

HPLC-DAD 法测定迷迭香茎和叶中 11 种抗氧化活性成分

许艺凡, 刘 普, 刘佩佩, 邱赛西, 高晓丹, 许肖锋, 常 盛, 邓瑞雪*

河南科技大学化工与制药学院, 河南 洛阳 471023

摘要: 目的 建立 HPLC-DAD 同时测定迷迭香叶和茎中 11 种抗氧化活性成分含量的方法。方法 采用 Zorbax SB-Aq C₁₈ 色谱柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 以甲醇 (A)-磷酸二氢钾缓冲盐 (B) 溶液为流动相, 梯度洗脱, 体积流量 1.0 mL/min, 柱温 30 °C, 绿原酸、咖啡酸、迷迭香酸、木犀草素、芹菜素和茺花素的检测波长为 328 nm, 丹皮酚、迷迭香酚、橙皮素、鼠尾草酚和鼠尾草酸的检测波长为 284 nm, 进样量 10 μL。结果 绿原酸、咖啡酸、迷迭香酸、丹皮酚、迷迭香酚、橙皮素、木犀草素、芹菜素、鼠尾草酚、茺花素和鼠尾草酸分别在 2.02~64.64 μmol/mL, $r=0.999\ 97$; 1.74~55.68 μmol/mL, $r=0.999\ 97$; 2.76~88.32 μmol/mL, $r=0.999\ 97$; 0.24~7.68 μmol/mL, $r=0.996\ 63$; 0.46~14.72 μmol/mL, $r=0.999\ 97$; 0.22~7.04 μmol/mL, $r=0.998\ 64$; 0.72~23.04 μmol/mL, $r=0.999\ 37$; 3.74~119.68 μmol/mL, $r=0.999\ 80$; 5.1~163.28 μmol/mL, $r=0.996\ 18$; 0.4~12.8 μmol/mL, $r=0.996\ 35$; 5.22~167.04 μmol/mL, $r=0.996\ 98$ 内有良好的线性关系; 平均加样回收率为 98.1%~100.5%, RSD 为 0.67%~2.14%。结论 该方法准确, 实用性好, 可用于迷迭香叶和茎中抗氧化活性成分的定性与定量分析。

关键词: 迷迭香; 高效液相色谱法; 抗氧化成分; 绿原酸; 咖啡酸; 迷迭香酸; 木犀草素; 芹菜素; 茺花素; 丹皮酚; 迷迭香酚; 橙皮素; 鼠尾草酚; 鼠尾草酸

中图分类号: S788.1

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2018)09-2153-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2018.09.027

Simultaneous determination of main anti-oxidant constituents in *Rosmarinus officinalis* by HPLC-DAD

XU Yi-fan, LIU Pu, LIU Pei-pei, QIU Sai-xi, GAO Xiao-dan, XU Xiao-feng, CHANG Sheng, DENG Rui-xue

School of Chemical Engineering & Pharmacy, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, China

Abstract: Objective To establish an HPLC-DAD method for simultaneous determination of main anti-oxidant constituents in leaves and stem of *Rosmarinus officinalis*. **Methods** The separation was performed on an Agilent Zorbax SB-Aq C₁₈ column (250 mm × 4.6 mm, 5 μm), using methanol (A) and potassium dihydrogen phosphate solution (B) (pH 3.0) as the mobile phase at the flow rate of 1.0 mL/min for a gradient elution. The detection wavelength was set at 328 nm for the detection of chlorogenic acid, caffeic acid, rosmarinic acid, luteolin, apigenin, and genkwanin, and 284 nm for the detection of paeonol, rosmanol, hesperetin, carnosol, and carnosic acid. Column temperature was set at 30 °C, and the volume of sample injection was 10 μL. **Results** The linear range was 2.02—64.64 μg/mL for chlorogenic acid, 1.74—55.68 μg/mL for caffeic acid, 2.76—88.32 μg/mL for rosmarinic acid, 0.24—7.68 μg/mL for paeonol, 0.46—14.72 μg/mL for rosmanol, 0.22—7.04 μg/mL for hesperetin, 0.72—23.04 μg/mL for luteolin, 3.74—119.68 μg/mL for apigenin, 5.1—163.28 μg/mL for carnosol, 0.4—12.8 μg/mL for genkwanin, and 5.22—167.04 μg/mL for carnosic acid. The average recoveries of the 11 constituents were from 98.1%—100.5%, and the RSD values were 0.67%—2.14%. **Conclusion** The method is simple and accurate, which can be used for quality and quantity analysis of the main anti-oxidant constituents in leaves and stem of *R. officinalis*.

Key words: *Rosmarinus officinalis* L.; HPLC; anti-oxidant constituents; chlorogenic acid; caffeic acid; rosmarinic acid; luteolin; apigenin; genkwanin; paeonol; rosmanol; hesperetin; carnosol; carnosic acid

迷迭香 *Rosmarinus officinalis* L. 为唇形科迷迭香属多年生常绿小灌木。它原产于欧洲和非洲北部地中海沿岸, 现在全球各地均有种植^[1-2]。迷迭香在

我国云南、四川、贵州、广西、海南、湖南、福建等南方省份种植较多。研究发现, 迷迭香中含有鼠尾草酸、鼠尾草酚和迷迭香酸等二萜, 以及黄酮和

收稿日期: 2017-12-07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (U1404831, U1604192); 河南科技大学大学生训练计划项目资助 (2017125); 国家级大学生创新训练计划项目 (201610464033)

作者简介: 刘 普 (1978—), 男, 河南邓州人, 副教授, 博士, 研究方向为功能天然产物的研究与开发。E-mail: liuputju@163.com

*通信作者 邓瑞雪 (1978—), 女, 辽宁铁法人, 副教授, 博士, 研究方向为功能活性天然产物及其全合成。E-mail: dengliu20022002@163.com

酚酸等多种活性成分^[3]。迷迭香抗氧化提取物具有很强的抗氧化活性,广泛用于油炸食品、富油食品及各类油脂的保鲜保质。在食品工业、化妆品工业和医药工业等方面均得到广泛的应用^[4-7]。

迷迭香抗氧化剂是工业化生产和应用最广泛的天然抗氧化剂之一。其抗氧化活性成分主要为二萜酚酸和黄酮类化合物^[8]。迷迭香提取物的很多生物活性与其抗氧化作用有关^[9-11]。另外,迷迭香提取物还具有较好的抗肿瘤、抗艾滋病毒、抗菌等作用^[12-14]。

关于迷迭香中活性成分的分析已经有文献报道,曹珊等^[15]以乙腈-0.1%醋酸为流动相体系,采用 LC-MS/MS 法测定了绿原酸、咖啡酸、迷迭香酸和鼠尾草酸等 4 种抗氧化成分的含量;Borrás 等^[16]采用 LC-MS/MS 测定了迷迭香提取物的主要成分;王珏等^[17]以甲醇-0.1%磷酸的流动相体系,采用 HPLC 变换波长法测定了迷迭香中咖啡酸、阿魏酸和迷迭香酸的含量;张坤等^[18]以乙腈-0.1%磷酸为流动相体系,采用 RP-HPLC 测定了迷迭香中鼠尾草酸和迷迭香酸的含量;李恬等^[19]以乙腈-0.1%甲酸为流动相体系,研究了迷迭香药材的 HPLC 特征图谱,并标定了其中的 9 个共有峰。Okamura 等^[20]采用乙腈-0.1%磷酸的流动相体系研究了鼠尾草酚和鼠尾草酸的 HPLC 测试条件。目前,尚未有关于迷迭香中多种抗氧化活性成分分析测试的文献报道。

本实验采用 HPLC 波长切换法同时分析迷迭香中绿原酸、咖啡酸、迷迭香酸、木犀草素、芹菜素、茺花素、丹皮酚、迷迭香酚、橙皮素、鼠尾草酚和鼠尾草酸 11 种主要抗氧化活性成分的含量。该研究为迷迭香中抗氧化活性成分的进一步开发利用奠定了一定的基础。

1 仪器与材料

Agilent1100 高效液相色谱仪,包括四元泵、二极管阵列检测器(G1313A)、在线脱气机、柱温箱、自动进样器、Agilent1100 色谱工作站;FA2004 型电子分析天平、十万分之一,上海越平科学仪器有限公司。

对照品绿原酸、咖啡酸、迷迭香酸、木犀草素、芹菜素、茺花素、丹皮酚、迷迭香酚、橙皮素、鼠尾草酚和鼠尾草酸均购自上海诗丹德生物科技有限公司,HPLC 测得质量分数大于 98%。迷迭香茎叶采自河南省伊川县江左镇迷迭香种植基地(2015

年 12 月),原植物及样品由河南科技大学侯小改教授鉴定为迷迭香 *Rosmarinus officinalis* L. 茎和叶。原料经自然干燥后,将茎和叶分开,粉碎,过 60 目筛,备用。

甲醇和乙腈为色谱纯,水为高纯水,磷酸二氢钾为基准试剂,其余试剂均为分析纯。

2 方法与结果

2.1 色谱条件

Agilent1100 高效液相色谱仪;色谱柱为 Zorbax SB-Aq C₁₈ 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm);流动相为甲醇(A)-磷酸二氢钾缓冲盐(pH=3.0, B),梯度洗脱,0~6 min, 35% A; 6~18 min, 35%~70% A; 18~21 min, 70% A; 21~21.5 min, 70%~80% A; 21.5~28.0 min, 80% A; 28~28.5 min, 80%~35% A; 绿原酸、咖啡酸、迷迭香酸、木犀草素、芹菜素和茺花素的检测波长为 328 nm, 丹皮酚、迷迭香酚、橙皮素、鼠尾草酚和鼠尾草酸的检测波长为 284 nm; 体积流量为 1.0 mL/min; 柱温 30 °C; 进样量 10 μL。

2.2 对照品溶液的制备

精密称取对照品绿原酸、咖啡酸、迷迭香酸、丹皮酚、迷迭香酚、橙皮素、木犀草素、芹菜素、鼠尾草酚、茺花素和鼠尾草酸适量,分别加入甲醇溶解并定容于 25 mL 量瓶,配成含绿原酸 80.8 μg/mL、咖啡酸 69.6 μg/mL、迷迭香酸 110.4 μg/mL、丹皮酚 9.6 μg/mL、迷迭香酚 18.4 μg/mL、橙皮素 8.8 μg/mL、木犀草素 28.8 μg/mL、芹菜素 149.6 μg/mL、鼠尾草酚 204.0 μg/mL、茺花素 16.0 μg/mL 和鼠尾草酸 208.8 μg/mL 的混合对照品储备溶液。再分别精密吸取 0.25、0.5、1.0、2.0、4.0、8.0 mL 储备液置于 10 mL 量瓶中,用甲醇定容,制得系列质量浓度的混合对照品溶液,避光保持,备用。

2.3 供试品溶液的制备

取迷迭香放置于室温下阴干,将叶和茎分开,分别置于 100 °C 的烘箱中烘 3 h。将经过烘干的迷迭香叶和茎分别粉碎,过 60 目筛,分别精密称取 5.00 g 样品,用滤纸包好,加入 50 mL 甲醇为提取溶剂,采用索氏提取器回流提取 4 h。回收提取液,冷却后,滤液用 0.45 μm 的微孔滤膜滤过,用甲醇定容于 50 mL 量瓶中,即为供试品溶液。

2.4 线性关系的考察

分别精密吸取系列浓度混合对照品溶液 10 μL

注入色谱仪,按照“2.1”项下的色谱条件进行测定,记录峰面积。以对照品的峰面积为纵坐标 (Y), 对照品质量浓度为横坐标 (X) 进行线性回归,得绿

原酸、咖啡酸、迷迭香酸、木犀草素、芹菜素、芫花素、丹皮酚、迷迭香酚、橙皮素、鼠尾草酚和鼠尾草酸的线性回归方程见表 1, 色谱图见图 1。

表 1 主要成分保留时间、回归方程

Table 1 Retention time and regression equations of main constituents

化合物	保留时间/min	标准曲线	线性范围/($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	r
氯原酸	4.873	$Y=9.707\ 7\ X-2.835\ 5$	2.02~64.64	0.999 97
咖啡酸	7.317	$Y=15.310\ 09\ X-2.005\ 20$	1.74~55.68	0.999 97
迷迭香酸	12.600	$Y=9.446\ 51\ X-1.432\ 71$	2.76~88.32	0.999 97
丹皮酚	18.110	$Y=19.368\ 35\ X-6.098\ 19$	0.24~7.68	0.996 63
迷迭香酚	18.728	$Y=81.244\ 70\ X-2.042\ 9$	0.46~14.72	0.999 97
橙皮素	19.386	$Y=16.753\ 42\ X-3.313\ 25$	0.22~7.04	0.998 64
木犀草素	20.093	$Y=8.227\ 37\ X-2.622\ 16$	0.72~23.04	0.999 37
芹菜素	21.718	$Y=1.602\ 81\ X-1.539\ 32$	3.74~119.68	0.999 80
鼠尾草酚	24.125	$Y=1.482\ 67\ X-10.890\ 48$	5.10~163.28	0.996 18
芫花素	25.353	$Y=26.756\ 56\ X-6.803\ 30$	0.40~12.8	0.996 35
鼠尾草酸	26.727	$Y=1.152\ 27\ X-8.635\ 69$	5.22~167.04	0.996 98

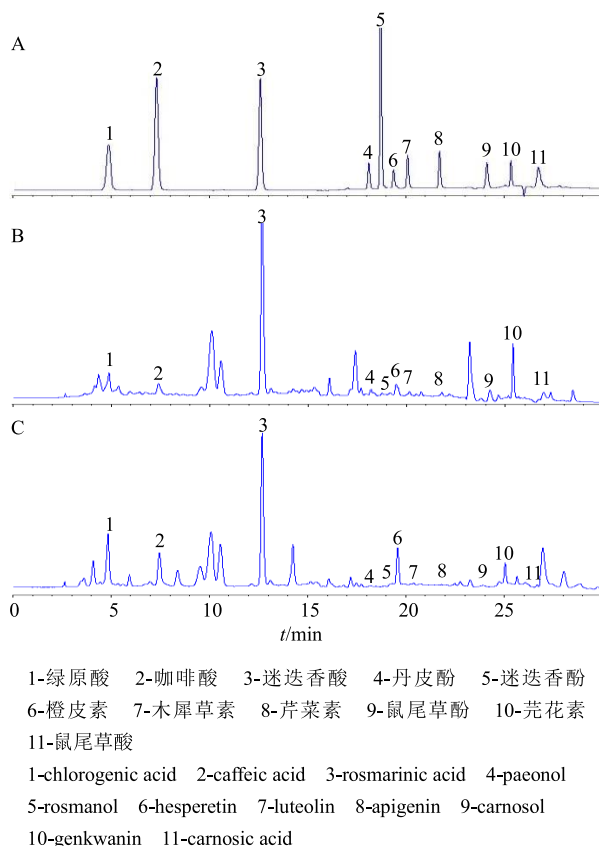


图 1 混合对照品 (A) 和迷迭香叶 (B) 和茎 (C) 的色谱图

Fig. 1 Chromatogram of anti-oxidant constituents standards (A), amples of leaves (B) and stem (C) of *R. officinalis*

2.5 精密度试验

取对照品混合物溶液,按“2.1”项下的色谱条件,连续进样 6 次,记录峰面积,计算绿原酸、咖啡酸、迷迭香酸、丹皮酚、迷迭香酚、橙皮素、木犀草素、芹菜素、鼠尾草酚、芫花素和鼠尾草酸峰面积的 RSD 分别为 0.85%、0.45%、0.67%、0.79%、0.59%、0.64%、0.98%、0.84%、1.15%、0.46%、0.76%,表明测试仪器的精密度良好。

2.6 稳定性试验

取同一供试品溶液,分别于配制后的 0、2、4、8、12、24、48 h 进样,记录峰面积。结果显示绿原酸、咖啡酸、迷迭香酸、丹皮酚、迷迭香酚、橙皮素、木犀草素、芹菜素、鼠尾草酚、芫花素和鼠尾草酸的峰面积的 RSD 值分别为 0.64%、0.48%、0.82%、0.49%、0.77%、1.04%、1.11%、0.97%、0.88%、0.67%、0.87%,表明供试品溶液在 48 h 内稳定性良好。

2.7 重复性试验

精密称取迷迭香叶粉末 5 份,每份 5 g,按照“2.3”项下方法操作,制备所需供试品溶液,测定绿原酸、咖啡酸、迷迭香酸、丹皮酚、迷迭香酚、橙皮素、木犀草素、芹菜素、鼠尾草酚、芫花素和鼠尾草酸的峰面积,计算各组平均质量分数分别为 621.01、293.29、3154.36、90.51、10.63、274.77、375.33、1 340.68、1 554.78、220.89、458.63 $\mu\text{g/g}$;

RSD 分别为 1.44%、2.1%、0.87%、0.54%、1.24%、2.41%、0.85%、2.77%、2.54%、0.49%、1.28%，表明本方法的重复性良好。

2.8 加样回收率试验

精密称取已测定的迷迭香茎和叶粉末 9 份，每份 5.00 g，3 份为一组，分别精密加入一定量的绿原酸、咖啡酸、迷迭香酸、丹皮酚、迷迭香酚、橙皮素、木犀草素、芹菜素、鼠尾草酚、茺花素和鼠尾草酸对照品（约相当于样品中各对照品含量的 80%、100%、120%），加入 50 mL 甲醇，按照“2.3”项下方法操作，制备供试品溶液，进样 10 μ L，测定提取液中 5 种组分的含量并计算加样回收率。绿原酸、咖啡酸、迷迭香酸、丹皮酚、迷迭香酚、橙

皮素、木犀草素、芹菜素、鼠尾草酚、茺花素和鼠尾草酸的平均加样回收率分别为 99.5%、98.1%、99.5%、100.4%、100.5%、9.7%、99.7%、99.8%、100.1%、99.4%、99.6%，RSD 分别为 1.32%、0.89%、0.67%、1.06%、2.14%、0.64%、0.78%、0.61%、1.13%、1.04%、0.88%。

2.9 样品的测定

将经过烘干的迷迭香叶和茎分别采用高速粉碎机粉碎，过 60 目筛，按照“2.3”项下的方法制备供试品溶液。精密吸取对照品混合物和供试品溶液各 10 μ L，注入高效液相色谱仪，按照“2.1”项色谱条件分别测定，外标法计算不同迷迭香茎叶中 11 种主要抗氧化活性成分的含量，结果见表 2。

表 2 样品测定结果 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

Table 2 Determination results of samples ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

样品	质量分数/ $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$										
	绿原酸	咖啡酸	迷迭香酸	丹皮酚	迷迭香酚	橙皮素	木犀草素	芹菜素	鼠尾草酚	茺花素	鼠尾草酸
叶	621.01 $\pm$ 6.58	293.29 $\pm$ 3.65	3 154.36 $\pm$ 21.35	90.51 $\pm$ 2.45	10.63 $\pm$ 0.64	274.77 $\pm$ 2.31	375.33 $\pm$ 4.15	1 340.68 $\pm$ 9.74	1 554.78 $\pm$ 10.35	220.89 $\pm$ 2.18	458.63 $\pm$ 3.64
茎	451.02 $\pm$ 4.56	249.50 $\pm$ 2.78	1 043.05 $\pm$ 16.54	56.45 $\pm$ 0.87	11.13 $\pm$ 0.41	183.24 $\pm$ 2.34	97.87 $\pm$ 1.32	503.02 $\pm$ 4.18	1 689.838 $\pm$ 14.35	84.25 $\pm$ 2.10	812.38 $\pm$ 3.58

由表 2 的测定结果可以看出，11 种主要抗氧化活性成分在迷迭香叶和茎中含量差异较大。化合物迷迭香酸、鼠尾草酚和鼠尾草酸在迷迭香茎中的含量要大于在叶中的含量，其中迷迭香酸和鼠尾草酚在茎和叶中含量非常接近，鼠尾草酸在茎中含量是叶中含量的 1.77 倍。另外 8 种主要成分在迷迭香叶中的含量要大于在迷迭香茎中的含量，含量差异最大的是木犀草素，其在迷迭香叶中的含量是在迷迭香茎中含量的 3.8 倍，另外，迷迭香酸、芹菜素和茺花素含量差异也较大，在叶中含量分别是在茎中含量的 3.0、2.6 和 2.6 倍。迷迭香中这 11 种抗氧化活性成分的含量不同，迷迭香酸和鼠尾草酚含量较高，远远大于其他成分的含量，其中迷迭香酚在迷迭香叶中的质量分数为 3 154.36 $\mu\text{g/g}$ ，在迷迭香茎中的质量分数为 1 043.05 $\mu\text{g/g}$ ；鼠尾草酚在迷迭香叶和茎中的质量分数分别为 1 554.78 $\mu\text{g/g}$ 和 1 689.84 $\mu\text{g/g}$ 。含量最低的迷迭香酚，其在迷迭香叶和茎中的质量分数分别为 10.63 $\mu\text{g/g}$ 和 11.13 $\mu\text{g/g}$ 。

3 讨论

在确定检测波长时，采用紫外可见分光光度计在波长 200~400 nm 进行全波长扫描，以确定各活性成分的吸收波长，从而确定合适的检测波长。光

谱扫描结果显示绿原酸、咖啡酸、迷迭香酸、木犀草素、芹菜素和茺花素在 328 nm 处有明显的吸收峰，丹皮酚、迷迭香酚、橙皮素、鼠尾草酚和鼠尾草酸在 284 nm 处有最明显吸收峰。因此，本测定方法的吸收波长采用变波长法测定，选择 328 nm 作为绿原酸、咖啡酸、迷迭香酸、木犀草素、芹菜素和茺花素的检测波长，284 nm 作为丹皮酚、迷迭香酚、橙皮素、鼠尾草酚和鼠尾草酸的检测波长。

本实验优化了乙腈-磷酸水体系、甲醇-磷酸水体系、乙腈-磷酸缓冲液体系、甲醇-磷酸缓冲液体系等作为流动相的分离效果，发现采用甲醇-磷酸缓冲液和乙腈-磷酸缓冲液体系分析效果类似，并均要好于甲醇-磷酸水和乙腈-磷酸水体系。考虑甲醇在价格和安全性方面的优势，最终选择甲醇-磷酸二氢钾缓冲盐 (pH3.0) 为流动相。分离洗脱为梯度洗脱，条件为 0~6 min, 35% A; 6~18 min, 35%~70% A; 18~21 min, 70% A; 21~21.5 min, 70%~80% A; 21.5~28, 80% A; 28~28.5 min, 80%~35% A。在此条件下，11 个抗氧化活性成分均得到较好的分析，样品分析效果也较好，并且分析时间较短。

本实验比较了甲醇、乙醇和乙腈等溶剂提取迷迭香中的抗氧化活性成分的效率，同时对不同的提取方法（超声、索氏回流、冷浸和回流）、提取时

间、料液比及溶剂浓度进行了优化,以其中主要成分迷迭香酸的含量作为衡量标准。结果发现采用 10 倍量的甲醇,用索氏提取器回流 4 h 时迷迭香酸的得率较高,大于用其他提取方法,因此选择甲醇作为提取溶剂。

迷迭香作为一种非常重要的药用植物引起了越来越多的关注。迷迭香抗氧化提取物是工业化生产和应用最广泛的天然抗氧化剂之一,广泛用于医药、油炸食品、富油食品及各类油脂的保鲜保质。本实验建立了波长切换同时测定香迷迭香叶和迷迭茎中 11 种主要抗氧化活性成分含量的 HPLC-DAD 测定方法。通过对流动相的选择和优化,在选定的色谱条件下,11 种主要抗氧化活性成分在 30 min 内得到了很好的分离,且回收率均在 98% 以上。该方法简便,实用性强,且准确度和重复性均较好。为系统研究开发天然抗氧化剂迷迭香提供了理论依据。

参考文献

- [1] Rosemary C, 毕良武, 赵振东. 欧洲迷迭香的研究状况 [J]. 生物质化学工程, 2006, 40(2): 41-44.
- [2] 高洁, 邓莉兰, 张燕平. 世界迷迭香种植技术研究进展 [J]. 热带农业科学, 2011, 31(1): 80-86.
- [3] 屠鹏飞, 徐占辉. 新型资源植物迷迭香的化学成分及其应用 [J]. 天然产物研究与开发, 1998, 10(3): 62-68.
- [4] 段燕, 张万刚, 周光宏, 等. 迷迭香提取物对真空包装熟猪肉饼抗氧化和抗菌效果的影响 [J]. 食品科学, 2015, 36(6): 236-241.
- [5] 杨海麟, 鲁时瑛, 杨胜利, 等. 迷迭香抗氧化剂的提取方法研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2002, 14(4): 20-23.
- [6] Wang W, Wu N, Zu Y G, *et al.* Antioxidative activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil compared to its main components [J]. *Food Chem*, 2008, 108(3): 1019-1022.
- [7] Erkan N, Ayranci G, Ayranci E. Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, blackseed (*Nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol [J]. *Food Chem*, 2008, 110(1): 76-82.
- [8] 刘先章, 赵振东, 毕良武. 天然迷迭香抗氧化剂的研究进展 [J]. 林产化学与工业, 2004, 24(8): 132-138.
- [9] 黄杰, 王华丽, 马娜, 等. 迷迭香提取物抗氧化作用及其对果蝇寿命的影响 [J]. 中国食品学报, 2016, 16(5): 19-24.
- [10] 李婷婷, 励建荣, 胡文忠, 等. 迷迭香对冷藏鲑鱼蔬菜鱼丸的保鲜效果 [J]. 中国食品学报, 2012, 12(11): 90-96.
- [11] 韩宏星, 曾慧慧, 屠鹏飞, 等. 迷迭香总二萜酚的体内抗氧化作用研究 [J]. 中草药, 2001, 32(5): 434-436.
- [12] Sakina M P, Jeremy J J. Diterpenes from rosemary (*Rosmarinus officinalis*): Defining their potential for anti-cancer activity [J]. *Cancer Lett*, 2015, 367(2): 93-102.
- [13] 申婷婷, 马娜, 梁若男, 等. 迷迭香对仓鼠肝脏胆固醇代谢调控基因表达的影响 [J]. 中国食品学报, 2015, 15(3): 8-14.
- [14] 饶光宇, 陈秀芬, 张高, 等. 迷迭香二萜酚提取物对几种肝损伤的保护作用 [J]. 中草药, 2013, 44(2): 147-149.
- [15] 曹珊, 祖元刚, 张琳. LC-MS/MS 方法同时检测超声提取迷迭香叶片中的 4 种主要成分 [J]. 食品科学, 2012, 33(20): 196-200.
- [16] Borrás L I, Arráez-Román D, Herrero M, *et al.* Comparison of different extraction procedures for the comprehensive characterization of bioactive phenolic compounds in *Rosmarinus officinalis* by reversed-phase high-performance liquid chromatography with diode array detection coupled to electrospray time-of-flight mass spectrometry [J]. *J Chromatogr A*, 2011, 1218(42): 7682-7690.
- [17] 王琿, 张振秋. HPLC 波长切换法同时测定迷迭香中咖啡酸、阿魏酸和迷迭香酸的含量 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(5): 116-118.
- [18] 张坤, 许秋雁, 叶小燕, 等. RP-HPLC 法同时测定迷迭香中鼠尾草酸和迷迭香酸的含量 [J]. 中南药学, 2013, 11(8): 603-605.
- [19] 李恬, 廖俊朋. 迷迭香药材 HPLC 特征图谱分析研究 [J]. 药物分析杂志, 2014, 34(12): 2181-2184.
- [20] Okamura N, Fujimoto Y, Kuwabara S, *et al.* High-performance liquid chromatographic determination of carnosic acid and carnosol in *Rosmarinus officinalis* and *Salvia officinalis* [J]. *J Chromatogr A*, 1994, 679(2): 381-386.