

基于电子鼻、电子舌技术评价金花菌固态发酵对青刺尖茶感官品质的影响

胡婷婷¹, 刘刚^{1,2}, 邓钱江¹, 张晓喻^{1,2}, 和献锋³, 刘兴艳^{2,4}, 沈杰³, 李学理¹

(1. 四川师范大学生命科学学院, 四川成都 610101)

(2. 四川师范大学食品功能及加工应用研究所, 四川成都 610101)

(3. 攀枝花市农林科学研究院, 四川攀枝花 617061) (4. 四川师范大学化学与材料科学学院, 四川成都 610068)

摘要: 本文通过接种不同量的 1.0×10^7 CFU/mL 金花菌孢子悬浊液对青刺尖茶进行固态发酵, 采用电子鼻、电子舌和色度检测技术, 结合人工感官评审, 综合评价金花菌发酵对青刺尖茶品质的影响, 利用 HPLC 指纹图谱法分析青刺尖茶发酵前后的成分差异。电子鼻、电子舌分析结果显示, 金花菌发酵青刺尖茶前、后的干茶和茶汤的主成分得分区域具有明显的差异, 接种量为 1.0 mL、1.2 mL 和 1.4 mL 的发酵茶与未发酵茶, 香气和滋味差异最明显。接种量 1.0 mL 的青刺尖发酵茶, 其色度检测结果为明亮度值 70.32、红绿色度值 8.99、黄蓝色度值 76.00、色相值 8.45、色差值 78.00, 人工感官评审得分 91.75, 均与市售优质伏砖茶最接近。HPLC 分析结果显示, 青刺尖茶经金花菌发酵后, 其化学成分明显增多, 表明金花菌发酵能够有效改变青刺尖茶中的化学成分。

关键词: 青刺尖茶; 金花菌; 电子鼻; 电子舌; 品质评价

文章编号: 1673-9078(2017)6-285-292

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.6.042

Effect of Solid-state Fermentation by *Eurotium cristatum* on the Sensory Quality of *Prinsepia utilis* Tea, using E-nose/E-tongue Techniques

HU Ting-ting¹, LIU Gang^{1,2}, DENG Qian-jiang¹, ZHANG Xiao-yu^{1,2}, HE Xian-feng³, LIU Xing-yan^{2,4}, SHEN Jie³, LI Xue-li¹

(1. College of Life Sciences, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China)

(2. Food Function and Application Research Institute, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China)

(3. Panzhihua Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Panzhihua 617061, China)

(4. College of Chemistry and Materials Science, Sichuan Normal University, Chengdu 610068, China)

Abstract: *Prinsepia utilis* tea was inoculated with different amounts of 1.0×10^7 CFU/mL *Eurotium cristatum* spore suspension for solid-state fermentation, and the effect of *E. cristatum* spore suspension on the quality of *P. utilis* tea was evaluated by electronic nose (E-nose), electronic tongue (E-tongue), colorimetry, and human-sensory evaluations. Additionally, differences in the chemical constituents of unfermented and fermented *P. utilis* tea samples were analyzed by HPLC fingerprinting. The results of E-nose and E-tongue analyses revealed significant differences between unfermented and fermented *P. utilis* in forms of dry tea and tea liquid on the principal components, with the most significant differences in aroma and taste found at inoculation volumes of 1.0 mL, 1.2 mL, or 1.4 mL. Colorimetry results showed that the lightness, red-green value, yellow-blue value, hue, color-difference value, and human-sensory evaluation score of *P. utilis* tea incubated with 1.0 mL of the spore suspension were 70.32, 8.99, 76.00, 8.45, 78.00, and 91.75, respectively. Both the colorimetric and sensory-evaluation values of *P. utilis* tea were close to those of high-quality FuZhuang tea in markets. Furthermore, HPLC results illustrated that the levels of chemical constituents of *P. utilis* tea increased significantly following the fermentation, suggesting that the fermentation of *P. utilis* tea by *E. cristatum* effectively changed its chemical constituents.

Key words: *Prinsepia utilis* tea; *Eurotium cristatum*; electronic nose; electronic tongue; quality evaluation

收稿日期: 2016-09-02

基金项目: 攀枝花市科学技术和知识产权局项目(2014CY-C-1); 四川师范大学大精设备开放基金项目(DJ2015-21)

作者简介: 胡婷婷(1990-), 女, 研究生, 研究方向: 生物化学与分子生物学、植物化学等;

通讯作者: 刘刚(1968-), 男, 副教授, 硕士生导师, 主要从事植物资源的开发与研究

青刺尖 *Prinsepia utilis* Royle 是蔷薇科扁核木属的落叶灌木, 主要分布于我国云南、贵州、四川、西藏以及印度等地区, 是一种药食两用的植物。科学研究表明: 青刺尖茶具有降血脂、清热凉血、消炎解毒、降火舒肝、收敛镇痛等功效; 根, 叶和果实具有清热解毒、缓解疼痛、促进血液循环等作用, 其根还可用于治疗肺虚咳嗽, 茎叶可用于治疗牙痛, 果实可用于治疗消化不良^[1]。金花菌是黑茶上的优势菌种, 研究表明, 其产生的淀粉酶、蛋白酶和脂肪酶等, 能明显改善茶叶的风味^[2], 其发酵产品具有良好的抗氧化、调节血脂^[3]和抑制肠道病原菌^[4]等功效。采用人工接种发酵具有发酵周期短, 参与发酵的微生物可控, 保证产品品质稳定, 消除有害杂菌的影响等优势^[5], 金花菌发酵青刺尖茶及其品质评价尚未见文献报道。

茶和代用茶品质的评价包括外观、香气, 茶汤的口感、香气及色泽等, 国内外评鉴茶的常规方法是人工感官评价, 由于评审员感官的分辨力、敏感度、稳定性等具有个体差异性, 且易受外界因素的干扰, 评审过程较复杂, 审评无法做到快速、标准化和客观化。近年, 运用电子鼻、电子舌等模拟人类嗅觉和味觉分析的方法, 不仅避免了感官评价过程繁杂、易受影响、重复性差的缺点, 而且可数值化^[6]。

本试验研究青刺尖茶接种不同浓度的金花菌孢子悬液后, 控制温度、水分及时间, 得到金花菌发酵的青刺尖茶, 应用电子鼻、电子舌和色度检测技术对青刺尖发酵茶感官品质进行综合评价, 再结合人工感官评价, 研究青刺尖茶的发酵过程中, 风味品质、成分的变化, 此研究有助于优化青刺尖茶的发酵工艺条件, 也为青刺尖茶的深度开发提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

青刺尖茶, 产自四川盐源县左所乡; 茯砖茶, 中茶湖南安化茶厂有限公司。

1.2 仪器与设备

GC-Flash 电子舌, 法国 Alpha MOS 公司; Heracles 电子鼻, 法国 Alpha MOS 公司; DC-P3 全自动测色色差仪, 天津市精科材料试验机厂; UV 紫外光辐照交联设备, 龙嘉电子设备科技有限公司; AJ-320 真空封口机茶叶塑封机, 奥得居; 1005 旋转蒸发仪, 郑州长城科工贸有限公司; VD-650 超净工作台, 湖南力辰仪器科技有限公司; BS323S 电子天平, 德国赛多利斯; BG50 恒温培养箱, 上海博迅实业有限公司; 高

压蒸汽灭菌锅, 上海博迅实业有限公司; Agilent 1200LC 高效液相色谱仪, 美国 Agilent 公司; SK5200HP 超声仪, 上海科导超声仪器有限公司; DHG-9240 电热鼓风干燥箱, 上海精宏实验设备有限公司; UPI-1-520T 超纯水器, 成都超纯科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品的制备

青刺尖茶每袋 30 g 真空包装, 辐照灭菌; 将灭菌后的茶装入发酵瓶, 按 25% 含水量加蒸馏水 7.5 mL, 121 °C 灭菌 20 min, 冷却备用。参照文献^[2], 从茯砖茶中分离纯化得到“金花菌”, 控制其孢子悬液浓度为 1.0×10^7 CFU/mL, 分别按 0.4、0.6、0.8、1.0、1.2 和 1.4 mL 接种量接入发酵瓶(按顺序各接种量标记为 A、B、C、D、E 和 F), 不接种金花菌的标记为空白对照 G。28 °C 培养 7 d, 低温烘干, 密封冷藏, 备用。

1.3.2 茶汤的制备

参照文献^[7], 先将 1.3.1 样品各取 3.0 g 放入评审杯, 分别加 150 mL 沸水冲泡, 加盖静置 5 min, 8 层纱布过滤, 滤过液装瓶, 密封备用。

1.3.3 测定方法

1.3.3.1 电子鼻分析测定茶叶和茶汤的香气

香气的分析采用顶空法^[8], 将 1.3.1 的样品适量和 1.3.2 的茶汤适量放入 10 mL 样品瓶, 分别进行电子鼻测定。顶空体积 5 mL, 茶汤添加 1.5 g NaCl, 干茶叶不加 NaCl, 75 °C 预热 25 min, 吸附温度 45 °C, 吹扫 20 s, 进样量(顶空气体)3000 μ L, 进样口温度 250 °C, FID 检测器温度 280 °C, 升温程序 40 °C 保持 2 s, 以 5 °C/s 升至 260 °C 保持 5 s。

1.3.3.2 电子舌分析测定茶汤的滋味

参照文献^[9], 分析茶汤的滋味。准备溶液: 0.01 mol/L HCl(校准时间约 4 h), 清洗溶液: 0.01 mol/L HCl。测定时间 5 min/个, 清洗时间为 10 s, 每个样品做 3 个平行, 每个平行取样 5 次。

1.3.3.3 茶汤色度的测定

按照 1.3.2 准备茶汤, 用色度仪测定茶汤的色度, 得到各样品茶汤的 L*值、a*值及 b*值, 每个样品测 3 次, 取平均值。

1.3.3.4 青刺尖干茶和茶汤品质的感官评价

参照标准^[10], 感官评价评审员共 16 人, 男女各半, 年龄 18~50 岁, 身体健康, 个人卫生条件好, 嗅觉, 味觉, 视觉正常, 不抽烟等。审评过程中避免空腹或饱腹状态, 不得使用化妆品。评审环境温度 15~27 °C, 光照充足均匀, 无噪音, 无异味, 样品评定前、后用清水漱口。评分以百分制表示。

评茶程序^[11]: 取茶样→审看外形→称取各茶样 3.0 g 置于干净审评杯→加沸水 150 mL 冲泡→加盖静置 5 min→将茶水倒入审评碗(倒茶的顺序和速度应与冲泡的顺序与速度一致, 保证每杯茶的冲泡时间相等)→观察茶汤颜色→闻茶汤香气→尝茶汤滋味→评叶底(叶底置于白色搪瓷漂盘中评审)。

接种不同量金花菌发酵的青刺尖茶(A、B、C、D、E和F)及茯砖茶, 按照外形占20%、汤色占15%、香气占25%、滋味占30%、叶底占10%的权数评分; 不发酵的青刺尖茶(G)按照外形占20%、汤色占10%、香气占30%、滋味占30%、叶底占10%的权数评分。

1.3.3.5 青刺尖茶与金花菌发酵茶茶汤成分高效液相色谱检测

制备茶汤方法同 1.3.2, 高效液相色谱分别检测未发酵青刺尖茶、品质评审最优发酵茶, 比较茶汤成分的差异。色谱柱: Agilent ZORBAX Extend-C18 柱(4.6×250 mm, 5 μm); 柱温: 25 °C; 流速: 1 mL/min; 进样量: 10 μL; 检测波长: 380 nm; 流动相: 甲醇(A): 磷酸水(1/1000)(B); 梯度洗脱: 0~25 min (10%~95% A:90%~5%B), 25~50 min (95%A:5%B); 50~75 min (95%~10%A:5%~90%B); 75~100 min(10%A:90% B)。

1.4 统计与分析

电子鼻、电子舌分析得到的数据, 用仪器自带软件进行统计分析, 包括主成分分析^[12,13](PCA)和判别因子分析^[14](DFA)。在分析图中, 每一个样品的封闭区域代表该样品的综合信息, 封闭区域的大小代表其信息的丰富度; 各样品区域间无重合且距离越大, 则样品间的差异性也就越大。

2 结果与分析

2.1 电子鼻分析青刺尖茶干茶的香气

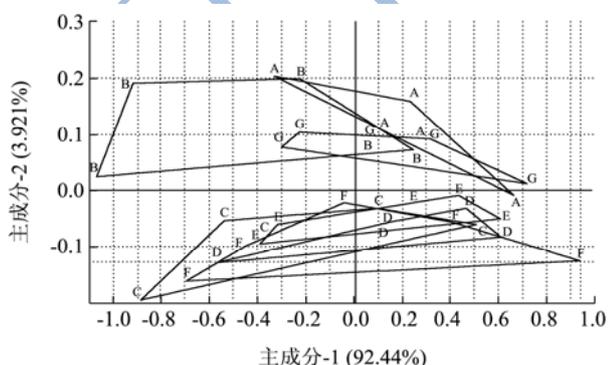


图1 接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶干茶香气主成分分析

Fig.1 Aroma PCA analysis of *P. utilis* dry tea fermented by different inoculation dosages of *E. cristatum*

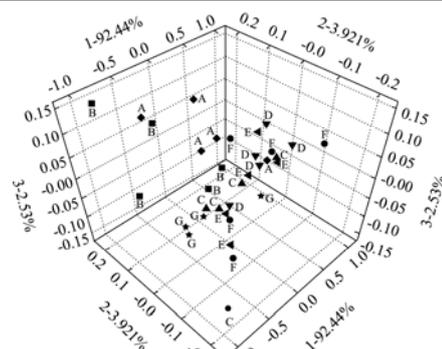


图2 接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶干茶香气的主成分分析三维图

Fig.2 Aroma PCA analysis of *P. utilis* dry tea fermented by different inoculation dosages of *E. cristatum* (3D plot)

电子鼻分析接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶, 其干茶香气主成分分析的结果, 见图1和2。

由图1可知, 主成分1和主成分2的嗅觉识别贡献率分别为92.440%和3.921%, 累计贡献率达96.361%。不发酵的青刺尖茶的封闭区域明显比发酵青刺尖茶小。接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶, 明显分成不重叠的上下2个区域: 上半区域, 接种金花菌0.4 mL、0.6 mL和不发酵的青刺尖茶, 其主成分得分区域有大部分重合; 下半区域, 接种金花菌0.8 mL、1.0 mL、1.2 mL和1.4 mL的发酵青刺尖茶, 主成分得分区域有部分重合。因此, 与不发酵的青刺尖茶比较, 发酵后香气更加丰富, 接种不同浓度金花菌液发酵的青刺尖茶, 香气的差异性也非常明显。

由图2可知, 嗅觉识别贡献率主成分1、主成分2和主成分3分别为92.440%、3.921%和2.530%, 累计贡献率达98.891%。接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶, 香气的差异性进一步明显分开, 接种低浓度(0.4 mL, 0.6 mL)的金花菌对香气的影响不明显。

电子鼻分析接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶, 其干茶香气再用判别因子分析, 结果见图3和4。

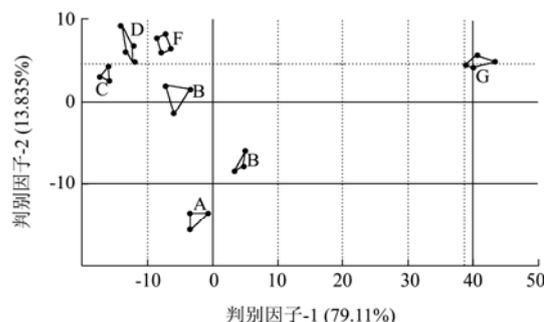


图3 接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶干茶香气的判别因子分析

Fig.3 Aroma DFA analysis of *P. utilis* dry tea fermented by different concentrations of *E. cristatum*

由图 3 可知, 主成分 1 和主成分 2 的嗅觉识别贡献率分别为 79.11% 和 13.835%, 累计贡献率 92.945%。图 3 中, 各茶样间均无重合区域, 样品明显聚集成 3 个区域: 接种金花菌 0.4 mL 和 0.6 mL 的主成分得分区域相近; 接种金花菌 0.8 mL、1.0 mL、1.2 mL 和 1.4 mL 的主成分得分区域相近; 不接种金花菌的青刺尖茶与其它的样品主成分得分区域距离较远, 香气的差异性非常明显。

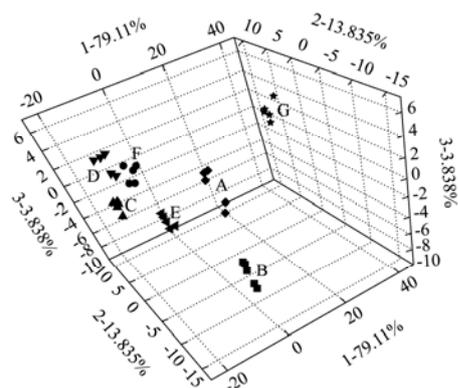


图 4 接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶干茶香气的判别因子分析三维图

Fig.4 Aroma PCA analysis of *P. utilis* dry tea fermented by different concentrations of *E. cristatum* (3D plot)

由图 4 可知, 主成分 1、主成分 2 和主成分 3 的嗅觉识别贡献率分别为 79.110%、13.835% 和 3.838%, 累计贡献率为 96.783%。各个茶样明显分在三个平面: 不发酵的青刺尖茶与接种金花菌 0.6 mL 的茶样各在一个平面; 接种金花菌 0.4 mL、0.8 mL、1.0 mL、1.2 mL 和 1.4 mL 的青刺尖茶, 主成分得分区域在同一平面。

综上所述, 未发酵青刺尖茶与接种发酵的青刺尖茶比较, 香气差异明显; 接种金花菌 0.4 mL、0.6 mL 与接种金花菌 0.8 mL、1.0 mL、1.2 mL 和 1.4 mL 的青刺尖发酵茶香气差异性进一步分开, 在本实验条件下, 接种金花菌 0.8 mL 以上, 可显著改变青刺尖茶的香气。

2.2 电子鼻分析青刺尖茶茶汤的香气

电子鼻分析接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶茶汤香气, 经过主成分分析, 结果见图 5 和 6。

由图 5 可知, 主成分 1 和主成分 2 的嗅觉识别贡献率分别为 91.109% 和 6.590%, 累计贡献率 97.699%, 按茶汤香气的差异, 接种不同浓度金花菌的青刺尖茶分为上下两个区域: 未接种金花菌的青刺尖茶与接种 0.4 mL、0.8 mL、1.0 mL 和 1.2 mL 的青刺尖茶重合区域明显; 接种量为 1.4 mL 的发酵茶位于下半区域, 其

主成分得分区域只与 0.8 mL 的青刺尖茶稍许重合。

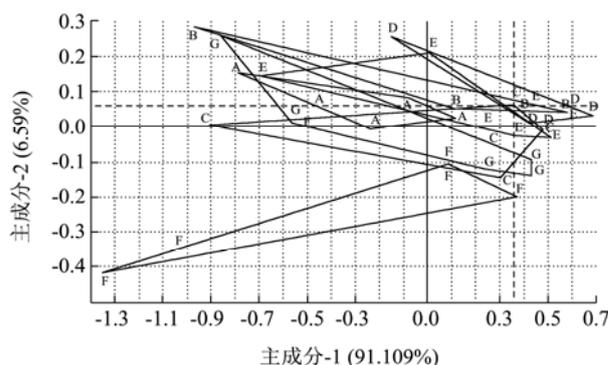


图 5 接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶汤香气的主成分分析

Fig.5 Aroma PCA analysis of *P. utilis* tea liquid fermented by different concentrations of *E. cristatum*

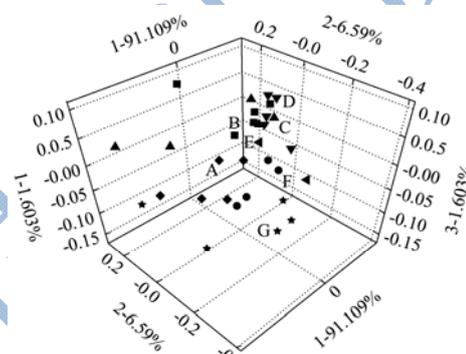


图 6 接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶汤香气的主成分分析三维图

Fig.6 Aroma PCA analysis of *P. utilis* tea liquid fermented by different concentrations of *E. cristatum* (3D plot)

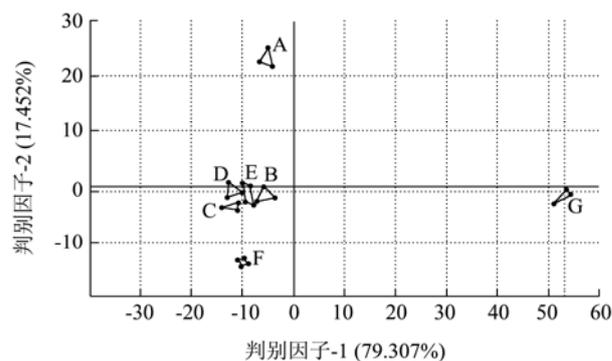


图 7 接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶汤香气的判别因子分析

Fig.7 Aroma DFA analysis of *P. utilis* tea fermented by different concentrations of *E. cristatum*

由图 6 可知, 主成分 1、主成分 2 和主成分 3 的嗅觉识别贡献率分别为 91.109%、6.590% 和 1.603%, 累积贡献率 99.302%。接种 0.6 mL、0.8 mL、1.0 mL 和 1.2 mL 的青刺尖茶汤样品区域距离较近, 未接种金花菌的与接种 0.4 mL 和 1.4 mL 的茶汤样品区域分别

分布在3个不同的平面，香气差异性明显。

电子鼻分析金花菌不同接种浓度的青刺尖茶的茶汤香气，再用判别因子分析法，结果见图7和8。

由图7可知，主成分1和主成分2的嗅觉识别贡献率分别为79.307%和17.452%，累积贡献率96.759%。图7中，各茶样间均无重合区域，样品明显聚集成3个区域：接种金花菌0.6 mL、0.8 mL、1.0 mL、1.2 mL和1.4 mL的主成分区域相近；不接种金花菌、接种金花菌0.4 mL与其它接种量三者之间距离均较远。

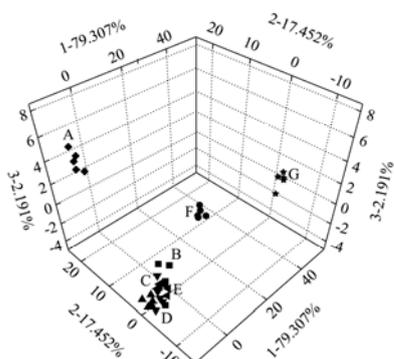


图8 接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶茶汤香气的判别因子分析三维图

Fig.8 Aroma DFA analysis of *P. utilis* tea fermented by different concentrations of *E. cristatum* (3D plot)

由图8可知，主成分1、主成分2和主成分3的嗅觉识别贡献率分别为79.307%、17.452%和2.191%，累积贡献率为98.950%。各个茶样明显分在三个平面：接种金花菌0.4 mL的茶样、不发酵的青刺尖茶分别在2个单独的平面；接种0.6 mL、0.8 mL、1.0 mL、1.2 mL和1.4 mL金花菌的青刺尖茶，主成分得分区域在同一平面。

综上所述，在本实验条件下，接种金花菌0.6 mL、0.8 mL、1.0 mL、1.2 mL和1.4 mL的发酵处理，茶汤香气较接近，而不接种金花菌和接种量0.4 mL的青刺尖茶与其它不同接种量发酵的青刺尖茶比较，其香气差异明显。在本实验条件下，接种金花菌0.6 mL以上，可显著改变青刺尖茶茶汤的香气。

2.3 电子舌分析青刺尖茶茶汤滋味的结果

电子舌分析接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶茶汤滋味，经主成分分析，结果见图9和10。

由图9可知，主成分1和主成分2的味觉识别贡献率分别为84.841%和6.960%，累积贡献率91.801%。接种不同浓度金花菌的青刺尖茶，茶汤的味觉识别主成分得分区域较接近，与不接种金花菌的青刺尖茶茶汤的主成分区域无法区分开来，除了接种0.4 mL、0.6

mL、0.8 mL和1.0 mL金花菌的青刺尖茶，茶汤主成分得分区域分布面积较大外，其它样品的得分区域分布面积都较小。

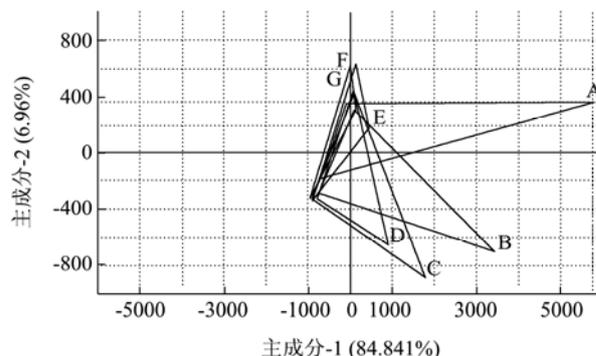


图9 接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶茶汤主成分分析
Fig.9 Aroma PCA analysis of *P. utilis* tea liquid fermented by different concentrations of *E. cristatum*

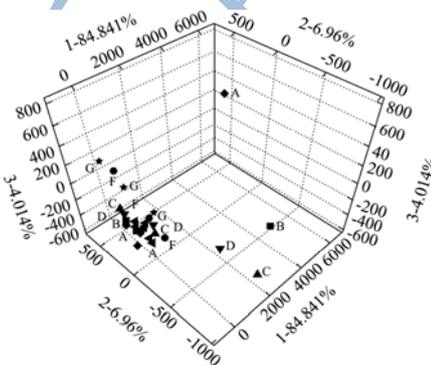


图10 接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶茶汤主成分分析三维图

Fig.10 Aroma PCA analysis of *P. utilis* tea liquid fermented by different concentrations of *E. cristatum* (3D plot)

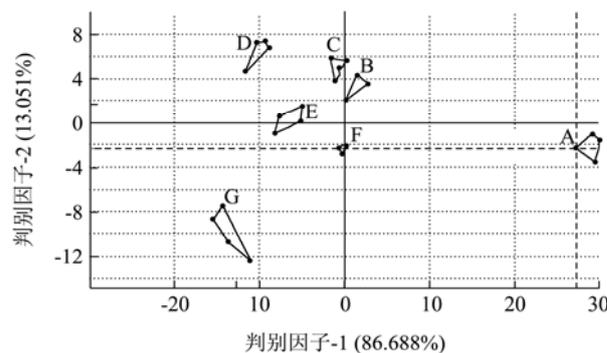


图11 接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶茶汤判别因子分析
Fig.11 Aroma DFA analysis of *P. utilis* tea liquid fermented by different concentrations of *E. cristatum*

由图10可知，主成分1、主成分2和主成分3的味觉识别贡献率分别为84.841%、6.960%和4.014%，累积贡献率95.815%。各茶样茶汤的味觉识别主成分得分区域接近，接种0.4 mL、0.6 mL、0.8 mL和1.0 mL金花菌的青刺尖茶分布较分散；接种1.2 mL和1.4 mL

与不接种金花菌的青刺尖茶分布集中。

电子舌分析接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶茶汤滋味，再用判别因子分析法，结果见图 11 和 12。

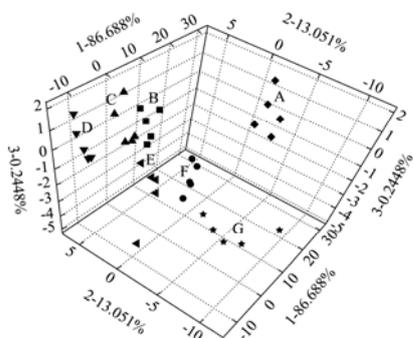


图 12 接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶茶汤判别因子分析三维图

Fig.12 Aroma DFA analysis of *P. utilis* tea liquid fermented by different concentrations of *E. cristatum* (3D plot)

由图 11 可知，主成分 1 和主成分 2 的味觉识别贡献率分别为 86.688% 和 13.051%，累积贡献率 99.739%。各茶汤样品间均无重合区域，样品明显聚集成 3 个区域：接种金花菌 0.6 mL、0.8 mL、1.0 mL、1.2 mL 和 1.4 mL 的样品主成分区域相近；接种金花

菌 0.4 mL、不接种金花菌的茶样与其它茶样三者之间主成分得分区域距离均较远。

由图 12 可知，主成分 1、主成分 2 和主成分 3 的味觉识别贡献率分别为 86.688%、13.051%和 0.244%，累积贡献率 99.983%。各个茶样明显分在三个平面：接种 0.6 mL、0.8 mL、1.0 mL 和 1.2 mL 金花菌的样品，主成分得分区域在同一平面上，分布较集中；接种 0.4 mL 金花菌的样品单独在一平面上；接种 1.4 mL 金花菌和不接种金花菌的样品在同一平面，但相互距离较远。

综上所述，在本实验条件下，与不接种金花菌的青刺尖茶比较，发酵后的青刺尖茶茶汤的滋味口感差异明显；接种 0.6 mL、0.8 mL、1.0 mL、1.2 mL 和 1.4 mL 金花菌发酵的青刺尖茶，滋味口感相近；与其它发酵茶比较，接种 0.4 mL 金花菌发酵的青刺尖茶，滋味口感存在一定差异。

2.4 青刺尖茶发酵后茶汤色度的变化

分别测定接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶、茯砖茶的茶汤色度，结果见表 1。

表 1 不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶、茯砖茶的茶汤色度的比较

Table 1 Chroma analysis of *P. utilis* tea fermented by different inoculation doses of *E. cristatum* and FuZhuana tea (n=3)

样品分组	接种量/mL	茶汤的色度				
		L* (明亮度)	a* (红绿色度)	b* (黄蓝色度)	b/a (色相)	ΔE* (色差值)
青刺尖茶 G	0	83.72±0.49	5.63±0.37	58.86±0.89	10.45±0.39	63.09±0.69
青刺尖茶 A	0.4	79.65±0.39	4.97±0.86	57.36±0.79	11.54±1.40	60.21±0.53
青刺尖茶 B	0.6	77.47±0.90	6.93±0.99	65.62±1.09	9.47±0.52	67.34±0.78
青刺尖茶 C	0.8	74.58±1.04	7.81±0.38	70.19±1.53	8.99±0.25	72.04±0.89
青刺尖茶 D	1.0	70.32±0.70	8.99±0.28	76.00±1.26	8.45±0.16	78.00±0.60
青刺尖茶 E	1.2	71.14±0.95	8.57±0.21	61.67±1.34	7.20±0.18	67.14±0.79
青刺尖茶 F	1.4	73.89±0.58	7.87±1.24	57.90±1.01	7.36±0.20	59.60±0.60
茯砖茶	-	70.86±0.31	8.94±0.83	75.64±0.51	8.46±0.56	79.12±0.31

注：L*值表示明度；0 表示黑色；100 表示白色；a*值表示红绿色度，a*越大越偏红；b*值表示黄蓝色度，b*越大越接近橙色；ΔE*表示色差值，该试验是以纯净水做标准样；b/a 表示色相。

从表 1 可看出：接种 1.0 mL 金花菌发酵的青刺尖茶，其 L*值为 70.32 低于另 5 个发酵茶，接近茯砖茶的 70.86；而其 a*值、b*值和 ΔE*值分别为 8.99、76.00 和 72.04，均高于其他 5 个发酵茶，与茯砖茶的 a*值、b*值和 ΔE*值接近。因此，从茶汤色度结果分析，接种 1.0 mL 金花菌发酵的青刺尖茶与市售优质茯砖茶最相似。

2.5 青刺尖茶发酵后干茶和茶汤感官评价的

变化

分别接种不同浓度金花菌发酵的青刺尖茶、茯砖茶的干茶和茶汤的感官品质，结果见表 2。

由表 2 可看出：接种 0.8 mL 金花菌发酵的青刺尖茶，得分 88.80；其次，接种 1.2 mL 金花菌发酵的青刺尖茶，得分 89.30；而接种 1.0 mL 金花菌发酵的青刺尖茶，其感官评审分数为 91.75，得分最高，略高于不接种金花菌的青刺尖茶得分 90.80，而接近茯砖茶的

92.90 分。金花菌发酵青刺尖茶茶汤及其干茶的感官评价结果与电子舌、电子鼻对其香气和滋味的分析结果比较一致。

表 2 不同发酵青刺尖茶及茯砖茶感官评价的结果

Table 2 Quality evaluation of *P. utilis* tea fermented by different concentration of *E. cristatum* and FuZhuana tea (n=16)

分组	接种量/mL	外形 (评分)	汤色 (评分)	香气 (评分)	滋味 (评分)	叶底 (评分)	总分
青刺尖茶 G	0	细嫩墨绿匀整 92	浅绿明亮 91	火工香 88	醇厚 93	绿明亮 88	90.80
青刺尖茶 A	0.4	尚结实净度好 82	橙黄尚明亮 81	尚纯正 78	尚醇厚 77	尚明亮匀齐 80	79.15
青刺尖茶 B	0.6	尚结实净度好 83	橙黄尚明亮 81	尚纯正 80	较醇厚 83	明亮尚匀齐 83	81.95
青刺尖茶 C	0.8	尚结实净度好 90	橙黄明亮 86	纯正高爽 90	醇厚 89	明亮尚匀齐 87	88.80
青刺尖茶 D	1.0	尚结实净度好 93	橙红明亮 92	纯正高爽 91	醇厚 92	明亮尚匀齐 90	91.75
青刺尖茶 E	1.2	尚结实净度好 89	红浓明亮 93	纯正 87	醇厚 90	明亮尚匀齐 88	89.30
青刺尖茶 F	1.4	尚结实净度好 84	红浓尚明亮 83	尚纯正 84	较醇厚 86	明亮尚匀齐 85	84.55
茯砖茶	-	尚结实净度好 94	红浓尚明亮 93	纯正高爽 91	醇厚 94	明亮尚匀齐 92	92.90

2.6 金花菌发酵青刺尖茶茶汤成分的变化

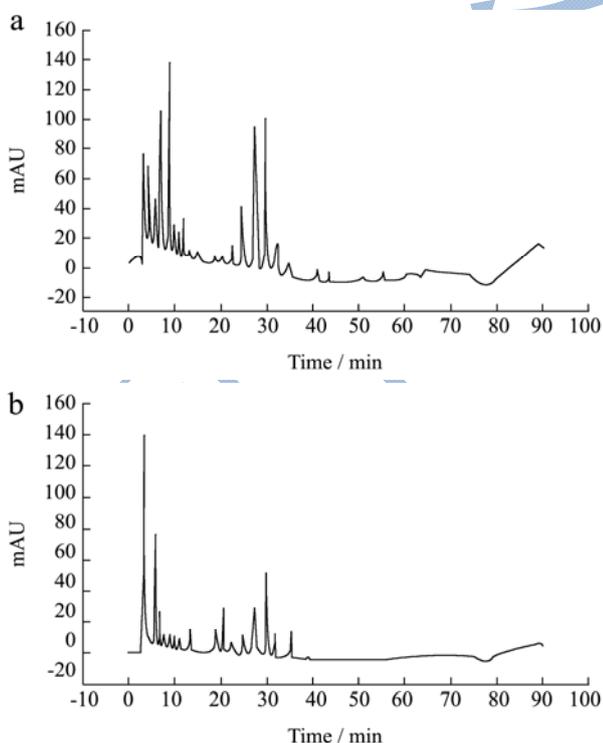


图 13 发酵青刺尖茶 (a) 和未发酵青刺尖茶 (b) 的 HPLC 指纹图谱

Fig.13 HPLC fingerprints of fermented tea (a) and unfermented tea (b) of *P. utilis* royle

用 HPLC 指纹图谱法分别检测金花菌发酵的青刺

尖茶和青刺尖茶的茶汤成分, 结果见图 13。

由图 13 可知: 金花菌发酵青刺尖茶后, 成分存在一定的差异, 在 20~60 min 可明显看出金花菌发酵的青刺尖茶, 茶汤中物质的种类比未发酵的青刺尖茶丰富。

3 结论

3.1 电子舌与电子鼻分析的结果表明, 与未接种金花菌的青刺尖茶比较, 其经金花菌发酵后, 无论是滋味口感, 还是干茶和茶汤的香气, 都有不同程度的变化, 表现出丰富多样的滋味和香气。接种 1.0 mL、1.2 mL 和 1.4 mL 金花菌发酵的青刺尖茶与未接种金花菌的青刺尖茶比较, 差异最明显。分析对比金花菌发酵的青刺尖茶茶汤色度及其感官评价结果, 可以看出, 二者所得结论一致, 即接种 1.0 mL 金花菌发酵的青刺尖茶, 感官评价得分 91.75, 茶汤的明亮度值 70.32、红绿色度值 8.99、黄蓝色度值为 76.00、色相值 8.45、色差值 78.00, 发酵茶的综合品质最佳, 品质最优, 与优质茯砖茶的得分接近。

3.2 高效液相色谱指纹图谱分析未发酵的青刺尖茶和品质评审最优的金花菌发酵青刺尖茶, 接种 1.0 mL 金花菌发酵的青刺尖茶, 品质评审最优, 其茶汤成分变化较未发酵的青刺尖茶明显, 发酵后茶汤的成分种类比发酵前更加丰富多样, 这也是其滋味和香气更加

丰富、多样的物质基础。

参考文献

- [1] Zhan S Q. Identification and determination of total flavonoids from *Prinsepia utilis* Royle [J]. Medicinal Plant, 2010, 10: 12-15
- [2] 陈云兰. 茯砖茶“金花菌”的分类鉴定及其对茯砖茶品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2004
CHEN Yun-lan. “Jinhua fungus”: Taxonomic position and influences on quality of Fuzhuan tea [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2004
- [3] Fu D H, Ryan E P, Huang J A, et al. Fermented *Camellia sinensis*, Fu Zhuan tea, regulates hyperlipidemia and transcription factors involved in lipid catabolism [J]. Food Research International, 2011, 44(9): 2999-3005
- [4] Keller A C, Weir T L, Broeckling C D. Antibacterial activity and phytochemical profile of fermented *Camellia sinensis* (fuzhuan tea) [J]. Food Research International, 2013, 53(2): 945-949
- [5] 陈秀燕, 陈松, 郑华, 等. 普洱生茶优势菌种分离纯化及其对普洱茶品质影响初探[J]. 现代食品科技, 2009, 25(6): 604-607
CHEN Xiu-yan, CHEN Song, ZHENG Hua, et al. Purification of predominant microbes from Pu'er tea and their effects on the quality of Pu'er tea [J]. Modern Food Science and Technology, 2009, 25(6): 604-607
- [6] Peris M, Escuder-Gilabert L. On-line monitoring of food fermentation processes using electronic noses and electronic tongues: A review [J]. Analytica Chimica Acta, 2013, 804: 29-36
- [7] 梁志铭, 陈继伟, 王立波, 等. 人工接种真菌固态发酵对普洱茶品质和功能的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(21): 274
LIANG Zhi-ming, CHEN Ji-wei, WANG Li-bo, et al. Effect of artificial fungus-inoculated fermentation on sensory, chemical and microbiological attributes and health care functions of Pu'er tea [J]. Food Science, 2009, 30(21): 274
- [8] 刘远方, 李阳, 梁飞, 等. 绿茶香气的电子鼻分析方法研究[J]. 食品科技, 2009, 37(1): 58-63
LIU Yuan-fang, LI Yang, LIANG Fei, et al. Measurement of green tea by electronic nose [J]. Food Science and Technology, 2009, 37(1): 58-63
- [9] 甘芝霖, 刘远方, 杨阳, 等. 基于电子舌技术对信阳毛尖茶品质的评价[J]. 食品工业科技, 2013, 34(3): 73-76
GAN Zhi-lin, LIU Yuan-fang, YANG Yang, et al. Evaluation of Xinyang Maojian tea's quality by electronic tongue technology [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(3): 73-76
- [10] GB/T 23776-2009, 茶叶感官评审方法[S]
GB/T 23776-2009, Tea sensory evaluation method [S]
- [11] 付赢萱, 刘通讯. 多酚氧化酶对普洱茶渥堆发酵过程中品质变化的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(3): 197-201
FU Ying-xuan, LIU Tong-xun. Effects of PPO on the fermentation process and the quality of Pu-erh tea [J]. Modern Food Science and Technology, 2015, 31(3): 197-201
- [12] Buratti S, Casiraghi A, Minghetti P, et al. The joint use of electronic nose and electronic tongue for the evaluation of the sensorial properties of green and black tea infusions as related to their chemical composition [J]. Food & Nutrition Sciences, 2013, 4(6): 605-615
- [13] Banerjee R, Tudu B, Shaw L, et al. Instrumental testing of tea by combining the responses of electronic nose and tongue [J]. Journal of Food Engineering, 2012, 110(3): 356-363
- [14] Ragazzo-Sanchez J A, Chalier P, Chevalier D, et al. Identification of different alcoholic beverages by electronic nose coupled to GC [J]. Sensors & Actuators B Chemical, 2008, 134(1): 43-48