·中药研究·

牛蒡根化学成分、药理作用研究概况及质量标志物(Q－Marker)的预测分析*

马钧洋[1,2]，张玲霞[1,2]，黄博[1,2]，王智民[3]，代丽萍[1,2]

1. 河南中医药大学，河南 郑州 450046；2. 豫药全产业链研发河南省协同创新中心，河南 郑州 450046；
3. 中国中医科学院中药研究所中药质量控制技术国家工程实验室，北京 100700

摘要：牛蒡根是药食两用中药，在我国药用历史悠久，主要化学成分为氨基酸类、酚酸类、黄酮类、炔类、萜类等，具有抗炎、抗衰老、抗肿瘤、降血脂、降血糖等药理活性。基于中药质量标志物(quality marker，Q－Marker)的概念，从牛蒡根植物亲缘学、传统药性与功效、成分可测性、不同产地等方面对牛蒡根 Q－Marker 进行预测分析，初步建议以咖啡酸、绿原酸、3，5－二咖啡酰奎宁酸、槲皮素、齐墩果酸、蔗果四糖、果糖、葡萄糖、菊糖、橙皮苷、牛蒡苷作为其 Q－Marker，为建立牛蒡根全面质量评价体系提供科学依据。

关键词：牛蒡根；化学成分；药理作用；质量标志物
DOI：10.16368/j.issn.1674－8999.2025.08.286
中图分类号：R284.2　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1674－8999(2025)08－1782－13

Overview of Chemical Compositions and Pharmacological Effects of Burdock Root and Q－Marker Prediction Analysis

MA Junyang[1,2]，ZHANG Lingxia[1,2]，HUANG Bo[1,2]，WANG Zhimin[3]，DAI Liping[1,2]

1. Henan University of Chinese Medicine，Zhengzhou Henan China 450046；2. Henan Collaborative Innovation Center for Research and Development on the Whole Industry Chain of Yu Yao，Zhengzhou Henan China 450046；3. National Engineering Laboratory of Traditional Chinese Medicine Quality Control Technology，Institute of Traditional Chinese Medicine，China Academy of Chinese Medical Sciences，Beijing China 100700

Abstract：Burdock root is a medicinal and edible vegetable，which has a long history of medicinal use in China，and its main chemical components are amino acids，phenolic acids，flavonoids，alkynes，terpenoids，etc.，which have pharmacological activities such as anti－inflammatory，anti－aging，anti－tumor，lipid－lowering and hypoglycemic activities. Based on the concept of quality marker (Q－Marker) in traditional Chinese medicine，the prediction and analysis of burdock root Q－Marker was carried out from the aspects of plant genelogy，traditional medicinal properties and efficacy，composition measurability，and different origins，and it was preliminarily suggested that caffeic acid，chlorogenic acid，3，5－dicaffeoylquinic acid，quercetin，oleanolic acid，sucrose tetraosacrose，fructose，glucose，inulin，hesperidin，and burdock were used as its Q－Marker. This study provides a scientific basis for the establishment of a comprehensive quality evaluation system for burdock root.

Key words：burdock root；chemical composition；pharmacological action；Quality marker

牛蒡根别名鼠粘根、牛菜、恶实根等，是菊科植物牛蒡(*Arctium lappa L.*)的肉质直根，其药用历史悠久，始载于《名医别录》。牛蒡根味苦，性寒，归肺、心经。宋代《嘉祐本草》征引《药性论》，记载了牛蒡根的性味功效，是现存最早的文献记载，即“牛蒡亦可

* **基金项目**：河南省中医药专项课题－重大项目(2024ZYZD14)；河南省高校科技创新团队项目(23IRTSTHN028)

单用，味甘，无毒。能主面目烦闷，四肢不健，通十二经脉，洗五脏恶气。可常作菜食之，令人身轻”[1]。唐代《新修本草》对牛蒡根的功效进行补充，载其可治疗牙齿疼痛、劳疟、脚缓弱、咳嗽、肺壅、疝瘕、积血等疾病[2]。现代研究发现，牛蒡根主要活性成分有多酚类、黄酮类、糖类、氨基酸类等，具有抗氧化、抗衰老、抗炎、抗菌、调节糖脂代谢等药理作用[3-5]，主要用于治疗咳嗽、咽喉热肿、牙齿疼痛、消渴、痈疽疮疥等疾病[1]。

中药质量标志物（quality marker，Q-Marker）是由中国工程院刘昌孝院士以中药传统药性理论、成药制备、组方用法、剂型等特点提出的新概念，基于中药质量传递与溯源、成分的有效性、特有性、处方配伍及可测性等基本原则建立，为中药的研发生产及质量控制提供了新思路。2020 年版《中华人民共和国药典》未对牛蒡根进行收录，目前仅山东、云南、甘肃等地制定了牛蒡根的中药材标准，但多以水分、灰分、浸出物及绿原酸的含量作为评定牛蒡根质量的指标，不利于该药材的整体标准化质量控制。本文对牛蒡根化学成分、药理活性进行总结，并结合中药质量标志物的概念，从植物亲缘学、传统药性与功效、成分可测性、不同产地等多个方面对牛蒡根 Q-Marker 进行预测分析，为牛蒡根建立全方位、科学化的质量评价体系提供理论依据，为其进一步开发利用奠定基础。

1　化学成分

近年来，随着分析技术的快速发展，牛蒡根的化学成分研究取得了显著进展。基于氨基酸自动分析仪法[6]、液质联用技术、传统柱色谱法、高效液相色谱等技术，系统揭示了牛蒡根中的化学成分及其组成，包括酚酸、黄酮、糖、挥发油、氨基酸、木脂素等[7-23]。特别是代谢组学的应用，结合高分辨质谱（HRMS）与多维色谱联用等先进检测技术，充分挖掘牛蒡根中的化学成分。

1.1　氨基酸及多肽类　牛蒡中氨基酸类成分含量丰富，时新刚等[6]采用氨基酸自动分析仪测定牛蒡根中氨基酸类成分含量，发现牛蒡根中含人体无法合成的必需氨基酸占比达 3.23%，占牛蒡根总氨基酸含量的 11.5%，其中精氨酸的含量最高，占总氨基酸含量的 7.44%。乔贝贝[7]采用萃取、薄层色谱法等技术对牛蒡根进行分离纯化，并结合核磁共振、红外光谱、质谱等现代波谱技术鉴定出 11 种单体化合物，其中牛蒡环六肽等 3 种单体化合物为新化合物。牛蒡根中氨基酸类成分和化学结构见表 1 和图 1。

表 1　牛蒡根中氨基酸类成分

编号	化合物	分子式
1	缬氨酸	$C_5H_{11}NO_2$
2	苯基丙氨酸	$C_9H_{11}NO_2$
3	赖氨酸	$C_6H_{14}N_2O_2$
4	苏氨酸	$C_4H_9NO_3$
5	精氨酸	$C_6H_{14}N_4O_2$
6	天冬氨酸	$C_4H_7NO_4$
7	异亮氨酸	$C_6H_{13}NO_2$
8	亮氨酸	$C_6H_{13}NO_2$
9	甲硫氨酸	$C_5H_{11}NO_2S$
10	胱氨酸	$C_6H_{12}N_2O_4S_2$
11	谷氨酸	$C_5H_9NO_4$
12	甘氨酸	$C_2H_5NO_2$
13	丝氨酸	$C_3H_7NO_3$
14	酪氨酸	$C_9H_{11}NO_3$
15	组氨酸	$C_6H_9N_3O_2$
16	丙氨酸	$C_3H_7NO_2$
17	色氨酸	$C_{11}H_{12}N_2O_2$
18	鸟氨酸	$C_5H_{12}N_2O_2$

1.2　酚酸类　芳香族羟基酸中的苯环或稠苯环上含有羟基的化合物称为酚酸。咖啡酰奎宁酸类化合物是牛蒡根的主要活性物质，《山东省中药材标准》将绿原酸作为牛蒡根含量测定的指标成分。白俊鹏等[8]采用柱色谱法和 HPLC 法对牛蒡根中咖啡酸类化合物进行分离纯化，并从牛蒡根中分离得到 3，5-二咖啡酰奎宁酸甲酯、3，4-二咖啡酰奎宁酸甲酯、4，5-二咖啡酰奎宁酸甲酯、绿原酸甲酯、咖啡酸甲酯。高欢等[9]采用柱色谱法和 HPLC 法从牛蒡根中分离纯化得到 1，5-二咖啡酰-3-苹果酰奎宁酸、绿原酸、1，5-二咖啡酰-4-琥珀酰奎宁酸等酚酸类化合物。孙小玲等[16]采用柱色谱法和 HPLC 法从牛蒡根乙酸乙酯部位中分离纯化得到 3-O-咖啡酰奎宁酸甲酯、咖啡酸甲酯、3，4-O-二咖啡酰奎宁酸甲酯、3，5-O-二咖啡酰奎宁酸甲酯等酚酸类化合物。王苗苗等[17]采用大孔吸附树脂柱色谱、ODS 柱色谱、硅胶柱色谱等方法从牛蒡根 70% 乙醇部位中分离纯化得到 4，5-O-二咖啡酰奎宁酸甲酯、原儿茶醛等酚酸类化合物。

咖啡酰奎宁酸类化合物由于咖啡酰基与奎宁酸酯化位置的不同，存在多种同分异构体。目前已有采用 UPLC－MS 技术通过对照品的色谱保留特征和二级质谱规律分析，准确鉴别单咖啡酰奎宁酸和二咖啡酰奎宁酸类化合物的同分异构体[10－14]，可为牛蒡根中咖啡酰奎宁酸类成分的分析提供可靠方法。

郑振佳[15]采用 DPPH－高效液相色谱－飞行时间质谱联用技术，从牛蒡乙酸乙酯部位筛选并鉴定出了 19 种抗氧化活性成分，均为咖啡酰奎宁酸类成分；采用高速逆流色谱结合制备液相等技术从牛蒡中快速得到咖啡酸、咖啡酸甲酯、绿原酸等 15 种咖啡酰奎宁酸类化合物；同时，采用 HPLC－Q－TOF－MS 技术共鉴定出 13 种牛蒡根中咖啡酰奎宁酸的代谢产物，证实咖啡酰奎宁酸类化合物进入大鼠体内先降解为绿原酸、咖啡酸和奎宁酸，咖啡酸降解为二氢咖啡酸和 3－羟基苯丙酸，奎宁酸降解为苯甲酸和马尿酸。具体化学成分和结构见表 2 和图 2。

表 2　牛蒡根中酚酸类成分

编号	化合物	分子式
19	咖啡酸	$C_9H_8O_4$
20	绿原酸	$C_{16}H_{18}O_9$
21	1－咖啡酰奎宁酸	$C_{16}H_{18}O_9$
22	4－咖啡酰奎宁酸	$C_{16}H_{18}O_9$
23	1,3－二咖啡酰奎宁酸	$C_{25}H_{24}O_{12}$
24	3,4－二咖啡酰奎宁酸	$C_{25}H_{24}O_{12}$
25	1,4－二咖啡酰奎宁酸	$C_{25}H_{24}O_{12}$
26	3,5－二咖啡酰奎宁酸	$C_{25}H_{24}O_{12}$
27	3,4,5－三咖啡酰奎宁酸	$C_{34}H_{30}O_{15}$
28	1,3,5－三咖啡酰奎宁酸	$C_{34}H_{30}O_{15}$
29	1－O－succinyl－3,4－di－O－caffeoylquinic acid	$C_{29}H_{28}O_{15}$
30	3－O－succinyl－4,5－di－O－caffeoylquinic acid	$C_{29}H_{28}O_{15}$
31	3,4－di－O－caffeoyl－5－O－succinoylquinic acid	$C_{29}H_{28}O_{15}$
32	1,5－二咖啡酰－3－琥珀酰奎尼酸	$C_{29}H_{28}O_{15}$
33	1,5－二咖啡酰－4－琥珀酰奎尼酸	$C_{29}H_{28}O_{15}$
34	1,5－di－O－caffeoyl－3,4－di－O－succinylquinic acid	$C_{33}H_{32}O_{18}$
35	1,3,5－tri－O－caffeoyl－4－O－succinylquinic acid	$C_{38}H_{34}O_{18}$
36	1,5－二咖啡酰－4－苹果酰奎尼酸	$C_{29}H_{28}O_{16}$
37	1,5－二咖啡酰－3－苹果酰奎尼酸	$C_{29}H_{28}O_{16}$
38	1,4－二咖啡酰－3－苹果酰奎尼酸	$C_{29}H_{28}O_{16}$
39	1,3－di－O－caffeoyl－4,5－di－O－maloylquinic acid	$C_{33}H_{32}O_{20}$
40	1,5－di－O－caffeoyl－3－O－succinoyl－4－O－maloyquinic acid	$C_{33}H_{32}O_{19}$
41	1,4－di－O－maloyl－3,5－di－O－caffeoylquinic acid	$C_{33}H_{32}O_{20}$
42	3－咖啡酰奎宁酸甲酯	$C_{17}H_{20}O_9$
43	咖啡酸甲酯	$C_{10}H_{10}O_4$
44	3,4－O－二咖啡酰基奎宁酸甲酯	$C_{26}H_{26}O_{12}$
45	3,5－O－二咖啡酰基奎宁酸甲酯	$C_{26}H_{26}O_{12}$
46	4,5－O－二咖啡酰基奎宁酸甲酯	$C_{26}H_{26}O_{12}$
47	1,3－di－O－caffeoyl－5－O－fumaroylquinic acid	$C_{29}H_{26}O_{15}$
48	1,5－di－O－caffeoyl－4－O－fumaroylquinic acid	$C_{29}H_{26}O_{15}$
49	1,5－di－O－caffeoyl－3－O－fumaroyl－4－O－succinoylquinic acid	$C_{33}H_{30}O_{18}$
50	1－O－fumaroyl－3,5－di－O－caffeoyl－4－O－succinoylquinic acid	$C_{33}H_{30}O_{18}$
51	原儿茶醛	$C_7H_6O_3$

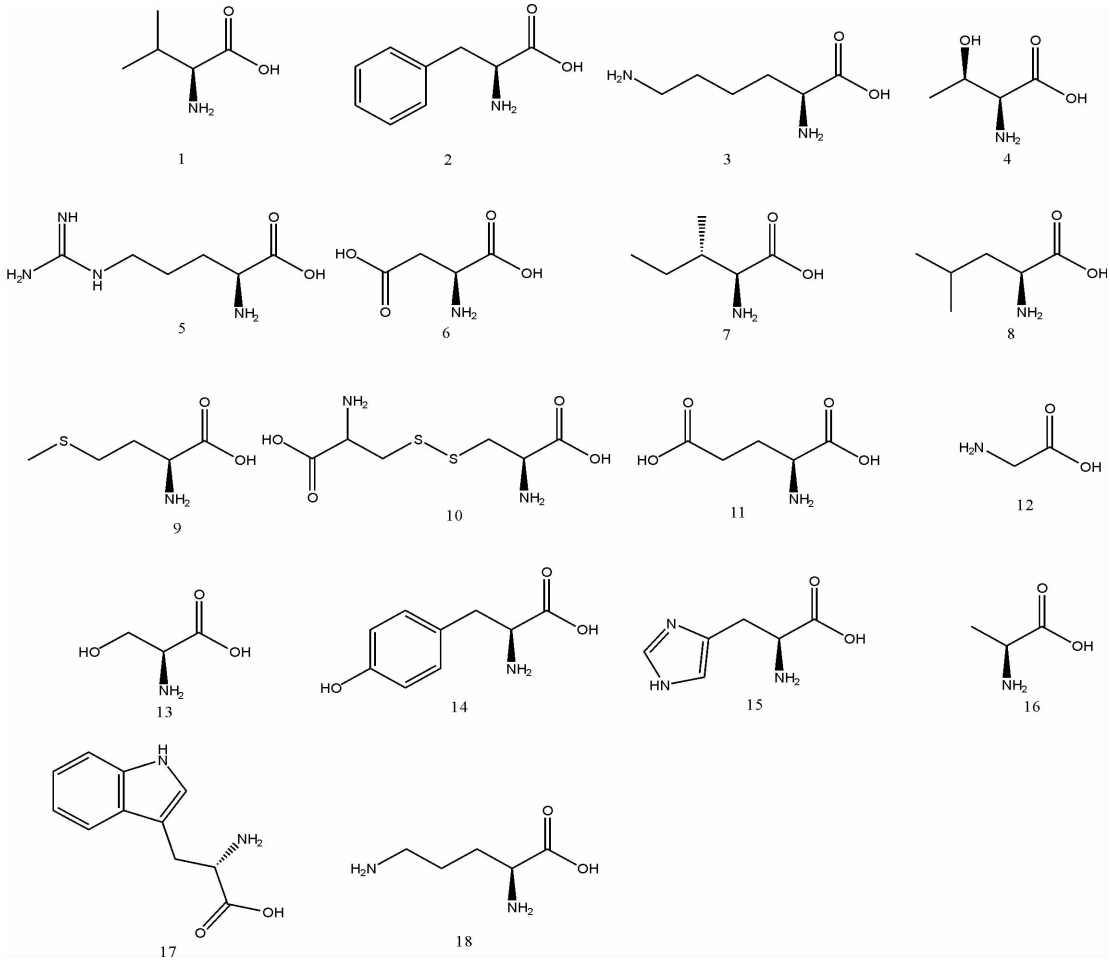


图 1　牛蒡根中氨基酸类化合物结构式

1.3　黄酮类　黄酮类化合物广泛分布于自然界中，其基本骨架为 C6 - C3 - C6，通常和糖类结合形成黄酮苷类化合物，是一类具有广泛生物活性的化合物。牛蒡根富含黄酮类化合物，主要包括甘草苷[7]、木犀草素[10]、山柰酚[19]、橙皮苷[20]、槲皮素 - 3 - O - 葡萄糖醛酸苷[21]、川陈皮素[22]、芦丁[23]等。蒋晓文等[18]首次从牛蒡根中分离得到淫羊藿苷，首次在牛蒡属中分离得到柚皮素 - 7 - 芸香糖苷、橙皮苷、芒柄花苷、异芒柄花苷、新甘草苷、新异甘草苷、甘草苷，经过验证发现柚皮素 - 7 - 芸香糖苷和甘草苷具有较强的抗氧化活性。陈世雄等[19]采用柱层析、现代波谱学等技术从牛蒡根 95% 乙醇提取物中鉴定出牛蒡子苷、山柰酚、腺苷、羟基茄碱等 5 个化合物，并首次从牛蒡根中分离纯化得到黄酮类化合物山柰酚。卢肖英等[20]以橙皮苷和牛蒡苷为指标，建立了牛蒡根中橙皮苷和牛蒡苷含量测定方法，发现不同批次、不同产地牛蒡根中橙皮苷和牛蒡苷的含量存在较大差异。黄酮类成分和结构见表 3 和图 3。

表 3　牛蒡根中黄酮类成分

编号	化合物	分子式
52	木犀草素	$C_{15}H_{10}O_6$
53	槲皮苷	$C_{21}H_{20}O_{11}$
54	槲皮素 3 - O - 葡萄糖酸苷	$C_{21}H_{18}O_{13}$
55	Peltatoside	$C_{26}H_{28}O_{16}$
56	川陈皮素	$C_{21}H_{22}O_8$
57	橘皮素	$C_{20}H_{20}O_7$
58	金雀异黄素	$C_{15}H_{10}O_5$
59	槲皮素	$C_{15}H_{10}O_7$
60	山柰酚	$C_{15}H_{10}O_6$
61	异芒柄花苷	$C_{22}H_{22}O_{10}$
62	橙皮苷	$C_{28}H_{34}O_{15}$
63	淫羊藿苷	$C_{33}H_{40}O_{15}$
64	芒柄花苷	$C_{22}H_{22}O_9$
65	柚皮素 - 7 - 芸香糖苷	$C_{27}H_{32}O_{14}$
66	新甘草苷	$C_{21}H_{22}O_9$
67	新异甘草苷	$C_{21}H_{22}O_9$
68	甘草苷	$C_{21}H_{22}O_9$
69	芦丁	$C_{27}H_{30}O_{16}$

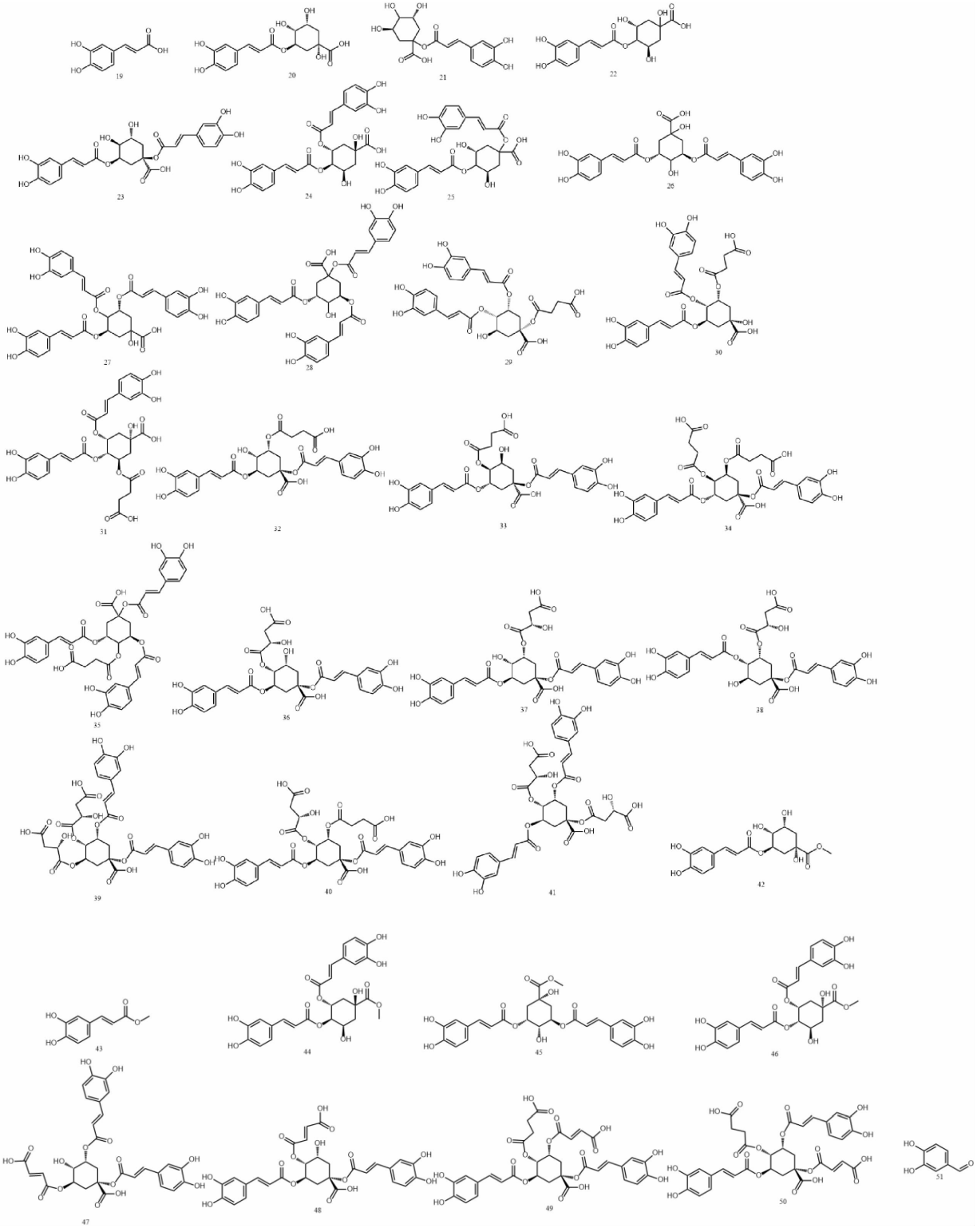


图 2　牛蒡根中酚酸类化合物结构式

1.4　炔类　牛蒡根中的炔类成分主要分为多炔类和硫炔类，多炔类化合物占 0.001% ~0.002%，其中 1,11 - 十三碳二烯 - 3,5,7,9 - 四炔和 1,3,11 - 十三碳三烯 - 5,7,9 - 三炔的含量分别占总炔类成分的 50% 和 30%，并发现其具有抗细菌和真菌的作用[24]。早在 20 世纪 80 年代就有学者从牛蒡根中分离纯化得到了 11 个硫炔类化合物，其中 lappaphen - a 和 lappaphen - b 为新的硫炔类化合物[25-26]。炔类成分和化学结构见表 4 和图 4。

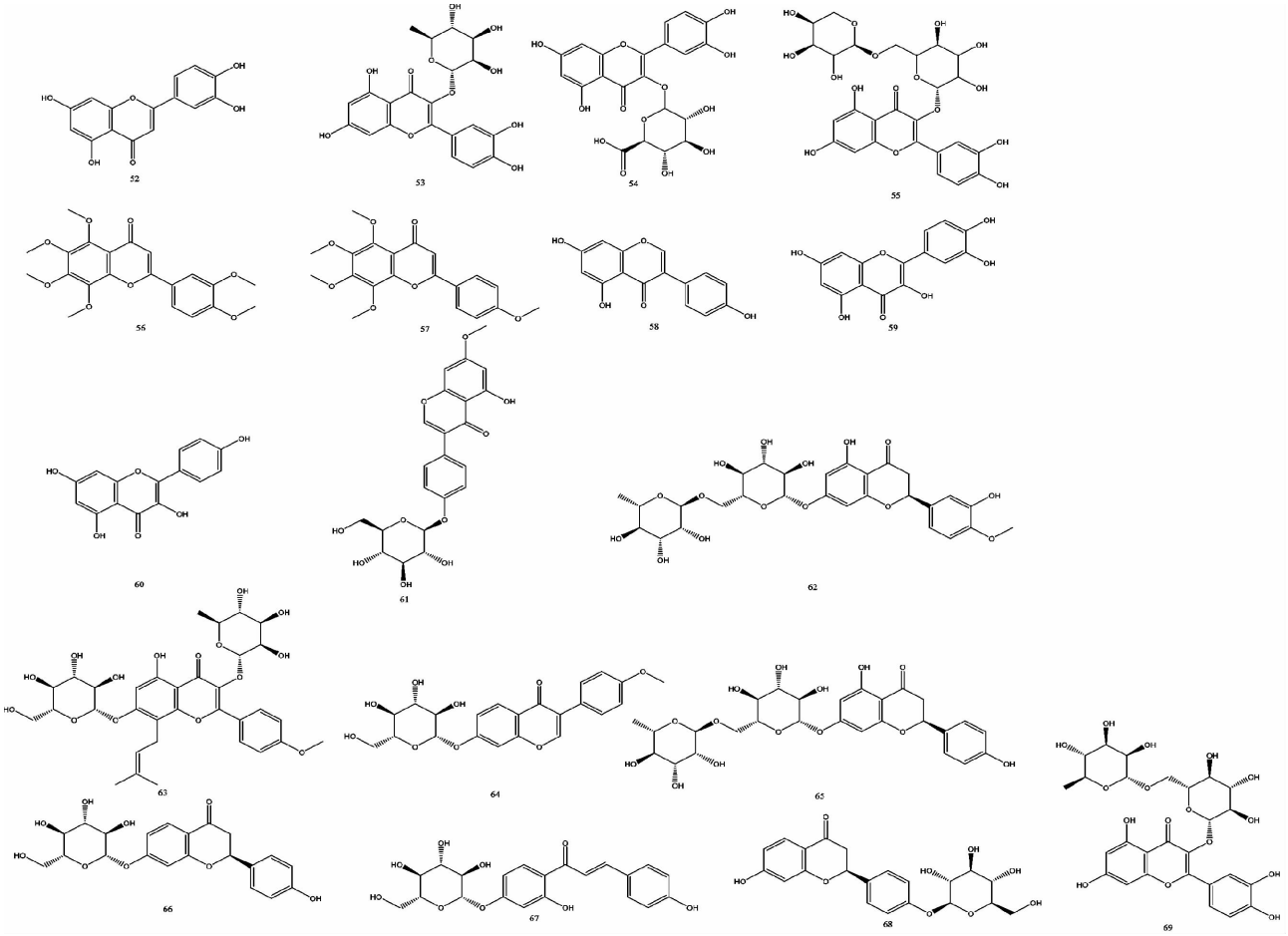


图 3　牛蒡根中黄酮类化合物结构式

表 4　牛蒡根中多炔类和硫炔类成分

编号	化合物	分子式
70	牛蒡酮 – a	$C_{13}H_{10}O_2S_2$
71	牛蒡酮 – b	$C_{13}H_{10}OS_2$
72	牛蒡醇 – a	$C_{12}H_{10}OS_2$
73	牛蒡醇 – b	$C_{13}H_{12}O_2S_2$
74	牛蒡醛	$C_{12}H_8OS_2$
75	牛蒡酸 – b	$C_{13}H_8O_3S_2$
76	牛蒡酸 – c	$C_{13}H_{10}O_3S_2$
77	牛蒡酸 – b 甲酯	$C_{14}H_{10}O_3S_2$
78	牛蒡种噻吩 – a	$C_{27}H_{26}O_4S_2$
79	牛蒡种噻吩 – b	$C_{27}H_{26}O_4S_2$
80	牛蒡酮 – a 乙酸酯	$C_{15}H_{12}O_3S_2$
81	(11E) – 1,11 – tridecadien – 3,5,7,9 – tetrayne	$C_{13}H_8$
82	(3E,11E) – 1,3,11 – tridecatrien – 5,7,9 – triyne	$C_{13}H_{10}$
83	(3E) – 3 – tridecen – 5,7,9,11 – tetrayne – 1,2 – epoxide	$C_{13}H_8O$
84	(4E,6E,12E) – 4,6,12 – tetradecatrien – 8,10 – diyn – 1,3 – diyl diacetate	$C_{18}H_{20}O_4$
85	(4E,6Z,12E) – 4,6,12 – tetradecatrien – 8,10 – diyn – 1,3 – diyl diacetate	$C_{18}H_{20}O_4$
86	(4E,6E) – 4,6 – tetradecadien – 8,10,12 – triyn – 1,3 – diyl diacetate	$C_{18}H_{18}O_4$
87	(4E,6Z) – 4,6 – tetradecadien – 8,10,12 – triyn – 1,3 – diyl diacetate	$C_{18}H_{18}O_4$
88	(8Z,15Z) – heptadeca – 1,8,15 – trien – 11,13 – diyn	$C_{17}H_{22}$
89	(s) – 12,13 – epoxy – 2,4,6,8,10 – tridecapentayne	$C_{13}H_{16}O$
90	1 – tridecen – 3,5,7,9,11 – pentayne	$C_{13}H_6$

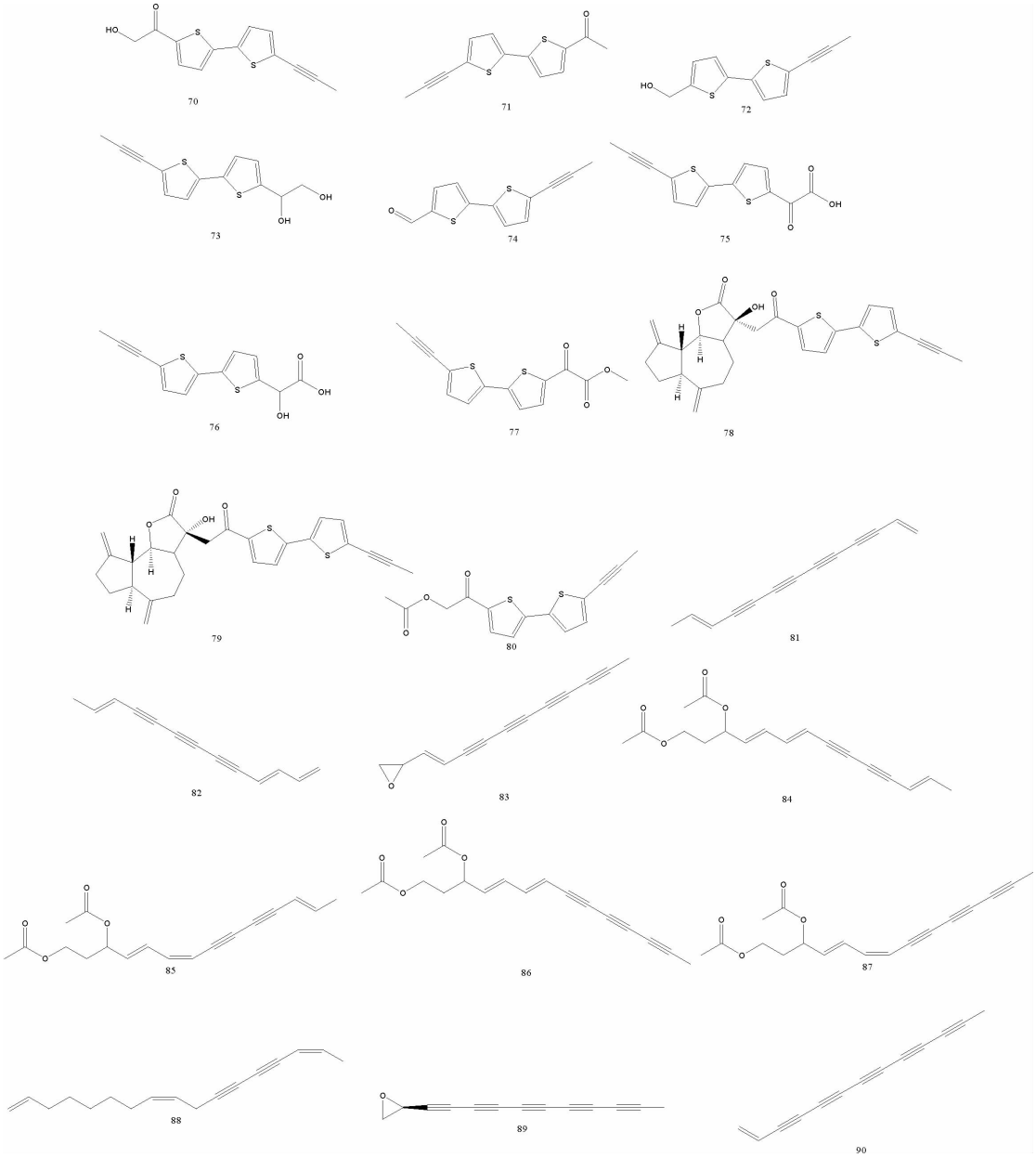


图 4　牛蒡根中炔类化合物结构式

1.5　其他成分　牛蒡根中还包含木脂素类、甾醇类、生物碱、萜类、糖类等化合物，以及灰分和微量元素。木脂素类化合物是植物雌激素的复杂二酚化合物，主要有牛蒡苷、牛蒡苷元、lappaol C、lappaol D、lappaol F 等[23,27]。陈世雄等[19]首次从牛蒡根中分离得到羟基茄碱。乔贝贝[7]从牛蒡根中分离得到 β－胡萝卜苷、豆甾醇二十烷酸酯。牛蒡根中多糖含量丰富，其中菊糖成分占牛蒡根干质量的30% ~ 45%，是牛蒡根中具有重要生理活性的物质之一。郝林华等[28]通过对牛蒡寡糖的结构研究表明，牛蒡寡糖是由 12 个果糖和 1 个葡萄糖相连而成的线性直链结构。

2　药理作用

2.1　抗氧化　活性氧（reactive oxygen species，ROS）在人体代谢过程中发挥重要作用，线粒体是细胞内 ROS 的主要来源，然而过量的 ROS 诱导机体内大分子发生氧化反应，抑制蛋白质的正常功能，并促进细胞凋亡[29]。魏东[30]研究发现，牛蒡根能够提高大鼠红细胞内超氧化物歧化酶的活力，降低红细胞中丙二醛含量，提高血液中谷胱甘肽过氧化物酶的活力，进而清除机体内超氧阴离子自由基。张辰辰等[31]通过对提取的牛蒡根多糖进行体外抗氧化实验发现，牛蒡根多糖具有清除 DPPH ·、

ABTS + ·、·OH 的能力，具备抗氧化活性。刘群群等[32]以牛蒡根总黄酮为研究对象探讨总黄酮的体外抗氧化活性，结果发现牛蒡根总黄酮作为天然产物具有提高清除自由基和金属离子螯合的能力，进而发挥清除体内自由基的作用。

2.2　抗肿瘤　化疗药物治疗癌症往往存在不良反应，而天然药物不良反应较少、对患者的伤害较小。因此，从植物中找出化疗药物的替代品显得格外重要。牛蒡的根、叶、子都具有抗癌作用[33]。苗航等[34]筛选牛蒡根抗肺癌活性部位，发现在牛蒡根石油醚、乙酸乙酯和多糖部位中只有石油醚部位对肺癌 A549 细胞的增殖有较强的抑制效果。Romualdo 等[35]以缺乏胆碱且高脂饮食的 Wistar 大鼠为研究对象进行实验，结果显示牛蒡根可以有效减少大鼠体内总脂肪酸和脂类过氧化氢的水平，进而降低由非酒精性脂肪性肝炎引起的肝癌发生率。

2.3　抗炎　炎症是机体组织受到某种刺激所发生的保护性防御反应，但不及时制止可能导致机体损伤或发展为慢性炎症。Maghsoumi - Norouzabad 等[36]观察关节炎患者餐后 0.5 h 饮用牛蒡茶的临床效果，发现牛蒡茶能够缓解关节炎患者的炎症反应。Wang 等[37]发现牛蒡根多糖能够调节促炎细胞因子和抗炎细胞因子失衡，缓解结肠炎小鼠肠道炎症反应。

2.4　调节糖代谢　糖尿病是一种在遗传、环境等因素的影响下，引起胰岛素分泌不足及胰岛功能障碍，形成机体以长期持续高血糖状态为特征的代谢性疾病[38]。目前，临床上常用的降血糖药物主要有非磺脲类胰岛素促泌剂、磺酰脲类降血糖药物、双胍类降血糖药物、噻唑烷二酮类降血糖药物等，但这些药物在临床应用中往往伴随不良反应[39]。因此，寻找治疗糖尿病的天然替代疗法成为不可忽视的重要问题。袁平川[40]实验研究发现，牛蒡根多糖在体内可能通过抑制 α - 葡萄糖苷酶活性，减缓机体对糖类化合物的吸收；牛蒡根多糖还能够提升 AKT、AMPK、SREBP - 1 蛋白的表达水平，起到调节体内糖代谢紊乱的作用。曹剑锋[27]采用牛蒡根乙醇提取物治疗由链脲佐菌素诱导的糖尿病模型大鼠，结果显示牛蒡根乙醇提取物能够使大鼠体内胰岛素含量上升，提高大鼠肝脏和肌肉中的糖原含量。

2.5　调节脂代谢　高脂血症作为一种人体血脂代谢异常的疾病，其主要特征为人体总胆固醇、甘油三酯和低密度脂蛋白胆固醇的含量升高，而高密度脂蛋白胆固醇的含量降低[41]。人体内能量吸收和能量消耗的长期失衡是高脂血症的重要发病因素[42]。刘亿等[43]探讨牛蒡根多酚及单体成分对脂肪酶的体外抑制作用，发现牛蒡根中多酚类化合物对脂肪酶具有可逆性、竞争性抑制。崔珏等[44]研究发现，对糖尿病模型小鼠灌胃牛蒡根的正丁醇萃取物后，可有效降低糖尿病小鼠血清中总胆固醇、甘油三酯和低密度脂蛋白胆固醇的含量，改善模型小鼠体内糖脂代谢紊乱的情况。

2.6　抗菌　牛蒡全植物含有抗菌成分[7]，牛蒡根多酚提取物的抗菌谱较宽，对细菌、霉菌和酿酒酵母均有抑制作用[45]。Rajasekharan 等[21]研究发现，牛蒡根甲醇提取物对大肠杆菌、变形杆菌和沙雷菌具有抗生物膜和抗群体感应的活性，提高机体免疫系统对抗细菌感染的能力。贺菊萍等[46]比较不同溶剂提取牛蒡皮的抑菌活性成分，结果显示牛蒡皮中主要抑菌活性成分为疏水性化合物，且主要分布在石油醚相萃取部位。喻俊[47]研究发现，在一定浓度范围内牛蒡纯多糖片段对枯草杆菌、金黄色葡萄球菌和大肠杆菌具有抑制作用。Liu 等[48]研究发现牛蒡具有抗菌作用，可增强胃肠道黏膜的保护作用，缓解幽门螺杆菌对胃部的损害。

2.7　免疫调节　魏东[49]研究表明，牛蒡寡糖能提高小鼠脾脏、胸腺器官的质量，提高小鼠抗体生成细胞数量，具有免疫调控作用。郝林华等[50]在大菱鲆的饲料中加入牛蒡寡糖，并对其血液中白细胞的吞噬活性和血清中酸性磷酸酶、碱性磷酸酶、酚氧化酶等免疫相关酶的活力进行分析，发现牛蒡寡糖能够提高酶活力和白细胞的吞噬能力，提高大菱鲆的免疫力。刘少芳[51]发现牛蒡低聚果糖能够提高免疫低下小鼠巨噬细胞酸性磷酸酶的活性和脾淋巴细胞的增殖活性，表现出较强的免疫调节活性。

2.8　保护神经　白俊鹏等[8]研究发现，从牛蒡根乙醇提取物中分离纯化的咖啡酸类化合物对谷氨酸诱导神经母细胞瘤 SH - SY5Y 细胞株损伤模型具有较好的保护作用。田星[52]发现牛蒡根乙酸乙酯萃取部位表现出对 H_2O_2 诱导的 SH - SY5Y 细胞损伤有较强的保护作用，1，5 - O - 二咖啡酰 - 3 - O - (4 - 苹果酸甲酯) - 奎宁酸能够抑制由 H_2O_2 诱导

的 ERK 磷酸化，同时提高 AKT、GSK－3β 的磷酸化水平，表明 1，5－O－二咖啡酰－3－O－（4－苹果酸甲酯）－奎宁酸可能通过 ERK、AKT/GSK－3β 等信号通路发挥神经保护作用。

2.9　其他药理作用　除上述药理作用外，相关研究表明牛蒡根还具有治疗阴茎勃起功能障碍、胃溃疡、降低血小板活化和血栓形成等药理活性。孟宇等[53]发现低浓度山柰素和牛蒡低聚糖具有促进体外培养大鼠的阴茎海绵体平滑肌细胞增殖的作用，可能是牛蒡根治疗大鼠阴茎勃起功能障碍（erectile dysfunction，ED）的机制。崔兵迪等[54]研究发现，牛蒡根水提物可能通过抑制 AKT/NF－κB 信号通路介导的炎症因子表达，降低氧化应激诱导胃溃疡的发生概率，发挥保护胃黏膜的作用。在激光损伤血栓形成模型中，牛蒡根多糖可以通过血小板活化过程中减少活性氧生成和丝裂原活化蛋白激酶磷酸化，发挥抗血栓作用[55]。

综上，牛蒡根氨基酸类、酚酸类、黄酮类、糖类成分具有抗氧化、调节糖脂代谢、抗炎、保护心脑血管、抗肿瘤、调节免疫、抑菌等药理活性，发挥治疗咳嗽、咽喉肿痛、消渴、痈疽疮疥等功效。

3　牛蒡根 Q－Marker 预测分析

中药的临床疗效与药材或其产品的质量紧密联系，所以建立相应的质量标准尤为重要。2016 年中国工程院刘昌孝院士[56]提出质量标志物的概念，反映了中药化学成分的有效性和安全性，旨在对中药材进行全程质量控制，使中药材“有效性－物质基础－质量控制”之间的联系更加密切。2018 年 Q－Marker 成为国家基金委员会的重点项目，并在国际 SCI 学术期刊和国内科技期刊出版了专刊[57]。目前国际中药 Q－Marker 研究呈现多学科交叉融合趋势，美国、英国等 28 个国家的研究团队均有关于 Q－Marker 的研究，引发了中药学术界、产业界的高度关注。何文秀等[58]采用 UPLC－MS 技术结合网络药理学与分子对接技术对鱼腥草破壁饮片的成分、靶点和通路进行分析，预测鱼腥草破壁饮片抗辐射 Q－Marker，为天然药物的开发利用提供新的研究思路和技术方案。Xiang 等[59]采用网络药理学筛选出 10 个具有代表性的化合物作为质量控制的 Q－Marker，为确定中药的 Q－Marker 提供有效方法，有助于建立更科学的中药质量控制体系。因此，本文以 Q－Marker 理论为指导，旨在推动建立牛蒡根更加科学、完整的质量评价体系。

3.1　基于植物亲缘学及化学成分特有性的 Q－Marker 预测分析　牛蒡根属于菊科牛蒡属植物根系，菊科（Compositae）为种子植物中属、种数最多、分化程度最高的科[60]。菊科约有 1 000 属，25 000～30 000 种，分布范围广[61]，其中药用植物约有 120 属，500 多种[62]。我国栽培年代已久的菊科植物总计有 240 属，约 2 300 种，这些植物隶属于 2 亚科、5 超族、11 族。其中，我国特有属共 29 属，占我国菊科野生属总数的 13.43%[63]。

除牛蒡属外，具有药用价值的菊科还有菊属、泽兰属、凤毛菊属、苦荬菜属、蒲公英属等。菊科植物化学成分有 30 余类，菊属药用植物含有的化学成分主要有黄酮、挥发油、酚酸、氨基酸、多糖等，具有抗心肌缺血、降血压、降血糖、降血脂、抗炎、镇痛、抗氧化、抗肿瘤等药理作用[64]。泽兰属主要化学成分为酚酸类、萜类、黄酮、植物甾醇、生物碱、香豆素、苯乙酮衍生物、苯并呋喃衍生物、麝香草酚衍生物等成分，具有治疗感冒、咳嗽、痈疮肿瘤、跌打损伤等功效[65]。蒲公英属中含有黄酮类、倍半萜类、香豆素类、酚酸类、菊糖等多种成分，具有抗炎、利尿、抗氧化、散结、抗过敏、抗肿瘤等药理活性[66－67]。垂头菊属[61]药用成分为萜类、香豆素类、酚类等化合物，具有治疗中风、止咳、解毒、消炎、消肿、健脾等活性。牛蒡属中含有酚酸类、黄酮类、糖类、氨基酸类等多种化学成分，且中国菊科牛蒡属有两种，分别为牛蒡（*Arctium lappa L.*）和毛头牛蒡（*A. tomentosum Mill.*），具有治疗咽喉肿痛、风热感冒等功效[68]。因此，根据上述植物亲缘学和化学成分特有性分析，酚酸类成分可作为牛蒡根 Q－Marker 筛选的参考，为牛蒡根 Q－Marker 的研究提供了一定的基础。

3.2　基于传统药性、药效相关性的 Q－Marker 预测分析　中药的传统药性和药效作为临床用药过程中不可或缺的重要依据，与药材相关的各类化学成分是筛选药材质量标志物的重要指标。在对药材进行质量评价时，其药效和药性展现出药材的功效属性、质量和性能[69]。牛蒡根性味苦、寒。苦味“能泄、能燥、能坚”，具有多种功效，如清泻火热、泻火存阴、通泻大便等。牛蒡根疏风散热[70]、促进新陈

代谢、清肠排毒[71]等功效符合牛蒡根味“苦”的特点。植物中展现出苦味特性的化合物主要有多酚类、氨基酸、生物碱类、多肽类、皂苷类、无机盐类[72]。在日常生活中,苦味往往限制了多酚类化合物的应用。多酚类成分的富集程度与其苦味的浓烈程度呈正相关,多酚类成分含量愈高,苦味便愈发强烈而鲜明[73]。

古人常用牛蒡根祛风热、消肿毒。《名医别录》中有“祛风热,消肿毒。治风毒面肿、头晕、咽喉热肿、热毒齿痛、咳嗽、消渴、痈疽疮疥、风湿痹痛、癥瘕积块”的记载。牛蒡根临床上常用于降血脂[74],治疗中风[75],疏风散热[70]等。现代研究发现,牛蒡根中的牛蒡多糖具有利尿、抗血小板聚集、抗氧化、降血脂、降血糖、抗炎等药理活性;牛蒡根中多酚类化合物如咖啡酸、绿原酸、槲皮素,具有抗炎、抗氧化、降血糖、降血脂等生物活性[5]。与牛蒡根祛风热、消肿毒的功效一致。

因此,结合传统药性与药效,牛蒡根中的牛蒡多糖和咖啡酸、绿原酸、槲皮素可作为 Q - Marker 的选择依据和参考。

3.3　基于化学成分可测性的 Q - Marker 预测分析

牛蒡根中化学成分种类丰富、复杂,且具有多靶点的特征,其可测性是确定中药质量标志物的重要依据,明确主要活性成分可以更好地解释牛蒡根药效物质基础。山东、云南、甘肃等地均建立有牛蒡根药材标准,但多以水分、灰分、浸出物及绿原酸的含量作为评定牛蒡根质量的指标,且绿原酸是《山东省中药材标准》所收录的牛蒡根含量测定指标成分。为了更加全面地控制牛蒡根的质量,许多学者都选择高效液相色谱、液相色谱 - 质谱联用等方法对牛蒡根药材进行定量、定性分析。吴琼等[76]以 3,5 - 二咖啡酰奎宁酸为参照,对 14 个批次的牛蒡根药材建立 HPLC 指纹图谱共有模式图。王晓娟等[77]以绿原酸为对照,建立了不同产地牛蒡根的 HPLC 指纹图谱。窦培元等[78]采用高效液相色谱法对牛蒡根中蔗果四糖、果糖及葡萄糖进行检测,并发现牛蒡根中蔗果四糖、果糖及葡萄糖含量较高,具有较好的营养价值。田荣等[79]为建立牛蒡根的质量标准,采用薄层色谱法对牛蒡根中的齐墩果酸进行定性鉴别,并采用高效液相色谱法对牛蒡根中的绿原酸进行含量测定,增加了以齐墩果酸为对照品的鉴别项,丰富了牛蒡根药材的质量标准。

综上,可以根据牛蒡根中绿原酸、3,5 - 二咖啡酰奎宁酸、齐墩果酸、蔗果四糖、果糖、葡萄糖等化学成分,制定相应的特征性含量测定方法,将其作为预测的潜在 Q - Marker。

3.4　基于牛蒡根不同产地的 Q - Marker 预测分析

不同地区在地理环境方面存在差异,采收加工、年日照量、降雨量、相对湿度、土壤有机物含量等因素一定程度上都会对牛蒡根的品质产生影响,因此,控制影响中药材质量的关键因素对保证中药质量具有重要意义。徐孝梁等[80]采用苯酚 - 硫酸法和紫外分光光度法测定 7 个地区不同品种牛蒡根药材在不同年均温度、年日照量、年降雨量、土壤有机含量、降雨量、年空气相对湿度等地理环境因素中菊糖的含量,结果表明牛蒡根中菊糖含量与年日照量呈正相关,但和年空气相对湿度、年降水量呈负相关。卢肖英等[20]采用 UPLC 法,将牛蒡根中的黄酮成分橙皮苷和牛蒡苷作为指标性成分,对 16 个不同地区牛蒡根中牛蒡苷和橙皮苷进行含量测定,结果发现,16 个地区牛蒡根中均含有橙皮苷和牛蒡苷,但不同地区橙皮苷和牛蒡苷的含量存在显著差异。

综上所述,为了更准确地评估来自不同产地的牛蒡根品质,牛蒡菊糖、橙皮苷、牛蒡苷等可以为 Q - Marker 的筛选提供参考。

4　结语

牛蒡根在我国药用历史悠久且植物资源丰富,同时也是极具特色的药食同源植物,具有较高的开发利用价值。近年来,牛蒡根在国内外研究中取得了有效进展,但其质控体系尚待完善,研究深度仍存在不足,牛蒡根化学成分的研究主要集中在酚酸类、糖类化合物,具有显著的祛风热、消肿毒等功效,关于黄酮类、炔类等成分的分离及药理活性研究报道相对较少。

牛蒡根化学成分结构复杂、种类丰富,其质控体系尚存完善空间。因此,本文对牛蒡根化学成分、药理作用等多个方面进行总结,并基于 Q - Marker 的概念,从牛蒡根植物亲缘学、传统药性与功效、成分可测性、不同产地等方面对牛蒡根 Q - Marker 进行预测分析,初步建议以咖啡酸、绿原酸、3,5 - 二咖啡酰奎宁酸、槲皮素、齐墩果酸、蔗果四糖、果糖、葡萄

糖、菊糖、橙皮苷、牛蒡苷作为其 Q－Marker，为建立牛蒡根全面质量评价体系提供科学依据，同时也为后续采用整合代谢组学与网络药理学、成分－靶点－通路的动态关联模型，进一步优化牛蒡根 Q－Marker 筛选策略提供参考。

参考文献：

[1]刘秀峰，王晓晖，谢明. 牛蒡根性能的本草考证及传统食疗应用探析[J]. 中国中医药现代远程教育，2023，21(16)：200－203.

[2]苏敬. 新修本草[M]. 合肥：安徽科学技术出版社，2004：134.

[3]曹玉，王晨静，韩志武，等. 牛蒡根及其有效提取部位和活性成分的药理作用研究进展[J]. 中国药房，2013，24(39)：3724－3726.

[4]金爽，张乐雨，任裕斌，等. 牛蒡根中化学成分及其黄酮类提取方法研究进展[J]. 化学工程师，2024，38(9)：63－66.

[5]谢小花，安晓婷，陈静，等. 牛蒡根中的功能成分及多酚类化合物提取方法研究进展[J]. 湖南文理学院学报：自然科学版，2019，31(3)：25－31.

[6]时新刚，张红侠，李赛钰，等. 牛蒡营养成分分析与评价[J]. 食品与药品，2007，9(12)：39－40.

[7]乔贝贝. 牛蒡根化学成分及其生物活性研究[D]. 南京：南京农业大学，2019.

[8]白俊鹏，胡晓龙，蒋晓文，等. 牛蒡根中咖啡酸类化学成分及其神经保护活性研究[J]. 中草药，2015，46(2)：163－168.

[9]高欢，刘文武，蒋晓文，等. 牛蒡根化学成分研究[J]. 中草药，2020，51(4)：912－917.

[10]FERRACANE R，GRAZIANI G，GALLO M，et al. Metabolic profile of the bioactive compounds of burdock (Arctium lappa) seeds，roots and leaves[J]. J Pharm Biomed Anal，2010，51(2)：399－404.

[11]LIN L Z，HARNLY J M. Identification of hydroxycinnamoylquinic acids of Arnica flowers and burdock roots using a standardized LC－DAD－ESI/MS profiling method[J]. J Agric Food Chem，2008，56(21)：10105－10114.

[12]JAISWAL R，KUHNERT N. Identification and characterization of five new classes of chlorogenic acids in burdock (Arctium lappa L.) roots by liquid chromatography/tandem mass spectrometry[J]. Food Funct，2011，2(1)：63－71.

[13]TOUSCH D，BIDEL L P R，CAZALS G，et al. Chemical analysis and antihyperglycemic activity of an original extract from burdock root (Arctium lappa)[J]. J Agric Food Chem，2014，62(31)：7738－7745.

[14]李丽丽，马双双，赵恒强，等. 基于 LC－MS/MS 的咖啡酰奎宁酸异构体鉴别方法研究[J]. 分析测试学报，2020，39(4)：461－466.

[15]郑振佳. 牛蒡活性成分与抗Ⅱ型糖尿病功能研究[D]. 泰安：山东农业大学，2018.

[16]孙小玲，何凡. 牛蒡根乙酸乙酯部位的化学成分研究[J]. 中国药师，2016，19(11)：2017－2019.

[17]王苗苗，王佩，池军，等. 牛蒡根化学成分分离[J]. 中药材，2021，44(11)：2571－2577.

[18]蒋晓文，白俊鹏，田星，等. 牛蒡根中黄酮苷类化学成分及其抗氧化活性构效关系的研究[J]. 中草药，2016，47(5)：726－731.

[19]陈世雄，包淑云，邵太丽，等. 牛蒡根化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发，2011，23(6)：1055－1057，1112.

[20]卢肖英，刘晓东，叶颖霞，等. UPLC 法同时测定不同产地牛蒡根中橙皮苷和牛蒡苷的含量[J]. 中国药师，2017，20(7)：1311－1313.

[21]RAJASEKHARAN S K，RAMESH S，BAKKIYARAJ D，et al. Burdock root extracts limit quorum－sensing－controlled phenotypes and biofilm architecture in major urinary tract pathogens[J]. Urolithiasis，2015，43(1)：29－40.

[22]TAMAYO C，RICHARDSON M A，DIAMOND S，et al. The chemistry and biological activity of herbs used in Flor－Essence herbal tonic and Essiac[J]. Phytother Res，2000，14(1)：1－14.

[23]盛伟喜. 牛蒡根减肥降脂功效及其调控脂质代谢的机制研究[D]. 南京：南京农业大学，2022.

[24]陈世雄，陈靠山. 牛蒡根化学成分及活性研究进展[J]. 食品与药品，2010，12(7)：281－285.

[25]WASHINO T，YOSHIKURA M，OBATA S. New sulfur－containing acetylenic compounds fromArctium lappa[J]. Agric Biol Chem，1986，50(2)：263－269.

[26]WASHING T，KOBAYASHI H，IKAWA Y. Structures of lappaphen－a and lappaphen－b. New guaianolides linked with a sulfur－containing acetylenic compound，from Arctium lappa L[J]. Agric Biol Chem，1987，51(6)：1475－1480.

[27]曹剑锋. 牛蒡根及其化学成分的药理活性研究[D]. 济南：山东大学，2012.

[28]郝林华，陈靠山，李光友. 牛蒡根不同处理方式对提取牛蒡寡糖的影响及提取工艺的优化[J]. 饲料工业，2006，27(9)：34－37.

[29]CIRCU M L，AW T Y. Reactive oxygen species，cellular redox systems，and apoptosis[J]. Free Radic Biol Med，

2010,48(6):749 – 762.

[30]魏东. 牛蒡抗氧化、降血脂保健功能研究[J]. 食品科学,2008,29(2):380 – 382.

[31]张辰辰,宋江峰,刘元法,等. 牛蒡根多糖动态高压微射流提取工艺优化及体外抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技,2023,44(12):260 – 267.

[32]刘群群,王燕,李飞艳,等. 两地牛蒡根总黄酮的体外和体内抗氧化活性研究[J]. 农产品加工,2021(13):9 – 16.

[33]武世豪,杜金行,努尔比亚·阿布拉,等. 牛蒡药理作用研究进展[J]. 中华中医药杂志,2017,32(7):3093 – 3095.

[34]苗航,张瑜倪,刘冬雪,等. 牛蒡根提取物抗肺癌活性部位筛选[J]. 福建中医药,2021,52(10):37 – 40.

[35]ROMUALDO G R,SILVA E D A,DA SILVA T C,et al. Burdock (Arctium lappa L.) root attenuates preneoplastic lesion development in a diet and thioacetamide – induced model of steatohepatitis – associated hepatocarcinogenesis [J]. Environ Toxicol,2020,35(4):518 – 527.

[36]MAGHSOUMI – NOROUZABAD L,ALIPOOR B,ABED R,et al. Effects of Arctium lappa L. (Burdock) root tea on inflammatory status and oxidative stress in patients with knee osteoarthritis[J]. Int J Rheum Dis,2016,19(3):255 – 261.

[37]WANG Y,ZHANG N F,KAN J,et al. Structural characterization of water – soluble polysaccharide from Arctium lappa and its effects on colitis mice[J]. Carbohydr Polym,2019,213:89 – 99.

[38]李红艳,戴思思,吴威,等. 中药治疗糖尿病作用机制研究进展[J/OL]. 世界科学技术:中医药现代化,1 – 25[2024 – 08 – 20]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5699.R.20240722.1702.048.html.

[39]李炼. 临床常用口服降糖药物的潜在代谢性药物相互作用研究进展[J]. 中国老年学杂志,2024,44(3):760 – 763.

[40]袁平川. 牛蒡根多糖对 STZ 引起的高血糖大鼠的降血糖效应[D]. 芜湖:皖南医学院,2018.

[41]田英杰,吴广,王洪桂,等. 益生菌干预高脂血症研究的新进展[J]. 中华高血压杂志,2022,30(5):420 – 424.

[42]ANTONOPOULOS A S,OIKONOMOU E K,ANTONIADES C,et al. From the BMI paradox to the obesity paradox:the obesity – mortality association in coronary heart disease [J]. Obes Rev,2016,17(10):989 – 1000.

[43]刘亿,许枒,王祎,等. 牛蒡根中多酚成分对脂肪酶的抑制作用[J]. 食品工业科技,2024,45(3):10 – 17.

[44]崔珏,范存颖. 牛蒡根中蛋白酪氨酸磷酸酶 1B 抑制剂筛选及降血糖活性评价[J]. 食品科技,2018,43(3):217 – 222.

[45]黄素臻. 牛蒡多酚的提取及抑菌作用研究[J]. 食品工业,2015,36(4):107 – 110.

[46]贺菊萍,赵勇,孙晓红,等. 牛蒡皮抑菌性能及其抑菌组分研究[J]. 食品工业,2014,35(5):178 – 182.

[47]喻俊. 牛蒡多糖的分离纯化、理化性质及生物活性研究[D]. 雅安:四川农业大学,2016.

[48]LIU H C,KU M K,CHUNG F Y,et al. Effectiveness of great burdock essence compounds in the adjuvant treatment of gastric ulcer patients infected with Helicobacter pylori [J]. Genom Med Biomark Health Sci,2012,4(3):81 – 84.

[49]魏东. 牛蒡寡糖免疫调节作用的研究[J]. 食品研究与开发,2006,27(8):58 – 60.

[50]郝林华,孙丕喜,石红旗,等. 牛蒡寡糖对大菱鲆生长和免疫机能的影响[J]. 海洋科学进展,2007,25(2):208 – 214.

[51]刘少芳. 牛蒡低聚果糖对小鼠的免疫调控及抗肿瘤作用的研究[D]. 济南:山东大学,2007.

[52]田星. 牛蒡根提取物及二咖啡酰基奎宁酸 MQA 对神经损伤的保护作用及机制研究[D]. 沈阳:沈阳药科大学,2015.

[53]孟宇,盛荣华,陈靠山. 牛蒡根化学成分对大鼠阴茎海绵体平滑肌细胞增殖的影响[J]. 中国医药导报,2011,8(10):34 – 36.

[54]崔兵迪,郭辉,龚曼,等. 基于 Akt/NF – κB 信号通路探讨牛蒡根水提物对盐酸/乙醇诱导的急性胃溃疡大鼠的保护作用[J]. 中国实验方剂学杂志,2023,29(2):1 – 9.

[55]阮永娟. 牛蒡根多糖(ALR – S)在激光损伤血栓模型中降低血小板活化和血栓形成[D]. 郑州:郑州大学,2022.

[56]刘昌孝,陈士林,肖小河,等. 中药质量标志物(Q – Marker):中药产品质量控制的新概念[J]. 中草药,2016,47(9):1443 – 1457.

[57]刘昌孝. 中药质量标志物(Q – Marker)研究发展的 5 年回顾[J]. 中草药,2021,52(9):2511 – 2518.

[58]何文秀,王吉文,杨联林,等. 基于网络药理学和代谢组学与分子对接技术预测鱼腥草破壁饮片抗辐射质量标志物[J]. 中成药,2025,47(3):1014 – 1023.

[59]XIANG W,SUO T C,YU H,et al. A new strategy for choosing "Q – markers" via network pharmacology,application to the quality control of a Chinese medical preparation[J]. J Food Drug Anal,2018,26(2):858 – 868.

[60]林有润. 菊科植物的系统分类与区系地理的初步探讨[J]. 植物研究,1993,13(2):151 - 201,218 - 222.
[61]李玉平,龚宁,慕小倩,等. 菊科植物资源及其开发利用研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2003,31(S1):150 - 156.
[62]殷彩霞,周纪勤,彭莉. 菊科药用植物系统聚类分析[J]. 计算机与应用化学,1999,16(2):157 - 160.
[63]林有润. 中国菊科植物的系统分类与区系的初步研究[J]. 植物研究,1997,17(1):6 - 27.
[64]陶金华,段金廒,钱大玮,等. 菊属药用植物资源化学研究进展[J]. 中国现代中药,2016,18(9):1212 - 1219,1229.
[65]丁智慧,刘吉开,丁靖垲,等. 泽兰属植物中的倍半萜化学成分[J]. 天然产物研究与开发,2001,13(3):76 - 83.
[66]王亚茹,李雅萌,杨娜,等. 蒲公英属植物的化学成分和药理作用研究进展[J]. 特产研究,2017,39(4):67 - 75.
[67]葛学军,林有润,翟大彤. 中国蒲公英属植物的初步整理[J]. 植物研究,1998,18(4):377 - 397.
[68]卢淑君,杨燕云,许亮,等. 中国牛蒡属药用植物果实脂肪油类成分 GC - MS 分析[J]. 中华中医药学刊,2012,30(5):988 - 990.
[69]张铁军,白钢,刘昌孝. 中药质量标志物的概念、核心理论与研究方法[J]. 药学学报,2019,54(2):187 - 196,186.
[70]李谦. 探讨牛蒡根治疗疏风散热的效果[J]. 智慧健康,2017,3(16):80 - 81.
[71]赵建波,王龙源,韩彦涛,等. 牛蒡根不同极性部位对小鼠胃肠蠕动功能的影响[J]. 中国医院药学杂志,2011,31(24):2005 - 2007.
[72]代丽凤,罗理勇,罗江琼,等. 植物苦味物质概况及其在食品工业的应用[J]. 中国食品学报,2020,20(11):305 - 318.
[73]李姝琪,郭晓梦,张惠玲. 不同发酵条件对欧李酒多酚含量及苦味的影响[J]. 食品工业,2021,42(12):6 - 10.
[74]陈垚,杨溢,赵长峰. 牛蒡茶降血脂作用的人体试验研究[J]. 营养学报,2013,35(4):338 - 341.
[75]金爽,张乐雨,任裕斌,等. 牛蒡根中化学成分及其黄酮类提取方法研究进展[J]. 化学工程师,2024,38 (9):63 - 66.
[76]吴琼,马群,胡北,等. 牛蒡根提取物指纹图谱研究[J]. 中南药学,2021,19(8):1624 - 1628.
[77]王晓娟,蒋林. 牛蒡根 HPLC 指纹图谱和抗氧化活性谱效研究[J]. 中药材,2014,37(12):2195 - 2197.
[78]窦培元,栾晓宁,朱连连,等. 牛蒡根中有效成分的含量测定[J]. 山西中医学院学报,2018,19(4):30 - 33,44.
[79]田荣,隋忠国,曹玉,等. 牛蒡根药材的质量标准研究[J]. 中国药房,2014,25(31):2934 - 2936.
[80]徐孝梁,梁真,崔波. 不同生长环境对牛蒡根中菊糖含量的影响[J]. 中国果菜,2015,35(4):28 - 32.

收稿日期:2025 - 02 - 04

作者简介:马钧洋(1998 -),男,河南南阳人,理学硕士,研究方向:中药化学成分及活性物质筛选。
通信作者:代丽萍,医学博士,教授,博士研究生导师,主要从事中药物质基础与品质评价研究。E - mail:zzdai@163.com

编辑:纪彬