

[药材资源]

木瓜“酸味”与有机酸成分的相关性研究

张玲¹, 李宗金^{1,2}, 张亚莉¹, 胡丹¹, 王丹¹, 向莉³

(1. 安徽中医药大学药学院, 安徽 合肥 230012; 2. 江苏正大丰海制药有限公司, 江苏 南京 210000; 3. 湖北长阳土家族自治县农业产业服务中心, 湖北 宜昌 443500)

摘要: **目的** 研究木瓜酸味与有机酸成分的相关性。**方法** 采用电位滴定法测定木瓜中总有机酸的含量; 采用液相色谱-质谱联用技术测定 12 种有机酸含量; 运用电子舌技术测定 20 批木瓜样品水提液和 10 种有机酸的味觉信息值, 采用皮尔逊相关性分析法分析木瓜酸味值与有机酸成分的相关性。**结果** 不同来源木瓜有机酸含量和味觉信息值有明显差异。有机酸仅有柠檬酸、苹果酸等呈现酸味。木瓜酸味值与总有机酸含量呈正相关, 与苹果酸、柠檬酸、莽草酸含量呈显著性正相关, 与富马酸、绿原酸、奎宁酸和原儿茶酸含量呈正相关。**结论** 对木瓜酸味起主要作用的有机酸为苹果酸、奎宁酸、柠檬酸、莽草酸和绿原酸。

关键词: 木瓜; 电子舌; 酸味; 有机酸; 相关性; LC-MS

中图分类号: R282

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2023)02-0476-07

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2023.02.023

Correlation between sour taste and organic acids of *Chaenomeles Fructus*

ZHANG Ling¹, LI Zong-jin^{1,2}, ZHANG Ya-li¹, HU Dan¹, WANG Dan¹, XIANG Li³

(1. College of Pharmacy, Anhui University of Chinese Medicine, Hefei 230012, China; 2. Jiangsu Zhengda Fenghai Pharmaceutical Co., Ltd., Nanjing 210000, China; 3. Agricultural Industry Service Center for Tujia Autonomous County, Yichang 443500, China)

ABSTRACT: **AIM** To analyze the correlation between the sour taste and organic acids of *Chaenomeles Fructus*. **METHODS** *C. Fructus* had its contents of total organic acids determined by potentiometric titration, and its contents of twelve kinds of organic acids determined by liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS). The electronic tongue was used to quantify the taste information values of twenty batches of water-extraction of *C. Fructus* and ten kinds of organic acids respectively, followed by correlation analysis between the sour taste information values and the organic acids content by Pearson correlation analysis. **RESULTS** There were significant differences between the organic acids contents and the taste information values of *C. Fructus* from different germplasm and origins. Six organic acids including citric acid and malic acid were responsible for sourness. The sour taste information values were positively correlated with the contents of total organic acids, fumaric acid, chlorogenic acid, quinic acid and protocatechuic acid of *C. Fructus*; and were significantly positively correlated with the content of shikimic acid, malic acid and citric acid. **CONCLUSION** Malic acid, quinic acid, citric acid, shikimic acid and chlorogenic acid of *C. Fructus* mainly contribute the sour taste.

KEY WORDS: *Chaenomeles Fructus*; electronic tongue; sour; organic acids; correlation; LC-MS

木瓜为蔷薇科植物贴梗海棠 *Chaenomeles speciosa* (Sweet) Nakai 的干燥近成熟果实, 具有舒筋活络、和胃化湿之功效^[1]。“酸味”是木瓜质量

评价的一个重要特征。《中华本草》^[2]记载:“木瓜, 质地坚实, 味酸者为佳。”有机酸是构成中药酸味的主要成分^[3]。宣木瓜中总有机酸含量约为

收稿日期: 2022-09-08

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFC1707004); 安徽省高校自然科学研究重点项目 (KJ2020A0442); 安徽中医药大学校级科研项目 (2020zryb08); 安徽中医药大学校级探索性项目 (2021hxts23, 2021zxts16)

作者简介: 张玲 (1975—), 女, 教授, 硕士生导师, 研究方向为中药质量控制与评价。E-mail: zhangling407@sina.com

20%，水溶性有机酸含量约为1.5%，三萜酸含量约为0.5%^[4]。苹果酸与柠檬酸是木瓜各产地品种酸味差异高低的主要决定因子^[5]。木瓜水提液pH值与可滴定总有机酸量呈现负相关^[6]。但构成木瓜酸味的主要有机酸成分目前未见报道。

电子舌可模拟人体味觉系统，从味觉传感器的化学信号分析出“味道”信息并进行识别检测^[7]。电子舌在茶叶、食品和中药等^[8-16]领域均有应用。本研究运用电子舌技术获得不同产地木瓜水提液和有机酸的味觉信息值，采用电位滴定法测定木瓜中总有机酸的含量，利用液相色谱-质谱联用技术测定12种有机酸含量，分析木瓜水提液酸味值与有机酸成分的相关性，为研究木瓜酸味的物质基础提供依据。

1 材料

SA402B型智能味觉分析系统（日本Insent公司）；LC20A型岛津超高效液相色谱仪（日本岛津公司）；TRIPLE QUAD4500型三重四级杆质谱仪（美国SCIEX公司）。

苹果酸（批号180903）、柠檬酸（批号141027）、奎宁酸（批号190123）、莽草酸（批号180104）、绿原酸（批号170713）、原儿茶酸（批号180929）对照品购于成都克洛玛生物科技有限公司；琥珀酸（批号110156）、富马酸（批号110178）对照品购于上海源叶生物科技有限公司；咖啡酸（批号140428）、肉桂酸（批号180612）、齐墩果酸（批号121213）、熊果酸（批号141118）对照品购于成都普菲德生物科技有限公司。甲醇、醋酸、甲酸均为质谱纯；其余试剂为分析纯；水为超纯水。

20批木瓜药材样品分别采自安徽宣城（宣木瓜，S₁~S₇）、湖北长阳（资丘木瓜，S₈~S₁₆）和安徽亳州康美中药材市场（S₁₇~S₂₀），经安徽中医药大学药学院杨俊教授鉴定S₁~S₁₇为正品，S₁₈、S₁₉为毛叶木瓜，S₂₀为光皮木瓜。

2 方法

2.1 总有机酸含量测定 取木瓜粉末（过3号筛）约2.5 g，精密称定，置100 mL具塞锥形瓶中，精密加入水50 mL，超声处理（功率250 W，频率40 kHz）30 min，冷却至室温，滤过，精密量取续滤液25 mL。按电位滴定法^[17-18]，用NaOH标准溶液滴定，以苹果酸（C₄H₆O₅）计算样品中总有机酸含量。

2.2 有机酸含量测定

2.2.1 对照品溶液制备 取各对照品溶液适量，精密称定，加甲醇分别制成每1 mL含柠檬酸1.00 mg，莽草酸2.42 mg，苹果酸1.73 mg，咖啡酸1.23 mg，绿原酸0.92 mg，奎宁酸0.86 mg，琥珀酸0.84 mg，原儿茶酸2.05 mg，肉桂酸1.12 mg，富马酸0.90 mg，齐墩果酸1.37 mg，熊果酸1.12 mg的对照品溶液。

2.2.2 供试品溶液的制备 取木瓜粉末（过3号筛）约0.5 g，精密称定，置具塞锥形瓶中，精密加入甲醇25 mL，超声处理（功率250 W，频率40 kHz）20 min，冷却至室温，滤过，精密量取续滤液1 mL置10 mL量瓶中，加甲醇至刻度，摇匀，即得。

2.2.3 分析条件 色谱条件为ACQUITY UPLC BEH C₁₈色谱柱（2.1 mm×100 mm，1.7 μm）；流动相0.3%甲酸甲醇（A）-0.3%甲酸（B），梯度洗脱（0~9 min，10% B；9~13 min，10%~30% B；13~15 min，30%~95% B；15~16 min，95% B）；体积流量0.2 mL/min；柱温30℃；进样量2 μL。

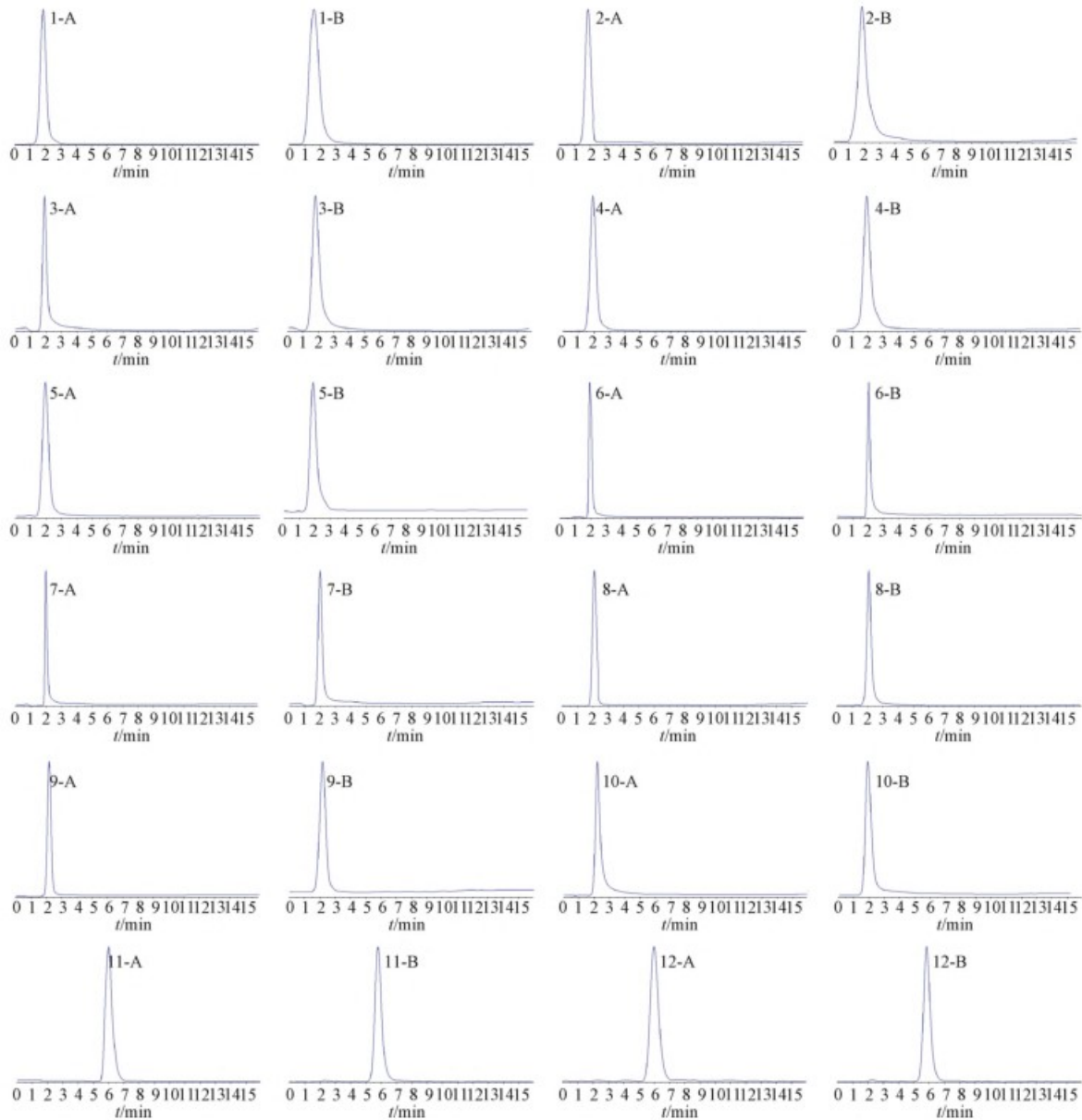
质谱条件：电喷雾离子源（ESI）；源喷射电压（IS）-4 500 V；离子源温度550℃；负离子检测；雾化气（GS1）压力55 kPa；辅助气（GS2）压力55 kPa；气帘气（N₂）压力33 kPa；多反应监测模式（MRM）。12种有机酸成分监测的离子对、解簇电压（DP）和碰撞能量（CE）见表1，对照品和供试品MRM色谱图见图1。

表1 各成分质谱参数

Tab. 1 MS parameters of various constituents

化合物	母离子	子离子	DP/V	CE/V
莽草酸	173.0	93.1	-90	-21
柠檬酸	190.6	85.0	-185	-30
奎宁酸	190.7	85.0	-55	-20
原儿茶酸	153.0	109.0	-100	-30
琥珀酸	116.7	73.0	-25	-10
咖啡酸	178.9	135.0	-70	-20
苹果酸	132.7	115.0	-25	-14
绿原酸	352.9	191.0	-95	-24
肉桂酸	147.0	103.0	-60	-14
富马酸	114.7	71.1	-20	-8
齐墩果酸	455.2	407.2	-245	-54
熊果酸	455.2	407.2	-245	-54

2.2.4 线性关系考察 分别精密量取“2.2.1”项下对照品溶液适量，在“2.2.3”项条件下进样测定。以对照品质量浓度为横坐标（X），峰面积为纵坐标（Y）进行回归，结果见表2。结果表明，12种有机酸在各自浓度范围内线性关系良好。



注：1 为莽草酸，2 为柠檬酸，3 为奎宁酸，4 为原儿茶酸，5 为琥珀酸，6 为咖啡酸，7 为苹果酸，8 为绿原酸，9 为肉桂酸，10 为富马酸，11 为齐墩果酸，12 为熊果酸。

图 1 对照品溶液 (A) 和供试品溶液 (B) MRM 色谱图
Fig. 1 MRM chromatograms of the reference solution (A) and the sample solution (B)

表 2 各成分线性关系

Tab. 2 Linear relationships of various constituents

成分	回归方程	线性范围/($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	r
莽草酸	$Y=316\ 701X+89\ 649$	1.51~24.2	0.999 6
柠檬酸	$Y=19\ 738\ 403X+12\ 561$	0.015~0.48	0.999 9
奎宁酸	$Y=3\ 400\ 833X+2\ 732\ 528$	1.68~107.5	0.999 8
原儿茶酸	$Y=822\ 939X-170\ 071$	0.64~10.25	0.999 8
琥珀酸	$Y=31\ 428\ 018X-1\ 251\ 875$	0.066~1.05	0.999 0
咖啡酸	$Y=10\ 788\ 660X+135\ 723$	0.077~1.23	0.999 4
苹果酸	$Y=19\ 183\ 407X+48\ 086\ 581$	6.76~432.5	0.999 1
绿原酸	$Y=10\ 971\ 183X+1\ 522\ 919$	0.35~23.0	0.999 5
肉桂酸	$Y=8\ 775\ 532X-16\ 773$	0.002 2~0.14	0.999 3
富马酸	$Y=19\ 696\ 503X+269\ 206$	0.070~225.0	0.999 1
齐墩果酸	$Y=3\ 260.8X-236.27$	0.43~27.4	0.999 6
熊果酸	$Y=4\ 917.6X+162.7$	0.002 7~2.8	0.999 8

2.2.5 精密度试验 取同一批木瓜供试品溶液,在“2.2.3”项条件下进样测定6次,12种有机酸峰面积RSD均小于3%,表明仪器精密度良好。

2.2.6 重复性试验 取编号为S₂的木瓜粉末约0.5 g,精密称定,平行6份,分别在“2.2.3”项条件下进样测定,12种有机酸含量RSD均小于3%,表明该方法重复性良好。

2.2.7 稳定性试验 同一批木瓜供试品溶液,依次于0、2、4、6、8、12、24 h在“2.2.3”项条件下进样测定,12种有机酸含量RSD均小于3%,表明样品在24 h内稳定性良好。

2.2.8 加样回收率试验 取编号为S₂的木瓜粉末约0.25 g,精密称定,平行6份,按照1:1分别加入对照品,制备供试品溶液,分别在“2.2.3”项条件下进样测定,12种有机酸平均加样回收率为88%~102%,表明该方法准确度良好。

2.3 电子舌测定

2.3.1 木瓜水提液制备 取木瓜粉末(过3号筛)约3.0 g,精密称定,置100 mL具塞锥形瓶中,加水100 mL,超声处理(功率250 W,频率

40 kHz) 30 min,滤过,滤液置100 mL量瓶中,加水至刻度,摇匀,即得。

2.3.2 对照品溶液制备 精密称取苹果酸、柠檬酸、奎宁酸、莽草酸、原儿茶酸、绿原酸、肉桂酸、富马酸、咖啡酸、琥珀酸对照品适量,加水分别制成浓度为 1×10^{-4} mol/L的对照品溶液。

2.3.3 测定方法 氯化钾和酒石酸加水配制成基准液。传感器在正、负极清洗液和基准液中清洗、平衡后开始检测,取后3次试验结果平均值作为检测结果。以基准液味觉值为无味点,味觉值大于无味点,样品中有该味道;低于无味点则样品没有该味道。

3 结果

3.1 木瓜总有机酸和单体有机酸含量 20批木瓜样品中总有机酸和12种单体有机酸的含量测定结果见表3。宣木瓜总有机酸含量范围为4.8%~10%,资丘木瓜为2.4%~8.7%,毛叶木瓜为3.6%~6.1%,光皮木瓜为1.1%。12种有机酸含量较高的为苹果酸、奎宁酸,含量较低的为富马酸、琥珀酸、咖啡酸和肉桂酸。

表3 总有机酸和有机酸含量测定结果(%)

Tab.3 Results of content determination of total organic acid and organic acid (%)

编号	样品名称	总有机酸	莽草酸	柠檬酸	奎宁酸	原儿茶酸	琥珀酸	咖啡酸	苹果酸	绿原酸	肉桂酸	富马酸	齐墩果酸	熊果酸
S ₁	XPT	8.5	0.62	0.015 0	1.50	0.052	0.003 2	0.001 3	1.30	0.40	0.002 5	0.006 7	0.100	0.062 0
S ₂	XPS	5.9	0.56	0.016 0	1.40	0.062	0.003 5	0.002 1	1.10	0.49	0.004 1	0.004 8	0.120	0.072 0
S ₃	XLT	8.6	0.58	0.014 0	1.30	0.051	0.003 2	0.001 6	1.30	0.37	0.002 4	0.006 4	0.087	0.052 0
S ₄	XLS	4.8	0.49	0.014 0	1.20	0.057	0.003 0	0.001 6	0.96	0.53	0.004 3	0.003 7	0.090	0.053 0
S ₅	XCT	8.4	0.59	0.018 0	1.40	0.058	0.003 1	0.001 5	1.30	0.52	0.002 7	0.006 5	0.094	0.053 0
S ₆	XCS	8.8	0.58	0.017 0	1.20	0.054	0.003 3	0.001 4	1.30	0.47	0.003 1	0.006 3	0.083	0.052 0
S ₇	XZ	10.0	0.61	0.015 0	0.91	0.064	0.002 8	0.000 8	1.50	0.24	0.001 5	0.008 5	0.095	0.049 0
S ₈	HZ	3.3	0.48	0.011 0	1.00	0.068	0.002 6	0.001 4	0.64	0.33	0.002 1	0.002 0	0.110	0.071 0
S ₉	HT	7.1	0.45	0.015 0	2.20	0.044	0.002 8	0.002 6	0.84	0.58	0.001 8	0.003 0	0.048	0.030 0
S ₁₀	HS	4.8	0.45	0.014 0	2.50	0.055	0.002 7	0.002 2	0.46	0.64	0.002 5	0.001 2	0.048	0.029 0
S ₁₁	HQL1	3.1	0.31	0.008 3	0.84	0.031	0.002 5	0.000 4	0.80	0.43	0.001 3	0.002 5	0.035	0.013 0
S ₁₂	HQL2	4.9	0.36	0.009 5	0.99	0.033	0.002 8	0.000 8	0.92	0.49	0.001 6	0.003 4	0.026	0.009 7
S ₁₃	HQL3	3.0	0.33	0.005 4	0.91	0.040	0.002 7	0.000 5	0.70	0.35	0.001 7	0.001 9	0.017	0.006 3
S ₁₄	HQL4	4.4	0.34	0.006 9	0.88	0.031	0.002 7	0.000 3	0.97	0.36	0.001 4	0.003 3	0.017	0.008 9
S ₁₅	HYC	2.4	0.34	0.007 4	1.30	0.041	0.002 8	0.001 6	0.47	0.45	0.002 1	0.001 2	0.017	0.073 0
S ₁₆	HCY	4.1	0.43	0.009 5	1.10	0.049	0.002 9	0.001 2	0.86	0.40	0.002 0	0.003 0	0.037	0.015 0
S ₁₇	YZ	8.7	0.27	0.006 2	0.73	0.110	0.003 2	0.000 3	1.20	0.18	0.003 1	0.007 3	0.012	0.001 0
S ₁₈	SX	6.1	0.29	0.013 0	1.50	0.054	0.003 1	0.001 3	0.94	0.39	0.001 8	0.003 9	0.024	0.001 1
S ₁₉	SC	3.6	0.23	0.005 4	0.93	0.057	0.003 2	0.003 1	0.61	0.26	0.001 9	0.001 0	0.009	0.001 5
S ₂₀	HN	1.1	0.14	0.001 2	0.58	0.023	0.002 7	0.000 2	0.22	0.03	0.001 1	0.000 4	0.009	0.000 6

3.2 木瓜水提液味觉信息值 电子舌测定的味觉信息值结果见表4、图2。不同木瓜水提液中味觉差异主要体现在酸味,其次是苦味、甜味和鲜味。

宣木瓜的酸味和苦味高于资丘木瓜,甜味低于资丘木瓜;光皮木瓜相较于其他木瓜,有明显的甜味、苦味和较弱的酸味。

表 4 电子舌味觉信息值
Tab. 4 Information values of electronic tongue tastes

样品	酸味	苦味	涩味	苦味回味	涩味回味	鲜味	丰富性	咸味	甜味
基准液	-13.00	0	0	0	0	0	0	-6.00	0
S ₁	10.11	3.09	0.20	-0.01	-0.54	1.63	-1.35	-6.97	-2.41
S ₂	4.94	2.83	-0.23	0.62	0.12	-0.09	-0.35	-7.43	-5.31
S ₃	8.08	2.53	-0.16	1.02	0.15	-0.02	-0.29	-5.67	-7.95
S ₄	3.72	2.63	-0.35	0.17	0.10	0.18	-0.40	-7.54	-4.59
S ₅	10.95	3.47	0.37	9.98	-0.50	2.08	-1.29	-5.70	-3.66
S ₆	9.95	1.87	0.19	0.93	-0.62	0.69	-1.08	-6.33	-4.38
S ₇	9.80	2.88	0.50	1.51	-0.66	0.11	-1.56	-6.08	-3.90
S ₈	6.80	3.31	-0.73	0.61	-0.96	1.81	-2.45	-11.54	2.47
S ₉	9.96	1.57	-0.20	-0.86	-0.37	2.09	-1.14	-7.64	-3.16
S ₁₀	7.11	2.51	-0.67	0.60	-0.32	0.63	-1.10	-9.53	-2.98
S ₁₁	5.51	1.56	-0.12	-0.41	0.47	-3.39	0.15	-11.15	1.10
S ₁₂	4.10	1.76	-0.20	0.45	-0.20	-1.83	0.28	-9.06	0.11
S ₁₃	4.15	2.51	0.11	0.38	0.42	-2.57	0.35	-10.36	1.27
S ₁₄	4.90	2.03	0.03	0.57	-0.27	-2.43	0.33	-9.74	-0.03
S ₁₅	3.09	2.61	-0.90	0.29	-0.27	-0.37	-0.39	-10.67	2.39
S ₁₆	5.27	1.33	0.01	-0.29	0.43	-2.81	0.25	-8.91	0.16
S ₁₇	6.20	1.44	0.20	0.68	-0.63	-0.92	0.41	-5.10	-1.14
S ₁₈	10.50	3.53	0.03	1.15	-0.75	2.73	-1.57	-7.74	0.20
S ₁₉	6.97	4.50	-0.57	1.26	-0.95	2.85	-1.99	-9.66	2.12
S ₂₀	-9.36	4.96	-2.45	0.58	-0.37	4.33	-1.09	-11.58	6.12

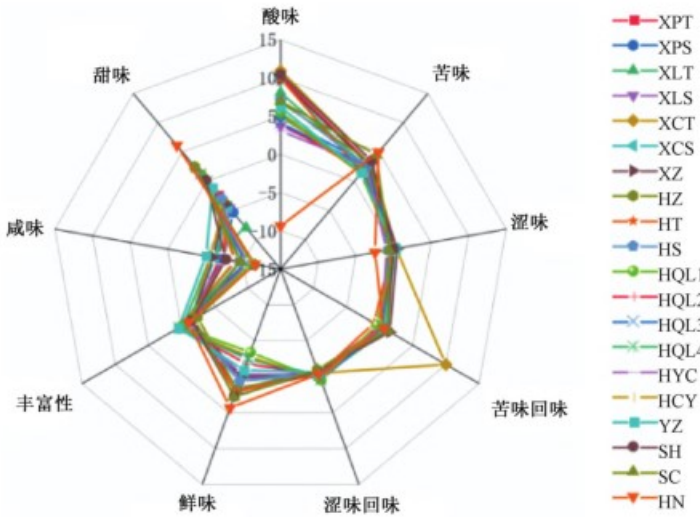


图 2 木瓜水提液味觉信息雷达图
Fig. 2 Radar diagram for taste information of water extract of *C. Fructus*

3.3 有机酸味觉信息值 有机酸对照品溶液味觉信息值测定结果见表 5。10 种水溶性有机酸均呈现出苦味、涩味和鲜味。只有 6 种有机酸呈现出酸味，其中柠檬酸酸味最强，其次是苹果酸、莽草酸、奎宁酸、富马酸和绿原酸，而原儿茶酸、肉桂酸、咖啡酸和琥珀酸不呈现酸味。

3.4 木瓜水提液味觉信息值与有机酸的相关性分析 将不同木瓜样品水提液味觉信息值和有机酸含量导入 SPSS 23.0 软件，进行皮尔逊相关性显著性（双尾）分析，结果见表 6。木瓜水提液酸味值与总有机酸、富马酸、绿原酸、奎宁酸和原儿茶酸含量呈正相关，与莽草酸、苹果酸和柠檬酸含量呈显

表 5 有机酸对照品溶液电子舌测定结果

Tab. 5 Results for electronic tongue test of organic acid reference substance solutions

化合物	酸味	苦味	涩味	苦味回味	涩味回味	鲜味	丰富性	咸味
基准液	-13.00	0	0	0	0	0	0	-6.00
苹果酸	-5.33	10.99	12.72	-0.29	0.08	2.57	-0.06	-17.85
柠檬酸	6.26	8.55	11.66	-0.13	-0.10	-2.66	0.10	-22.05
奎宁酸	-6.91	13.05	13.38	-0.41	-0.13	2.90	0.43	-17.66
莽草酸	-5.38	13.18	12.75	-0.38	-0.07	2.08	0.44	-18.36
原儿茶酸	-12.85	16.04	13.03	-0.21	0.02	5.50	0.29	-15.36
绿原酸	-7.88	13.62	11.26	-0.47	0.03	3.11	0.47	-16.10
肉桂酸	-12.99	16.06	13.20	-0.33	-0.18	5.15	0.49	-14.96
富马酸	-7.53	14.12	11.94	-0.48	-0.09	2.72	0.51	-16.68
咖啡酸	-14.73	16.60	12.57	-0.54	-0.03	5.90	0.73	-14.45
琥珀酸	-15.90	-2.90	17.73	11.68	-0.59	0.04	6.11	0.45

表 6 木瓜水提液味觉值与有机酸相关性

Tab. 6 Correlation between the taste information values of water extract of *C. Fructus* and organic acids

化合物		酸味	苦味	涩味	苦味回味	涩味回味	鲜味	丰富性	咸味	甜味
总有机酸	皮尔逊相关性	0.515 *	-0.216	0.529 *	0.283	-0.199	0.141	-0.083	0.889 **	-0.725 **
	显著性(双尾)	0.020	0.360	0.016	0.226	0.400	0.554	0.728	0	0
莽草酸	皮尔逊相关性	0.624 **	-0.208	0.547 *	0.281	0.012	-0.009	-0.215	0.595 **	-0.807 **
	显著性(双尾)	0.003	0.378	0.013	0.230	0.958	0.971	0.363	0.006	0
柠檬酸	皮尔逊相关性	0.659 **	-0.331	0.623 **	0.286	-0.045	-0.024	-0.092	0.736 **	-0.874 **
	显著性(双尾)	0.002	0.154	0.003	0.221	0.851	0.921	0.699	0	0
原儿茶酸	皮尔逊相关性	0.446 *	-0.106	0.401	0.173	-0.406	0.118	-0.182	0.608 **	-0.370
	显著性(双尾)	0.049	0.656	0.080	0.465	0.076	0.622	0.443	0.004	0.108
绿原酸	皮尔逊相关性	0.469 *	-0.437	0.337	0.113	0.271	-0.180	0.087	0.160	-0.521 *
	显著性(双尾)	0.037	0.054	0.146	0.636	0.247	0.449	0.714	0.499	0.019
咖啡酸	皮尔逊相关性	0.420	0.168	0.017	0.047	-0.261	0.406	-0.499 *	0.131	-0.324
	显著性(双尾)	0.065	0.478	0.943	0.844	0.267	0.075	0.025	0.583	0.163
肉桂酸	皮尔逊相关性	0.238	-0.129	0.240	0.118	0.058	0.047	0.038	0.532 *	-0.632 **
	显著性(双尾)	0.312	0.588	0.309	0.621	0.807	0.844	0.875	0.016	0.003
齐墩果酸	皮尔逊相关性	0.395	0.086	0.278	0.261	-0.099	0.199	-0.397	0.425	-0.632 **
	显著性(双尾)	0.084	0.718	0.236	0.266	0.677	0.400	0.083	0.062	0.003
熊果酸	皮尔逊相关性	0.222	0.111	0.046	0.149	-0.121	0.182	-0.332	0.185	-0.387
	显著性(双尾)	0.346	0.641	0.848	0.531	0.611	0.442	0.152	0.434	0.092
奎宁酸	皮尔逊相关性	0.467 *	-0.052	0.180	-0.044	-0.119	0.266	-0.295	0.238	-0.389
	显著性(双尾)	0.038	0.827	0.447	0.855	0.617	0.257	0.206	0.311	0.090
富马酸	皮尔逊相关性	0.560 *	-0.277	0.701 **	0.318	-0.132	-0.077	0.038	0.888 **	-0.697 **
	显著性(双尾)	0.010	0.237	0.001	0.172	0.579	0.746	0.873	0	0.001
琥珀酸	皮尔逊相关性	0.409	0.149	0.332	0.274	-0.277	0.350	-0.191	0.759 **	-0.592 **
	显著性(双尾)	0.073	0.531	0.153	0.242	0.236	0.130	0.421	0	0.006
苹果酸	皮尔逊相关性	0.648 **	-0.308	0.802 **	0.333	-0.082	-0.149	0.057	0.875 **	-0.740 **
	显著性(双尾)	0.002	0.187	0	0.151	0.732	0.532	0.810	0	0

注: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

著性正相关。

4 讨论

宣木瓜和资丘木瓜为木瓜正品,毛叶木瓜和光皮木瓜为木瓜伪品。本研究发现,木瓜正品和伪品味觉构成上有明显差异,宣木瓜和资丘木瓜水提液味觉值以酸、苦、涩为主,毛叶木瓜以酸、苦、甜为主,光皮木瓜以甜、苦、酸为主。与资丘木瓜相比,宣木瓜的酸味和苦味较强,且没有甜味,而部分资丘木瓜样品可以测出甜味。

综合考虑木瓜中有机酸的含量、单体有机酸味觉值以及木瓜水提液酸味值与有机酸含量的相关性,认为构成木瓜酸味的主要有机酸成分为苹果酸、奎宁酸、柠檬酸、莽草酸和绿原酸。中药五味理论指导着中药的质量评价和临床应用^[19],酸味不仅是木瓜的性状味,也是木瓜的功效味,是木瓜质量评价的重要指标。本研究仅对木瓜中酸味与有机酸的相关性进行分析,后续将对木瓜其他成分进行研究,为进一步明确木瓜酸味物质基础提供依据。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020年版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 62.
- [2] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 115-119.
- [3] 曹 煌, 张静雅, 龚苏晓, 等. 中药酸味的药性表达及在临证配伍中的应用[J]. 中草药, 2015, 46(24): 3617-3622.
- [4] 吴蓓丽. 木瓜配方颗粒质量标准研究[D]. 合肥: 安徽中医药大学, 2016.
- [5] 陈亚楠, 毛运芝, 冉 慧, 等. 不同地方品种皱皮木瓜有机酸检测与差异分析[J]. 果树学报, 2019, 36(9): 1171-1184.
- [6] 曹 富, 况作品, 谢晓梅, 等. 5种有“味酸”药性的蔷薇科果实类药材中水溶性有机酸的测定与分析[J]. 北京

中医药大学学报. 2017, 40(7): 578-584.

- [7] 王晓宇, 郭俊霞, 吴 萍, 等. 基于电子舌技术的川芎味觉信息与主要化学成分相关性研究[J]. 中药材, 2020, 43(1): 34-41.
- [8] Xu M, Wang J, Zhu L Y. The qualitative and quantitative assessment of tea quality based on E-nose, E-tongue and E-eye combined with chemometrics[J]. Food Chem, 2019, 289: 482-489.
- [9] Xiao Z B, Niu M X, Niu Y W. Comparative study on volatile compounds and taste components of different durian cultivars based on GC-MS, UHPLC, HPAEC-PAD, E-tongue and E-nose[J]. Molecules, 2022, 27(4): 1264-1274.
- [10] 荆文光, 赵小亮, 张 权, 等. 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[J]. 中国现代中药, 2022, 24(2): 258-264.
- [11] 毕 胜, 谢若男, 金传山, 等. 基于仿生技术的制川乌炮制过程变化研究[J]. 中草药, 2020, 51(23): 5956-5962.
- [12] 柴冲冲, 曹 妍, 毛 民, 等. 基于电子舌技术评价黄芩酒炙前后滋味变化及其在黄芩饮片鉴别中的应用研究[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(11): 2552-2559.
- [13] 吴浩善, 张冬月, 康廷国, 等. 基于电子舌技术的南、北五味子及其产地的鉴别研究[J]. 中药材, 2018, 41(4): 822-828.
- [14] 杨露萍, 倪 妮, 洪燕龙, 等. 基于电子舌表征和化学成分“谱味”相关性探究川芎辛味物质基础[J]. 中成药, 2021, 43(7): 1805-1811.
- [15] 张慧杰, 张 璐, 冯文豪, 等. 电子舌用于川贝母真伪及商品规格快速辨识研究[J]. 中成药, 2021, 43(6): 1531-1537.
- [16] 王 蓉, 郭伟娜, 刘倩倩, 等. 基于电子鼻和电子舌技术分析紫菀药材的气味特征[J]. 中成药, 2022, 44(5): 1693-1697.
- [17] 周亚菁, 查日维, 谢晓梅, 等. 宣木瓜总有机酸的提取和纯化工艺优化[J]. 中成药, 2015, 37(3): 664-666.
- [18] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020年版四部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 93.
- [19] 张铁军, 刘昌孝. 中药五味药性理论辨识及其化学生物学实质表征路径[J]. 中草药, 2015, 46(1): 1-6.