



综述

DOI:10.14188/j.ajsh.20250326002

忍冬属药用植物资源、活性成分及功能基因研究进展

李玉凤, 庞晓慧, 罗红梅, 何柳*

(中国医学科学院北京协和医学院 药用植物研究所, 北京 100193)

摘要: 忍冬属(*Lonicera* Linn.)药用植物在中国具有悠久的药用历史,其中忍冬(*Lonicera japonica* Thunb.)为代表性物种,其抗菌、抗病毒和抗炎活性显著,临床上主要用于清热解毒与驱散风热。综述了中国常用8种忍冬属药用植物:忍冬、大花忍冬(*L. macrantha*, 包含灰毡毛忍冬(*L. macranthoides*)和黄褐毛忍冬(*L. fulvotomentosa*))、红腺忍冬(学名:菰腺忍冬, *L. hypoglauca*)、华南忍冬(*L. confuse*)、细毡毛忍冬(*L. similis*)、淡红忍冬(*L. acuminata*)、岩生忍冬(*L. rupicola*)和蓝果忍冬(*L. caerulea*)的研究进展,涵盖形态特征、地理分布、化学成分及其生物合成基因功能,以期为深入研究、合理利用和评价忍冬属药用植物资源提供科学依据。

关键词: 忍冬属;药用植物;天然化合物;生物活性成分;功能基因

中图分类号: R282

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2025)03-0213-09

Research progress in medicinal resources, active components and functional genes of *Lonicera* Linn.

Li Yufeng, Pang Xiaohui, Luo Hongmei, He liu*

(The Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences, Peking Union Medical College, Beijing 100193, China)

Abstract: The *Lonicera* Linn. genus includes several medicinal plants with a long history of therapeutic and dietary use in China. *Lonicera japonica* Thunb., as a typical species, exhibits antimicrobial, antiviral, and anti-inflammatory properties, and is primarily used for heat clearing, detoxification, and dispelling wind-heat in traditional medicine. This paper reviews 8 common medicinal *Lonicera* species in China, including *L. japonica*, *L. macrantha* (D. Don) Spreng. (now encompassing *L. macranthoides* Hand. -Mazz and *L. fulvotomentosa* Hsu et S. C. Cheng), *L. hypoglauca* Miq., *L. confuse* (Sweet) DC., *L. similis* Hemsl., *L. acuminata* Wall., *L. rupicola* Hook. f. & Thomson, and *L. caerulea* L. We discuss their morphological characteristics, geographical distribution, active ingredients, and biosynthetic gene function, aiming to provide a scientific basis for further research, rational utilization, and evaluation of medicinal resources from the *Lonicera* genus.

Key words: *Lonicera* Linn.; medicinal plant; natural compound; bioactive component; functional gene

0 引言

中国忍冬属(*Lonicera* Linn.)植物约90种,可以药用的约40多种,被药典和地方药材标准收录的有以下几种:忍冬(*Lonicera japonica* Thunb.)(中药材

收稿日期: 2025-03-26 修回日期: 2025-04-28 接受日期: 2025-06-09

作者简介: 李玉凤(2000-),女,硕士,研究方向为药用植物功能基因研究, E-mail: liyufeng@implad.ac.cn

* 通讯联系人: 何柳(1980-),女,副研究员,博士,研究方向为药用植物有效成分合成关键酶基因功能, E-mail: lhe@implad.ac.cn

基金项目: 中国医学科学院医学与健康科技创新工程(2021-I2M-1-071)

引用格式: 李玉凤, 庞晓慧, 罗红梅, 等. 忍冬属药用植物资源、活性成分及功能基因研究进展[J]. 生物资源, 2025, 47(3): 213-221.

Li Yufeng, Pang Xiaohui, Luo Hongmei, et al. Research progress in medicinal resources, active components and functional genes of *Lonicera* Linn. [J]. Biotic Resources, 2025, 47(3): 213-221.

金银花和忍冬藤的基原);灰毡毛忍冬(*L. macranthoides* Hand. -Mazz)、红腺忍冬(学名:菰腺忍冬, *L. hypoglauca* Miq.)、华南忍冬(*L. confusa* DC.)和黄褐毛忍冬(*L. fulvotomentosa* Hsu et S. C. Cheng)(以上4种为中药材山银花的基原)^[1]。目前《中国植物志》已将灰毡毛忍冬和黄褐毛忍冬都更名为大花忍冬[*L. macrantha* (D. Don) Spreng.] (<https://www.iplant.cn/>)。除以上提到的几种《中国药典》收录的忍冬属植物外,还有一些地方药典收录和民间药用的种类,如细毡毛忍冬(*L. similis* Hemsl.)和淡红忍冬(*L. acuminata* Wall.)是川银花的基原;岩生忍冬(*L. rupicola* Hook. f. & Thomson)一直是中国藏区的药用植物^[2];蓝果忍冬(*L. caerulea* L.)是中国东北地区的常见药食两用植物^[3]。它们都具有抗病毒、抗炎症和抗氧化等药理活性,主要用于清热解毒,驱散风热。近年以忍冬属药用植物为基原的银花类药材在治疗“非典”肺炎、甲流等流行性疾病方面发挥了重要作用^[4]。除了药用,这几种植物还应用于食品、化妆品和兽药等领域。

由于银花类药材的外观和生物活性相似,市场上一直存在混用、替用情况,所以早期大量的研究集中在讨论这些银花类药材的异同,并且一直为中药材金银花的基原争论不断。随着研究深入,忍冬属药用植物化学成分和遗传机制的异同被逐步揭示。但是当前市场对银花类药材质量控制标准无法全面评价药材的优劣。如果可以针对不同物种,建立更详细的相应特征化合物质量分级标准,将有利于充分利用忍冬属药用植物资源。

本文对目前常用忍冬属药用植物的形态特征、地理分布、化学成分以及参与其生物合成的功能基因差异进行综述,旨在为深入研究、合理开发和可持续利用忍冬属药用植物资源提供科学依据。

1 忍冬属植物形态特征、药用历史及分布

1.1 忍冬属植物形态特征

忍冬属药用植物大部分都是直立矮灌木,幼枝和叶片上都有柔毛,纸质或革质的卵圆形叶片对生,花为唇形,上唇开裂,下唇带状反曲,花丝和花柱均高出花冠,初开为白色,随后变成黄色,果实一般是蓝黑色圆形浆果。其中岩生忍冬和淡红忍冬外形与其他几种差异较大。淡红忍冬叶片对生,是顶端尖基部圆的三角状卵形或者是长圆状披针形,对生双花有白色也有淡紫红色。岩生忍冬叶片是轮生的条状披针形,无毛或少毛,它的花冠是筒状钟形,淡紫

或紫红色,果实为圆形红色。蓝果忍冬果实是最大的,呈长椭圆形蓝黑色,是少数可以直接食用果实的忍冬属植物^[5]。

1.2 忍冬属植物的药用历史

忍冬属植物最早是以干燥叶及茎枝入药,称为“忍冬藤”,宋代以后该植物花蕾也开始入药,功效相同,在明代典籍中称之为“金银花”^[6]。《本草纲目》对该植物形态有较为详细的描述,目前大部分人认为现代忍冬的形态特征与历代典籍描述基本相符^[7]。然而,在中国大多数地区都存在与忍冬植物形态相似的同属物种,而且在当地都有长期的药用和食用历史。因此,除忍冬以外,《中国药典》又先后收录了红腺忍冬、华南忍冬、灰毡毛忍冬和黄褐毛忍冬。此外,细毡毛忍冬和淡红忍冬作为“川银花”的基原收录于2010版《四川省中药材标准》^[8];岩生忍冬在藏族地区用作藏药材^[9]。蓝果忍冬收录于《长白山植物药志》,与以上大多以干燥花蕾入药的物种不同,蓝果忍冬的果实可食用且具有药用和保健价值,目前主要用作鲜食或加工成果酒或饮料^[10](表1)。

然而,由于“金银花”一名深入人心,它已成为多种忍冬属植物的共同代名词,又加之它们生物活性显著且具有药食两用的特性,市场普遍存在混用现象^[11]。虽然,这些忍冬属药用植物所含化学成分和生物活性大部分相似,但是它们之间的差异不容忽视。如果长期混用替用,将不利于忍冬属药用植物的开发利用和产业升级。

1.3 中国忍冬属植物的分布

忍冬属植物主要分布于北半球温带和亚热带地区,总共约200种,中国大约有90种。因为忍冬属植物能适应多种气候和土壤条件,而且花香宜人观赏价值高,它在国外常常被用作园艺植物^[12],而在中国自明代起就有人工栽培用以制药的记录。当前,随着银花类药材在药品、食品和日化领域的广泛应用,中国市场每年对银花类药材需求量在2万吨以上,全国大部分地区都有人工种植基地。根据中国植物物种信息系统(www.iplant.cn),忍冬的主要种植基地在山东、河南和河北^[13],中国西南和中南地区以湖南和重庆为代表的南方产区是大花忍冬的主要种植区^[14];细毡毛忍冬是川银花的主要基原,主要产自四川、贵州、云南等地;蓝果忍冬以其优良的耐寒性主要分布黑龙江、吉林、内蒙古和新疆北部;岩生忍冬则集中分布在西藏、青海和四川的藏区(表2)。

表1 忍冬属植物药用分类

Table 1 Classification of medicinal plants in *Lonicera* Linn.

忍冬属植物	药材名称	典籍	功能主治
忍冬(<i>Lonicera japonica</i>)	金银花	《中国药典》	清热解毒,疏散风热
大花忍冬(灰毡毛忍冬/黄褐毛忍冬)(<i>Lonicera macrantha</i>) (<i>Lonicera macranthoides</i> / <i>Lonicera fulvotomentosa</i>)	山银花	《中国药典》	清热解毒、凉血止痢
红腺忍冬(<i>Lonicera hypoglauca</i>) 华南忍冬(<i>Lonicera confusa</i>)			
细毡毛忍冬(<i>Lonicera similis</i>) 淡红忍冬(<i>Lonicera acuminata</i>)	川银花	《四川省中药材标准》	清热邪、利咽消肿
岩生忍冬(<i>Lonicera rupicola</i>)	红花岩石忍冬	《中华本草藏药卷》	去痰止咳、明目
蓝果忍冬(<i>Lonicera caerulea</i>)	蓝靛果	《长白山植物药志》	散痈消肿、清热泻火

表2 忍冬属药用植物在中国的主要分布

Table 2 Main distribution of medicinal plants in *Lonicera* Linn. in China

物种	资源分布
忍冬	河南、山东、河北、安徽、浙江、江苏、湖北、湖南、江西、广东等
大花忍冬(灰毡毛忍冬/黄褐毛忍冬)	福建、云南、广西、浙江、四川、贵州、湖南等
红腺忍冬	浙江、江西、福建、重庆、湖南、云南等
华南忍冬	广东、江西、广西等
细毡毛忍冬	陕西、四川、云南、贵州、福建、湖北等
淡红忍冬	安徽、浙江、云南、江西、湖北、四川、台湾等
岩生忍冬	四川、西藏、青海等
蓝果忍冬	黑龙江、吉林、内蒙古、新疆、四川等

2 天然化学成分差异及其可能的生物活性

忍冬属药用植物化学成分主要为有机酸类、黄酮类、皂苷类、生物碱类、环烯醚萜类等,不同物种组成上无显著性差异,但是不同种类化合物含量占比有明显不同^[15-16]。虽然采收时期、贮藏方式以及药材炮制方法都会对药材中化合物含量及种类产生影响,但大量的研究证实,以下几类化合物含量与物种的遗传背景息息相关。

2.1 酚酸类

有机酸类是忍冬属药用植物中普遍大量存在的一类化合物,主要包括咖啡酰奎宁酸、咖啡酸、阿魏酸等。咖啡酰奎宁酸是其中含量最丰富的一类,几乎所有忍冬属药用植物都有以下几种咖啡酰奎宁酸:绿原酸、新绿原酸、隐绿原酸、异绿原酸A、异绿原酸B、异绿原酸C等,但不同物种中含量占比不同。大多数研究都证实灰毡毛忍冬干燥花蕾中绿原酸最高可达到10%,细毡毛忍冬中绿原酸最高可达9%,而忍冬最高在4.5%^[17-18]。蓝果忍冬鲜果中新绿原酸含量比较高,它的总酚酸含量在5%左右,其中一半是新绿原酸^[19]。

2.2 黄酮类

黄酮类化合物也是忍冬属植物生物活性成分之一。忍冬和灰毡毛忍冬总黄酮类化合物含量相差不大,但是野生型灰毡毛忍冬干燥花中木犀草苷含量基本在0.03%左右(部分新品种木犀草苷含量也能达到0.05%以上),而忍冬干燥花木犀草苷含量都在0.05%以上。有研究发现5-羟基-7,3',4'-三甲氧基黄酮是细毡毛忍冬的特征性化合物,其含量在0.36%~1.08%,该化合物在忍冬中一般在0.1%左右,而在大花忍冬和华南忍冬中尚未检出^[20]。蓝果忍冬果实总黄酮类含量最高接近2%,总花色苷接近1%,其中90%是矢车菊-3-葡萄糖苷,比一般浆果含量都高^[21]。

2.3 皂苷类

忍冬属药用植物中皂苷类化合物主要是常春藤皂苷元型和齐墩果烷型三萜皂苷。灰毡毛忍冬中常春藤皂苷元型含量远远高于忍冬^[22]。其中灰毡毛忍冬皂苷乙是它的特征成分,在干燥花蕾中含量(4.25%~13.25%)显著高于红腺忍冬(0.31%~8.85%)和华南忍冬(0.26%~7.15%),川续断皂苷乙在黄褐毛忍冬中最高可达14.62%,其次是红腺忍冬8.35%,灰毡毛忍冬可达2.15%,华南忍冬

可达 1.96%，而在忍冬中这两种皂苷均未检出^[23-25]。

3 忍冬属药用植物天然化学成分生物合成功能基因研究

3.1 绿原酸的生物合成

忍冬属植物研究得最多的是苯丙烷途径中参与绿原酸合成的多个关键酶基因功能(图1)。苯丙氨酸经过多步级联反应,最后在奎宁酸羟基肉桂酰基转移酶(hydroxycinnamoyl-CoA: quinate hydroxycinnamoyl transferase, HQT)作用下生成绿原酸(3-O-咖啡酰奎宁酸)。已有研究成功从忍冬中克隆到了HQT基因^[26],并且将这个基因在忍冬愈伤组织中过量表达,结果表明可使绿原酸含量增加^[27]。此外,通过忍冬不同部位转录组学研究发现了忍冬的第二个HQT基因 *LjHQT2*^[28]。在灰毡毛忍冬中同样也存在2个HQT同源基因^[29]。除此以外,忍冬中莽草酸/奎宁酸羟基肉桂酰基转移酶(hydroxycinnamoyl transferase, HCT)^[30]和对香豆酰酯3'羟化酶(*p*-coumaroyl ester 3'-hydroxylases, C3'H)^[31]也都被克隆。目前,已发现盐胁迫可诱导忍冬HQT和苯丙氨酸解氨酶(phenylalanin ammonia-lyase, PAL)基因表达,使叶片中绿原酸含量和抗氧化活性增加^[32]。有研究通过忍冬低温转录组学研究发现PAL和4-香豆酸辅酶A连接酶(4-coumarate coenzyme A ligase, 4CL)基因受低温诱导表达,并且叶片中的绿原酸含量也受低温诱导增加^[33]。忍冬属药用植物中

除了绿原酸,还有很多其他绿原酸类物质,如隐绿原酸、新绿原酸、异绿原酸A、B、C等。目前尚不清楚这些化合物之间是否存在相互转换的分子机制。已有研究证实了番茄HQT除了可以生成绿原酸,还能将2分子的绿原酸变成异绿原酸^[34]。红薯GDSL型酯酶(GDSL-type esterase/lipase)可以在烟草和酵母里将绿原酸转化成异绿原酸^[35],这为后续研究忍冬中其他绿原酸类物质的生物合成提供了思路。

3.2 黄酮类生物合成途径

黄酮类化合物也是由苯丙氨酸起始,中间产物对香豆酰辅酶A在查尔酮合酶(chalcone synthase, CHS)作用下向黄酮类生物合成方向发展,最后在黄酮合酶(flavone synthase, FNS)的作用下生成黄酮类化合物的骨架结构(图2)。在忍冬和灰毡毛忍冬中都能克隆到FNS II基因,但是与忍冬相比,灰毡毛忍冬FNS II基因在花中的表达量低,且酶催化活性低,这可能是导致灰毡毛忍冬花蕾中木犀草苷含量低于忍冬的原因^[36]。此外,有研究发现低温也能诱导忍冬CHS、F3'H等基因表达,并且木犀草苷含量会随低温胁迫时间延长而逐渐增加^[33]。

3.3 皂苷合成途径

三萜皂苷是忍冬属药用植物普遍存在的活性成分,齐墩果酸合酶(OAS)是三萜皂苷合成途径中的关键酶,代谢组研究发现,灰毡毛忍冬中常春藤元型皂苷含量几乎是忍冬中的2 000倍。通过比较基因组发现,灰毡毛忍冬中参与常春藤皂苷

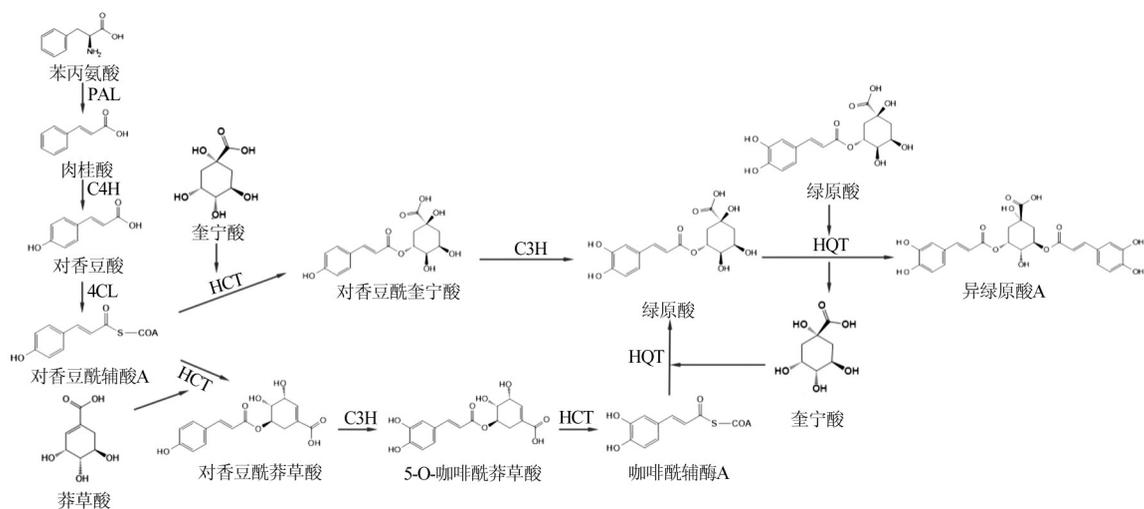


图1 植物中绿原酸合成途径

Figure 1 Biosynthetic pathway of chlorogenic acid in plant

苯丙氨酸解氨酶(phenylalanin ammonia-lyase, PAL);肉桂酸-4-羟化酶(cinnamate-4-hydroxylase, C4H);奎宁酸羟基肉桂酰基转移酶(quinate hydroxycinnamoyl transferase, HQT);莽草酸/奎宁酸羟基肉桂酰基转移酶(hydroxycinnamoyl transferase, HCT);对香豆酰酯3'羟化酶(*p*-coumaroyl ester 3'-hydroxylases, C3'H);4-香豆酸辅酶A连接酶(4-coumarate coenzyme A ligase, 4CL)

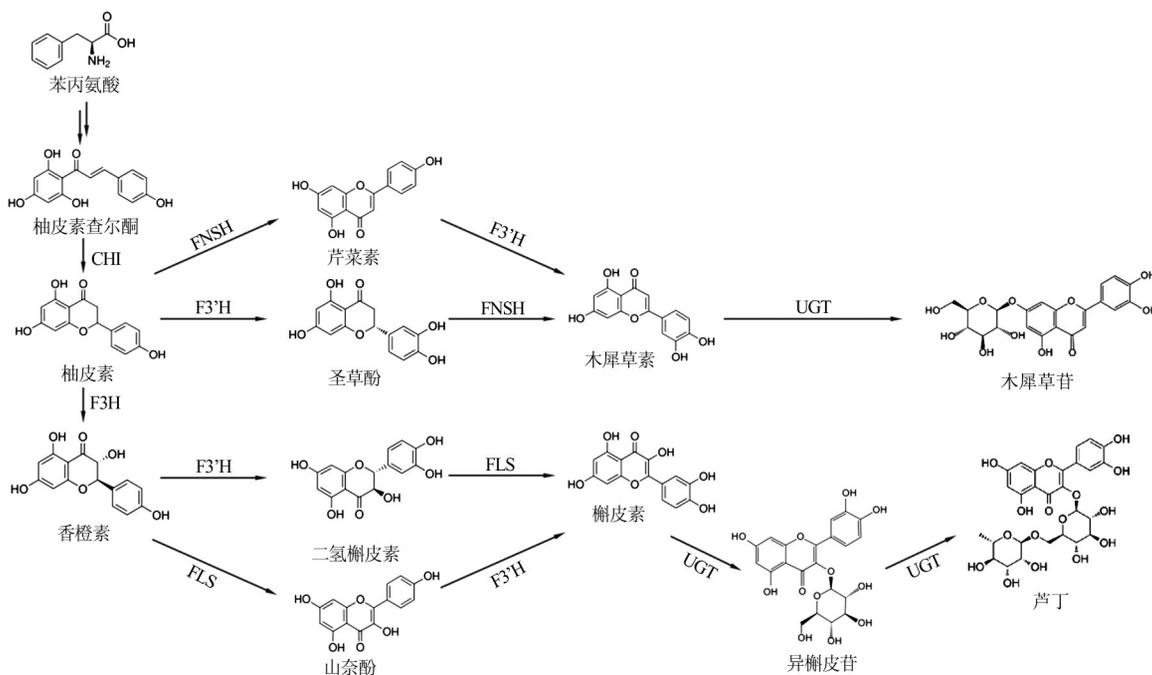


图2 植物中黄酮类化合物合成途径

Figure 2 Biosynthetic pathway of flavonoids in plant

查尔酮合成酶(chalcone synthase, CHS);查尔酮异构酶(chalcone isomerase, CHI);类黄酮3'-羟化酶(flavonoid 3'-hydroxylase, F3'H);黄酮醇3-羟化酶(flavanone 3-hydroxylase, F3'H);黄酮醇合成酶(flavonol synthase, FLS);黄酮合酶(flavone synthase, FNS);尿苷二磷酸糖基转移酶(UDP-glucosyltransferase, UGT)

元合成的关键酶基因普遍高于忍冬中同源基因的表达,尤其是OAS基因和一个UDP-糖基转移酶基因(UGT73)^[22]。这无疑从分子层面揭示了忍冬和灰毡毛忍冬在皂苷合成中存在的差异(图3)。在最新的蓝果忍冬基因组学研究中,还发现了3个甲氧基转移酶基因和2个糖基转移酶基因参与果实中花青素的合成,其中1个糖基转移酶可能直接参与了矢车菊素-3-O-葡萄糖苷的合成^[37]。这些功能基因的揭示为进一步生物合成天然活性化合物奠定了基础,也为未来分子辅助育种提供了理论依据。

4 忍冬属药用植物的应用

以金银花为代表的银花类药材在药品、食品和日用品领域都有广泛的应用。据统计,2022年中国对中药材金银花的年需求量约为13 000吨,其中50%用于草本茶和其他饮料,42%用于中药等药剂处方,其余8%用于化妆品、兽药等其他领域^[38](图4)。

4.1 药品

以忍冬属药用植物为基原的银花类药材,在化合物成分以及药理活性方面都比较相似,因此它们的用法也比较相近。金银花、山银花和川银花都主要用于治疗温病发热、热毒血痢等。岩生忍冬在当

地一般是将花蕾捣碎外敷以治疗外伤感染,这与中药材忍冬藤治疗痈肿疮疡、关节疼痛的用法类似。

据统计市面上大约80%的清热解毒中药配方都包含金银花^[39]。在预防和治疗流行性病毒性疾,如SARS、甲流等疾病中发挥重要作用的金花清感颗粒、连花清瘟胶囊和清开灵颗粒等的主要原料也是金银花^[40-41]。含有山银花的中成药功效与金银花类似,例如,维C银翘片、复方大青叶合剂、银菊解毒口服液,临床用于治疗外感风热引起的发热、恶寒、头痛、咳嗽、咽喉肿痛等症状。川银花的用法与金银花和山银花类似,是中国西南地区习用的银花类药材。

除了传统饮片和中成药的用法外,金银花还应用在中药注射剂领域,如常见的热毒宁注射液、双黄连注射液、清开灵注射液均含有金银花提取物。目前其他银花类药材在注射剂方面的应用较少^[42]。

4.2 食品

由于银花类药材外形和香气被人们广为熟知和喜爱,金银花和山银花还常被用做代茶饮,其气味清淡,茶汤色泽浅亮,是广受好评的保健茶饮之一。在唐朝,忍冬花还被制成糕点、汤粥或草本茶^[43]。目前市售含金银花的饮料多为金银花露或凉茶等。蓝果忍冬是该属植物中为数不多可以直接食用果实的物种,其果实富含维生素、花青素和黄酮等化学成分,

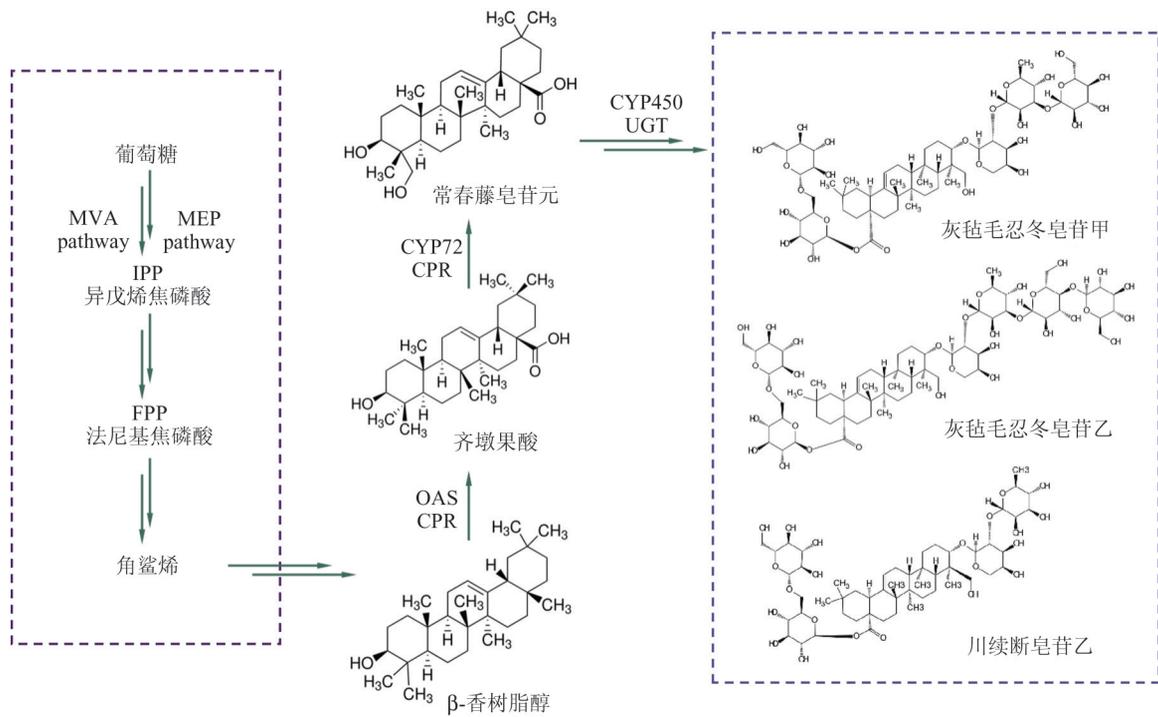


图3 植物中皂苷的生物合成途径

Figure 3 Biosynthetic pathways of saponin in plant

细胞色素 P450 氧化还原酶 (cytochrome P450 reductase, CPR); 齐墩果酸合酶 (oleanolic acid synthase, OAS); 尿苷二磷酸糖基转移酶 (UDP-glucosyltransferase, UGT)

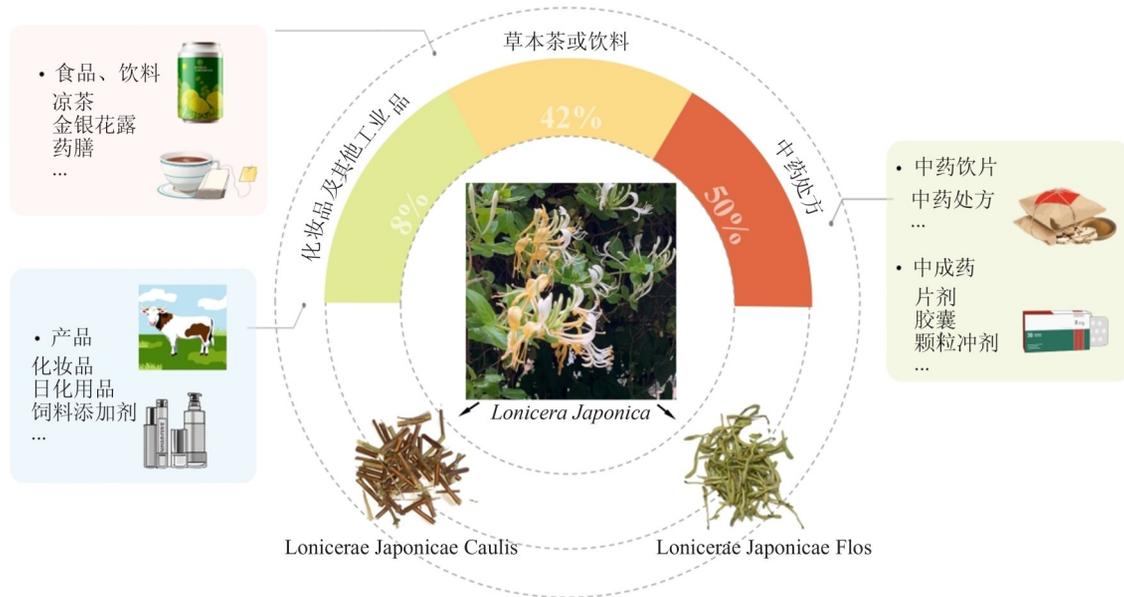


图4 金银花及其主要应用领域

Figure 4 *L. japonica* and its primary applications in industries

具有抗氧化、抗炎症、降血脂等功效^[44]。因此蓝果忍冬的果实被加工成果酱、果汁、果脯等保健食品,目前在俄罗斯、日本等地颇为畅销。

4.3 日化品和兽药等

由于忍冬属药用植物中大部分生物活性成分都被证明具有抗氧化和清除自由基活性。欧盟委员会

化妆品成分数据库 CosIng (ec.europa.eu/growth/tools-databases/cosing/) 已认证忍冬提取物具有美白、祛痘、抗衰老的美容功效。另外,牙膏、洁面乳、沐浴露、驱蚊剂等标注抗菌、消炎功效的日化品常常也会添加金银花提取物^[45]。

随着国家对兽药残留和生态安全的重视,金银

花和山银花还被用于制作兽药和水产养殖过程中,包括兽药制剂(如蒿板青颗粒)、饲料添加剂及调水配方等,主要用于动物的杀菌消炎和增强免疫力。

5 结语与展望

本文所述这几种常用的忍冬属药用植物因其形态特征和生物活性的相似性,常常被人们混为一谈,早期的研究主要集中在比较忍冬与其他几种忍冬属药用植物形态、化学成分以及生物活性的异同。当前随着新技术的发展与应用,忍冬属药用植物基因组学研究也获得长足进步。随着研究的深入,忍冬属药用植物在天然化合物种类、含量以及遗传物质方面的差异被逐渐揭示并被大家所接受。灰毡毛忍冬和细毡毛忍冬中绿原酸含量普遍较高,忍冬中木犀草苷含量最高,灰毡毛忍冬皂苷乙和川续断皂苷乙是灰毡毛忍冬的特征成分,在忍冬中很少被检出。这几类化合物基本都具有抗炎、抗菌和抗氧化的生物活性。因此,如果针对不同物种有更细致的质量控制标准,根据不同特征化合物特点用于制作药品、食品、保健品、化妆品开发,才能更加合理有效地利用忍冬属药用植物资源。这对于忍冬属药用植物产业升级开发更多大健康产品至关重要。随着全球对天然药物和保健食品的关注升高,加强对忍冬属植物的研究和标准化产品研发将会使该属药用植物在全世界范围内获得更广泛的认可,将为中国大健康产业带来更大的经济效益。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2020年版) [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
Chinese Pharmacopoeia Commission. Chinese Pharmacopoeia (2020 edition) [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020.
- [2] 程贵兰, 詹立平. 药用植物学 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2021.
Cheng G L, Zhan L P. Pharmaceutical botany [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2021.
- [3] Sip S, Sip A, Szulc P, et al. Haskap berry leaves (*Lonicera caerulea* L.)-the favorable potential of medicinal use [J]. *Nutrients*, 2022, 14(19): 3898.
- [4] Chrząszcz M, Krzemińska B, Celiński R, et al. Phenolic composition and antioxidant activity of plants belonging to the *Cephalaria* (Caprifoliaceae) genus [J]. *Plants*, 2021, 10(5): 952.
- [5] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1988.
Editorial Committee of Flora of China, Chinese Academy of Sciences. *Flora of China* [M]. Beijing: Science Press, 1988.
- [6] 何海燕, 孟盼盼, 于白音, 等. 忍冬入药部位考证及现代研究概况 [J]. 韶关学院学报, 2023, 44(3): 68-72.
He H Y, Meng P P, Yu B Y, et al. Textual research & general situation of modern research on medicinal parts of *Lonicera japonica* Thunb [J]. *Journal of Shaoguan University*, 2023, 44(3): 68-72.
- [7] 蔡芷辰, 刘训红, 曹宜, 等. 经典名方中金银花的本草考证 [J]. 南京中医药大学学报, 2023, 39(12): 1242-1248.
Cai Z C, Liu X H, Cao Y, et al. Herbal textual research of *Lonicerae Japonicae* Flos in famous classical prescriptions [J]. *Journal of Nanjing University of Traditional Chinese Medicine*, 2023, 39(12): 1242-1248.
- [8] 四川省药品监督管理局. 四川省中药材标准: 2010年版 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2011.
Sichuan Drug Administration. *Sichuan provincial standard for Chinese herbal medicine: 2010 edition* [M]. Chengdu: Sichuan Scientific & Technical Publishers, 2011.
- [9] 噶玛曲培. 中华本草藏药卷 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2002.
Goma Q P. *Chinese Materia Medica of Tibetan Medicinal Volume* [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2002.
- [10] 谢宗万, 胡世林. 长白山植物药志 [M]. 长春: 吉林人民出版社, 1982.
Xie W Z, Hu S L. *Herbology of Changbai Mountain plants* [M]. Changchun: Jilin People's Press, 1982.
- [11] 徐国钧, 徐珞珊, 牛燕珍, 等. 中药金银花的鉴定研究 [J]. 南京药学院学报, 1979(1): 82-87, 150.
Xu G J, Xu L S, Niu Y Z, et al. Studies on the identification of the Chinese drug Jin-Yin-Hua [J]. *Journal of China Pharmaceutical University*, 1979 (1): 82-87, 150.
- [12] 刘安成, 尉倩, 王庆, 等. 忍冬属观赏植物资源及园林应用 [C]. 中国植物学会植物园分会. 中国植物园第十八期. 陕西省西安植物园, 2015, 116-120.
Liu A C, Wei Q, Wang Q, et al. Ornamental plant resources in *Lonicera* and landscape application [C]. Botanical society of China, Chinese Plant Garden No. 18, 2015, 116-120.
- [13] 刘天亮, 杨林林, 董诚明, 等. 基于化学模式识别的不同产地金银花 HPLC 指纹图谱研究 [J]. 中草药, 2022, 53(15): 4833-4843.
Liu T L, Yang L L, Dong C M, et al. Study on HPLC fingerprint of *Lonicera Japonica* Flos from different areas based on chemical pattern recognition [J]. *Chinese Tra-*

- ditional and Herbal Drugs, 2022, 53(15): 4833-4843.
- [14] 张晓红, 靳士英, 刘莹. 岭南道地药材山银花亟待正名与发展 [J]. 中国药业, 2019, 28(11): 4-8.
Zhang X H, Jin S Y, Liu Y. Rectification of name and development of the Lingnan genuine medical material of *Lonicera confusa* [J]. China Pharmaceuticals, 2019, 28(11): 4-8.
- [15] Cai Z C, Liao H Y, Wang C C, et al. A comprehensive study of the aerial parts of *Lonicera japonica* Thunb. based on metabolite profiling coupled with PLS-DA [J]. Phytochemical Analysis, 2020, 31(6): 786-800.
- [16] Wang L N, Jiang Q, Hu J H, et al. Research progress on chemical constituents of *Lonicerae Japonicae Flos* [J]. BioMed Research International, 2016: 8968940.
- [17] 张小娜. 灰毡毛忍冬与忍冬化学成分及药理作用的比较研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2014.
Zhang X N. Comparative studies on the chemical components and pharmacological effects of *Lonicera macranthoides* Hand-Mazz. and *Lonicera japonica* Thunb. [D]. Chongqing: Southwest University, 2014.
- [18] 罗姣姣. 川银花及其近缘种亲缘关系与药理作用研究 [D]. 成都: 成都医学院, 2024.
Luo J J. Research on the relationship and pharmacological action of *Lonicera similis* Hemsl. and its related species [D]. Chengdu: Chengdu Medical College, 2024.
- [19] 张妍, 孙娟, 包菲菲, 等. 大兴安岭地区蓝果忍冬果实多酚鉴定及生物活性分析 [J]. 食品科学, 2023, 44(12): 225-234.
Zhang Y, Sun J, Bao F F, et al. Identification and bioactivity analysis of polyphenols in blue honeysuckle fruit from different regions of the Greater Khingan Mountains [J]. Food Science, 2023, 44(12): 225-234.
- [20] 郑光雅. 川银花主流品种(细毡毛忍冬)特征性成分分离及含量测定研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2012.
Zhen G Y. Studies on the characteristic components' separation and content determination of *Lonicera similes* which are *Lonicera*'s mainstream varieties in Sichuan [D]. Chengdu: Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, 2012.
- [21] 王艺菲, 辛秀兰, 陈亮, 等. pH示差法测定不同种类蓝果忍冬总花色苷含量 [J]. 食品研究与开发, 2014, 35(7): 75-78.
Wang Y F, Xin X L, Chen L, et al. Total anthocyanins content in different species of *Lonicera caerulea* Linn. by pH-differential spectrophotometry [J]. Food Research and Development, 2014, 35(7): 75-78.
- [22] Yin X J, Xiang Y P, Huang F Q, et al. Comparative genomics of the medicinal plants *Lonicera macranthoides* and *L. japonica* provides insight into genus genome evolution and hederagenin-based saponin biosynthesis [J]. Plant Biotechnology Journal, 2023, 21(11): 2209-2223.
- [23] 王闽予, 李国卫, 索彩仙, 等. 不同基原忍冬属药材指纹图谱的建立 [J]. 中草药, 2021, 52(14): 4353-4361.
Wang M Y, Li G W, Suo C X, et al. Establishment of fingerprints of *Lonicera* from different origins [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2021, 52(14): 4353-4361.
- [24] Cai Z C, Wang C C, Chen C H, et al. Quality evaluation of *Lonicerae Japonicae Flos* and *Lonicerae Flos* based on simultaneous determination of multiple bioactive constituents combined with multivariate statistical analysis [J]. Phytochemical Analysis, 2021, 32(2): 129-140.
- [25] 王莹, 郝江波, 陈佳佳, 等. 基于主要化学成分差异的金银花与山银花种质资源系统评价研究 [J]. 中南药学, 2020, 18(5): 825-831.
Wang Y, Hao J B, Chen J J, et al. Systematic evaluation of germplasm resources of *Lonicerae Japonicae Flos* and *Lonicerae Flos* based on difference in main chemical compositions [J]. Central South Pharmacy, 2020, 18(5): 825-831.
- [26] Peng X X, Li W D, Wang W Q, et al. Cloning and characterization of a cDNA coding a hydroxycinnamoyl-CoA quinate hydroxycinnamoyl transferase involved in chlorogenic acid biosynthesis in *Lonicera japonica* [J]. Planta Medica, 2010, 76(16): 1921-1926.
- [27] Zhang J R, Wu M L, Li W D, et al. Regulation of chlorogenic acid biosynthesis by hydroxycinnamoyl CoA quinate hydroxycinnamoyl transferase in *Lonicera japonica* [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2017, 121: 74-79.
- [28] He L, Xu X L, Li Y, et al. Transcriptome analysis of buds and leaves using 454 pyrosequencing to discover genes associated with the biosynthesis of active ingredients in *Lonicera japonica* Thunb [J]. PLoS One, 2013, 8(4): e62922.
- [29] 刘湘丹, 陈勋, 龙雨青, 等. 灰毡毛忍冬与忍冬 *HQT2* 基因的克隆及表达分析 [J]. 湖南中医药大学学报, 2023, 43(7): 1215-1224.
Liu X D, Chen X, Long Y Q, et al. Cloning and expressions of *HQT2* genes in *Lonicera macranthoides* Hand.-Mazz. and *Lonicera japonica* Thunb. [J]. Journal of Hunan University of Chinese Medicine, 2023, 43

- (7): 1215-1224.
- [30] 何柳, 徐晓兰, 王振中, 等. 金银花莽草酸/奎宁酸香豆酰转移酶(*LjHCT*)基因克隆与序列分析 [J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2014, 16(2): 263-268.
He L, Xu X L, Wang Z Z, et al. Molecular cloning and characterization of HCT (Hydroxycinnamoyl-CoA: Shikiate/Quinate Hydroxycinnamoyltransferase) gene in *Lonicera japonica* Thunb. [J]. Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica-World Science and Technology, 2014, 16(2): 263-268.
- [31] Pu G B, Wang P, Zhou B Q, et al. Cloning and characterization of *Lonicera japonica* p-coumaroyl ester 3-hydroxylase which is involved in the biosynthesis of chlorogenic acid [J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 2013, 77(7): 1403-1409.
- [32] Yan K, Cui M X, Zhao S J, et al. Salinity stress is beneficial to the accumulation of chlorogenic acids in honeysuckle (*Lonicera japonica* Thunb.) [J]. Frontiers in Plant Science, 2016, 7: 1563.
- [33] Zhang M, Li M X, Fu H W, et al. Transcriptomic analysis unravels the molecular response of *Lonicera japonica* leaves to chilling stress [J]. Frontiers in Plant Science, 2022, 13: 1092857.
- [34] Moglia A, Lanteri S, Comino C, et al. Dual catalytic activity of hydroxycinnamoyl-coenzyme A quinate transferase from tomato allows it to moonlight in the synthesis of both mono- and dicaffeoylquinic acids [J]. Plant Physiology, 2014, 166(4): 1777-1787.
- [35] Miguel S, Legrand G, Duriot L, et al. Author Correction: a GDSL lipase-like from *Ipomoea batatas* catalyzes efficient production of 3, 5-diCQA when expressed in *Pichia pastoris* [J]. Communications Biology, 2020, 3: 746.
- [36] Wu J, Wang X C, Liu Y, et al. Flavone synthases from *Lonicera japonica* and *L. macranthoides* reveal differential flavone accumulation [J]. Scientific Reports, 2016, 6: 19245.
- [37] Wang J, Wang X T, Ma Y W, et al. *Lonicera caerulea* genome reveals molecular mechanisms of freezing tolerance and anthocyanin biosynthesis [J]. Journal of Advanced Research, 2024.
- [38] 姜磊, 王伟, 朱玉波, 等. 金银花产业发展历程及建议 [J]. 现代农业科技, 2025(2): 191-193.
Jiang L, Wang W, Zhu Y B, et al. Development process and suggestions of honeysuckle industry [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2025(2): 191-193.
- [39] 宋民宪, 杨明. 新编国家中成药 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2020.
Song M X, Yang M. Newly Compiled National Chinese Patent Medicines [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2020.
- [40] Oesch F, Oesch-Bartlomowicz B, Efferth T. Toxicity as prime selection criterion among SARS-active herbal medications [J]. Phytomedicine, 2021, 85: 153476.
- [41] Zhou Z, Li X H, Liu J X, et al. Honeysuckle-encoded atypical microRNA2911 directly targets influenza A viruses [J]. Cell Research, 2015, 25(1): 39-49.
- [42] 王玉英, 常思勤, 李元庆, 等. 灰毡毛忍冬的质量研究(Ⅲ): 不同的产地加工方法对毒性及溶血性的影响 [J]. 中药材科技, 1984, 7(2): 17-18.
Wang Y Y, Chang S Q, Li Y Q, et al. Quality study of *Lonicera macranthoides* Hand. - Mazz (Ⅲ): the effect for toxicity and hemolysis by different origin processing methods [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 1984, 7(2): 17-18.
- [43] Schierenbeck K A. Japanese honeysuckle (*Lonicera japonica*) as an invasive species: history, ecology, and context [J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 2004, 23(5): 391-400.
- [44] 苏雅, 裴毅, 王柏茗, 等. 蓝靛果忍冬研究现状综述 [J]. 天津农林科技, 2020(4): 41-43.
Su Y, Pei Y, Wang B M, et al. Research status of *Lonicera caerulea* L [J]. Science and Technology of Tianjin Agriculture and Forestry, 2020(4): 41-43.
- [45] 罗列娜, 刘四军, 黄婉仪, 等. 黄芪及金银花药物牙膏对复发性口腔溃疡的疗效观察 [J]. 新中医, 2014, 46(9): 136-138.
Luo L N, Liu S J, Huang W Y, et al. Clinical observation of toothpaste containing *Radix astragali* and Flos *Lonicerae* extract for recurrent oral ulcer [J]. Journal of New Chinese Medicine, 2014, 46(9): 136-138.