

葫芦巴化学成分及其鼻黏液腺细胞保护活性研究

郑琳靖, 王俊杰, 陈璐璐, 张灵敏, 孙麦青*
(河南省中医院/河南中医药大学第二附属医院, 河南 郑州 450006)

摘要: 目的 探讨葫芦巴化学成分及其鼻黏液腺细胞保护活性。方法 采用硅胶、Sephadex LH-20 柱色谱进行分离纯化, 根据理化性质及波谱数据鉴定化合物的结构。采用 MTT 法评价化合物对鼻黏液腺细胞的保护活性。结果 从中分离得到 24 个化合物, 分别鉴定为 descurainoside (1)、thunalbene (2)、2, 4-二羟基-3-甲基苯甲醛 (3)、5-羟基-7-甲氧基二氢黄酮 (4)、methoxylatifolone (5)、dichotomoside E (6)、5, 8-二羟基-6, 7-二甲氧基黄酮 (7)、5, 6-二羟基-7-甲氧基二氢黄酮 (8)、sipandinolide (9)、blapindole I (10)、5-羟甲基糠醛 (11)、大黄素甲醚 (12)、poacynose (13)、4'-二甲氧基二氢槲皮素 (14)、4-oxopinoresinol (15)、thunberginol C (16)、grandisin (17)、异牡黄素 (18)、三裂鼠尾草素 (19)、didehydroconicol (20)、capillasterolide (21)、helipyron (22)、aglycone (23)、5, 7, 4'-三羟基-6-甲氧基黄酮 (24)。化合物 16、19 的细胞存活率分别为 (81.29±7.69)%、(80.63±7.53)%。结论 化合物 1~24 均为首次从葫芦巴中分离得到。化合物 16、19 具有良好的鼻黏液腺细胞保护活性。

关键词: 葫芦巴; 化学成分; 分离鉴定; 鼻黏液腺细胞; 保护活性

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2026)04-1186-07

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2026.04.017

Chemical constituents of *Trigonella foenum-graecum* and their protective activity on nasal mucus gland cells

ZHENG Lin-jing, WANG Jun-jie, CHEN Lu-lu, ZHANG Ling-min, SUN Mai-qing*

(Henan Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine/The Second Affiliated Hospital of Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450006, China)

ABSTRACT: **AIM** To study the chemical constituents of *Trigonella foenum-graecum* L. and their protective activity on nasal mucus gland cells. **METHODS** Separation and purification were performed using silica gel and Sephadex LH-20 column chromatography. The protective activity of compounds on nasal mucus gland cells was evaluated by MTT assay. **RESULTS** Twenty-four compounds were isolated and identified as descurainoside (1), thunalbene (2), 2, 4-dihydroxy-3-methylbenzaldehyde (3), 5-hydroxy-7-methoxy-dihydroflavone (4), methoxylatifolone (5), dichotomoside E (6), 5, 8-dihydroxy-6, 7-dimethoxyflavone (7), 5, 6-dihydroxy-7-methoxy-dihydroflavone (8), sipandinolide (9), blapindole I (10), 5-hydroxymethylfurfural (11), emodin methyl ether (12), poacynose (13), dihydroquercetin-4'-dimethoxy (14), 4-oxopinoresinol (15), thunberginol C (16), grandisin (17), isovitexin (18), salvidin (19), didehydroconicol (20), capillasterolide (21), helipyron (22), aglycone (23), 5, 7, 4'-trihydroxy-6-methoxyflavone (24). The cell survival rates of compounds 16 and 19 were (81.29±7.69)% and (80.63±7.53)%, respectively. **CONCLUSION** Compounds 1~24 are isolated from *T. foenum-graecum* for the first time. Compounds 16 and 19 have good protective activity on nasal mucus gland cells.

KEY WORDS: *Trigonella foenum-graecum* L.; chemical constituents; isolation and identification; nasal mucus gland cells; protective activity

收稿日期: 2025-08-26

基金项目: 河南省中医药科学研究专项课题 (2022ZY1071)

作者简介: 郑琳靖 (1990—), 女, 硕士, 主治医师, 研究方向为中西医结合治疗耳鼻咽喉疾病。E-mail: lulu333zy@126.com

* 通信作者: 孙麦青 (1966—), 女, 硕士, 硕士生导师, 主任医师, 研究方向为中医药治疗耳鼻咽喉相关疾病。E-mail: hzzyy777@126.com

葫芦巴为豆科葫芦巴属植物葫芦巴 *Trigonella foenum-graecum* L. 的成熟种子, 又称胡香草、卢巴、香苜蓿、苦豆^[1], 原产于中亚, 已有长达四千多年的应用历史, 在宋朝传入我国。目前, 其在我国多个地区均有栽培, 主要产地为河南、甘肃、新疆、山西等地。葫芦巴辛温走散, 具有温肾助阳、散寒通窍、除湿止痛的作用, 临床上用于治疗阳痿、鼻渊、鼻鼽、寒疝腹痛、脚气肿痛等疾病^[2], 其主要化学成分为黄酮类、萜类、苯丙素类、萹醌类、生物碱类、甾体类、矿物质类等^[3]。现代药理研究显示, 葫芦巴具有抗过敏、抗氧化、保护黏膜、抗菌、调节免疫、保护血管等活性^[4-5]。

鼻黏液腺细胞为鼻腔黏膜的重要组成细胞, 可促进黏液分泌, 与鼻纤毛组成黏液-纤毛清除系统, 可粘附并清除鼻腔中微生物、粉尘等有害物质, 是鼻腔抵御病原体的重要细胞。为了探讨葫芦巴治疗鼻部疾病的药效物质基础, 本研究对葫芦巴化学成分进行分离纯化, 并测定所得化合物对鼻黏液腺细胞的保护活性, 现报道如下。

1 材料

Altea 型核磁共振仪 (德国西门子医疗系统有限公司); RZ-500 型质谱仪 (上海睿康生物科技有限公司); SuPerMax 3000FA 型多功能酶标仪 (杭州奥盛仪器有限公司); RV 10 auto pro 型旋转蒸发器 [艾卡 (广州) 仪器设备有限公司]; TB 型电子天平 [丹佛仪器 (北京) 有限公司]; XB2202C 型分析天平 [普利赛斯国际贸易 (上海) 有限公司]。柱色谱、薄层色谱硅胶 (青岛恒泽硅胶制品有限公司); Sephadex LH-20 葡聚糖凝胶 (上海思拓凡生物科技有限公司)。二甲基亚砜 (DMSO, 日本本溪市圣华化工有限公司); 噻唑蓝 (MTT, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司); 提取分离所用试剂均为分析纯。

葫芦巴购自河南省登封市, 经河南中医药大学第二附属医院蔡纪堂教授鉴定为豆科植物葫芦巴 *Trigonella foenum-graecum* L. 的干燥成熟种子。鼻黏液腺细胞购自中源协和细胞基因工程股份有限公司。

2 提取与分离

取葫芦巴 18.6 kg, 加入 90% 乙醇, 加热回流提取 3 次, 回收乙醇后得 1.9 kg 浸膏。对总浸膏进行萃取处理, 回收溶剂后得石油醚部位 (Fr. A, 196 g)、乙酸乙酯部位 (Fr. B, 1 721 g) 及正丁醇部位 (Fr. C, 216 g)。

Fr. A 经硅胶柱色谱分离, 以石油醚-丙酮 (100 : 0~30 : 70) 梯度洗脱, 得到 Fr. A1~Fr. A6。Fr. A3 (13.5 g) 经硅胶柱色谱分离, 以正己烷-丙酮 (70 : 30~30 : 70) 梯度洗脱, 得 Fr. A3-1~Fr. A3-9, Fr. A3-2 (192 mg) 经硅胶柱色谱分离, 以正己烷-丙酮 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **1** (26 mg); Fr. A3-4 (151 mg) 经 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇-氯仿 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **6** (22 mg)、**7** (23 mg); Fr. A3-7 (164 mg) 经结晶和重结晶, 得化合物 **2** (20 mg)、**3** (21 mg)。

Fr. B 经硅胶柱色谱分离, 以石油醚-丙酮 (100 : 0~30 : 70) 梯度洗脱, 得到 Fr. B1~Fr. B8。Fr. B2 (15.3 g) 经硅胶柱色谱分离, 以环己烷-丙酮 (70 : 30~30 : 70) 梯度洗脱, 得 Fr. B2-1~Fr. B2-7, Fr. B2-2 (192 mg) 经硅胶柱色谱分离, 以环己烷-丙酮 (30 : 70) 洗脱, 得化合物 **4** (26 mg)、**5** (22 mg); Fr. B2-4 (131 mg) 通过 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇-氯仿 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **8** (22 mg)、**9** (20 mg)、**10** (20 mg); Fr. B2-6 (125 mg) 通过 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇-氯仿 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **14** (19 mg)、**15** (24 mg)。Fr. B5 (16.3 g) 经硅胶柱色谱分离, 以环己烷-丙酮 (60 : 40~40 : 60) 梯度洗脱, 得 Fr. B5-1~Fr. B5-8, Fr. B5-1 (136 mg) 经硅胶柱色谱分离, 以环己烷-丙酮 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **16** (22 mg)、**17** (21 mg)、**18** (23 mg); Fr. B5-3 (123mg) 通过 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇-氯仿 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **24** (22 mg); Fr. B5-5 (125 mg) 经结晶和重结晶, 得化合物 **19** (24 mg)、**20** (19 mg); Fr. B5-7 (142 mg) 经硅胶柱色谱分离, 以环己烷-丙酮 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **23** (18 mg)。

Fr. C 经硅胶柱色谱分离, 以丙酮-甲醇 (100 : 0~30 : 70) 梯度洗脱, 得到 Fr. C1~Fr. C6。Fr. C2 (17.1 g) 经硅胶柱色谱分离, 采用环己烷-甲醇 (70 : 30~30 : 70) 梯度洗脱, 得 Fr. C2-1~Fr. C2-8, Fr. C2-3 (145 mg) 经硅胶柱色谱分离, 以环己烷-甲醇 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **21** (21 mg)、**22** (26 mg); Fr. C2-5 (129 mg) 通过 Sephadex LH-20 分离, 以甲醇-氯仿 (50 : 50) 洗脱, 得化合物 **11** (26 mg)、**12** (21 mg); Fr. C2-7 (113mg) 经结晶和重结晶, 得化合物 **13** (21 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 黄色油状, ESI-MS m/z : 423.113 7

[M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO-*d*₆, 600 MHz) δ: 7.58 (1H, s, H-7), 6.75 (2H, s, H-2, 6), 5.23 (1H, d, *J*=12.0 Hz, H-1'), 3.92 (1H, t, *J*=12.0 Hz, H-2'), 3.74 (1H, overlap, H-6'a), 3.62 (6H, s, 3, 5-OCH₃), 3.51 (1H, overlap, H-3'), 3.46 (1H, overlap, H-6'β), 3.31 (1H, overlap, H-5'), 3.27 (1H, overlap, H-4'); ¹³C-NMR (DMSO-*d*₆, 150 MHz) δ: 102.6 (C-1), 97.5 (C-2), 132.9 (C-3), 115.9 (C-4), 137.6 (C-5), 93.3 (C-6), 131.8 (C-7), 124.7 (C-8), 151.6 (C-9), 68.3 (C-1'), 74.9 (C-2'), 63.5 (C-3'), 68.9 (C-4'), 71.9 (C-5'), 63.9 (C-6'), 57.1 (3-OCH₃), 57.1 (5-OCH₃)。以上数据与文献 [6] 报道基本一致, 故鉴定为 *descurainoside*。

化合物 2: 白色晶体, ESI-MS *m/z*: 265.183 2 [M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO-*d*₆, 600 MHz) δ: 7.24 (1H, d, *J*=12.0 Hz, H-6'), 7.03 (1H, d, *J*=8.2 Hz, H-4), 6.94 (1H, d, *J*=12.0 Hz, H-5'), 6.91 (1H, d, *J*=12.0 Hz, H-4'), 6.85 (1H, s, H-2), 6.81 (1H, d, *J*=8.2 Hz, H-a), 6.63 (1H, s, H-6), 6.51 (1H, s, H-2'), 6.43 (1H, d, *J*=2.0 Hz, H-a'), 4.13 (3H, s, 5-OCH₃); ¹³C-NMR (DMSO-*d*₆, 150 MHz) δ: 141.6 (C-1), 103.2 (C-2), 157.3 (C-3), 93.5 (C-4), 152.6 (C-5), 96.5 (C-6), 142.6 (C-1'), 110.6 (C-2'), 153.9 (C-3'), 113.5 (C-4'), 131.6 (C-5'), 103.6 (C-6'), 55.1 (5-OCH₃)。以上数据与文献 [7] 报道基本一致, 故鉴定为 *thunalbene*。

化合物 3: 淡黄色粉末, ESI-MS *m/z*: 175.326 9 [M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO-*d*₆, 600 MHz) δ: 9.57 (1H, s, H-7), 7.46 (1H, d, *J*=12.0 Hz, H-5), 6.53 (1H, d, *J*=12.0 Hz, H-6), 1.94 (3H, s, H-8); ¹³C-NMR (DMSO-*d*₆, 150 MHz) δ: 116.9 (C-1), 153.6 (C-2), 97.6 (C-3), 154.6 (C-4), 103.2 (C-5), 117.5 (C-6), 182.6 (C-7), 13.5 (C-8)。以上数据与文献 [8] 报道基本一致, 故鉴定为 2, 4-二羟基-3-甲基苯甲醛。

化合物 4: 黄色粉末, ESI-MS *m/z*: 293.203 5 [M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO-*d*₆, 600 MHz) δ: 11.62 (1H, s, 5-OH), 7.51~7.43 (5H, m, H-2'~6'), 5.82 (2H, m, H-6, 8), 5.62 (1H, dd, *J*=8.2, 2.2 Hz, H-2), 3.76 (3H, s, 7-OCH₃), 2.85 (1H, dd, *J*=12.0, 8.2 Hz, H-3), 2.71 (1H, dd, *J*=12.0, 8.2 Hz, H-3); ¹³C-NMR (DMSO-*d*₆, 150

MHz) δ: 124.6 (C-1), 80.3 (C-2), 44.1 (C-3), 175.6 (C-4), 152.6 (C-5), 96.1 (C-6), 158.3 (C-7), 95.1 (C-8), 153.6 (C-9), 98.5 (C-10), 126.5 (C-1'), 125.1 (C-2'), 131.5 (C-3'~5'), 125.1 (C-6'), 54.1 (7-OCH₃)。以上数据与文献 [9] 报道基本一致, 故鉴定为 5-羟基-7-甲氧基二氢黄酮。

化合物 5: 棕色粉末, ESI-MS *m/z*: 261.140 3 [M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO-*d*₆, 600 MHz) δ: 6.87 (1H, s, H-6), 5.72 (2H, s, H-2), 4.06 (3H, s, 4-OCH₃), 3.74 (3H, s, 7-OCH₃), 3.05 (2H, q, *J*=12.0 Hz, H-2'), 1.34 (3H, t, *J*=12.0 Hz, H-3'); ¹³C-NMR (DMSO-*d*₆, 150 MHz) δ: 143.6 (C-1), 103.1 (C-2), 137.1 (C-3), 140.2 (C-4), 124.1 (C-5), 106.3 (C-6), 131.8 (C-7), 176.2 (C-1'), 37.1 (C-2'), 12.4 (C-3'), 59.3 (7-OCH₃), 55.1 (4-OCH₃)。以上数据与文献 [10] 报道基本一致, 故鉴定为 *methoxylatifolone*。

化合物 6: 白色粉末, ESI-MS *m/z*: 437.204 4 [M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO-*d*₆, 600 MHz) δ: 6.93 (1H, d, *J*=12.0 Hz, H-5), 6.65 (1H, d, *J*=12.0 Hz, H-2), 6.51 (1H, dd, *J*=12.0, 8.2 Hz, H-6), 3.91 (3H, s, 3-OCH₃), 2.64 (2H, t, *J*=8.2 Hz, H-7), 2.57 (2H, t, *J*=12.0 Hz, H-8), 1.03 (3H, d, *J*=7.6 Hz, H-4''); ¹³C-NMR (DMSO-*d*₆, 150 MHz) δ: 131.5 (C-1), 108.5 (C-2), 143.8 (C-3), 138.5 (C-4), 108.6 (C-5), 115.6 (C-6), 30.8 (C-7), 37.1 (C-8), 162.5 (C-9), 97.2 (C-1'), 73.8 (C-2'), 80.1 (C-3'), 70.7 (C-4'), 78.1 (C-5'), 63.4 (C-6'), 57.1 (3-COOCH₃)。以上数据与文献 [11] 报道基本一致, 故鉴定为 *dichotomoside E*。

化合物 7: 黄色粉末, ESI-MS *m/z*: 337.207 3 [M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO-*d*₆, 600 MHz) δ: 11.32 (1H, s, 5-OH), 8.01 (2H, m, H-2', 6'), 7.64 (3H, m, H-3'~5'), 6.53 (1H, s, H-3), 5.41 (1H, s, 8-OH), 4.08 (3H, s, 7-OCH₃), 4.02 (3H, s, 6-OCH₃); ¹³C-NMR (DMSO-*d*₆, 150 MHz) δ: 127.3 (C-1), 157.2 (C-2), 97.4 (C-3), 176.3 (C-4), 146.1 (C-5), 130.4 (C-6), 141.2 (C-7), 136.8 (C-8), 145.1 (C-9), 102.8 (C-10), 132.4 (C-1'), 127.1 (C-2'), 130.5 (C-3'), 130.8 (C-4'), 130.5 (C-5'), 127.1 (C-6'), 59.8 (6-OCH₃), 62.1 (7-OCH₃)。以上数据与文献 [12]

报道基本一致, 故鉴定为 5, 8-二羟基-6, 7-二甲氧基黄酮。

化合物 **8**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 309.226 9 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 11.52 (1H, s, 5-OH), 7.36 (5H, m, H-2'~6'), 5.93 (1H, s, H-8), 5.32 (1H, dd, $J=8.2, 2.0$ Hz, H-2), 5.02 (1H, s, 6-OH), 4.13 (3H, s, 7-OCH₃), 3.26 (1H, dd, $J=12.0, 8.2$ Hz, H-3a), 2.68 (1H, dd, $J=12.0, 8.2$ Hz, H-3 β); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 91.3 (C-1), 82.4 (C-2), 44.1 (C-3) 172.6 (C-4), 151.6 (C-5), 131.8 (C-6), 153.8 (C-7), 94.6 (C-8), 154.1 (C-9), 101.3 (C-10), 137.2 (C-1'), 124.1 (C-2'), 130.5 (C-3'~5'), 124.1 (C-6'), 57.1 (7-OCH₃)。以上数据与文献 [12] 报道基本一致, 故鉴定为 5, 6-二羟基-7-甲氧基二氢黄酮。

化合物 **9**: 褐色粉末, ESI-MS m/z : 287.126 9 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 6.53 (1H, m, H-5), 5.91 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-4), 5.73 (1H, s, H-1), 4.96 (1H, brs, H-12 β), 4.73 (1H, brs, H-12a), 2.81 (1H, m, H-6), 2.56 (2H, m, H-8), 2.09 (3H, brs, H-10), 1.94 (3H, s, H-14), 1.76 (2H, m, H-7), 1.71 (3H, s, H-13); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 96.4 (C-1), 142.1 (C-2), 126.8 (C-3), 109.1 (C-4), 136.8 (C-5), 51.7 (C-6), 27.9 (C-7), 42.9 (C-8), 184.6 (C-9), 29.7 (C-10), 136.8 (C-11), 103.6 (C-12), 20.6 (C-13), 12.6 (C-14)。以上数据与文献 [13] 报道基本一致, 故鉴定为 sipandinolide。

化合物 **10**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 228.175 4 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 6.61 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-5), 6.32 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-7), 3.38 (3H, t, $J=7.6$ Hz, H-11), 2.31 (2H, q, $J=8.2$ Hz, H-10), 1.35 (6H, s, H-12, 13); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 164.2 (C-1), 175.2 (C-2), 48.9 (C-3), 139.1 (C-4), 107.3 (C-5), 153.7 (C-6), 115.6 (C-7), 127.6 (C-8), 132.8 (C-9), 24.1 (C-10), 15.6 (C-11), 25.9 (C-12), 25.9 (C-13)。以上数据与文献 [14] 报道基本一致, 故鉴定为 blapindole I。

化合物 **11**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 149.019 2 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 9.61 (1H, s, 2-CHO), 7.42 (1H, d, $J=12.0$ Hz, H-

4), 6.63 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-3), 4.57 (2H, s, H-6), 4.38 (1H, s, 6-OH); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 92.6 (C-1), 157.1 (C-2), 102.4 (C-3), 113.8 (C-4), 146.8 (C-5), 52.5 (C-6), 173.2 (2-CHO)。以上数据与文献 [15] 报道基本一致, 故鉴定为 5-羟甲基糠醛。

化合物 **12**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 307.315 3 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 7.53 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-4), 7.31 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-5), 6.92 (1H, s, H-2), 6.51 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-7), 4.02 (3H, s, 6-OCH₃), 2.31 (3H, s, 3-CH₃); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 161.3 (C-1), 124.7 (C-3), 157.6 (C-3), 105.2 (C-4), 117.3 (C-5), 150.6 (C-6), 123.8 (C-7), 151.6 (C-8), 187.3 (C-9), 176.9 (C-10), 22.1 (3-CH₃), 55.3 (6-OCH₃)。以上数据与文献 [16] 报道基本一致, 故鉴定为大黄素甲醚。

化合物 **13**: 黄色油状, ESI-MS m/z : 439.014 2 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 7.82 (2H, dd, $J=12.0, 2.2$ Hz, H-2, 6), 7.51 (1H, dd, $J=12.0, 2.2$ Hz, H-4), 7.32 (2H, dd, $J=12.0, 2.2$ Hz, H-3, 5), 5.63 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-1'), 4.31 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-1''), ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 127.6 (C-1), 125.1 (C-2), 130.2 (C-3), 135.1 (C-4), 131.6 (C-5), 127.6 (C-6), 165.1 (C-7), 95.9 (C-1'), 73.1 (C-2'), 78.4 (C-3'), 70.6 (C-4'), 78.1 (C-5'), 70.2 (C-6'), 96.8 (C-1''), 75.1 (C-2''), 76.8 (C-3''), 69.6 (C-4''), 65.1 (C-5'')。以上数据与文献 [17] 报道基本一致, 故鉴定为 poacynose。

化合物 **14**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 341.043 7 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 6.91 (1H, d, $J=12.0$ Hz, H-5'), 6.83 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-2'), 6.72 (1H, dd, $J=12.0, 8.2$ Hz, H-6'), 5.73 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-8), 5.51 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-6), 4.76 (1H, d, $J=12.0$ Hz, H-2), 4.53 (1H, d, $J=12.0$ Hz, H-3), 4.01 (3H, s, 4'-OCH₃); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 93.5 (C-1), 85.3 (C-2), 74.9 (C-3), 172.6 (C-4), 151.6 (C-5), 96.1 (C-6), 163.5 (C-7), 97.1 (C-8), 151.6 (C-9), 94.3 (C-10), 125.4 (C-1'), 113.5 (C-2'), 137.5 (C-3'), 132.5 (C-4'), 106.5 (C-5'), 113.5 (C-6'), 56.2 (4'-OCH₃)。以上数据与文献 [18] 报道基本一致, 故鉴定为 4'-二甲

氧基二氢榭皮素。

化合物 **15**: 白色固体, ESI-MS m/z : 395.108 2 [M+Na]⁺。¹H-NMR(DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 7.06~6.95 (6H, m, Ar-H), 5.41 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-2), 5.26 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-6), 4.17 (1H, dd, $J=12.0, 8.2$ Hz, H-8 β), 3.91 (1H, dd, $J=12.0, 8.2$ Hz, H-8a), 3.51 (1H, dd, $J=12.0, 8.2$ Hz, H-5), 3.35~3.31 (1H, m, H-1); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 49.1 (C-1), 84.1 (C-2), 121.5 (C-3), 163.5 (C-4), 54.1 (C-5), 85.3 (C-6), 114.5 (C-7), 73.1 (C-8), 127.3 (C-1'), 98.6 (C-2'), 131.5 (C-3'), 137.9 (C-4'), 108.3 (C-5'), 109.1 (C-6'), 116.5 (C-1''), 107.3 (C-2''), 146.8 (C-3''), 145.1 (C-4''), 113.6 (C-5''), 117.1 (C-6''), 55.4 (3'-OCH₃)。以上数据与文献 [19] 报道基本一致, 故鉴定为 4-oxopinoresinol。

化合物 **16**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 296.113 7 [M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 7.16 (2H, d, $J=12.0$ Hz, H-2', 6'), 6.91 (2H, d, $J=12.0$ Hz, H-3', 5'), 6.31 (1H, d, $J=12.0$ Hz, H-5), 6.17 (1H, d, $J=12.0$ Hz, H-7), 5.51 (1H, dd, $J=8.2, 2.0$ Hz, H-3), 3.36 (1H, dd, $J=8.2, 2.0$ Hz, H-4a), 2.93 (1H, dd, $J=8.2, 2.0$ Hz, H-4 β); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 153.8 (C-1), 135.9 (C-2), 86.4 (C-3), 36.1 (C-4), 105.3 (C-5), 165.1 (C-6), 97.6 (C-7), 164.1 (C-8), 126.4 (C-1'), 131.8 (C-2'), 15.8 (C-3'), 154.9 (C-4'), 15.8 (C-5')。以上数据与文献 [20] 报道基本一致, 故鉴定为 thunberginol C。

化合物 **17**: 无色粉末, ESI-MS m/z : 432.135 2 [M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 5.71 (2H, s, H-2', 6'), 6.62 (2H, s, H-2, 6), 5.03 (1H, d, $J=12.0$ Hz, H-7'), 4.71 (1H, d, $J=12.0$ Hz, H-7), 4.13 (3H, s, 5'-OCH₃), 4.07 (3H, s, 5-OCH₃), 4.01 (3H, s, 3'-OCH₃), 3.72 (3H, s, 3-OCH₃), 3.63 (3H, s, 4'-OCH₃), 3.51 (3H, s, 4-OCH₃), 2.31 (1H, m, H-8'), 1.76 (1H, m, H-8), 1.11 (3H, d, $J=12.0$ Hz, 9-CH₃), 0.87 (3H, d, $J=8.2$ Hz, 9'-CH₃); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 127.3 (C-1), 97.3 (C-2), 146.1 (C-3), 136.2 (C-4), 154.1 (C-5), 97.28 (C-6), 85.1 (C-7), 45.3 (C-8), 16.1 (C-9), 133.1 (C-1'), 97.28 (C-2'), 152.4 (C-3'), 137.1 (C-4'), 151.9 (C-5'), 103.6 (C-6'), 86.8 (C-7'), 47.1 (C-8'),

15.1 (C-9'), 60.8 (4-OCH₃), 60.8 (4'-OCH₃), 55.2 (5-OCH₃), 55.2 (3'-OCH₃), 55.2 (5'-OCH₃)。以上数据与文献 [21] 报道基本一致, 故鉴定为 grandisin。

化合物 **18**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 455.141 6 [M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 7.73 (2H, d, $J=12.0$ Hz, H-2', 6'), 7.03 (2H, d, $J=12.0$ Hz, H-3', 5'), 6.58 (1H, s, H-3), 6.42 (1H, s, H-8), 4.13 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-2''), 4.02 (1H, dd, $J=8.2, 2.0$ Hz, H-6'' β), 3.81 (1H, dd, $J=8.2, 2.0$ Hz, H-6''a), 3.64~3.57 (3H, m, H-3'', 5''); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 142.3 (C-1), 153.9 (C-2), 104.1 (C-3), 732.9 (C-4), 153.7 (C-5), 112.6 (C-6), 161.8 (C-7), 100.2 (C-8), 146.9 (C-9), 123.1 (C-1'), 130.5 (C-2'), 115.8 (C-3'), 152.3 (C-4'), 115.8 (C-5'), 130.5 (C-6'), 74.6 (C-1''), 71.8 (C-2''), 81.3 (C-3''), 70.9 (C-4''), 85.1 (C-5''), 63.1 (C-6'')。以上数据与文献 [22] 报道基本一致, 故鉴定为异牡黄素。

化合物 **19**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 353.118 3 [M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 11.79 (1H, s, H-5), 7.82 (2H, d, H-2', 6'), 7.23 (2H, d, H-3', 5'), 7.06 (1H, s, H-8), 4.13 (3H, s, 7-OCH₃), 4.02 (3H, s, 4'-OCH₃), 3.91 (3H, s, 4'-OCH₃), 3.82 (3H, s, 6-OCH₃); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 131.2 (C-1), 157.3 (C-2), 112.9 (C-3), 171.9 (C-4), 146.8 (C-5), 127.4 (C-6), 161.8 (C-7), 102.6 (C-8), 146.8 (C-9), 112.6 (C-10), 123.3 (C-1'), 121.8 (C-2'), 115.6 (C-3'), 162.2 (C-4'), 115.6 (C-5'), 121.8 (C-6'), 59.6 (6-OCH₃), 56.1 (7-OCH₃), 53.2 (4'-OCH₃)。以上数据与文献 [23] 报道基本一致, 故鉴定为三裂鼠尾草素。

化合物 **20**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 263.218 4 [M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 7.51 (1H, brs, H-2'), 7.16 (1H, d, $J=8.2$ Hz, H-3), 7.04 (1H, brs, H-4'), 6.91 (1H, d, $J=12.0$ Hz, H-6'), 6.83 (1H, dd, $J=12.0, 8.2$ Hz, H-5), 2.45 (3H, s, H-10'), 1.53 (6H, s, H-8', 9'); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 137.8 (C-1), 115.3 (C-2), 102.7 (C-3), 141.9 (C-4), 122.4 (C-5), 115.1 (C-6), 117.6 (C-1'), 123.6 (C-2'), 136.8 (C-3'), 127.1 (C-4'), 120.6 (C-5'),

135.9 (C-6'), 78.1 (C-7'), 28.3 (C-8'), 28.3 (C-9'), 22.6 (C-10')。以上数据与文献 [24] 报道基本一致, 故鉴定为 didehydroconicol。

化合物 21: 白色油状, ESI-MS m/z : 249.209 2 [M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 2.28 (2H, t, $J=8.2$ Hz, H-14), 2.03 (3H, d, $J=8.2$ Hz, 17-CH₃), 1.81 (1H, m, H-5a), 1.63 (3H, d, $J=8.2$ Hz, 16-CH₃), 1.61 (1H, m, H-5 β), 1.43 (2H, m, H-13), 1.34~1.29 (12H, m, H-7~12), 1.16 (1H, m, H-6a), 1.09 (1H, m, H-6 β); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 162.9 (C-1), 153.2 (C-2), 119.8 (C-3), 97.1 (C-4), 37.2 (C-5), 25.6 (C-6), 28.1~29.7 (C-7~12), 27.4 (C-13), 35.6 (C-14), 162.3 (C-15), 9.6 (C-16), 51.9 (17-OCH₃)。以上数据与文献 [25] 报道基本一致, 故鉴定为 capillasterolide。

化合物 22: 白色针晶, ESI-MS m/z : 343.307 3 [M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 9.16 (2H, s, 4, 4'-OH), 3.51 (2H, s, H-10), 2.73 (4H, q, $J=8.2$ Hz, H-7, 7'), 2.06 (6H, s, H-9, 9'), 1.25 (6H, t, $J=8.2$ Hz, H-8, 8'); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 125.6 (C-1), 153.6 (C-2), 97.8 (C-3), 151.6 (C-4), 103.4 (C-5), 151.6 (C-6), 24.6 (C-7), 13.5 (C-8), 10.3 (C-9), 21.3 (C-10), 125.6 (C-1'), 153.6 (C-2'), 97.8 (C-3'), 151.6 (C-4'), 103.4 (C-5'), 151.6 (C-6'), 24.6 (C-7'), 13.5 (C-8'), 10.3 (C-9')。以上数据与文献 [26] 报道基本一致, 故鉴定为 helipyron。

化合物 23: 白色粉末, ESI-MS m/z : 205.141 2 [M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 6.41 (1H, m, H-2), 5.46 (1H, m, H-6), 5.23 (1H, m, H-5), 4.57 (2H, m, H-1), 3.46 (1H, m, H-4 β), 2.85 (1H, m, H-4a), 2.06 (3H, s, 8-CH₃), 1.73 (3H, s, 9-CH₃); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 57.3 (C-1), 131.5 (C-2), 130.5 (C-3), 36.5 (C-4), 77.5 (C-5), 125.1 (C-6), 140.3 (C-7), 26.1 (8-CH₃), 19.1 (9-CH₃)。以上数据与文献 [27] 报道基本一致, 故鉴定为 aglycone。

化合物 24: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 323.418 5 [M+Na]⁺。¹H-NMR (DMSO- d_6 , 600 MHz) δ : 12.16 (1H, s, 5-OH), 9.82 (1H, s, 7-OH), 9.13 (1H, s, 4'-OH), 8.02 (2H, d, $J=12.0$ Hz, H-2', 6'), 7.13 (2H, d, $J=12.0$ Hz, H-3', 5'), 6.74 (1H,

s, H-8), 6.53 (1H, s, H-3), 3.82 (3H, s, 6-OCH₃); ¹³C-NMR (DMSO- d_6 , 150 MHz) δ : 126.8 (C-1), 153.2 (C-2), 97.3 (C-3), 176.2 (C-4), 141.9 (C-5), 125.3 (C-6), 142.9 (C-7), 103.5 (C-8), 147.3 (C-9), 103.1 (C-10), 117.3 (C-1'), 130.5 (C-2'), 117.4 (C-3'), 153.6 (C-4'), 117.4 (C-5'), 130.5 (C-6'), 59.4 (6-OCH₃)。以上数据与文献 [28] 报道基本一致, 故鉴定为 5, 7, 4'-三羟基-6-甲氧基黄酮。

4 鼻黏液腺细胞保护活性研究

采用 MTT 法^[29]检测化合物 1~24 对鼻黏液腺细胞 NMC-3 的保护活性, 以 *N*-乙酰半胱氨酸为阳性对照药。取处于对数期生长的永生化 NMC-3 细胞, 加入 DMEM 培养基配制成密度为 3×10^4 个/mL 的细胞悬液, 接种于 96 孔板中, 每孔 50 μ L。在 37 $^{\circ}$ C 的细胞培养箱中培养 24 h, 分别加入 60 μ mol/L *N*-乙酰半胱氨酸 (阳性对照组)、化合物 1~24、DMEM 培养液 (模型组), 每孔 30 μ L, 处理 1 h。然后加入 5 mg/mL MTT 溶液, 每孔 20 μ L, 在 37 $^{\circ}$ C 的细胞培养箱中培养 5 h, 移去培养液。每孔分别加入 120 μ L DMSO 溶液, 采用酶标仪检测 510 nm 波长处每孔的光密度 (OD), 计算细胞存活率, 公式为 细胞存活率 = [(OD_{化合物组} - OD_{模型组}) / OD_{化合物组}] \times 100%。

由表 1 可知, 与模型组比较, 加入 60 μ mol/L 化合物 2、6、9、11、16、19、21 后, NMC-3 细胞存活率升高 ($P < 0.05$), 提示这些化合物具有一定的鼻黏液腺细胞保护活性, 其中化合物 16、19 对 NMC-3 细胞的保护活性与阳性药 *N*-乙酰半胱氨酸相当 ($P > 0.05$)。

5 讨论

葫芦巴为药食两用植物, 应用广泛, 如在葫芦巴丸、五子衍宗丸、金匮肾气丸、桂附地黄丸、十香丸等中成药中均含有葫芦巴; 葫芦巴的种子和叶常在印度和南亚国家常作为菜肴食用; 还可作为制作香料、化妆品等的原料。

本研究从葫芦巴中分离鉴定出 24 个化合物, 均为首次从葫芦巴中分得, 包括黄酮类 (1、4、6、7、8、14、18、19、24)、萜类 (5、9、10、16、21)、苯丙素类 (2、15、17) 等, 结构多样, 具有多种生物活性, 为葫芦巴的药用价值提供了物质基础。本研究还采用 MTT 法测试化合物对鼻黏液腺细胞的保护活性, 结果化合物 16、19 具有良好的活性。然而, 细胞存活率的标准差为

表 1 化合物对鼻黏液腺细胞的影响 ($\bar{x}\pm s, n=3$)

Tab.1 Effects of compounds on nasal mucus gland cells ($\bar{x}\pm s, n=3$)

化合物	细胞存活率/%	化合物	细胞存活率/%
1	52.69±6.15	14	49.18±5.73
2	56.26±6.83*	15	46.86±5.42
3	51.26±6.13	16	81.29±7.69*
4	48.93±6.09	17	51.36±5.76
5	47.36±5.83	18	48.97±5.93
6	61.25±6.25*	19	80.63±7.53*
7	49.36±6.09	20	49.36±5.81
8	46.26±6.12	21	71.26±7.06*
9	69.42±6.92*	22	48.36±5.80
10	48.69±5.97	23	47.26±6.03
11	73.26±7.02*	24	52.69±5.79
12	48.36±6.03	模型组	49.63±6.03
13	47.13±5.89	阳性对照组	82.26±6.26

注：与模型组比较，* $P<0.05$ 。

$\pm 5.42\% \sim \pm 7.69\%$ ，数值较大，其原因可能为鼻黏液腺细胞中存在药物代谢酶（如细胞色素 P450）的表达具有异质性，导致药物在不同重复孔中的代谢速度不同。综上所述，本研究丰富了葫芦巴的化学成分及药效物质基础，为治疗耳鼻喉疾病的新药筛选提供了一定参考。

参考文献:

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2025 年版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2025: 257-258.

[2] 南京中医药大学. 中药大辞典[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2014: 1774-1775.

[3] 何彦峰, 马宏婷, 王瑞楠, 等. 葫芦巴化学成分和药理活性研究进展[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(16): 4069-4082.

[4] 李 琳, 高建德, 陈正君, 等. 葫芦巴化学成分及其药理作用研究进展[J]. 甘肃中医药大学学报, 2018, 35(2): 98-101.

[5] 黎忠大, 刘 东, 王 晓, 等. 葫芦巴碱调节肾移植术后代谢紊乱的应用前景[J]. 器官移植, 2021, 12(3): 363-368.

[6] Sun K, Li X, Liu J M, et al. A novel sulphur glycoside from the seeds of *Descurainia sophia* (L.) [J]. *J Asi Nat Prod Res*, 2005, 7(6): 853-856.

[7] 顾润琦, 廖勤昌, 周 莹, 等. 报春石斛的化学成分及其生物活性[J]. 昆明医科大学学报, 2025, 46(3): 7-10.

[8] Lv Q, Zhang Q, Li W T, et al. Determination of 48 fragrance allergens in toys using GC with ion trap MS/MS[J]. *J Sep Sci*, 2013, 36(21-22): 3534-3549.

[9] 郑文琳, 李文依, 陈焯琪, 等. 粗糠柴果实的化学成分研究[J]. 中草药, 2025, 56(6): 1888-1895.

[10] Teresa J D E, Villaseco M A, Hernández J M, et al. Complex acetylenes from the roots of *Ferula communis* [J]. *Planta Med*,

1986, 6(4): 458-462.

[11] Morikawa T, Sun B H, Matsuda H, et al. Bioactive constituents from Chinese natural medicines. XIV. New glycosides of beta-carboline-type alkaloid, neolignan, and phenylpropanoid from *Stellaria dichotoma* L. var. *lanceolata* and their antiallergic activities[J]. *Chem Pharm Bull*, 2004, 52(10): 1194-1199.

[12] 谢金龙, 杨志强, 王 军, 等. 黑风藤乙酸乙酯部位化学成分研究[J]. 云南中医药大学学报, 2025, 48(3): 30-36.

[13] 班宇航, 刘 欢, 柳 航, 等. 湖北金粟兰乙酸乙酯部位化学成分研究[J]. 现代中药研究与实践, 2025, 39(2): 55-60.

[14] 张兴平, 周轶平, 缪晶茜, 等. 喙尾琵琶甲化学成分的研究[J]. 中草药, 2025, 56(4): 1130-1137.

[15] 徐玲霞, 黄欣欣, 舒积成, 等. 水仙根的化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2025, 50(9): 2404-2410.

[16] 梁小云, 刘杠杠, 李志强, 等. 柳叶菜风毛菊化学成分研究[J]. 江西中医药, 2025, 56(2): 63-66.

[17] Morikawa T, Imura K, Miyake S, et al. Promoting the effect of chemical constituents from the flowers of *Poacynum hendersonii* on adipogenesis in 3T3-L1 cells[J]. *J Nat Med*, 2012, 66(1): 39-48.

[18] 王呈文, 蔡溶真, 陈雨清, 等. 毛麝香黄酮类化学成分研究[J]. 生物化工, 2025, 11(1): 137-140.

[19] 梁光平, 杨 俊, 万路平, 等. 猕猴桃根苯丙素类化学成分研究[J]. 精细化工中间体, 2025, 55(1): 28-32.

[20] 付 港, 肖时雨, 姚清颖, 等. 三叶委陵菜化学成分及其抗氧化活性研究[J]. 湖南中医药大学学报, 2025, 45(3): 460-466.

[21] Morais S K R, Teixeira A F, Torres Z E D S, et al. Biological activities of lignoids from Amazon Myristicaceae species: *Virola michelii*, *V. mollissima*, *V. pavonis* and *Iryanthera juruensis* [J]. *J Braz Chem Soc*, 2009, 20(6): 1110-1118.

[22] 唐剑东, 刘 云, 王卫华, 等. 云南金花茶叶的化学成分研究[J]. 西南林业大学学报 (自然科学), 2025, 45(3): 215-220.

[23] 舒 童, 刘荣军, 汪凤淋, 等. 云南重楼侧根的化学成分研究[J]. 山东化工, 2025, 54(7): 36-39.

[24] 王 潇, 崔伟亮, 王姝麒. 锐裂钱袋苔化学成分研究[J]. 中南药学, 2024, 22(8): 1971-1975.

[25] 李绍花, 陈宇凡, 钱海珊, 等. 白背叶椴木乙酸乙酯部位化学成分研究[J]. 云南中医药大学学报, 2024, 47(4): 61-65.

[26] 吴兆梅, 蔡 昂, 杨正江, 等. 萌条香青的化学成分研究[J]. 中药材, 2024, 47(7): 1712-1720.

[27] 郝丽亚, 李冰洁, 王中林, 等. 锯叶棕果实化学成分分离鉴定及抗前列腺炎活性研究[J]. 云南大学学报 (自然科学版), 2024, 46(1): 151-157.

[28] 樊 莉, 李婉姝, 刘望才, 等. 马蓝叶化学成分分离与鉴定[J]. 中药材, 2023, 46(3): 648-651.

[29] Niu X M, Li S H, Li M L, et al. Cytotoxic ent-kaurane diterpenoids from *Isodon eriocalyx* var. *laxiflora* [J]. *Planta Med*, 2002, 68(6): 528-533.