

卷柏活性成分及环肽研究进展

黄晓东^{1,2}, 孟宏^{1,2*}, 邢江艳^{2,3}, 鄢灿良⁴, 许翀⁴, 陈志超⁴, 李文轩^{1,2}

(1. 北京工商大学, 北京, 100048;

2. 北京工商大学-广东柏文联合实验室, 北京, 100048;

3. 北京绮丝创新科技有限公司, 北京, 100085;

4. 广东柏文生物科技股份有限公司, 广东广州, 510000)

DOI:10.61369/CDCST.202601001

摘要: 本文系统阐述卷柏活性成分及环肽的研究进展, 重点聚焦环肽类化合物的分离鉴定以及卷柏热损伤修护功效机理, 为热防护及热损伤修护相关化妆品的开发提供了重要科学支撑, 助力其产业化应用落地。

关键词: 卷柏; 活性成分; 环肽类化合物; 热防护; 热损伤修护

第一作者简介: 黄晓东, 硕士研究生, 就读于北京工商大学轻工科学与工程学院, 从事化妆品原料开发相关研究。E-mail:2531042239@st.btbu.edu.cn。

黄晓东



卷柏 (*Selaginella tamariscina*) 为卷柏科卷柏属植物, 药用首载于《神农本草经》, 别名九死还魂草等, 主要分布在我国东北、华北、华东、陕西和四川等地, 生于海拔 200~1500 m 的岩石缝、峭壁或向阳山坡, 其耐旱性强, 失水卷缩, 遇水复苏^[1]。《中华人民共和国药典》2020 版规定^[2]: 中药卷柏为卷柏或垫状卷柏 (*Selaginella pulvinata*) 的干燥全草, 其性平、味辛, 归肝、心经, 具有活血通经功效, 用于经闭痛经, 瘰疬痞块, 跌扑损伤。卷柏的多种生物活性与其丰富的化学成分密切相关, 其中环肽类化合物因结构稳定、靶点亲和力强, 成为近年医药与化妆品领域的研究焦点。

环肽是植物体内一类富含二硫键, 由氨基酸残基通过肽键首尾连接的化合物。环肽具有明确的固定构象, 能够与受体良好契合, 且分子内不存在游离的氨基端和羧基端可使其降低对氨肽酶和羧肽酶的敏感性。环肽的环状半胱氨酸结构框架具有高度的稳定性, 且这种结构对热、化学变性和酶降解具有良好的抗性^[3]。

卷柏富含黄酮类、炔酚类、苯丙素类等多种活性成分, 已被证实具有抗炎、抗氧化、抗菌、抗肿瘤等多种生物活性。随着国内外相关研究的不断深入, 卷柏中的环肽类化合物日益成为新的研究热点。鉴于此, 本文系统阐述卷柏的化学成分及卷柏环肽类化合物的研究进展; 重点聚焦环肽类化合物的分离鉴定方法, 及其在化妆品热防护及热损伤修护方面的功效与作用机理, 以期为热防护、热损伤修护类化妆品的开发提供科学支撑。

1. 卷柏中的化学成分

卷柏化学成分类型丰富, 主要含有黄酮类、炔酚类、苯丙素类, 还有环肽、萜类、生物碱类、甾体类、葸醌衍生物、香豆素等。

1.1 黄酮类

卷柏含有丰富的黄酮类成分如单酮类(黄酮和黄酮苷)、双黄酮等, 而双黄酮为卷柏中的主要黄酮成分, 其中穗花杉双黄酮占卷柏总黄酮 40%以上^[4]。双黄酮类化合物的基本骨架是以芹菜素或者其衍生物为母核, 再通过 C-C 或 C-O-C 键相连聚合而成的 2 个黄酮母核结构。目前已从卷柏中分离出 28 种双黄酮化合物^[5]。根据连接方式的不同, 可将双黄酮类化合物分成五大类(图 1: I - V): Amentoflavone 型、Robustaflavone 型、Hinokiflavone 型、Delicaflavone 型和 Biphenylether 型^[6]。

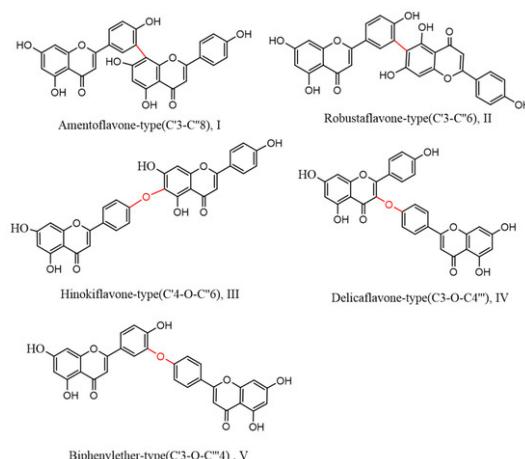


图 1 双黄酮类母核化合物连接方式

卷柏中单酮类化合物（单黄酮、黄酮苷）大多是芹菜素及其衍生物，目前已报道分离出的黄酮类有：6-(5-羧基-2-羟基苯基)-芹菜素、6-(2-羟基-5-羧基苯基)-芹菜素、槲皮素-3-O- α -L-鼠李糖苷、山奈酚-3-O- α -L-鼠李糖苷等^[5]。

1.2 炔酚

炔酚是一类具有独特联苯二芳基乙炔的罕见天然产物，在其分子结构中两个芳基通过不饱和三键连接。有研究者通过其生物合成途径和基本骨架将炔酚分为四类^[7]，其中A型和B型在炔酚中所占比例较大；而C型和D型则被认定为炔酚衍生物，A~D型炔酚的基本骨架见图2。根据已有文献报道，在卷柏中共鉴定出15种炔酚成分，按其分类可分A型8种，B型4种，C型1种和D型2种；此外，温静^[8]等人利用UPLC-MS/MS技术建立了一种测定卷柏可检测黄酮和炔酚分析方法，认为炔酚Selaginellin类化合物作为卷柏属植物中特有成分，可作为卷柏质量控制的标志物^[9]。

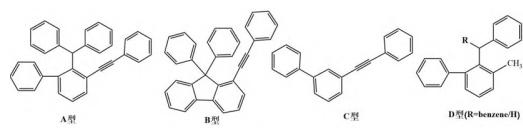


图2 炔酚的基本骨架

1.3 苯丙素类

苯丙素是一类天然存在的化合物，其结构上有一苯环直接与三个直链碳连接，形成C6-C3基团。卷柏中分离得到的苯丙素类化合物主要包括简单苯丙素、木脂素类等。目前卷柏种鉴定出的苯丙素包括香豆素、咖啡酸、阿魏酸、卷柏苷A-F、丁香脂素、7-羟基香豆素等^[10]。

1.4 环肽

环肽是一类主要由氨基酸肽键形成的环状含氮化合物，一般包含2~37个L-构型的编码或者非编码氨基酸结构单元，是具有重要研究价值的天然植物小分子代谢产物^[11]。植物中的环肽可按照其成环氨基酸肽键个数不同分为环二肽至环十肽共八类^[11]，目前根据已有文献报道从卷柏属纯化分离的环肽所得到的环肽氨基酸数量以6~8不等。

现有研究中卷柏环肽提取方式概述如下：用75%~95%乙醇溶液提取卷柏，再对卷柏乙醇提取物用不同极性的溶剂进行分步萃取，取其中某一溶剂的萃取部位使用小孔树脂柱、聚酰胺柱色谱、反相半制备或制备液相色谱等方法

进行分离，最后精制纯化得到环肽提纯品。

温静等^[12]人对卷柏(*Selaginella tamariscina*)的75%乙醇提取物三氯甲烷部位，经大孔树脂柱色谱、硅胶柱色谱及制备型HPLC等多种柱色谱分离纯化，运用高分辨电喷雾电离质谱、核磁共振等波谱技术对其进行结构确证，从中分离得到一个新环六肽化合物(图3 A)。阎新佳等^[13]对卷柏(*Selaginella tamariscina*)的75%乙醇提取物乙酸乙酯部位经多种柱色谱分离纯化，运用高分辨质谱、核磁共振等波谱技术对其进行结构确证，从中分离得到1个环六肽化合物(图3 B)。

谢运昌等^[14]以80%乙醇为溶媒对深绿卷柏(*Selaginella doederleini*)进行提取，所得提取物经除杂后进行高速逆流色谱和反相制备色谱分离纯化，得到一个环七肽化合物(图3 C)，化学式为C₅₀H₅₉N₉O₁₂。陈小明等^[15]采用硅胶柱色谱、MCI柱色谱、半制备HPLC等多种分离技术对垫状卷柏(*Selaginella pulvinata*)95%乙醇提取物进行分离纯化，并根据核磁共振波谱、高分辨质谱等方法鉴定化合物结构，发现垫状卷柏中含有一个环八肽化合物(图3 D)，且该化合物对人肝癌细胞(HepG2)和人肺癌细胞(A549)具有较强的增殖抑制作用。吕华为等^[16]人对垫状卷柏(*Selaginella pulvinata*)的95%乙醇提取物二氯甲烷部位，经MCI柱色谱、硅胶柱色谱、中压制备液相色谱及制备型HPLC等多种柱色谱分离纯化，运用高分辨电喷雾电离质谱、核磁共振、紫外、红外等波谱技术对其进行结构确证，从中分离得到一个新环八肽化合物(图3 E)。

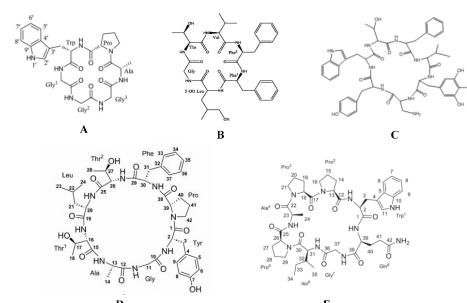


图3 卷柏属环肽结构图

1.5 其他化学成分

随着研究的深入，相关研究人员还从卷柏属中分离一系列化合物，个别具有具有罕见母核和新颖骨架的化合物，如甾类、有机酸类、糖苷类、酚类、蒽醌类、萜类及生物碱等^[5]。

2. 卷柏环肽在热损伤防护及热损伤修护的作用机制

热作为日常环境中普遍存在的物理因素，既包括日晒、高温环境等外源性热刺激，也涵盖热敷、运动产热等内源性热作用，其对皮肤的影响贯穿结构与功能层面。适度热刺激可通过促进局部血液循环、调节角质代谢参与皮肤生理稳态维持，但过量或持续热暴露则可能破坏表皮屏障完整性、影响真皮胶原纤维稳定性，甚至引发细胞损伤与炎症反应。

2.1 抗氧化应激

有研究表明，慢性热处理会显著降低过氧化氢酶（CAT）和超氧化物歧化酶（SOD）的活性，削弱了皮肤对活性氧（ROS）的清除能力，更容易引起氧化损伤。此外，热损伤还会诱导ROS的产生，如过氧化氢（H₂O₂）和超氧阴离子（O₂⁻）。当ROS的生成速率超过细胞内抗氧化防御系统如CAT、SOD等的清除能力时，就会引发氧化应激状态。过量的ROS不仅会直接破坏生物大分子，导致蛋白质氧化和脂质过氧化水平显著升高，破坏胶原蛋白的结构，ROS还能激活基质金属蛋白酶（MMPs）表达的关键上游信号，间接影响细胞的生理功能^[17-18]。

何福林等人^[19]从地卷柏中分离得到13个环肽类化合物，并通过试验验证环肽类化合物能够抑制H₂O₂引起的细胞死亡。肖国素^[20]等发现卷柏总黄酮(TFST)能减少肺损伤大鼠肺组织中丙二醛（MDA）水平，提升抗氧化酶SOD活性，增加肺损伤大鼠肺组织Nrf2、HO-1蛋白的表达，提示卷柏黄酮具有较好的抗氧化应激、抗衰作用。

核转录因子kappaB(NF-κB)是细胞中重要的转录调节因子，参与热损伤过程中的皮肤炎症反应过程^[21]，也是热休克因子(HSFs)调节的靶点之一^[22]。已有研究发现NF-κB通路受HSF-1的抑制作用，HSF-1通过特异性抑制NF-κB通路激活减少刺激因子GM-CSF的表达和炎症细胞浸润^[22]，表明NF-κB可作为热损伤修复的重要靶点之一。有研究显示^[23]，卷柏乙醇提取物不仅能抑制NF-κB的磷酸化及NF-κB的核内易位从而抑制其活性，还能抑制脂多糖(LPS)刺激诱导的一氧化氮(Nitric oxide, NO)、前列腺素E2(PGE2)和促炎细胞因子IL-1β、IL-6的产生。此外，Shim等人^[24]通过试验也证明卷柏水提取物显著抑制NF-κB受体活化因子(RANK)配体(RANKL)诱导的NF-κB p65磷酸化的增加。

MAPKs(丝裂原活化蛋白激酶)是细胞外刺激向细胞内传递信号的关键通路，可以调控细胞的增殖、分化、凋亡、炎症反应以及基质代谢等过程。研究表明^[25]，热损伤不仅剂量依赖性地诱导MMP1和MMP3的表达，还会引起ERK、JNK和p38三种不同的MAPK的快速激活，进而诱导皮肤造成一系列热老化损伤。Lee等^[26]发现，鹿角卷柏(*Selaginella rossii*)95%乙醇提取物可通过特异性抑制JNK/p38 MAPKs磷酸化从而抑制其表达，发挥热损伤修护作用。此外Zhou等人^[27]发现，卷柏中的Selaginellin成分可通过抑制MAPK通路下调MITF及其下游基因(TYR, TYRP2)表达，还能拮抗紫外线激活的成纤维细胞和角质细胞的旁分泌功能。

2.2 抗炎

轻微热刺激可在短时间内激活肥大细胞并产生炎症介质，在长期热刺激或热应激的环境中，皮下脂肪细胞会被激活并产生一系列炎症介质如：TNFα、PAI1、IL1β、IL6、IL8^[28-30]。研究表明^[31]卷柏环七肽化合物对脂多糖诱导BV2细胞产生NO具有显著的抑制作用，当浓度为20μmol/L时，该化合物的NO释放抑制率达到(96.2±1.40)%。郭凯等人^[32]通过固相合成一个环七肽化合物，并通过试验证明环七肽化合物能够抑制LPS引起的NO、IL-6和TNF-α的表达。

2.3 抗过敏

Dai Y等人^[33]研究表明，70%乙醇卷柏提取物能够抑制C48/80和卵清蛋白引起的组胺释放，抑制组胺和5-羟色胺引起的皮肤不良反应。当卷柏醇提物与大鼠肥大细胞共同孵育时，70%乙醇卷柏提取物(200 μg/mL)能显著升高细胞内环磷酸腺苷(cAMP)水平。

姜英男等人^[34]使用卷柏醇提物作为唯一碳源，通过一步水热法制备卷柏提取物碳纳米点(SSE-CDs)，用于治疗改善特应性皮炎，在动物实验及人体实验中均有较好的改善结果，人体实验中患者治疗后其皮脂分泌率、TEWL水平降低，而pH值、皮肤含水量水平升高，且治疗后患者血清组织蛋白酶S(Cathepsin S, Cat S)水平降低。

2.4 抗衰

光老化是指长期紫外线辐射导致的皮肤过早老化。皮肤受光老化影响会出现细纹和皱纹、不规则的色斑及肤色发黄粗糙等问题。而p21基因在光老化过程中起关键作用^[35]，p21基因持续高表达会促使细胞进入衰老状态，并且参与调节SASP相关因子的分泌。王媛等人^[36]发现，卷

柏乙醇提取物可以抑制 p21 的表达升高现象，进而能够用于帮助皮肤细胞恢复正常细胞周期，促进细胞增殖和更新，减少因光老化而积累的衰老细胞数量，起到保护皮肤的效果。

热会激活基质金属蛋白酶 MMP-1 和 MMP-3 在 mRNA 和蛋白水平上的表达^[37]。而 MMP-1 和 MMP-3 的上调会造成胶原蛋白的降解，使真皮的机械强度下降、弹性减弱，出现皮肤松弛、皱纹加深的负面表现^[38]。研究发现，卷柏醇提物可以抑制基质金属蛋白酶的表达进而减少皮肤热损伤，如抑制癌细胞中的 MMP-2 和 MMP-9 并上调金属蛋白酶组织抑制剂 -1 (TIMP-1) 和 TIMP-2 的表达^[39]，以及抑制紫外线诱导的人皮肤成纤维细胞中 MMP-1 的表达^[40]。

3. 结论

卷柏作为传统药用植物，其化学成分多样。其中，环肽类化合物凭借稳定的环状结构、优异的酶解抗性及明确的作用靶点，已成化妆品领域的研究核心。现有研究已建立多种卷柏环肽的分离纯化技术，成功鉴定多种类型环肽化合物，并证实其通过调控 NF-κB、MAPK 等关键信号通路，在抗氧化应激、抗炎、抗过敏及抗衰等方面发挥显著作用，为热损伤防护与修护类化妆品的开发提供了坚实的科学依据。

学界虽已开展大量环肽类化合物的基础研究，但是环肽类化合物在化妆品应用中的稳定性、透皮吸收效果及长期使用安全性评价等实用化应用方面研究仍较为匮乏。基于此，未来需进一步开展的卷柏环肽相关的结构修饰、构效关系分析及化妆品配方研发等方面的研究，以充分释放其天然生物活性，推动热防护与修护类美妆产品的创新升级，同时为传统药用植物资源的现代化开发提供新的思路。

参考文献

- [1] 温静, 倪帅聪, 马海小林莫, 等. 卷柏化学成分及抗肿瘤活性研究 [J]. 中药材, 2025, 48(1): 114–118.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部 [S]. 中国医药科技出版社, 2020:237.
- [3] 段慧明. 生物活性环肽及其药学研究进展 [J]. 中国现代应用药学, 2019, 36(05):633–638.
- [4] 李彦超, 周宁, 郑晓珂. 卷柏总黄酮的质量标准研究 [J]. 西北药学杂志, 2021, 36(03):353–356.
- [5] 许作超, 付晓秀, 金莉莉. 卷柏的化学成分研究进展 [J]. 中国现代应用药学, 2017, 34(12):1779–1784.
- [6] Ren M, Li S, Gao Q, et al. Advances in the Anti-Tumor Activity of Biflavonoids in Selaginella[J]. Int J Mol Sci, 2023, 24(9):7731.
- [7] 阿吉尔古丽·麦麦提, 付瑾, 亢诗雯, 等. 卷柏属植物的生物学特性与现代研究进展 [J/OL]. 海南医科大学学报, 2025:1–29.
- [8] 温静, 阎新佳. 基于 UPLC-QTOF-MS/MS 的卷柏化学成分分析 [J]. 天然产物研究与开发, 2024, 36(10):1660–1669.
- [9] 章为. 基于 UPLC-MS 卷柏炔酚特征性成分分析及其质量标志物研究 [D]. 中南大学, 2023.
- [10] 郑鑫. 卷柏氯仿部位化学成分及质量标准研究 [D]. 哈尔滨商业大学, 2021.
- [11] 赵冕, 王磊, 冯子迈, 等. 植物环肽研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2024, 49(05):1172–1185.
- [12] WEN J, LIU Y, ZHANG S S, et al. A new cyclic peptide from Selaginella tamariscina[J/OL]. Journal of Asian Natural Products Research, 2022, 24(12): 1169–1176.
- [13] 西南民族大学. 一种环肽类化合物及其制备方法和用途 :202210633396.8[P]. 2024-03-15.
- [14] 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所. 卷柏环七肽化合物及其制备方法和应用 :202311461860.0[P]. 2024-01-05.
- [15] 陈小明, 贺茜, 吕敬崑, 等. 垫状卷柏中一个新的环肽 [J]. 天然产物研究与开发, 2025, 37(11):2028–2034.
- [16] LV H, LI Y, ZHU M, et al. A cyclic peptide and two pairs of norlignan lignanoside epimers from Selaginella pulvinata[J/OL]. Fitoterapia, 2020, 143: 104562.
- [17] Chen Z, Seo JY, Kim YK, Lee SR, Kim KH, Cho KH, Eun HC, Chung JH. Heat modulation of tropoelastin, fibrillin-1, and matrix metalloproteinase-12 in human skin in vivo[J]. J Invest Dermatol. 2005, 124(1):70.
- [18] Cho S, Shin MH, Kim YK, et al. Effects of infrared radiation and heat on human skin aging in vivo[J]. J Investig Dermatol Symp Proc. 2009, 14(1):15–9.
- [19] 何福林, 贺茜, 吕敬崑, 等. 地卷柏中肽类化学成分及其神经保护活性研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2024, 36(07):1166–1174.
- [20] 肖国素. 卷柏总黄酮通过调节 Nrf2/HO-1 信号通路减轻机械通气相关性肺损伤的机制研究 [D]. 贵州医科大学, 2025.
- [21] 王晓晨, 吉爱国. NF-κB 信号通路与炎症反应 [J]. 生理科学进展, 2014, 45(01):68–71.
- [22] WIRTH D, BUREAU F, MELOTTE D, et al. Evidence for a role of heat shock factor 1 in inhibition of NF-κB pathway during heat shock response-mediated lung protection[J/OL]. American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology, 2004, 287(5): L953–L961.
- [23] Won AN, Kim SA, Ahn JY, et al. HO-1 Induction by Selaginella tamariscina Extract Inhibits Inflammatory Response in Lipopolysaccharide-Stimulated RAW 264.7 Macrophages[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2018:7816923.

- [24]Shim SY, Lee SG, Lee M. Biflavonoids Isolated from *Selaginella tamariscina* and Their Anti-Inflammatory Activities via ERK 1/2 Signaling. *Molecules*[J]. 2018, 23(4):926.
- [25]Seo J Y, Chung J H. Thermal aging: A new concept of skin aging[J]. *Journal of Dermatological Science Supplement*, 2006, 2(1): S13–S22.
- [26]LEE H, KIM S Y, WOO S, et al. Amentoflavone-Enriched *Selaginella rossii* Protects against Ultraviolet- and Oxidative Stress-Induced Aging in Skin Cells[J/OL]. *Life*, 2022, 12(12): 2106.
- [27]ZHOU Y, ZENG H L, WEN X Y, et al. *Selaginellin* Inhibits Melanogenesis via the MAPK Signaling Pathway[J/OL]. *Journal of Natural Products*, 2022, 85(4): 838–845.
- [28]Nakayama Y, Komuro R, Yamamoto A, et al. RhoA induces expression of inflammatory cytokine in adipocytes[J]. *Biochemical and biophysical research communications*, 2009, 379(2): 288–292.
- [29]Rana M N , Neeland I J . Adipose Tissue Inflammation and Cardiovascular Disease: An Update[J]. *Current Diabetes Reports*, 2022, 22(1):27–37.
- [30]WeisbergSP M C D, DesaiM R M, Leibel R L, et al. Obesity is associated with macrophage accumulation in adipose tissue[J]. *J Clin Invest*, 2003, 112(12): 1796–1808.
- [31]广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所. 卷柏环七肽化合物及其制备方法和应用 :202311461860.0[P].2024-01-05.
- [32]郭凯,乔成龙,姬胜利. 环肽衍生物的合成及其在抗炎护肤领域的应用 [J]. 中国化妆品 ,2025,(03):70–77.
- [33]Dai Y, But PP, Chu LM, et al. Inhibitory effects of *Selaginella tamariscina* on immediate allergic reactions[J]. *Am J Chin Med*. 2005;33(6):957–66.
- [34]长春中医药大学 .一种具有抗炎、皮炎及护肤的卷柏碳纳米点的应用 :202510907845.7[P].2025-10-24.
- [35]刘川 .Hsp27通过 p21在皮肤角质形成细胞光老化中调控细胞凋亡的机制研究 [D].重庆医科大学 ,2019.
- [36]深圳市护家科技有限公司. 卷柏提取方法、卷柏提取物及制备方法和用途 :202510419296.9[P].2025-06-13.
- [37]万静,王琪,王晓东 .皮肤光老化与热老化的研究进展 [J]. 日用化学品科学 ,2024,47(09):58–62.
- [38]Funasaka Y .Overview of Cosmetic Dermatological Approach for Photoaging[J]. *Journal of Society of Cosmetic Chemists of Japan*, 2008, 42(1):2–6.
- [39]YANG J S, LIN C W, HSIEH Y S, et al. *Selaginella tamariscina* (Beauv.) possesses antimetastatic effects on human osteosarcoma cells by decreasing MMP-2 and MMP-9 secretions via p38 and Akt signaling pathways[J/OL]. *Food and Chemical Toxicology*, 2013, 59: 801–807.
- [40]LEE C W, CHOI H J, KIM H S, et al. Biflavonoids isolated from *Selaginella tamariscina* regulate the expression of matrix metalloproteinase in human skin fibroblasts[J/OL]. *Medicinal Chemistry*, 2008, 16(2): 732–738.

Research Progress on Active Components and Cyclopeptides of *Selaginella tamariscina*

Huang Xiao-dong^{1,2}, Meng Hong^{1,2*}, Xing Jiang-yan^{2,3}, Yan Can-liang⁴, Xu Chong⁴, Chen Zhi-chao⁴, Li Wen-xuan^{1,2}

(1. Beijing Technology and Business University, Beijing, 100048;

2. Beijing Technology and Business University-Guangdong Baiwen Joint-Lab oratory, Beijing, 100048;

3. Beijing Qisi Innovation Technology Co., Ltd., Beijing 100085;

4. Guangdong Baiwen Biotechnology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 100085)

Abstract : This paper systematically reviews the research progress on the active components and cyclopeptides of *Selaginella tamariscina*, with a focus on the isolation and identification of cyclopeptide compounds as well as the mechanism underlying the efficacy of *Selaginella tamariscina* in repairing heat-induced skin damage. It provides important scientific support for the development of cosmetics related to heat protection and heat damage repair, and facilitates the industrial application of *Selaginella tamariscina* - derived ingredients.

Keywords : *selaginella tamariscina*; active components; cyclic peptides; heat protection; heat damage repair

