2.9	C ₁₈ H ₃₂ O ₄	13-Hydroperoxylinoic acid

注: * 采用对照品比对进行鉴定。

3 数据质量控制与评估

为确保数据质量和可靠性,对样品采集、制备与检测环节进行了控制。所有样品均由专业人员鉴定、采集、留存标本。UPLC-Q-TOF-MS/MS 检测过程中,以亮氨酸脑啡肽为内标实时校正,并严格按照标准操作规程优化和维护仪器状态。通过分析已知对照品的质谱裂解行为总结规律,用于未知化合物的鉴定,并与文献相对应,提高了鉴定的准确性。部分鉴定结果通过与对照品直接比对验证。

本研究鉴定的黄酮类化合物主要涵盖异黄酮、二氢黄酮、黄烷醇、查尔酮及异黄烷等 5 种类型,以异黄酮类化合物的鉴定为例,其结构鉴定主要采取以下步骤:第一,根据紫外最大吸收波长确定化合物的类型;查阅相关资料可知,异黄酮类化合物的最大吸收波长为 245 ~ 280 nm,黄酮类与二氢黄酮类有 2 个最大吸收带,分别为 250 ~ 280 nm 和 310 ~ 350 nm,查尔酮存在完整跨环长共轭链 $\lambda_{\max}$ 显著红移至 290 nm,因此可以明显区分。第二,通过 RDA 断裂反应产生的特征碎片离子,推测 A 环和 B 环上的取代基;该类化合物的母体为 3 个苯环相连,从左至右分别记为 A 环、C 环和 B 环,A、B 环上常连有-OH、-CH₃和-OCH₃。黄酮类化合物的特征裂解规律为 C 环的 RDA 反应和中性碎片(H₂O、CO₂等)^[5,6]的丢失,常见的几种 RDA 反应断裂处如图 2 所示,其断裂位置在 C 环的 1,3 位键、0,3 位键和 1,4 位键,分别产生 1,3A⁻、0,3A⁻及 1,3B⁻等特征碎片离子(见图 2)。其次,通过紫外最大吸收波长信息可推测化合物的类型,用于区分同分异构体。第三,通过液相保留时间推测各取代基的连接位置。

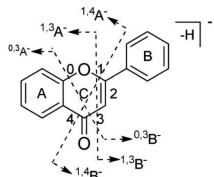


图 2 负离子模式下黄酮母核断裂部位示意图

4 数据价值

本研究公开了来自云南、湖北、广西等多地的香花鸡血藤化学成分数据。通过建立此数据集,能够系统掌握香花鸡血藤的化学物质基础,明确其以黄酮类(特别是异黄酮和二氢黄酮)和木脂素类为主要特征。该数据集系统呈现了香花鸡血藤的化学组成特征,可为该药材质量标准提升、资源评价、化学成分快速鉴定及后续药效物质基础研究提供基础数

据支持。

5 数据使用方法和建议

本数据集整合了来自云南、湖北、广西等地香花鸡血藤样品的化学成分定性鉴定信息,已公开发布于 ScienceDB (<https://doi.org/10.57760/sciencedb.nprd.00107>),采用 CC BY-NC-ND 4.0 许可。本数据集可作为香花鸡血藤及其同属近缘药材化学成分快速定性鉴定的参考库,研究者可利用其中的保留时间、紫外最大吸收波长、准分子离子峰及二级碎片离子等信息,对同类样品中的化合物进行快速匹配鉴定。若需开展主成分分析、正交偏最小二乘判别分析等多变量统计分析,需在此定性数据基础上补充各成分的峰面积或含量等定量信息;结合代谢通路(KEGG)富集分析等方法,可进一步挖掘同属近缘药材潜在质量标志物和药理作用关联。此外,研究者也可针对本数据集中的特定类别成分(如异黄酮、木脂素),建立相应的定量分析方法,开展药材质量评价研究。

数据作者分工职责:肖凌,提出数据研究思路;汪依兰,解析数据。

利益冲突声明:无利益冲突。

参考文献

- Wang LJ, Xiao CM, Zeng XY. Pharmacognostical identification of *Millettia nitida* [J]. West China J Pharm Sci (华西药科学杂志), 2015, 30: 452-453.
- Luo LX, Luo JB, Liu JZ, et al. Pharmacognosy identification of *Millettia dielsiana* [J]. J Chin Med Mater (中药材), 2020, 43: 1567-1571.
- Zhai M. Identification and quality evaluation of germplasm resources of *Spatholobus suberectus* [D]. Guangzhou: Guangzhou University of Chinese Medicine (广州中医药大学), 2010.
- Kato A, Koyama J, Shinzawa K, et al. Ginnalin B induces differentiation markers and modulates the proliferation/differentiation balance via the upregulation of NOTCH1 in human epidermal keratinocytes [J]. Bioorg Med Chem, 2019, 27: 2172-2180.
- Zainullin R, Kunakova R, Gareev V, et al. Flavanones and flavones from *Bashkir propolis* [J]. Chem Nat Compd, 2018, 54: 975-977.
- Liu G Q, Dong J, Wang H, et al. ESI fragmentation studies of four tea catechins [J]. Chem J Chin Univ (高等学校化学学报), 2009, 30: 1566-1570.

A dataset of chemical constituents in *Callerya dielsiana*

XIAO Ling¹, WANG Yi-lan^{2*}

¹Hubei Institute for Drug Control, Hubei Engineering Research Center for Drug Quality Control, Wuhan 430075, China; ²City University of Wuhan, Wuhan 430070, China

Abstract: *Callerya dielsiana* is a traditional Chinese medicinal herb, yet its pharmacodynamic material basis remains unclear. To comprehensively elucidate its chemical profile, this study employed ultra-performance liquid chromatography-quadrupole-time-of-flight mass spectrometry (UPLC-Q-TOF-MS/MS) to analyze *C. dielsiana* samples collected from Yunnan, Hubei, Guangxi, and other regions. A total of 41 compounds were preliminarily identified from eight batches of samples, primarily including 28 flavonoids, 3 lignans, 2 amino acids, and 8 organic acids. A chemical constituent dataset for *C. dielsiana* was established, which can provide data support for the quality evaluation, pharmacodynamic substance screening, and subsequent development and utilization of this medicinal material.

Key words: *Callerya dielsiana*; UPLC-Q-TOF-MS/MS; chemical constituent; dataset

Data summary: Title: A dataset of chemical constituents in *Callerya dielsiana*. Time range: 2022—2024. Geographical scope: Yunnan, Guangxi, Hubei, China. File size: 6.33 KB. Data format: *.xlsx. Dataset composition: The dataset includes one table "Chemical Constituent information of *Callerya dielsiana* based on UPLC-Q-TOF-MS/MS", including information such as metabolite number, retention time, UV maximum absorption wavelength, ionization mode, molecular ion peak of the metabolite, secondary MS/MS fragment ions, mass error, molecular formula, molecular weight, identified compound name, and CAS registry number.

(上接第 2033 页)

- 13 Tong XN, Chen RX, Gui L, et al. Effects and underlying mechanisms of *Moringa oleifera* leaf flavonoids on lipid metabolism in hepatocellular carcinoma HepG2 cells[J]. World Clin Drugs(世界临床药物), 2024, 45: 139-146.
- 14 Lin KX, Wu ZY, Qin ML, et al. Bisphenol S induces lipid metabolism disorders in HepG2 and SK-Hep-1 cells via oxidative stress[J]. Toxics, 2025, 13: 44.
- 15 Wu X, Chen P, Wu H, et al. Exploring the potential mechanism of Citri Grandis Exocarpium in treatment of alcoholic liver injury based on network pharmacology and molecular docking[J]. Drugs Clin(现代药物与临床), 2023, 38: 300-307.
- 16 Zou MH, Wu H, Hu SF, et al. Research progress on chemical constituents, pharmacological effects, and toxicology of Citri Grandis Exocarpium[J]. World Chin Med(世界中医药), 2024, 19: 3889-389.
- 17 Li L, Lin Z, Yuan J, et al. The neuroprotective mechanisms of naringenin: inhibition of apoptosis through the PI3K/AKT pathway after hypoxic-ischemic brain damage[J]. J Ethnopharmacol, 2024, 318: 116941.
- 18 Fu HY, Jiang LY, Qi YJ, et al. Research progress on pharmacological effects of apigenin[J]. Int J Pharm Res(国际药学研究杂志), 2020, 47: 787-792.
- 19 Liao X, Song L, Zhang L, et al. LAMP3 regulates hepatic lipid metabolism through activating PI3K/AKT pathway[J]. Mol Cell Endocrinol, 2017, 470: 160-167.
- 20 Calvisi DF, Wang C, Ho C, et al. Increased lipogenesis, induced by AKT-mTORC1-RPS6 signaling, promotes development of human hepatocellular carcinoma[J]. Gastroenterology, 2011, 140: 1071-1083.
- 21 Li J, Huang Q, Long X, et al. CD147 reprograms fatty acid metabolism in hepatocellular carcinoma cells through AKT/mTOR/SREBP1c and P38/PPAR α pathways[J]. J Hepatol, 2015, 63: 1378-1389.
- 22 Sun R, Li D, Sun M, et al. *Bacillus natto* ameliorates obesity by regulating PI3K/AKT pathways in rats[J]. Biochem Biophys Res Commun, 2022, 603: 160-166.
- 23 Zhang T, Huang J, Yi Y, et al. Akt serine/threonine kinase 1 regulates de novo fatty acid synthesis through the mammalian target of rapamycin/sterol regulatory element binding protein 1 axis in dairy goat mammary epithelial cells[J]. J Agric Food Chem, 2018, 66: 1197-1205.
- 24 Correnti J, Lin C, Brettschneider J, et al. Liver-specific ceramide reduction alleviates steatosis and insulin resistance in alcohol-fed mice[J]. J Lipid Res, 2020, 61: 983-994.
- 25 Lima RP, Nunes PIG, Viana A, et al. α , β -amylin prevents steatosis and insulin resistance in a high-fat diet-induced mouse model of NAFLD via the AMPK-mTORC1-SREBP1 signaling mechanism[J]. Braz J Med Biol Res, 2021, 54: e11391.
- 26 Ling NXY, Kaczmarek A, Hoque A, et al. mTORC1 directly inhibits AMPK to promote cell proliferation under nutrient stress[J]. Nat Metab, 2020, 2: 41-49.