

木姜叶柯不同表型叶中二氢查耳酮类物质的差异分析*

王 颂 黄俊彬 徐巧林 陈颖乐
黄文妍 王志宏 余玉娟 曾 雷

(广东省森林培育与保护利用重点实验室 / 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520)

摘要 为分析比较不同表型叶的木姜叶柯 *Lithocarpus litseifolius* 在不同月份二氢查耳酮类物质的含量差异, 研究通过高效液相色谱法对 7、8、9 和 10 月份采摘的大叶型、尖叶型和紫叶型木姜叶柯开展根皮苷、三叶苷和根皮素含量比较分析。结果表明, 不同表型叶的木姜叶柯干品中根皮素、根皮苷和三叶苷含量存在显著性差异, 其中大叶型木姜叶柯在 7 月份根皮素含量最高, 同样在 7 月份采集的紫叶型木姜叶柯三叶苷含量最高, 达到 12.73%, 尖叶型木姜叶柯中根皮苷含量整体高于大叶型和紫叶型; 另外不同采摘时间对 3 种有效成分含量亦有明显影响, 在 7-10 月份的采收周期内, 三种不同表型叶木姜叶柯中根皮苷含量呈现升高趋势, 而且大叶型略低于尖叶型和紫叶型; 在 7 月份, 大叶型、尖叶型和紫叶型木姜叶柯中根皮素高于其它月份; 就根皮素和三叶苷而言, 不同样品在 8 和 9 月份采收时, 其含量明显低于 7 月份和 10 月份样品中的含量。

关键词 木姜叶柯; 二氢查耳酮; 叶表型; 采收月份; 相关性

中图分类号: S794.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2022) 06-0159-07

Variance Analysis of Dihydrochalcones in Different Phenotypes Leaves of *Lithocarpus litseifolius*

WANG Song HUANG Junbin XU Qiaolin CHEN Yingle
HUANG Wenyan WANG Zhihong YU Yujuan ZENG Lei

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/
Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract In order to analyze and compare the content differences of dihydrochalcone substances in *Lithocarpus litseifolius* with different phenotypes leaves, high-performance liquid chromatography was used to analyze the contents of phloridzin, trilobatin and phloretin from *L. litseifolius* of large-leaf, pointed-leaf and purple leaves picked in July, August, September and October. The results showed that there were significant differences in the contents of phloretin, phlorizin and trilobatin in the different phenotypes leaves. Among them, the content of phloretin in *L. litseifolius* with large-leaf type was the highest in July. Similarly, the trilobatin content in the purple-leaf type samples collected in July was the highest, reaching 12.73%, and the phloridzin content in the pointed-leaf type samples was generally higher than that in the large-leaf type and purple-leaf type. In addition, different picking times also had a significant effect on the content of the three active ingredients. During the picking period from July to October, the content of phloridzin in the three different phenotypes of *L. litseifolius* showed an increasing trend, the contents of characteristic substances in the large-leaf samples slightly lower than pointed-leaf

* 基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2022KJ CX012、2021KJ CX004、2020KJ CX013)。

第一作者: 王颂 (1990—), 女, 工程师, 主要从事食用林产品质量安全研究, E-mail: wsong@sinogaf.cn。

通信作者: 曾雷 (1975—), 男, 正高级工程师, 主要从事食用林产品质量安全研究, E-mail: zenglei@sinogaf.cn。

type and purple-leaf. The contents of phloretin in large-leaf, pointed-leaf and purple-leaf type samples obtained from July were higher than those in other months. As far as phloretin and trilobatin were concerned, the contents of different samples when picked in August and September were significantly lower than those in the samples in July and October. The results of this study have important reference values for clarifying the picking time of leaf samples with different phenotypes and promoting the efficient use of resources.

Key words *Lithocarpus litseifolius*; dihydrochalcone; leave phenotypes ; collection months; variance analysis

木姜叶柯 *Lithocarpus litseifolius* 属于壳斗科柯属植物, 是山地常绿的常见树种^[1]。作为一种天然茶饮, 木姜叶柯的利用历史可追溯到南朝时期, 在《本草纲目》和《茶经》等均有记载^[2]。其嫩叶嚼烂时为粘胶质, 因具明显甜味, 民间常以其叶冲泡成茶汤, 常被称为“甜茶”^[3-4]。以甜茶叶入药, 具有清热利尿、滋润肝肾、润肺镇咳等功效, 可预防温热痢疾、皮肤瘙痒和痈疽恶疮等症状^[5-7]; 现代研究也证明, 木姜叶柯含有黄酮类、多酚类、多糖类、三萜类、甾体类、氨基酸和微量元素等成分^[8-13], 具有“一健一润一醒”和“三防三抗四降”等作用功效^[2,5,12,14], 被誉为兼具茶、糖、药于一体的“树上虫草”^[4], 并于 2017 年 6 月被批准为新食品原料^[15]。

经研究发现, 木姜叶柯中黄酮类物质主要为二氢查耳酮, 包括根皮苷、三叶苷和根皮素等^[11,16-17]。其中根皮苷和三叶苷互为同分异构体^[2], 根皮苷是根皮素的葡萄糖苷, 为微黄色或白色针状结晶物质, 味先甜后苦^[17], 具有降血糖、抗氧化、改善记忆力和抗癌等生物活性^[18-19]; 根皮素则具有抗氧化、抗炎、免疫抑制、抗癌和抗肿瘤作用, 可清除皮肤内自由基, 抑制黑色素细胞活性, 同时可以抑制血管内皮功能失调以及肝损伤的发生^[17,20-21]; 三叶苷能够抑制炎症因子的分泌, 抗氧化能力显著, 并且对于糖尿病的防治具有潜在的应用价值^[22-24]。基于良好的开发利用前景, 目前对于木姜叶柯的资源繁育、种植、特征成分的提取制备等方面已经开展了一些研究^[25-30], 王钰等^[31]建立了同时测定木姜叶柯中根皮苷、三叶苷和根皮素等高效液相色谱方法, 可为其质量控制提供有效的检测技术。但是关于木姜叶柯不同表型叶中二氢查耳酮类物质含量的动态变化却鲜有报道。

本研究主要通过对同时检测木姜叶柯根皮苷、

三叶苷和根皮素的高效液相色谱法进行优化, 并分析木姜叶柯不同表型叶片中根皮苷、三叶苷和根皮素在不同月份的含量差异, 从而为木姜叶柯的品质评价和良种选育及采收提供有价值的科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试药

木姜叶柯样品材料采集于湖南富农甜茶有限责任公司长田溪基地, 经中国科学院昆明植物研究所杨永平研究员鉴定为木姜叶柯, 不同表型叶包括大叶型、尖叶型和紫叶型, 各样品分别于 7 月、8 月、9 月和 10 月中旬进行采摘。7 月、8 月、9 月和 10 月每月各采集 30 批次样品, 包括 10 批次大叶型、10 批次尖叶型、10 批次紫叶型, 共计 120 批次样品。经 50℃烘干, 粉碎后过 65 目标准筛, 得样品粉末, 4℃保存待用。不同品种木姜叶柯见图 1。

无水乙醇、乙腈 (色谱级, fisher chemical), 甲酸 (色谱级, 上海麦克林生化科技有限公司), 根皮苷对照品 (纯度 98%, 上海诗丹德标准技术服务有限公司), 三叶苷对照品 (纯度 98%, 上海诗丹德标准技术服务有限公司), 根皮素对照品 (纯度 98%; 上海诗丹德标准技术服务有限公司), 实验用水为超纯水, 纯度符合 GB/T 6682-2008 一级水要求。

1.2 仪器

电热鼓风干燥箱 (HK-92401X, 广州市深华生物技术有限公司); 流水式中药粉碎机 (HK-08B, 广州市旭朗机械设备有限公司); 标准筛 (65 目, 绍兴上虞圣超仪器设备有限公司); 电子分析天平 (BM-500, 日本艾安得); 超声波清洗机 (SB-5200DT, 宁波新芝生物科技股份有限公司); 实验室超纯水系统 (WP-RO10B, 四川沃特尔水处

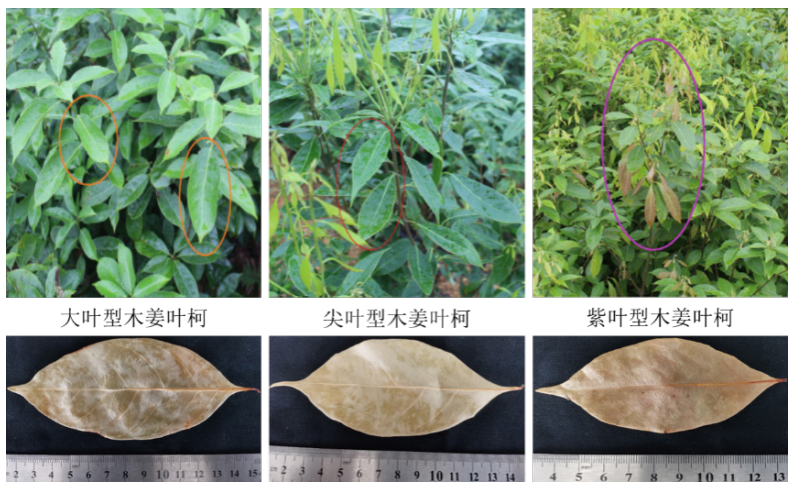


图 1 不同表型木姜叶柯
Fig. 1 Different varieties of *L. litseifolia*

理设备)；真空抽滤装置(T-50.2L型，天津市津腾实验设备)；高效液相色谱仪(LC-20A，岛津有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 色谱条件 色谱分析条件：色谱柱 InertSustain C18 (250 mm × 4.6 mm, 5 μm)；流动相：乙腈(A) -0.04% 甲酸水溶液(B) 梯度洗脱(表 1)；流速 0.8 mL · min⁻¹；柱温 40℃；进样量 5.0 μL。检测波长：根皮苷、三叶苷和根皮素均为 285 nm。

表 1 梯度洗脱条件

Table 1 Gradient elution condition

时间 /min Time	A (乙腈)	B (水 +0.04% 甲酸)
0:01	28	72
14:00	28	72
30:00	40	60
32:01	5	95
35:00	5	95

1.3.2 对照品溶液的制备 分别准确称取 5.0 mg 三叶苷、根皮苷、根皮素的标准品置于 10 mL 容量瓶，加入 70% 乙醇，待充分溶解并定容到 10 mL。

1.3.3 供试样品溶液制备与分析 精密称取木姜叶柯样品粉末 0.25 g 3 份，分别置于 3 个 25 mL 具塞锥形瓶中，各加入 10 mL 70% 乙醇，连同锥形瓶称定总质量记为 m₁，超声(功率 100 W，频率 40 kHz)提取 30 min，放置至室温后用 70% 乙醇补足质量达到 m₁，摇匀，离心，取上清液 1.0 mL 置于 10 mL 容量瓶中，用 70% 乙醇定容至刻度线，

摇匀，经 0.22 μm 微孔滤膜过滤，滤液作为木姜叶柯样品供试溶液。按照步骤 1.3.1 条件进行分析。

1.4 数据分析

利用 Excel2010 软件进行数据的整理和基础统计，运用 SPSS 23.0 软件对不同叶型木姜叶柯的三种化学成分进行方差分析、相关分析、多重比较和聚类分析^[32]。

2 结果与分析

2.1 方法学验证

2.1.1 标准曲线绘制 精密吸取标准品母液，按照 1、2.5、5、10、20、40、50 倍数进行稀释，得系列质量浓度溶液，用 0.22 μm 微孔滤膜过滤，取各个浓度的标准品溶液各 5 μL 注入高效液相色谱仪，按 1.3.1 色谱条件测定峰面积。以进样浓度 X (μg/mL) 为横坐标，峰面积值 Y 为纵坐标，绘制标准曲线，分别得各标准品回归方程及线性范围。并根据 3 倍信噪比与 10 倍信噪比法计算检出限(LOD)和定量限(LOQ)，结果如表 2 所示，标准品高效液相色谱图见图 2。

2.1.2 重复性试验 取同一木姜叶柯供试样品粉末 6 份，每份 0.25 g，根据制备方法制备木姜叶柯供试品溶液，根据色谱条件进行测定，记录测定浓度。通过对同一样品进行平行 6 次测定，计算其相对标准偏差 RSD，对方法重复性进行验证。结果显示根皮苷、三叶苷和根皮素浓度的 RSD 值分别为 0.47、0.17 和 1.35 (表 3)，表明方法重复性好。

2.1.3 精密度试验 吸取同一混合对照品溶液，按色谱条件连续测定 6 次，记录测定浓度，结果

见表 4。结果显示根皮苷、三叶苷和根皮素含量的 RSD 值分别为 0.37、0.12 和 0.83，表明仪器精密度良好。

2.1.4 日内稳定性试验 取同一供试样品溶液，根据色谱条件，分别于 0、2、4、6、8、10 和 12 h 进行测定，记录测定浓度。结果显示不同时间测定的根皮苷、三叶苷和根皮素含量的 RSD 值分别为 0.52、0.73 和 1.21（表 5），表明供试样品溶液在 12 h 内稳定。

2.1.5 加标回收率试验 取已知根皮苷、三叶苷和根皮素含量的木姜叶柯样品粉末各 9 份，每份 0.25 g，分别按照低、中和高比例添加适量根皮苷、三叶苷和根皮素的标准溶液，按照液相色谱检测方法测定含量。通过加标回收率试验，计算回收率，结果见表 6。不同二氢查耳酮的平均回收率在 80%~110% 之间，而且 RSD 均小于 2.0。

2.2 木姜叶柯二氢查耳酮类物质含量差异分析

基于采集所得的木姜叶柯样品，按照不同月

表 2 拟合方程、相关系数、线性范围、检出限、定量限

Table 2 Fitting equation, correlation coefficient, linear range, and detection limit, detection limit

序号 Number	化合物 Compound	拟合方程 Fitting equation	相关系数 r Correlation coefficient	线性范围 / (mg/L) Range of linearity	LOD/ (mg/L)	LOQ/ (mg/L)
1	根皮苷	$Y = 13.443\ 9\ X + 4.626\ 2$	0.999 9	0.30~300.00	0.30	0.85
2	三叶苷	$Y = 16.241\ 4\ X + 5.478\ 5$	0.999 9	0.30~300.00	0.30	0.80
3	根皮素	$Y = 26.502\ 9\ X + 0.015\ 1$	0.999 9	0.03~30.00	0.15	0.30

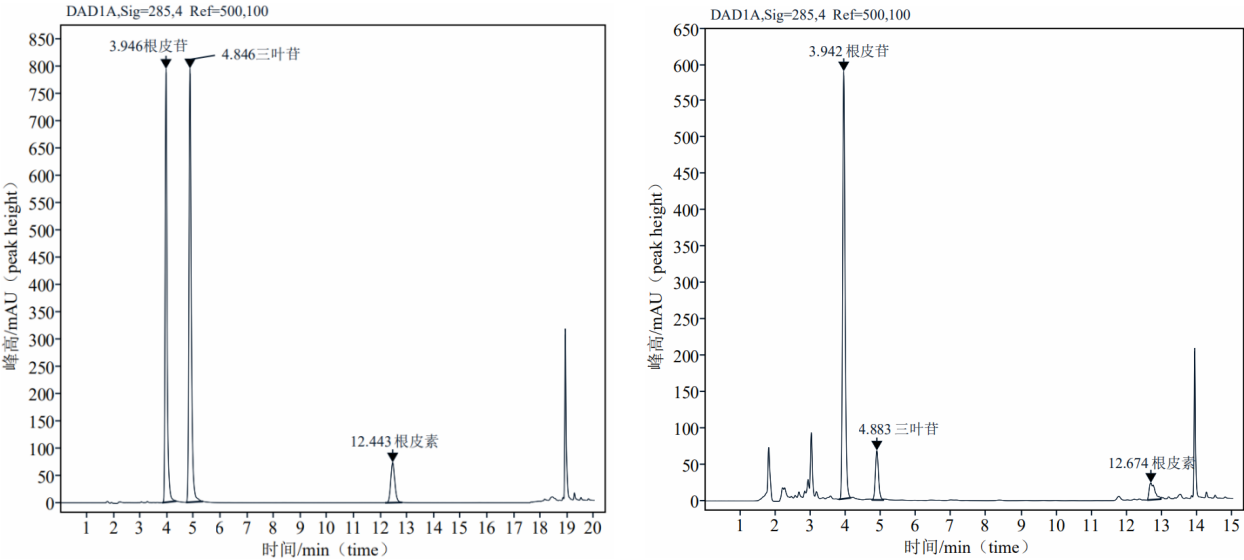


图 2 标准对照品和木姜叶柯样品的高效液相色谱图

Fig. 2 HPLC of standard reference substance and samples

表 3 重复性试验结果

Table 3 The result of repeatability

编号 Number	根皮苷 Phloridzin		三叶苷 Trilobatin		根皮素 Phloretin	
	含量 / ($\mu\text{g/mL}$) Content	RSD	含量 / ($\mu\text{g/mL}$) Content	RSD	含量 / ($\mu\text{g/mL}$) Content	RSD
R-1	119.169	0.47	66.697	0.17	1.155	1.35
R-2	119.915		66.832		1.13	
R-3	119.716		66.841		1.148	
R-4	120.737		66.812		1.151	
R-5	119.621		67.049		1.114	
R-6	120.391		66.803		1.137	

表 4 精密度试验结果
Table 4 The result of precision

编号 Number	根皮苷 Phloridzin		三叶苷 Trilobatin		根皮素 Phloretin	
	含量 / ($\mu\text{g/mL}$) Content	RSD	含量 / ($\mu\text{g/mL}$) Content	RSD	含量 / ($\mu\text{g/mL}$) Content	RSD
P-1	30.242	0.37	30.055	0.12	3.134	0.83
P-2	30.312		29.988		3.132	
P-3	30.502		30.013		3.184	
P-4	30.423		30.010		3.155	
P-5	30.321		29.945		3.127	
P-6	30.199		29.978		3.109	

表 5 日内稳定性试验结果
Table 5 The result of intraday stability

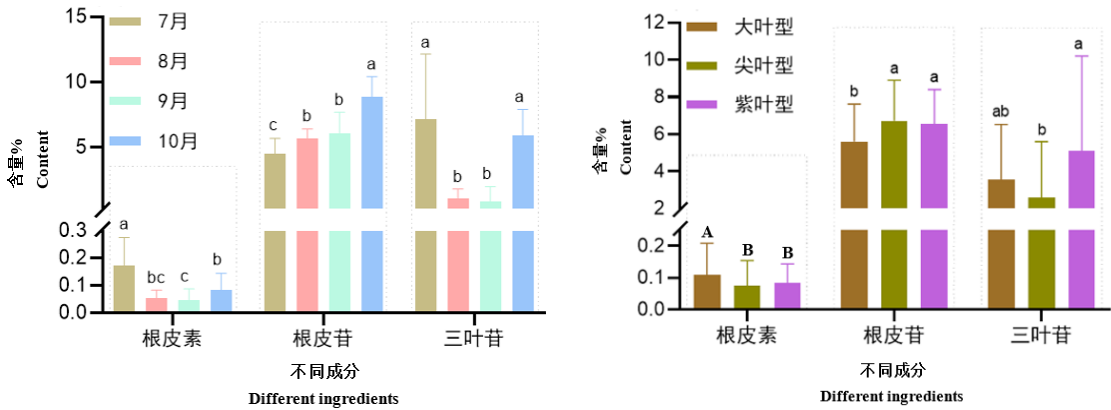
编号 Number	根皮苷 Phloridzin		三叶苷 Trilobatin		根皮素 Phloretin	
	含量 / ($\mu\text{g/mL}$) Content	RSD	含量 / ($\mu\text{g/mL}$) Content	RSD	含量 / ($\mu\text{g/mL}$) Content	RSD
I-1	120.718	0.52	66.385	0.73	1.172	1.21
I-2	119.452		66.868		1.175	
I-3	119.571		66.784		1.146	
I-4	119.334		66.649		1.179	
I-5	120.917		67.250		1.169	
I-6	119.949		67.871		1.159	
I-7	119.771		66.74		1.144	

份和不同表型叶，其特征二氢查耳酮类物质进行差异分析（图 3）。

不同月份采集的木姜叶柯叶片样品的根皮素含量、根皮苷含量、三叶苷含量均存在极显著性差异（ $P < 0.001$ ）。对于根皮苷而言，7—10 月，随着月份的增加，叶片根皮苷含量逐渐增加，10

月份木姜叶柯的根皮苷含量最高；对根皮素而言，7 月份叶片的根皮素含量最高，8 月和 9 月含量有所下降，10 月根皮素含量升高，显著低于 7 月份时根皮素含量。三叶苷在不同月份间的变化规律与根皮素基本一致。

不同叶型的木姜叶柯，叶片的根皮素含量存



注：相同字母表示组间无显著性差异，不同字母代表组间差异显著，字母 a、b、c、bc、ab 标识均表示 $P < 0.001$ ，字母 A、B 表示 $P < 0.05$ 。

Note: The same letter means that there is no significant difference between groups, different letters represent significant differences between groups, the letters a, b, c, bc, ab all indicate $P < 0.001$, and the letters A and B represent $P < 0.05$.

图 3 木姜叶柯不同采集月份和不同表型叶三种二氢查耳酮类物质的差异性分析

Fig. 3 The diversity analysis of three dihydrochalcones from *L. litseifolius* of different collection months and different phenotypes leaves

表 6 加标回收率试验结果
Table 6 The result of standard recovery rate

编号 Number	化合物 Compound	背景值 / ($\mu\text{g/mL}$) Background value	加标值 / ($\mu\text{g/mL}$) Marking value	理论值 / ($\mu\text{g/mL}$) Theoretical value	实测值 / ($\mu\text{g/mL}$) Measured value	回收率 /% Recovery rate	平均值 /% Mean value	RSD
GPG-1	根皮苷	11.705		17.557	16.574	94.39		
GPG-2		11.705	5.852	17.557	16.400	93.41	93.40	1.07
GPG-3		11.705		17.557	16.224	92.40		
GPG-4		11.705		23.410	21.777	92.99		
GPG-5		11.705	11.705	23.410	21.095	90.09	91.33	1.64
GPG-6		11.705		23.410	21.286	90.90		
GPG-7		11.705		29.265	26.213	89.58		
GPG-8		11.705	17.560	29.265	25.844	88.32	89.17	0.83
GPG-9		11.705		29.265	26.226	89.62		
SYG-1	三叶苷	5.556		8.336	7.739	92.86		
SYG-2		5.556	2.780	8.336	7.668	92.01	92.46	0.46
SYG-3		5.556		8.336	7.709	92.50		
SYG-4		5.556		11.112	10.348	93.12		
SYG-5		5.556	5.556	11.112	10.055	90.49	91.55	1.52
SYG-6		5.556		11.112	10.117	91.04		
SYG-7		5.556		13.98	12.391	89.21		
SYG-8		5.556	8.334	13.98	12.072	86.91	88.48	1.53
SYG-9		5.556		13.98	12.405	89.31		
GPS-1	根皮素	0.632		0.948	0.766	80.80		
GPS-2		0.632	0.316	0.948	0.763	80.48	80.27	0.82
GPS-3		0.632		0.948	0.754	79.53		
GPS-4		0.632		1.264	1.308	103.48		
GPS-5		0.632	0.632	1.264	1.287	101.82	102.85	0.87
GPS-6		0.632		1.264	1.305	103.24		
GPS-7		0.632		1.580	1.734	109.75		
GPS-8		0.632	0.948	1.580	1.718	108.73	109.98	1.25
GPS-9		0.632		1.580	1.761	111.45		

在显著性差异 ($P<0.05$), 根皮苷和三叶苷存在极显著性差异 ($P<0.001$)。大叶型木姜叶柯叶片的根皮素含量最高, 根皮苷含量最低; 尖叶型木姜叶柯的根皮苷含量最高, 三叶苷含量和根皮素含量最低; 紫叶型木姜叶柯的三叶苷含量最高, 根皮素和根皮苷含量居中。

月份与叶型的交互作用对木姜叶柯的根皮苷含量具有显著性影响 ($P<0.05$), 对根皮素和三叶苷含量具有极显著性影响 ($P<0.001$)。7 月份采集的大叶型木姜叶柯叶片样品的根皮素含量最高, 9 月份采集的尖叶型的根皮素含量最低; 10 月份采集的尖叶型木姜叶柯的根皮苷含量最高, 7 月份的大叶型木姜叶柯的根皮苷含量最低; 7 月份采集

的紫叶型木姜叶柯的三叶苷含量最高, 9 月份的尖叶型木姜叶柯的三叶苷含量最低。

3 结论与展望

本研究通过高效液相色谱法对木姜叶柯 3 种表型叶在 7、8、9 和 10 月二氢查耳酮类成分 (根皮素、根皮苷和三叶苷) 进行对比分析, 结果发现: 不同采收时间的大叶型、尖叶型和紫叶型木姜叶柯中根皮苷、三叶苷、根皮素等化学成分存在显著性差异, 其中采收时间和叶型均为影响有效成分含量的主效应。在不同的采集月份, 根皮素和三叶苷变化趋势相近, 均在 8 或 9 月份含量较低, 根皮苷则在 7—10 月份采收期间, 具有逐

步升高的趋势。大叶型木姜叶柯中根皮素在7月份含量最高;7月份采收时,紫叶型三叶苷含量要明显高于大叶型和尖叶型;从整体分析,根皮苷在10月份采收时,含量要高于7、8和9月份,且其在3种叶型根皮苷的含量也较为接近。

通过对不同采收时间的3种叶型木姜叶柯有效特征成分含量分析,可以为木姜叶柯的优良种选育和高值化利用提供理论依据,但由于试验条件受限,本实验中仅对7—10月份的不同样品进行采集与分析,所以对于全年以及不同生长环境的木姜叶柯特征二氢查耳酮类物质的动态累积与含量分布仍需在后续研究中不断完善。

参考文献

- [1] 中科院植物研究所.中国高等植物图鉴[M].北京:科学出版社,1972:434.
- [2] 李文娟,吴伟,万敏,等.木姜叶柯降血糖作用研究进展[J].现代食品科技,2022,38(4):1-7.
- [3] 张毅,宁正祥,董华强,等.多穗柯总黄酮的连续逆流提取研究[J].现代食品科技,2011,27(5):550-552.
- [4] 彭勇,周君,黄宇潮,等.基于文献计量的木姜叶柯国内研究现状分析[J].2020,38(4):607-610.
- [5] 杨军,杨志玲,谭梓峰,等.木姜叶柯种源内不同家系种实生物学性状变异研究[J].吉林林业科技,2021,50(5):1-6,14.
- [6] 杭州大学生物系革命委员会.浙江金华地区常用中草药单方验方选编[M].杭州:浙江人民出版社,1971.
- [7] 全国中草药汇编编写组.全国中草药汇编下册[M].北京:人民卫生出版社,1987.
- [8] 潘慧敏,何春年,姜保平,等.多穗柯乙醇提取物不同萃取部位及5个主要成分对HepG2细胞胰岛素抵抗改善作用的研究[J].中南药学,2015,13(6):570-574.
- [9] LIU H Y, LIU Y, MAI Y H, et al. Phenolic content, main flavonoids, and antioxidant capacity of instant sweet tea (*Lithocarpus litseifolius* [Hance] Chun) prepared with different raw materials and drying methods[J]. Foods, 2021, 10, 19-30.
- [10] 雷鸣,徐应淑,徐凡,等.多穗石柯化学成分及药理作用研究进展[J].中药药理与临床,2017,33(6):176-180.
- [11] SHANG A, LIU H, LUO M, et al. Sweet tea (*Lithocarpus polystachyus* Rehd.) as a new natural source of bioactive dihydrochalcones with multiple health benefits[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2020, 62(4):1-18.
- [12] WANG M K, LIU X, ZHANG Z J, et al. Phytochemicals and bioactive analysis of different sweet tea (*Lithocarpus litseifolius* [Hance] Chun) varieties[J]. Journal of Food Biochemistry, 2020, 45(3): e13183.
- [13] 吴东蓉,郝梓敏,付继珍,等.木姜叶柯研究进展[J].贵州农机化,2018(4):39-40;44.
- [14] 冯芳,饶欣雨,程建峰,等.木姜叶柯的种植现状与开发利用[J].现代农业科技,2021(19):64-71;81.
- [15] 国家卫生和计划生育委员会.解读“乳木果油等10种新食品原料的公告”[J].饮料工业,2017,20(3):4-5.
- [16] 李胜华,伍贤进,杨青丹,等.木姜叶柯化学成分研究[J].中药材,2010,33(4):549-553.
- [17] 李宏娅,杨军成,汪艳霞,等.不同加工方式对甜茶有效成分影响的研究[J].特产研究,2021,43(3):75-82;95.
- [18] 董华强,宁正祥.根皮苷与糖尿病防治[J].食品科技,2006(12):192-195.
- [19] 董华强,李梅,吴剑峰,等.多穗柯根皮苷水杨酸酯抗氧化和降血糖活性研究[J].食品科学,2009,30(19):279-282.
- [20] NIE R L, TANAKA T, ZHOU J, et al. Phlorizin and trilobatin, sweet dihydrochalcone-glucosides from leaves of *Lithocarpus litseifolius* (hance) rehd. (fagaceae)[J]. Agricultural and Biological Chemistry, 2014, 46(7):1933-1934.
- [21] 王建新,周忠,王建国.根皮素抑制酪氨酸酶活性研究[J].香料香精化妆品,2002(2):4-5.
- [22] 范小龙,董华强,张英慧,等.多穗柯三叶苷对脂多糖诱导小鼠炎症反应的保护作用[J].食品科学,2014,35(21):186-189.
- [23] 张毅,宁正祥,董华强.多穗柯三叶苷的抑制糖尿病关键酶活性和抗氧化性[J].食品科学,2011,32(5):32-35.
- [24] DONG H Q, LI M, ZHU F, et al. Inhibitory potential of trilobatin from lithocarpus polystachyus rehd against -glucosidase and -amylase linked to type 2 diabetes[J]. Food Chemistry, 2011, 130(2):261-266.
- [25] 罗颖,黄帅,杨雪彬,等.木姜叶柯老叶根皮苷的抗氧化及抑菌活性研究[J].中国食品添加剂,2021(2):51-57.
- [26] 王李婷,王向根,李星,等.正交试验优选木姜叶柯中三叶苷提取工艺[J].中国药业,2020,29(1):26-28.
- [27] LIU Y, LIU H Y, XIA Y, et al. Screening and process optimization of ultrasound-assisted extraction of main antioxidants from sweet tea (*Lithocarpus litseifolius* [Hance] Chun)[J]. Food Bioscience, 2021, 43, 101277.
- [28] 刘韞滔,黄伟民,李诚,等.木姜叶柯全发酵茶的活性成分及其降血糖活性研究[J].食品与发酵工业,2020,46(20):53-60.
- [29] 谢仁康,罗蒙裕,周福才,等.珍稀药食同源植物:木姜叶柯生物学特性及应用价值[J].特种经济动植物,2021,24(6):35-37.
- [30] 宋剑春.木姜叶柯栽培技术[J].农村百事通,2019(15):38.
- [31] 王钰,王磊,张东星,等.高效液相色谱法测定木姜叶柯中根皮苷、三叶苷和根皮素的含量[J].天津科技,2019,46(7):66-68;70.
- [32] 黄浩,连辉明,何波祥,等.龙脑型阴香叶片精油及其主要化学成分含量动态变化研究[J].林业与环境科学,2019,35(6):22-26.