# 迷迭香中抑制 NLRP3 炎症小体活性成分的发现

钟祥健， 周 娜， 王 欣， 李金杰， 刘嘉琛， 王楷淇，
岳建宇， 焦 悦， 尚小雅*
（北京联合大学 生物活性物质与功能食品北京市重点实验室，北京 100191）

**摘要**：迷迭香的抗炎活性成分已有多篇文献报道归结于其中所含的鼠尾草酸、鼠尾草酚和熊果酸等，但将迷迭香乙醇提取物除去上述 3 种含量较多的成分后，剩余组分仍显示出较好的抗炎活性，提示迷迭香中存在没被发现的抗炎活性成分。在体外抑制 NLRP3 炎症小体抗炎活性的筛选结果指导下，利用各种色谱技术和波谱学方法，从上述抗炎活性组分中，分离分析鉴定了 3 个黄酮类化合物：4′,5-二羟基-7-甲氧基黄酮(1)、5-羟基-7,4′-二甲氧基黄酮(2)和 5-羟基-7,8,4′-三甲氧基黄酮(3)。对分离得到的 3 个化合物进行体外抑制 NLRP3 炎症小体的验证，均显示一定的抑制活性。其中化合物 1 的抑制活性最强，与阳性对照 MCC950(炎症小体抑制剂)相当。化合物 3 是首次从迷迭香属植物中分离得到。

**关键词**：迷迭香；抗炎活性；分离纯化；结构分析鉴定
**中图分类号**：R 284　**文章编号**：1673-1689(2021)04-0082-09　DOI：10.3969/j.issn. 1673-1689.2021.04.010

# Discovery of Bioactive Ingredients in *Rosemary officinalis* Inhibiting NLRP3 Inflammasome

*ZHONG Xiangjian*， *ZHOU Na*， *WANG Xin*， *LI Jinjie*， *LIU Jiachen*，
*WANG Kaiqi*， *YUE Jianyu*， *JIAO Yue*， *SHANG Xiaoya**
(Beijing Key Laboratory of Bioactive Substance and Functional Foods, Beijing Union University, Beijing 100191, China)

**Abstract**: The anti-inflammatory active ingredients of rosemary have been reported in many literatures, including carnosic acid, carnosol and ursolic acid. However, the rosemary ethanol extract still showed good anti-inflammatory activity after removal of the above three large-content components, suggesting that there were undiscovered anti-inflammatory ingredients in rosemary in addition to the reported active ingredients. Under the guidance of inhibiting the anti-inflammatory activity of NLRP3 inflammasome *in vitro*, three flavonoids were isolated and identified from the above-mentioned anti-inflammatory components by various chromatographic techniques and spectroscopy methods including 4′,5-dihydroxy-7-methoxyflavone (1), 5-dydroxy-7, 4′-dimethoxy flavone (2) and 5-hydroxy-7, 8, 4′-trimethoxyflavone (3). The three isolated compounds were confirmed to possess inhibitory effect on NLRP3 inflammasome *in vitro*. Among them, compound 1

**收稿日期**：2020-01-14
**基金项目**：北京市教委科技计划重点项目（KZ201811417049）；北京联合大学领军人才项目（BPHR2018AZ01）；北京市教委面上项目（KM201911417014）；北京联合大学研究生科研创新资助项目(YZ2020K001)。
* **通信作者**：尚小雅(1968—)，女，博士，研究员，主要从事生物活性物质发掘与作用机理研究。E-mail：shangxiaoya@buu.edu.com

had the strongest inhibitory activity, comparable to the positive control MCC950 (inflammatory inhibitor). Compound 3 was isolated from *Rosmarinus* for the first time.

Keywords: *Rosemary officinalis*, anti-inflammatory activity, isolation and purification, structural analysis and elucidation

迷迭香(*Rosmarinus officinalis* L.)是唇形科迷迭香属草本植物，原产地为地中海沿岸，目前在我国广西、海南、云南和福建等省均有引种[1]；具有独特的香气，除了可用于烹饪外，也具有丰富的药用价值[2]。文献报道迷迭香提取物具有抗氧化、抗炎、抗肿瘤、神经保护、护肝保胃、抗菌、杀虫等作用[3]；是我国食品添加剂目录中的一种天然优良食用抗氧化剂，能改善食品品质，延长保鲜时间，在医药、护肤品等领域也有广泛的应用[4]。

炎症是宿主组织对病原体、异物或损伤的一种防御性反应[5]，控制炎症过程中介质的释放是抗炎的主要目标[6]。NLRP3 炎症小体是炎症反应的核心，由凋亡相关斑点样蛋白(ASC)和含半胱氨酸的天冬氨酸水解酶-1(Caspase-1)等组成的多蛋白复合物，可被尼日利亚菌素 (Nigericin)、ATP 和病原体等多种因素诱导活化，与癌症、糖尿病、阿尔茨海默病、动脉粥样硬化等疾病密切相关[7]。有研究者提出，通过日常的抗炎饮食(类似地中海饮食)，可对一些炎症性疾病起到预防或缓解作用[8-9]。因此，以食用资源为对象，研究清楚其抗炎活性物质的作用基础，将抗炎活性组分添加到各种食品中，开发出能够长期食用的抗炎功能食品，对于预防或缓解心脏病、癌症、阿尔兹海默病和糖尿病等慢性疾病中炎症的发生发展，具有重要的实际意义。

目前，研究报道迷迭香提取物对于炎症反应有很明显的抑制作用[10]。作为抗炎膳食补充剂，可以改善结肠的炎性症状[11]；在大鼠足肿胀实验中，可以明显降低体内炎症因子的表达[12]。研究显示，迷迭香抗炎活性与其富含的鼠尾草酸、鼠尾草酚和熊果酸等化合物密切相关[13-14]；在脂多糖(LPS)诱导的炎症细胞模型中，能很好地抑制炎症因子的产生[15]。但Arranz等[16]研究发现，鼠尾草酸、迷迭香酸的抗炎活性比粗提物弱，提示：迷迭香中可能存在抗炎活性更强的未知成分。作者所在课题组前期研究发现，将迷迭香中含量较大的上述已知抗炎成分剔除后，剩余组分仍显示较好的抗炎活性，与文献[16]报道一致；同时，液质分析发现活性组分的主成分不是文献报道的抗炎活性成分，进一步推测迷迭香中仍存在活性较好、未被挖掘的抗炎活性因子。为明确迷迭香抗炎物质基础，在体外抗炎活性的筛选结果指导下，对未知抗炎活性组分进行研究，为迷迭香作为抗炎功能食品或膳食补充剂的研发提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料试剂

迷迭香(*Rosmarinus officinalis*)原料由哈佛大学医学院李豫伟教授鉴定，样品存于北京联合大学生物活性物质与功能食品北京市重点实验室。Sephadex LH-20 凝胶：GE 公司产品；柱色谱硅胶(160~200 目)和薄层色谱(TLC)硅胶 GF254：青岛海洋化工厂产品；十八烷基硅烷键合硅胶(RPC18)：美国 Teledyne Isco 公司产品。石油醚、氯仿、丙酮、甲醇、乙醇及硫酸等试剂：分析纯，北京化学试剂厂产品；高效液相色谱所用色谱级甲醇、乙腈：美国 Fisher 公司产品；NLRP3 和 Caspase-1 抗体：美国 Adipogen 公司产品；Caspase-1 荧光底物：美国 Promega 公司产品；细胞培养试剂：美国 Gibco 公司产品；实验用超纯水：美国 Millipore 公司产品。

### 1.2 仪器设备

旋转蒸发仪、中压液相色谱仪：瑞士 Buchi 公司生产；低压(Flash)快速分离仪(正反相硅胶制备柱/氰基柱为 ISCO 公司产品)：Combiflash 公司生产；高效液相色谱仪(Sunfire C18 制备柱，19 mm×250 mm，5 μm；Sunfire C18 分析柱，4.6 mm×250 mm，5 μm，Waters 2998 型检测器)：Waters 公司生产；Million-Q Integral 纯水系统：德国默克公司产品；Inova 500 核磁共振仪：美国 Varian 公司制造；PromegaGloMax 20/20 发光检测仪：美国 Promega 公司生产；Q Exactive Plus 高分辨液质联用分析仪：美国赛默飞公司生产。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 抗炎活性筛选方法的建立及活性筛选

1）小鼠原代骨髓巨噬细胞(BMDMs)的分离培

养　饲养 10~12 周龄 SPF 级雌性C57BL/6 雌鼠，取脱臼处死后小鼠的双侧股骨，用细注射器吸取 DMEM 培养基反复冲出骨髓细胞转移至 50mL 离心管，离心去上清液后用体积分数 10%胎牛血清(FBS)及 1 g/dL 双抗的 DMEM 培养基重悬细胞，同时加入巨噬细胞集落刺激因子(M-CSF，终质量浓度为 25 ng/mL)，培养 5 天后获得 BMDMs。

2）刺激方式　取分离培养好的 BMDMs，用 EDTA 与胰酶联合消化后接种于 96 孔板中，用 DMEM 高糖培养基培养 12 h，之后将培养基替换成质量浓度 50 ng/mL LPS 的 DMEM 培养基，预处理 4 h 后，撤除 LPS 刺激，粗提物以 80 μg/mL 质量浓度处理 1 h，单体化合物以 10 μmol/L 浓度处理 1 h(模型组中则不需要此步骤)，再在实验孔中加入 Nigericin(NLRP3 炎症小体激活剂)，刺激 45 min。

3）样品的处理　经过 3 500 r/min 离心后的细胞培养上清液，加入 1/4 体积三氯乙酸，放置-20 ℃冰箱过夜。再经 13 000 r/min、4 ℃条件下离心 20 min，弃上清液加冰丙酮洗 1 次，100 ℃金属浴下挥发干丙酮，后加 1×loading buffer 40 μL 振荡混合均匀，在水浴中煮沸，冷却后即为上清液样品。用 PBS 洗贴壁细胞 3 次，置于冰上，每孔加入 1×loading buffer 200 μL，20 min 后刮下细胞，吸取细胞裂解液，在水浴锅中煮沸 15 min，放置冷却后为细胞裂解样品。

4）Caspase-Glo® 1 Inflammasome Assay 检测细胞中 Caspase-1 活性[17]　采用 Caspase-1 活性检测试剂盒测定细胞培养上清液 Caspase-1 的活性，检测方法对照试剂盒说明书进行操作，之后利用 PromegaGloMax 20/20 发光检测仪进行检测，由 Excel 进行数据处理。

5）统计学分析　采用 SPSS 软件对两组间数据进行独立样本 $t$ 检验，实验数据以 $\bar{x}\pm s$ 表示，与对照组相比，以 $^{*}P<0.05$、$^{**}P<0.01$、$^{***}P<0.001$ 表示差异的显著性。

### 1.3.2　提取物的分离、纯化与分析

1）原料提取　迷迭香原料 10 kg，体积分数 100%乙醇预浸 12 h，再分别采用体积分数 100%、90%和 80%乙醇依次超声提取，每个浓度提取 1 次，每次 1 h，合并提取液减压浓缩得到浸膏(1.56 kg)。将迷迭香浸膏经水饱和的乙酸乙酯超声溶解，得到乙酸乙酯相可溶部分和不溶部分。用体外抗炎活性方法进行筛选，发现抗炎活性集中在乙酸乙酯可溶部分。将乙酸乙酯可溶部分正相硅胶拌样，用正相常压硅胶柱色谱分离，以氯仿和甲醇体积比范围 100:0~0:100 为流动相进行梯度洗脱，利用薄层色谱(TLC)点板检测，合并相似洗脱流分，得到 8 个组分(M1—M8)。将分离得到的 8 个组分进行体外抗炎活性筛选，发现 M1—M6 均具有较好的抗炎活性。检测发现，熊果酸和齐墩果酸等类似物主要集中在 M2 组分中，鼠尾草酚和鼠尾草酸等主要集中在 M3 组分中，活性最好的 M5 中几乎不含文献报道的上述抗炎成分。

2）剩余活性组分的分离　将 M5 用丙酮加热超声溶解，放置析出大量沉淀，母液过 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱，$V$(氯仿):$V$(甲醇)=2:1 为流动相洗脱，TLC 点样显色合并，得到 6 个组分(M5-1 至 M5-6)。其中 M5-2 析出黄色沉淀，将其多次过滤纯化后，TLC 点板显色为一个黄色斑点，再经制备型高效液相色谱分离纯化，流动相为体积分数 75%甲醇水溶液，出峰时间为 21 min，制备得到化合物 1(20 mg)。M5-3 经常压正相硅胶柱分离得到 8 个组分(M5-3-1 至 M5-3-8)，富集 M5-3-3 中 TLC 显色为黄色的主斑点，分别经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱纯化，流动相为 $V$(石油醚):$V$(氯仿):$V$(甲醇)=5:5:1。再经制备型 HPLC 进行纯化，流动相为体积分数 80%甲醇水溶液，出峰时间分别为 15 min 和 19 min，制备得到化合物 2(20 mg)和化合物 3(35 mg)。

3）化合物的质谱分析　将分离得到的单体化合物用甲醇溶解，配制成质量浓度为 0.5 mg/mL 的溶液，过 0.22 μm 滤膜后直接进行高分辨质谱分析。高分辨质谱条件参数：电喷雾离子源正离子模式，扫描模式为 Full MS($m/z$:100~500)/ dd-$MS^2$，鞘气流量 50 units，辅助气流量 10 units，离子源温度为 380 ℃，毛细管温度 350 ℃。分辨率为 70 000，碰撞能量为 55 V。实验流程见图 1。

## 2　结果与分析

### 2.1　化合物的结构鉴定

化合物 1 为黄色无定形粉末。$^{1}$H-NMR 谱的较高场显示 1 个甲氧基单峰质子信号 $\delta_H$ 3.83(3H,s)，在低场区有 7 个芳环烯氢信号 $\delta_H$ 6.32 (1H,d,$J$=1.6 Hz)和 6.69(1H,d,$J$=1.6 Hz)，$\delta_H$ 6.80(1H,s)，$\delta_H$ 6.91 (2H,d,$J$=8.7 Hz) 和 7.91 (2H,d,$J$=8.7 Hz)；

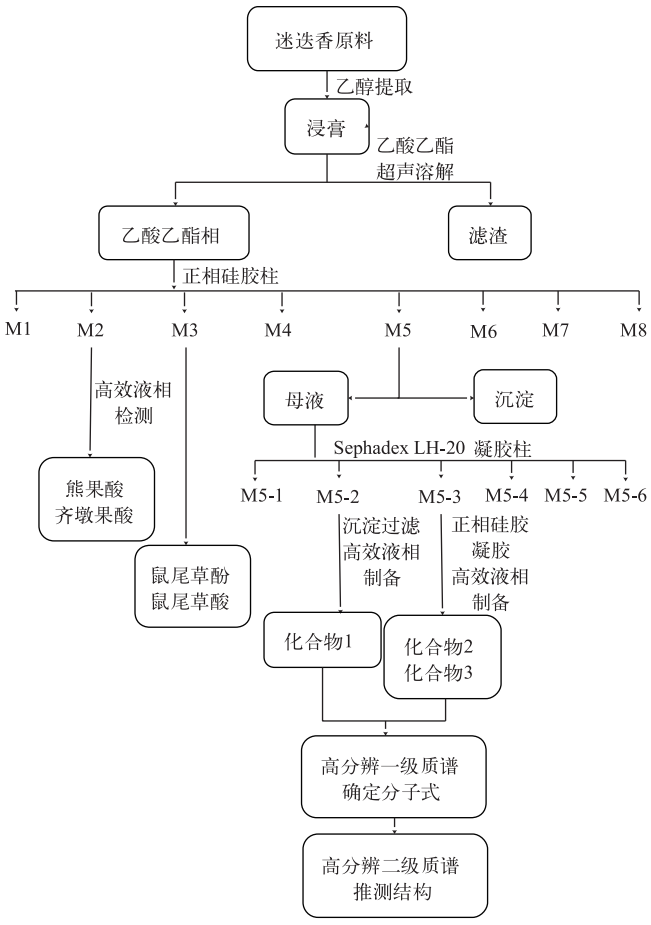



**图 1　单体化合物分离、纯化与分析流程**

**Fig. 1　Separation, purification and analyses of monomeric compounds**

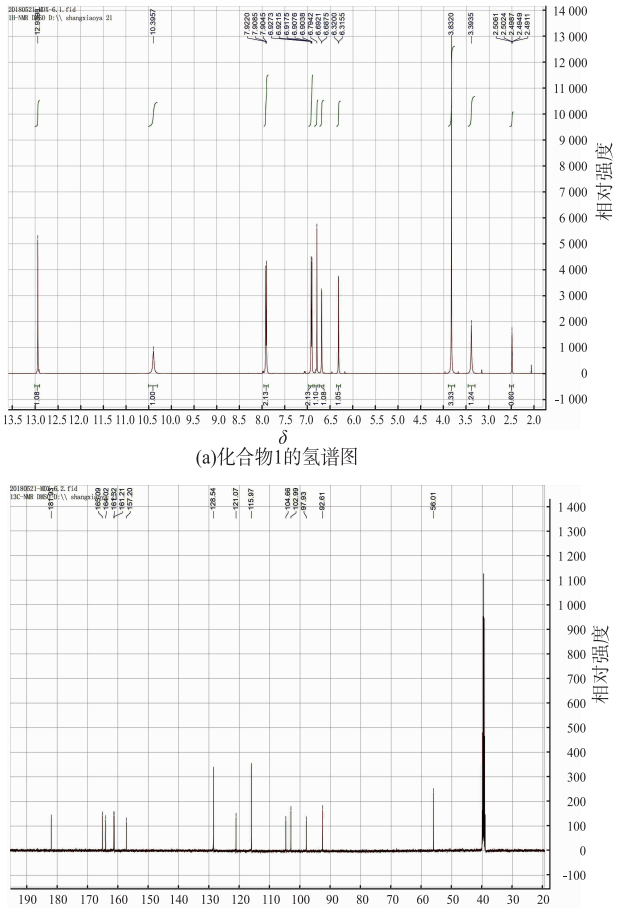


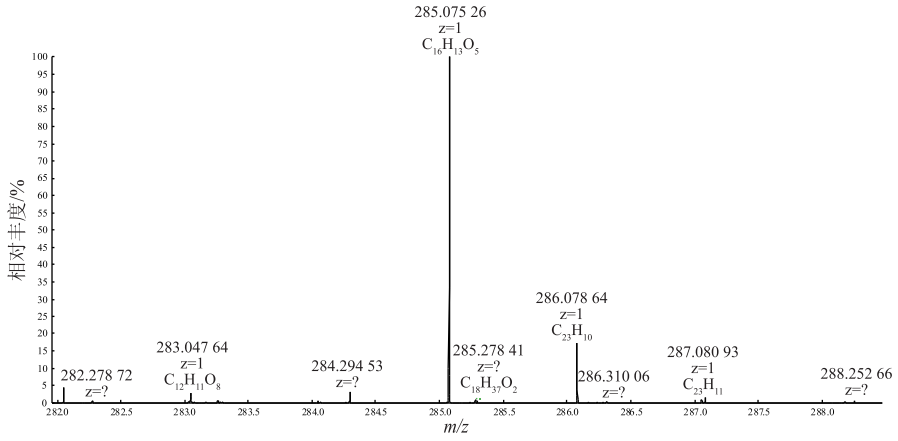

**图 2　化合物 1 的核磁图**

**Fig.2　NMR spectra of compound 1**

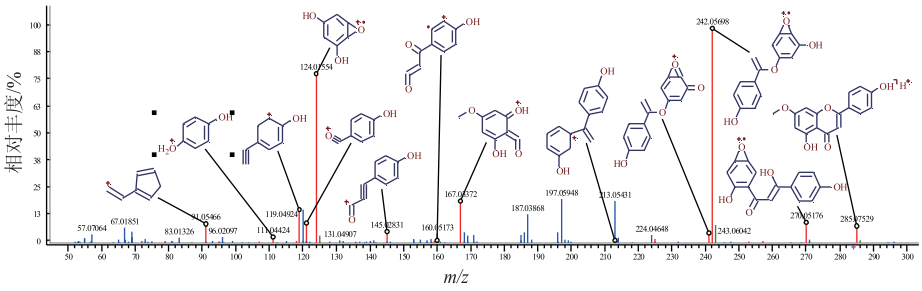
$^{13}$C–NMR 谱显示 16 个碳信号(图 2),推断结构是一个甲氧基取代的黄酮。HRESIMS 一级质谱显示 *m/z*:285.075 26[M+H]$^+$(理论计算值:285.075 75),分子式为$C_{16}H_{13}O_5$;二级碎片离子有 270.051 76、243.060 42、242.056 98、213.054 31、167.033 72、160.051 73、145.028 31、124.015 54、119.049 24、111.044 24(图3);根据碎片离子推测此结构是 4′,5–二羟基–7–甲氧基黄酮(图 4)。将该化合物的核磁数据与文献[18]比对发现,二者数据一致,故确证了所推导结构的正确性。

化合物 2 为黄色无定形粉末。$^1$H–NMR 谱数据显示在低场有 7 个芳环烯氢质子信号 $\delta_H$ 6.38(1H,d,*J*=2.4 Hz),6.79(1H,d,*J*=2.4 Hz),7.11(2H,d,*J*=8.9 Hz),8.06(2H,d,*J*=8.9 Hz),6.94(1H,s);在较高场有 2 个甲氧基单峰质子信号 $\delta_H$ 3.85 (3H,s)和 3.87(3H,s);$^{13}$C–NMR 谱显示 17 个碳信号,其中有 2 个甲氧基碳信号 $\delta_C$ 56.3 和 56.8,和 1 个羰基碳信号 $\delta_C$ 182.7(图 5),推断该物质为黄酮类结构,且有 2 个甲氧基存在。HRESIMS 一级质谱显示 *m/z*:299.091 00[M+H]$^+$(理论计算值:299.091 40),分子式为 $C_{17}H_{15}O_5$;二级碎片离子有 284.067 47、256.072 57、227.069 96、167.033 72、146.857 10、124.015 55(图 6);根据碎片离子推测此结构是 5–羟基–7,4′–二甲氧基黄酮(图 7)。将该化合物的核磁数据与文献[19]作比较发现,二者数据一致,故确证了所推导结构的正确性。

化合物 3 为黄色粉末。$^1$H–NMR 谱显示该化合物存在 3 个甲氧基单峰质子信号,分别为:$\delta_H$ 3.73(3H,s),3.86(3H,s)和 3.93(3H,s);6 个烯氢质子信号 $\delta_H$ 6.94(1H,s),6.95(1H,s),$\delta_H$ 7.11(2H,d,*J*=8.8 Hz)和 8.07(2H,d,*J*=8.8 Hz);在 $^{13}$C–NMR 谱显示 18 个碳信号(图 8),推断是 3 个甲氧基取代的黄




(a)化合物1的一级质谱图




(b)化合物1的质谱图

**图 3　化合物 1 的质谱图**

**Fig. 3　Mass spectra of compound 1**

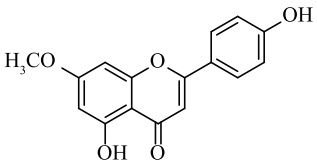
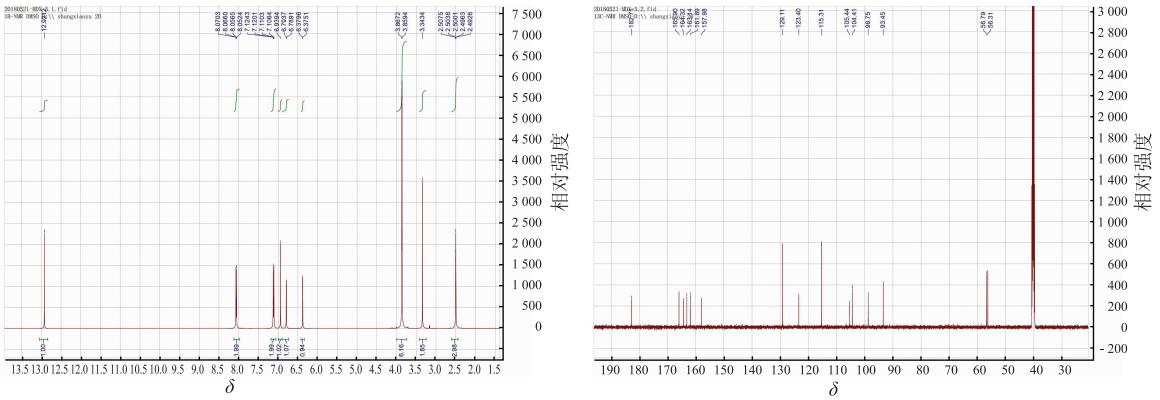


**图 4　化合物 1 的结构式**

**Fig. 4　Structure of compound 1**

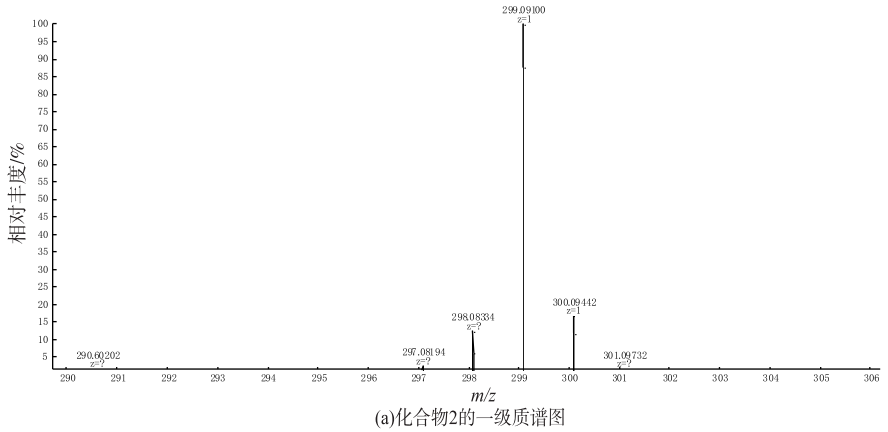
酮。HRESIMS 一级质谱显示 *m/z*:329.101 44[M+H]$^+$(理论计算值:329.101 96),分子式为 $C_{18}H_{17}O_6$;二级碎片离子有 313.070 13、296.067 44、285.075 35、269.075 84、268.072 51、253.049 27、240.077 74、225.054 31、169.064 61、154.025 88、136.015 38、133.064 70、132.056 90、108.020 82(图 9);根据碎片离子推测此结构是 5-羟基-7,8,4′-三甲氧基黄



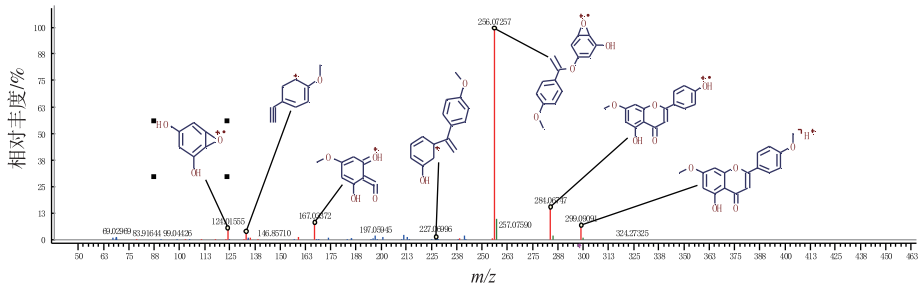

(a)化合物2的氢谱图　　(b)化合物2的碳谱图

**图 5　化合物 2 的核磁图**

**Fig. 5　NMR spectra of compound 2**




(a)化合物2的一级质谱图




(b)化合物2的二级质谱及碎片图

**图 6　化合物 2 的质谱图**

**Fig. 6　Mass spectra of compound 2**

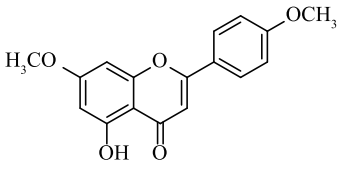


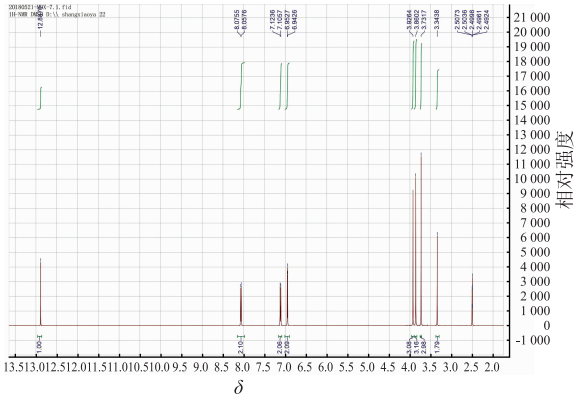

**图 7　化合物 2 的结构式**

**Fig. 7　Structure of compound 2**

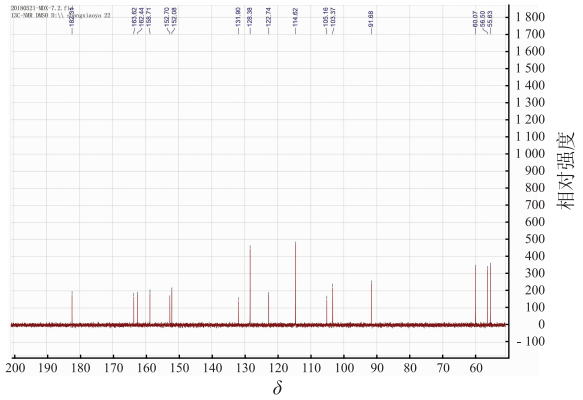
酮(图 10)。将该化合物核磁数据与文献[20]比对发现,二者数据一致,故确证了所推导结构的正确性。

## 2.2　化合物的核磁波谱数据

化合物 1:$^1$H-NMR(DMSO,500 MHz),$\delta_H$:3.83(3H,s,-OMe-7),6.32(1H,d,$J$=1.6 Hz,H-6),6.69(1H,d,$J$=1.6 Hz,H-8),6.80 (1H,s,H-3),6.91(2H,d,$J$=8.7 Hz,H-3′,5′),7.91(2H,d,$J$=8.7 Hz,



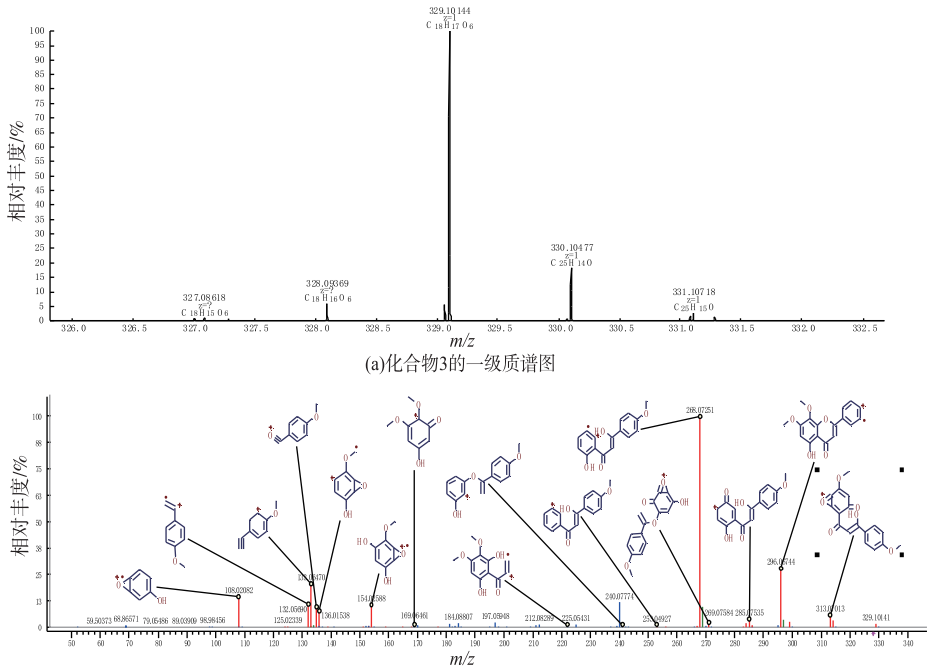

(a)化合物3的氢谱图




(b)化合物3的碳谱图

**图 8　化合物 3 的核磁图**

**Fig. 8　NMR spectra of compound 3**




(a)化合物3的一级质谱图

(b)化合物3的二级质谱及碎片图

**图 9　化合物 3 的质谱图**

**Fig. 9　Mass spectra of compound 3**

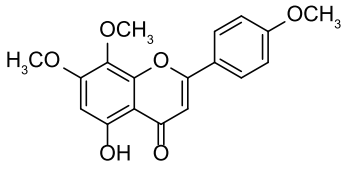



**图 10　化合物 3 的结构式**

**Fig. 10　Structure of compound 3**

H −2′ ,6′ ),12.94 (1H,s,OH −5);$^{13}$C −NMR (DMSO,125 MHz),$\delta_C$:56.0(−OMe−7),92.6(C−8),97.9(C−6),102.9(C−3),104.7(C−10),115.9(C−3′,5′),121.1 (C−1′),128.6 (C−2′,C−6′),157.2 (C−5),161.2(C−9),161.3(C−2),164.0(C−4′),165.1(C−7),181.9(C−4)。

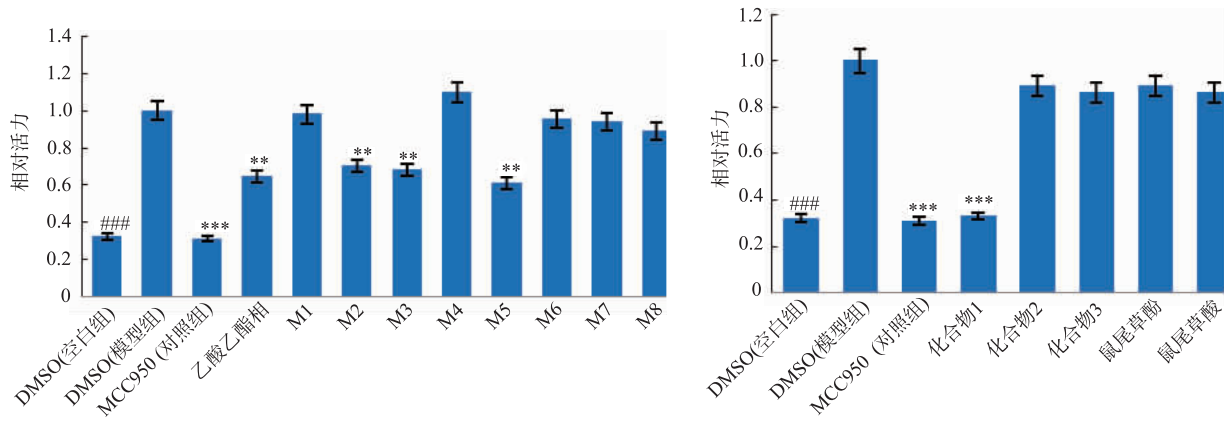
化合物 2:$^{1}$H−NMR (DMSO,500 MHz),$\delta_H$:3.85 (3H,s,−OMe−4′),3.87(3H,s,−OMe−7), 6.38(1H,d,*J*=2.4Hz,H−6),6.79(1H,d,*J*=2.4Hz,H−8), 6.94 (1H,s,H−3),7.11 (2H,d,*J*=8.9 Hz,H−3′,H−5′), 8.06 (2H,d,*J*=8.8Hz,H−2′,H−6′), 12.92(1H,s,OH−5);$^{13}$C−NMR (DMSO,125 MHz), $\delta_C$:56.3 (−OMe−4′),56.8(−OMe−7),93.5(C−8),98.8(C−6),104.4(C−3),105.4(C−10),115.3(C−3′,C−5′),123.4(C−1′),129.1(C−2′,C−6′),157.9(C−9),161.9(C−4′),163.1(C−5),164.3(C−2),165.9(C−7),182.7(C−4)。

化合物 3:$^{1}$H−NMR(DMSO,500 MHz),$\delta_H$:3.73,(3H,s,−OMe−4′), 3.86(3H,s,−OMe−7), 3.93(3H,s,−OMe−8), 6.94(1H,s,H−3), 6.95(1H,s,H−6),7.11(2H,d,*J*=8.8 Hz,H−3′,H−5′),8.07(2H,d,*J*=8.8 Hz,H−2′,H−6′), 12.89(1H,s,OH−5); $^{13}$C−NMR (DMSO,125 MHz),$\delta_C$:55.6(−OMe−4′),56.5(−OMe−7),60.1(−OMe−8),91.7(C−6),103.4(C−3),105.2(C−10),114.6(C−3′,5′),122.7(C−1′),128.3(C−2′,C−6′),131.9(C−8),152.1(C−9),152.7(C−5),158.7(C−7),162.4(C−4′),163.6(C−2),182.3(C−4)。

### 2.3　抗炎活性筛选结果

通过模型组与空白组对比可以看出,当给细胞加入炎症小体激活剂 Nigericin 后,可以明显刺激炎症小体的活性, 提示造模成功。当已知阳性药物 MCC950 以 10 μmol/L 浓度处理细胞后, 可以明显抑制 Nigericin 诱导炎症小体的活性。以上说明实验体系成功,可以用于评价其他化合物对炎症小体的影响。将乙酸乙酯相、乙酸乙酯相经正相硅胶分离后的不同组分及单体化合物进行体外抑制 Nigericin 诱导的炎症小体模型抗炎活性筛选,结果见图 11。

对粗提物的活性测试结果显示,乙酸乙酯相以 80 μg/mL 质量浓度处理细胞后,相对炎症小体活力为 0.643 3,显示一定的抗炎活性。经正相硅胶分离




(a)乙酸乙酯相和M1—M8段位对炎症小体的影响　　(b)化合物1—3, 鼠尾草酚和鼠尾草酸对炎症小体的影响

$n$=3，$\bar{x}\pm s$；*$P$<0.05、**$P$<0.01、***$P$<0.001(与模型组比较)。

**图 11　抗炎活性筛选结果**

**Fig. 11　Results of anti-inflammatory activities screening**

后的不同部位同样以 80 μg/mL 质量浓度处理细胞，M5 组分的相对炎症小体活力为 0.610 6，显示最好的抗炎活性，因此选择此部位进行下一步的分离纯化。

在抗炎活性筛选中，单体化合物和阳性药物 MCC950 一样以 10 μmol/L 浓度处理细胞。阳性对照 MCC950 的相对炎症小体活力为 0.311 2，而化合物 1 为 0.331 2，比迷迭香中已知的鼠尾草酚和鼠尾草酸具有更强的抗炎活性，且显示活性与阳性对照组相当。

## 3 结　语

炎症反应涉及肿瘤、糖尿病、阿尔兹海默病等疾病的病理过程，在安全有效的前提下抑制炎症反应，对于炎症性相关疾病的预防与改善具有重要意义。有较多文献报道了迷迭香提取物抗炎活性及安全性评价，发现主要抗炎活性成分是鼠尾草酸、鼠尾草酚和熊果酸等[13,16]。作者将迷迭香中已知的抗炎活性成分剔除后，利用 Nigericin 诱导的炎症小体模型进行活性筛选，通过核磁和高分辨质谱数据确证结构，首次从迷迭香中发掘具有抗炎活性的 3 个黄酮类化合物，且化合物 1(4′,5-二羟基-7-甲氧基黄酮)的抗炎活性与阳性对照组相当，为迷迭香作为改善炎症发展的功能食品或膳食补充剂提供理论依据。

作者所在课题组前期对活性粗提物用液质联用分析后发现，仍存在未被挖掘的其它类型抗炎活性因子。因此，还需对迷迭香活性部位继续进行深入、系统研究，以期发现更多强抗炎活性的结构，为开发应用迷迭香作为预防或改善相关慢性疾病炎症反应的功能食品提供更多的理论支撑和检测依据。

## 参考文献：

[1] 吴蒙，徐晓军. 迷迭香化学成分及药理作用最新研究进展[J]. 生物质化学工程，2016，50(3)：51-57.
[2] 齐锐，董岩. 迷迭香的化学成分与药理作用研究进展[J]. 广州化工，2012，40(11)：43-44.
[3] 马艳粉，杨新周，田素梅. 迷迭香的应用现状和将来的研究方向[J]. 南方园艺，2019，30(4)：56-59.
[4] 刘胜男，马云芳，杜桂红，等. 迷迭香及其提取物在食品保鲜中的应用研究进展[J]. 中国调味品，2019，44(6)：181-185.
[5] MEDZHITOV R. Inflammation 2010：new adventures of an old flame[J]. **Cell**，2010，140(6)：771-776.
[6] FREIRE M O，VAN DYKE T E. Natural resolution of inflammation[J]. **Periodontology 2000**，2013，63(1)：149-164.
[7] 付书彬，徐广，高源，等. 甘草查尔酮 A 对 NLRP3 炎症小体的调控作用及机制初探[J]. 药学学报，2018，53(12)：2050-2056.
[8] 方嘉凯. 抗炎饮食迈向健康的方法之一[J]. 心血管病防治知识，2010(7)：44-46.
[9] MUELLER M，HOBIGER S，JUNGBAUER A. Anti-inflammatory activity of extracts from fruits，herbs and spices[J]. **Food Chemistry**，2010，122(4)：987-996.

[10] SINGLETARY K. Rosemary: an overview of potential health benefits[J]. **Nutrition Today**, 2016, 51(2): 102-112.
[11] MEDICHERLA K, KETKAR A, SAHU B D, et al. *Rosmarinus officinalis* L. extract ameliorates intestinal inflammation through MAPKs/NF-κB signaling in a murine model of acute experimental colitis[J]. **Food & Function**, 2016, 7(7): 3233-3243.
[12] ROCHA J, EDUARDO-FIGUEIRA M, BARATEIRO A, et al. Anti-inflammatory effect of rosmarinic acid and an extract of *Rosmarinus officinalis* in rat models of local and systemic inflammation[J]. **Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology**, 2015, 116(5): 398-413.
[13] BENINCA J P, DALMARCO J B, PIZZOLATTI M G, et al. Analysis of the anti-inflammatory properties of *Rosmarinus officinalis* L. in mice[J]. **Food Chemistry**, 2011, 124(2): 468-475.
[14] ROMO-VAQUERO M, LARROSA M, YANEZ-GASCON M J, et al. A rosemary extract enriched in carnosic acid improves circulating adipocytokines and modulates key metabolic sensors in lean Zucker rats: critical and contrasting differences in the obese genotype[J]. **Molecular Nutrition & Food Research**, 2014, 58(5): 942-953.
[15] YU M, CHOI J, CHAE I, et al. Suppression of LPS-induced inflammatory activities by *Rosmarinus officinalis* L[J]. **Food Chemistry**, 2013, 136(2): 1047-1054.
[16] ARRANZ E, JAIME L, GARCIA-RISCO M R, et al. Anti-inflammatory activity of rosemary extracts obtained by supercritical carbon dioxide enriched in carnosic acid and carnosol[J]. **International Journal of Food Science & Technology**, 2015, 50(3): 674-681.
[17] OBRIEN M, MOEHRING D, MUNOZPLANILLO R, et al. A bioluminescent caspase-1 activity assay rapidly monitors inflammasome activation in cells[J]. **Journal of Immunological Methods**, 2017, 447(1): 1-13.
[18] 来国防, 朱向东, 罗士德, 等. 野拔子化学成分研究[J]. 中草药, 2008, 39(5): 661-664.
[19] 丁兰, 刘国安, 何荔. 准噶尔无叶豆黄酮成分的研究[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(2): 47-49.
[20] 浮光苗, 徐增莱, 余伯阳, 等. 民间药物黑面神化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2004, 29(11): 30-32.

## 科　技　信　息

**澳新批准单双甘油脂肪酸酯作为水果和蔬菜的上光剂**

2021 年 2 月 9 日，澳新食品标准局发布 150–21 号通知，其中批准 A1191 号申请，单双甘油脂肪酸酯（mono– and diglycerides of fatty acids)(INS 471)作为上光剂可用于水果和蔬菜表面，以延长收获后的货架期。

［信息来源］食品伙伴网. 澳新批准单双甘油脂肪酸酯作为水果和蔬菜的上光剂 [EB/OL]. (2021–2–19). http://news.foodmate.net/2021/02/585333.html