

# 迷迭香提取物的生物学功能及其在动物生产中的应用

段广莹 彭芳 宋泽和 范志勇\*

(湖南农业大学动物科学技术学院,湖南省畜禽安全生产协同创新中心,  
湖南家禽安全生产工程技术研究中心,长沙 410128)

**摘要:** 迷迭香及迷迭香提取物具有抗氧化、抑菌、抗肿瘤、抗炎、降血脂和保护肝脏等多种生物学功能,因此,长期以来受到国内外人士的关注。本文综述了迷迭香提取物的吸收代谢、生物学功能及其在动物生产中的应用,旨在为进一步促进迷迭香提取物在动物生产中的应用提供理论依据。

**关键词:** 迷迭香提取物;生物学功能;动物生产

**中图分类号:** S816

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2020)02-0516-07

迷迭香(*Rosmarinus officinalis* L.)是一种多年生芳香植物,灌木状,树枝充满叶子,高达2 m,绿叶散发出独特的香气,属于唇形科(Lamiaceae),起源于地中海地区,现在世界各地都有种植。迷迭香在我国的主要产区是南方,如贵州、湖南、云南、广西等省份。迷迭香发挥生物学作用的主要化合物是多酚,根据极性不同,多酚又可分为酚酸和酚类二萜。酚酸中含量最丰富的是迷迭香酸,酚类二萜中则是鼠尾草酸和鼠尾草酚。鼠尾草酸、鼠尾草酚和迷迭香酸在迷迭香叶中的含量分别为458.63、1 554.78、3 154.36  $\mu\text{g/g}$ <sup>[1]</sup>。此外,迷迭香中含有的其他微量成分(鼠尾草酸甲酯、迷迭香酚、迷迭香二醛、表异迷迭香酚、表迷迭香酚及黄酮类化合物等)以及精油中含有的其他成分(1,8-樟脑醇、 $\alpha$ -蒎烯或冰片)也与一些生物活性有关<sup>[2]</sup>。迷迭香已广泛用于烹饪中的香料、食品工业中的天然防腐剂,以及作为观赏、药用植物。迷迭香及其提取物具有抗氧化、抑菌、抗肿瘤、抗炎、改善血脂、保护肝脏、免疫调节等多种生物学功能,迷迭香有效活性成分已经成为研究热点。本

文就迷迭香提取物在体内的吸收代谢、生物学功能以及在动物生产中的应用作如下综述,以期为进一步研究迷迭香提取物在动物生产中的进一步研究应用提供参考。

## 1 迷迭香提取物在体内的吸收代谢

迷迭香酸被确定为迷迭香提取物的主要成分之一,几项研究表明,迷迭香酸在吸收之前被肠道微生物代谢成咖啡酸及其衍生物,但是,参与这种生物转化的微生物和酶并不清楚<sup>[3-4]</sup>。刘胜男等<sup>[5]</sup>研究结果表明,迷迭香乙醇提取物消化产物中总酚含量的变化规律为:在模拟胃消化阶段呈升高趋势,可能是因为在酸性条件下,迷迭香乙醇提取物中存在的结合态多酚被释放出来,进而导致总酚含量升高<sup>[6]</sup>;而在模拟肠消化阶段呈下降趋势,可能是迷迭香乙醇提取物中所含的多酚化合物(迷迭香酸、鼠尾草酸、迷迭香酚、鼠尾草酚等)结构中含有酚羟基,而酚羟基在较高的pH环境中不稳定,容易发生降解并生成其他物质,进而导致总酚含量下降<sup>[7]</sup>。Pérez-Sánchez等<sup>[8]</sup>通过超

收稿日期:2019-07-14

基金项目:国家重点研发计划(2018YFE0101700);湖南农业大学重大科研项目暨创新团队培育工程资助项目(17PYXM04);湖南农业大学“双一流”建设项目(SYL201802015)

作者简介:段广莹(1996—),女,河南新乡人,硕士研究生,动物营养与饲料科学专业。E-mail: 1186361060@qq.com

\*通信作者:范志勇,教授,硕士生导师,E-mail: fzyong04@163.com

临界流体萃取得到迷迭香提取物的活性化合物,采用高效液相色谱-电喷雾四极杆-飞行时间串联质谱(HPLC-ESI-QTOF-MS)技术从萃取物中鉴定出24种化合物(游离形式和脂质体形式),并研究其在Caco-2细胞单层模型中的渗透性,结果表明,黄酮类化合物主要通过被动扩散的转运方式被吸收,以黄酮素、荜花素的渗透率最高;在二萜类化合物中,以鼠尾草酸、迷迭香酚及其同分异构体表异迷迭香酚和表迷迭香酚的渗透率最高;三萜类化合物比黄酮类和二萜类的渗透率要低。Fernández-Ochoa等<sup>[9]</sup>对小鼠进行原位灌注,以研究迷迭香提取物中化合物的吸收和代谢,结果表明,二萜类化合物的主要代谢途径是葡萄糖醛酸水解反应,通过尿苷二磷酸葡萄糖醛酸转移酶(UTG)在小肠或肝脏(Ⅱ期代谢)中发生;酚类化合物和代谢产物均可以通过肠道屏障被吸收到血液中,试验测得鼠尾草酸是血浆中浓度最高的酚类化合物。

## 2 迷迭香提取物的生物学功能

### 2.1 抗氧化作用

在迷迭香活性成分中,发挥抗氧化作用的主要是二萜类化合物,抗氧化活性从低到高的顺序排列大致为迷迭香酚、鼠尾草酚、迷迭香酸、鼠尾草酸<sup>[10]</sup>。目前的研究主要集中于将迷迭香提取物作为天然抗氧化剂用于防止油脂的氧化和保持畜禽肉的风味。迷迭香提取物减轻肉制品贮藏过程中脂肪氧化的机制是:迷迭香提取物与脂质膜之间存在相互作用,即迷迭香提取物中含有与脂质膜相关的分子,通过改变膜的流动性或清除自由基,阻止诱导脂肪氧化的亲水自由基在双层膜内的传播,进而起到抗脂质氧化的作用<sup>[11]</sup>。

郑秋闯等<sup>[12]</sup>试验表明,迷迭香提取物对三油酸甘油酯有抗氧化作用,其作用机理可能是迷迭香提取物(鼠尾草酸、鼠尾草酚和迷迭香酚)对油脂分子中的叔氢结构有稳定和保护作用。刘凤霞等<sup>[13]</sup>研究表明,在梔子油中迷迭香脂溶性提取物(鼠尾草酸+鼠尾草酚)的抗氧化活性要优于化学合成的抗氧化剂[丁基羟基茴香醚(BHA)+2,6-二叔丁基对甲酚(BHT)],从而为新型油脂抗氧化剂的开发提供新途径。Gao等<sup>[14]</sup>研究表明,在鸡胸肉糜中添加1%的迷迭香提取物,可以减少冷冻贮藏过程中微生物的种群数量以及减缓脂质的氧

化速度<sup>[15-16]</sup>。张志毕等<sup>[17]</sup>给小鼠灌胃不同剂量的迷迭香提取物,结果表明,400 mg/(kg·d)的剂量能显著提高肝脏中谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)和超氧化物歧化酶(SOD)的活性,并通过上调过氧化物酶体增植物激活受体 $\alpha$ (PPAR $\alpha$ )和下调酒精代谢中产生的活性氧(ROS)合成基因——细胞色素P450 2E1(CYP2E1)的表达,降低丙二醛(MDA)浓度,减轻酒精诱导的肝脏氧化损伤。

### 2.2 抑菌作用

迷迭香提取物能有效地控制感染口腔和其他部位的微生物,如白色念珠菌、金黄色葡萄球菌、粪肠球菌、变形链球菌和绿脓杆菌等<sup>[18]</sup>。迷迭香提取物的抗菌作用与其特定的酚类组成有关,酚类化合物的抗菌作用与细胞内酶的失活有关,而这种失活取决于物质穿透细胞的速度或由细胞膜通透性改变所引起;萜烯的作用机理尚不完全清楚,可能是它参与了亲脂性化合物对膜的破坏;鼠尾草酸和迷迭香酸可能是迷迭香提取物中发挥抗菌作用的主要活性成分<sup>[19]</sup>。

Sacco等<sup>[20]</sup>采用肉汤稀释法评价了3种迷迭香乙醇提取物(酚类成分不同)对革兰氏阴性菌(大肠杆菌、铜绿假单胞菌)和革兰氏阳性菌(表皮葡萄球菌、金黄色葡萄球菌)的抑菌效果,结果表明,所有被测试的3种不同酚类成分的迷迭香乙醇提取物对大肠杆菌的抑菌效果均较强,表现为最小杀菌浓度(MBC) $<0.07$  mg/mL,而对铜绿假单胞菌的抑菌效果较差(MBC约为0.20 mg/mL);发挥抑菌作用的关键是迷迭香提取物中的非挥发性萜类化合物,其含量越高,则抑菌效果越好,而与迷迭香叶中的黄酮类成分无太大关联。Ekambaram等<sup>[21]</sup>试验表明迷迭香提取物对金黄色葡萄球菌和耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(MRSA)的最小抑菌浓度(MIC)分别为0.8和10.0 mg/mL,MSCRAMM(microbial surface components recognizing adhesive matrix molecules)是一种存在于细菌表面膜蛋白中的主要毒力因子,迷迭香提取物的抗菌活性可能与其对金黄色葡萄球菌和MRSA表面蛋白MSCRAMM的表达有抑制作用有关。Jeong等<sup>[22]</sup>研究发现迷迭香酸甲酯(迷迭香酸的亲脂衍生物)通过增强对缺氧诱导因子-1 $\beta$ 抑制作用,进而激活缺氧诱导因子-1 $\alpha$ -血管内皮生长因子(HIF-1-VEGF)

通路,从而更有效地达到抗大肠杆菌的作用。

### 2.3 抗肿瘤作用

迷迭香提取物在多种癌症(结肠癌、乳腺癌、胃癌等)类型中表现出许多不同的抗肿瘤作用,其抗肿瘤的主要成分归结于鼠尾草酸、鼠尾草酚、熊果酸和迷迭香酸<sup>[23]</sup>。迷迭香完整提取物的效果通常较好,可能是由于完整提取物中存在的已知生物活性化合物相互组合发挥联合作用,以及存在其他尚未得到证实的抗肿瘤活性成分。González-Vallinas等<sup>[24]</sup>研究表明迷迭香提取物对结肠癌和胰腺癌均有抗肿瘤作用,并且使用完整提取物的效果要优于单独使用鼠尾草酸和鼠尾草酚的效果,抗肿瘤作用机制可能是鼠尾草酸增强了葡萄糖胺基转移酶3(GCNT3)的活性,而GCNT3在结肠癌中具有抑癌活性。曹树稳等<sup>[25]</sup>研究表明迷迭香提取物中对乳腺癌细胞有明显抑制作用的成分是鼠尾草酚和迷迭香酚,前者对细胞的增殖抑制作用具有选择性,表现在其对乳腺癌细胞的增殖抑制效果远大于正常乳腺细胞;后者则无选择性。然而,Xu等<sup>[26]</sup>研究发现迷迭香酸主要通过激活细胞核因子 $\kappa$ B受体活化因子配体-细胞核因子 $\kappa$ B受体活化因子-护骨素(RANKL-RANK-OPG)途径(一种调控骨代谢的通路)以及抑制白细胞介素-8(IL-8)的表达而抑制人骨导向乳腺癌细胞MDA-MB-231BO的迁移。李婉婷等<sup>[27]</sup>研究发现迷迭香类似物-11(RAA-11)可能通过抑制细胞外信号调节激酶/细胞内丝裂原活化蛋白激酶(ERK/MAPK)通路,从而抑制人胃癌细胞MGC-803的增殖,并诱导其凋亡。Ishida等<sup>[28]</sup>研究表明迷迭香中含有的鼠尾草酚能诱导成人T细胞白血病/淋巴瘤(ATL)细胞凋亡,经鼠尾草酚处理过的ATL细胞糖酵解途径中还原酶和磷酸戊糖途径中酶的表达增加;谷胱甘肽对维持细胞内氧化还原状态起核心作用,而鼠尾草酚能引起细胞内谷胱甘肽含量减少,提示鼠尾草酚诱导ATL细胞凋亡的机制是因谷胱甘肽的消耗所致。

### 2.4 其他作用

迷迭香提取物还具有抗炎、改善血脂、保护肝脏、免疫调节等作用。姚杨等<sup>[29]</sup>研究表明迷迭香酸通过降低固有炎症细胞白细胞介素-1 $\beta$ (IL-1 $\beta$ )、白细胞介素-18(IL-18)、炎性小体3(NLRP3)含量,加快黏膜修复,进而使大鼠的口腔溃疡得到愈合。Selmi等<sup>[30]</sup>研究表明迷迭香精油

对四氧嘧啶诱导的高血糖有保护作用。Zhao等<sup>[31]</sup>研究了鼠尾草酸对小鼠高脂肪饮食诱导的肥胖和代谢综合征的预防作用,结果显示,与对照组和高脂饮食组相比,鼠尾草酸补充组显著降低了小鼠的体增重,脂肪百分比,血浆谷丙转氨酶(ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶(AST)活性与葡萄糖、胰岛素含量,肝脏重量,肝脏甘油三酯和游离脂肪酸含量。Raskovic等<sup>[32]</sup>研究表明迷迭香精油通过限制脂质过氧化反应程度,从而抑制细胞膜损伤,并通过激活生理防御机制来减轻由四氯化碳诱导的大鼠肝中毒症状。Vaquero等<sup>[33]</sup>研究结果证实,大鼠长期服用富含迷迭香提取物的食物可以减缓体重增加,改善血脂水平,这可能是由于迷迭香提取物对大鼠胃中的脂肪酶有显著的抑制作用,进而导致脂肪的吸收降低。迷迭香提取物的免疫抑制作用主要是反式咖啡酸通过抑制T细胞中的转导子和转录激活子3(STAT3),而不是T细胞和B细胞中的核因子- $\kappa$ B(NF- $\kappa$ B)和细胞外调节蛋白激酶(ERK1/2)通路,并抑制人淋巴细胞和CD4<sup>+</sup>T细胞的增殖实现诱导细胞凋亡<sup>[34]</sup>。

## 3 迷迭香提取物在动物生产中的应用

### 3.1 在鸡生产上的应用研究

迷迭香提取物可以提高肉鸡的生产性能,减少热应激对蛋鸡造成的负影响,提高蛋品质。Mathlouthi等<sup>[35]</sup>研究表明,在饲料中添加100 mg/kg的迷迭香精油可显著提高肉仔鸡的体重、全期日增重,显著降低料重比。刘亚楠等<sup>[36]</sup>试验表明,在饲料中添加200 mg/kg脂溶性迷迭香提取物,京海黄鸡血清总抗氧化能力(T-AOC)显著提高。李爱华<sup>[37]</sup>研究表明,在京海黄鸡饲料中添加不同形式组合(水溶性、脂溶性)或不同比例的迷迭香提取物,均对盲肠微生物(大肠杆菌、有氧菌等)数量无显著影响。吕玲<sup>[38]</sup>试验表明,在肉雏鸡饲料中添加不同水平的迷迭香干叶或精油可以改善鸡肉品质,显著影响肉鸡体增重、饲料转化率和屠体率,且添加迷迭香干叶对肉鸡生产性能的影响小于迷迭香精油。王晓慧等<sup>[39]</sup>研究发现,在蛋鸡饲料中添加0.6%的迷迭香草粉可降低热应激蛋白70(HSP70)基因在卵巢、子宫、心脏、肺脏和肾脏部位的表达量,增加溶菌酶(LYZ)基因在卵巢、峡部、心脏、肝脏、脾脏、肺脏、小肠和腺胃部位的表达量,从而减少热应激对蛋鸡生产性能

造成的负影响,延长鸡蛋的存放时间。杨建生等<sup>[40]</sup>在蛋鸡饲料中添加不同水平(0.3%、0.6%、0.9%)的迷迭香草粉,结果表明最适宜添加量为0.3%,与对照组相比,其血清白蛋白(ALB)、平均日总蛋重和产蛋率均显著提高。

### 3.2 在其他动物生产上的应用研究

De Oliveira 等<sup>[41]</sup>在小母牛(73 d)饮食中添加4 g/(头·d)迷迭香精油,屠宰24 h后测得试验组胸最长肌的pH、脂肪厚度、大理石纹、肌肉面积和失水(解冻和滴水)与对照组无显著差异;但添加迷迭香精油对老化(14 d)肉的蒸煮损失、色泽、质地和脂质氧化均有显著影响,显著降低了脂质氧化和色泽损失。在粗蛋白质(CP)含量为9%的羔羊饲料中添加迷迭香蒸馏残渣(RR),每600 g饲料含87% RR,经过77 d育肥后屠宰,试验结果显示,与对照组相比,RR组的平均日增重提高,肌肉、脂肪、骨骼组织以及肩、腿部位的胴体组成没有显著差异,骨性器官和肠重量相似,功能性组织(皮肤、肝脏、肾脏和睾丸)重量增加,肌肉最终pH、水蒸煮损失和颜色变量相似,肌肉的化学成分(蛋白质、脂肪、肌红蛋白、胶原蛋白和铁)含量没有显著差异。这些结果揭示了RR用于育肥羔羊的可能性,且不会对胴体和肉质特性产生不利影响<sup>[42]</sup>。Liotta 等<sup>[43]</sup>在生长育肥期间,根据3%的尼禄西希利亚诺猪[(33.5±6.0) kg]的活重,在饲料中补充1 g/kg迷迭香提取物,试验结果显示迷迭香提取物显著提高了猪肉中多不饱和脂肪酸(18:2n-6、20:4n-6、22:6n-3)的含量,同时动脉粥样硬化和血栓形成指数与对照组有轻微差异。迷迭香提取物是一种新的治疗剂,可以预防鱼类中的链球菌病和单核细胞感染。Zoral 等<sup>[44]</sup>给鲤鱼喂食添加200 mL/kg迷迭香水提物的饲料,20 d后试验鱼显示核固缩和肝脏细胞萎缩;喂食添加400 mL/kg迷迭香水提物饲料的试验鱼在肾脏中显示出一些病理变化(肾脏有细胞质液泡,导致肾小管坏死);AST活性随剂量依赖性增加;喂食添加800 mL/kg迷迭香水提物的饲料后,60 min后血液中1,8-桉叶素(1,8-cineole)水平达到峰值[(117.9±3.5) ng/mL],消除半衰期( $T_{1/2}$ )为248 min。以上结果表明,在高剂量下,迷迭香水提物可导致鲤鱼的肝脏与肾脏损害,需做进一步地研究来确定口服治疗寄生虫病的合适剂量。

## 4 小 结

综上所述,迷迭香提取物具有抗氧化、抑菌、抗肿瘤等多种生物学作用,在动物生产中具有良好的应用价值。然而,目前迷迭香提取物在动物生产中的应用并不普遍,主要的原因有:不同提取方式所获得的活性成分相差较大;没有统一、成熟的提取工艺;其活性成分所发挥的生物学功能机制尚未研究清楚;在不同动物的不同生长阶段应当添加的适宜剂量并不清楚。在今后的研究中,应当着重于迷迭香提取物降低动物的料重比、抗氧化水平和改善肉质等方面,从而使迷迭香提取物更好地用于无抗养殖的动物生产中。

## 参考文献:

- [1] 许艺凡,刘普,刘佩佩,等.HPLC-DAD法测定迷迭香茎和叶中11种抗氧化活性成分[J].中草药,2018,49(9):2153-2157.
- [2] DE OLIVEIRA J R, CAMARGO S E A, DE OLIVEIRA L D. *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary) as therapeutic and prophylactic agent[J]. Journal of Biomedical Science, 2019, 26: 5.
- [3] BEL-RHLID R, CRESPI V, PAGÉ-ZOERKLER N, et al. Hydrolysis of rosmarinic acid from rosemary extract with esterases and *Lactobacillus johnsonii* in vitro and in a gastrointestinal model[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2009, 57(17): 7700-7705.
- [4] LAFAY S, GIL-IZQUIERDO A. Bioavailability of phenolic acids[J]. Phytochemistry Reviews, 2008, 7(2): 301-311.
- [5] 刘胜男,余敏敏,潘菁菁,等.模拟胃肠道消化过程中迷迭香提取物总酚及抗氧化活性变化规律研究[J/OL].食品工业科技:1-9[2019-09-12].http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20190426.1422.026.html.
- [6] 刘国艳,张洁,徐鑫,等.体外消化对芹菜黄酮混合物和单体的含量及抗氧化应激能力的影响[J].食品科学,2018,39(18):8-14.
- [7] SVEDSTRÖM U, VUORELA H, KOSTIAINEN R, et al. Fractionation of polyphenols in hawthorn into polymeric procyanidins, phenolic acids and flavonoids prior to high-performance liquid chromatographic analysis[J]. Journal of Chromatography A, 2006, 1112(1/2): 103-111.
- [8] PÉREZ-SÁNCHEZ A, PÉREZ-SÁNCHEZ I, BARRAJÓN-CATALÁN E, et al. Evaluation of the in-

- testinal permeability of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract polyphenols and terpenoids in Caco-2 cell monolayers [J]. *PLoS One*, 2017, 12 (2): e172063.
- [9] FERNÁNDEZ-OCHOA Á, BORRÁS-LINARES I, PÉREZ-SÁNCHEZ A, et al. Phenolic compounds in rosemary as potential source of bioactive compounds against colorectal cancer; *in situ* absorption and metabolism study [J]. *Journal of Functional Foods*, 2017, 33:202–210.
- [10] 周慧灵, 梁婉娴, 徐道立, 等. 迷迭香活性提取物的药理作用研究进展 [J]. *环球中医药*, 2015, 8 (12): 1542–1545.
- [11] FADEL O, EL KIRAT K, MORANDAT S. The natural antioxidant rosmarinic acid spontaneously penetrates membranes to inhibit lipid peroxidation *in situ* [J]. *Biochimica et Biophysica Acta: Biomembranes*, 2011, 1808 (12): 2973–2980.
- [12] 郑秋闯, 范晶晶. 迷迭香提取物的主要成分及其抗氧化作用研究 [J]. *实验技术与管理*, 2017, 34 (8): 43–46.
- [13] 刘凤霞, 王莹, 薛刚, 等. 迷迭香脂溶性提取物在植物油中的抗氧化性研究 [J]. *中国油脂*, 2019, 44 (1): 101–104.
- [14] GAO Y, ZHUANG H, YE H Y, et al. Effect of rosemary extract on microbial growth, pH, color, and lipid oxidation in cold plasma-processed ground chicken patties [J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2019, 57: 102168.
- [15] 鲁青, 黄继超, 朱宗帅, 等. 响应面法优化天然抗氧化剂抑制调理鸡排褪色和脂质氧化工艺 [J]. *食品科学*, 2019, 40 (6): 296–303.
- [16] 贾娜, 郭倩, 宋立, 等. 迷迭香提取对鸡肉糜冷藏过程中品质特性的影响 [J]. *食品与发酵科技*, 2014, 50 (1): 60–63, 91.
- [17] 张志毕, 杨晖, 张媛, 等. 迷迭香提取物对小鼠急性酒精肝模型保护作用研究 [J]. *天然产物研究与开发*, 2017, 29 (2): 229–234.
- [18] DE OLIVEIRA J R, DE JESUS D, FIGUEIRA L W, et al. Biological activities of *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary) extract as analyzed in microorganisms and cells [J]. *Experimental Biology and Medicine*, 2017, 242 (6): 625–634.
- [19] MORENO S, SCHEYER T, ROMANO C S, et al. Antioxidant and antimicrobial activities of rosemary extracts linked to their polyphenol composition [J]. *Free Radical Research*, 2006, 40 (2): 223–231.
- [20] SACCO C, BELLUMORI M, SANTOMAURO F, et al. An *in vitro* evaluation of the antibacterial activity of the non-volatile phenolic fraction from rosemary leaves [J]. *Natural Product Research*, 2014, 29 (16): 1537–1544.
- [21] EKAMBARAM S P, PERUMAL S S, BALAKRISHNAN A, et al. Antibacterial synergy between rosmarinic acid and antibiotics against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* [J]. *Journal of Intercultural Ethnopharmacology*, 2016, 5 (4): 358–363.
- [22] JEONG S, PARK H, HONG S, et al. Lipophilic modification enhances anti-colitic properties of rosmarinic acid by potentiating its HIF-prolyl hydroxylases inhibitory activity [J]. *European Journal of Pharmacology*, 2015, 747: 114–122.
- [23] GONZÁLEZ-VALLINAS M, REGLERO G, DE MOLINA A R. Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract as a potential complementary agent in anticancer therapy [J]. *Nutrition and Cancer*, 2015, 67 (8): 1223–1231.
- [24] GONZÁLEZ-VALLINAS M, MOLINA S, VICENTE G, et al. Expression of microRNA-15b and the glycosyltransferase GCNT3 correlates with antitumor efficacy of Rosemary diterpenes in colon and pancreatic cancer [J]. *PLoS One*, 2014, 9 (6): e98556.
- [25] 曹树稳, 余燕影, 温辉梁, 等. 迷迭香提取物的抗乳腺癌活性研究 [J]. *营养学报*, 2001, 23 (3): 225–229.
- [26] XU Y C, JIANG Z J, JI G, et al. Inhibition of bone metastasis from breast carcinoma by rosmarinic acid [J]. *Planta Medica*, 2010, 76 (10): 956–962.
- [27] 李婉婷, 韦立群, 李清, 等. 迷迭香酸类似物-11 通过 EGFR-JNK 通路抑制人胃癌 MGC-803 细胞增殖和迁移 [J]. *中国药理学通报*, 2019, 35 (4): 504–509.
- [28] ISHIDA Y I, YAMASAKI M, YUKIZAKI C, et al. Carnosol, rosemary ingredient, induces apoptosis in adult T-cell leukemia/lymphoma cells via glutathione depletion: proteomic approach using fluorescent two-dimensional differential gel electrophoresis [J]. *Human Cell*, 2014, 27 (2): 68–77.
- [29] 姚杨, 李蓉, 苏杰, 等. 迷迭香酸对口腔溃疡大鼠炎症因子和免疫功能的影响 [J]. *医学研究生学报*, 2018, 31 (1): 29–32.
- [30] SELMI S, RTIBI K, GRAMI D, et al. Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oil components exhibit anti-hyperglycemic, anti-hyperlipidemic and antioxidant effects in experimental diabetes [J]. *Pathophysiology*, 2017, 24 (4): 297–303.

- [31] ZHAO Y T, SEDIGHI R, WANG P, et al. Carnosic Acid as a major bioactive component in rosemary extract ameliorates high-fat-diet-induced obesity and metabolic syndrome in mice[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2015, 63(19):4843-4852.
- [32] RAŠKOVIĆ A, MILANOVIĆ I, PAVLOVIĆ N, et al. Antioxidant activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil and its hepatoprotective potential[J]. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2014, 14:225.
- [33] VAQUERO M R, YÁÑEZ-GASCÓN M J, VILLALBA R G, et al. Inhibition of gastric lipase as a mechanism for body weight and plasma lipids reduction in zucker rats fed a rosemary extract rich in carnosic acid[J]. *PLoS One*, 2012, 7(6):e39773.
- [34] VON SCHONFELD C, HUBER R, TRITTLER R, et al. Rosemary has immunosuppressant activity mediated through the STAT3 pathway [J]. *Complementary Therapies in Medicine*, 2018, 40:165-170.
- [35] MATHLOUTHI N, BOUZAIENNE T, OUESLATI I, et al. Use of rosemary, oregano, and a commercial blend of essential oils in broiler chickens; *in vitro* antimicrobial activities and effects on growth performance [J]. *Journal of Animal Science*, 2011, 90(3):813-823.
- [36] 刘亚楠, 李爱华, 谢恺舟, 等. 迷迭香提取物对京海黄鸡生长性能、免疫器官指数和血清抗氧化性的影响[J]. *中国兽医学报*, 2016, 36(7):1218-1223, 1272.
- [37] 李爱华. 迷迭香提取物对京海黄鸡肉用性能、肉品质及部分盲肠微生物的影响[D]. 硕士学位论文. 扬州:扬州大学, 2014:154-156.
- [38] 吕玲. 日粮添加迷迭香及其精油可改善鸡肉品质[J]. *中国家禽*, 2011, 33(18):72.
- [39] 王晓慧, 辛世杰, 邹文斌, 等. 日粮中添加迷迭香及维生素 E、维生素 C 和大豆油的组合对高温期蛋鸡不同组织 *HSP70*、*LYZ* 基因表达量的影响[J]. *中国兽医学报*, 2019, 39(4):767-773.
- [40] 杨建生, 林雨鑫, 安婷婷, 等. 迷迭香草粉对高温蛋鸡产蛋性能、蛋品质和血清指标的影响[J]. *中国饲料*, 2016(19):9-11, 25.
- [41] DE OLIVEIRA M J, DE SOUZA K A, VITAL A C P, et al. Clove and rosemary essential oils and encapsulated active principles (eugenol, thymol and vanillin blend) on meat quality of feedlot-finished heifers[J]. *Meat Science*, 2017, 130:50-57.
- [42] YAGOUBI Y, HAJJI H, SMETI S, et al. Growth performance, carcass and noncarcass traits and meat quality of Barbarine lambs fed rosemary distillation residues[J]. *Animal*, 2018, 12(11):1-8.
- [43] LIOTTA L, CHIOFALO V, D'ALESSANDRO E, et al. Supplementation of *Rosemary* extract in the diet of Nero Siciliano pigs: evaluation of the antioxidant properties on meat quality[J]. *Animal*, 2015, 9(6):1065-1072.
- [44] ZORAL M A, ISHIKAWA Y, OHSHIMA T, et al. Toxicological effects and pharmacokinetics of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract in common carp (*Cyprinus carpio*) [J]. *Aquaculture*, 2018, 495:955-960.

## Biological Function of Rosemary Extract and Its Application in Animal Production

DUAN Guangying PENG Fang SONG Zehe FAN Zhiyong\*

(College of Animal Science and Technology, Hunan Co-Innovation Center of Animal Production Safety, Hunan Engineering Research Center of Poultry Production Safety, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

**Abstract:** Rosemary and rosemary extract have many biological functions such as anti-oxidation, bacteriostatic, anti-tumor, anti-inflammatory, hypolipidemic and liver protection. Therefore, they have been long concerned by people at home and abroad. This paper reviews the absorption and metabolism, biological functions of rosemary extract and its application in animal production, and aims to provide a theoretical basis for further development of the application of rosemary extract in animal production. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(2):516-522]

**Key words:** rosemary extract; biological function; animal production