

## · 基础研究 ·

基于电子舌和多成分定量技术的厚朴“苦味”  
药性物质基础研究<sup>△</sup>荆文光<sup>1</sup>, 赵小亮<sup>2</sup>, 张权<sup>1</sup>, 程显隆<sup>1</sup>, 马双成<sup>1\*</sup>, 魏锋<sup>1\*</sup>

1. 中国食品药品检定研究院, 北京 100050;

2. 中国中医科学院 医学实验中心, 北京 100700

**[摘要]** 目的: 通过电子舌与多成分定量相结合的方法揭示厚朴“苦味”药性物质基础。方法: 采用电子舌对20批厚朴药材的味觉进行量化; 采用多成分含量测定对20批厚朴中的紫丁香酚苷、木兰花碱、木兰花箭毒碱、木兰苷A、木兰苷B、和厚朴酚、厚朴酚和辣薄荷基厚朴酚8个化学成分的含量进行分析, 并测定药材电子舌测试液中除辣薄荷基厚朴酚外的7个化学成分的质量浓度; 采用皮尔逊相关性分析建立化学成分与味觉传感器响应值的相关关系。根据相关性结果筛选出6个单体化合物并对其味觉进行测定。结果: 厚朴药材中和厚朴酚、厚朴酚和辣薄荷基厚朴酚与电子舌苦味、苦味回味存在显著的正相关 ( $P < 0.05$ ); 厚朴酚、和厚朴酚虽然为脂溶性化学成分, 在电子舌测试液中的含量较低, 但仍与苦味、苦味回味有显著正相关 ( $P < 0.05$ ); 单体化合物的味觉测试中, 厚朴酚、和厚朴酚的苦味和苦味回味的响应值均为最高。结论: 厚朴酚与和厚朴酚为厚朴“苦味”药性物质基础。

**[关键词]** 厚朴; 电子舌; 多成分含量测定; 苦味; 物质基础

**[中图分类号]** R284 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-4890(2022)02-0258-07

**doi:** 10.13313/j.issn.1673-4890.20201026007

**Material Basis of “Bitterness” Medicinal Properties of Magnoliae Officinalis Cortex Based on Electronic Tongue and Multi-component Quantitative Technology**JING Wen-guang<sup>1</sup>, ZHAO Xiao-liang<sup>2</sup>, ZHANG Quan<sup>1</sup>, CHENG Xian-long<sup>1</sup>, MA Shuang-cheng<sup>1\*</sup>, WEI Feng<sup>1\*</sup>

1. National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 100050, China;

2. Experimental Research Center, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China

**[Abstract]** **Objective:** To reveal the material basis of the “bitterness” medicinal properties of Magnoliae Officinalis Cortex based on electronic tongue and multi-component quantitative technology. **Methods:** The taste of 20 batches of Magnoliae Officinalis Cortex was quantified by electronic tongue. The content of 8 chemical components, i.e., syringin, magnoflorine, magnocurarine, magnolol, magnolol A, magnolol B, honokiol, magnolol, and piperitylmagnolol was analyzed, and their mass concentrations in the medicinal solution for electronic tongue test were determined except piperitylmagnolol. Pearson correlation analysis was performed to establish the correlation between the 8 chemical components and the response value of the taste sensor. Six monomer compounds were screened out according to the correlation results and the taste of them were determined. **Results:** Magnolol, honokiol, and piperitylmagnolol in the medicinal materials were positively correlated with the sensor response values of bitterness and bitter aftertaste ( $P < 0.05$ ), although magnolol and honokiol as fat-soluble chemical components had a low content in the test solution. Meanwhile, magnolol and honokiol exhibited the highest response of the bitterness and bitter aftertaste in the taste test of monomer compounds. **Conclusion:** Magnolol and honokiol are the material basis of the “bitterness” medicinal properties of Magnoliae Officinalis Cortex.

**[Keywords]** Magnoliae Officinalis Cortex; electronic tongue; multi-component quantitative determination; bitterness; material basis

<sup>△</sup> [基金项目] 国家中药标准化项目 (ZYBZH-Y-ZY-45)

\* [通信作者] 马双成, 研究员, 研究方向: 中药质量与安全; Tel: 010-53852020, E-mail: masc@nifdc.org.cn

魏锋, 研究员, 研究方向: 中药质量控制和标准研究; Tel: 010-53852020, E-mail: weifeng@nifdc.org.cn

药性是中药的基本属性, 中药药性理论作为中医药理论的核心内容, 是中药发挥药效作用的高度概括。利用现代科学技术挖掘中药“四气五味”的物质基础, 是阐述中药整体药效物质基础的重要环节。《黄帝内经·素问》记载: “五气入鼻、五味入口”<sup>[1]</sup>, 说明中药四气五味的发现最先依赖于人的鼻舌, 然而历代医家对于同一种药物味的记述并不完全相同, 且对药味敏感度也不同, 故有“极”“大”“甚”或“微”的描述<sup>[2]</sup>。近年来, 随着科学技术的进步, 许多仿生模型被应用到食品和药物的气味鉴别及质量评价中, 其中应用较多的有电子鼻和电子舌技术。与人工评价相比, 电子舌具有客观性, 重复性, 无需进行样品前处理, 不疲劳, 检测速度快, 数据电子化、易存储、易描述的优点。电子鼻、电子舌等现代仿生技术结合化学分离分析的方法为中药药性物质基础的研究提供了客观化、定量化的手段<sup>[3-6]</sup>。杜瑞超等<sup>[7]</sup>选取了5种苦味药、6种甜味药、6种酸味药、6种咸味药, 采用不同煎煮方法进行处理, 利用电子舌检测, 并采用主成分分析和判别因子分析分别对原始数据进行处理, 结果表明, 相同味道的中药能够很好地聚类, 建立的滋味区域能够很好地辨别中药的酸、苦、甜、咸。马文凤等<sup>[8]</sup>以延胡索为例探讨仿生技术在中药五味辨识研究中的应用, 利用季铵碱型生物碱小檗碱及叔胺碱型生物碱延胡索乙素与构建的苦味受体hTAS2R10结合, 其对接分值较高, 故认为延胡索药材中的苦味物质基础为叔胺碱型及季铵碱型化合物。梁晓光等<sup>[9]</sup>研究了苦味药黄连的物质基础, 采用电子舌技术对色谱分离得到的6个化合物进行苦度评价, 并结合大肠杆菌和金黄色葡萄球菌抑制实验对结果进行相关性评价, 发现除非洲防己碱外, 苦度越大的成分抑菌效果越好, 并进一步证实苦味化合物应为苦味药的主要药效物质基础。曾燕等<sup>[10]</sup>采用电子舌技术考察不同来源黄芩药材味觉信息和主要化学成分之间的相关性, 黄芩的苦味、涩味、苦回味、涩回味、酸味与黄芩苷含量呈现显著的正相关, 说明黄芩苷为黄芩苦味的物质基础。

厚朴始载于《神农本草经》, 为木兰科植物厚朴 *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils. 或凹叶厚朴 *M. officinalis* Rehd. et Wils. var. *biloba* Rehd. et Wils. 的干燥干皮、根皮及枝皮<sup>[11]</sup>。其性温, 味苦、辛, 具有燥湿消痰、下气除满之功, 用于治疗湿滞伤中、脘

痞吐泻、食积气滞、腹胀便秘、痰饮喘咳等<sup>[12]</sup>。化学成分研究表明, 厚朴主要含有厚朴酚类、生物碱和苯乙醇苷类成分<sup>[13]</sup>。本实验在前期建立厚朴中8个指标性成分含量测定方法工作的基础上<sup>[14]</sup>, 采用电子舌对厚朴苦味药性进行量化表征, 并与其8个成分含量进行相关性分析, 阐述其苦味药性的物质基础。

## 1 材料

### 1.1 试药

厚朴(编号: HP01~HP10)采自湖北恩施市华中药用植物园, 凹叶厚朴(编号: AY01~AY10)采自湖南永州道县厚朴基地, 所有样品树龄均约为20年, 均采自胸径部位, 经中国食品药品检定研究院魏锋研究员鉴定为木兰科植物厚朴 *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils. 和凹叶厚朴 *M. officinalis* Rehd. et Wils. var. *biloba* Rehd. et Wils. 的干燥干皮。

对照品紫丁香酚苷(批号: Y28M9H57297)、和厚朴酚(批号: T28O6B5149)、木兰苷A(批号: X16S8L44141)、木兰箭毒碱(批号: M29J8S40878)、厚朴酚(批号: KS0912CB14)、木兰花碱(批号: R21M9F61834)均购自上海源叶生物科技有限公司; 对照品木兰苷B、辣薄荷基厚朴酚为实验室自制; 所有对照品经超高效液相色谱法(UPLC)峰面积归一化测定, 纯度均大于98.0%; 乙腈、甲醇(色谱纯, Thermo Fisher公司); 纯净水(广州屈臣氏食品饮料有限公司); 氯化钾、氢氧化钾、酒石酸等其他试剂均为分析纯, 购自国药集团化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器

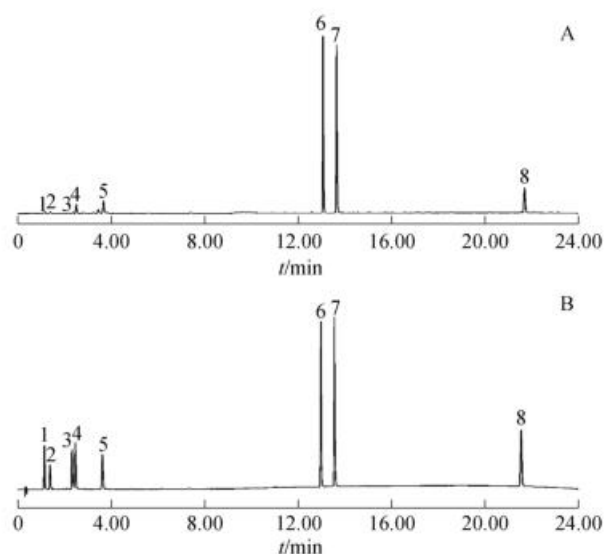
Waters ACQUITY H-Class型超高效液相色谱, 光电二极管阵列检测器(PDA), Empower 3工作站; AE 240型十万分之一电子天平(梅特勒托利多仪器上海有限公司); KQ-500E型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司); TS-5000Z型电子舌[日本Insent公司, 配备5种基本味(酸、甜、苦、咸、鲜)和涩味的评价系统]。

## 2 方法与结果

### 2.1 色谱条件

色谱柱为Waters ACQUITY UPLC BEH-C<sub>8</sub>(50 mm×2.1 mm, 1.7 μm); 流动相为0.2%磷酸水溶液(A)-

乙腈 (B), 梯度洗脱 (0~2 min, 9%~11%B; 2~5 min, 11%~12%B; 5~8 min, 12%~15%B; 8~10 min, 15%~39%B; 10~13 min, 39%~60%B; 13~18 min, 60%~65%B; 18~24 min, 65%~96%B; 24~25 min, 96%~100%B); 流速:  $0.4 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ ; 柱温:  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 进样体积:  $1.0 \mu\text{L}$ ; 检测波长: 木兰箭毒碱为  $282 \text{ nm}$ , 紫丁香酚和木兰花碱为  $260 \text{ nm}$ , 木兰苷 A 和木兰苷 B 为  $310 \text{ nm}$ , 和厚朴酚、厚朴酚和辣薄荷基厚朴酚为  $290 \text{ nm}$ , 色谱图见图 1。



注: A. 厚朴样品; B. 混合对照品; 1. 紫丁香酚苷; 2. 木兰箭毒碱; 3. 木兰花碱; 4. 木兰苷 B; 5. 木兰苷 A; 6. 和厚朴酚; 7. 厚朴酚; 8. 辣薄荷基厚朴酚。

图 1 厚朴样品和混合对照品色谱图

## 2.2 对照品溶液的制备

分别取对照品紫丁香酚苷、木兰花碱、木兰箭毒碱、木兰苷 A、木兰苷 B、和厚朴酚、厚朴酚、辣薄荷基厚朴酚适量, 精密称定, 用甲醇配制质量浓度分别为  $30.72$ 、 $29.24$ 、 $37.40$ 、 $88.32$ 、 $61.92$ 、

$49.16$ 、 $45.60$ 、 $29.16 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的混合对照品溶液,  $0.22 \mu\text{m}$  微孔滤膜滤过, 备用。

## 2.3 供试品溶液的制备

取厚朴药材粉末 (过三号筛)  $0.3 \text{ g}$ , 精密称定, 精密加入甲醇  $25 \text{ mL}$ , 称定质量, 冷浸  $24 \text{ h}$ , 用甲醇补足减失的质量, 滤过, 取续滤液, 经  $0.22 \mu\text{m}$  微孔滤膜滤过, 即得。

## 2.4 方法学考察

**2.4.1 线性关系考察** 分别精密吸取不同质量浓度的混合对照品溶液各  $1.0 \mu\text{L}$  注入超高效液相色谱仪, 按 2.1 项下色谱条件采用不同波长测定, 以紫丁香酚苷等 8 个成分峰面积为纵坐标 ( $Y$ ), 进样质量为横坐标 ( $X$ ) 绘制标准曲线, 8 个成分回归方程、相关系数 ( $r$ )、线性范围、定量下限 (LLOQ) 和检测下限 (LLOD) 见表 1。结果表明, 在定量范围内各化合物的线性关系良好。

**2.4.2 精密度试验** 将混合对照品溶液连续进样 6 次, 计算紫丁香酚苷等 8 个成分峰面积的 RSD。结果显示, 紫丁香酚苷、木兰花碱、木兰箭毒碱、木兰苷 A、木兰苷 B、和厚朴酚、厚朴酚、辣薄荷基厚朴酚峰面积的 RSD 均小于  $2.0\%$ , 表明仪器精密度较好。

**2.4.3 稳定性试验** 取同一供试品溶液 (HP05) 分别于  $0$ 、 $1$ 、 $2$ 、 $4$ 、 $8$ 、 $12$ 、 $24 \text{ h}$  进样分析, 计算紫丁香酚苷等 8 个成分峰面积的 RSD。结果显示, 紫丁香酚苷、木兰花碱、木兰箭毒碱、木兰苷 A、木兰苷 B、和厚朴酚、厚朴酚、辣薄荷基厚朴酚峰面积的 RSD 均小于  $2.5\%$ , 表明供试品溶液在  $24 \text{ h}$  内稳定性良好。

**2.4.4 重复性试验** 取同一批厚朴药材样品 (HP05), 按 2.3 项下方法操作, 平行制备 6 份供试品溶液, 在 2.1 项下色谱条件下测定, 用外标法计算各化合物

表 1 厚朴中 8 个成分回归方程、 $r$  及线性范围、LLOQ 和 LLOD

编号	成分	标准曲线	$r$	线性范围/ng	LLOQ/ng	LLOD/ng
1	紫丁香酚苷	$Y=5544.6X+615.6$	0.9998	7.48~37.40	1.23	0.45
2	木兰箭毒碱	$Y=1570.7X+614.0$	0.9997	5.85~29.24	1.46	0.50
3	木兰花碱	$Y=4331.9X-2077.1$	0.9997	6.14~30.72	1.18	0.39
4	木兰苷 B	$Y=2039.3X+1847.1$	0.9998	17.66~88.32	0.83	0.29
5	木兰苷 A	$Y=2727.1X-1986.7$	0.9999	12.38~61.92	0.76	0.21
6	和厚朴酚	$Y=4478.1X-4291.6$	0.9998	9.12~45.60	0.61	0.20
7	厚朴酚	$Y=4356.9X-4466.7$	0.9998	9.83~49.16	0.61	0.18
8	辣薄荷基厚朴酚	$Y=2870.9X-1821.0$	0.9998	5.83~29.16	1.31	0.73

的含量,并计算测定结果的RSD。结果显示,紫丁香酚苷、木兰花碱、木兰箭毒碱、木兰苷A、木兰苷B、和厚朴酚、厚朴酚、辣薄荷基厚朴酚含量的RSD均小于2.0%,表明该方法重复性较好。

**2.4.5 加样回收率试验** 精密称定已知含量的厚朴(HP05)样品粉末0.1g,平行制备6份,按照100%分别加入8个对照品,按2.3项下方法制备样品溶液,进样分析,计算8个成分的含量和加样回收率。结果显示,紫丁香酚苷、木兰花碱、木兰箭毒碱、木兰苷A、木兰苷B、和厚朴酚、厚朴酚、辣薄荷基厚朴酚平均回收率分别为100.1%、94.1%、98.5%、97.8%、96.1%、98.7%、99.0%、100.2%,RSD分别为3.02%、2.62%、3.30%、2.53%、2.36%、2.66%、2.42%、1.67%。

**2.4.6 含量测定** 按照2.3项下方法制备20批厚朴药材样品溶液,按2.1项下色谱条件进行分析,分别测定紫丁香酚苷、木兰花碱、木兰箭毒碱、木兰苷A、木兰苷B、和厚朴酚、厚朴酚、辣薄荷基厚朴酚的含量(表2)。

## 2.5 厚朴药材的电子舌味觉分析

精密称取厚朴样品1g,精密加入去离子水(95~100℃)100mL,超声30min(300W,40Hz),

放冷,12000r·min<sup>-1</sup>离心10min(离心半径为8cm),取上清液70mL进行测定,每份样品平行测定4次,取后3次平均值,结果见表3。测试用液:参比溶液(人工唾液)为30mmol·L<sup>-1</sup>KCl溶液和0.3mmol·L<sup>-1</sup>酒石酸;负极清洗液为100mmol·L<sup>-1</sup>HCl和30%乙醇混合液;正极清洗液为100mmol·L<sup>-1</sup>KCl、100mmol·L<sup>-1</sup>KOH和30%乙醇的混合液。其中,酸味(sourness)的无味点(tasteless)为-13.0,咸味(saltiness)的无味点为-6.00,其余味道的无味点均为0。

## 2.6 厚朴药材化学成分含量与电子舌味觉的相关性分析

为寻找厚朴苦味的药性物质基础,将厚朴药材中8个成分与苦味、苦味回味传感器测定值进行皮尔逊(Pearson)相关性分析,结果厚朴酚、和厚朴酚、辣薄荷基厚朴酚与苦味、苦味回味存在显著的正相关( $P<0.05$ , $P<0.01$ ),说明厚朴酚、和厚朴酚、辣薄荷基厚朴酚为厚朴苦味的潜在物质基础(表4)。木兰箭毒碱与苦味、苦味回味存在显著的负相关,此外木兰花碱、木兰苷A未显示与苦味有直接相关性,而与苦味回味存在负相关,可能这2个成分对苦味传感器不敏感,这与梁晓光等<sup>[9]</sup>报道黄连

表2 厚朴药材中8个成分的质量分数(n=3)

编号	紫丁香酚苷	木兰花碱	木兰苷B	木兰苷A	和厚朴酚	厚朴酚	辣薄荷基厚朴酚	木兰箭毒碱	mg·g <sup>-1</sup>
HP01	4.29	1.74	44.49	6.69	17.14	30.84	10.63	2.05	
HP02	4.41	1.54	21.24	4.35	17.07	14.41	4.29	1.36	
HP03	2.58	1.39	18.55	4.47	44.20	39.67	14.44	1.79	
HP04	1.54	1.01	11.59	4.55	37.83	29.86	9.11	1.57	
HP05	3.15	2.07	29.16	3.06	16.27	17.54	5.39	1.75	
HP06	2.64	1.05	27.95	8.86	25.35	23.93	6.14	1.37	
HP07	1.91	1.25	13.47	3.27	23.93	27.16	7.58	1.48	
HP08	2.49	1.26	20.71	3.11	29.68	21.25	4.71	1.91	
HP09	1.98	1.01	8.46	2.79	40.27	38.87	9.14	1.31	
HP10	3.27	1.39	24.72	4.14	15.11	17.64	2.93	2.09	
AY01	2.54	2.35	6.36	8.86	5.43	9.77	0.97	3.92	
AY02	3.79	2.27	9.82	14.42	9.89	17.92	1.01	4.34	
AY03	2.47	1.38	4.33	4.49	4.24	8.25	1.39	1.86	
AY04	3.96	1.18	5.35	11.87	4.52	8.71	0.76	3.01	
AY05	2.71	2.36	4.45	8.55	7.93	14.46	0.78	3.00	
AY06	3.57	1.61	12.26	8.51	15.40	23.52	2.73	2.11	
AY07	3.33	1.76	5.37	18.26	8.27	11.36	0.90	3.05	
AY08	4.70	1.54	5.23	11.67	4.04	5.59	0.89	3.66	
AY09	3.59	2.10	10.66	12.58	8.40	11.73	1.46	0.98	
AY10	2.20	2.19	3.37	10.03	9.32	19.77	0.80	2.23	

表3 厚朴药材电子舌味觉测定 (n=3)

编号	酸味 (sourness)	苦味 (bitterness)	涩味 (astringency)	苦味回味 (aftertaste-B)	涩味回味 (aftertaste-A)	鲜味 (umami)	丰富性 (richness)	咸味 (saltiness)
HP01	-24.60	16.37	7.84	5.35	0.36	4.43	0.63	-16.38
HP02	-25.35	15.80	7.70	4.91	0.39	4.90	0.67	-15.76
HP03	-25.28	17.43	8.21	5.80	0.58	4.47	0.68	-16.46
HP04	-25.61	18.20	8.05	6.04	0.62	4.6	0.71	-16.18
HP05	-23.64	13.23	7.79	2.94	0.18	4.20	0.60	-16.85
HP06	-23.63	16.33	9.39	5.43	0.60	3.72	0.75	-17.48
HP07	-24.66	17.04	8.14	5.75	0.49	4.63	0.66	-16.50
HP08	-25.55	16.77	8.45	5.46	0.62	4.59	0.70	-16.65
HP09	-26.67	19.23	9.33	6.66	0.76	4.47	0.72	-17.09
HP10	-23.24	15.33	8.41	4.55	0.37	4.14	0.67	-17.10
AY01	-28.01	12.46	5.56	2.38	0.05	8.37	0.18	-13.11
AY02	-26.37	13.41	4.01	3.52	0.13	8.55	0.21	-12.40
AY03	-28.54	13.01	6.70	1.99	0.06	8.23	0.14	-14.42
AY04	-27.69	12.96	5.92	2.40	0.06	8.38	0.15	-13.66
AY05	-28.59	14.66	6.14	3.35	0.16	8.50	0.19	-13.61
AY06	-30.67	23.78	7.90	6.89	0.32	9.06	0.22	-14.59
AY07	-27.92	13.35	5.76	2.35	0.07	7.74	0.19	-14.67
AY08	-31.60	14.77	5.33	2.56	0.04	10.51	0.07	-11.51
AY09	-31.38	14.58	7.38	2.65	0.12	9.76	0.13	-13.49
AY10	-28.02	16.26	6.98	3.97	0.26	7.85	0.19	-14.72

表4 苦味和苦味回味值与厚朴中8个成分含量相关性分析

指标	紫丁香酚苷	木兰花碱	木兰苷B	木兰苷A	和厚朴酚	厚朴酚	辣薄荷基厚朴酚	木兰箭毒碱	苦味	苦味回味
紫丁香酚苷	1.000									
木兰花碱	0.239	1.000								
木兰苷B	0.225	-0.172	1.000							
木兰苷A	0.431	0.440	-0.415	1.000						
和厚朴酚	-0.526*	-0.597**	0.331	-0.598**	1.000					
厚朴酚	-0.460*	-0.415	0.408	-0.512*	0.897**	1.000				
辣薄荷基厚朴酚	-0.314	-0.499*	0.565**	-0.595**	0.877**	0.892**	1.000			
木兰箭毒碱	0.333	0.504*	-0.398	0.599**	-0.557*	-0.486*	-0.536*	1.000		
苦味	-0.217	-0.412	0.150	-0.350	0.580**	0.660**	0.458*	-0.451*	1.000	
苦味回味	-0.328	-0.528*	0.402	-0.544*	0.807**	0.856**	0.707**	-0.523*	0.882**	1.000

注: \* $P<0.05$ ; \*\* $P<0.01$ ; 表6同。

中木兰花碱苦度响应值较低相符合。

## 2.7 厚朴药材电子舌测试液中化学成分分析

由于电子舌测定溶液为样品沸水溶液,厚朴酚、和厚朴酚等成分的水溶性较差,在溶液中质量浓度较低,为真实表征与味觉直接相关的化学成分,同时测定了20个样品电子舌测试液中8个成分的质量浓度。取2.5项下剩余离心上清液,放置至室温,直接经0.22 μm微孔滤膜滤过,进行UPLC分析。由于辣薄荷基厚朴酚含量低于定量限,故只检测剩

余7个化学成分的质量浓度,结果见表5。

## 2.8 厚朴药材电子舌测定液中化学成分与响应值的相关性分析

从测试液的成分和苦味、涩味的相关性上看(表6),虽然厚朴酚、和厚朴酚的含量较低,但是仍然与苦味、苦味回味有显著的正相关,其结果和药材中2种成分与苦味、苦味回味的相关性结果一致。由此可知,厚朴酚、和厚朴酚可作为厚朴苦味药性物质基础。

表5 厚朴药材电子舌测试液中7个成分质量浓度

编号	mg·mL <sup>-1</sup>						
	紫丁香酚苷	木兰花碱	木兰苷B	木兰苷A	和厚朴酚	厚朴酚	木兰箭毒碱
HP01	0.074	0.008	0.805	0.032	0.016	0.015	0.019
HP02	0.041	0.008	0.209	0.047	0.014	0.012	0.010
HP03	0.036	0.007	0.286	0.070	0.029	0.014	0.013
HP04	0.020	0.006	0.203	0.079	0.029	0.015	0.008
HP05	0.019	0.008	0.163	0.007	0.011	0.012	0.010
HP06	0.021	0.007	0.138	0.028	0.020	0.012	0.009
HP07	0.033	0.007	0.321	0.078	0.018	0.014	0.014
HP08	0.033	0.007	0.291	0.043	0.023	0.013	0.013
HP09	0.017	0.006	0.076	0.024	0.027	0.016	0.007
HP10	0.034	0.009	0.267	0.023	0.014	0.013	0.015
AY01	0.027	0.023	0.061	0.068	0.001	0.002	0.039
AY02	0.037	0.023	0.099	0.126	0.001	0.004	0.044
AY03	0.022	0.013	0.035	0.030	—	0.002	0.015
AY04	0.037	0.011	0.062	0.088	0.001	0.002	0.023
AY05	0.026	0.02	0.047	0.064	0.001	0.003	0.028
AY06	0.034	0.012	0.119	0.071	0.002	0.005	0.015
AY07	0.026	0.012	0.039	0.072	0.001	0.002	0.019
AY08	0.048	0.017	0.051	0.070	—	0.001	0.034
AY09	0.032	0.019	0.090	0.084	0.001	—	0.023
AY10	0.019	0.016	0.032	0.044	0.001	0.004	0.016

注：—表示低于检测下限。

## 2.9 6个指标性单体成分味觉测定

结合表4和表6结果,厚朴酚、和厚朴酚与苦味、苦味回味均具有显著正相关。木兰苷A、木兰花碱和木兰箭毒碱与苦味回味存在显著负相关。木兰苷B未表现出明显的苦味。由于厚朴饮片临床多用汤剂,且汤剂中并未检测辣薄荷基厚朴酚,因此,为验证厚朴苦味药性物质基础,对厚朴酚、和厚朴酚、木兰苷A、木兰苷B、木兰花碱和木兰箭毒碱6个化学成分进行味觉测定。分别精密称取一定量的6个化合物,用10%乙醇配制成 $3 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液

100 mL,取溶液80 mL采用电子舌进行味觉分析。结果表明,6个化合物基本不存在酸味和咸味,与药材测定结果相同(表7)。其中,厚朴酚、和厚朴酚苦味和苦味回味响应值均为最高,结合药材及测试液中厚朴酚、和厚朴酚的质量浓度分布情况,可认为厚朴酚、和厚朴酚为厚朴苦味的药性物质基础。

## 3 讨论

中药药性理论是中医药基本理论研究的分支,而药性物质基础研究是药性理论研究的重点。采用多层次、多手段、多方法、多成分的整体研究方法能够为中药药性物质基础及中药质量控制研究寻找可靠的指标性成分。药性功效的发挥依托药材,而自然环境的变化影响药材内部化学成分的变化,因此药性物质基础研究关键在于化学成分分析<sup>[15]</sup>。本实验中测定的化学成分包含苯乙醇苷类化合物木兰苷A、木兰苷B,酚苷类化合物紫丁香酚苷,水溶性生物碱类化合物木兰花碱、木兰箭毒碱及木脂素类化合物厚朴酚、和厚朴酚,基本能够涵盖厚朴中主要化学成分类型。结果显示,厚朴酚类成分是厚朴苦味的药性物质基础,这与《中华人民共和国药典》2020年版中以厚朴酚与和厚朴酚作为质量分析成分相一致。此外,厚朴酚可提高小鼠胃排空率及小肠推进率<sup>[16]</sup>,这与其苦味能泄、能燥的作用相符合。

厚朴基原有厚朴和凹叶厚朴2种,有研究表明,厚朴酚、和厚朴酚、厚朴酚类总量、厚朴酚与和厚朴酚比例等品质性状在种源间差异有统计学意义<sup>[17]</sup>。从道地产区和药材品质上看,厚朴基原优于凹叶厚朴,本实验为保证样本的多样性,样品收集过程兼顾了以上2种厚朴基原,同时保证采集年

表6 苦味和苦味回味值与厚朴药材电子舌测试液中7个成分质量浓度相关性分析

指标	紫丁香酚苷	木兰花碱	木兰苷B	木兰苷A	和厚朴酚	厚朴酚	木兰箭毒碱	苦味	苦味回味
紫丁香酚苷	1.000								
木兰花碱	-0.250	1.000							
木兰苷B	0.731**	-0.485*	1.000						
木兰苷A	0.149	0.521*	-0.235	1.000					
和厚朴酚	-0.031	-0.797**	0.490*	-0.319	1.000				
厚朴酚	0.082	-0.831**	0.628**	-0.458*	0.935**	1.000			
木兰箭毒碱	0.270	0.888**	-0.237	0.623**	-0.658**	-0.681**	1.000		
苦味	0.021	-0.447*	0.221	-0.076	0.452*	0.450*	-0.499*	1.000	
苦味回味	0.070	-0.643**	0.454*	-0.165	0.757**	0.778**	-0.582**	0.882**	1.000

表7 厚朴中6个指标性单体成分电子舌味觉测定

成分	苦味	涩味	苦味回味	涩味回味	鲜味	丰富性
木兰苷B	18.09	-1.12	-0.42	-0.19	6.13	2.08
木兰苷A	16.93	-1.37	-0.41	-0.18	5.91	1.96
和厚朴酚	20.15	-0.99	2.53	0.15	6.20	1.97
厚朴酚	20.27	-1.26	1.57	-0.10	6.09	1.92
木兰花碱	18.76	0.59	-0.71	-0.16	6.48	2.01
木兰箭毒碱	12.12	0.17	-0.42	-0.11	5.57	1.92

限和采集部位基本保持一致,结果比较苦味和苦味回味均值发现,厚朴响应值高于凹叶厚朴,这与厚朴中厚朴酚与和厚朴酚含量均值高于凹叶厚朴相一致,也从侧面说明厚朴在苦味药性上优于凹叶厚朴,质量较优。

厚朴含有挥发油类成分,其挥发油主要成分为 $\beta$ -桉叶醇,约占总挥发油的30%~40%,本课题组在前期工作中也测定了 $\beta$ -桉叶醇在厚朴药材和饮片中的含量<sup>[18]</sup>,本实验中将药材中 $\beta$ -桉叶醇含量与其电子舌的响应值进行相关性分析,未发现其与所测的任何一种味觉有相关关系,故未纳入统计分析,其作为挥发性成分可能为厚朴辛味的物质基础。而在单体化合物的苦味测试中,2种水溶性生物碱虽表现出一定的苦味,但是未表现明显的苦味回味,反而涩味响应最好,说明厚朴刺激性来源可能为生物碱类成分。研究表明,厚朴姜炙后,厚朴酚类成分含量变化不明显,生物碱类成分含量明显下降,说明炮制主要影响其涩味,对苦味药性影响不明显<sup>[18]</sup>,但尚需实验验证。本实验采用化学成分分析结合电子舌技术,初步揭示了厚朴苦味的药性物质基础,如能结合药效学研究进行验证,可为更多中药药性物质基础的研究提供参考,能够更深层地揭示中药药性理论的科学内涵,为中药临床使用和科学研究提供理论依据。

### 参考文献

- [1] 佚名. 黄帝内经·素问[M]. 北京:人民卫生出版社, 2017:32.
- [2] 刘昌孝,张铁军,何新,等. 活血化瘀中药五味药性功效的化学及生物学基础研究的思考[J]. 中草药,2015,46(5):615-624.
- [3] 付智慧,李淑军,刘鹏,等. 电子舌在中药研究中的应用现状及前景展望[J]. 中成药,2016,38(11):2454-2457.
- [4] LIU R X, GAO X J, WANG J M, et al. Traditional human taste panel and taste sensors methods for bitter taste masking research on combined bitterness suppressants of berberine hydrochloride [J]. Sens Mater, 2017, 29 (1) : 105-116.
- [5] SHIRAISHI S, HARAGUCHI T, NAKAMURA S, et al. Suppression in bitterness intensity of bitter basic drug by chlorogenic acid [J]. Chem Pharm Bull, 2017, 65 (2) : 151-156.
- [6] JIANG H Y, ZHANG M, BHANDARI B, et al. Application of electronic tongue for fresh foods quality evaluation: A review[J]. Food Rev Int, 2018, 34(8):746-769.
- [7] 杜瑞超,王俊杰,吴飞,等. 电子舌对中药滋味的区分辨识[J]. 中国中药杂志,2013,38(2):154-160.
- [8] 马文凤,许浚,韩彦琪,等. 仿生技术在中药五味辨识研究中的进展与实践[J]. 中草药,2018,49(5):993-1001.
- [9] 梁晓光,吴飞,王俊杰,等. 基于现代电子舌技术的传统苦味中药黄连的苦味物质基础研究[J]. 中国中药杂志, 2014,39(17):3326-3329.
- [10] 曾燕,郭兰萍,王继永,等. 基于电子舌技术的不同来源黄芩药材味觉信息分析及味觉信息与主要化学成分的相关性研究[J]. 中国现代中药,2015,17(11):1139-1147.
- [11] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:263.
- [12] 彭博,贺蓉,杨滨,等. 厚朴和凹叶厚朴对实验性胃肠动力障碍的药效作用差异研究[J]. 中国中药杂志, 2010,35(19):2624-2627.
- [13] XUE Z Z, YAN R Y, YANG B. Phenylethanoid glycosides and phenolic glycosides from stem bark of *Magnolia officinalis* [J]. Phytochemistry, 2016, 127:50-62.
- [14] 荆文光,张权,邓哲,等. 指纹图谱、多成分定量与化学计量学相结合的厚朴药材质量评价[J]. 中国中药杂志,2019,44(5):975-982.
- [15] 唐仕欢,杨洪军,黄璐琦. 论自然环境因子变化对中药药性形成的影响[J]. 中国中药杂志,2010,35(1):126-128.
- [16] 巢蕾,曹雨诞,陈佩东,等. 厚朴对胃肠动力障碍作用的研究[J]. 中国医药导报,2018,15(13):31-34.
- [17] 童再康,斯金平,刘饶. 不同种源厚朴酚类物质含量变异与遗传的初步研究[J]. 林业科学研究,2000,13(3): 257-261.
- [18] 张权,荆文光,程显隆,等. 基于9种成分测定的厚朴炮制过程质量传递规律研究[J]. 中草药,2020,51(3): 647-652.

(收稿日期:2020-10-26 编辑:田苗)