

做青工艺改善豫南黑毛茶的风味品质

郑杰^{1,2}, 马敬宜¹, 蔡艺蓓¹, 姚衡斌¹, 赵仁亮^{1*}

(1. 河南农业大学园艺学院, 河南郑州 450002) (2. 信阳市农业科学院, 河南信阳 464000)

摘要: 为进一步提升豫南黑毛茶的品质, 该实验将摇青工艺应用到豫南黑毛茶的初制中, 并对不同加工工艺过程中的主要生化成分进行测定, 利用高效液相色谱技术对不同加工工艺过程中的儿茶素类进行分析, 同时利用顶空固相微萃取气相色谱质谱联用仪对香气物质进行分析。结果表明, 传统工艺制作的黑毛茶其茶多酚、酯型儿茶素和氨基酸含量分别为 12.22%、33.72 $\mu\text{g/mL}$ 、19.77 mg/g, 新工艺制作的黑毛茶其茶多酚、酯型儿茶素和氨基酸含量分别为 9.87%、20.58 $\mu\text{g/mL}$ 、20.73 mg/g, 晒青和摇青工艺可使具有苦涩味的茶多酚和酯型儿茶素含量降低, 使具有鲜爽味的氨基酸含量升高; 新工艺制得的黑毛茶其花香、果香属性的化合物含量明显提高, 不愉快气味的化合物含量明显降低。综合分析, 引入摇青工艺可有效降低黑毛茶的苦涩味, 使滋味更加鲜爽, 香气品质显著提升。

关键词: 黑毛茶; 创新工艺; 生化成分; 香气; 品质特征

文章编号: 1673-9078(2021)10-237-246

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.10.0592

Flavor Improvement of Raw Black Tea from Southern Henan by Innovative Processing Techniques

ZHENG Jie^{1,2}, MA Jing-yi¹, CAI Yi-bei¹, YAO Heng-bin¹, ZHAO Ren-liang^{1*}

(1. College of Horticulture of Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

(2. Xinyang City Academy of Agricultural Sciences, Xinyang 464000, China)

Abstract: To further improve the quality of raw black tea from Southern Henan, the processes of sun-drying and shaking were introduced to the primary production of raw black tea from Southern Henan, and the main biochemical components in the tea in different processing stages were determined. The catechins in tea at different processing stages were analyzed by high-performance liquid chromatography. Concurrently, headspace solid-phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry was used to analyze the aroma compounds in the tea, with results: The contents of tea polyphenols, ester catechins, and amino acids in the raw black tea prepared by the traditional technique are 12.22%, 33.72 $\mu\text{g/mL}$, and 19.77 mg/g, respectively, whereas those in the raw black tea prepared by the new technique are 9.87%, 20.58 $\mu\text{g/mL}$, and 20.73 mg/g, respectively. Results show that, after sun-drying and shaking, the contents of bitter tea polyphenols and ester catechins noticeably decrease while the contents of refreshing amino acids increase. The contents of floral and fruity compounds in the raw black tea processed using the new technique increase significantly, while compounds with unpleasant smells decrease considerably. A comprehensive analysis suggests that introducing the shaking technique can effectively reduce the bitterness of raw black tea, making the taste more refreshing and enhancing the aroma significantly.

Key words: raw black tea; innovative technique; biochemical components; aroma; quality characteristics

引文格式:

郑杰, 马敬宜, 蔡艺蓓, 等. 做青工艺改善豫南黑毛茶的风味品质[J]. 现代食品科技, 2021, 37(10): 237-246

ZHENG Jie, MA Jing-yi, CAI Yi-bei, et al. Flavor improvement of raw black tea from southern henan by innovative processing techniques [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(10): 237-246

收稿日期: 2021-06-06

基金项目: 国家现代农业产业技术体系资助 (CARS-19); 河南省高等学校重点科研项目 (21A210020); 河南农业大学博士启动基金 (30500573); 河南农业大学科技创新基金 (KJCX2019A14)

作者简介: 郑杰 (1984-), 男, 助理研究员, 研究方向: 茶叶加工及品质化学, E-mail: 13903760374@163.com

通讯作者: 赵仁亮 (1983-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 茶叶加工及品质化学, E-mail: 584194216@qq.com

黑茶是我国特有茶类,属于后发酵,在边疆少数民族有“宁可三日无食,不可一日无茶”的说法^[1],由此可见黑茶在我国边疆少数民族日常生活占有地位。随着人们生活水平的提升,对黑茶保健功效的研究不断深入,研究表明黑茶具有减肥^[2-5]、降脂^[6-8]、调理肠胃^[9-11]、保护酒精性肝损伤^[12-13]等保健功能,这使得黑茶受到越来越多国内外消费者的认可,黑茶产业迅速发展壮大。其销售区域也从传统的边销,变为边销、内销和外销并举,生产区域也从四川、云南、湖南、湖北、广西等传统地域,逐渐扩大到河南、浙江、陕西等地。

晒青工艺和摇青工艺是乌龙茶加工过程中的关键工艺,摇青可以使鲜叶发生一系列生物化学变化,形成绿叶红镶边的特点以及独特的花果香。近年来,有很多学者将乌龙茶这一关键工艺应用到其他茶类上从而提高茶叶品质。贺麟以碧香早一芽一叶为原料在传统绿茶加工工艺中加入摇青工艺,制得的绿茶花香显露、滋味醇厚^[14]。也有研究表明,以夏秋茶为原料引入乌龙茶的做青工艺制成红茶,其酯型儿茶素发生氧化缩合转化成茶红素和茶黄素,苦涩味降低滋味醇厚^[15]。王飞权^[16]以黄观音茶树品种驻芽小开面三、四叶为原料引入摇青工艺,制得的白茶品质优异具有花香型白茶的品质特征。李慧等^[17-18]以崇州地区一芽一叶茶鲜叶为原料加入摇青工艺制作红茶,结果表明摇青40 min 的红茶其游离氨基酸含量增加了1.87%,茶多酚含量降低了3.25%,酯型儿茶素含量降低;摇青工艺可使红茶增加10~11个香气成分,引入摇青工艺的红茶其花香、果香、甜香更为突出。

本研究以茶树品种薮北种鲜叶为原料,在传统黑毛茶研究基础上加入做青工艺,对加入做青和不加入做青的黑毛茶进行感官品质评价和生化成分的检测,并通过顶空固相微萃取气相色谱质谱联用仪检测不同工艺处理的黑毛茶的香气组分变化,以整体判断做青工艺对黑毛茶的滋味和香气的改进效果。以上研究有助于阐明做青工艺对豫南黑毛茶的滋味物质和香气物质变化的影响,优化当地黑毛茶的加工工艺,对提升黑毛茶品质有重要的实践意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

于2019年7月,在信阳申林茶业开发有限公司基地,选用薮北茶树品种,取一芽三、四叶为原料。

1.2 试验方法

试验共设2个处理,即新工艺(A),传统工艺作为对照(CK)。新工艺流程:采用室内自然晾青的方式进行摊放,晾青厚度2 cm,晾青时间2 h,晾青结束后进行3次摇青,第一次摇2 min,静置30 min,第二次摇3 min,静置40 min,第三次摇4 min,静置50 min,而后220 °C杀青,待杀青结束后揉捻10 min,将揉捻叶放置于相对湿度90%的恒温箱中进行渥堆,渥堆结束后在110 °C的干燥箱中烘至足干;传统工艺流程:将鲜叶220 °C杀青后揉捻10 min,将揉捻叶放置于相对湿度90%的恒温箱中进行渥堆,而后在110 °C的干燥箱中烘至足干。将2个处理的每一阶段的样品进行微波固样,用于生化成分的测定。

1.3 生化成分检测方法

1.3.1 常规生化成分含量测定

水浸出物含量测定参照GB/T 8305-2013、茶多酚测定参照GB/T 8313-2018、游离氨基酸测定参照GB/T 8314-2013。本次的感官审评方法参照的是GB/T 23776-2018,采用评语与评分结合,然后分别从外形、汤色、香气、滋味、叶底进行审评。

1.3.2 儿茶素组分含量测定

1.3.2.1 样品溶液的准备

称取0.2 g磨碎茶样于10 mL离心管中,加入70%甲醇水溶液5 mL,摇匀,移入70 °C水浴锅中,浸提10 min,浸提后冷却至室温,转入离心机在3500 r/min转速下离心10 min,将上清液移入10 mL容量瓶,残渣重复以上操作。合并提取液然后定容至10 mL,摇匀。取上述母液2 mL至10 mL容量瓶中用纯水定容至刻度,摇匀,过0.45 μm膜,待测。

1.3.2.2 对照样品溶液的制备

用色谱级甲醇分别溶解各标品,制得各标品的浓度分别为:儿茶素(+C)1 mg/mL、表儿茶素(EC)1 mg/mL、表没食子儿茶素(EGC)2 mg/mL、表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)2 mg/mL、表儿茶素没食子酸酯(ECG)2 mg/mL。

1.3.2.3 测定方法

表1 各标品的标准曲线方程

Table 1 The formula of various standard curves

成分	保留时间/min	回归方程	相关系数(r)
EGC	13.236	$y=2.7691x+1.0294$	0.9992
C	13.795	$y=2.4366x+0.43$	0.9992
EC	14.480	$y=1.9967x-0.5899$	0.9995
EGCG	14.964	$y=0.4497x+0.3492$	0.9993
ECG	15.840	$y=0.6764x-0.0412$	0.9997

HPLC 法测定儿茶素组成及其含量,色谱条件:

Thermo U3000 系列 HPLC 系统, 色谱柱: Acclaim PA2 分析柱 (5 μm , 4.6 mm \times 150 mm); 流动相 A 为甲醇, 流动相 B 为 0.1% 甲酸水溶液, 流速 1 mL/min, 柱温 40 $^{\circ}\text{C}$, 波长 280 nm, 进样量: 10 μL , 线性梯度洗脱, 流动相 B: 0~10 min, 83%; 10~12 min, 83%~50%; 12~17 min, 50%; 17~18 min, 50%~83%; 18~21 min, 83%。

分别配制不同浓度梯度的各种标品溶液, 每个浓度进样 2 次分析, 以含量为横坐标, 以峰面积为纵坐标, 结果发现各标品的含量与峰面积呈线性关系, R^2 均大于 0.999 (表 1)。

1.3.3 香气分析方法

1.3.3.1 样品前处理

HS-SPME 法: 从 -80 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱中取出样品进行液氮研磨, 涡旋混合均匀, 每个样本称取约 1 g 迅速放进顶空瓶中。分别加入饱和氯化钠溶液 1 mL, 10 μL (50 ppm) 内标溶液, 立即拧紧顶空瓶盖, 然后在 60 $^{\circ}\text{C}$ 下平衡 10 min, 然后用 DVB/CAR/PDMS 萃取头在顶空瓶的上部空间萃取 20 min。

1.3.3.2 GC-MS 条件

色谱条件: 气相色谱柱为 DB-5MS 毛细管柱 (30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm), 以氦气为载气, 不分流进样, 柱流量 1.0 mL/min。升温程序: 40 $^{\circ}\text{C}$ 保持 5 min, 以 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 上升至 280 $^{\circ}\text{C}$, 保持 5 min。质谱条件: 进样器温度 250 $^{\circ}\text{C}$, 检测器温度 280 $^{\circ}\text{C}$, 离子源温度 230 $^{\circ}\text{C}$, 四极杆温度 150 $^{\circ}\text{C}$ 。电离方式为电子轰击源 (EI), 电子能量 70 eV, 扫描质量范围 30~350 u。

将检索得到的质谱图与 NIST 和 Wiley 数据库对照, 结合保留时间对挥发性物质进行鉴定。

1.3.3.3 挥发性成分的定量计算

挥发性成分的定量采用内标法, 按式 (1) 计算:

表 2 对照组 (CK) 和新工艺 (A) 的感官审评结果

Table 2 The results of organoleptic evaluation of CK and A

样品名称	外形(20%)		汤色(15%)		香气(25%)		滋味(30%)		叶底(10%)		总分
	评语	得分	评语	得分	评语	得分	评语	得分	评语	得分	
对照组(CK)	尚紧结乌润、尚匀整	85	橙黄尚亮	88	尚纯正	84	尚醇, 略带苦涩	87	尚柔软, 欠匀齐	85	85.8
新工艺(A)	紧结乌润、匀整	87	橙红明亮	92	纯正, 略带花香	92	醇厚回甘	91	尚嫩匀, 尚匀齐	87	90.2

2.2 不同工艺处理的黑毛茶生化成分分析

2.2.1 水浸出物含量

水浸出物是茶叶水溶性物质的总和, 它以多酚类及其氧化产物聚合物为主体, 其中还包含可溶性糖、氨基酸等多种物质, 茶叶水浸出物是茶汤的主要呈味

$$C_i = C_{is} \times A_i / A_{is} \quad (1)$$

式中:

C_i ——任一组分的质量浓度, $\mu\text{g}/\text{L}$;

C_{is} ——内标的质量浓度, $\mu\text{g}/\text{L}$;

A_i ——任一组分的色谱峰面积;

A_{is} ——内标的色谱峰面积。

1.4 感官审评方法

由高级评茶员组成的 5 人审评小组参照 GB/T 23776-2018, 取 50 g 左右茶样至样品盘, 评外形, 而后取 3 g 茶样至审评杯中, 加入 150 mL 沸水冲泡 5 min 后进行密码审评。感官总分=外形得分 \times 25%+汤色得分 \times 10%+滋味得分 \times 30%+香气得分 \times 25%+叶底得分 \times 10%。

1.5 数据处理

各生化成分测定均 3 次重复, 实验结果为 3 次重复的平均值 \pm 标准差, 采用 SPSS26.0 软件对数据进行 ANOVA 差异性分析。

2 结果与分析

2.1 不同工艺处理的黑毛茶感官审评结果

感官审评是评价判断茶叶质量好坏最有效最直接的方法^[19]。由表 2 可看出, 传统工艺制成的黑茶 (CK) 经渥堆后粗青气和涩味消除, 香气尚纯正, 但由于多酚类等物质氧化、聚合分解等不够彻底, 滋味尚醇且略带苦涩, 汤色橙黄尚亮, 需要存放 1~3 年方可以再次压制黑茶。对比新工艺制成的黑茶, 由于采用了新工艺, 汤色橙红明亮, 香气纯正, 滋味醇厚回甘, 品质较传统工艺优异。

物质, 含量高低反映了茶叶中可溶性物质的含量^[20]。由于在黑茶制作过程中微生物的生长需要养分, 与此同时, 在湿热作用下, 少量的水溶性物质之间相互作用相互转化成难溶性物质, 所以水浸出物含量会降低^[21]。由表 3 可知, 黑茶在加工过程中水浸出物是呈逐渐降低的趋势, 传统工艺制作的黑茶其水浸出物减少

率为 9.85%，而新工艺制作的黑茶其水浸出物减少率为 19.20%，是传统工艺黑茶水浸出物减少率的 2 倍多。而且新工艺制得的黑茶水浸出物含量要低于传统工艺制得的黑茶。两个处理中的水浸出物均在渥堆这一过程发生剧烈的变化，说明渥堆工序使黑茶生化成分发生巨大的转化反应，促使了黑茶特征风味品质的形成。新工艺制得的黑茶水浸出物含量在渥堆工序的下降量要高于传统工艺制得的黑茶在渥堆工序时水浸出物含量的下降量。

2.2.2 茶多酚含量分析

多酚类物质是构成茶叶苦涩味的主体，对茶叶品质影响很大，由表 3 可知：茶多酚在黑茶加工过程中是呈降低趋势的，新工艺加工的黑茶过程样茶多酚含量要低于传统工艺黑茶加工的过程中茶多酚的含量，而且新工艺制作的黑茶茶多酚含量的减少率为

30.49%，要高于传统工艺制作的黑茶茶多酚含量的减少率。由此可见，加入摇青工艺制作的黑茶的茶多酚含量减少率很高，且茶多酚含量低于传统工艺制作的黑茶，制得的黑茶茶叶品质更好。

2.2.3 氨基酸总量分析

氨基酸作为茶叶鲜爽味的主体物质，对茶汤的滋味色泽有很大的影响，是决定茶叶好坏的重要生化成分，茶叶中游离氨基酸的含量与茶叶品质成正相关。由表 3 可知：新工艺制作的黑茶氨基酸总量为 20.73 mg/g，要高于传统工艺制作的黑茶氨基酸总量，传统工艺制作的黑茶氨基酸总量减少率 18.71%，高于新工艺制作的黑茶氨基酸总量的减少率，加入摇青工艺的黑茶氨基酸总量的减少率降低，制得的黑茶氨基酸含量高。由此可说明，新工艺制得的黑茶要优于传统工艺制得的黑茶。

表 3 对照组工艺 (CK) 新工艺 (A) 制作流程中的生化成分比较

Table 3 Comparison of biochemical components in control group process (CK) New process (A)

工艺处理	茶样	水浸出物含量/%	茶多酚含量/%	氨基酸总量/(mg/g)
传统工艺	鲜叶样	40.21±0.13 ^a	14.87±0.47 ^a	24.23±0.12 ^b
	杀青样(CK)	40.42±0.11 ^a	14.06±0.26 ^b	27.26±0.17 ^a
	揉捻(CK)	40.83±0.25 ^a	13.2±0.09 ^c	22.05±0.17 ^c
	渥堆(CK)	38.08±0.29 ^b	12.67±0.44 ^{cd}	19.53±0.40 ^d
	干燥(CK)	36.25±0.14 ^c	12.22±0.40 ^d	19.77±0.19 ^d
新工艺	新工艺晾青	40.16±0.05 ^a	14.2±0.21 ^a	29.10±0.14 ^a
	新工艺摇青	36.54±0.13 ^c	13.85±0.39 ^b	27.45±0.18 ^b
	新工艺杀青	39.49±0.23 ^b	14±0.15 ^b	26.35±0.13 ^c
	新工艺揉捻	39.45±0.18 ^b	12.12±0.47 ^c	24.17±0.18 ^d
	新工艺渥堆	33.06±0.20 ^d	12.1±0.41 ^c	22.99±0.19 ^e
	新工艺干燥	32.45±0.06 ^d	9.87±0.17 ^d	20.73±0.12 ^f
CK 减少率		9.85%	17.82%	18.71%
新工艺减少率		19.20%	30.49%	14.42%

注：同一工艺不同小写字母表示不同过程样之间差异显著 ($p < 0.05$)，同一工艺相同小写字母表示不同过程样之间差异不显著 ($p > 0.05$)。表 4 同。

2.2.4 儿茶素组分含量分析

儿茶素是茶叶中最重要的一类有效成分，研究儿茶素组分在黑茶加工过程中的变化探究其变化规律更有利于分析黑茶品质形成的机理^[22]。利用高效液相色谱法测定黑毛茶加工过程中各样品的儿茶素组分含量，结果如表 4，黑毛茶在加工过程中儿茶素总量是呈下降趋势的，CK 的 EGC、C、EC、EGCG、ECG 下降幅度分别为：45.87%、33.82%、15.84%、15.98%、35.16%；新工艺的 EGC、C、EC、EGCG、ECG 下降幅度分别为：52.51%、47.06%、78.22%、50.4%、42.89%。CK 儿茶素总量减少率为 25.91%，新工艺减少率为 52.34%。其中新工艺制得的黑茶的

EC 减少率最为显著高达 78.22%，其次是新工艺制得黑茶的 EGC 为 52.51%。从以上结果可以看出，尽管在黑茶加工过程中各儿茶素组分的变化程度有所不同，但整体是呈下降趋势，新工艺制得的黑茶其酯型儿茶素为 14.96 $\mu\text{g/mL}$ 远远低于对照组制得的黑茶酯型儿茶素含量，进一步说明了新工艺制得的黑茶品质好，苦涩味降低。

2.3 不同加工工艺黑毛茶挥发性成分分析

不同加工工艺黑毛茶中共鉴定出 96 种挥发性成分 (表 5)，包括酯类 18 种、萜类 19 种、酮类 11 种、醛类 9 种、醇类 8 种、杂环化合物 8 种、烷烃类 8 种、

芳烃类 7 种、烯炔类 3 种、酚类 2 种、胺类 1 种、硫化物 1 种、酸类 1 种。其中，醇类、萜类、杂环化合物、酯类化合物是两种黑毛茶的主要挥发性成分，加入摇青工艺的黑毛茶其萜类、烯炔类、醛类、杂环类化合物相对含量高于传统工艺，传统工艺黑毛茶其酯类、烷烃类、酮类、酚类、芳烃类、醇类、胺类相对含量高于加入摇青工艺的黑毛茶。其中传统工艺黑毛茶含量较高化合物的有丁二醇 (4572.29 μg/L)、3-甲

基-2-环己烯-1-酮(4399.93 μg/L)、2-糠酸己酯(3562.19 μg/L)、双(η-5-哌啶基环戊二烯基)钴(3009.62 μg/L)、甲基异冰片 (2552.53 μg/L)；新工艺黑毛茶含量较高化合物的有 3-甲基-2-环己烯-1-酮 (4023.11 μg/L)、双(η-5-哌啶基环戊二烯基)钴 (3809.87 μg/L)、2-苯乙醇 (3583.53 μg/L)、2-糠酸己酯 (3372.30 μg/L)、丁二醇 (2624.57 μg/L)。

表 4 不同加工工艺儿茶素含量分析 (μg/mL)

Table 4 Content analysis of catechin in different processing techniques

工艺处理	茶样	EGC	C	EC	EGCG
传统工艺	鲜叶样	12.95±0.03 ^c	1.36±0.03 ^a	6.06±0.02 ^b	30.16±0.08 ^c
	杀青样	16.38±0.15 ^a	1.11±0.04 ^b	6.91±0.01 ^a	32.44±0.06 ^b
	揉捻样	16.12±0.07 ^a	0.86±0.01 ^c	6.81±0.01 ^a	33.70±0.02 ^a
	渥堆样	9.80±0.10 ^d	0.72±0.01 ^d	2.91±0.07 ^d	22.12±0.11 ^e
	干燥样	14.01±0.06 ^b	0.90±0.01 ^c	5.10±0.06 ^c	25.34±0.06 ^d
新工艺	新工艺晾青	13.80±0.07 ^a	1.12±0.01 ^b	5.84±0.07 ^b	30.99±0.07 ^a
	新工艺摇青	7.10±0.11 ^d	1.16±0.02 ^a	1.62±0.04 ^{de}	20.14±0.01 ^d
	新工艺杀青	13.98±0.10 ^a	1.13±0.01 ^b	6.62±0.26 ^a	28.83±0.01 ^b
	新工艺揉捻	10.76±0.01 ^b	0.78±0.01 ^d	3.72±0.03 ^c	25.74±0.01 ^c
	新工艺渥堆	7.30±0.02 ^c	0.87±0.01 ^c	1.84±0.01 ^d	19.87±0.05 ^e
	新工艺干燥	6.15±0.01 ^e	0.72±0.01 ^e	1.32±0.01 ^e	14.96±0.08 ^f
	CK 减少率	45.87%	33.82%	15.84%	15.98%
	新工艺减少率	52.51%	47.06%	78.22%	50.4%

工艺处理	茶样	ECG	酯型儿茶素	简单儿茶素	儿茶素含量
传统工艺	鲜叶样	9.84±0.09 ^c	40.00±0.17 ^c	20.37±0.07 ^c	60.36±0.24 ^c
	杀青样	10.16±0.02 ^b	42.60±0.08 ^b	24.40±0.19 ^b	67.00±0.24 ^b
	揉捻样	10.71±0.01 ^a	44.41±0.02 ^a	23.79±0.09 ^a	68.19±0.09 ^a
	渥堆样	8.11±0.19 ^e	30.24±0.02 ^e	13.43±0.06 ^e	43.67±0.07 ^e
	干燥样	8.38±0.06 ^d	33.72±0.06 ^d	20.01±0.10 ^d	53.73±0.08 ^d
新工艺	新工艺晾青	10.36±0.03 ^a	41.34±0.05 ^a	20.77±0.10 ^b	62.19±0.14 ^a
	新工艺摇青	8.39±0.03 ^d	28.52±0.04 ^d	9.88±0.11 ^d	38.41±0.10 ^d
	新工艺杀青	9.01±0.01 ^b	37.84±0.01 ^b	21.73±0.32 ^a	59.57±0.32 ^b
	新工艺揉捻	8.63±0.03 ^c	34.37±0.03 ^c	15.26±0.02 ^c	49.63±0.01 ^c
	新工艺渥堆	7.60±0.03 ^e	27.46±0.07 ^e	9.99±0.03 ^d	37.46±0.09 ^e
	新工艺干燥	5.62±0.02 ^f	20.58±0.08 ^f	8.19±0.01 ^e	28.76±0.08 ^f
	CK 减少率	35.16%	20.7%	36.13%	25.91%
	新工艺减少率	42.89%	48.55%	59.79%	52.34%

由表 6 可知，加入摇青工艺后具有花香属性的 2-苯乙醇、苯乙醛、(E)-芳樟醇氧化物、芳樟醇、苯甲醇、橙花醇、正壬醛、水杨酸甲酯、β-法尼烯、α-紫罗兰酮、L-α-松油醇、癸醛浓度要高于不加入摇青的黑毛茶，其中 2-苯乙醇和苯乙醛浓度增加最多，分别增加了 1755.62 μg/L 和 1149.10 μg/L；具有果香属性的己醛、己酸己酯、4,6-二甲基-2,7-壬二烯-5-酮、β-

环柠檬醛、脱氢 B-环柠檬醛、己酸乙酯在加入摇青工艺黑毛茶中含量更高；清香型气味的月桂烯摇青后含量增加了 304.07 μg/L；具有蘑菇香味的 1-壬烯-3-酮摇青后含量增加了 63.72 μg/L；具有焦糖香的 5-甲基糠醛摇青后含量增加了 247.48 μg/L；摇青后具有不愉快气味的 1,1,5-三甲基-1,2-二氢萘、2-甲基-萘、间氨基苯乙炔含量分别降低了 6.15 μg/L、3.02 μg/L、96.69

μg/L。这表明摇青工艺可显著提升优化黑毛茶的香气品质。本实验中(E)-3-己烯醇含量在摇青后增加了335.37 μg/L, 可能是因为摇青工艺使鲜叶细胞发生机械损伤使脂氧合酶的活性提高从而促进(E)-3-己烯醇的生成速度加快^[23]。

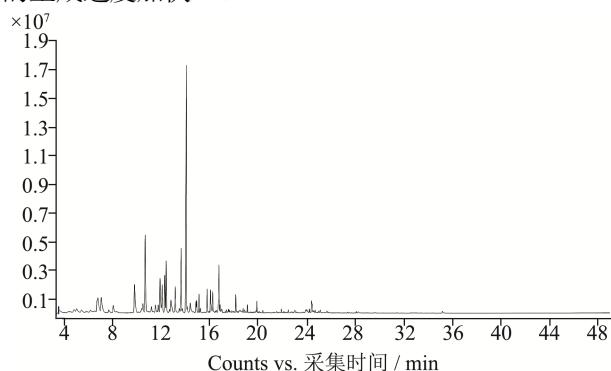


图1 混样样品香气的GC-MS总离子流图

Fig.1 GC-MS total ion flow diagram of aroma substances of mixed sample

表5 不同加工工艺黑毛茶香气物质种类含量

Table 5 Contents of aroma substances of black wool tea with different processing techniques

香气化合物类型	数量/种	含量/%	
		传统工艺	新工艺
酯类	18	13.00	11.67
杂环类	8	12.72	15.54
烯烃类	3	0.57	0.73
烷烃类	8	1.00	0.80
酮类	11	12.76	10.29
萜类	19	14.92	15.53
醛类	9	8.57	13.47
硫化物	1	0.12	0.09
酚类	2	0.32	0.28
芳烃类	7	11.13	9.47
醇类	8	24.23	21.87
胺类	1	0.37	0.09

表6 不同加工工艺黑毛茶挥发性成分定性定量结果

Table 6 Qualitative and quantitative results of volatile components in black wool tea with different processing techniques

物质分类	物质	CAS	保留时间/min	保留指数	相对含量/(μg/L)		香型
					传统工艺	新工艺	
酯类	乙酸苜酯	140-11-4	15.83	1159.90	72.36	35.57	茉莉花香
	(Z)-3-己烯基丁酸酯	16491-36-4	21.88	1377.12	67.12	501.59	
	水杨酸甲酯	119-36-8	16.74	1190.67	221.39	304.93	花香
	己酸己酯	6378-65-0	22.03	1382.62	4.75	64.73	果香
	2(4H)-苯并呋喃酮, 5,6,7,7a-四氢-4,4,7a-三甲基-, (R)-	17092-92-1	25.65	1526.87	51.31	83.34	
	2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯	6846-50-0	27.05	1585.51	17.31	21.02	
	(乙二烷基)双(乙烷-2,1-二基)二乙酸酯	1000385-95-7	17.19	1206.06	30.13	32.18	
	2,2,4-三甲基戊烷-1,3-二醇单异丁酸酯	77-68-9	21.68	1369.55	29.82	29.15	
	邻苯二甲酸二乙酯	84-66-2	27.00	1583.32	46.60	40.31	
	4-(乙氧基)-2-氧代丁-3-烯酸乙酯	1000305-38-2	10.48	982.02	288.50	179.09	
	1,2-二乙酸甘油	102-62-5	20.79	1336.14	67.18	50.38	
	N-(2,3,4-三氟苯甲酰基)-1-丙氨酸-甲酯	1000299-62-7	25.53	1521.72	72.61	113.62	
	(E)-己-3-烯基(E)-2-甲基丁-2-烯酸酯	1000373-74-1	26.27	1552.65	15.78	14.54	
	己酸乙酯	123-66-0	18.32	1246.17	217.51	218.12	香蕉、菠萝香
	顺-3-己烯基酯-正戊酸	35852-46-1	17.82	1228.38	36.52	226.40	
2-叔丁基环己基甲基氟磷酸酯	1000298-39-6	22.11	1385.40	5.38	70.83		
3-甲基丁酸 2-甲基丁酯	2445-77-4	17.60	1220.71	2.12	3.18		
2-糠酸己酯	39251-86-0	15.78	1158.12	3562.19	3372.30		
杂环类	(E)-芳樟醇氧化物	34995-77-2	13.62	1085.62	404.90	1192.89	花香
	2,5-二甲基吡嗪	123-32-0	8.35	909.85	136.86	129.68	奶油香
	三甲基吡嗪	14667-55-1	10.98	998.81	86.89	97.59	可可香
	2,2'-亚乙撑双(5-甲基呋喃)	3209-79-8	21.45	1360.95	67.15	64.23	

转下页

接上页							
	2,3,4,5-四氢吡啶	505-18-0	4.52	740.08	104.09	164.24	
	(3R,6S)-2,2,6-三甲基-6- 乙基四氢-2H-吡喃-3-醇	39028-58-5	16.25	1173.94	382.60	1197.95	
	四氢-3-甲基-5-氧代-2-咪喃羧酸	22073-04-7	18.53	1253.64	512.07	483.96	
	双(η -5-吡啶基环戊二烯基)钴	1000162-04-6	15.10	1135.41	3009.62	3809.87	
	(E)-4,8-二甲基-1,3,7-壬三烯	19945-61-0	14.40	1111.65	154.27	256.66	
	9-甲基-1-十一碳烯	74630-41-4	18.72	1260.69	7.10	7.59	
	4,4,6,6-四甲基-双环[3.1.0]己-2-烯	19487-09-3	11.50	1015.99	49.25	70.72	
烯烃类	十二烷	112-40-3	16.98	1198.86	71.51	90.18	
	十四烷	629-59-4	22.46	1398.58	116.53	115.01	
	十六烷	544-76-3	27.36	1598.54	61.75	43.22	
	2,3,5-三甲基-癸烷	62238-11-3	20.85	1338.15	20.82	20.71	
	4,6-二甲基-十二烷	61141-72-8	20.37	1320.10	36.25	29.90	
	2-甲基-十六烷	1560-92-5	26.67	1569.47	37.95	38.84	
	2,2,4,4,6,8,8-七甲基-壬烷	4390-04-9	21.50	1362.76	15.16	17.55	
	2,5,9-三甲基-癸烷	62108-22-9	17.35	1211.70	11.09	10.89	
	3,5-辛二烯酮	38284-27-4	13.79	1091.22	20.95	74.76	
	1-壬烯-3-酮	24415-26-7	10.25	974.15	57.07	120.79	蘑菇香
6,10-二甲基-5,9-十一碳烯-2-酮	689-67-8	23.62	1444.88	34.51	47.34	果香	
(E)-8-甲基-3,7-壬二烯-2-酮	35408-14-1	18.86	1265.33	18.89	37.88	果香	
4,6-二甲基-2,7-壬二烯-5-酮	74630-80-1	12.72	1055.97	25.31	84.43	果香	
酮类	(Z)-3-甲基-2-(2-戊烯基)-2-环戊烯-1-酮	488-10-8	22.24	1390.61	17.44	17.92	果香
	2,2,6-三甲基-环己酮	2408-37-9	12.03	1033.54	72.28	88.96	
	1-乙基-2,5-吡咯烷二酮	2314-78-5	14.91	1128.86	59.62	205.26	
	3-甲基-2-环己烯-1-酮	1193-18-6	12.80	1058.56	4399.93	4023.11	
	3-壬烯-5-酮	82456-34-6	18.71	1260.08	5.60	10.11	果香
	3-乙酰基-2,6-庚二酮	29214-57-1	15.23	1139.59	8.64	14.92	
	丁二烯	2867-05-2	12.39	1045.11	376.28	583.63	
	芳樟醇	78-70-6	14.00	1098.08	1323.63	2058.74	花果香
	β -环柠檬醛	432-25-7	17.52	1218.05	102.34	146.20	果香
	脱氢B-环柠檬醛	116-26-7	16.95	1197.61	24.96	29.32	果香
	β -法尼烯	18794-84-8	23.78	1450.97	34.00	95.43	花香
	α -姜黄素	644-30-4	24.52	1480.45	104.99	152.82	
	奈洛利多 2	1000285-43-6	26.42	1559.11	11.18	30.73	
	月桂烯	123-35-3	10.66	987.91	631.94	936.01	清香
萜类	(-)- β -双萜烯	495-61-4	25.18	1506.91	13.40	22.28	薄荷香
	(+)- δ -卡丁烯	483-76-1	25.45	1518.50	16.92	35.30	
	α -紫罗兰酮	127-41-3	23.01	1420.39	43.86	88.24	花香
	A-二去氢菖蒲烯	21391-99-1	26.01	1541.94	25.19	45.93	
	甲基异冰片	2371-42-8	18.14	1239.96	2552.53	2544.58	
	2,6,10,10-四甲基-1-氧杂螺[4.5]癸烯	36431-72-8	20.24	1315.27	59.89	89.20	
	2,6-二甲基-2,4,6-辛三烯	673-84-7	14.85	1126.66	78.75	115.64	
	L- α -松油醇	10482-56-1	16.84	1194.15	17.58	33.98	花香

转下页

接上页							
	2,6-二甲基-2-反式-6-辛二烯	2609-23-6	12.52	1049.61	46.98	68.13	
	1, 1, 5-三甲基-1, 2-二氢萘	1000357-25-8	21.26	1353.59	47.78	41.63	焦油香、辛辣味
	(<i>Z,E</i>)-3,7,11-三甲基-1,3,6,10-十二碳烯	26560-14-5	25.05	1501.81	6.15	14.46	
酸类	2-乙基己酸	1000411-45-0	14.57	1117.19	102.55	79.70	
	乙缩醛	513-86-0	3.71	692.23	890.77	889.45	愉悦的香味
	己醛	66-25-1	5.42	793.83	64.18	440.82	苹果香味
	反-2-庚醛	18829-55-5	9.64	953.40	26.60	73.55	果香
	苯甲醛	100-52-7	9.80	958.83	816.81	1180.59	杏仁香
醛类	5-甲基糠醛	620-02-0	11.92	1029.78	456.19	703.67	焦糖、面包香
	2,4-庚二烯醛	4313-03-5	11.29	1008.94	465.88	1201.87	青气
	苯乙醛	122-78-1	12.27	1041.24	369.86	1518.96	花香
	正壬醛	124-19-6	14.13	1102.51	70.21	156.92	玫瑰花香
	癸醛	112-31-2	17.12	1203.83	8.20	21.12	甜香、花香
硫化物	三硫化二甲基	3658-80-8	10.00	965.50	44.85	43.49	
酚类	4-(1-苯乙基)-苯酚	1988-89-2	29.05	1673.26	19.73	26.89	
	5-戊基 1,3-苯二酚	500-66-3	25.37	1514.92	98.58	100.30	
	苯酚	108-95-2	10.35	977.47	1338.61	1688.04	
	1,4-二乙基-苯	105-05-5	11.14	1004.18	18.55	27.27	
	对二甲苯	106-42-3	7.18	865.25	229.34	212.41	
芳烃类	1-甲基-3-(1-甲基乙基)-苯	535-77-3	11.74	1023.69	206.85	236.16	陈香
	脱氢戊二酸内酯	2381-87-5	9.76	957.60	2227.33	2091.17	
	2-甲基-萘	91-57-6	19.69	1295.15	40.82	37.80	焦油味、辛辣味
	(1-甲基乙基)-萘	98-82-8	8.64	919.56	56.90	56.28	陈香
	丁二醇	513-85-9	5.27	784.61	4572.28	2624.57	
	(<i>E</i>)-3-己烯醇	928-97-2	6.78	849.50	168.22	503.59	清香
	苯甲醇	100-51-6	11.99	1031.98	1825.72	2397.65	花香
	2-苯乙醇	60-12-8	14.36	1110.31	1827.91	3583.53	花香
醇类	3,7-二甲基-1,5,7-辛三烯-3-醇	29957-43-5	14.10	1101.33	398.95	566.43	甜花香
	2,6-二甲基-环己醇	5337-72-4	14.30	1108.24	60.05	108.59	
	(<i>R*,R*</i>)-4-甲基- α -(1-甲基-2-丙烯基)-苯甲醇	83173-76-6	24.71	1488.21	10.54	20.36	甜香
	橙花醇	624-15-7	18.39	1248.77	100.07	243.64	玫瑰花香
胺类	间氨基苯乙炔	54060-30-9	19.61	1292.09	138.47	41.78	不愉快的气味

3 结论

3.1 以薮北种一芽三、四叶为原料,加入做青工艺制得的黑毛茶,其感官审评综合得分(90.2)显著高于CK工艺(85.8),尤其是滋味品质和香气品质二者差异明显,做青后的黑毛茶香气更加纯正且略带花香、苦涩味降低更加醇厚而有回甘。

3.2 做青影响茶汤的滋味物质,在做青过程中多酚类物质被氧化有利于降低茶汤的苦涩味,与传统黑毛茶工艺相比,适度做青使具有苦涩味的茶多酚降低了2.35%、酯型儿茶素降低了13.14 $\mu\text{g/mL}$ 。经过做青处理

的黑毛茶游离氨基酸含量显著升高,有利于增加茶汤的鲜爽味,做青明显改善黑毛茶的生化成分。

3.3 两种加工工艺黑毛茶的香气组成丰富多样,共鉴定出96种挥发性化合物可分为13类,其中香气类型以醇类、萜类为主。与CK相比,做青工艺使黑毛茶中具有花香和果香香气属性的化合物如2-苯乙醇、苯乙醛、(*E*)-芳樟醇氧化物、芳樟醇、橙花醇、水杨酸甲酯、 β -法尼烯、 α -紫罗兰酮、己醛、己酸己酯等含量增加,使具有不愉快气味的1,1,5-三甲基-1,2-二氢萘、2-甲基-萘、间氨基苯乙炔含量降低,明显改善黑毛茶的香气组成。

3.4 在本实验中做青有利于减少茶汤的苦涩味物质,增加茶汤的鲜爽味,使具有花果香香气属性的化合物含量增加,降低了不愉快气味的含量,明显提升了黑毛茶的品质。截至2019年,河南省茶园面积 $1.61 \times 10^5 \text{ hm}^2$,茶叶总产量 $7.48 \times 10^4 \text{ t}$,干毛茶总产值129.4亿元^[24],仍存在着精深加工不强、综合效益不高等关键问题,本研究为提升黑毛茶品质,提高夏秋茶利用率提供了理论依据。

参考文献

- [1] 夏涛.制茶学[M].北京:中国农业出版社,2016
XIA Tao. Tea Production Science [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2016
- [2] 王蝶,黄建安,叶小燕,等.茯砖茶减肥作用研究[J].茶叶科学,2012,32(1):81-86
WANG Die, HUANG Jian-an, YE Xiao-yan, et al. Study on the effect of Fuzhuan tea on reducing weight [J]. Tea Science, 2012, 32(1): 81-86
- [3] 熊昌云,屠幼英,欧阳梅,等.人工接种发酵茯砖茶降脂减肥作用研究[J].菌物学报,2011,30(2):349-354
XIONG Chang-yun, TU You-ying, OUYANG-Mei, et al. Effects of artificial inoculation on reducing fat and reducing weight of Fu brick tea [J]. Chinese Journal of Mycology, 2011, 30(2): 349-354
- [4] Peng Y, Xiong Z, Li J, et al. Water extract of the fungi from Fuzhuan brick tea improves the beneficial function on inhibiting fat deposition [J]. International Journal of Food Sciences & Nutrition, 2014, 65(5): 610-614
- [5] Li Q, Liu Z, Huang J, et al. Anti-obesity and hypolipidemic effects of Fuzhuan brick tea water extract in high-fat diet-induced obese rats [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2013, 93(6): 1310-1316
- [6] 傅冬和,刘仲华,黄建安,等.高通量筛选研究茯砖茶降脂功效[J].茶叶科学,2006,26(3):209-214
FU Dong-he, LIU Zhong-hua, HUANG Jian-an, et al. Study on the efficacy of Fuzhuan tea lowering lipid by high throughput screening [J]. Journal of Tea Science, 2006, 26(3): 209-214
- [7] 肖文军,任国谱,傅冬和,等.茯茶辅助调节血脂作用研究[J].茶叶科学,2007,27(3):211-214
XIAO Wen-jun, REN Guo-pu, FU Dong-he, et al. Study on the effect of Fu tea on regulating blood lipid [J]. Journal of Tea Science, 2007, 27(3): 211-214
- [8] Fu D, Ryan E P, Huang J, et al. Fermented *Camellia sinensis*, Fuzhuan tea, regulates hyperlipidemia and transcription factors involved in lipid catabolism [J]. Food Research International, 2011, 44(9): 2999-3005
- [9] 吴香兰,刘仲华,曹丹,等.茯砖茶对小鼠肠道免疫功能调节作用的研究[J].茶叶科学,2013,2:125-130
WU Xiang-lan, LIU Zhong-hua, CAO Dan, et al. Effects of Fu brick tea on the regulation of intestinal immune function in mice [J]. Journal of Tea Science, 2013, 2: 125-130
- [10] 萧力争,余智勇,黄建安,等.茯砖茶对小鼠小肠推进运动的影响[J].茶叶科学,2010,30(S1):579-582
XIAO Li-zheng, YU Zhi-yong, HUANG Jian-an, et al. Effects of Fu brick tea on intestinal propulsion in mice [J]. Journal of Tea Science, 2010, 30(S1): 579-582
- [11] 余智勇,黄建安,杨明臻,等.茯砖茶抗腹泻效果研究[J].茶叶科学,2009,29(6):465-469
YU Zhi-yong, HUANG Jian-an, YANG Ming-zhen, et al. Study on anti-diarrhea effect of Fu brick tea [J]. Tea Science, 2009, 29(6): 465-469
- [12] 曹丹.不同茶类水提物对酒精性肝损伤的保护作用研究[D].长沙:湖南农业大学,2013
CAO Dan. Study on the protective effect of different tea extracts on alcoholic liver injury [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2013
- [13] 瞿绍明,刘仲华,刘扬.茯砖茶与红茶对酒精性肝损伤的保护作用研究[J].食品与机械,2013,29(3):4-7
QU Shao-ming, LIU Zhong-hua, LIU Yang. Study on the protective effect of Fu brick tea and black tea on alcoholic liver injury [J]. Food and Machinery, 2013, 29(3): 4-7
- [14] 贺麟,李宗琼,张拓,等.夏季茶鲜叶加工花香型绿茶工艺技术研究[J].食品与机械,2019,35(6):195-200
HE Lin, LI Zong-qiong, ZHANG Tuo, et al. Research on processing technology of summer tea fresh leaves for flower flavor green tea [J]. Food and Machinery, 2019, 35(6): 195-200
- [15] 唐怀廷,刘振,赵熙,等.一种花香红茶加工工艺[P].湖南: CN 109042974A, 2018-12-21
TANG Huai-ting, LIU Zhen, ZHAO Xi, et al. A Study on Processing Technology of Flowers Black Tea [P]. Hunan: CN 109042974A, 2018-12-21
- [16] 王飞权,冯花,朱晓燕,等.摇青和揉捻工艺对白茶生化成分和感官品质的影响[J].热带作物学报,2019,40(11):2236-2245
WANG Fei-quan, FENG Hua, ZHU Xiao-yan, et al. Effects of shaking and rolling process on biochemical components and sensory quality of white tea [J]. Journal of Tropical Crops, 2019, 40(11): 2236-2245

- [17] 李慧,聂枳宁,熊丙全,等.摇青工艺对“崇庆枇杷茶”加工红茶的香气品质的影响[J].食品与发酵工业,2021,47(2):188-195
LI Hui, NIE Zong-ning, XIONG Bing-quan, et al. Effects of shaking technology on aroma quality of processed black tea "Chongqing Loquat Tea" [J]. Food and Fermentation Industry, 2021, 47(2): 188-195
- [18] 李慧,熊丙全,聂枳宁,等.摇青工艺对崇庆枇杷茶红茶生化成分和感官品质的影响[J].现代农业科技,2020,11:234,237
LI Hui, XIONG Bing-quan, NIE Zong-ning, et al. Effects of green shaking process on biochemical components and sensory quality of Chongqing loquat tea [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2020, 11: 234, 237
- [19] 施兆鹏.茶叶审评与检验[M].北京:中国农业出版社,2010
SHI Zhao-peng. Tea Evaluation and Inspection [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2010
- [20] 李智芳.茯砖茶品质形成机理的研究进展[J].2009,1:10-11
LI Zhi-fang. Research progress on the quality formation mechanism of Fu brick tea [J]. 2009, 1: 10-11
- [21] 傅冬和,刘仲华,黄建安,等.茯砖茶加工过程中主要化学成分的变化[J].食品科学,2008,29(2):64-67
FU Dong-he, LIU Zhong-hua, HUANG Jian-an, et al. Changes of main chemical components in the process of Fu brick tea [J]. Food Science, 2008, 29(2): 64-67
- [22] 王增盛,施兆鹏,刘仲华,等.论黑茶品质及风味形成机理[J].茶叶科学,1991,11(增刊):1-9
WANG Zeng-sheng, SHI Zhao-peng, LIU Zhong-hua, et al. On the quality and flavor formation mechanism of dark tea [J]. Journal of Tea Science, 1991, 11(suppl.): 1-9
- [23] 张秀云,方世辉,夏涛.乌龙茶萎凋做青中 β -葡萄糖苷酶活性变化研究[J].安徽农业大学学报,2000,2:164-166
ZHANG Xiu-yun, FANG Shi-hui, XIA Tao. Study on variation of β -glucosidase activity during withering and shaking of Oolong tea [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2000, 2: 164-166
- [24] 张香萍.促进河南茶产业转型发展对策的探讨[J].中国茶叶,2020,6:62-64
ZHANG Xiang-ping. Discussion on the countermeasures to promote the transformation and development of Henan tea industry [J]. China Tea, 2020, 6: 62-64

(上接第 325 页)

- [7] 赵妍,杨军,辛少鲲,等.超高效液相色谱-高分辨质谱法测定牛奶中新烟碱类农药残留[J].中国食品卫生杂志,2020,32(2):139-145
ZHAO Yan, YANG Jun, XIN Shao-kun, et al. Determination of neonicotinoid pesticide residues in milk by ultra performance liquid chromatography high resolution mass spectrometry [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2020, 32(2): 139-145
- [8] Özün Görel Manav, Şule Dinç-Zor, Güzin Alpdoğan. Optimization of a modified QuEChERS method by means of experimental design for multiresidue determination of pesticides in milk and dairy products by GC-MS [J]. Microchemical Journal, 2019, 144: 124-129
- [9] 贾玮,张荣,石琳,等.基于质谱断裂机理的乳制品中农药非定向筛查分析方法构建[J].分析化学,2019,47(7):1098-1149
JIA Wei, ZHANG Rong, SHI Lin, et al. Construction of non directional screening method for pesticides in dairy products based on mass spectrometry fragmentation mechanism [J]. Analytical Chemistry, 2019, 47(7): 1098-1149
- [10] Qingfeng Liu, Zheng Jiao, Yi Liu, et al. Chemical profiling of San-Huang decoction by UPLC-ESI-Q-TOF-MS [J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2016, 131(30): 20-32
- [11] 潘承谕,余晋霞,田英,等.新烟碱类杀虫剂人群暴露水平及生殖毒性的研究进展[J].环境与职业医学,2020,37(11):1064-1069
PAN Cheng-yu, YU Jin-xia, TIAN Ying, et al. Research progress on population exposure level and reproductive toxicity of neonicotinoid insecticides [J]. Environmental and Occupational Medicine, 2020, 37(11): 1064-1069
- [12] 贾玮,董旭阳,石琳,等.高分辨质谱法在乳品外源性风险物质筛查分析中的应用[J].现代食品科技,2018,34(8):246-254,89
JIA Wei, DONG Xu-yang, SHI Lin, et al. Application of high resolution mass spectrometry in screening and analysis of exogenous risk substances in dairy products [J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(8): 246-254, 89