

三种竹叶中挥发性成分分析及对比研究

王燕^{1,2}, 胡强^{1,2}, 王延云^{1,2}, 刘玉婷²

(1.乐山师范学院 竹类病虫害防控及资源开发四川省重点实验室, 乐山 614000;

2.乐山师范学院 生命科学学院, 乐山 614004)

摘要: **目的** 研究对比苦竹、麻竹、紫竹竹叶中的挥发性成分, 旨在开发新型抗菌抗氧化成分资源, 为天然安全的抗菌抗氧化包装及保鲜技术开发提供基础。 **方法** 采用水蒸气蒸馏法提取3种竹叶挥发油成分, 并用气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术结合保留指数(RI)对挥发油成分进行鉴定分析。 **结果** 从3种竹叶挥发油中分别鉴定出61, 49, 68种挥发性成分, 以酯类(16.358%~31.930%)、酮类(18.206%~24.033%)、烃类(3.873%~19.632%)、醛类(8.436%~15.414%)和醇类(8.448%~11.182%)化合物为主。3种竹叶挥发油含24种相同成分, 以棕榈酸异丙酯(9.826%~22.408%)、4-羟基-3-甲基苯乙酮(5.870%~7.078%)、苯乙醛(3.746%~4.486%)等为主。 **结论** 3种竹叶挥发油相同成分均相对含量较高, 这些含量较高的物质均有良好的抗菌抗氧化特性。

关键词: 竹叶; 水蒸气蒸馏法; 挥发油; GC-MS; 保留指数

中图分类号: TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)05-0045-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.05.006

Analysis and Comparative Study on Volatile Components in Three Kinds of Bamboo Leaves

WANG Yan^{1,2}, HU Qiang^{1,2}, WANG Yan-yun^{1,2}, LIU Yu-ting²

(1.Sichuan Key Laboratory for Bamboo Diseases and Pests Control and Resources Development, Leshan Normal University, Leshan 614000, China; 2.School of Life Science, Leshan Normal University, Leshan 614000, China)

ABSTRACT: The work aims to develop new anti-microbial and anti-oxidative materials to provide the foundation for anti-microbial and anti-oxidative packaging and food preservation technology by studying volatile components of leaves in bitter bamboos, Dendrocalamus bamboos and black bamboos through comparison. Volatile oil was extracted from the three bamboo leaves by steam distillation. The components of volatile oil were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-ms) and Ri (retention index). The oil from the three bamboos was identified to have 61, 49 and 68 volatile components respectively, in which esters (16.358%~31.930%), ketones (18.206%~24.033%), hydrocarbons (3.873%~19.632%), aldehydes(8.436%~15.414%) and alcohols (8.448%~11.182%) took main parts. These three kinds of oils contained 24 same ingredients, of which Isopropyl palmitate (9.826%~22.408%), 4-hydroxy-3-methyl acetophenone (5.870%~7.078%) and benzene (3.746%~4.486%) took main parts. The same ingredients in the volatile oil from the three bamboo leaves are higher which have good abundant anti-microbial and anti-oxidative properties.

KEY WORDS: bamboo leaves; steam distillation; volatile oils; GC-MS; retention index

收稿日期: 2018-10-26

基金项目: 乐山市科技计划(16NZD037)

作者简介: 王燕(1981—), 女, 硕士, 乐山师范学院副教授, 主要研究方向为食品研究开发及食品检验。

多项研究表明,在竹叶中含多种对人体具有重要作用的活性物质。这些活性物质往往在抗氧化及抗菌特性上表现良好,有望在包括食品医药在内的各个领域,作为一种天然的抗菌抗氧化成分,在表面涂层包装或添加等方面有良好的应用前景。我国虽然有着丰富的竹资源,但是针对竹叶中挥发性成分的研究却相对滞后。深入探索多种竹叶挥发性成分,可以大大提高竹资源附加值,也为食、药品的天然抗菌抗氧化包装及保鲜技术开发提供新的思路和技术领域,对我国竹资源的进一步开发利用以及价值提升有十分积极的推进作用。

文中选取3种在以往报道中,在挥发性物质方面有优良体现且种植量大的3种竹种。在竹叶材料上首次采用气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术结合保留指数^[1]同时对苦竹、麻竹、紫竹竹叶样品中的挥发油成分进行分析及鉴定,比较其挥发性成分,以期开发天然活性成分分类的竹类植物新资源,为开发天然可食性的包装材料及新型保鲜技术提供一定的研究与开发基础。

1 实验

1.1 主要材料和仪器

材料:新鲜苦竹(*Pleioblastus amarus* (Keng) keng)、麻竹(*Dendrocalamus latiflorus* Munro)、紫竹(*Phyllostachys nigra* (Lodd. ex Lindl.) Munro)竹叶(2017年07月采于乐山市市中区凌云乡双福村、乐山市市中区绿心路中段、乐山市牛华镇,阴干后粉碎备用);氯化钠、正己烷(分析纯)。

仪器:1788 磨口挥发油测定器(盐城瑞尔奇实验器材有限公司);XY-350型高速多功能粉碎机(浙江省永康市松青五金厂);5977A气-质联用仪(配有自动进样器、MussHunter数据处理系统,美国安捷伦公司);ML203分析天平(梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司)移液枪(欧辰自动化科技有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 挥发性成分测定

参考2010版《中国药典》,采用水蒸气蒸馏法提

取3种竹叶样品中的挥发油^[2-4]。将竹叶事先干燥粉碎后待用,提取时分别称取3种竹叶粉(100g)于圆底烧瓶中,依次加入质量分数为2%氯化钠溶液(800mL),蒸馏提取,用正己烷捕集挥发油。从第1滴油滴下开始计时至微沸5h。蒸馏结束,在收集到的馏出液中添加氯化钠至饱和,分液。再将挥发油和正己烷混合物用氮吹仪吹干,保留纯挥发油,-4℃下保存,待测。

色谱质谱条件:色谱柱采用HP-5MS色谱柱(30m×250μm×0.25μm);进样口温度为250℃;程序升温条件为40℃下保持1min,然后以3.5℃/min的升温速率升温至160℃,再以8℃/min的升温速率升温至260℃,然后保持15min;载气(He)流量为1.2mL/min;不分流模式,连接质谱接口温度为280℃;进样量为1μL。质谱:质量扫描范围质荷比(*m/z*)为50~500u,电离电压为70eV,EI电离源;获取的质谱数据在NIST14谱库中进行检索。

1.2.2 挥发性成分确定

前处理结束后,将3种竹叶提取物样品放入自动进样器振荡提取。经过GC分离、MS分析,分别得到苦竹、麻竹、紫竹3种竹叶挥发油的GCMS图谱。将图1—3中的各个色谱峰的质谱图与NIST14.L谱库进行逐项比对,初步识别3种竹叶中的成分。挥发油的成分鉴定在RI(Kovats保留指数)结合IT(线性程序升温保留指数)的基础上进行。同时使用正烷烃(C7-C30)同源系列、MS库检索以及与MS文献数据比较作为参考,最后确定成分。

1.2.3 挥发性成分分析

基于1.2.2节挥发性成分分析结果,对苦竹、麻竹、紫竹3种竹叶挥发油的主要成分类型、相对含量以及相同挥发性成分进行比较、分析。

2 结果与分析

2.1 竹叶挥发性成分的GC-MS图谱

苦竹、麻竹、紫竹竹叶挥发油经过GC分离、MS分析,得到苦竹竹叶挥发油质谱图、麻竹竹叶挥发油质谱图、紫竹竹叶挥发油质谱图,分别见图1—3。

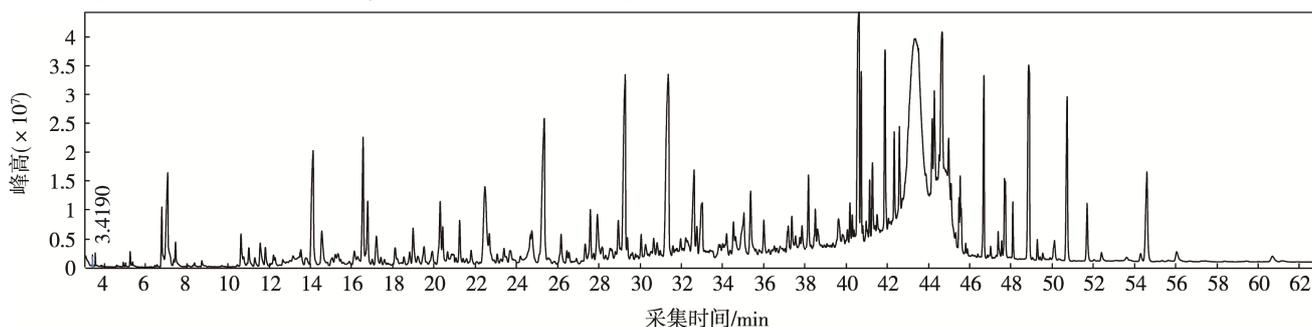


图1 苦竹竹叶挥发性成分的GC-MS图谱

Fig.1 GC-MS chromatogram of volatile components of *Pleioblastus Amarus* leaves

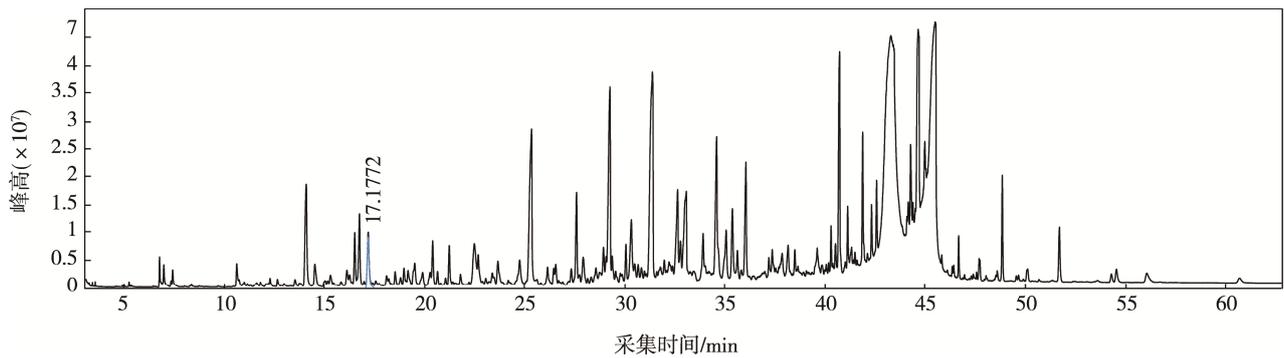


图 2 麻竹竹叶挥发性成分的 GC-MS 图谱

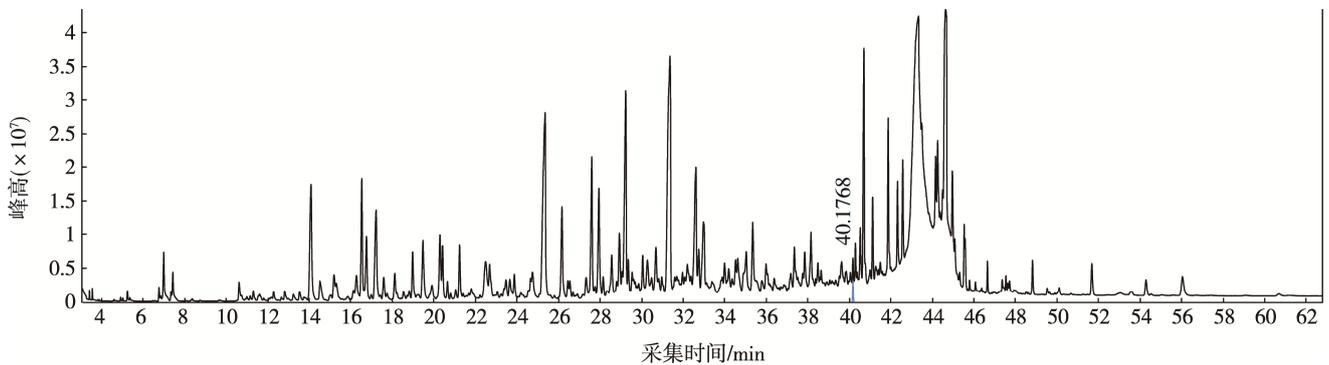
Fig.2 GC-MS chromatogram of volatile components in *Dendrocalamus latiflorus* Munro bamboo leaves

图 3 紫竹竹叶挥发性成分的 GC-MS 图谱

Fig.3 GC-MS chromatogram of volatile components of *Phyllostachys nigra* bamboo leaves

2.2 竹叶挥发油成分分析

通过对图 1—3 中的各个色谱峰的质谱图与 NIST14.L 谱库进行比对,结合 RI, IT (线性程序升温保留指数)、正烷烃 (C7-C30) 同源系列、MS 库检索以及与 MS 文献数据比较作为鉴定参考^[5-8],确定成分。苦竹竹叶挥发油成分^[9-11]、麻竹竹叶挥发油成分^[12-14]、紫竹竹叶挥发油成分^[15]分别见表 1—3。

从苦竹竹叶挥发油中共鉴定出 61 种挥发性成分,表 1 中列举出峰面积相对质量分数>1%的 21 种成分,占总挥发物质的 66.258%。烃类、酮类、酯类、醛类、醇类峰面积相对质量分数分别为 16.543%, 15.709%、13.303%, 10.508%, 6.769%, 为主要挥发物质;从麻竹竹叶挥发油中共鉴定出 49 种挥发性成分,表 2 中列举出峰面积相对质量分数>1%的 16 种成分,占总挥发物质的 64.089%。酯类、酮类、醇类、醛类、烃类峰面积相对质量分数分别为 29.534%, 16.475%, 8.417%, 3.746%, 2.797%, 为主要挥发物质;从紫竹竹叶挥发油中共鉴定出 68 种挥发性成分,表 3 中列举出峰面积相对质量分数>1%的 21 种成分,占总挥发物质的 65.14%。酯类、酮类、醇类、醛类、烃类峰面积相对质量分数分别为 24.455%, 22.411%, 6.441%, 6.3%, 2.247%。其中酯类化合物中棕榈酸异丙酯、烃类化合物中新植二

烯、酮类化合物中的 4-羟基-3-甲基苯乙酮含量最高。

2.3 竹叶挥发油主要成分类型和相对含量

由表 4 可见,苦竹、麻竹、紫竹竹叶挥发油成分类型基本一致,但竹种间挥发性成分含量存在一定差异。

在苦竹竹叶挥发油中烃类化合物对质量分数最高,达到 19.632%,其次为酮类、酯类化合物,相对质量分数分别为 18.206%, 16.358%;在麻竹竹叶挥发油中酯类化合物相对质量分数最高,为 31.390%,其次为酮类和醇类化合物,相对质量分数分别为 18.451%, 9.918%;在紫竹竹叶挥发油中酯类化合物相对质量分数最高为 26.699%,其次为酮类和醛类化合物,相对质量分数分别为 24.033%, 13.099%。酚类、呋喃类、萘类化合物含在苦竹、麻竹、紫竹中挥发油中对质量分数都相对较低。

2.4 3 种竹叶相同挥发性成分分析

采用 GC-MS 法对苦竹、麻竹、紫竹挥发油成分进行了鉴定,共有 178 种挥发性成分,其中 3 种竹叶挥发油成分有 24 种相同,见表 5。24 种相同化合物中,醛类 8 种、酮类 5 种、酯类 4 种、醇类 2 种、烃类 2 种、呋喃类 1 种以及苜基胍和氰化苜。

表1 苦竹竹叶挥发性成分分析结果
Tab.1 Analysis results of volatile components in *Pleioblastus amarus* leaves

编号	保留时间/ min	化合物名称	分子式	CAS编号	峰面积相对 质量分数/%	IT	谱库RI
1	6.788	2-己烯醛	C6H10O	505-57-7	1.335	850.93	851
2	7.075	顺-3-己烯-1-醇	C6H12O	928-96-1	1.881	860.44	857
3	14.129	苯乙醛	C8H8O	122-78-1	4.486	1049.49	1045
4	16.555	壬醛	C9H18O	124-19-6	3.450	1108.39	1104
5	16.782	2,6-二甲基环己醇	C8H16O	5337-72-4	1.255	1113.92	1112
6	20.297	柳酸甲酯	C8H8O3	119-36-8	1.028	1199.44	1192
7	22.466	N-乙基对甲苯胺	C9H13N	622-57-1	2.303	1254.47	1276
8	24.746	2-甲基-苯甲醛肟	C8H9NO	14683-79-5	1.123	1312.92	1310
9	25.347	4-羟基-3-甲基苯乙酮	C9H10O2	876-02-8	5.870	1328.92	1323
10	29.281	紫罗兰酮	C13H20O	127-41-3	4.987	1435.42	1426
11	31.327	乙位紫罗兰酮	C13H20O	14901-07-6	2.708	1492.88	1491
12	31.395	4-[2,2,6-三甲基-7-氧杂二环[4.1.0]庚-1-基]-3-丁烯-2-酮	C13H20O2	23267-57-4	2.144	1494.80	1491
13	33.022	二氢猕猴桃内酯	C11H16O2	17092-92-1	1.098	1542.66	1538
14	38.174	十五醛	C15H30O	2765/11/9	1.237	1721.09	1715
15	40.630	新植二烯	C20H38	504-96-1	8.088	1849.09	1837
16	41.280	柳酸苜酯	C14H12O3	118-58-1	1.351	1887.60	1869
17	41.897	1,2-环氧十八烷	C18H36O	7390-81-0	2.913	1927.68	1900
18	43.453	棕榈酸异丙酯	C19H38O2	142-91-6	9.826	2037.36	2023
19	44.668	3,7,11,15-四甲基己烯-1-醇(叶绿醇)	C20H40O	102608-53-7	3.633	2131.78	2116
20	46.692	二十三烷	C23H48	638-67-5	2.789	2305.76	2300
21	48.902	二十五烷	C25H52	629-99-2	2.753	2507.05	2500

表2 麻竹竹叶挥发性成分分析结果
Tab.2 Analysis results of volatile components in *Dendrocalamus latiflorus* Munro bamboo leaves

编号	保留时间/ min	化合物名称	分子式	CAS 编号	峰面积相对 质量分数/%	IT	谱库 RI
1	14.091	苯乙醛	C8H8O	122-78-1	3.746	1048.56	1045
2	16.510	2-壬烯-1-醇	C9H18O	22104-79-6	1.429	1107.30	1105
3	16.745	2,6-二甲基环己醇	C8H16O	5337-72-4	1.679	1113.03	1112
4	17.177	苜基肼	C7H10N2	555-96-4	1.843	1123.53	1118
5	25.341	4-羟基-3-甲基苯乙酮	C9H10O2	876-02-8	7.078	1328.76	1323
6	27.587	大马士酮	C13H18O	23726-93-4	1.730	1388.48	1386
7	29.255	丙酸松油酯	C13H22O2	80-27-3	4.459	1434.68	1427
8	30.325	(E)-2-甲氧基-4-(1-丙烯基苯酚)	C10H12O2	5932-68-3	1.277	1464.75	1454
9	31.334	乙位紫罗兰酮	C13H20O	14901-07-6	3.728	1493.09	1491
10	33.066	二氢猕猴桃内酯	C11H16O2	17092-92-1	2.667	1543.95	1538
11	40.718	植酮	C18H36O	502-69-2	2.049	1854.30	1844
12	41.875	法尼基丙酮	C18H30O	1117-52-8	1.890	1926.17	1921
13	43.281	棕榈酸异丙酯	C19H38O2	142-91-6	22.408	2024.30	2023
14	44.650	1,16-十六烷二醇	C16H34O2	7735-42-4	5.309	2130.29	2130
15	48.844	二十五烷	C25H52	629-99-2	1.506	2502.62	2500
16	51.698	二十八烷	C28H58	630-02-4	1.291	2701.96	2700

表 3 紫竹竹叶挥发性成分分析结果
Tab.3 Analysis results of volatile components in *Phyllostachys nigra* leaves

编号	保留时间/ min	化合物名称	分子式	CAS 编号	峰面积相对 质量分数/%	IT	谱库 RI
1	6.993	顺-3-己烯-1-醇	C ₆ H ₁₂ O	928-96-1	1.049	857.73	857
2	14.082	苯乙醛	C ₈ H ₈ O	122-78-1	4.448	1048.36	1045
3	16.528	壬醛	C ₉ H ₁₈ O	124-19-6	1.852	1107.73	1104
4	16.752	2,6-二甲基环己醇	C ₈ H ₁₆ O	5337-72-4	1.538	1113.18	1112
5	17.219	苜基肼	C ₇ H ₁₀ N ₂	555-96-4	3.286	1124.55	1118
6	19.471	正壬醇	C ₉ H ₂₀ O	143-08-8	1.192	1179.36	1173
7	20.296	柳酸甲酯	C ₈ H ₈ O ₃	119-36-8	1.527	1199.41	1192
8	25.355	4-羟基-3-甲基苯乙酮	C ₉ H ₁₀ O ₂	876-02-8	6.244	1329.13	1323
9	27.601	大马士酮	C ₁₃ H ₁₈ O	23726-93-4	2.396	1388.86	1386
10	27.945	2-亚乙基-6-甲基-庚基-3,5-二烯	C ₁₀ H ₁₄ O	99172-18-6	2.247	1398.00	1395
11	29.234	紫罗兰酮	C ₁₃ H ₂₀ O	127-41-3	3.812	1434.10	1426
12	31.338	乙位紫罗兰酮	C ₁₃ H ₂₀ O	14901-07-6	3.784	1493.20	1491
13	31.389	4-[2,2,6-三甲基-7-氧杂二环[4.1.0]庚-1-基]-3-丁烯-2-酮	C ₁₃ H ₂₀ O ₂	23267-57-4	1.743	1494.65	1491
14	33.007	二氢猕猴桃内酯	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	17092-92-1	1.101	1542.23	1538
15	40.705	植酮	C ₁₈ H ₃₆ O	502-69-2	2.393	1853.57	1844
16	41.124	邻苯二甲酸二异丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	84-69-5	1.141	1878.33	1870
17	41.873	法尼基丙酮	C ₁₈ H ₃₀ O	1117-52-8	2.039	1926.07	1921
18	42.576	邻苯二甲酸二丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	84-74-2	1.678	1973.86	1965
19	43.339	棕榈酸异丙酯	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	142-91-6	19.008	2028.72	2023
20	44.675	3,7,11,15-四甲基己烯-1-醇(叶绿醇)	C ₂₀ H ₄₁ O	102608-53-7	2.662	2132.40	2116

表 4 3 种竹叶挥发油主要成分类型和峰面积相对含量
Tab.4 Main types and relative contents of volatile oil (peak area) in 3 kinds of bamboo leaves

竹种	峰面积相对质量分数/%							
	醛类	酮类	醇类	酚类	烃类	呋喃类	萘类	酯类
苦竹	15.414	18.206	8.448	—	19.632	0.463	—	16.358
麻竹	8.436	18.451	9.918	1.553	3.873	0.110	—	31.390
紫竹	13.099	24.033	11.182	0.204	4.904	0.061	0.415	26.699

3 种竹叶挥发油共有 24 种相同成分中,在苦竹、麻竹、紫竹含量不尽相同。在苦竹竹叶挥发性成分中共有 6 种成分(2,5-二甲基四氢呋喃、顺-3-己烯-1-醇、2-己烯醛、苯乙醛、二十三烷、二十五烷)含量最高。在麻竹竹叶挥发性成分中共有 7 种成分(苯甲醛、2,6-二甲基环己醇、4-羟基-3-甲基苯乙酮、香叶基丙酮、二氢猕猴桃内酯、邻苯二甲酸二乙酯、棕榈酸异丙酯)含量最高。在紫竹竹叶挥发性成分中共有 11 种成分(正辛醛、苜基肼、氰化苄、2,3-二氢-2,2,6-三甲基苯甲醛、正癸醛、BETA-环柠檬醛、2,6,6-三甲基-1-环己烯基乙醛、大马士酮、植酮、邻苯二甲酸二异丁酯、乙位紫罗兰酮)含量最高。

3 讨论

1) 采用水蒸气蒸馏法对苦竹、麻竹、紫竹 3 种竹叶挥发油进行提取,经过 GC 分离、MS 分析,结合 RI、IT、正烷烃(C7-C30)同源系列、MS 库检索以及与 MS 文献数据比较作为成分鉴定参考,确定成分。3 种竹叶挥发油中共鉴定出 178 种化合物成分,其类型基本一致,但在 3 种竹种之间各化合物含量却存在明显差异,相对含量最高是酯类化合物,其次为酮类、烃类、醛类和醇类化合物。3 种竹叶挥发油中呋喃类、酚类化合物相对含量均较低。

表5 3种竹叶相同挥发性成分分析结果
Tab.5 Analysis results of the same volatile components in 3 kinds of bamboo leaves

编号	化合物	分子式	峰面积相对质量分数/%		
			苦竹	麻竹	紫竹
1	2,5-二甲基四氢呋喃	C ₆ H ₁₂ O	0.065	0.027	0.062
2	顺-3-己烯-1-醇	C ₆ H ₁₂ O	1.881	0.314	1.049
3	2-己烯醛	C ₆ H ₁₀ O	1.335	0.574	0.195
4	苯甲醛	C ₇ H ₆ O	0.875	3.746	0.643
5	正辛醛	C ₈ H ₁₆ O	0.145	0.168	0.230
6	苯乙醛	C ₈ H ₈ O	4.486	3.746	4.448
7	2,6-二甲基环己醇	C ₈ H ₁₆ O	1.255	1.679	1.538
8	苜基肼	C ₇ H ₁₀ N ₂	0.808	1.843	3.286
9	氰化苄	C ₈ H ₇ N	0.439	0.311	0.740
10	2,3-二氢-2,2,6-三甲基苯甲醛	C ₁₀ H ₁₄ O	0.630	0.895	0.967
11	正癸醛	C ₁₀ H ₂₀ O	0.220	0.383	0.476
12	BETA-环柠檬醛	C ₁₀ H ₁₆ O	0.645	0.597	0.860
13	2,6,6-三甲基-1-环己烯基乙醛	C ₁₁ H ₁₈ O	0.329	0.240	0.512
14	4-羟基-3-甲基苯乙酮	C ₉ H ₁₀ O ₂	5.870	7.078	6.244
15	大马士酮	C ₁₃ H ₁₈ O	0.899	1.730	2.396
16	香叶基丙酮	C ₁₃ H ₂₂ O	0.461	0.682	0.636
17	二氢猕猴桃内酯	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	1.098	2.667	1.101
18	邻苯二甲酸二乙酯	C ₁₂ H ₁₄ O ₄	0.563	0.992	0.739
19	植酮	C ₁₈ H ₃₆ O	0.701	2.049	2.393
20	邻苯二甲酸二异丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	0.756	0.866	1.141
21	乙位紫罗兰酮	C ₁₃ H ₂₀ O	2.708	3.728	3.784
22	棕榈酸异丙酯	C ₁₉ H ₃₈ O ₂	9.826	22.408	19.008
23	二十三烷	C ₂₃ H ₄₈	2.789	0.576	0.334
24	二十五烷	C ₂₅ H ₅₂	2.753	1.506	0.456

2) 3种竹叶挥发油中共有24种化合物相同,且这24种成分均相对含量较高,可见是苦竹、麻竹、紫竹竹叶的主要挥发性成分。

3) 3种竹叶挥发油中还含有许多具有不饱和双键的醛、醇、酯、酮和烯烃类化合物。在现有文献中,对于具有不饱和双键化合物的抗菌抗氧化特性多有报道^[12,16,17,18],如:2008年西南大学余虹等就已经综合阐述了化合物分子中的不饱和双键与其抗肿瘤、抗氧化、抗炎、抗菌活性之间的构效关系^[16],因此,有望利用此类物质抗菌抗氧化的特性^[17],开发相应提取物,应用于食品药品的抗菌抗氧化领域,给食药行业天然抗菌抗氧化包装及保鲜技术的开发提供基础。

4) 经综合比较3种竹叶可知,在苦竹竹叶挥发油中烃类化合物对质量分数最高,达到19.632%,在

麻竹竹叶挥发油中酯类化合物对质量分数最高,为31.390%。

4 结语

该研究在以往类似研究的基础上首次采用结合保留系数的方式,更准确地分析了竹叶中各成分含量。针对苦竹、麻竹及紫竹竹叶均检测及鉴定出了更多的挥发油成分,并且同时检测及比较了3种竹叶种间化合物的种类及含量异同,给竹叶资源的后期开发提供了更为完善的数据基础。在以后的研究中,希望能对多种竹类竹叶活性成分不断深入研究,同时不断优化这些挥发性油提取工艺。此研究中检测鉴定出的这3种竹叶各成分,尤其是含不饱和双键的各活性物

质成分,有望在包括食品药品在内的多个行业,为抗氧化抗菌技术的优化或新技术的研发提供基础,而某些竹种的竹叶中特有或含量显著的成分还有可能给新型的食品药品或包装技术带来新的资源和新的思路。综上,竹叶成分将来在各领域的广泛应用必将提高竹资源附加值,从而为我国含量丰富的竹资源开发带来福音。

参考文献:

- [1] 林杰, 陈莹, 施元旭, 等. 保留指数在茶叶挥发物鉴定中的应用及保留指数库的建立[J]. 茶叶科学, 2014, 34(3): 261—270.
LIN Jie, CHEN Ying, SHI Yuan-xu, et al. Application of Retention Index on Volatile Compound Identification of Tea and Development of Retention Index Database[J]. Journal of Tea Science, 2014, 34(3): 261—270.
- [2] 高宏建, 张献忠, 钟建军, 等. 水蒸汽蒸馏法提取烟草精油的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(10): 388—390.
GAO Hong-jian, ZHANG Xian-zhong, ZHONG Jian-jun, et al. Research on Extraction Tobacco Essential Oils by Steam Distillation[J]. Science and Technology of Food Industry, 2011, 32(10): 388—390.
- [3] 饶建平, 王文成, 张远志, 等. 水蒸气蒸馏法提取柚子花精油工艺研究及其成分分析[J]. 食品工业科技, 2017, 38(4): 278—282.
RAO Jian-ping, WANG Wen-cheng, ZHANG Yuan-zhi, et al. Study on the Extracting Process of Essential Oil from Citrus Maxima Flower by Steam Distillation and the Analysis for the Composition of the Essential Oil[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(4): 278—282.
- [4] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010.
Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of People's Republic of China[M]. Beijing: China Medical Science Press, 2010.
- [5] 卢俊宇, 梅国荣, 刘飞, 等. GC-MS-AMDIS 结合保留指数分析比较青椒与竹叶花椒挥发油的组成成分[J]. 中药与临床, 2015, 6(5): 18—21.
LU Jun-yu, MEI Guo-rong, LIU Fei, et al. The Analysis and Comparison of Components of Volatile Oil in Zanthoxylum Schinifolium Sieb et Zucc. and Z. anthoxylum Armatum DC by Combination of GC-MS-AMDIS and Retention Index[J]. Pharmacy and Clinics of Chinese Materia Medica, 2015, 6(5): 18—21.
- [6] PAVLOVSKII A A, HEBERGER K, ZENKEVICH I G. Anomalous Temperature Dependence of Gas Chromatographic Retention Indices of Polar Compounds on Non-polar Stationary Phases[J]. Journal of Chromatography A, 2016, 1445(2): 126—134.
- [7] WANG Bing, SHEN Hao, FANG Ai-qin, et al. A Regression Model for Calculating the Second Dimension Retention Index in Comprehensive Two-dimensional Gas Chromatography Time-of-flight Mass Spectrometry[J]. Journal of Chromatography A, 2016, 1451: 127—134.
- [8] 魏琦, 苟航, 喻谨, 等. 苦竹属竹叶挥发油比较研究[J]. 林产化学与工业, 2015, 35(2): 122—128.
WEI Qi, XUN Hang, YU Jin, et al. Essential Oils in Bamboo Leaves of Pleioblastus Nakai[J]. Chemistry and Industry of Forest Products, 2015, 35(2): 122—128.
- [9] 王学利, 吕健全, 章一德. 苦竹叶挥发油成分的分析[J]. 浙江林学院学报, 2002(4): 53—56.
WANG Xue-li, LYU Jian-quan, ZHANG Yi-de. Analysis of Volatile Oil Composition of Pleioblastus Amarus [J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2002(4): 53—56.
- [10] 魏琦, 姚曦, 孙赅, 等. 苦竹叶化学成分对细菌及 3 种肿瘤细胞的抑制活性[J]. 林业科学, 2015, 51(5): 87—94.
WEI Qi, YAO Xi, SUN Jia, et al. Inhibitive Activity of Chemical Constituents from Leaves of Pleioblastus Amarus against Bacteria and 3 Kinds of Tumor Cells[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2015, 51(5): 87—94.
- [11] 李翔, 王卫, 刘达玉, 等. 麻竹叶挥发油提取工艺及化学成分的 GC-MS 分析[J]. 中国食品添加剂, 2013(6): 92—98.
LI Xiang, WANG Wei, LIU Da-yu, et al. Study on the Extraction of Essential Oil of Dendrocalamus latiflorus Munro leaves and Chemical Composition Analysis by GC-MS[J]. China Food Additives, 2013(6): 92—98.
- [12] 任旺, 叶秀娟, 李婷婷, 等. 麻竹笋中多酚类化合物的提取及挥发性成分分析[J]. 食品科学, 2014, 35(16): 120—123.
REN Wang, YE Xiu-juan, LI Ting-ting, et al. Analysis of the Volatile Components in Polyphenol Compounds Extracted from Dendrocalamus Latiflorus Shoots[J]. Food Science, 2014, 35(16): 120—123.
- [13] 王淑英, 岳永德, 汤锋, 等. 麻竹竹叶的化学成分[J]. 林业科学, 2013, 49(11): 135—140.
WANG Shu-ying, YUE Yong-de, TANG Feng, et al. Chemical Constituents from the Leaves of Dendrocalamus Latiflorus[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2013, 49(11): 135—140.
- [14] 余虹, 李逐波. 不饱和双键化合物与药物活性研究

- 进展[J]. 解放军药学报, 2008, 24(3): 234—238.
- YU Hong, LI Zhu-bo. The Research Progress of Pharmaceutical Activity of Unsaturated Compound with Double Bone[J]. Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army. 2008, 24(3): 234—238.
- [15] 郝培应, 肖家军, 齐笑笑. 紫竹叶提取物的抑菌效果研究[J]. 安徽农业科学, 2008(7): 2810—2812.
- HAO Pei-ying, XIAO Jia-jun, QI Xiao-xiao. Study on the Bacteriostatic Effect of Extracts from *Phyllostachys Nigra*(Lodd)Munro Leaves[J]. Journal of Anhui Agri Sci, 2008, 36(7): 2810—2812.
- [16] 何跃君. 竹叶挥发油化学成分及其生物活性研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2009.
- HE Yue-jun. Chemical Components and Biological Activities of Essential Oil from the Bamboo Leaves[D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2009.