六堡茶与附属品六堡虫茶的相关品质组分比较

石金娥[1, 2]，张洪禹[3]，李晓玲[1, 2]，黄少锋[4]，邓丽娟[1]，王鑫莉[1]，
陶柯仁[5]，奚广生[1, 2, *]

（1. 梧州学院食品与制药工程学院，梧州　543002；2. 梧州学院六堡茶现代产业学院，梧州　543002；
3. 梧州学院体育健康学院，梧州　543002；4. 广西大学轻工与食品工程学院，南宁　530004；
5. 金秀瑶族自治县绿遥农林发展投资有限责任公司，金秀瑶族自治县　545700）

摘要：本研究以六堡茶（毛茶和老茶婆）及其生物转化的六堡虫茶为研究对象，通过分光光度法和高效液相色谱法检测茶多酚、游离氨基酸、咖啡碱等 11 种关键品质指标。探讨六堡茶与六堡虫茶之间的差异，识别不同原料对六堡虫茶品质的影响。结果发现，六堡虫茶具有显著的高游离氨基酸和低咖啡碱特征，适合老人和小孩饮用；以毛茶为原料的六堡虫茶的品质指标普遍优于以老茶婆为原料的六堡虫茶。实验还发现，非六堡虫茶的 2 号样品表现出低游离氨基酸、可可碱、表没食子酸儿茶素及高表儿茶素的特点，与六堡虫茶相悖。因此，本研究对六堡虫茶的生产、消费和市场监管具有一定指导意义。

关键词：六堡虫茶；六堡茶；毛茶；老茶婆；生物转化；品质评价
中图分类号：TS202.1/TS272.5　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1006−2513（2025）11−0069−0009
doi：10.19804/j.issn1006−2513.2025.11.009

Comparative analysis of quality components in Liubao tea and its derivative Liubao insect tea

**SHI Jin'e[1, 2]，ZHANG Hongyu[3]，LI Xiaoling[1, 2]，HUANG Shaofeng[4]，DENG Lijuan[1]，
WANG Xinli[1]，TAO Keren[5]，XI Guangsheng[1, 2, *]**

（1.School of Food and Pharmaceutical Engineering，Wuzhou College，Wuzhou　543002；2. Liubao Tea Modern Industry College，Wuzhou College，Wuzhou　543002；3. School of Physical Education and Health，Wuzhou College，Wuzhou　543002；4. College of Light Industry and Food Engineering，Guangxi University，Nanning　530004；5. Jinxiu Yao Autonomous County Green Remote Agricultural and Forestry Development Investment Co. Ltd.，Jinxiu Yao Autonomous　545700）

Abstract：This study investigated the chemical components of Liubao tea（using both crude tea and Laochapo Tea as raw materials）and its derivative，Liubao insect tea. Eleven key quality indicators，such as tea polyphenols，free amino acids，and caffeine，were measured by spectrophotometry and high−performance liquid chromatography（HPLC）. The differences between Liubao tea and Liubao insect tea were investigated and the impact of different raw materials on the quality of Liubao insect tea was identified. The results showed that insect tea was characterized by significantly higher levels of free amino acids and lower levels of caffeine. This composition made it potentially

收稿日期：2025−04−05
基金项目：广西六堡茶茶园绿色生态智慧管控关键技术研究与示范（广西科技重大专项）（桂科 AA22068085）
作者简介：石金娥（1980−），女，博士，正高级工程师，研究方向：品质评价及标准化。E−mail：370137461@qq.com
＊通信作者：奚广生（1967−），男，博士，教授，研究方向：种质资源创新利用。E−mail：1790341091@qq.com

suitable for consumption by elderly and children. Furthermore，the Liubao insect tea made from crude tea had better overall quality indicators than that made from Laochapo Tea. Sample No. 2 from non−Liubao insect tea exhibited characteristics of low free amino acids，theobromine，epigallocatechin gallate and high epicatechin，which contrasted with typical Liubao insect tea features. This study provides valuable guidance for the production，consumption，and market supervision of Liubao insect tea.

Keywords：Liupao insect tea；Liupao tea；crude tea；Laochapo tea；biotransformation；quality evaluation

六堡茶，原产于中国广西壮族自治区梧州市，以苍梧县群体种或广西大中叶种及其分离、选育的品种、品系茶树的鲜叶制成[1]，为梧州市特产，也是广西名茶和中国传统名茶。因主产地在梧州市六堡镇，故被命名为六堡茶[2]。六堡茶茶性温和，具有消暑祛湿、明目清心、帮助消化等功效[3]。

近年来，“非茶之茶”的虫茶因独特的品质特征和药用保健功能而引起社会广泛关注。是一种集保健、营养、食疗、药用于一体，开发潜力巨大的保健食品资源[4]。虫茶含有人体必需的氨基酸、脂肪酸、蛋白质、多酚等多种活性成分[5]，具有清凉祛暑[6]、抗氧化[7]、抗衰老[8−9]、抑菌[10]、护肝[11]、健脾胃[12−13]、降血糖[14]、降血压[15]、降血脂[16]、抗肿瘤等[17−18]功效。虫茶因其独特的品质特征和药用保健功效而逐渐引起人们的关注，早在明代李时珍《本草纲目》与清代《城步县乡土志》中就有饮用虫茶的记载[19]。虫茶是由特有昆虫食用特定植物（桑、酸枣叶、茶叶、润楠[20]、钩藤、鱼腥草、化香树叶等[21]）后，经过胃肠道消化酶和微生物发酵，再通过筛分、灭菌、干燥等工艺制成[22]。

六堡虫茶即人们将六堡老茶婆或六堡毛茶等置于裸露的竹篮，以吸引鳞翅目产茶昆虫如粉斑螟、米织蛾等[23]织网产卵，成蛆后幼虫咀咬茶叶后排出的一粒粒细小的黑色粪粒，经清理、筛分、晾晒就成了六堡虫茶，类似猫屎咖啡一样。研究发现，六堡虫茶中含有多种矿物质元素、氨基酸，具有清热解毒、祛湿健胃等[24−25]功效，在医疗和保健方面极具研究及推广价值[26−27]。

尽管国内外对虫茶的保健及医疗作用已有研究，但对于六堡虫茶研究甚少，更无生物体转化前后六堡茶与六堡虫茶的对比研究。因此，本研究旨在深入剖析六堡茶（毛茶和老茶婆）及其附属品六堡虫茶在品质上的差异，并探究不同原料对六堡虫茶品质的影响。通过对比分析六堡虫茶与六堡茶在茶多酚、游离氨基酸、总黄酮、咖啡碱、可可碱及儿茶素等主要品质指标上的异同，识别六堡虫茶特有的品质特征，一方面指导消费者正确消费的同时利于市场监管，另一方面指导生产的同时也为未来深入探索生物转化对六堡虫茶品质的影响奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

试验材料均来自广西梧州，皆为线下采购。六堡茶原料包括毛茶 4 种、老茶婆 5 种，以及各自对应的虫食产物六堡虫茶 1 ～ 9 号，其中 2 号虫茶为阴性对照样品（见表 1）并随机排序。对上述样品进行筛分、除杂，得到待测物，见图 1。编号：毛茶 1 ～ 4 号；老茶婆 5 ～ 9 号；虫茶 1 ～ 9 号（2 号为阴性对照样品）。样品经粉碎后保存、备用，其干物质含量按照国家标准 GB 5009.3−2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》[28] 中 101～105 ℃下的直接干燥法进行测定。

表 1 试验材料

Table 1 Test materials

序号	原料	虫食产物
1	毛茶 1	六堡虫茶 1
2	毛茶 2	非六堡虫茶 2（阴性对照品）
3	毛茶 3	六堡虫茶 3
4	毛茶 4	六堡虫茶 4
5	老茶婆 5	六堡虫茶 5
6	老茶婆 6	六堡虫茶 6
7	老茶婆 7	六堡虫茶 7
8	老茶婆 8	六堡虫茶 8
9	老茶婆 9	六堡虫茶 9

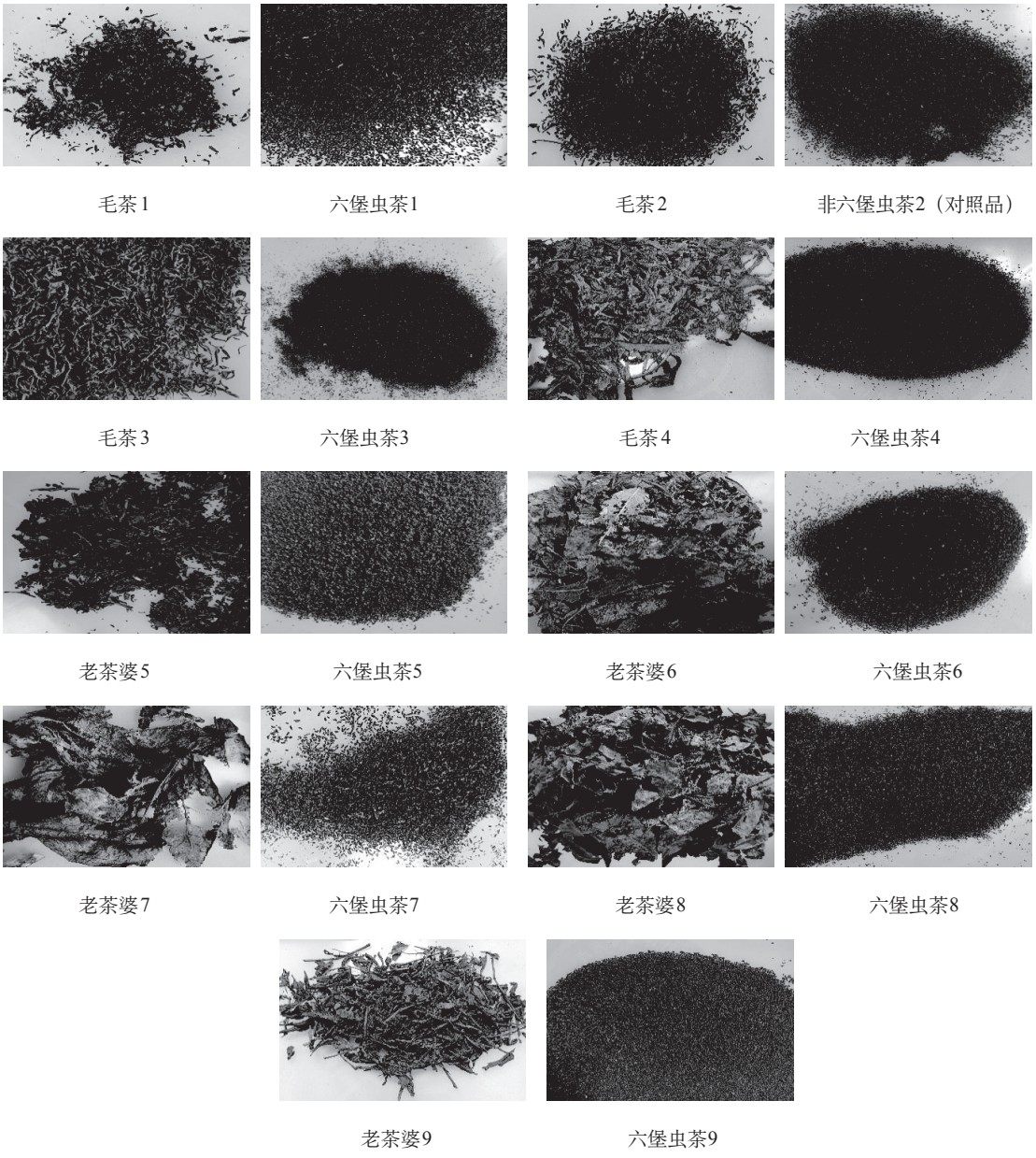

图 1　对应的六堡茶和虫茶样品

Figure 1　Liubao tea and its corresponding insect tea samples

主要试剂：甲醇，色谱纯；无水乙醇，甲酸，分析纯；碳酸钠，福林酚，十二水磷酸氢二钠，磷酸二氢钾，水合茚三酮，二水合氯化亚锡，亚硝酸钠，九水合硝酸铝，氢氧化钠，分析纯。

本实验所需标准物质：L- 茶氨酸，芦丁，可可碱，表儿茶素，表儿茶素没食子酸酯，表没食子酸儿茶素没食子酸酯（纯度 99%，麦克林）；咖啡因（纯度 99.8%，伟业计量）；没食子酸；儿茶素（纯度 99.8%，植标化纯）；表没食子酸儿茶素（纯度 99.8%，麦克林）。

1.1.2　主要仪器设备

Agilent1260 型高效液相色谱仪（DAD 检测器，美国安捷伦公司）；756S 型紫外分光光度计（上海棱光技术有限公司）；Infinite 200 Pro 型酶标仪（瑞士 Tecan 公司）；KQ-800DE 型数控超声波清洗器（昆山市超声仪器有限公司）；5430R 型离心机（德国艾本德股份公司）；VORTEX-5 型漩涡混合器（海门市其林贝尔仪器制造有限公司）；HH-2 型数显恒温水浴锅（常州普天仪器制造有限公司）、DHG-9140A 型电热鼓风干燥箱

（中仪国科（北京）科技有限公司）。

1.2 方法

1.2.1 茶多酚、游离氨基酸、总黄酮的测定

茶多酚含量参照国家标准 GB/T 8313−2018《茶叶中茶多酚和儿茶素检测方法》[29]，游离氨基酸含量参照国家标准 GB/T 8314−2013《茶叶游离氨基酸总量的测定》[30]，总黄酮含量参照邓巧玲等 [31] 建立的方法，稍作改进，采用亚硝酸钠 − 硝酸铝 − 氢氧化钠显色法测定。

1.2.2 没食子酸、可可碱、咖啡碱、5 种儿茶素的测定

参照王丽丽等人 [32] 建立的方法，稍作改进，采用高效液相色谱法测定。

1.2.2.1 没食子酸、可可碱、咖啡碱、5 种儿茶素标准溶液配制 分别精确称取各标准物质，置于 10 mL 棕色容量瓶中，加入 70% 的甲醇水溶液溶解定容，涡旋混匀，配成标准品储备液，取各标准品储备液适量于 10 mL 棕色容量瓶中，用 70% 甲醇水溶液定容，混匀，配制成混合标准工作液。

1.2.2.2 色谱条件 色谱柱：Diamonsil C_{18}(2)（4.6 mm × 250 mm，5 μm，DIKMA）；流动相为 0.02% 甲酸水溶液（A 相）和甲醇（B 相）；进样量 10 μL；柱温 40 ℃；流速 1 mL/min；检测波长 280 nm；线性洗脱程序：83% A（0 min）→ 75% A（5 min）→73% A（7 min）→65% A（11 min）→58% A（13 min）→83% A（16 min）→ 83%（19 min）。

1.2.2.3 样品前处理 称取（0.2 ± 0.0005）g 备用样品虫茶 1 ～ 9 号；毛茶 1 ～ 4 号和老茶婆 5 ～ 9 号于 10 mL 离心管中，加经 70 ℃预热过的 70% 甲醇定容，涡旋混匀，70 ℃水浴 20 min（隔 5 min，摇匀一次），冷却后离心，取上清液，过 0.22 μm 滤膜，待测。

2 结果与分析

2.1 茶多酚、游离氨基酸、总黄酮组分分析

2.1.1 茶多酚含量测定与分析

没食子酸作校正标准定量茶多酚。茶多酚的线性回归方程为 y=0.011x+0.021，相关系数为 0.998。

茶多酚具有抗氧化、抗炎、抗癌等多种生物活性，是茶叶保健功能的主要活性物质。茶多酚总量的多少以及各类组分的比例，直接影响着茶叶的品质和营养价值。图 2 为 1～9 号原料及与之对应的 1～9 号虫茶的茶多酚检测结果，由图可见，六堡虫茶的茶多酚含量在 1.04%～14.19% 范围，六堡茶的茶多酚含量在 2.19%～11.05% 范围。生物体转化前后茶多酚含量变化不明显，特别是以老茶婆为原料的六堡虫茶，因其原料中茶多酚含量较少，导致其茶多酚含量变化不显著。相对而言，以毛茶为原料的六堡虫茶的茶多酚变化稍显明显，整体呈下降趋势。

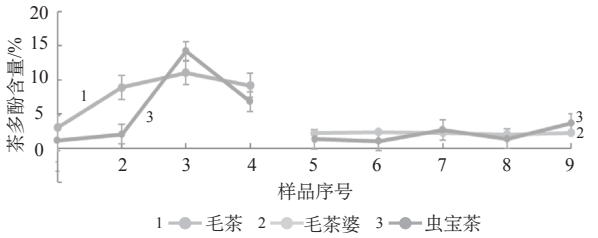

图 2 六堡茶、六堡虫茶中茶多酚含量

Figure 2 Tea polyphenols content in Liubao tea and Liubao insect tea

2.1.2 游离氨基酸含量测定与分析

茶氨酸作校正标准定量游离氨基酸。游离氨基酸的线性回归方程为 y=2.938x−0.3265，相关系数为 0.995。

在茶叶中，游离氨基酸是一种重要的营养成分，对茶叶的口感、香气和品质起着重要的作用。游离氨基酸也是评价虫茶品质优劣的重要指标之一 [19]。此外，游离氨基酸还是人体所需的重要营养物质，具有促进新陈代谢、增强免疫力等作用。

六堡茶及虫茶的游离氨基酸含量见图 3，六堡虫茶中游离氨基酸含量在 0.35%～0.75% 范围，六堡茶中游离氨基酸含量在 0.27%～0.42% 范围，其中老茶婆中的游离氨基酸含量略低于六堡毛茶。经生物体代谢后，除 2 号虫茶样品外，样品 1～9 号虫茶中游离氨基酸的含量均有所增加，特别是 3 号六堡虫茶的含量比 3 号毛茶的含量增加了 79%。因此，虫茶具有高游离氨基酸的特性，与温立香 [33] 的研究结果一致。

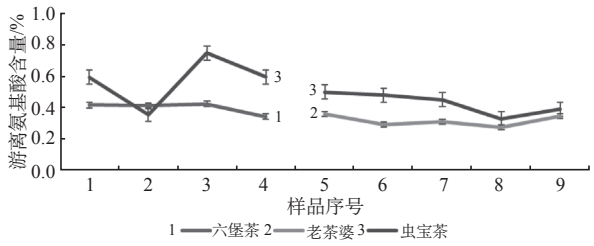

图 3　六堡茶、六堡虫茶中游离氨基酸含量

Figure 3　Free amino acids content in Liubao tea and Liubao insect tea

其中，2 号虫茶游离氨基酸的含量变化规律与其他六堡虫茶相悖，由此可将游离氨基酸这一指标作为识别六堡虫茶与非六堡虫茶的定性指标之一。

2.1.3　总黄酮含量测定与分析

芦丁作校正标准定量总黄酮含量。使用酶标仪于波长 λ 为 470 nm 下测吸光度，以 60% 乙醇作为空白对照，以质量浓度（mg/mL）为横坐标，吸光度（A）为纵坐标绘制标准曲线，得到线性回归方程 y=0.8061x−0.0154，相关系数为 0.999。

总黄酮是一类具有抗氧化、抗炎和抗癌等多种生理活性的植物次生代谢产物，被广泛应用于食品、药品和保健品等领域。在茶叶中，总黄酮是一种重要的生物活性成分，对于茶叶的品质和功效具有重要影响。

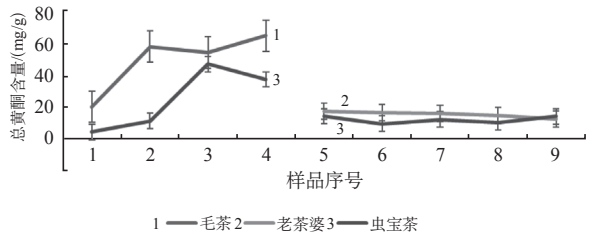

图 4　六堡茶、六堡虫茶中总黄酮含量

Figure 4　Total flavonoids content in Liubao tea and Liubao insect tea

检测结果显示，原料六堡茶的总黄酮含量在 11.59～63.69 mg/g 范围，虫茶的总黄酮含量在 3.85～46.08 mg/g 范围。由图 4 可见，虫茶的总黄酮含量比六堡茶总黄酮的含量有所减少，特别是原料为毛茶的总黄酮，经生物体转化后，其总黄酮含量降低幅度较明显，但因六堡毛茶总黄酮含量较老茶婆总黄酮含量高，使得毛茶经生物体转化后的六堡虫茶的总黄酮仍呈现比老茶婆为原料转化的六堡虫茶高的趋势。

2.2　没食子酸、可可碱、咖啡碱、5 种儿茶素组分分析

将 1.2.2.1 混合标准品工作液进行色谱分析，得到混合标准物质的 HPLC 色谱图，如图 5 所示。各组分依次是没食子酸（GA）、可可碱（TB）、表没食子酸儿茶素（EGC）、儿茶素（C）、表没食子酸儿茶素没食子酸酯（EGCG）、咖啡碱（CAF）、表儿茶素（EC）、表儿茶素没食子酸酯（ECG）。各组分分离度良好，峰形良好。

以峰面积为纵坐标，质量浓度（μg/mL）为横坐标绘制标准曲线，线性回归方程见表 2。结果表明，各组分在所列的线性范围内具有良好的线性关系。

表 2　各组分的回归方程及线性

Table 2　Regression equations and linearity of each component

序号	名称	线性回归方程	线性范围/(μg/mL)	相关系数 (R^2)
1	GA	y=26.683x−0.7009	1～8	0.9997
2	TB	y=26.165x+6.95	10～80	0.9999
3	EGC	y=1.7802x−0.0263	20～160	0.9999
4	C	y=7.5117x−0.2803	10～80	0.9998
5	EGCG	y=25.372x−10.342	20～160	0.9999
6	CAF	y=23.524x+7.7738	10～80	0.9999
7	EC	y=6.8543x+0.6806	10～80	0.9998
8	ECG	y=1.111x−1.2749	20～160	0.9997

六堡茶（毛茶、老茶婆）其营养成分含量的分布情况及经生物体转化后的虫茶的营养成分的变化情况，如表 3 所示。虫茶对比六堡茶显示出具有高游离氨基酸和低咖啡碱的品质，这与温立香 [33] 的虫茶高氨基酸低咖啡碱研究结果一致，游离氨基酸中的茶氨酸可以抑制茶汤中苦味和涩味，相比而言低含量的咖啡碱的茶更适合老人、孕妇及小孩饮用。

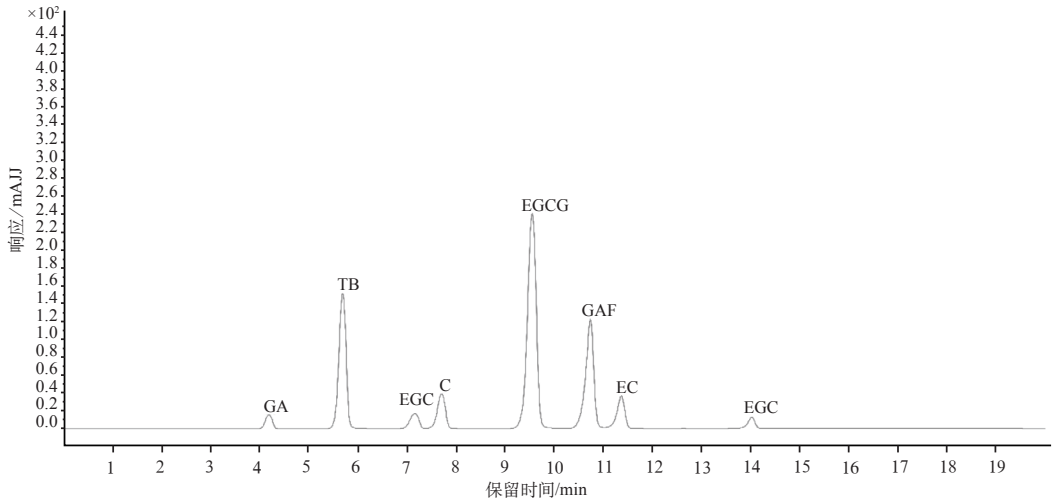

图 5　各组分 HPLC 图

Figure 5　HPLC chromatograms of each component

表 3　六堡茶（毛茶和老茶婆）、虫茶（六堡虫茶、对照样品）各组分的含量

Table 3　Components and contents in Liubao tea（crude tea and Laochapo tea ）and insect tea（Liubao insect tea and control samples）

组分 / 样品名称	没食子酸 GA/(mg/g)	可可碱 TB /(mg/g)	咖啡碱 CAF /(mg/g)	表没食子儿茶素 EGC /(mg/g)	儿茶素 C/(mg/g)	表没食子儿茶素没食子酸酯 EGCG/(mg/g)	表儿茶素 EC/(mg/g)	表儿茶素没食子酸酯 ECG /(mg/g)	儿茶素类总量 /(mg/g)
六堡毛茶 1	0.11	0.88	18.50	0.90	–	0.59	0.63	16.05	18.17
六堡毛茶 2	0.80	2.06	35.30	0.15	0.24	1.87	0.28	32.81	35.35
六堡毛茶 3	1.02	0.95	34.33	4.76	0.64	1.64	3.55	60.86	71.45
六堡毛茶 4	0.17	0.34	14.94	1.78	0.09	1.55	1.36	130.12	134.9
六堡老茶婆 5	0.15	1.03	22.18	9.31	–	0.03	–	3.39	12.73
六堡老茶婆 6	0.14	0.22	10.54	0.35	0.25	0.20	0.56	11.14	12.5
六堡老茶婆 7	0.09	0.04	2.71	0.25	0.05	0.23	0.20	23.66	24.39
六堡老茶婆 8	0.24	0.02	2.43	0.21	0.26	0.24	0.66	10.52	11.89
六堡老茶婆 9	0.04	0.29	12.93	0.67	0.02	0.03	0.13	0.87	1.72
六堡虫茶 1	0.04	0.53	3.53	6.18	–	0.05	0.66	1.40	8.29
非六堡虫茶 2（对照样品）	0.31	0.21	3.84	0.04	0.05	0.13	2.55	2.77	5.54
六堡虫茶 3	3.35	4.71	7.80	108.81	3.91	0.19	0.82	13.15	126.88
六堡虫茶 4	0.04	1.12	8.60	26.63	–	0.16	0.79	21.76	49.34
六堡虫茶 5	–	3.05	8.32	98.22	–	0.02	0.17	0.45	98.86
六堡虫茶 6	0.02	–	0.12	–	0.02	0.05	0.25	0.35	0.67
六堡虫茶 7	0.13	0.30	1.23	4.15	–	0.07	0.09	16.22	20.53
六堡虫茶 8	0.07	0.06	1.10	1.35	0.04	0.11	10.13	3.22	14.85
六堡虫茶 9	0.21	–	0.04	1.17	–	0.05	10.77	1.63	13.62

注：表中“–”表示低于检测限

并且从中发现，六堡毛茶其没食子酸（GA）、可可碱（TB）、咖啡碱（CAF）、表没食子酸儿茶素（EGC）、儿茶素（C）、表没食子酸儿茶素没食子酸酯（EGCG）、表儿茶素（EC）、表儿茶素没食子酸酯（ECG）及儿茶素总量相比于老茶婆而言含量均较高，表明六堡毛茶的营养价值较老茶婆而言更好。

对比不同原料的产物虫茶，发现品质较好的毛茶生物转化后的虫茶其品质指标也均较好，特别是 3 号毛茶为原料的虫茶表现尤为突出，较 3 号毛茶相比，其茶多酚含量增加 1.28 倍，游离氨基酸含量增加了 79%，没食子酸含量增加 3.5 倍，表没食子酸儿茶酸含量增加了 23 倍，儿茶酸的含量增加了 6 倍（见表 3）。此外，研究发现，六堡茶 5 ～ 9 号生物体转化得到的虫茶的茶多酚含量均与其原料老茶婆之间的差异不大，甚至有低于老茶婆茶多酚含量的现象，而市场上的六堡虫茶多以老茶婆为原料转化而来，六堡虫茶的市场价格又不菲，该研究揭示了以老茶婆为原料的六堡虫茶的茶多酚含量不及以毛茶为原料的六堡虫茶。

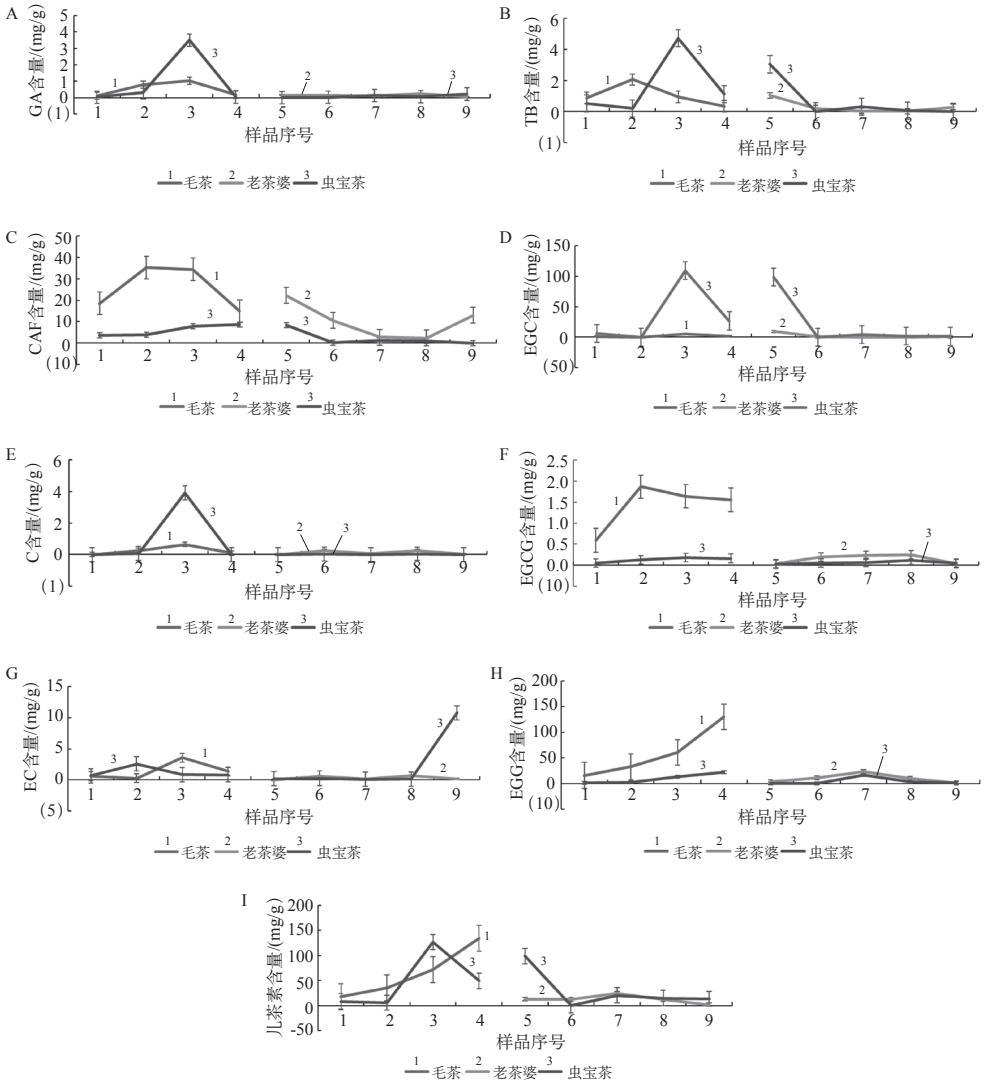

图 6　各组分含量对比图

Figure 6　Comparison chart of content for each component

图 6 更直观的给出了各组分的变化趋势，从图中也能够进一步识别 2 号虫茶（阴性对照样品）与六堡虫茶的差异。六堡虫茶中 TB 含量相比于对应的原料呈现上升趋势，而 2 号虫茶却比对应的 2 号毛茶 TB 的含量减少了 10 倍左右，EGC 也表现出相似的规律；同时，六堡虫茶 EC

的含量相比于原料而言呈下降趋势，2 号虫茶 EC 的含量较原料却有近 10 倍的提高。综上，可将游离氨基酸、可可碱、表没食子酸儿茶素及表儿茶素等指标作为识别六堡虫茶与非六堡虫茶的综合定性指标，以期对市场监管提供指导意义。

3 结论

本研究深入对比分析了六堡虫茶与六堡茶在多项关键品质指标上的差异，并着重探讨了生物体转化过程对六堡虫茶品质形成的独特影响。研究结果显示，六堡虫茶展现出独特的高游离氨基酸与低咖啡碱的特性，这一显著特征赋予了六堡虫茶更为柔和的口感，特别适宜老人、孕妇及小孩饮用。

在生物体转化过程中，六堡毛茶相较于老茶婆其茶多酚、总黄酮、没食子酸、可可碱、咖啡碱、表没食子儿茶素没食子酸酯、表儿茶素、表儿茶素没食子酸酯等品质指标含量较高，使得生物转化后的六堡虫茶品质指标也相对较好，因此，建议用六堡毛茶作为虫食的原料，以得到名副其实的六堡虫茶，从而指导消费。

本研究力求制备六堡茶对应的六堡虫茶，希望通过生物体转化，探寻相关品质指标在生物体内消化酶和微生物的作用下的变化规律，如茶叶中的化学成分咖啡碱被分解或转化，导致虫茶中咖啡碱含量降低，同时，昆虫代谢可能产生或增加游离氨基酸的含量，使得虫茶具有高游离氨基酸的特性等，特别是茶氨酸等对人体有益的氨基酸。科学推测相关品质指标分解或转化的规律，为提升六堡虫茶的品质提供技术支持。

2 号样品作为阴性对照样品，与六堡虫茶进行数据比较，发现游离氨基酸、可可碱、表没食子酸儿茶素及表儿茶素等品质指标存在较大差异，并表现出一定的规律，因此，可将上述品质指标作为识别六堡虫茶与非六堡虫茶的综合定性指标，以期对市场监管提供指导意义。

茶多酚因具有抗氧化、抗炎、抗癌等多种生物活性，是茶叶保健功能的主要物质基础。因此未来可以通过改变昆虫的种类、虫食的温度、湿度等环境因素，摸索茶多酚等关键品质指标的变化情况，以期指导六堡虫茶规范生产，进而推广至虫茶类产品的规范生产，提升虫茶的市场价值和优化虫茶产业化应用前景。

参考文献：

[1] 国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会 . 黑茶 第 4 部分：六堡茶：GB/T 32719.4—2016 [S]. 北京：中国标准出版社，2017.
[2] 王金玲 . 茶知道 [M]. 杭州：浙江工商大学出版社，2022.
[3] 陈寿宏 . 中华食材 [M]. 合肥：合肥工业大学出版社，2016：1266−1273.
[4] 李莉，曾祥谓，周永红，等 . 虫茶营养成分及功能特性研究进展 [J]. 林产化学与工业，2025，45（1）：162−172.
[5] 薄采颖，陈幸良，周永红，等 . 虫茶营养成分分析及评价 [J]. 林产化学与工业，2022，42（5）：100−106.
[6] Wang K J，Wu K F，Li N. Insect tea originated from ethnic minority regions in Southwest China：A review on the types，traditional uses，nutrients，chemistry and pharmacological activities [J]. Journal of Ethnopharmacology，2023，309：116340.
[7] Zhao X，Song J L，Yi R K，et al. Comparison of antioxidative effects of insect tea and its raw tea（Kuding tea）polyphenols in Kunming mice [J]. Molecules，2018，23（1）：204.
[8] Mu J F，Yang F P，Tan F，et al. Determination of polyphenols in *Ilex* Kudingcha and insect tea（leaves altered by animals）by ultra−high−performance liquid chromatography−triple quadrupole mass spectrometry（UHPLC−QqQ−MS）and comparison of their anti−aging effects [J]. Frontiers in Pharmacology，2020，11：600219.
[9] Zhao X，Tan F. Improvement of Insect Tea Extract on D−galactose Induced Aging in Mice：324 [J]. Free Radical Biology and Medicine，2019，145：S138−S139.
[10] 谭周进，文礼章，肖启明 . 几种药用虫茶浸提液的抑菌特性研究 [J]. 食品科学，2002，23（6）：104−107.
[11] 孙鹏，冯霞，易若琨，等 . 虫茶多酚对乙酰氨基酚致小鼠肝损伤的预防效果（英文）[J]. 食品科学，2016，37（21）：257−264.
[12] Zhao X，Cheng Q，Qian Y，et al. *Insect tea* attenuates hydrochloric acid and ethanol−induced mice acute gastric injury [J]. Experimental and Therapeutic Medicine，2017，14（5）：5135−5142.
[13] Wang R R，Sun F J，Ren C Y，et al. Hunan insect tea polyphenols provide protection against gastric injury induced by HCl/ethanol through an antioxidant mechanism in mice [J]. Food & Function，2021，12（2）：747−760.
[14] 诸凤丹，文礼章，朱亮，等 . 三叶虫茶及其产茶植物的降血糖作用研究 [C] // 华中三省（湖南、湖北、河南）昆虫学会 2010 年学术年会论文集 . 长沙，2010：53−57.
[15] 肖娟，彭艳梅，蔡萍，等 . 虫茶联合缬沙坦治疗原发性高血压临床观察 [J]. 湖南中医药大学学报，2017，37（4）：413−415.
[16] 何洪英 . 老鹰茶虫酿茶品质分析及调节血脂功能的研究 [D]. 重庆：西南农业大学，2001.
[17] Qian Y，Li G J，Wang R，et al. *In vitro* anticancer effects of insect tea in TCA8113 cells [J]. Journal of Cancer Research

and Therapeutics，2014，10（4）：1045−1051.
[18] 曾昭华，杨茂发，杨再华 . MTT 法检测灰直纹螟 − 青钱柳虫茶对肿瘤细胞体外增殖抑制作用 [J]. 山地农业生物学报，2018，(2)：14−19.
[19] 袁冬寅，陈家献，张芬，等 . 虫茶的研究现状及发展前景 [J]. 食品研究与开发，2021，42（9）：198−204.
[20] 雷鸣，卢晓黎 . 中国虫茶资源及研究现状 [J]. 食品科学，2001，22（11）：100−102.
[21] 廖利 . 基于文献计量学的虫茶研究进展 [J]. 特种经济动植物，2023，26（8）：169−175.
[22] 文雅峰，文礼章 . 中国传统虫茶的历史渊源及药用价值与食用安全性研究概貌 [J]. 应用昆虫学报，2019，56（5）：957−968.
[23] 姬佳旗，李小青，吴平，等 . 六堡茶虫茶的茶虫种类鉴定 [J]. 广东茶业，2024，(4)：19−21.
[24] Zhang J，Lu D Y，Yuan Y，et al. Liubao *Insect tea* polyphenols prevent HCl/ethanol induced gastric damage through its antioxidant ability in mice [J]. RSC Advances，2020，10（9）：4984−4995.
[25] 马凌霜 . 虫茶：似茶非茶价比黄金 [N]. 广东科技报，2012−06−23（4）.
[26] Feng X Y，Chen Y W，Luo L N，et al. Liubao insect tea polyphenols ameliorate DSS−induced experimental colitis by protecting intestinal barrier and regulating intestinal microbiota [J]. Food Chemistry，2025，467：142156.
[27] 温立香，张芬，袁冬寅，等 . 广西虫茶毒理学安全性评价研究 [J]. 茶叶通讯，2022，49（1）：102−107.
[28] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 . 食品安全国家标准 食品中水分的测定：GB 5009.3—2016 [S]. 北京：中国标准出版社，2017.
[29] 国家市场监督管理总局，国家标准化管理委员会 . 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法：GB/T 8313—2018 [S]. 北京：中国标准出版社，2018.
[30] 国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会 . 茶 游离氨基酸总量的测定：GB/T 8314—2013 [S]. 北京：中国标准出版社，2014.
[31] 邓巧玲，刘梦文，沈静，等 . 不同产地桑叶总黄酮总多酚含量及抗氧化活性的研究 [J]. 中国食品添加剂，2024，35（3）：130−137.
[32] 王丽丽，宋振硕，陈键 . HPLC 法同时测定茶叶没食子酸、儿茶素类和生物碱 [C] // 第十六届中国科协年会——分 12 茶学青年科学家论坛论文集 . 昆明，2014：334−340.
[33] 温立香，袁冬寅，欧淑琼，等 . 广西三个产区虫茶主要茶特征成分、挥发性成分分析及氨基酸营养评价 [J]. 食品工业科技，2022，43（20）：329−336.