

加工工艺对枇杷叶茶品质的影响

史新¹, 田祥涛¹, 邵雅坤¹, 赵小娜¹, 郭颖树², 黄荏岚³, 鲁周民^{1*}

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨陵 712100;
3. 西北农林科技大学 经济管理学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 研究不同加工工艺流程及参数条件对枇杷叶茶品质的影响, 为提高枇杷叶茶品质提供技术参考。以新发芽的夏梢枇杷幼叶为材料, 杀青后分别采用先揉后炒、先炒后揉再炒和先揉后炒再揉再炒 3 种工艺流程及不同参数加工枇杷叶茶, 对叶茶主要功能成分和冲泡性状指标进行检测, 并运用主成分分析和聚类分析法进行综合评价。结果表明, 不同工艺流程对枇杷叶茶的品质有较大影响, 先揉后炒工艺所制叶茶的总黄酮、茶多酚及总三萜酸的平均含量显著高于先炒后揉再炒工艺, 而先炒后揉再炒工艺的可溶性总糖和游离氨基酸含量显著高于先揉后炒工艺, 3 种工艺下所制枇杷叶茶均具有较强的抗氧化活性。工艺流程、揉捻时间相同条件下, 随着炒制时间的延长, 茶中总黄酮、茶多酚及总三萜酸含量呈先上升后下降趋势, 而游离氨基酸含量大多呈下降趋势。综合主成分分析及感官品质评价, 以枇杷新梢幼叶为原料加工叶茶, 采用蒸汽杀青 75 s、揉捻 5 min 后再炒制 25 min 加工的叶茶品质较好。

关键词: 枇杷幼叶; 制茶; 工艺条件; 品质

中图分类号: S667.3

文献标志码: A

文章编号: 1001-7461(2023)03-0101-07

Effects of Processing Technology on the Quality of Loquat Leaf Tea

SHI Xin¹, TIAN Xiang-tao¹, SHAO Ya-kun¹, ZHAO Xiao-na¹, GUO Ying-shu²,
HUANG Ren-lan³, LU Zhou-min^{1*}

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China;

2. College of Life Science, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China;

3. College of Economics and Management, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: The effects of different technological processes and parameters on the quality of loquat leaf tea were studied to provide technical reference for improving the quality of loquat leaf tea. Taking new bud tip of loquat young leaves collected in summer as materials, three processing methods with different processing parameters were adopted to screen optimal one, i. e., rolling first then stir-frying; stir-frying first then rolling, and stir-frying again; rolling first, then stir-frying, and then rolling again. The chemical constituents and parameters related tea-brewing of the processed products were measured. Principal component analysis and cluster analysis method were used for comprehensive evaluation. The results showed that different processing methods presented significant impacts on the tea quality. The average contents of total flavonoids, polyphenols and total triterpenoid acids of the loquat leaf tea prepared by the method of rolling first and then stir-frying were significantly higher than those prepared by stir-frying first and then rolling. However, the contents of soluble sugar and free amino acids of the tea prepared by stir-frying first and then rolling were significantly higher than those prepared by rolling first and then stir-frying. The teas prepared three methods all exhibited strong antioxidant capacity. Under the same technological process and rolling time,

收稿日期: 2022-04-15 修回日期: 2022-06-20

基金项目: 大学生创新创业训练计划支持项目(S202110712076); 财政部“以大学为依托的农业科技推广模式建设”项目(XTG2021023)。

第一作者: 史新。研究方向: 经济林资源利用。E-mail: 974102748@qq.com

* 通信作者: 鲁周民, 研究员。研究方向: 经济林果品加工利用。E-mail: lzm@nwsuaf.edu.cn

with the extension of stir-frying time, the contents of total flavonoids, polyphenols and total triterpenoid acids basically increased first and then decreased, while the contents of free amino acids mostly decreased. Based on principal component analysis and sensory quality evaluation, the optima processing technology was determined; the leaves were steamed for 75 s, rolled for 5 min and then stir-fried for 25 min.

Key words: loquat young leaf; tea processing; process condition; quality

枇杷(*Eriobotrya japonica*)是蔷薇科(Rosaceae)枇杷属(*Eriobotrya*)的常绿小乔木,适应温暖湿润的气候^[1],是秦岭以南的优势果树产业。在华南地区,枇杷树一年抽梢次数可达4次,尤其在春夏2季枝梢生长量最大,枇杷叶资源十分丰富^[2]。现代研究表明,枇杷叶中含有多糖类、三萜酸类、黄酮类、多酚类等多种有效活性成分,多糖对DPPH自由基、羟自由基都具有较好的清除能力,具有抗氧化的作用^[3],三萜化合物有抗炎、抗菌、护肝的作用^[4],黄酮化合物具有良好的抗氧化活性^[5],多酚类中的原花青素有促进血液循环、保护视力等作用^[6]。枇杷叶具有较高的药用价值和食用保健功能^[7],常作为药材被用于治疗肺热咳嗽、气逆喘急等疾病,其叶中分离出的倍半萜糖苷可以调节肠道微生物群从而起到预防Ⅱ型糖尿病的作用^[8];多种含枇杷叶的中药配方,如芡实合剂用于治疗肾系疾病^[9]。枇杷叶与金银花、菊花可复合制成凉茶饮料,具有清热解渴、止暑生津的功效^[10],与三季青茶混合制成新型发酵茶,可有效抑制餐后高甘油三酯血症^[11],也可与夏收绿茶共发酵,制作一种抗糖尿病的功能食品^[12]。

由于枇杷独特的生长抽枝和开花习性,在生产管理过程中需要对春梢进行疏芽和摘心处理,并在采果后,将大量结果枝、徒长枝疏除或短截会造成大量新发芽的春夏梢被废弃而浪费。目前市面上销售的枇杷叶茶都是以枇杷老叶为原料制成,对于以新发幼叶为原料的制茶工艺系统研究还鲜见报道。研究表明,枇杷叶生长过程中,新叶的总黄酮含量高于老叶^[13],对枇杷春、夏梢新叶进行制茶利用,可有效减少原料浪费,且能产生更大的经济效益。已有研究发现,枇杷幼叶长度为2~13 cm的春、夏梢新叶所制枇杷叶茶品质最优^[2],但其仅对杀青方式,烘干温度、时间进行了研究,对传统制茶的关键步骤炒制及揉捻未见报道。本研究以枇杷夏梢新叶为原料,用不同工艺流程及参数进行叶茶加工,并对叶茶成品进行成分和品质分析,旨在探明制茶过程中最佳的加工工艺流程及工艺参数,为枇杷叶的开发利用提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与主要试剂

枇杷夏梢新叶于2021年7月在西北农林科技

大学南校区实生枇杷园采摘,叶长2~13 cm。采摘后的鲜叶立即带回实验室,清理叶片上的灰尘、杂质,剔除大小不合适及有病虫害的叶片,然后置于通风干燥处摊晾3 h失去少量水分,蒸汽杀青75 s^[14]后备用。

浓硫酸,天津光复精细化工研究所;无水乙醇、碳酸钠、碳酸氢二钠,广东光华科技股份有限公司;1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)(分析纯),东京化成工业公司;高氯酸、冰乙酸成都市科隆化学制品有限公司。

1.2 主要仪器与设备

REX-C100型炒茶锅炉,欢瑾(莆田)电子商务有限公司;350-8519型万分之一分析天平,瑞士普利赛斯公司;H1850型台式高速离心机,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;UV-1240型紫外可见分光光度计,日本岛津公司。

1.3 试验方法

1.3.1 不同揉捻和炒制工艺流程的比较研究 分别取60 g杀青后的枇杷叶18份,按表1工艺流程及时间参数进行试验。

对每种工艺所制枇杷叶茶进行总黄酮、茶多酚、总三萜酸、抗氧化活性、游离氨基酸、可溶性总糖、水浸出物质量分数及感官品质分析,每个试验3次重复,综合评价茶成品品质。

1.3.2 指标测定方法

1.3.2.1 感官评价 参考《GB/T 23776—2018 茶叶感官审评方法》略作改动:取1.0 g茶样,置于白色纸杯中,注入50 mL沸水冲泡4 min,由经过培训的9名人员组成评审小组,从茶叶外形、汤色、滋味、香气和叶底进行打分。按照外形×10%+汤色×25%+滋味×30%+香气×25%+叶底×10%计算得出各工艺的总分,去掉1个最高分和1个最低分后的分值平均值作为感官评分。

1.3.2.2 功能成分测定 取0.300 g枇杷叶茶粉末加入5 mL 50%乙醇,在温度30℃、功率100 W条件下超声提取40 min,10 000 r·min⁻¹离心10 min,重复操作1次,合并上清液,定容至10 mL^[2]。总黄酮含量测定参考韩爱芝等^[15-16]的方法;茶多酚含量测定参考GB/T 8313—2013《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》;总三萜酸含量测定参考

罗美红等^[17]的方法;抗氧化活性测定采用 DPPH 清除自由基法^[18-19]。

1.3.2.3 营养成分测定 取 0.300 g 枇杷叶茶粉末加入 5 mL 蒸馏水,水浴锅中沸水浴 45 min,6 000 r·min⁻¹ 离心 10 min,重复操作 1 次,合并上清液,定容至 10 mL^[2]。游离氨基酸含量测定参考 GB/T 8314—2013《茶游离氨基酸总量的测定方

法》;可溶性总糖质量分数测定参考徐美蓉等^[20]的方法;水浸出物质量分数参考 GB/T 8305—2013《茶水浸出物测定方法》。

1.4 数据处理

采用 Excel 2019 和 SPSS 22.0 进行数据统计和处理,采用 OriginPro 2022 进行绘图。通过主成分分析和聚类分析对各工艺枇杷叶茶品质进行评价。

表 1 枇杷叶制茶工艺流程及时间参数

| Table 1 Treatment methods and parameters of loquat leaf tea processing | | min | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------|------|------|----|----|----|----|----|
| 工艺顺序 | | 工艺编号 | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 先揉捻后炒制(A) | 揉捻时间 | 5 | 5 | 5 | 8 | 8 | 8 |
| | 炒制时间 | 22 | 25 | 28 | 22 | 25 | 28 |
| 先炒后揉再炒(B) | 炒制时间 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | 揉捻时间 | 5 | 5 | 5 | 8 | 8 | 8 |
| 先揉后炒再揉再炒(C) | 炒制时间 | 12 | 15 | 18 | 12 | 15 | 18 |
| | 揉捻时间 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 炒制时间 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | 揉捻时间 | 2 | 2 | 2 | 6 | 6 | 6 |
| | 炒制时间 | 12 | 15 | 18 | 12 | 15 | 18 |

2 结果与分析

2.1 不同工艺条件下枇杷叶茶主要功能成分及抗氧化活性结果

不同工艺所制枇杷叶茶中总黄酮、茶多酚、总三萜酸含量及 DPPH 自由基清除率测定结果见图 1。相同工艺、揉捻时间相同的情况下,总黄酮(图 1a)、茶多酚(图 1b)、总三萜酸(图 1c)3 种功能成分含量随炒制时间的延长大多呈现先升后降的趋势,以炒制时间为 25 min 时的功能成分含量较高。但在 A 工艺中揉捻 8 min 的黄酮含量、B 工艺中揉捻 5 min 的茶多酚和总三萜酸含量随炒制时间延长表现出不同的变化,这可能是枇杷新叶背面的绒毛较多导致测定时产生误差^[14-15]。枇杷叶茶 DPPH 自由基清除率(图 1d)92.44%~95.54%,多数工艺所制叶茶的 DPPH 自由基清除率差异不显著。叶茶对 DPPH 自由基的清除率均大于 90%,且自由基清除率与该物质抗氧化能力呈正相关^[21],可见枇杷叶茶具有良好的抗氧化活性。

不同工艺所制叶茶中总黄酮、茶多酚及总三萜酸的平均含量结果见表 2。工艺 A 所制的枇杷叶茶中主要功能成分的平均含量最高,且显著高于工艺 B 所制的叶茶($P<0.05$),工艺 C 所制叶茶的含量均处于中间位置。工艺 B 所制叶茶中主要功能成分的平均含量最低,可能是因为 B 工艺炒制后枇杷叶的温度较高,直接进行热揉,导致部分功能成分损失。有研究表明,酚类物质对热比较敏感,遇热会加

速氧化或分解。在高温下揉捻,茶多酚会加速氧化分解而黄酮结构被破坏,从而导致茶多酚和总黄酮的含量降低,这与蒋金星等^[22]、田建华^[23]的结果一致。当温度超过 50 ℃时总三萜酸的含量随温度的升高而下降^[24],与本试验的结果一致。

表 2 3 种工艺顺序所制叶茶主要功能成分平均含量

| Table 2 The average contents of main functional components of loquat leaf tea prepared by three technological processes | | | | mg·g ⁻¹ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| 工艺 | 总黄酮 | 茶多酚 | 总三萜酸 | |
| 工艺 A | 9.16±0.26 ^a | 79.38±3.30 ^a | 31.40±1.75 ^a | |
| 工艺 B | 7.16±0.31 ^b | 61.82±3.73 ^b | 21.37±1.82 ^b | |
| 工艺 C | 7.20±0.29 ^b | 68.32±4.24 ^{ab} | 25.35±1.34 ^{ab} | |

注:不同字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

2.2 不同工艺条件下枇杷叶茶水浸出物及营养成分变化

对枇杷新叶在不同工艺条件下所制叶茶营养成分进行可溶性总糖、游离氨基酸和水浸出物含量测定(表 3)。枇杷叶茶的营养成分中可溶性总糖含量为 22.84~51.05 mg·g⁻¹,游离氨基酸含量为 2.04~6.76 mg·g⁻¹。枇杷叶茶的水浸出物质量分数在 41.28%~45.90%,C2 工艺所制叶茶水浸出物质量分数(46.60±1.00%)显著高于其他工艺($P<0.05$)。茶叶中能溶于水的可溶性物质的组成和含量综合决定着茶叶品质,一般茶叶水浸出物质量分数在 30%~48%^[25],本试验所制枇杷叶茶水浸出物含量在该范围内。

不同工艺处理所制叶茶中可溶性总糖、游离氨

基酸及水浸出物质量分数的平均含量结果见图 2。工艺 B 所制叶茶的营养成分含量明显高于其他 2 种工艺,工艺 A 所制叶茶的营养含量最低。故 3 种工艺营养成分的含量与热揉的时间呈正比,可能是在较高温度揉捻有利于枇杷叶茶中的营养物质的溢出。朱宏凯等^[26]的研究指出,相同时间内揉捻的温度越高,可溶性总糖的质量分数越高,与本试验的结果一致。袁海波等^[27]的研究指出,热揉工艺有助于原料茶获得较高的氨基酸含量,一定温度条件下的揉捻有利于蛋白质的不断分解,从而积累较多的氨基酸类物质,而氨基酸本身较容易在水溶液中浸出,因此可获得较高的浸出率和浸出量,与本试验的结果一致。枇杷叶茶水浸出物质量分数最高的是工艺 C 所制叶茶,最低的是工艺 A 所制叶茶,该顺序与功能成分平均含量和营养成分平均含量的规律均不同,可以看出不同的加工工艺顺序对枇杷叶茶的品质具有较大影响。

2.3 不同工艺条件下枇杷叶茶感官品质

评审小组成员对不同工艺所制枇杷叶茶的感官品质评价打分结果见表 4。可以看出,外形评分、汤色评分和叶底评分最高的为 A2 工艺所制叶茶,与其他工艺所制叶茶有明显差异($P < 0.05$)。根据单

表 3 3 种工艺顺序所制叶茶可溶性总糖、游离氨基酸和水浸出物含量

Table 3 The contents of soluble total sugar, free amino acid and water extract of loquat leaf tea prepared by three technological processes

| 工艺编号 | 可溶性总糖/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) | 游离氨基酸/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) | 水浸出物质量 分数(%) |
|------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|
| A1 | $39.78 \pm 0.85^{\text{de}}$ | $5.67 \pm 0.18^{\text{bc}}$ | $43.76 \pm 0.88^{\text{cd}}$ |
| A2 | $37.70 \pm 0.88^{\text{ef}}$ | $4.83 \pm 0.05^{\text{ef}}$ | $43.34 \pm 1.59^{\text{cd}}$ |
| A3 | $22.84 \pm 1.81^{\text{h}}$ | $2.04 \pm 0.14^{\text{j}}$ | $43.86 \pm 1.79^{\text{cd}}$ |
| A4 | $39.78 \pm 1.94^{\text{de}}$ | $4.71 \pm 0.11^{\text{fg}}$ | $41.80 \pm 0.70^{\text{de}}$ |
| A5 | $33.61 \pm 2.76^{\text{fg}}$ | $2.20 \pm 0.12^{\text{j}}$ | $41.28 \pm 0.92^{\text{e}}$ |
| A6 | $39.09 \pm 3.13^{\text{de}}$ | $2.80 \pm 0.23^{\text{i}}$ | $41.35 \pm 1.82^{\text{e}}$ |
| B1 | $51.05 \pm 2.79^{\text{a}}$ | $6.76 \pm 0.34^{\text{a}}$ | $43.44 \pm 1.51^{\text{cd}}$ |
| B2 | $42.88 \pm 2.91^{\text{cd}}$ | $6.50 \pm 0.31^{\text{a}}$ | $42.46 \pm 0.86^{\text{cde}}$ |
| B3 | $41.60 \pm 1.03^{\text{cde}}$ | $4.43 \pm 0.16^{\text{gh}}$ | $44.64 \pm 0.63^{\text{bc}}$ |
| B4 | $43.98 \pm 3.07^{\text{bc}}$ | $5.93 \pm 0.18^{\text{b}}$ | $43.46 \pm 0.30^{\text{cd}}$ |
| B5 | $42.76 \pm 1.50^{\text{cd}}$ | $5.45 \pm 0.16^{\text{cd}}$ | $41.49 \pm 0.04^{\text{e}}$ |
| B6 | $29.61 \pm 0.83^{\text{g}}$ | $4.58 \pm 0.34^{\text{fgh}}$ | $44.76 \pm 0.73^{\text{bc}}$ |
| C1 | $47.57 \pm 3.11^{\text{ab}}$ | $4.26 \pm 0.12^{\text{h}}$ | $42.60 \pm 0.41^{\text{cde}}$ |
| C2 | $42.90 \pm 2.33^{\text{cd}}$ | $4.89 \pm 0.16^{\text{ef}}$ | $46.60 \pm 1.00^{\text{a}}$ |
| C3 | $46.33 \pm 1.82^{\text{ab}}$ | $4.87 \pm 0.16^{\text{ef}}$ | $44.26 \pm 1.15^{\text{bcd}}$ |
| C4 | $37.71 \pm 1.91^{\text{ef}}$ | $5.06 \pm 0.38^{\text{de}}$ | $43.91 \pm 0.86^{\text{cd}}$ |
| C5 | $30.17 \pm 2.26^{\text{g}}$ | $4.84 \pm 0.38^{\text{ef}}$ | $45.90 \pm 1.21^{\text{ab}}$ |
| C6 | $39.76 \pm 1.09^{\text{de}}$ | $4.81 \pm 0.03^{\text{ef}}$ | $43.39 \pm 1.42^{\text{cd}}$ |

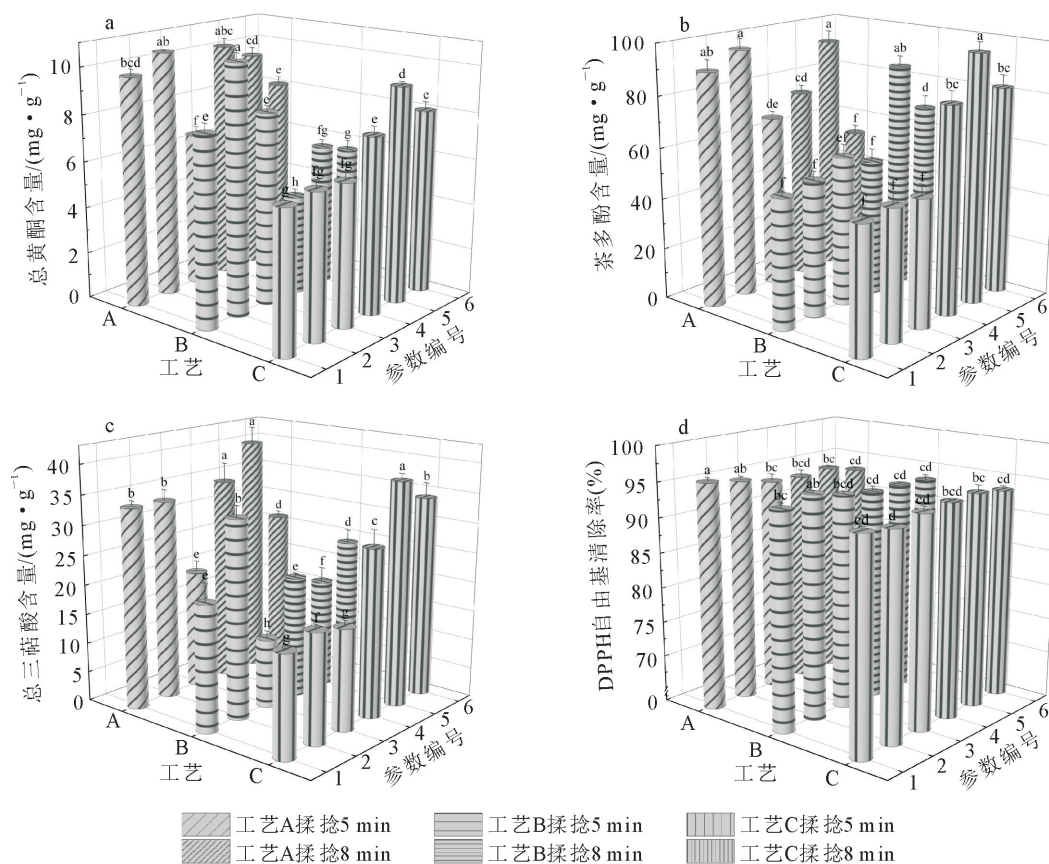


图 1 3 种工艺顺序所制叶茶主要功能成分变化

Fig. 1 Changes of the main functional components of leaf tea prepared by three technological processes

一的评分加和得到 A2 工艺所制叶茶总分最高(88.82),B3 工艺所制叶茶总分最低(83.23)。在相同工艺相同揉捻时间的情况下,随炒制时间的延长得分总体呈现先升后降的趋势,炒制时间为 25 min 时感官品质最好,其中 A5(84.08)、C2(85.11)工艺不符预期,可能是由于翻炒速度较慢,有部分叶片焦糊,造成口感欠佳。

2.4 主成分分析

将枇杷新叶分为不同炒制时间与揉捻时间下的 18 种组合,对制得的茶成品进行 7 项基本指标测定,并进行主成分分析,通过降维处理以便简化计算。选取主成分使其累计方差贡献率大于 85%。最终得到各主成分的特征值、方差累计贡献率等(表 5)。可以看出,共提取出了 4 个主成分,累计方差贡献达到了 86.597%,即可以代表原先 7 个指标的 86.597%。4 个主成分的特征值分别为 2.825、1.626、1.049、0.561。第 1 主成分可以反映茶多酚、总三萜酸、总黄酮、DPPH 的信息,方差贡献率达到

40.359%;第 2 主成分主要反映可溶性总糖、游离氨基酸的信息,方差贡献率可达 23.232%;第 3 主成分反映了水浸出物的信息,方差贡献率为 14.990%。

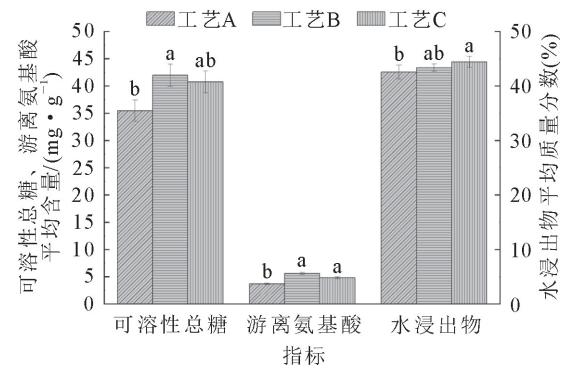


图 2 3 种工艺顺序所制叶茶主要营养成分平均含量及水浸出物质量分数

Fig. 2 The average contents of main nutrients and the mass fraction of water extract of loquat leaf tea by different making processes

表 4 3 种工艺顺序所制枇杷叶茶感官品质评价

Table 4 Sensory quality evaluation of loquat leaf tea prepared by three technological processes

| 工艺编号 | 外形(10%) | 汤色(25%) | 滋味(30%) | 香气(25%) | 叶底(10%) | 总分 |
|------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|
| A1 | 85.86±3.68 ^{cd} | 84.71±3.84 ^{efg} | 83.00±3.38 ^e | 82.14±5.59 ^{fg} | 82.86±3.48 ^{fg} | 83.49 |
| A2 | 91.25±3.92 ^a | 89.00±4.11 ^a | 88.38±4.88 ^{ab} | 86.75±4.11 ^{ab} | 87.00±4.81 ^a | 88.28 |
| A3 | 85.75±4.58 ^{cd} | 84.75±5.62 ^{efg} | 85.38±5.49 ^{de} | 87.63±3.88 ^a | 85.88±3.28 ^{ab} | 85.87 |
| A4 | 83.63±4.44 ^{ij} | 86.75±5.57 ^{bc} | 85.25±6.21 ^{de} | 87.25±5.99 ^a | 82.75±3.36 ^{fg} | 85.71 |
| A5 | 86.38±5.44 ^{cd} | 84.13±6.93 ^{fg} | 84.25±6.56 ^{efg} | 84.00±5.85 ^{de} | 81.38±6.36 ^h | 84.08 |
| A6 | 84.63±4.95 ^{fgh} | 86.75±5.39 ^{bc} | 85.50±3.51 ^{de} | 83.00±7.32 ^{ef} | 83.00±6.76 ^{fg} | 84.85 |
| B1 | 83.13±5.57 ^j | 82.25±4.37 ⁱ | 87.38±5.95 ^{bc} | 84.13±7.95 ^{cd} | 83.63±3.77 ^{def} | 84.48 |
| B2 | 85.13±6.21 ^{de} | 84.88±5.19 ^{de} | 89.88±5.44 ^a | 86.63±5.77 ^{ab} | 84.00±4.05 ^{cde} | 86.75 |
| B3 | 84.63±5.04 ^{fgh} | 82.13±4.09 ⁱ | 83.00±5.55 ^e | 83.25±5.24 ^{ef} | 85.25±3.51 ^{bc} | 83.23 |
| B4 | 86.00±5.08 ^{cd} | 84.75±5.51 ^{efg} | 85.50±4.42 ^{de} | 85.00±4.75 ^{bc} | 83.38±4.59 ^{ef} | 85.03 |
| B5 | 84.13±4.19 ^{ghi} | 87.25±2.89 ^{ab} | 86.50±4.79 ^{cd} | 86.00±4.21 ^{abc} | 83.63±6.01 ^{def} | 86.04 |
| B6 | 85.00±4.14 ^{ef} | 84.14±3.44 ^{fg} | 87.14±4.76 ^{bc} | 88.00±4.34 ^a | 82.86±3.91 ^{fg} | 85.96 |
| C1 | 85.50±5.42 ^{cd} | 83.63±4.06 ^{gh} | 84.13±4.87 ^{efg} | 82.63±7.28 ^{ef} | 82.25±6.83 ^{gh} | 83.58 |
| C2 | 86.88±4.62 ^{bc} | 82.63±7.68 ^{hi} | 86.00±3.69 ^{cd} | 86.50±5.61 ^{ab} | 83.38±5.44 ^{ef} | 85.11 |
| C3 | 83.86±7.64 ^{hi} | 86.71±6.98 ^{bc} | 86.14±6.03 ^{cd} | 86.57±3.92 ^{ab} | 78.43±7.63 ⁱ | 85.39 |
| C4 | 87.14±7.77 ^{bc} | 85.00±6.37 ^{de} | 85.29±5.12 ^{de} | 84.00±6.32 ^{de} | 82.00±6.21 ^{gh} | 84.75 |
| C5 | 88.38±4.95 ^b | 85.88±4.41 ^{cd} | 84.88±5.05 ^{def} | 84.25±4.52 ^{cd} | 84.50±7.23 ^{bcd} | 85.28 |
| C6 | 84.50±4.11 ^{fgh} | 86.13±4.53 ^{cd} | 83.25±7.56 ^{fg} | 81.25±7.89 ^e | 81.88±6.17 ^{gh} | 83.46 |

不同工艺所制枇杷叶茶成品评价结果见表 6。根据 3 个主成分的元件矩阵计算出不同工艺下制成的茶成品得分,第 1 主成分中,先揉捻 5 min 再炒制 25 min 工艺下制成的茶成品所得分数最高;第 2 主成分中,先炒制 10 min 再揉捻 5 min 再炒制 15 min 工艺所制成的茶成品得分最高;第 3 主成分中,先揉捻 6 min 再炒制 10 min、再揉捻 2 min 再炒制 12 min 工艺下制成的茶成品得分最高。通过综合主成分公式得到综合得分,可以看出在先揉捻 5 min 再

炒制 22 min 工艺流程下制成的茶成品和先揉捻 5 min 再炒制 25 min 所制成的茶成品得分位列前茅,且这 2 个工艺制成的茶成品在前 3 个主成分中得分均为正值。

2.5 聚类分析

为进一步得到枇杷叶茶的最佳加工工艺,对不同工艺制得的茶成品各项基本指标进行聚类分析。由图 3 可以看出,当欧氏距离等于 6 时,可溶性总糖、游离氨基酸被聚为一类,DPPH、总黄酮、茶多

酚、总三萜酸被聚为一类,水浸出物单独一类。其中,可溶性总糖和游离氨基酸,总黄酮和总三萜酸最先聚为一类,越快聚在一起的指标说明其中的相关性越强,枇杷叶茶中的黄酮类化合物、茶多酚化合物和三萜酸类化合物都对 DPPH 抗氧化活性有重要的影响作用^[2]。在欧氏平方距离为 12 处,叶茶被分为 3 类,A1、A2、A4、A5、A6、B2、B5、C4、C6 这几个工艺制得的茶成品被聚为一类,A2、B6、C5 工艺所制茶成品被聚为一类,剩余工艺所制茶成品被聚为一类。该方法得出的结果与主成分分析所得结果大致相同。

表 5 各主成分的因子载荷、贡献率及因子权重

Table 5 Factor load,contribution rate and factor weight of each principal component

| 指标 | 因子载荷 | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 茶多酚 | 0.814 | -0.144 | 0.161 | 0.289 |
| 可溶性总糖 | -0.527 | 0.744 | -0.041 | 0.208 |
| 总三萜酸 | 0.869 | 0.099 | 0.166 | 0.271 |
| 总黄酮 | 0.795 | 0.326 | 0.001 | -0.008 |
| 游离氨基酸 | -0.193 | 0.834 | 0.350 | 0.081 |
| 水浸出物 | -0.168 | -0.222 | 0.927 | -0.188 |
| DPPH | 0.658 | 0.438 | -0.112 | -0.564 |
| 贡献率(%) | 40.359 | 23.232 | 14.990 | 8.016 |
| 累计贡献率(%) | 40.359 | 63.591 | 78.581 | 86.597 |
| 因子权重 | 0.466 | 0.268 | 0.173 | 0.093 |

表 6 3 种工艺顺序所制枇杷叶茶成品评价结果

Table 6 Evaluation results of loquat leaf tea prepared by three technological processes

| 工艺编号 | 主成分得分 | | | | 综合得分 | 综合排名 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| A1 | 2.16 | 1.39 | 0.46 | -0.65 | 1.21 | 1 |
| A2 | 2.39 | 0.63 | 0.21 | -0.08 | 1.13 | 2 |
| A3 | 0.34 | -2.89 | -0.65 | -1.30 | -0.74 | 13 |
| A4 | 1.32 | 0.53 | -0.45 | 0.70 | 0.64 | 6 |
| A5 | 2.68 | -1.24 | -1.07 | 0.61 | 0.69 | 5 |
| A6 | -0.71 | -1.01 | -1.50 | 0.09 | -0.74 | 14 |
| B1 | -1.38 | 2.18 | 0.18 | -0.07 | -0.03 | 9 |
| B2 | 0.88 | 2.25 | -0.08 | -0.58 | 0.82 | 4 |
| B3 | -1.12 | -0.02 | -0.03 | -0.94 | -0.74 | 12 |
| B4 | -2.14 | 0.42 | 0.09 | 0.12 | -0.74 | 11 |
| B5 | -0.70 | 0.26 | -0.54 | 0.81 | -0.24 | 10 |
| B6 | -0.53 | -1.48 | 0.64 | -0.17 | -0.47 | 11 |
| C1 | -2.19 | 0.00 | -0.78 | 0.18 | -0.98 | 18 |
| C2 | -2.21 | -0.49 | 1.04 | 0.14 | -0.84 | 17 |
| C3 | -2.00 | 0.26 | 0.00 | -0.23 | -0.77 | 16 |
| C4 | 0.38 | -0.07 | 0.39 | 0.27 | 0.22 | 8 |
| C5 | 2.17 | -0.71 | 1.81 | 0.19 | 1.00 | 3 |
| C6 | 0.66 | -0.02 | 0.27 | 0.91 | 0.38 | 7 |

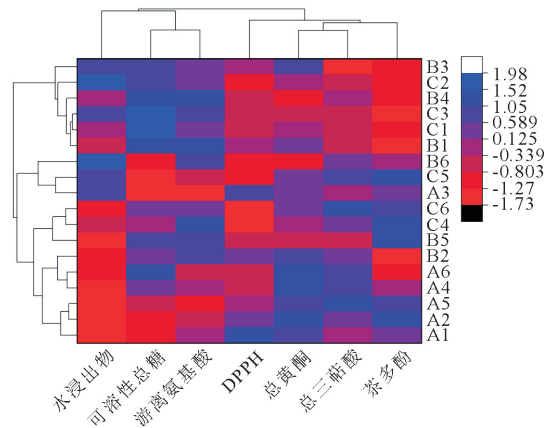


图 3 不同工艺条件所制枇杷叶茶各项指标聚类热图

Fig. 3 Cluster heat map of indexes of loquat leaf tea prepared under different technological conditions

3 结论

研究表明,不同加工工艺流程对枇杷叶茶的品质具有较大影响,先揉后炒工艺所制叶茶的总黄酮、茶多酚及总三萜酸的含量显著高于先炒后揉再炒工艺所制叶茶,而可溶性总糖、游离氨基酸的含量是先炒后揉再炒工艺显著高于先揉后炒工艺,先揉后炒再揉再炒工艺所制叶茶的上述指标居中。3 种工艺所制枇杷叶茶 DPPH 自由基清除率均大于 90%,具有较好的抗氧化活性。同一工艺流程和相同揉捻条件下,随着炒制时间的延长,总黄酮、茶多酚及总三萜酸含量均呈先上升后下降趋势,而游离氨基酸含量大多呈下降趋势。结合主要营养成分及功能成分含量,以水浸出物的质量分数为因子的主成分分析结果及感官评价,综合得出以枇杷新梢幼叶为原料加工叶茶,采用蒸汽杀青 75 s、揉捻 5 min 后再炒制 25 min 所加工的叶茶品质较佳。

参考文献:

- [1] 邱武陵,章恢志. 中国果树志:龙眼枇杷卷[M]. 北京:中国林业出版社,1996:5-44.
- [2] 赵小娜,张云云,王增斌,等. 枇杷叶伸长期主要成分变化及制茶适性研究[J]. 食品科学,2021,42(14):202-208.
ZHAO X N,ZHANG Y Y,WANG Z B,*et al.* Changes in major components and tea making suitability of loquat leaves during growth[J]. Food Science,2021,42(14):202-208. (in Chinese)
- [3] 王娟,袁绍莉,王丹. Box-Behnken 响应面法优化枇杷叶多糖提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. 中国食品添加剂,2021,32(6):47-54.
WANG J,YUAN S L,WANG D. Optimization of extraction process and antioxidant activity of polysaccharides from Eriobotrya japonica leaves by Box-Behnken response surface methodology[J]. China Food Additives,2021,32(6):47-54. (in Chinese)

- nese)
- [4] BAO H L, SUN W Y, JIN Y, *et al.* Preparative separation of structural isomeric pentacyclic triterpenes from *Eriobotrya japonica* (Thunb.) leaves by high speed countercurrent chromatography with hydroxypropyl- β -cyclodextrin as additive[J]. *Journal of Chromatography A*, 2021, 1646: 402066.
- [5] 玉澜, 黄宏清, 吴承武, 等. 超声波辅助双水相提取枇杷叶中的黄酮及其抗氧化研究[J]. *饲料研究*, 2022, 45(1): 67-71.
- YÜ L, HUANG H Q, WU C W, *et al.* Ultrasonic-assisted two-phase extraction of flavonoids from loquat leaves and their antioxidant activity[J]. *Feed Research*, 2022, 45(1): 67-71. (in Chinese)
- [6] TAO W Y, PAN H B, JIANG H, *et al.* Extraction and identification of proanthocyanidins from the leaves of persimmon and loquat[J]. *Food Chemistry*, 2022, 372.
- [7] 张玉, 王建清. 枇杷的营养及功能成分研究进展[J]. *食品科学*, 2005(9): 584-586.
- ZHANG Y, WANG J Q. Progress in nutrition and functional components of loquat[J]. *Food Science*, 2005(9): 584-586. (in Chinese)
- [8] WU R Y, ZHOU L N, CHEN Y, *et al.* Sesquiterpene glycoside isolated from loquat leaf targets gut microbiota to prevent type 2 diabetes mellitus in db/db mice[J]. *Food & Function*, 2022, 13(3): 1519-1534.
- [9] 张燕伟, 焦剑. 浅谈枇杷叶方药在肾系疾病中的应用[J]. *中国民间疗法*, 2021, 29(24): 80-83.
- [10] 纪春苗, 陈长毅. 金银花菊花枇杷叶复合凉茶饮料的研制[J]. *中国科技信息*, 2016(21): 48-50.
- [11] KAZUNARI T, SHIZUKA T, SHOKO N, *et al.* Hypotriacylglycerolemic and antiobesity properties of a new fermented tea product obtained by tea-rolling processing of third-crop green tea (*Camellia sinensis*) leaves and loquat (*Eriobotrya japonica*) leaves[J]. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2010, 74(8): 1606-1612.
- [12] TAMAYA K, MATSUI T, TOSHIMA A, *et al.* Suppression of blood glucose level by a new fermented tea obtained by tea-rolling processing of loquat (*Eriobotrya japonica*) and green tea leaves in disaccharide-loaded Sprague-Dawley rats[J]. *Journal of the science of food and agriculture*, 2010, 90(5): 779-783.
- [13] 罗美红, 吕寒, 李维林. 枇杷叶中总黄酮含量的高效液相色谱测定[J]. *时珍国医国药*, 2011, 22(3): 582-583.
- [14] 赵小娜. 枇杷叶茶加工技术研究[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学, 2021.
- [15] 韩月, 李占君, 李梦媛, 等. 响应面优化油桦中三萜类化合物提取工艺[J]. *森林工程*, 2021, 37(2): 79-85.
- HAN Y, LI Z J, LI M Y, *et al.* Optimization of the extraction process of triterpenoids from *Betula ovalifolia* by response surface[J]. *Forest Engineering*, 2021, 37(2): 79-85. (in Chinese)
- [16] 韩爱芝, 白红进, 耿会玲, 等. 响应面法优化超声辅助提取黑果枸杞叶片总黄酮的工艺研究[J]. *西北林学院学报*, 2013, 28(1): 114-118.
- HAN A Z, BAI H J, GENG H L, *et al.* Optimization of ultrasound-assisted extraction of total flavonoid from *Lycium ruthenicum* leaves by response surface methodology[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2013, 28(1): 114-118. (in Chinese)
- [17] 罗美红, 吕寒, 李维林. 枇杷叶中总三萜酸含量的测定[J]. *江苏农业科学*, 2011, 39(6): 549-550.
- [18] SRIDHAR K, CHARLES A L. In vitro antioxidant activity of Kyoho grape extracts in DPPH center dot and ABTS(center dot) assays: estimation methods for EC50 using advanced statistical programs[J]. *Food Chemistry*, 2019, 275: 41-49.
- [19] 吴袁琳, 赵听, 张凯煜, 等. 枇杷不同部位主要有效成分含量及抗氧化活性研究[J]. *西北林学院学报*, 2015, 30(1): 196-201.
- WU Y L, ZHAO T, ZHANG K Y, *et al.* Main active ingredient contents and the antioxidant activity of different parts of *Eriobotrya japonica*[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2015, 30(1): 196-201. (in Chinese)
- [20] 徐美蓉, 李晓蓉, 李婷. 响应面分析优化蒽酮硫酸法测定葡萄叶片中可溶性糖的含量[J]. *甘肃农业科技*, 2017(11): 25-29.
- [21] 赵楠楠, 朱晓冉, 李德海. 红松壳多酚、黄酮和多糖含量及抗氧化活性相关性的研究[J]. *现代食品科技*, 2017, 33(12): 44-49, 55.
- ZHAO N N, ZHU X R, LI D H. Study on the correlation between contents of polyphenols, flavonoids, polysaccharides in pinuskoraiensis seed putamina and their antioxidant activities[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2017, 33(12): 44-49, 55. (in Chinese)
- [22] 蒋金星, 何华锋, 褚飞洋, 等. 揉捻温度对工夫红茶滋味品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(7): 90-95.
- JIANG J X, HE H F, CHU F Y, *et al.* Effect of rolling temperature on the quality of congou black tea[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38(7): 90-95. (in Chinese)
- [23] 田建华. 干燥温度对沙棘果渣中 V_c 、 V_E 和总黄酮含量的影响[J]. *食品工程*, 2020(4): 30-32.
- TIAN J H. Effect of drying temperature on the content of V_c , V_E and total flavonoids in seabuckthorn fruit residue[J]. *Food Engineering*, 2020(4): 30-32. (in Chinese)
- [24] 汪文浩. 枇杷花灭酶、干制及其三萜酸提取工艺研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [25] 史锋厚, 蒋学莉, 郁世军, 等. 林茶复合经营对茶叶品质的影响[J]. *江苏农业科学*, 2018, 46(13): 117-119, 124.
- [26] 朱宏凯, 何华锋, 叶阳, 等. 温度对工夫红茶揉捻理化品质的影响[J]. *现代食品科技*, 2017, 33(5): 168-175.
- ZHU H K, HE H F, YE Y, *et al.* Influence of rolling temperature on physicochemical quality of congou black tea[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2017, 33(5): 168-175. (in Chinese)
- [27] 袁海波, 尹军峰, 邓余良, 等. 原料茶揉捻工艺对绿茶饮料品质的影响[J]. *茶叶科学*, 2014, 34(1): 29-35.
- YUAN H B, YIN J F, DENG Y L, *et al.* Effect of raw tea processing with different rolling technology on the quality of green tea beverage[J]. *Journal of Tea Science*, 2014, 34(1): 29-35. (in Chinese)