

红托竹荪子实体各部位挥发性成分分析

孙 燕¹, 陈光贤², 陈桐杰², 王庆勇², 邹方伦³, 龙汉武^{3*}

¹贵州省山地资源研究所, 贵州 贵阳

²贵州美味鲜竹荪产业有限公司, 贵州 毕节

³贵州省生物研究所, 贵州 贵阳

收稿日期: 2023年6月5日; 录用日期: 2023年7月28日; 发布日期: 2023年8月10日

摘 要

采集红托竹荪鲜品, 分离为菌柄 + 菌裙、菌盖、菌托三部分, 对其中挥发性成分进行测试分析。三个部位共鉴定出99种挥发性成分, 菌柄 + 菌裙、菌盖、菌托各部分所含挥发性成分种类及含量不同。菌柄 + 菌裙鉴定出59种成分, 含量95%。菌盖鉴定出49种成分, 含量99.05%。菌托鉴定出34种成分, 含量97.42%。本文以为红托竹荪进一步开发利用提供参考。

关键词

红托竹荪, 菌柄 + 菌裙, 菌盖, 菌托, 挥发性成分

Analysis of Volatile Components in Various Parts of the Fruiting Body of *Dictyophora rubrovolvata*

Yan Sun¹, Guangxian Chen², Tongjie Chen², Qingyong Wang², Fanglun Zou³, Hanwu Long^{3*}

¹Guizhou Institute of Mountain Resources, Guiyang Guizhou

²Guizhou Meiwei Fresh *Dictyophora indusiata* Industry Co., Ltd., Bijie Guizhou

³Guizhou Institute of Biology, Guiyang Guizhou

Received: Jun. 5th, 2023; accepted: Jul. 28th, 2023; published: Aug. 10th, 2023

Abstract

Collect fresh products of *Dictyophora rubrovolvata* and separate them into three parts: stem and

*通讯作者。

文章引用: 孙燕, 陈光贤, 陈桐杰, 王庆勇, 邹方伦, 龙汉武. 红托竹荪子实体各部位挥发性成分分析[J]. 食品与营养科学, 2023, 12(3): 220-226. DOI: 10.12677/hjfn.2023.123027

skirt, cap, and tray. Test and analyze the volatile components in them. A total of 99 volatile components were identified in the three parts, with different types and contents of volatile components in the stem, stem and skirt, cap, tray. 59 components were identified from the stem and skirt, with a content of 95%. 49 components were identified in the cap, with a content of 99.05%. 34 components were identified in the bacterial tray, with a content of 97.42%. This paper aims to provide reference for the further development and utilization of *Dictyophora rubrovolvata*.

Keywords

Dictyophora rubrovolvata, Stem and Skirt, Cap, Tray, Volatile Components

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

红托竹荪(*Dictyophora rubrovolvata*), 属鬼笔科(Phallaceae)竹荪属(*Dictyophora*)。清香型名贵食用菌之一[1]。其形态美丽, 脆嫩爽口, 味道鲜美, 营养丰富。过去通过野生采集, 是专供皇家贵族、达官富人享受的奇珍, 如今大面积商业性生产, 市场消费已走向大众, 并深受消费者喜爱。红托竹荪开伞后的子实体由菌盖、菌柄、菌裙、菌托组成。可食用部分通常为菌柄和菌裙, 也有种植户将菌盖清洗处理后食用。菌托一般弃之不用。目前对红托竹荪研究大多在栽培技术、营养成分等方面。如王林等研究探索利用酱香酒糟栽培红托竹荪技术[2], 曾维军等研究不同栽培方法红托竹荪产值与品质综合评价[3]。罗丽平等研究红托竹荪不同部位营养成分分析[4], 梁亚丽等研究红托竹荪及竹荪蛋个部位主要营养成分分析[5]。棘托竹荪、长裙竹荪挥发性成分有相关研究[6] [7] [8] [9], 关于红托竹荪挥发性成分方面研究相对较少。本文采集红托竹荪鲜品, 分离为菌柄 + 菌裙、菌盖、菌托三部分, 测定、分析不同部分的挥发性成分种类及含量, 为红托竹荪的进一步开发利用提供参考。

2. 材料与仪器

2.1. 材料

采集开伞后红托竹荪子实体鲜品, 放于低温采样箱中带回实验室。清理干净杂物, 将子实体分离为菌柄 + 菌裙、菌盖、菌托。

2.2. 实验仪器与试剂

仪器: HP6890/5975C 气相 - 质谱联用仪(美国安捷伦公司)。手动固相微萃取装置(美国 Supelco 公司), 萃取纤维为: 2 cm-50/30 μm DVB/CAR/PDMS StableFlex。

3. 方法

取剪碎混合样品 6 g, 置于 50 mL 固相微萃取仪采样瓶中, 60 $^{\circ}\text{C}$ 平板加热。插入装有 2 cm-50/30 μm DVB/CAR/PDMS StableFlex 纤维头的手动进样器, 顶空萃取 45 min 时间后, 移出萃取头并立即插入气相色谱仪进样口(温度 250 $^{\circ}\text{C}$)中, 热解析 5 min 进样。

色谱柱为 FB-5MS (30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm) 弹性石英毛细管柱, 柱温 40 $^{\circ}\text{C}$ (保持 2 min), 以 2.5 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 160 $^{\circ}\text{C}$, 再以 15 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升温至 280 $^{\circ}\text{C}$, 运行时间: 58 min; 汽化室温度 250 $^{\circ}\text{C}$; 载气为高纯 He

(99.999%); 柱前压 7.62 psi, 载气流量 1.0 mL/min; 不分流进样; 溶剂延迟时间: 1 min。

离子源为 EI 源; 离子源温度 230℃; 四极杆温度 150℃; 电子能量 70 eV; 发射电流 34.6 μ A; 倍增器电压 1800 V; 接口温度 280℃; 质量范围 29~500 amu。

对总离子流图中的各峰经质谱计算机数据系统检索及核对 Nist2014 和 Wiley275 标准质谱图, 确定了 X 种挥发性化学成分, 用峰面积归一化法测定了各化学成分的相对质量分数。

4. 测试结果与分析

Table 1. Test results

表 1. 测试结果

序号	化合物名称	分子式	相对含量(%)			气味描述
			菌柄 + 菌裙	菌盖	菌托	
1	乙醛 Ethanal	C ₂ H ₄ O	0.68	1.01	0.61	有刺激性气味
2	异丁醛 Isobutanal	C ₄ H ₈ O	0.08	0.03		葡萄酒香味、苦味
3	3-甲基丁醛 3-Methylbutanal	C ₅ H ₁₀ O	0.53	0.35	0.15	苹果香味
4	2-甲基丁醛 2-Methylbutanal	C ₅ H ₁₀ O	0.24	0.14	0.06	麦芽香
5	己醛 Hexanal	C ₆ H ₁₂ O			5.92	有刺激性气味
6	庚醛 Heptanal	C ₇ H ₁₄ O		0.03	0.14	有果子香气味
7	(E)-2-庚烯醛(E)-2-Heptenal	C ₇ H ₁₂ O	0.11	0.08	1.24	
8	苯乙醛 Hyacinthin	C ₈ H ₈ O		0.35		具有类似风信子的香气
9	(E)-2-辛烯醛(E)-2-Octenal	C ₈ H ₁₄ O		0.10	3.46	新鲜的黄瓜、清香的药草、香蕉叶样脂肪气息
10	壬醛 Nonanal	C ₉ H ₁₈ O			0.41	具有玫瑰、柑橘等香气, 有强的油脂气味
11	戊醛 Pentanal	C ₅ H ₁₀ O	0.01		0.11	杏仁、麦芽香味
12	苯甲醛 Benzaldehyde	C ₇ H ₆ O	0.05		0.54	具有苦杏仁、樱桃及坚果香
13	十五烷醛 Pentadecanal	C ₁₅ H ₃₀ O	0.08	0.18		
			1.78	2.27	12.64	
14	乙醇 Ethanol	C ₂ H ₆ O	4.35	38.21	1.58	具有特殊香味, 并略带刺激
15	异丁醇 Isobutyl alcohol	C ₄ H ₁₀ O	0.96	2.99		刺激性
16	甲基乙酰甲醇 Acetoin	C ₄ H ₈ O ₂	6.05	0.58		重要的食用香料
17	3-甲基丁醇 3-Methylbutanol	C ₅ H ₁₂ O	3.44	13.12	0.57	有不愉快的气味
18	2-甲基丁醇 2-Methylbutanol	C ₅ H ₁₂ O	1.85	8.69	0.58	
19	2-甲基-3-己醇 2-Methyl-3-hexanol	C ₇ H ₁₆ O	0.17			
20	1-己醇 1-Hexanol	C ₆ H ₁₄ O			9.17	具有水果芬芳香气
21	2,6-二甲基-4-庚醇 2,6-Dimethyl-4-heptanol	C ₉ H ₂₀ O	0.39			
22	1-庚醇 1-Heptanol	C ₇ H ₁₆ O	0.08	0.36		有强烈芳香气味

Continued

23	2-乙基己醇 2-Ethylhexanol	C ₈ H ₁₈ O	0.04			有特殊气味的	
24	1-辛醇, 正辛醇 1-Octanol	C ₈ H ₁₈ O	0.21	1.53		具有柠檬气味	
25	壬醇 Nonanol	C ₉ H ₂₀ O				桔子、甜橙气息	
26	3-辛醇	C ₈ H ₁₈ O	0.04	1.49	4.65	用于蘑菇、干酪、薄荷和 药草类香精中	
27	E-橙花叔醇 E-Nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O				木质香	
28	2,3-丁二醇 2,3-Butanediol	C ₄ H ₁₀ O ₂	0.72	4.60			
29	苯乙醇 Benzeneethanol	C ₈ H ₁₀ O	0.23	0.91		具花香	
30	α -红没药醇.alpha.-Bisabolol	C ₁₅ H ₂₆ O	0.09				
31	二乙酸酯 2,3-丁二醇 2,3-Butanediol diacetate	C ₈ H ₁₄ O ₄	0.06				
32	丙醇 Propanol	C ₃ H ₈ O		0.04		有类似乙醇的气味	
33	己醇 Hexanol	C ₆ H ₁₄ O		0.49		食用香料	
34	4-甲基戊醇 4-Methylpentanol	C ₆ H ₁₄ O		0.07			
35	2-庚醇 2-Heptanol	C ₇ H ₁₆ O		0.05			
				18.43	71.85	18.08	
36	乙酸乙酯 Ethyl acetate	C ₄ H ₈ O ₂	54.78	18.11	15.51	菠萝、凤梨味	
37	丙酸乙酯 Ethyl propanoate	C ₅ H ₁₀ O ₂	0.19	0.08	0.04	有菠萝香味	
38	丁酸乙酯 Ethyl butyrate	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.29			清灵强烈的甜果香, 有菠萝、香蕉、苹果气息	
39	乙酸正戊酯 n-Amyl acetate	C ₇ H ₁₄ O ₂			0.06	有水果香味	
40	1-乙酸己酯 1-Hexyl acetate	C ₈ H ₁₆ O ₂	2.46				
41	辛酸乙酯 Ethyl caprylate	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	0.21			白兰地酒香味	
42	2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate	C ₁₆ H ₃₀ O ₄	0.05				
43	乙酸甲酯 Methyl acetate	C ₃ H ₆ O ₂	0.03	0.04	0.24	具有香味	
44	乙酸丙酯 Propyl acetate	C ₅ H ₁₀ O ₂	2.26		0.07	有特殊的水果香味	
45	异丁酸乙酯 Ethyl isobutyrate	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.17	0.05	0.06	有水果香味	
46	乙酸异丁酯 Isobutyl acetate	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.96	0.31	0.19	有成熟水果香味	
47	乙酸正己酯 1-Hexyl acetate	C ₈ H ₁₆ O ₂			0.35	具有水果香味	
48	乙酸丁酯 Butyl ethanoate	C ₆ H ₁₂ O ₂	0.14			有果子香味	
49	乙基 2-甲基丁酸酯 Ethyl 2-methylbutyrate	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.08				
50	乙基 3-甲基丁酸酯 Ethyl 3-methylbutyrate	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.07				
51	3-乙酸甲基丁酯 3-Methylbutyl acetate	C ₇ H ₁₄ O ₂	4.63			有愉快的香蕉香味	
52	2-乙酸甲基丁酯 2-Methylbutylacetate	C ₇ H ₁₄ O ₂	1.23			食品用香料	
53	戊酸乙酯 Ethyl pentanoate	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.13			有苹果似的水果香气	
54	乙酸(异)戊酯 Pentyl acetate	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.45			具香蕉香味	

Continued

55	3-甲基丙酸乙酯 Ethyl 3-methylcrotonate	C ₇ H ₁₂ O ₂	0.02			
56	己酸乙酯 Ethyl caproate	C ₈ H ₁₆ O ₂	0.07			有愉快的气味
57	乙酸辛酯 Octyl acetate	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	0.03			有水果香味
58	苯乙酸乙酯 Ethyl phenacetate	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	0.04			有浓烈而甜的蜂蜜香气
59	乙酸苯乙酯 Phenethyl acetate	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	0.96			甜的, 玫瑰花香, 带有粉香的蜂蜜样香气, 类似苹果样的果香, 并带有可可和威士忌样的香韵
60	庚酸乙酯 Ethyl heptanoate	C ₉ H ₁₈ O ₂	0.05			有菠萝香气味
61	癸酸乙酯 Ethyl decanoate	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0.02			有果香和酒香香气, 梨和白兰地似的香韵
62	2-甲基丁酸乙酯 Ethyl 2-methylbutyrate	C ₇ H ₁₄ O ₂		0.05		食用香料
63	3-甲基丁酸乙酯 Ethyl 3-methylbutyrate	C ₇ H ₁₄ O ₂		1.57		有类似苹果、香蕉的香气和酸甜气味
64	十六(烷)酸乙酯 Ethyl palmitate	C ₁₈ H ₃₆ O ₂		0.09		
65	3-乙酸甲酯 3-Methylbutyl acetate	C ₇ H ₁₄ O ₂		1.25		
66	2-乙酸甲酯 2-Methylbutyl acetate	C ₇ H ₁₄ O ₂		0.82		具刺激性
67	十四酸乙酯 Ethyl myristate	C ₁₆ H ₃₂ O ₂		0.02		有鸢尾油香气, 并带有油脂气息
68	十五酸乙酯 Ethyl pentadecanoate	C ₁₇ H ₃₄ O ₂		0.08		
69	乙酸-3-辛酯 3-Octyl acetate	C ₁₀ H ₂₀ O ₂		0.49		有薄荷、柑橘和玫瑰样香气, 有微苦的水果味
70	亚油酸乙酯 Ethyl linoleate	C ₂₀ H ₃₆ O ₂		0.16		
71	1-乙酸己酯 1-Hexyl acetate	C ₈ H ₁₆ O ₂		0.07		
				69.32	23.19	16.52
72	2,3-丁二酮 2,3-Butanedione	C ₄ H ₆ O ₂		0.03		奶油气味
73	2-庚酮 2-Heptanone	C ₇ H ₁₄ O	0.06	0.09		有类似梨的水果香味
74	2-癸酮 2-Decanone	C ₁₀ H ₂₀ O	0.31		1.48	果香
75	2-十一烷酮 2-Undecanone	C ₁₁ H ₂₂ O	0.07			具有芸香油的脂蜡香气, 兼有柑橘韵味
76	1-辛烯-3-酮 1-Octen-3-one	C ₈ H ₁₄ O			1.28	主要用作食用香精香料
77	3-辛酮 3-Octanone	C ₈ H ₁₆ O	1.25	0.50	39.76	有果实香味
78	2-壬酮 2-Nonanone	C ₉ H ₁₈ O			0.28	食用香料
79	2-乙酰氧基-3-丁酮 2-Acetoxy-3-butanone	C ₆ H ₁₀ O ₃	2.92			具有甜的果香、酯香、菠萝蜜、苹果、香蕉和酮香香气, 稍有化学气息
80	2-丁酮 2-Butanone	C ₄ H ₈ O		0.03		有类似丙酮气味
81	2-十七烷酮 2-Heptadecanone	C ₁₇ H ₃₄ O		0.04		
				4.61	0.69	42.8
82	十六烷 Hexadecane	C ₁₆ H ₃₄	0.03			

Continued

83	2-丁氟烷 2-Butylfuran	C ₈ H ₁₂ O				0.09	
84	十五烷 Pentadecane	C ₁₅ H ₃₂	0.01				
			0.04	0		0.09	
85	β -崖柏烯.beta.-Thujene	C ₁₀ H ₁₆		0.04			
86	1,3-辛二烯 1,3-Octadiene	C ₈ H ₁₄				0.29	
87	3-乙基-2-甲基-1,3-己二烯 3-Ethyl-2-methyl-1,3-hexadiene	C ₉ H ₁₆				1.03	
88	δ -葑澄茄烯.delta.-Cadinene	C ₁₅ H ₂₄	0.07				百里香、药物、木材味
89	α -衣兰油烯.alpha.-Muuroleone	C ₁₅ H ₂₄				0.03	
90	β -丁烯.beta.-Chamigrene	C ₁₅ H ₂₄				0.13	
91	β -花柏烯.beta.-Chamigrene	C ₁₅ H ₂₄	0.01				
			0.08	0.04		1.48	
92	2-戊基呋喃 2-Amylfuran	C ₉ H ₁₄ O	0.31	0.23	5.81		具有豆香、果香、泥土、 青香及类似蔬菜的香韵
93	3-甲氧基-2,5-二甲基吡嗪 3-methoxy-2,5-dimethylpyrazine	C ₇ H ₁₀ N ₂ O		0.11			奶油气味
94	2-异丙基-3-甲氧基吡嗪 2-Isopropyl-3-methoxypyrazine	C ₈ H ₁₂ N ₂ O	0.18	0.70			具有豌豆清香和格蓬的 膏香
95	2-仲丁基-3-甲氧基吡嗪 2-sec-Butyl-3-methoxypyrazine	C ₉ H ₁₄ N ₂ O		0.03			蔬菜、土豆样香气
96	2-甲氧基-3-仲丁基吡嗪 2-Methoxy-3-sec-butylpyrazine	C ₉ H ₁₄ N ₂ O	0.01				具有霉香、青香、蔬菜香、 坚果、胡椒、土豆样香气
97	乙酰戊酰 Acetyl valeryl	C ₇ H ₁₂ O ₂	0.03				
98	樟脑 Camphor	C ₁₀ H ₁₆ O					清凉药草香
99	红没药醇氧化物 BBisabolol oxide B	C ₁₅ H ₂₆ O ₂	0.21				
			0.74	1.01	5.81		

由表 1 可知, 红托竹荪鲜品中挥发性成分, 共鉴定出 99 种, 其中醛类 13 种、醇类 22 种、酯类 36 种、酮类 10 种、烷类 3 种、烯类 7 种、杂环及其他类 8 种。菌柄+菌裙中醛类 8 种、醇类 13 种、酯类 24 种、酮类 5 种、烷类 2 种、烯类 2 种、杂环及其他类 5 种; 含量分别为 1.78%、18.43%、69.32%、4.61%、0.04%、0.08%、0.74%; 菌盖醛类 9 种、醇类 15 种、酯类 15 种、酮类 5 种、烯类 1 种、杂环及其他类 4 种; 含量 2.27%、71.85%、23.19%、0.69%、0.04%、1.01%; 菌托醛类 10 种、醇类 6 种、酯类 8 种、酮类 4 种、烷类 1 种、烯类 4 种、杂环及其他类 1 种; 含量 12.64%、18.08%、16.52%、42.8%、0.09%、1.48%、5.81%。

5 讨论

该方法测得红托竹荪鲜品中挥发性成分共计 99 种, 菌柄 + 菌裙、菌盖、菌托含挥发性成分种类及含量不同。其中菌柄 + 菌裙共鉴定出 59 种成分, 含量 95%, 各类组分按含量排序为酯类 > 醇类 > 酮类 > 醛类 > 杂环及其他类 > 烯类 > 烷类。菌盖共鉴定出 49 种成分, 含量 99.05%, 各类组分按含量排序为醇类 > 酯类 > 酮类 > 醛类 > 杂环及其他类 > 烯类。菌托共鉴定出 34 种成分, 含量 97.42%,

各类组分按含量排序为酮类 > 醇类 > 酯类 > 醛类 > 杂环及其他类 > 烯类 > 烷类。

红托竹荪具有浓郁的清香风味，是名贵食用菌品种之一。所测红托竹荪样品中，具有多种挥发性成分，目前还未得到很好的研究开发。本文对红托竹荪挥发性成分进行分析，试验结果为红托竹荪进一步开发利用提供参考。

基金项目

种植红托竹荪主料繁育生产种及高效栽培技术研发与示范[黔科合成果[2022]一般 049]。

参考文献

- [1] 邹方伦. 贵州竹荪资源及生态的研究[J]. 贵州农业科学, 1994(3): 43-47.
- [2] 王林, 付宇豪, 周杰, 蒋洪久, 黄旋, 唐平华. 利用酱香酒糟栽培红托竹荪技术探索[J]. 当代农机, 2023(4): 40-41.
- [3] 曾维军, 杨玲, 罗丽平, 康超, 王万坤, 郑旋. 不同栽培方法红托竹荪产值与品质综合评价[J]. 北方园艺, 2022(10): 102-110.
- [4] 罗丽平, 李冰晶, 赵景芳, 杨玲. 贵州不同地区红托竹荪不同部位的营养成分分析[J]. 中国食用菌, 2022, 41(8): 60-64.
- [5] 梁亚丽, 秦礼康, 王何柱, 王安燕, 阳旭, 李启华. 红托竹荪及竹荪蛋各部位主要营养成分分析[J]. 食品与机械, 2020, 36(4): 72-76, 114.
- [6] 黄明泉, 孙宝国, 田红玉, 刘玉平. 棘托竹荪蛋中的挥发性成分分析研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(7): 353-357.
- [7] 陈曦, 黄明泉, 孙宝国, 陈海涛. 同时蒸馏萃取-气相色谱-质谱联用分析长裙竹荪挥发性成分[J]. 食品科学, 2012, 33(14): 129-134.
- [8] 黄明泉, 田红玉, 孙宝国, 陈海涛, 姜远宁. 同时蒸馏萃取-气质联用分析竹荪挥发性成分[J]. 食品科学, 2011, 32(2): 205-212.
- [9] 檀东飞, 黄儒珠, 卢真, 林清强. 棘托竹荪菌盖的化学成分及抑菌作用研究(II) [J]. 微生物学杂志, 2007, 27(6): 8-12.