

# 基于动态感官评价的奇楠沉香茶香气成分差异及风味轮构建研究

杨嘉燕, 梁凤萍, 苏小清, 覃丽霞, 周红秀, 龚受基\*

北部湾大学食品工程学院, 广西高校北部湾海产品高值化利用与预制食品重点实验室, 广西壮族自治区海洋食品营养与加工技术创新工程研究中心, 广西 钦州

收稿日期: 2025年4月16日; 录用日期: 2025年5月14日; 发布日期: 2025年5月23日

## 摘要

为了了解奇楠沉香叶制茶的潜力, 本研究以奇楠沉香嫩叶为原料, 采用不同制茶工艺(绿茶、黄茶、红茶、白茶)制备沉香茶, 通过静态与动态感官评价系统分析其香气成分差异及感官特性。静态感官评价结果表明, 绿茶综合评分最高(91.2分), 茶汤清澈、香气清新、滋味甘甜爽口; 黄茶次之(90.1分), 以醇厚口感和高爽香气为特征。动态感官评价显示, 红茶涩感显著(第一泡得分为7~8), 白茶青涩明显, 绿茶与黄茶则呈现顺滑柔和的口感。研究首次构建了沉香茶风味轮, 将感官属性分为滋味、汤色、香气等五大类共65个描述词, 实现了感官属性的标准化。结果表明, 奇楠沉香叶具备开发为高品质茶饮的潜力, 为沉香资源的综合利用及茶产品创新提供了理论依据。

## 关键词

奇楠沉香茶, 香气成分, 动态感官评价, 风味轮

# Research on the Differences in Aroma Components and the Construction of Flavor Wheel for Qinan Agarwood Tea Based on Dynamic Sensory Evaluation

Jiayan Yang, Fengping Liang, Xiaoqing Su, Lixia Qin, Hongxiu Zhou, Shouji Gong\*

Guangxi Zhuang Autonomous Region Engineering Research Center of Marine Food Nutrition and Processing Technology Innovation, Guangxi College and University Key Laboratory of High-Value Utilization of Seafood and Prepared Food in Beibu Gulf, College of Food Engineering, Beibu Gulf University, Qinzhou Guangxi

Received: Apr. 16<sup>th</sup>, 2025; accepted: May 14<sup>th</sup>, 2025; published: May 23<sup>rd</sup>, 2025

\*通讯作者。

文章引用: 杨嘉燕, 梁凤萍, 苏小清, 覃丽霞, 周红秀, 龚受基. 基于动态感官评价的奇楠沉香茶香气成分差异及风味轮构建研究[J]. 食品与营养科学, 2025, 14(3): 431-442. DOI: 10.12677/hjfn.2025.143049

## Abstract

To explore the potential of Qi-Nan agarwood leaves for tea, the tender leaves of Qi-Nan agarwood were utilized as raw material to prepare agarwood tea through various processing techniques, including green tea, yellow tea, black tea, and white tea. The differences in aroma components and sensory characteristics were analyzed using both static and dynamic sensory evaluation systems. The static sensory evaluation results indicated that green tea received the highest comprehensive score of 91.2 points, characterized by a clear tea liquor, fresh aroma, and a sweet, refreshing taste. Yellow tea closely followed with a score of 90.1 points, distinguished by its mellow taste and brisk aroma. Dynamic sensory evaluation revealed that black tea exhibited significant astringency, with an astringency score of 7~8 in the first infusion, while white tea was notably grassy and astringent. In contrast, green tea and yellow tea presented a smooth and mild taste profile. For the first time, this study constructed a flavor wheel for agarwood tea, categorizing sensory attributes into five major groups with a total of 65 descriptors, thereby standardizing the sensory attributes. The results indicate that the leaves of Qi-Nan agarwood have the potential to be developed into high-quality tea beverages, providing a theoretical basis for the comprehensive utilization of agarwood resources and the innovation of tea products.

## Keywords

Qi-Nan Agarwood Tea, Aroma Components, Dynamic Sensory Evaluation, Flavor Wheel

Copyright © 2025 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

沉香是瑞香科沉香属(*Aquilaria*), 含树脂木材, 主要生长于中国南方的云南、广西、广东和海南省。传统文献记载沉香性辛、苦、微温, 归脾、胃、肾经, 用于胸腹胀闷疼痛、胃寒呕吐呃逆、肾虚气逆喘急等症的救治[1]。因其具有特殊的令人愉悦的香气, 是传统的名贵天然香料。现代科学证明沉香能够止痛、镇静、抗炎[2][3], 而且具有抗氧化和降血脂[4]、抑制肿瘤细胞增殖[5][6]等功效。沉香品种主要有白木香(*Aquilaria sinensis*)、奇楠沉香(*Aquilaria malaccensis*)、厚叶沉香(*Aquilaria crassna*)和 *Aquilaria filaria*。

奇楠沉香中有苯乙基色酮、倍半萜、黄酮类化合物, 包括愈创木烷、eudesmane eremophilane、(1b,4ab,7b,8ab)-八氢-7-[1-(羟甲基)乙烯基]-1,8a-二甲基萜-4a(2H)-ol rel-(1aR,2R,3R,7bS)-1a,2,3,7b-四氢-2,3-二羟基-5-[2-(4-甲氧基苯基)乙基]-7 H-oxireno[f] [1]苯并吡喃-7-酮[6]、9-十六烷酸二十四烷酸、3,7-二甲基-2,6-Octadien-1-ol、3,6-十八二炔酸、3-十八炔、月桂酸、肉豆蔻十九烷酸、植醇、黑麦草内酯和角鲨烯[7]、立方烯醇、琼脂螺醇、马兜铃烯[8]等物质。奇楠沉香中苯乙基色酮、倍半萜类物质具有多种生理活性, 能够刺激嗅觉令人愉悦、抑制乙酰胆碱酯酶活性和炎症因子, 具有很好的健康功效[9]-[11]。

奇楠种植主要收益来源于沉香, 修剪的枝叶较少利用, 叶子可以制作代茶饮料[12]-[14]。本实验以奇楠沉香嫩叶为原料按茶叶生产工艺制作沉香茶, 研究沉香茶的香气差别和品质, 评价其作为茶饮的可行性。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 材料与设备

奇楠沉香一芽两叶嫩叶采摘于钦州市钦香林业有限公司钦南区基地; 电热鼓风机干燥箱, 上海 - 恒

科学仪器有限公司。

## 2.2. 实验方法

### 2.2.1. 沉香茶制作工艺

沉香茶按照不同茶类工艺制作而得。

沉香红茶：萎凋 - 揉捻 - 发酵 - 干燥；

沉香黄茶：蒸汽杀青 - 闷黄 - 干燥；

沉香白茶：萎凋 - 干燥；

沉香绿茶：萎凋 - 蒸汽杀青 - 揉捻 - 干燥。

### 2.2.2. 沉香茶叶感官评价

参考茶叶感官审评方法[15]，由经过感官评审训练的评审人员对沉香绿茶、红茶、黄茶、白茶进行感官审评。分别取各类茶样 3.0 g，茶水比(质量体积比) 1:50，置于相应的评茶杯中，注满沸水、加盖、计时 5 分钟，依次等速滤出茶汤，留叶底于杯中，按外形、汤色、香气、滋味、叶底的顺序逐项审评，并对其各项指标进行评分。评审结果采用加权评分法，外形、汤色、香气、滋味、叶底按照 25%、10%、25%、30%和 10%的评分系数进行计算，评分从 70~99 (等级分布为甲级：90~99；乙级：80~89；丙级：70~79)。

采用动态定量描述分析法(D-QDA)进行评价，参与者在每个品尝时间点(5、10、15、20 S 吞咽或吐出茶汤)，小组成员参照 QDA 表，以 1~9 分(1 弱，5 中等，9 强)对不同种类、不同泡茶次数的沉香茶嫩叶滋味感知强度进行评分，确定滋味的具体强度。所有测试均在标准感官评价室(20℃ ±1℃)独立进行，纯净水用作口腔洁净剂，两个样品间隔 2 分钟。

参照感官评价员选拔、培训与管理标准[16]建立感官评价小组，感官评价小组由 7 名成员组成(2 名男性、5 名女性，年龄在 20 岁~24 岁之间)。所有小组成员均需参加专业培训，同时在进行 D-QDA 感官评价之前，组织了针对样品风味和质地属性的小组培训课程，并验证其准确程度。经过小组讨论后，选择以下属性进行 D-QDA 评估：7 个滋味属性：浓(内含物丰富、收敛性强)、厚(内含物丰富、有黏稠感)、醇(浓淡适中、口感柔和)、甘(茶汤的甘甜味道、喝后余甘味明显)、涩(茶汤入口后有厚舌阻滞感)、爽(喝茶后感觉精神清爽、明快、无苦涩感、让人身心愉悦)、滑(茶汤入口和吞咽后顺滑、无粗糙感)。小组成员参照 QDA 表，以 1~9 分(1 弱，5 中等，9 强)对不同种类、不同泡茶次数的沉香茶嫩叶滋味感知强度评分。

分别取各类茶样 3.0 g，茶水比(质量体积比) 1:50，置于相应的评茶杯中，注入 95℃ 的热水，加盖，计时，按照表 1 所示冲泡的时间，依次等速滤过茶汤，按 50℃、45℃、35℃、25℃ 顺序进行 D-QDA 审评。

**Table 1.** Agarwood tea brewing design

**表 1.** 沉香茶泡茶设计

	红茶	黄茶	白茶	绿茶
第一泡(s)	10	15	10	10
第二泡(s)	10	18	10	20
第三泡(s)	10	21	10	30

## 3. 结果与分析

### 3.1. 静态感官审评分析

沉香茶类制作工艺不同，形成不同类型的香气、滋味，颜色由白茶、绿茶、红茶、黄茶颜色依次变

深,茶汤颜色依然由绿茶的绿黄、白茶的浅黄、红茶和黄茶的黄亮逐渐加深(图 1(A)),这与沉香叶中物质氧化程度深浅相关,氧化程度大,颜色越深。各种类茶的感官审评结果如表 2 所示。绿茶的外形嫩,以一芽二叶为主原料,造型较有特色,色泽黄绿,油润,尚匀整,净度好,清香,汤色黄绿明亮,滋味甘鲜;黄茶香气高爽,汤色嫩黄明亮,滋味尚醇厚。红茶香气高爽、纯正,有嫩茶香,汤色较明亮,滋味尚纯,稍显青草气。白茶清香和毫香,汤色深黄,滋味青涩。

Table 2. Static sensory evaluation results of agarwood tea

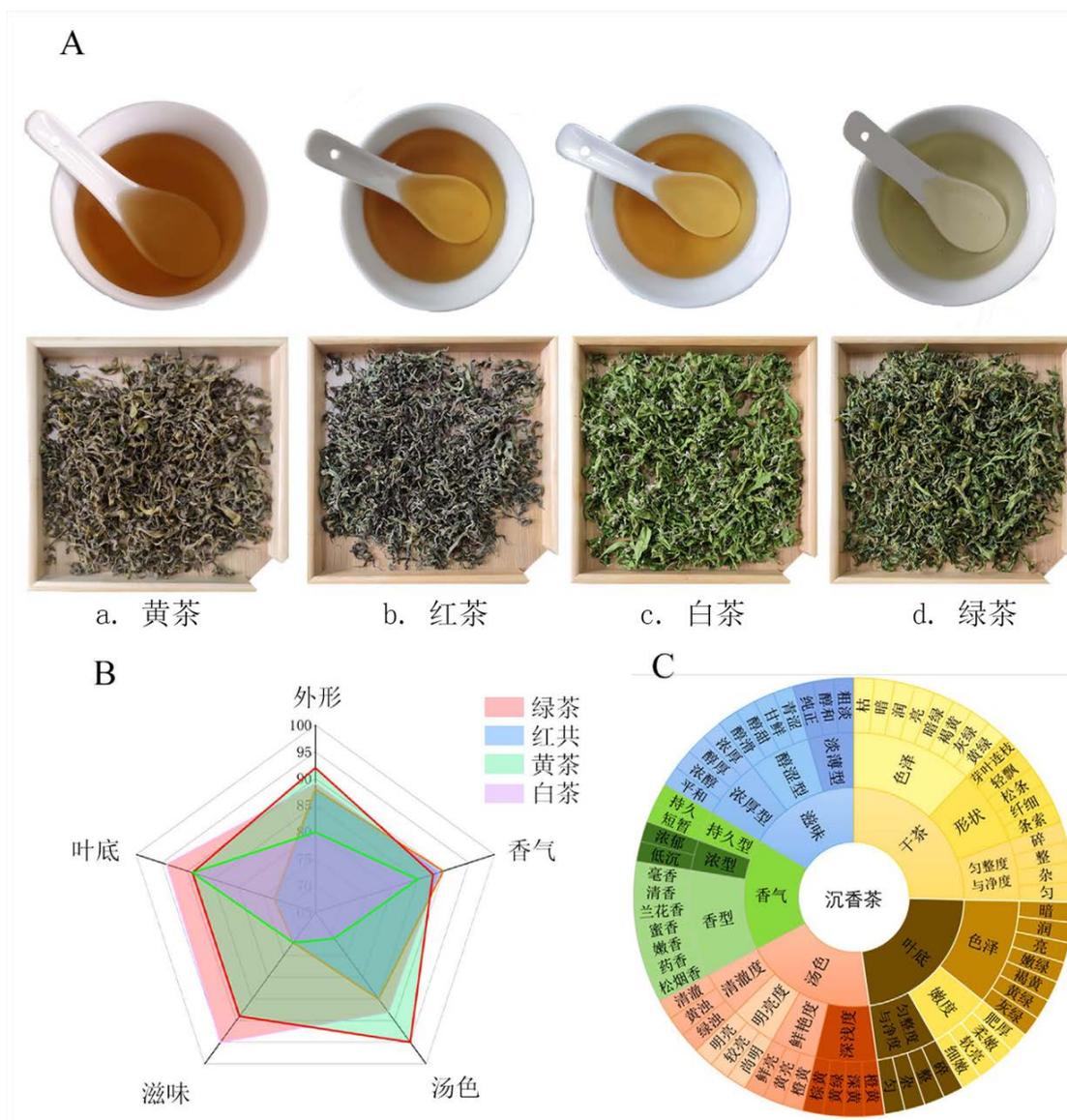
表 2. 沉香茶静态感官审评结果

茶样	外形(25%)	评分	香气(25%)	评分	汤色(10%)	评分	滋味(30%)	评分	叶底(10%)	评分	总分
绿茶	较嫩,以一芽二叶为主为原料,造型较有特色,色泽黄绿,油润,尚匀整,净度好	89	清香,尚高爽,火工香	89	黄绿明亮	88	甘鲜	95	较嫩绿明亮,匀齐	94	91.2
红茶	嫩度好,锋苗显露,颗粒尚匀整,净度好,色尚鲜活油润	88	高爽、纯正,有嫩茶香	90	较明亮	85	尚纯,青草气	72	嫩尚匀,尚明亮,尚匀齐	73	81.9
黄茶	细嫩,造型有特色,色泽褐黄,油润,匀整,净度好	92	较高爽	88	嫩黄,明亮	95	尚醇厚	89	嫩均有芽,黄尚亮,匀齐	89	90.1
白茶	以单芽到一芽二叶初展为原料,芽毫肥壮,较有特色,色泽银绿较鲜活,尚匀整,净度尚好	80	清香,尚有毫香	85	深黄	71	青涩	72	尚软嫩,软嫩灰绿明亮,匀齐	89	78.9

根据沉香茶感官评审结果绘制得分雷达图,如图 1(B)。分值表示该样品的品质程度。绿茶的外形、香气和汤色得分稍低,但其滋味和叶底相对优质,整体品质最佳,感官评分在 85 分以上;黄茶香气、滋味和叶底较好,外形和汤色较佳,具有优质黄茶应有的特征,得分排在第二位;红茶叶底较明亮匀齐,外形、香气和汤色等品质相对好,滋味尚纯,滋味与叶底评分较低;白茶香气清新、叶底较明亮,但其外形较差、汤色偏黄、口感青涩,整体感官评分低。总体上绿茶和黄茶的感官评分较高。

风味轮是将感官属性经过系统归类后,形成的具有特定结构和层次的图形化术语集合,同时风味轮技术能把所有人类感知到的属性特征完整、系统并且具象地归类,形成特定的结构和层次,呈现出一种简洁明了的图形化术语框架结构[17]。

通过在国家标准 GB/T 14487-2017《茶叶感官审评 术语》中整理提取基元语素,建立了沉香茶香气描述语库,讨论确定风味轮的层级关系,完成沉香茶风味轮的绘制[17][18]。沉香茶风味轮分为滋味、汤色、香气、叶底和干茶的外观五大类别,共三层。其中,滋味包括 3 个类型,分别是淡薄型、醇涩型、浓厚型;汤色包括 4 个类型,分别是清澈度、明亮度、鲜艳度和深浅度;香气包括 3 个类型,持久型、浓型和香型;干茶包括 3 个类型,色泽、形状和匀整度净度;叶底包括 3 个类型,色泽、匀整度净度和嫩度。最外层为内层的具体描述,其中滋味的描述词 11 个,如粗淡、醇和、纯正、青涩等;汤色的描述词 13 个,如清澈、明亮、较亮、黄绿等;香气的描述词 11 个,如持久、浓郁、豪香、清香等;干茶的描述词 17 个,如黄绿、条索、轻飘、匀等;叶底的描述词 15 个,如灰绿、亮、匀、细嫩等(图 1(C))。通过对沉香茶风味轮的构建较为直观的展现了沉香茶的风味感官特征,可以准确地描述沉香茶的风味。



**Figure 1.** Sensory evaluation results of agarwood tea  
**图 1.** 沉香茶感官结果

### 3.2. 沉香茶动态感官审评

沉香茶在不同泡间的茶汤滋味强度不相同，对不同滋味和不同时间的滋味进行了研究。感官评价分浓、厚、醇、甘、涩、爽和滑等指标进行。

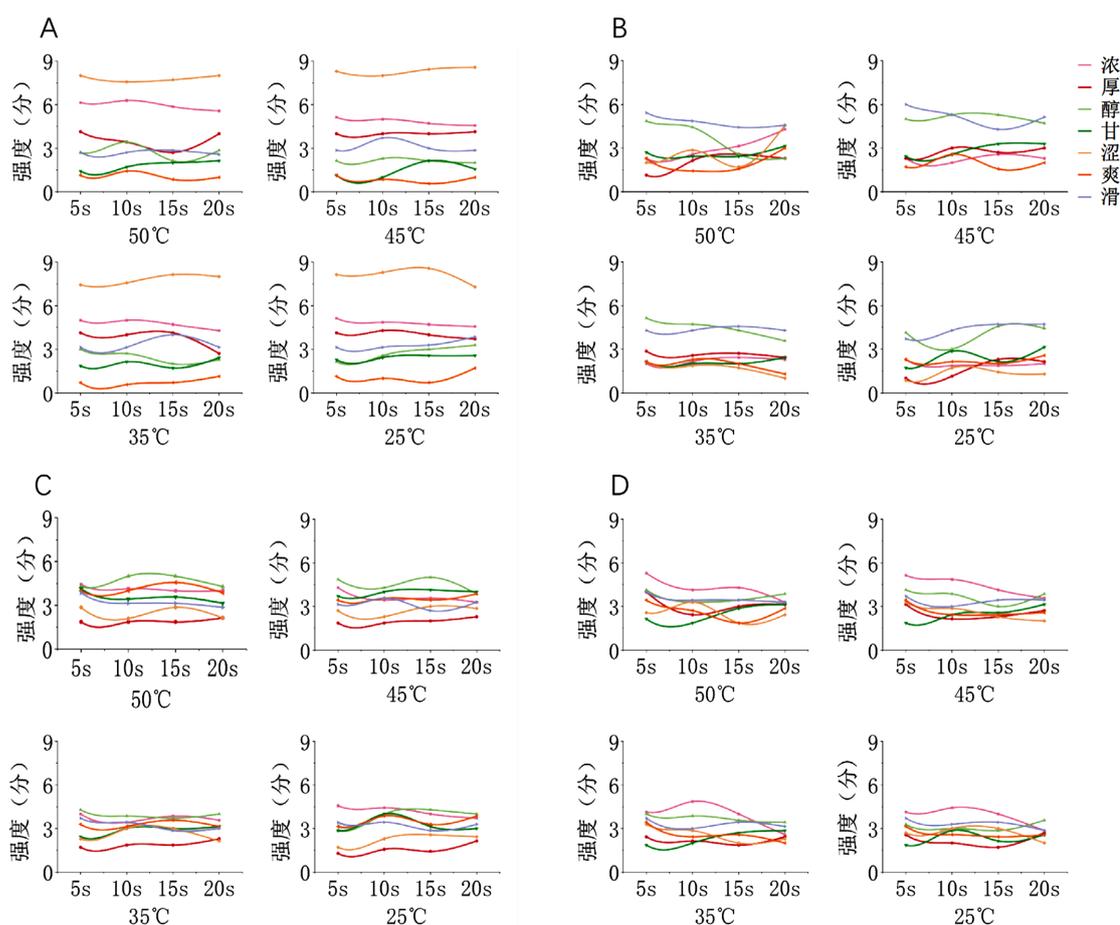
第一泡不同种类沉香茶滋味强度，可知，红茶感官指标中浓和涩较明显，浓得分在 4~6 之间变化，涩在 7~8 之间变化。同时，涩味在 25℃、35℃和 50℃时都比较明显，而且爽的感觉都较低，但在 45℃时相对较轻，意味着在茶汤为 45℃品饮可能降低对涩味的感觉，提高爽、甘感受，提高品饮质量(图 2(A))。

黄茶感官指标中醇和滑感官得分较高，醇在嘴巴的感官得分为 2~5，滑在嘴巴的感官得分为 2~6，说明黄茶口感比较丝滑，带有甜感，同时浓淡适中，口感柔和。另外感官指标涩的感官得分相差较大，在嘴巴的感官得分在 0~4 之间，说明不同温度、不同时间内，黄茶中的涩味差别较大(图 2(B))。

白茶各感官指标得分相差不大，线条较平缓，其中较明显的感官指标是浓、醇和爽，它们的感官得分较突出，说明白茶比较突出的特点是内容物丰富，收敛性强，浓淡适中，口感柔和，比较爽口(图 2(C))。

绿茶感官指标中浓、醇和滑的感官得分较高，浓的感官得分在 2~5 之间变化，醇的感官得分在 2~4 之间变化，滑的感官得分在 2~4 之间变化，说明绿茶的口感内容丰富，收敛性强，浓淡适中，口感柔和，茶汤入口和吞咽后顺滑，无粗糙感(图 2(D))。

沉香茶第一泡中红茶在同一温度下，不同品尝时间的感官属性的强度感知有所不同，而不同温度下的感官属性的强度会随温度的降低而有所减弱。其中，红茶中的涩味强度在这四种茶中最强，即最苦。但在 45℃ 时，红茶中的涩味会有所好转。黄茶醇和滑的强度高于其他滋味属性，50℃ 时，黄茶的曲线比其他三个温度的曲线杂乱，说明各滋味属性强度相差较大。红茶的感官指标涩比较明显，其次是浓，黄茶、白茶和绿茶中比较突出的是感官指标醇。由此可知，第一泡红茶的口感内容丰富，收敛性强；黄茶、白茶和绿茶的口感浓淡适中，口感柔和。



A 红茶, B 黄茶, C 白茶, D 绿茶。

**Figure 2.** Dynamic sensory evaluation analysis of the first infusion of agarwood tea  
**图 2.** 第一泡沉香茶动态感官评审分析

第二泡则有不同种类沉香茶滋味强度，红茶的感官指标浓、涩和滑的感官得分较高，其中感官指标浓的感官得分在 3~5 之间变化，涩的感官得分在 5~7 之间变化，滑的感官得分在 3~5 之间变化。说明红茶第二泡仍比较苦涩，但是茶汤入口和吞咽变得顺滑，无粗糙感；甘的感官得分有所下降，厚和醇的感

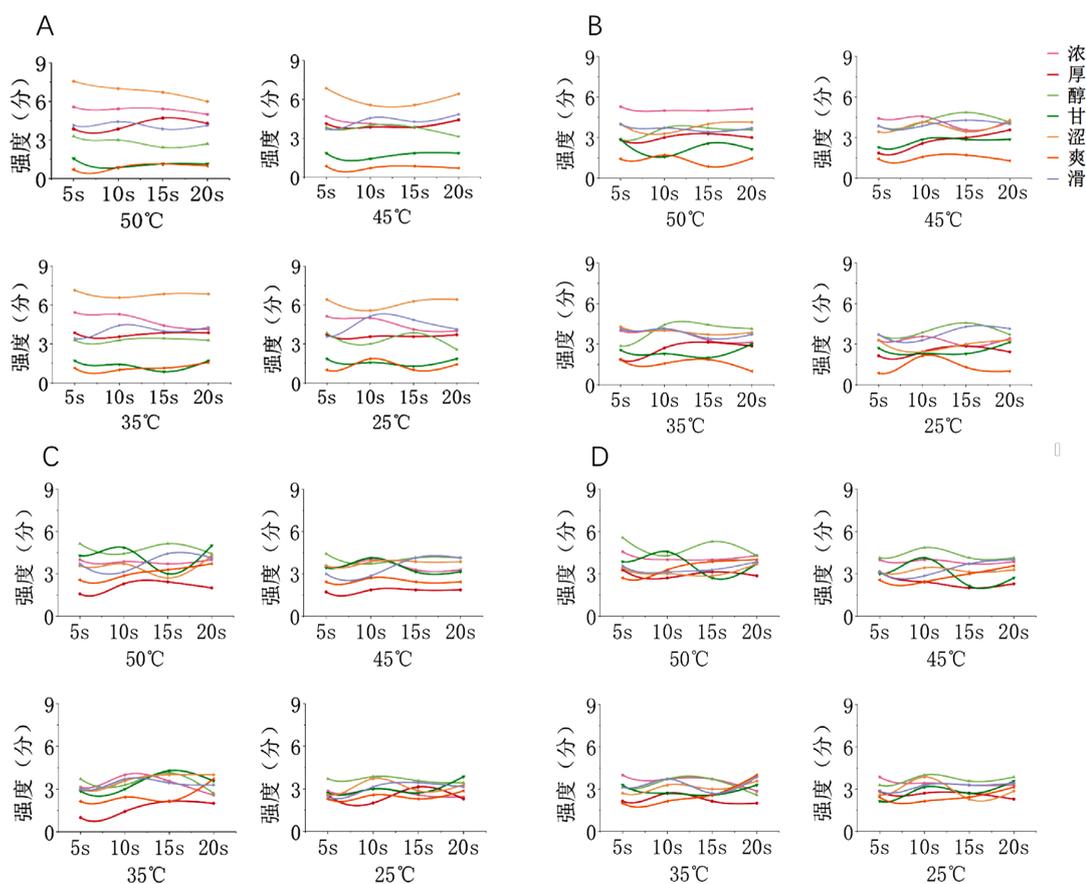
官得分则上升，而爽保持不变(图 3(A))。

黄茶中感官指标浓、醇、涩和滑感官得分比较突出，感官指标浓的感官得分为 2~5，醇和涩的感官得分都为 2~4，但是滑相较于第一泡有所下降并且变化较明显，第二泡中感官指标滑的感官得分在 3~4 之间。厚和甘无明显变化，说明第一泡和第二泡中感官指标厚和甘感官属性比较稳定(图 3(B))。

白茶的感官指标之间相差不大，线条和第一泡类似，但第二泡白茶的感官指标中醇和甘的感官得分较高，醇的感官得分为 3~5，甘的感官得分为 2~5，另外，厚和、涩和滑的感官的感官得分比第一泡有所上升(图 3(C))。

绿茶的感官指标在第二泡中相差也不大，感官得分在 2~4 之间变化，说明第二泡的绿茶口感较丰富，滋味较足。在第二泡绿茶中，比较突出的感官指标是醇，感官得分在 2~5 之间变化(图 3(D))。另外，感官指标厚的感官得分相较于第一泡有所下降，但下降的幅度不大，说明绿茶随着泡茶次数的增加，口感逐渐变淡，不再那么醇厚。

根据上述可知，第二泡的茶，随着泡茶次数的增加，感官较突出的指标可能会有所变化，红茶感官指标较突出的是涩，黄茶的是感官指标浓，白茶和绿茶的是感官指标醇。



A 红茶, B 黄茶, C 白茶, D 绿茶。

**Figure 3.** Dynamic sensory evaluation analysis of the second infusion of agarwood tea

**图 3.** 第二泡沉香茶动态感官评审分析

第三泡不同种类沉香茶滋味强度，由此知，红茶的感官指标中浓、厚、涩和滑感官得分较高，红茶的感官指标浓和涩的感官得分在 3~5 之间变化，厚的感官得分在 2~5 之间变化，滑的感官得分在 3~5 之

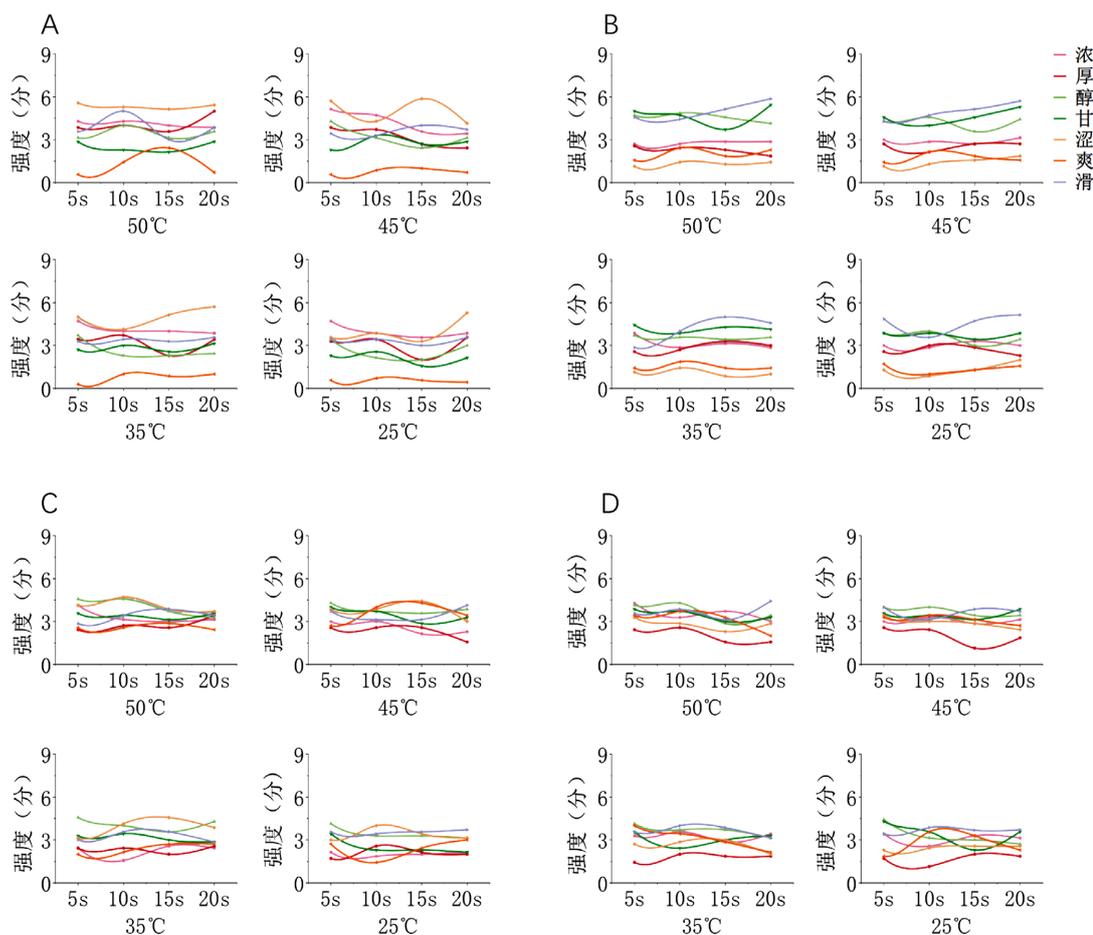
间变化(图 4(A))。其中涩较第一泡有明显下降,厚则有所上升,说明红茶随着泡茶次数的增加,茶叶中的有效成分已经大部分释放,茶的味道开始变得淡薄,但口感变得更加醇厚。

黄茶的感官指标中甘和滑的感官属性较明显,甘感官得分为 3~5,滑的感官得分为 2~5。另外,涩的感官得分比第一泡有明显的变化,涩的感官得分为 0~1,涩的强度有所减弱(图 4(B))。说明黄茶随着泡发次数的增加,茶汤的口感会逐渐减弱,涩味的感觉较明显。

白茶中感官指标醇、甘、涩和爽感官得分较高,感官指标醇和涩的感官得分在 3~4 之间变化,甘和爽的感官得分在 2~4 之间变化,浓的感官得分虽然也高,浓的感官得分在 1~4 之间变化(图 4(C)),但白茶在第三泡中不同温度、不同品尝时间的差别较大,说明白茶受温度影响较大,温度不同会影响茶释放风味,而白茶的口感随着在嘴里时间的增加,口感逐渐醇厚,但到了一定限度后,口感有开始变淡。

绿茶中感官指标浓、醇、甘和滑较突出,感官指标浓、醇和甘的感官得分在 2~4 之间变化,滑的感官得分在 3~4 之间变化。另外,厚的感官得分比第一泡有明显下降,厚的感官得分在 1~2 之间变化,其余的感官指标与第一泡相差不大(图 4(D))。

由此可知,随着泡茶次数的增加,茶叶中的味道会逐渐减弱,口感可能会变差。其中,第三泡中红茶会变得更醇厚,黄茶涩味会比较明显,白茶滋味减弱,绿茶的口感和之前相差不大。



A 红茶, B 黄茶, C 白茶, D 绿茶。

Figure 4. Dynamic sensory evaluation analysis of the third infusion of agarwood tea

图 4. 第三泡沉香茶动态感官评审分析

### 3.3. 沉香茶香气物质分析

对四种不同种类的沉香茶嫩叶进行 GC-MS 技术分析, 不同其他类香气成分差异较大, 呈现不同香味特征(表 3)。

**Table 3.** Analysis of aromatic compounds in tender leaves of different types of agarwood tea  
**表 3.** 不同种类沉香茶嫩叶香气物质分析

序号	化合物	分子式	挥发性化合物百分比含量				香气特征
			白茶	红茶	黄茶	绿茶	
烷烃							
1	6-isopropylidene-1-methyl-bicyclo[3.1.0]hexane	C <sub>11</sub> H <sub>19</sub>	0.071	0.140	0	0.221	甜香、木香
2	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	0.133	0.064	0.360	0.380	芝兰香
3	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	0.445	0	1.148	0.928	芝兰香
4	Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	0	0.074	0.262	0	芝兰香
5	2,6,10,14-tetramethyl-hexadecane	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	1.155	0.156	2.130	1.589	芝兰香、 玉兰香
6	2-methyl-decane	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	0	0	0.719	0.741	嫩香、栗香
7	Cyclotetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	0.095	0	0.222	0.317	-
8	Cyclopentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	0.238	0	0	0.336	具有特殊的 气味
9	2,6,10,14-tetramethyl-pentadecane	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	0.300	0	0.674	0.54	芝兰香、 玉兰香
10	Octadecane	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	0.047	0	0.105	0.070	脂肪味
11	3-methyl-tridecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	0.2075	0	0.588	0	-
12	8-hexyl-pentadecane	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	0.3041	0	0.506	0	栗香
醛类							
13	Hexanal	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	0	10.178	0	0.231	青香、木香
14	(E)-2-hexenal	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	33.453	5.414	0	0	青香
15	Benzaldehyde	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O	0.051	0	0	0.032	苦杏仁、坚果 香气
16	Benzeneacetaldehyde	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	0.332	2.055	0.723	0.740	果香、甜香
17	Nonanal	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	6.455	2.447	0	4.593	柑橘香、花 香、焦糖香
18	2,6,6-trimethyl-1,3-cyclohexadiene-1-carboxaldehyde	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	1.768	1.418	3.693	5.527	藏红花香
19	Decanal	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	0.529	0.432	0	0.435	花果香
20	2,6,6-trimethyl-1-cyclohexene-1-carboxaldehyde	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	0.880	2.343	2.065	2.033	木香、青香
21	2,6,6-trimethyl-1-cyclohexene-1-acetaldehyde	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0	0.866	0	0.395	果香

续表

芳香烃							
22	Butylated Hydroxytoluene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	1.021	0.342	1.567	1.012	花香、 青草气味
23	2,2',5,5'-tetramethyl-1,1'- biphenyl	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub>	0	0.107	0.638	0.620	淡脂肪味
24	2-butenyl-benzene	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub>	0.112	0	0	0.268	花香、甜香
25	1,2,4,5-tetramethyl-benzene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	0.267	0	0.640	0.917	独特芳香
26	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	0.042	0	1.008	0	果香
27	(E)-1,2,3-trimethyl-4- propenyl-naphthalene	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub>	0.361	0	0.763	0	淡淡的气味
烯烃							
28	1-tetradecene	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	0.132	0	0.256	0.258	轻微碳氢化合 物气味
29	Longifolene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0	0	0.198	0.193	木香
30	[3R(3alpha,3abeta,7beta,8a.a lpha)]-2,3,4,7,8,8a- hexahydro-3,6,8,8- tetramethyl-1H-3a,7- Methanoazulene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0	0	0.270	0.226	柏木、檀香香 气
31	alpha-Farnesene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0	0.124	0	0.297	青草香、 柑橘香
酯类							
32	2,2,4-trimethyl-1,3- pentanediol diisobutyrate	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>4</sub>	0	0.105	1.590	1.548	-
33	Phthalic acid, isobutyl octyl ester	C <sub>24</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	1.912	0.419	0	0.154	淡芳香味
34	Decanoic acid, ethyl ester	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	0.145	0	0	0.188	甜香、糖果香
35	Phthalic acid, 7-bromoheptyl isobutyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>27</sub> BrO <sub>4</sub>	0	0	2.973	1.609	-
36	Dibutyl phthalate	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	0.136	0	0.315	0	淡芳香味
酮类							
37	alpha-ionone	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	1.535	1.387	3.089	3.710	花香、 紫罗兰香
38	4-(2,6,6-trimethyl-1- cyclohexen-1-yl)-2-butanone	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> O	0	0.117	0.148	0.190	木香、桂花香
39	(E)-6,10-dimethyl-5,9- undecadien-2-one	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> O	1.271	0.302	1.570	3.613	花香、青草味
40	5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a- trimethyl-2(4H)- benzofuranone	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub> O	2.186	0.218	2.506	0	木香、甜桃香
41	4-(2,6,6- Trimethylcyclohexa-1,3- dienyl)but-3-en-2-one	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	0.386	0	0.409	0.470	柠檬状气味

续表

42	trans-beta-Ionone	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	4.227	0	7.161	7.910	紫罗兰香、木香
43	2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0.366	0	0	0.739	青香、果香、木香
醇类							
44	2-ethyl-1-hexanol	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O	1.615	2.872	0	4.072	甜味、淡花香
45	3,7,11-trimethyl-1,6,10-dodecatrien-3-ol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	0	0	0.964	1.414	花果香、甜香
46	Cedrol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	1.054	0	1.832	1.058	木香、膏香

香气是构成沉香茶品质的核心因子之一，也是衡量沉香茶品质的一种主要感官品质特征。从四类沉香茶中鉴定出 46 种挥发性物质，包括烷烃 12 种、醛类 9 种、芳香烃 6 种、烯烃 4 种、酯类 5 种、酮类 7 种、醇类 3 种，各类物质呈现不同的香味特征，见表 3。

烷烃种类最多，但对香气影响相对较少。醛类化合物种类约占比 19.6%，是沉香茶香气的贡献者 [19]。醛类化合物主要是由茶叶中氨基酸的氧化降解而产生的，具有青草属性的 Hexanal、(E)-2-hexenal 是含量最高的醛类化合物，其次是具有花香的 Nonanal、2,6,6-trimethyl-1,3-cyclohexadiene-1-carboxaldehyde 是含量较高醛类化合物，同样也检测出具有坚果香的 Benzaldehyde、具有甜香气味的 Benzeneacetaldehyde、具有果香的 2,6,6-trimethyl-1-cyclohexene-1-carboxaldehyde 等，但含量均不高。

酮类化合物约占挥发性化合物的总量 15.2%。沉香茶样品中主要酮类化合物包括 alpha-ionone、(E)-6,10-dimethyl-5,9-undecadien-2-one 占比例含量比较高。4-(2,6,6-Trimethylcyclohexa-1,3-dienyl)but-3-en-2-one 具有柠檬香味，而另外几种化合物是茶叶木质香气味最主要贡献者 [19]。

烷烃类化合物数量较多，含量约占 26.1%。在四种沉香茶中，绿茶的烷烃类化合物含量最多，红茶的含量最少。醇类化合物中含量较高的是 Cedrol、2-ethyl-1-hexanol，其中 Cedrol 化合物，具有木香和辛香的香气属性，是茶叶木香香型的重要“呈香”物质之一 [20]。I3,7,11-trimethyl-1,6,10-dodecatrien-3-ol 有助于形成茶叶香气特征，这些化合物具有薄荷味香气、果香、甜香和花香的香气。酯类化合物中含量较高的主要包括 2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate、Phthalic acid、isobutyl octyl ester 以及 7-bromoheptyl isobutyl ester。

沉香茶中鉴定出的香气成分呈现不同香型特征，香气类型以花香、甜香、木香、青草香为主，呈现复合香气特征。不同种类的沉香茶香气成分存在差异。

#### 4. 结论

本研究在传统茶的基础上，引入对沉香茶的研究。对沉香红茶而言，在这三泡中较突出的是感官指标浓和涩，在第一泡中尤为明显，并且涩在整个感官评价的所有茶中最明显，说明红茶茶汤入口后，有厚舌阻滞的感觉。黄茶感官指标中较突出的是滑，说明黄茶茶汤入口和吞咽后顺滑，无粗糙感，另外黄茶中的感官指标厚在三次泡茶过程中保持一致，说明黄茶内容物丰富，有粘稠感，同时可以保持较长的时间。白茶比较突出的是感官指标醇，在第二泡时浓淡适中，口感柔和。绿茶的感官指标浓、醇和滑的感官属性较明显，厚的感官得分随泡茶次数的增加而降低，说明绿茶口感内容丰富，收敛性强，浓淡适中，口感柔和，茶汤入口和吞咽后顺滑，无粗糙感。利用奇楠沉香嫩叶制备的茶叶香气物质含量丰富，不同工艺形成的特征香气区别明显，具备制备茶叶的物质基础，能够用来制备茶叶，实现奇楠沉香的综

合利用, 也为后续沉香茶的研究提供参考依据。

## 基金项目

钦州市本级技术与开发项目(20233204); 大创项目: S202311607203。

## 参考文献

- [1] 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: 185-186.
- [2] Hu, B., Ling, S., Liu, X., Huang, J., Cui, H. and Zhao, Z. (2024) Two New 2-(2-Phenylethyl)chromone Derivatives and Two Sesquiterpenes from Agarwood of *Aquilaria sinensis* with Anti-Inflammatory Activity. *Fitoterapia*, **173**, Article ID: 105824. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2024.105824>
- [3] Wang, S., Wang, C., Yu, Z., Wu, C., Peng, D., Liu, X., et al. (2018) Agarwood Essential Oil Ameliorates Restrain Stress-Induced Anxiety and Depression by Inhibiting HPA Axis Hyperactivity. *International Journal of Molecular Sciences*, **19**, Article No. 3468. <https://doi.org/10.3390/ijms19113468>
- [4] 陈地灵, 吴祎, 林励, 等. 沉香茶提取物的体外抗氧化和体内降血脂作用评价[J]. 现代食品科技, 2013, 29(6): 1198-1201.
- [5] Zhang, Y., Wu, S., Zhang, B., et al. (2024) Determination of Antitumor Active Ingredients in Agarwood Essential Oil by Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) and Grey Relational Analysis. *Analytical Letters*, **58**, 341-363.
- [6] Ma, C., Wu, B., Kwon, S. and Park, J. (2016) Chemical Constituents of Agarwood from *Aquilaria malaccensis*. *Planta Medica*, **81**, S1-S381. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1597079>
- [7] Millaty, I.N.K., Wijayanti, N., Hidayati, L. and Nuringtyas, T.R. (2020) Identification of Anticancer Compounds in Leaves Extracts of Agarwood (*Aquilaria malaccensis* (Lamk.)). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **457**, Article ID: 012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/457/1/012036>
- [8] Gogoi, R., Sarma, N., Begum, T., Chanda, S.K., Lakhak, H., Sastry, G.N., et al. (2023) Agarwood (*Aquilaria malaccensis* L.) a Quality Fragrant and Medicinally Significant Plant Based Essential Oil with Pharmacological Potentials and Genotoxicity. *Industrial Crops and Products*, **197**, Article ID: 116535. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116535>
- [9] 杨德兰. 绿奇楠致香成分研究和沉香品质价[D]: [博士学位论文]. 海口: 海南大学, 2014.
- [10] Sanjaya, W.S.M., Roziqin, A., Taqwim, A., et al. (2023) Electronic Nose for Tea Identification Detection Based on Machine Learning K-Nearest Neighbors Method and Raspberry Pi 4. *2023 2nd International Conference on Computer System, Information Technology, and Electrical Engineering (COSITE)*, Banda Aceh, 2-3 August 2023, 55-60.
- [11] Huang, X., Yan, Y., Wang, D. and Cheng, Y. (2022) Spiroaquilarenes A-E: Unprecedented Anti-Inflammatory Sesquiterpene Polymers from Agarwood of *Aquilaria sinensis*. *Organic Chemistry Frontiers*, **9**, 2070-2078. <https://doi.org/10.1039/d2qo00066k>
- [12] 段宙位, 谢辉, 王世萍, 等. 一种用于润肠通便的复合型沉香叶浓缩粉及其制备方法[P]. 中国, CN202010893046.6. 2022-11-22.
- [13] 王曦, 刘斌, 应剑, 等. 沉香复配茶及其制备方法[P]. 中国, CN202011487231.1. 2022-05-24.
- [14] 孙智林. 一种沉香茶粉及制备方法[P]. 中国, CN202010732407.9. 2023-01-17.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 茶叶感官审评方法: GB/T 23776-2018 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [16] 感官分析. 选拔、培训与管理评价员一般导则. 第1部分: 优选评价员[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [17] 张颖彬, 刘翔, 鲁成银. 中国茶叶感官审评术语基元语素研究与风味轮构建[J]. 茶叶科学, 2019, 39(4): 474-483.
- [18] Wang, Z., Liang, Y., Gao, C., Wu, W., Kong, J., Zhou, Z., et al. (2024) The Flavor Characteristics and Antioxidant Capability of Aged Jinhua White Tea and the Mechanisms of Its Dynamic Evolution during Long-Term Aging. *Food Chemistry*, **436**, Article ID: 137705. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137705>
- [19] 王丽霞, 邓仕彬, 傅丽君, 等. 沉香叶红茶加工工艺及香气成分分析[J]. 井冈山大学学报(自然科学版), 2025, 46(1): 71-81.
- [20] 周有良. 萎凋、造型工艺对白茶化学成分含量及品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福建农林大学, 2010.