

湖北绿碎茶加工轻简化及理化品质改善

叶飞¹, 龚自明¹, 桂安辉¹, 王胜鹏¹, 刘三运², 严峰², 胡善斌³, 高士伟¹

(1. 湖北省农业科学院果树茶叶研究所, 湖北武汉 430064) (2. 随州神农茶业有限公司, 湖北随州 431518)

(3. 湖北裕德茶叶有限公司, 湖北红安 431518)

摘要: 为了提高湖北绿碎茶产品品质, 降低生产成本, 以现行绿碎茶加工流程为对照, 比较分析不同工艺流程处理所制样品的感官得分、色泽品质、理化成分、香气组分和生产成本, 结果表明: 轻简化后的工艺流程(处理3)所制的绿碎茶感官得分最高(79.8), 高于对照处理1.45分, 与对照相比, 干茶亮度显著上升($p < 0.01$), 茶汤色相值提高了132%, 儿茶素品质指数相对较高($p < 0.01$), 香气组分中的紫罗酮、呋喃、癸醛和反,反-2,4-庚二烯醛等果香型组分也有所增加, 人工成本降低了25%。综上试验结果, 轻简化加工流程有效改善了绿碎茶品质, 降低了生产成本, 可以作为一种提高湖北绿碎茶品质的有效技术手段。

关键词: 绿碎茶; 加工流程; 轻简化; 色泽; 理化品质; 香气组分; 成本

文章编号: 1673-9078(2021)06-159-166

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.6.0914

Simplifying the Processing of Broken Green Tea from Hubei Province and Improvement of Physico-chemical Quality

YE Fei¹, GONG Zi-ming¹, GUI An-hui¹, WANG Sheng-peng¹, LIU San-yun², YAN Feng², HU Shan-bin³, GAO Shi-wei¹

(1. Institute of Fruit and Tea, Hubei Academy of Agricultural Science, Wuhan 430064, China)

(2. Suizhou Shennong Co. Ltd., Suizhou 431518, China) (3. Hong'an Yude Co. Ltd., Hong'an 431518, China)

Abstract: In order to improve the quality of broken green tea of Hubei Province and reduce production costs, the current broken green tea processing procedure was used as a control to compare and analyze the sensory scores, color quality, physico-chemical components, aroma components and production costs of the samples prepared by different processes. The results showed that the broken green tea prepared by the lightly simplified process (treatment 3) had the highest sensory scores (79.8, which was 1.45 points higher than the control). Compared with the control, such dried tea had significantly increased brightness ($p < 0.01$), and its tea infusion had an increased hue value (by 132%, $p < 0.01$), higher catechin quality index ($p < 0.01$), increased contents of aroma components (phenylacetaldehyde, (E,E)-2,4-heptadienal, safranal, nerol, cis-linalool oxide, β -ionone, trans-geranylacetone and α -copaene), and reduced labor cost (by 25%). Taken together, the lightly simplified process improved effectively the quality of broken green tea and reduced the production costs, which could be used as an effective technical means to improve the quality of broken green tea.

Key words: broken green tea; processing; simplification; color; physico-chemical quality; aroma components; cost

引文格式:

叶飞, 龚自明, 桂安辉, 等. 湖北绿碎茶加工轻简化及理化品质改善[J]. 现代食品科技, 2021, 37(6): 159-166

YE Fei, GONG Zi-ming, GUI An-hui, et al. Simplifying the processing of broken green tea from Hubei province and improvement of physico-chemical quality [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(6): 159-166

饮茶有益于身体健康^[1], 人们对茶叶及茶饮品也更加重视, 在现代快节奏的生活中, 袋泡茶因其冲泡

收稿日期: 2020-10-05

基金项目: 现代农业产业技术体系专项(CARS-19); 湖北省农业科技成果转化项目(2020BBB042)

作者简介: 叶飞(1983-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 茶叶加工

通讯作者: 龚自明(1966-), 男, 研究员, 研究方向: 茶叶加工; 高士伟(1979-),

男, 研究员, 研究方向: 茶叶加工

方便, 受到了全球茶叶消费者的青睐。在英国、美国、加拿大和法国等西方国家, 袋泡茶消费居首位^[2], 近年来中国袋泡茶消费也呈上升趋势。袋泡茶原料主要有红碎茶、绿碎茶、花茶和复合茶类等^[3,4], 其中国内红碎茶的加工设备^[5]、工艺优化^[6-8]和品质化学^[9-16]相关的研究相对较多, 红碎茶中的茶黄素、游离氨基酸总量、水浸出物含量, 呈甜味氨基酸(赖氨酸、丙氨酸、丝氨酸、脯氨酸), 香气成分中的芳香型醇类、

酯类、醛类物质的品质成分含量升高,改善了理化品质^[17];同时研发了新产品,如金萱红碎茶^[16]、桂香红碎茶^[6]和花香红碎茶^[18]等新产品,红碎茶产业得以快速发展^[19],但国内绿碎茶的研究相对较少^[20,21],目前生产加工技术还在沿用传统工艺,工艺流程繁琐冗长,加工成本相对较高,所制绿碎茶产品的滋味和香气带粗涩,研发也相对滞后^[22]。

湖北省茶园面积、茶叶产量均位居全国前列,建有国内最大的有机绿碎茶生产基地,绿碎茶出口也成为湖北省茶叶产业的亮点^[23],实地调查发现,湖北省绿碎茶现行的加工流程冗长繁琐,所制产品的感官和理化品质还有待改善。本研究以提高绿碎茶品质为目的,设计、组装和调试了绿碎茶新的生产线及工艺参数,采用感官审评法、色差法、化学计量法和顶空固相微萃取法结合气相色谱-质谱(Head-space solid-phase micro-extraction combined with gas chromatography-mass spectrometry, HS SPME-GC-MS)联用技术,以绿碎茶传统加工技术为对照,比较不同工艺流程对绿碎茶感官得分,茶叶色泽、茶叶理化品质、挥发性香气成分和生产成本的影响,旨在为湖北绿碎茶加工提供了理论基础和技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

以福鼎大白品种的机采鲜叶为原料,其中1芽2叶占8.12%,1芽3叶占24.21%,1芽4叶及以上占31.49%,单片占36.17%。

1.2 仪器与设备

80Φ型茶叶滚筒杀青机;JY-6CHZ-7B茶叶烘焙机;CM-5色差计,日本柯尼卡美能达公司;手动SPME进样器和50/30 μm DVB/CAR/PDMS固相微萃取头,

美国 Supeclo 公司;7890A 气相色谱仪,5975C 质谱仪,美国 Agilent 公司;UV-2550 紫外可见分光光度计,日本岛津公司,所用试剂均按国标。

1.3 方法

以传统工艺为对照,具体工艺流程和设备参数见表1,重点针对揉捻、初烘和揉切等工序,设计增减、换位等处理方式,不同处理的机采绿碎茶分别经过筛分和拣梗工序后,比较不同处理所制绿碎茶(12~24目)的感官品质、色泽、理化成分和香气组分。

对照(CK):

摊青→杀青→揉捻→初烘→揉切→复烘→足火→筛分→拣梗

处理1:

摊青→杀青→揉捻→揉切→初烘→足火→筛分→拣梗

处理2:

摊青→杀青→初烘→揉切→复烘→足火→筛分→拣梗

处理3:

摊青→杀青→揉切→初烘→足火→筛分→拣梗

处理4:

摊青→杀青→初切→复切→初烘→足火→筛分→拣梗

1.4 指标测定

茶叶感官品质:采用GB/T 23776-2018方法^[24];茶多酚含量检测方法采用GB/T 8313-2008^[25];游离氨基酸总量的检测方法采用GB/T 8314-2013^[26];可溶性糖含量采用蒽酮比色法^[27];干茶和茶汤色泽:色差法测定(光源D65,角度4°),汤色采取3g茶叶加150mL沸水冲泡4min,过滤后用专用比色皿测定^[27];香气成分:采用SPME-GC/MS分析测定,GC-MS按照相关方法^[28]进行。

1.5 数据处理

表1 绿碎茶加工设备及工艺参数

Table 1 Equipments and parameters of broken green tea processing

工序	设备型号	温度/℃	转速/(r/min)	时间/min	其他
摊青	-	室温	-	4~10 h	摊叶厚度 40~45 cm
杀青	80Φ型滚筒杀青机	280~300	28 r/min	2~2.5 min	叶温 60 °C
揉捻	6CR-55型茶叶揉捻机	室温	30 r/min	30~40 min	50 kg/次
初烘	6CH-20型链板式烘干机	120~130	-	15~18 min	铺叶厚度 1~2 cm
揉切	6CRQ-20型茶叶揉切机	室温	-	0.5~1 min	-
复烘	6CH-20型链板式烘干机	110~120	-	15~18 min	铺叶厚度 2~3 cm
足干	6CH-30型链板式烘干机	100~110	-	15~18 min	铺叶厚度 2~3 cm
筛分	766型茶叶圆筛机	室温	-	0.5~1 min	配备 12、24 目筛
拣梗	6CDJ280A型静电拣梗	室温	-	2~4 min	毛衣、茶梗<3%

表2 不同处理的绿碎茶感官审评结果

Table 2 Results sensory scores of broken green tea by different process

处理	总分	外形 20%	汤色 10%	香气 30%	滋味 30%	叶底 10%
CK	78.35	颗粒尚紧, 黄绿 80	黄尚亮 80	微粗 77.5	略粗涩 77	黄绿尚软, 碎片 80
1	79.10	颗粒尚紧, 尚绿 82	黄尚亮 80	微粗 78	平和 78	黄绿尚软, 碎片 80
2	79.50	颗粒尚紧, 尚绿 82	黄尚亮 80	微粗 79	平和 78	黄绿尚软, 碎片 80
3	79.80	颗粒尚紧, 尚绿 82	黄绿较亮 83	微粗, 纯正 79	平和 78	黄绿尚软, 碎片 80
4	79.10	颗粒尚紧, 尚绿 81	黄尚亮 81	微粗 78	平和 78	黄绿尚软, 碎片 80

表3 不同处理所制绿碎茶的色差测定结果

Table 3 Results color qualities of broken green tea by different process

处理	干茶色泽		茶汤色泽		叶底色泽	
	L	a/b	L	a/b	L	a/b
CK	28.11±0.06 ^{Aab}	-0.031±0.00 ^{Aa}	94.71±0.01 ^{Bb}	-0.22±0.00 ^{Bb}	25.37±0.73 ^a	0.018±0.00 ^{Bb}
1	27.91±0.76 ^{Aab}	-0.043±0.00 ^{Cc}	93.80±0.03 ^{Dd}	-0.21±0.00 ^{Cc}	25.74±0.75 ^a	0.018±0.00 ^{Bb}
2	27.85±0.95 ^{Aab}	-0.035±0.00 ^{Bb}	94.46±0.05 ^{Cc}	-0.22±0.00 ^{Bb}	25.40±0.76 ^a	0.027±0.00 ^{Aa}
3	28.44±0.32 ^{Aa}	-0.072±0.00 ^{Dd}	94.94±0.02 ^{Aa}	-0.23±0.00 ^{Aa}	25.27±0.52 ^a	0.0077±0.00 ^{Dd}
4	27.02±0.56 ^{Bb}	-0.036±0.00 ^{Bb}	93.44±0.02 ^{Ee}	-0.21±0.00 ^{Cc}	25.00±0.34 ^a	0.0082±0.00 ^{Cc}

注: 小写字母和大写字母不同分别表示 Duncan's 新复极差(SSR)在 $p=0.05$ 和 $p=0.01$ 水平下差异显著, 下同。

表4 不同处理的绿碎茶理化成分测定结果

Table 4 Results physical components of broken green tea by different processes

处理	酚氨比	可溶性糖/%	非酯性儿茶/%	酯型儿茶/%	儿茶素总量/%	儿茶素品质指数 M1
CK	9.37±0.15 ^{Bb}	7.64±0.8 ^{Aa}	3.33±0.00 ^{Dd}	6.59±0.01 ^{Dd}	9.92±0.01 ^{Dd}	546.75±11.35 ^{Bb}
1	9.48±0.14 ^{Bb}	7.84±0.67 ^{Aa}	2.60±0.02 ^{Ec}	7.08±0.02 ^{Aa}	9.68±0.02 ^{Ec}	534.86±9.56 ^{Bb}
2	9.77±0.21 ^{Aa}	7.89±0.56 ^{Aa}	3.63±0.02 ^{Aa}	6.94±0.01 ^{Bb}	10.58±0.02 ^{Aa}	533.25±10.32 ^{Bb}
3	9.88±0.10 ^{Aa}	7.75±0.78 ^{Aa}	3.42±0.02 ^{Cc}	6.93±0.01 ^{Bb}	10.36±0.01 ^{Bb}	561.43±8.36 ^{Aa}
4	8.49±0.27 ^{Cc}	7.82±0.45 ^{Aa}	3.46±0.02 ^{Bb}	6.63±0.02 ^{Cc}	10.09±0.02 ^{Cc}	540.04±9.46 ^{Bb}

数据经 Excel 和 SPSS 23.0 处理, 大写字母和小写字母分别表示 Duncan's 新复极差(SSR)在 $p=0.01$ 和 0.05 水平下的差异显著性, 字母不同表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同处理所制绿碎茶的感官品质结果

感官审评结果(表2)发现: 处理3处理所制绿碎茶的感官总分最高(79.8), 其次为处理2(79.5), 再次为处理1和处理4(79.1), CK最低(78.35)。不同工艺流程处理所制的干茶中, 处理1、处理2和处理3的外形得分均为82分, 处理4是81分, 说明试验处理组所制绿碎茶的外形得分优于对照; 比较汤色结果, 处理3的得分最高(83分), 其次是处理4(81分), 说明处理3的汤色品质相对较高; 比较香气结果, 处理2和处理3的香气得分相对较高(79分), 处理1和处理4其次(78分); 比较滋味结果, 试验处理组的得分较高(78分), 优于对照(77); 不同工艺流程处理所制的叶底得分的影响较小。综上以上感官审评

结果, 处理2和处理3所制的绿碎茶的感官品质相对较高, 推测是在绿碎茶加工过程中删去揉捻和复切工序后, 轻简化加工技术所制绿碎茶的感官品质得到了明显改善。

2.2 不同处理所制绿碎茶的色泽品质结果

干茶色绿油润、汤色绿亮是高品质绿茶色泽的特点^[29]。茶叶色泽结果(表3), 处理3干茶的亮度(28.44)和干茶色相值(-0.072)相对较好, 均显著优于对照($p<0.01$), 其中干茶色差值提高了132%; 茶汤色泽品质结果中, 处理3茶汤的亮度(94.94)和茶汤色相值(-0.23)最好, 其次是对照和处理2; 处理3的叶底色相值(0.0077)最低, 说明处理3的汤色相对绿亮, 综合上述结果, 处理3的干茶、茶汤和叶底色泽相对较好, 色泽品质优于其他处理, 分析是在绿碎茶加工过程中, 删减揉捻和复切工序后, 茶叶在制品在加工过程中受到的湿热作用减少, 绿碎茶的色泽品质得到明显提高, 与感官审评结果一致。

2.3 不同处理所制绿碎茶的理化品质结果

茶多酚与氨基酸是绿茶滋味品质的重要物质，酚氨比（茶多酚/氨基酸）也是衡量绿茶滋味的重要指标^[30,31]。比较常规理化结果（表 4）发现，不同的工艺处理中处理 3 酚氨比相对较高 ($p<0.01$)，其次是处理 2 和处理 1，最后是处理 4；不同处理的可溶性糖含量差别不明显；处理 2 的非酯性儿茶素含量最高 ($p<0.01$)，其次是处理 4 和处理 3，最后是处理 1；处理 1 的酯性儿茶素含量最高 ($p<0.01$)，其次是处理 2 和处理 3，最后是对照；处理 3 的儿茶素品质指数最高 ($p<0.01$)，说明处理 3 的儿茶素组成和品质指数优于其他处理，推测是在绿碎茶加工过程中删去揉捻和复切工序后，减少了茶坯受湿热作用的时间，儿茶素组成和品质指数得到了明显提高。

2.4 不同处理所制绿碎茶的香气成分结果

栗香是绿茶消费者普遍偏爱的香型之一，在现有研究中，栗香通常认为 β -紫罗酮、热物理化学反应生成的吡咯、呋喃类、等类似焦糖香物质之间关联性大^[32-36]。本次实验检测出 3 种吡咯和呋喃类物质，分别是 3-乙基-1H-吡咯、2-戊基呋喃和 2-乙基呋喃，呈现出绿碎茶的栗香风味。

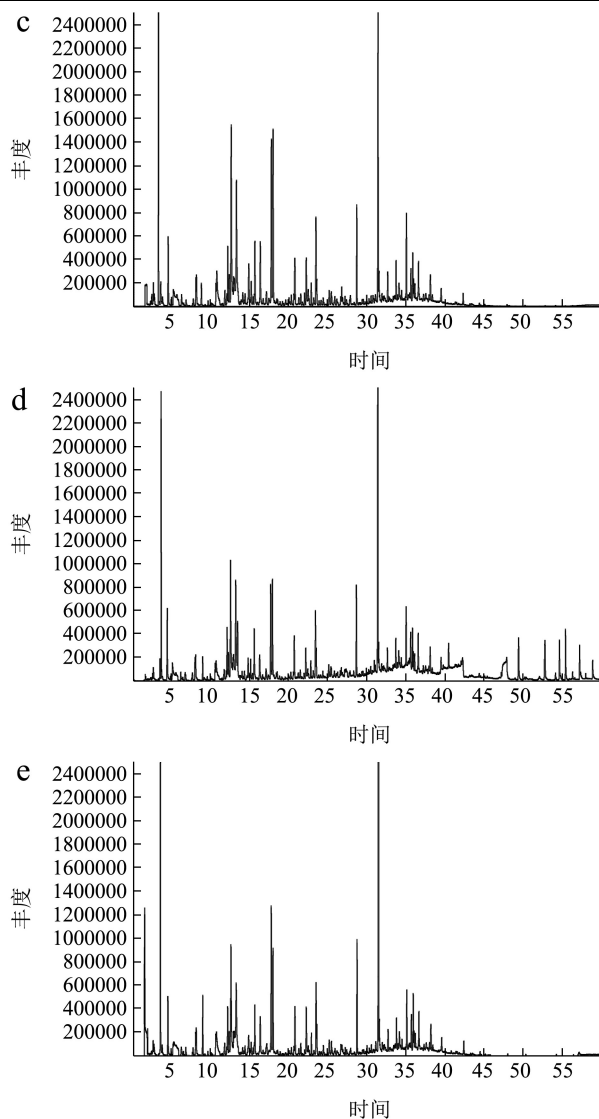
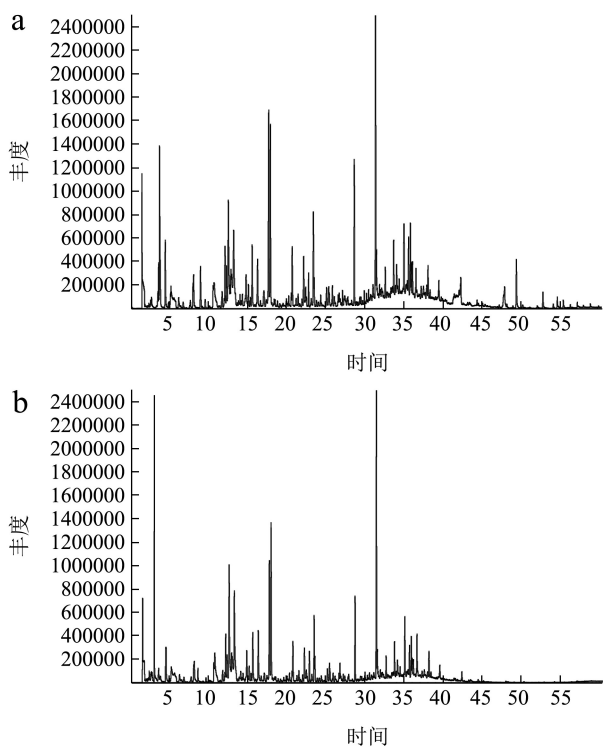


图 1 不同工艺流程所制绿碎茶中挥发性成分的总离子流图

Fig.1 Total ion flow chart of aroma components from samples by different processes

注：a：对照；b：处理 1；c：处理 2；d：处理 3；e：处理 4。

采用 GC-MS 方法，检测分析了不同处理的绿碎茶样品的香气组分，结果（表 5）发现：对照和处理 3 检出香气分别为 37 种和 34 种，香气组分中醛类占 40% 以上，酮类占 12%~17%，醇类占 11%~17%，酯类占 4.4%~6.8%，芳香烃类占 3.1%~4.4%，其他占 3.02%~3.30%；与对照相比，处理 3 香气中的栗香型成分含量等上升，如 β -紫罗酮、呋喃、癸醛和反,反-2,4-庚二烯醛等；芳香型或清香型香气成分含量下降^[37,38]，如苯甲醛、苯乙醛、壬醛、水杨酸甲酯和芳樟醇含量，说明处理 3 相对适合加工栗香型的绿碎茶。

表5 不同处理绿碎茶香气的相对百分含量结果 (%)

Table 5 Quantitation of volatile compounds in broken green tea by different process

保留时间/min	香气组分	香气类型	对照	1	2	3	4
3.711	反式-2-戊烯醛	-	1.17	1.50	1.76	1.97	1.53
6.505	2-己烯醛	青草味	1.15	0.97	0.93	1.25	1.15
8.408	顺-4-庚烯醛	-	1.39	0.62	1.26	0.96	1.16
8.481	庚醛	青草味	2.74	0.89	1.45	1.27	1.27
11.128	苯甲醛	甜香, 苦杏仁味	6.63	2.19	1.18	0.63	0.95
13.318	反,反-2,4-庚二烯醛	清香	10.75	13.41	17.41	17.37	15.47
15.262	苯乙醛	花香	3.61	3.96	2.85	2.60	2.87
17.936	壬醛	玫瑰花香	12.45	12.73	10.73	11.17	13.27
20.621	反式-2-壬烯醛	玫瑰花香	0.54	0.46	-	0.48	0.40
22.450	2,3-二氢-2,2,6-三甲基苯甲醛	-	0.82	0.84	0.74	-	-
22.771	癸醛	花果香	2.12	1.89	2.25	2.06	1.95
23.358	β -环柠檬醛	柠檬香	5.08	5.57	6.84	5.91	6.41
醛类合计			48.45	45.03	47.4	45.67	45.67
12.178	1-戊烯-3-酮	-	0.37	0.54	0.36	0.87	0.66
12.600	6-甲基-5-庚烯-2-酮	-	3.75	4.22	5.54	5.32	5.12
34.092	α -紫罗酮	紫罗兰香	2.35	2.57	2.99	-	-
33.954	反-香叶基丙酮	木香、果香	3.48	3.75	3.82	2.82	3.08
35.460	β -紫罗酮	木香、果香	4.26	5.37	-	5.86	4.52
酮类合计			14.92	17.92	12.71	14.87	14.87
11.761	1-辛烯-3-醇	花香、果香	1.53	1.73	0.10	1.47	1.22
17.710	芳樟醇	铃兰花香	13.42	11.34	11.42	7.64	8.65
22.501	α -萜品醇	紫丁香	-	0.1	-	-	-
38.520	反式-橙花叔醇	花香	2.19	2.78	3.29	2.46	2.46
醇类合计			17.14	15.95	14.81	11.57	
19.636	2-乙基丁酸烯丙酯	果香	0.75	2.14	2.09	1.24	1.08
22.640	水杨酸甲酯	草药香	4.02	3.08	4.28	2.60	1.92
31.180	反-丁酸-3-己烯酯	果香	-	-	0.46	0.58	0.34
酯类合计			4.77	5.22	6.83	4.42	4.42
3.970	甲苯	芳香气味	-	0.52	0.27	0.66	0.43
6.703	邻二甲苯	芳香气味	1.09	0.12	-	1.05	1.05
19.417	苯乙腈	芳香气味	0.16	0.19	0.26	0.31	0.11
21.950	萘	温和芳香气味	1.03	1.34	1.16	1.00	1.12
36.142	2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚	-	2.00	1.96	1.40	1.39	1.23
芳香烃类合计			4.28	4.13	3.09	4.41	4.41
2.722	2-戊基咪喃	清香	2.53	2.45	2.80	2.44	2.47
4.899	3-乙基-1H-吡咯	-	0.42	0.42	0.50	0.41	0.51
2.812	2-乙基咪喃	烘炒香	-	-	0.11	0.20	0.20
19.159	2,6-二甲基-1,3,5,7-辛四烯	花香、果香	0.22	0.25	-	0.17	0.22
26.758	吡啶	花香	-	0.71	0.87	0.56	0.68
其他合计			3.17	3.12	3.30	3.02	3.02

注:“-”表示未检测到。

表6 不同加工流程所需设备及工艺的比较结果

Table 6 Effects comparison of different equipments and different process of broken green tea

项目	不同工艺流程				
	对照	1	2	3	4
设备数量	7	6	6	5	6
用工数	8	7	7	6	7
感官得分及特点	78.35 微粗涩, 微粗	79.1 平和, 微粗	79.5 平和, 微粗	79.8 平和	79.1 平和, 微粗

2.5 不同加工流程的设备和人工成本的比较

以同一机采鲜叶为原料, 并比较了不同加工流程所需设备数量、用工数和所制产品的特点, 结果(表6)发现, 绿碎茶的传统加工流程需要7台设备和8个加工人员, 加工成本最高。处理组均降低了设备台数和加工人数, 降低了加工设备成本和人力成本, 其中处理3删减了2台加工设备和2个人工, 人工成本降低了25%, 能耗成本明显降低, 所制绿碎茶的品质也相对较高, 更符合实际生产的技术需要。

3 结论

3.1 绿茶加工过程中, 受外力和高温的持续作用下, 茶坯含水率降低, 外形体积收缩, 品质特征逐步形成^[29]。绿碎茶加工过程中, 茶坯在制品含水率逐步降低, 感官和理化品质特征逐步形成。在绿碎茶加工流程轻简化研究的基础上, 筛选得到了轻简化的绿碎茶加工流程, 所制产品相比传统绿碎茶, 茶叶的感官综合得分较对照提高1.15分, 感官品质得到明显提高。

3.2 水浸出物、游离氨基酸、儿茶素等重要成分是绿茶滋味品质的物质基础^[39]。比较发现处理3所制的干茶、茶汤和叶底色泽相对较好, 色泽品质优于其他处理, 说明轻简化加工流程所制的绿碎茶的色泽和理化品质都得到明显提高。

3.3 与传统绿碎茶相比, 绿碎茶轻简化加工所制的干茶亮度显著上升($p < 0.01$), 茶汤色相值提高了132%, 儿茶素品质指数相对较高($p < 0.01$), 香气组分中的紫罗酮、呋喃、癸醛和反,反-2,4-庚二烯醛等栗香型组分也有所增加, 加工人工成本降低了25%, 能耗成本也明显降低。综上试验结果, 轻简化加工流程有效改善了绿碎茶品质, 降低了生产成本, 可以作为一种提高湖北绿碎茶品质的有效技术手段。

参考文献

[1] 陈宗懋. 饮茶与健康的起源和历史[J]. 中国茶叶, 2018, 40(10):1-3
CHEN Zong-mao. The origin and history of tea drinking and health [J]. China Tea, 2018, 40(10): 1-3

[2] 徐永成. 世界茶业经贸变化与特点[J]. 中国茶叶, 2004, 3:4-6
XU Yong-cheng. Characteristics and changes of tea economy and trade in the world [J]. China Tea, 2004, 3: 4-6

[3] 周小露, 陈崇俊, 冉莉莎, 等. 复合茯砖袋泡茶配方优化及安全性评价[J]. 现代食品科技, 2020, 36(4):210-219
ZHOU Xiao-lu, CHEN Chong-jun, RAN Li-sha, et al. Formulation optimization and safety evaluation of the compound fuzhuan tea bag [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(4): 210-219

[4] 张娇, 蒋倩倩, 张伯言, 等. 基于 AHP-CRITIC 法正交优选乌甘袋泡茶提取工艺及抗炎作用研究[J]. 中草药, 2020, 51(8): 2177-2184
ZHANG Jiao, JIANG Qian-qian, ZHANG Bo-yan, et al. Study on extraction process and anti-inflammatory effect of wugan tea based on AHP-CRITIC analysis [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2020, 51(8): 2177-2184

[5] 周文兵. 红碎茶 CTC 齿辊微机数控加工车床的方案设计[J]. 福建茶叶, 2019, 41(4):8-9
ZHOU Wen-bing. Design of CNC lathe machine for CTC broken black tea processing [J]. Fujian Tea, 2019, 41(4): 8-9

[6] 冯红钰, 黄建国, 阳景阳, 等. 桂香红碎茶加工技术研究[J]. 中国热带农业, 2020, 1:47-51
FENG Hong-yu, HUANG Jian-guo, YANG Jing-yang, et al. Process research of *Osmanthus fragrans* broken black tea [J]. China Tropical Agriculture, 2020, 1: 47-51

[7] DB52/T 640-2010, 贵州红茶 红碎茶加工技术规程[S]
DB52/T 640-2010, Guizhou Black Tea. Technical Specifications for Processing of Broken Black Tea [S]

[8] 张维成. 浅谈云南大叶种 CTC 红碎茶加工技术[J]. 中国茶叶, 2011, 33(8):23-24
ZHANG Wei-cheng. Introduction of CTC black broken tea processing [J]. China Tea, 2011, 33(8): 23-24

[9] 刘洪林, 曾艺涛, 赵欣. HS-SPME-GC-MS 对传统红碎茶和 CTC 红碎茶挥发性化合物分析和比较[J]. 食品科学, 2019, 40(18):248-252
LIU Hong-lin, ZENG Yi-tao, ZHAO Xin. Comparative analysis of volatile profiles orthodox black teas and CTC black teas using HS-SPME-GC-MS [J]. Food Science, 2019,

- 40(18): 248-252
- [10] 杨盛美,唐一春,段志芬,等.云南茶树品种与肯尼亚茶树品种的红碎茶品质成分比较研究[J].中国农学通报,2019,35(22):136-141
YANG Sheng-mei, TANG Yi-chun, DUAN Zhi-fen, et al. Broken black tea varieties from Yunnan and Kenya: a comparison study on quality components [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2019, 35(22): 136-141
- [11] 乔小燕,李崇兴,姜晓辉,等.不同等级 CTC 红碎茶生化成分分析[J].食品工业科技,2018,39(10):83-89
QIAO Xiao-yan, LI Chong-xing, JIANG Xiao-hui, et al. Comparative analysis on chemical characteristics of different grades CTC black tea [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(10): 83-89
- [12] 陈维,祁丹丹,王雯雯,等.黄化变异对英红九号红茶香气的影响[J].现代食品科技,2018,34(10):231-239
CHEN Wei, QI Dan-dan, WANG Wen-wen, et al. The effect of chlorina on the aroma of yinghong9 black tea [J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(10): 231-239
- [13] 王智慧.云南大叶种茶树种质资源与红碎茶品质关系研究[D].昆明:云南农业大学,2017
WANG Zhi-hui. Research on the relationship between Yunan large leaf tea germplasm resources and Yunnan broken black tea's quality [D]. Kunming: Yunan Agricultural University, 2017
- [14] 陈昀.不同国家区域红碎茶品质性状及其茶饮料配方研究[D].福州:福建农林大学,2015
CHEN Yun. Research on quality of broken black tea from different countries and their formulations of tea drink [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2015
- [15] 李真,刘政权,刘紫燕,等.国外红碎茶的香气特征[J].安徽农业大学学报,2015,42(5):692-699
LI Zhen, LIU Zheng-quan, LIU Zi-yan, et al. Aroma characteristic of the broken black tea abroad [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2015, 42(5): 692-699
- [16] 阳景阳,李子平,徐冬英.金萱红碎茶加工与检测分析[J].农业研究与应用,2018,31(4):36-39
YANG Jing-yang, LI Zi-ping, XU Dong-ying. Processing technology and Jinxuan broken detection analysis of black tea [J]. Agricultural Research and Application, 2018, 31(4): 36-39
- [17] 谭俊峰,郭丽,吕海鹏,等.超高压处理对红碎茶感官品质和主要化学成分的影响[J].食品科学,2008,29(9):87-91
TAN Jun-feng, GUO Li, LYU Hai-peng, et al. Effect of ultra-high pressure treatment on sensory quality and main chemical components of CTC (crush, tear and curl) black tea [J]. Food Science, 2008, 29(9): 87-91
- [18] 吴国宏.花香红碎茶加工工艺及品质形成研究[D].四川农业大学,2012
WU Guo-Hong. Study on processing technology and quality formation of the flowers fragrant black tea [D]. Sichuan Agricultural University, 2012
- [19] 莫小燕,李子平,梁光志,等.广西红碎茶的发展前景[J].农业研究与应用,2016,5:40-41,44
MO Xiao-yan, LI Zi-ping, LIANG Guang-zhi, et al. Prospect of broken black tea in Guangxi [J]. Agricultural Research and Application, 2016, 5: 40-41, 44
- [20] 赵文芳,张苑霞,黄亚辉,等.茶树品种及杀青工艺对绿碎茶品质的影响[J].茶叶科学技术,2011,3:10-13
ZHAO Wen-fang, ZHANG Yuan-xia, HUANG Ya-hui, et al. Effects of different tea varieties and fixations processes on the quality of broken green tea [J]. Tea Science and Technology, 2011, 3: 10-13
- [21] 文静,王守生.新型绿碎茶初制工艺及其制茶品质分析[J].福建茶叶,2008,1:25-26
WEN Jing, WANG Shou-sheng. Quality improvement and process research of the new broken green tea [J]. Fujian Tea, 2008, 1: 25-26
- [22] 李觅路,肖文军,龚志华,等.绿碎茉莉花茶窈制技术研究[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2002,5:411-413,420
LI Mi-lu, XIAO Wen-jun, GONG Zhi-hua, et al. Scenting techniques of jasmine tea from broken green tea [J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Science), 2002, 5: 411-413, 420
- [23] 中国最大的有机绿碎茶生产基地[J].茶世界,2010,7:23
The biggest base of broken green tea in China [J]. Tea World, 2010, 7: 23
- [24] GB/T 23776-2018,中国国家标准化管理委员会:茶叶感官审评方法[S]
GB/T 23776-2018, Standardization of Administration of the People's Republic of China: Methodology of Sensory Evaluation of Tea [S]
- [25] GB/T 8313-2008,中国国家标准化管理委员会:茶叶中茶多酚和儿茶素含量的检验方法[S]
GB/T 8313-2008, Standardization of Administration of the People's Republic of China: Test Methods of Tea Polyphenols and Catechin Content [S]
- [26] GB/T 8314-2013,中国国家标准化管理委员会:茶游离氨基酸总量的测定[S]
GB/T 8314-2013, Standardization of Administration of the

- People's Republic of China: Determination of Total Content of Free Amino Acids in Tea [S]
- [27] 叶飞,高士伟,龚自明.砂梨多酚氧化酶处理对夏秋红茶品质的影响[J].食品科学,2013,34(23):92-95
YE Fei, GAO Shi-wei, GONG Zi-ming. Effects of *Pyrus pyrifolia* Nakai polyphenol oxidase treatment on the quality of black tea in summer and autumn [J]. Food Science, 2013, 34(23): 92-95
- [28] 叶飞,高士伟,龚自明,等.不同品种砂梨多酚氧化酶改善夏暑宜红茶的理化品质[J].现代食品科技,2020,36(5):231-237
YE Fei, GAO Shi-wei, GONG Zi-ming, et al. Improvement of Yihong black tea in summer by polyphenol oxidase from different *Pyrus pyrifolia* Nakai [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(5): 231-237
- [29] 叶飞,龚自明,桂安辉,等.自动化加工生产线改善机采绿茶理化品质研究[J].农业工程学报,2019,35(3):281-286
Ye Fei, Gong Zi-ming, Gui An-hui, et al. Physico-chemical characteristics and quality improvement of machine picking green tea by automatic production line [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2019, 35(3): 281-286
- [30] 李俊,郭晓关,庞宏宇,等.贵州绿茶中咖啡碱和儿茶素含量分析[J].茶叶科学,2012,32(6):480-484
LI Jun, GUO Xiao-guan, PANG Hong-yu, et al. Contents of caffeine and catechin in Guizhou green tea [J]. Journal of Tea Science, 2012, 32(6): 480-484
- [31] 周天山,米晓玲,王衍成,等.不同加工工艺对‘陕茶1号’绿茶品质的影响[J].食品科学,2017,38(3):148-154
ZHOU Tian-shan, MI Xiao-ling, WANG Yan-cheng, et al. Effect of different processing techniques on the quality of ‘Shaancha 1’ green tea [J]. Food Science, 2017, 38(3): 148-154
- [32] 尹洪旭,杨艳芹,姚月凤,等.基于气相色谱-质谱技术与多元统计分析对不同栗香特征绿茶判别分析[J].食品科学,2019,40(4):192-198
YIN Hong-xu, YANG Yan-qin, YAO Yue-feng, et al. Discrimination of different characteristics of chestnut-like green tea based on gas chromatography-mass spectrometry and multivariate statistical data analysis [J]. Food Science, 2019, 40(4): 192-198
- [33] 叶国注,江用文,尹军峰,等.板栗香型绿茶香气成分特征研究[J].茶叶科学,2009,29(5):385-394
YE Guo-zhu, JIANG Yong-wen, YIN Jun-feng, et al. Study on the characteristic of aroma components in green tea with chestnut-like aroma [J]. Journal of Tea Science, 2009, 29(5): 385-394
- [34] 袁海波,尹军峰,叶国柱,等.茶叶香型及特征物质研究进展[J].中国茶叶,2009,31(8):14-15
YUAN Hai-bo, YIN Jun-feng, YE Guo-zhu, et al. Research process of tea aroma and characteristic components [J]. China Tea, 2009, 31(8): 14-15
- [35] 王力,林智,吕海鹏,等.茶叶香气影响因子的研究进展[J].食品科学,2010,31(15):293-298
WANG Li, LIN Zhi, LV Hai-peng, et al. Research progress in affecting factors of tea aroma [J]. Food Science, 2010, 31(15): 293-298
- [36] 张铭铭,尹洪旭,邓余良,等.基于 HS-SPME/GC×GC-TOFMS/OAV 不同栗香特征绿茶关键香气组分分析[J].食品科学,2020,41(2):244-252
ZHANG Ming-ming, YIN Hong-xu, DENG Yu-liang, et al. Analysis of key odorants responsible for different chestnut-like aromas of green teas based on headspace solid-phase microextraction coupled with comprehensive two-dimensional gas chromatography time-of-flight mass spectrometry and odor activity value [J]. Food Science, 2020, 41(2): 244-252
- [37] 叶飞,桂安辉,龚自明,等.杀青方式对机采绿茶理化品质的影响[J].热带作物学报,2019,40(2):194-200
YE Fei, GUI An-hui, GONG Zi-ming, et al. The effects of different fixation methods on the quality of green tea harvested by machines [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2019, 40(2): 194-200
- [38] 马林龙,刘艳丽,曹丹,等.湖北优良茶树品系绿茶香气成分分析[J].食品科学,2019,40(10):251-256
MA Lin-long, LIU Yan-li, CAO Dan, et al. Analysis of aroma components of green teas made from leaves of high-quality tea strains in Hubei province [J]. Food Science, 2019, 40(10): 251-256
- [39] 马林龙,刘艳丽,曹丹,等.不同茶树品种(系)的绿茶滋味分析及评价模型构建[J].农业工程学报,2020,36(10):277-286
MA Lin-long, LIU Yan-li, CAO Dan, et al. Analysis and evaluation model for the taste quality of green tea made from various cultivars or strains [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2020, 36(10): 277-286