

微波杀青工艺对秋季绿茶的保绿降苦作用

刘梦圆¹, 崔俐丹¹, 项 希¹, 徐洋洋², 王继国², 刘 峰², 龚志华¹, 肖文军^{1*}

(1. 湖南农业大学茶学教育部重点实验室, 长沙 410128; 2. 石门县茶祖印象太平茶业专业合作社, 石门 415300)

摘 要: **目的** 探究微波杀青工艺对秋季绿茶的保绿降苦作用。**方法** 以茶树品种碧香早秋季一芽二叶茶鲜叶为原料, 在传统绿茶杀青、揉捻、干燥加工工艺的基础上, 将微波杀青工艺替代传统滚筒杀青工艺, 按不同微波强度、微波时间设置 14 组微波杀青处理, 从感官品质、滋味品质、干茶与汤色色泽 3 个方面探究微波杀青工艺对秋季绿茶的保绿降苦作用。**结果** 与传统滚筒杀青工艺相比, 采用微波强度 500 W、杀青时间为 3 min 的微波杀青工艺所制绿茶色绿味醇且综合感官品质最佳, 其水浸出物、茶多酚、氨基酸、咖啡碱、总儿茶素、简单儿茶素的含量显著升高($P<0.05$), 苦味评价指标酚/氨比、酯型儿茶素含量与总儿茶素含量的比值则显著降低($P<0.05$), 且干茶与茶汤色泽在绿、明度上均有不同程度的改善。**结论** 利用微波杀青工艺加工秋季绿茶具有较好的保绿降苦效果, 可应用于提高秋季绿茶品质的生产实践。

关键词: 茶叶; 秋茶; 绿茶加工; 微波杀青; 保绿降苦

Effects of microwave fixation process on preserving green color and reducing bitterness in autumn green tea

LIU Meng-Yuan¹, CUI Li-Dan¹, XIANG Xi¹, XU Yang-Yang², WANG Ji-Guo², LIU Feng²,
GONG Zhi-Hua¹, XIAO Wen-Jun^{1*}

(1. Key Lab of Tea Science of Ministry of Education, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;
2. The Impression of Shimen Tea Ancestor Taiping Tea Professional Cooperative, Shimen 415300, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the effects of microwave fixation process on preserving green color and reducing bitterness in autumn green tea. **Methods** Flushes of two leaves and a bud of tea variety Bixiangzao picked in autumn were as raw materials, based on the traditional green tea fixing, rolling and drying processes, the microwave fixation process was used to replace the traditional cylinder fixation process, 14 groups of microwave fixation treatments were set up according to different microwave intensities and microwave times to investigate the effect of microwave fixation process on preserving green color and reducing bitterness in autumn green tea in terms of sensory quality, taste quality components and color quality of dry tea and tea infusion. **Results** Compared with the traditional cylinder fixation process, the green tea produced by the microwave fixation process with microwave intensity of 500 W and microwave time of 3 min had the best overall sensory quality with green color and mellow taste, while the content of water extract, tea polyphenols, amino acids, caffeine, total catechins and simple catechins were significantly increased ($P<0.05$), the ratio of tea polyphenols to amino acids for bitterness evaluation indicators and ester catechin content to total catechin content were significantly decreased ($P<0.05$).

基金项目: 湖南省科技厅重点研发计划项目(2021NK2016)、湖南省大学生创新创业训练项目(S202010537046)

Fund: Supported by the Key Research and Development Project of Hunan Science and Technology Department (2021NK2016), and the Hunan University Students Innovation and Entrepreneurship Training Program (S202010537046)

*通信作者: 肖文军, 教授, 主要研究方向为茶叶加工与品质化学。E-mail: xiaowenjun88@sina.com

*Corresponding author: XIAO Wen-Jun, Professor, Key Lab of Tea Science of Ministry of Education, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China. E-mail: xiaowenjun88@sina.com

and the greenness and brightness of the dry tea color and the tea infusion color were improved in different degrees. **Conclusion** Microwave fixation processing of autumn green tea has a good effect of protecting green and reducing bitter, which can be applied to improve the quality of autumn green tea production practice.

KEY WORDS: tea; autumn green tea; green tea processing; microwave fixation; preserve green color and reduce bitterness

0 引言

按照茶树生育特性和茶鲜叶采制季节,春茶、夏茶、秋茶产量比例约为 4:3:3,但由于夏秋季气温高、日照强、病虫害害较多、采摘成本高以及加工出的茶叶存在色泽欠绿、滋味苦涩等问题,每年有 30%~40%的夏秋茶原料被弃采而未能利用,严重制约了单位茶园面积产能的提高和茶产业的高质量发展^[1]。杀青是绿茶“清汤绿叶”的色泽品质与“浓、醇、鲜、爽”滋味品质形成的关键工艺^[2-3],鲜叶通过高温杀青使叶绿素降解形成脱镁叶绿素,同时迅速钝化酶的活性,可保留茶叶中多酚类物质。

微波加热技术是利用微波的高频率、强穿透力特性,作用于物料使其内部与外部同时升温,具有加热均匀、升温迅速、热效率高等优点^[4]。研究表明,微波杀青工艺加而成的绿茶色泽青翠、茶香清新^[5-6],但其生化机制尚不明确,同时鲜有微波杀青技术改善夏秋绿茶色泽品质、降低苦涩滋味的研究报道。

碧香早是以母本为福鼎大白、父本为云南大叶种所得的杂交品种,是湖南省级优良品种。因其春制名优绿茶、夏制红茶的红绿兼优特征及生长快、产量高、适应性及抗寒能力强、内含物丰富、扦插移栽成活率高等优势,目前已在湖南省大部分茶园推广种植。本研究以碧香早秋季茶鲜叶为原料,在传统绿茶加工工艺的基础上,将微波杀青工艺替代传统滚筒杀青工艺,从保绿降苦角度,分析微波杀青工艺对秋季绿茶品质的影响,为微波技术在茶叶加工中的应用以及夏秋茶资源的利用和夏秋绿茶品质的提升提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

茶树品种碧香早秋季一芽二叶鲜叶采自石门县茶祖印象太平茶厂。

表儿茶素(epicatechin, EC)、表没食子儿茶素(epigallocatechin, EGC)、表儿茶素没食子酸酯(epicatechin gallate, ECG)、表没食子儿茶素没食子酸酯(epigallocatechin gallate, EGCG)、没食子儿茶素没食子酸酯(gallocatechin gallate, GCG)、儿茶素(gallocatechin, C)、谷氨酸标准品(纯度 99%,北京酷来搏科技有限公司);甲酸、甲醇、甲酰胺

(色谱纯,国药集团化学试剂有限公司)。

1.2 仪器与设备

M1-211A 型微波炉(美的集团电子商务有限公司); 6CST-70D 型滚筒杀青机(浙江春江茶叶机械有限公司); 6CHZ-9B 型茶叶烘焙机(福建佳友茶叶机械智能科技股份有限公司); TDZ4 台式低速离心机(湖南赫西仪器装备有限公司); HH 型数显恒温水浴锅(上海精宏实验设备有限公司); 722E 型可见分光光度计(上海光谱仪器有限公司); LC-2010AHT 高效液相色谱仪(日本岛津公司); SMY-2000 测色色差计(北京盛名扬科技开发有限责任公司)。

1.3 方法

1.3.1 茶样制备

选取茶树品种碧香早秋季一芽二叶鲜叶,在 25~30 ℃下摊放 6 h(含水量 74%~76%),再进行杀青,其中对照处理组(CK)采用 70 型茶叶滚筒杀青机在 150 ℃下杀青 3 min;微波杀青处理组选取微波强度分别为 500、600、700 W,微波时间 1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5 min 进行实验,摊叶厚度均为 3 cm(具体工艺参数见表 1),由于预实验结果显示 500 W 1 min 处理后的茶样杀青不足、红梗红叶较多(含水量约 70%),而 600 W 3.5 min、700 W 3 min、700 W 3.5 min 处理则杀青过重,水分保留太少(含水量约 40%),故均被淘汰。其余杀青后的茶样均在 6CHZ-9B 型茶叶烘焙机中以 90 ℃烘 20 min,再降至 75 ℃烘至足干,冷却后制成成品。

表 1 微波杀青处理工艺参数
Table 1 Processing parameters of microwave treatment

茶样编号	微波强度/W	微波时间/min
A1	500	1.5
A2	500	2.0
A3	500	2.5
A4	500	3.0
A5	500	3.5
B1	600	1.0
B2	600	1.5
B3	600	2.0
B4	600	2.5
B5	600	3.0
C1	700	1.0
C2	700	1.5
C3	700	2.0
C4	700	2.5

1.3.2 茶样分析方法

感官审评: 由具有评茶员资格的 3 名茶学专业教师和 2 名研究生组成的 5 人审评小组, 按 GB/T 23776—2018《茶叶感官审评方法》方法进行。采用 3 g 茶样、150 mL 沸水、冲泡 5 min, 密码评审; 评定外形、汤色、香气、滋味和叶底, 按每项满分 100 分计(因为本研究未对茶叶揉捻做形, 下表中外形评分为干茶色泽和匀整度评定值); 总分采用加权法, 品质总分=外形×0.25+汤色×0.10+香气×0.25+滋味×0.30+叶底×0.10^[7]。

滋味品质成分分析: 水浸出物参照 GB/T 8305—2013《茶 水浸出物测定》进行; 游离氨基酸参照 GB/T 8314—2013《茶 游离氨基酸总量测定》进行; 茶多酚参照 GB/T 8313—2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》进行; 儿茶素与咖啡碱采用高效液相色谱法分析^[8]。

茶汤色泽的测定方法: 茶汤色泽的测定取 3 g 茶样、150 mL 水、冲泡 5 min 后立刻出汤, 用 SMY-2000 测色色差计测定热汤色度值; 静置茶汤 10~15 min, 待茶汤温度降至 20 ℃时测定温汤色度值; 冷却茶汤至室温(15 ℃)后测定其冷汤色度值。

干茶与茶汤色泽分析方法: 茶样干茶及汤色色泽的测定均采用 CIE1976 色度空间法^[9], 其中以 a^* 和 b^* 值表示色调和色调彩度, $|a^*|$ 值越高, 色泽绿度越高, b^* 值越高, 色泽黄度越高, L^* 值越高, 色泽明度越高, 以 a^* 、 b^* 和 L^* 3 组

数据来客观地表达茶叶的外形和茶汤色泽。

1.3.3 统计方法

数据均采用 3 次独立重复实验计算得来, 应用 SPSS 23.0 软件进行显著性分析, 统计结果以平均值±标准偏差表示; $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 微波杀青工艺对绿茶感官品质的影响

由表 2 可知, 与 CK 组相比, A3~A5、B3~B5 及 C2~C4 组绿茶汤色嫩绿明亮, 品质较佳; A4~A5、B3~B5 及 C3~C4 组香气更为高爽持久, A4~A5、B3~B5 及 C1~C4 组的滋味更加醇爽鲜厚, 从综合评分上看, A3~A5 组、B2~B5 组、C1~C4 组的感官综合评分均高于 CK 组, 说明微波杀青工艺对改善绿茶色泽、滋味品质以及综合感官品质有积极作用, 其中采用微波强度 500 W、杀青时间为 3 min 处理组(A4 组)的绿茶干茶色泽翠绿、汤色嫩绿明亮、滋味醇爽、香气高长, 感官综合评分最佳。A1、A2、B1、B2、C1 组的茶样有稍带红蒂的情况, 说明该处理杀青程度偏轻, 在叶梗中多酚氧化酶未完全失活, 进一步氧化儿茶素等形成茶黄素等黄红色氧化聚合产物^[10]; A5 和 B5 组干茶色泽稍暗, 可能是因为微波强度高、加热时间过长, 促进叶绿素降解^[11], 形成的脱镁叶绿素呈现黑褐色泽使干茶色泽变暗^[12]。

表 2 微波杀青工艺对绿茶感官品质的影响(n=5)
Table 2 Effects of microwave fixing processes on the quality of green tea (n=5)

处理	外形		汤色		香气		滋味		叶底		综合评分
	评语	评分	评语	评分	评语	评分	评语	评分	评语	评分	
CK	绿带翠	85.0	绿, 较亮	85.0	栗香, 尚高长	90.0	尚醇, 带苦涩	86.0	较亮, 匀齐	90.0	87.1
A1	绿, 稍有红蒂	80.0	绿, 较亮	83.0	水闷气	85.0	醇较爽	89.0	欠亮, 尚匀齐	80.0	84.3
A2	绿翠, 稍有红蒂	85.0	绿, 亮	90.0	栗香, 尚高长	90.0	醇较爽	90.0	较亮, 尚匀齐	89.0	88.7
A3	绿	86.0	嫩绿, 亮	93.0	栗香, 尚高长	92.0	醇爽	93.0	较亮, 匀齐	90.0	90.7
A4	翠绿	91.0	嫩绿, 亮	94.0	栗香, 高长	94.0	醇爽	93.0	明亮, 匀齐	94.0	93.0
A5	黄绿稍暗	82.0	嫩绿, 亮	92.5	栗香, 高长	93.0	醇爽	93.0	较亮, 匀齐	90.0	90.0
B1	绿, 稍有红蒂	80.0	绿, 亮	90.0	栗香, 尚高长	91.0	醇较爽	89.0	欠亮, 尚匀齐	83.0	86.8
B2	绿翠, 稍有红蒂	84.5	绿, 亮	91.0	栗香, 尚高长	91.0	醇较爽	90.0	较亮, 尚匀齐	88.0	88.8
B3	绿翠	90.0	嫩绿, 亮	93.0	栗香, 高长	94.0	醇爽	92.0	较亮, 匀齐	90.0	92.0
B4	绿翠	88.0	嫩绿, 亮	93.0	栗香, 高长	93.0	醇爽	93.0	明亮, 匀齐	93.0	91.8
B5	绿稍暗	83.0	嫩绿, 亮	93.0	栗香, 高长	92.0	醇爽	93.0	较亮, 较匀齐	90.0	90.0
C1	绿翠, 稍有红蒂	85.0	嫩绿, 亮	92.5	栗香, 尚高长	90.0	醇爽	92.5	较亮, 较匀齐	90.0	89.8
C2	绿翠	89.0	嫩绿, 亮	93.0	栗香, 尚高长	90.0	醇爽	93.0	明亮, 匀齐	93.0	91.3
C3	绿稍暗	84.0	嫩绿, 亮	93.0	栗香, 高长	93.0	醇爽	93.0	较亮, 匀齐	91.0	90.6
C4	黄绿稍暗	82.0	嫩绿, 亮	92.0	栗香, 高长	92.0	醇爽	92.5	较亮, 匀齐	90.0	89.5

2.2 微波杀青工艺对绿茶滋味品质的影响

2.2.1 对水浸出物、茶多酚、氨基酸、咖啡碱含量及苦味评价指标酚/氨比的影响

表 3 表明,与 CK 组相比,微波杀青处理后的茶样水浸出物和咖啡碱含量显著增加($P<0.05$),这主要是因为微波杀青相较于滚筒杀青,茶叶受热时间短,杀青效率高,茶叶内含物质在湿热条件下降解得少而得到较多的保留^[13],与周天山等^[14]、李立祥等^[15]研究发现的微波杀青能提高绿茶水浸出物和咖啡碱含量的结果一致。同时,与 CK 组相比,A4、A5、B3、B4、C2 处理组的茶多酚含量显著增加($P<0.05$),A1、A3、A4、A5、B1、B2、B3、B4、B5、C2、C3 处理组的氨基酸含量显著增加($P<0.05$),其中以 A4 组的茶多酚含量和氨基酸含量最高,说明在一定的微波频率和时间下,微波杀青工艺能提高茶多酚和氨基酸的保留量。A1~A3、B1~B2 及 C1 组茶多酚含量显著低于 CK 组,可能是因为微波时间短,茶样中多酚氧化酶活性未完全钝化,在热和残留酶的作用下,多酚类物质因异构、水解和部分氧化聚合等化学变化^[16],而使其总量有所减少。从苦味评价指标酚/氨比值来看,微波处理组茶样的酚/氨比值均显著低于 CK 组,与感官审评结果显示微波处理组的滋味较醇爽相吻合。

2.2.2 对儿茶素含量及苦味评价指标酯型儿茶素/总儿茶素比值的影响

表 4 显示,与 CK 组相比,微波杀青工艺能够显著提高绿茶中总儿茶素、简单儿茶素、EGCG 的含量($P<0.05$),

显著降低苦味评价指标酯型儿茶素与总儿茶素的比值($P<0.05$),说明微波杀青工艺较传统滚筒杀青工艺能较多地保留儿茶素,同时在一定程度能够降解苦涩味较重的酯型儿茶素为简单儿茶素和没食子酸,进而使得酯型儿茶素与总儿茶素的比值显著降低($P<0.05$),对于降低绿茶苦味程度具有积极作用^[17]。其中,以微波强度 500 W、微波时间 3 min 处理组(A4 组)的总儿茶素、简单儿茶素含量均为最高,较 CK 组分别提高了 18.84%、40.66%,酯型儿茶素与总儿茶素的比值最低,较 CK 组降低了 9.52%,与感官审评结果显示该组茶汤滋味醇爽,评分较高相吻合。

2.3 微波杀青工艺对茶样干茶色泽和汤色品质的影响

2.3.1 微波杀青工艺对茶样干茶色泽品质的影响

表 5 显示,与 CK 组相比,微波处理组的干茶 L^* 值(明度)均显著提高($P<0.05$), b^* 值(黄度)均显著降低($P<0.05$),其中 A4 处理组的 L^* 值最高,其次是 A3 处理组。通过对微波处理组 A1~A5、B1~B5 及 C1~C4 组内比较发现,在同一微波强度下,随着微波时间的延长, L^* 值大致呈现先增大后减小的趋势,而 b^* 值呈现出先减小后增大的趋势,说明杀青时间过短或过长均会影响干茶色泽的明度和色泽,使干茶明度降低,色泽偏黄或偏暗^[18]。从 $|a^*|$ 值(绿度)上看,微波强度 700 W 处理组(C 组)的总体绿度显著高于其他处理组($P<0.05$),说明微波强度 700 W 相较于 500、600 W 更有利于绿茶保绿。

表 3 不同微波杀青工艺对茶样水浸出物、茶多酚、氨基酸、咖啡碱含量及酚/氨比的影响($n=3$)
Table 3 Effects of different microwave fixing processes on the water extracts, tea polyphenols, amino acids, caffeine and the ratio of tea polyphenols to amino acids in green tea ($n=3$)

处理	水浸出物/%	茶多酚/%	氨基酸/%	咖啡碱/%	酚/氨比
CK	36.65±0.00 ⁱ	24.10±0.00 ^e	3.38±0.00 ⁱ	4.56±0.00 ^f	7.13±0.03 ^a
A1	37.25±0.00 ^h	21.20±0.00 ^m	3.70±0.00 ^b	4.81±0.01 ^a	5.73±0.00 ^m
A2	37.81±0.00 ^g	21.47±0.01 ^k	3.35±0.01 ^j	4.78±0.00 ^{ab}	6.41±0.00 ^k
A3	38.55±0.02 ^{bcd}	22.33±0.02 ⁱ	3.67±0.01 ^c	4.74±0.00 ^c	6.08±0.01 ^l
A4	38.67±0.01 ^{bc}	25.74±0.03 ^a	3.81±0.02 ^a	4.69±0.00 ^d	6.76±0.00 ^c
A5	38.42±0.00 ^{cde}	24.98±0.00 ^b	3.58±0.00 ^e	4.63±0.00 ^e	6.98±0.03 ^c
B1	37.20±0.02 ^h	22.58±0.02 ^h	3.42±0.02 ^h	4.76±0.00 ^{bc}	6.60±0.00 ⁱ
B2	37.89±0.01 ^g	24.01±0.00 ^f	3.62±0.01 ^d	4.75±0.00 ^{bc}	6.63±0.02 ^{hi}
B3	39.21±0.00 ^a	25.73±0.00 ^a	3.67±0.01 ^c	4.73±0.00 ^c	7.01±0.02 ^b
B4	38.72±0.01 ^{bc}	24.76±0.01 ^c	3.57±0.01 ^e	4.69±0.00 ^d	6.94±0.00 ^d
B5	38.82±0.00 ^b	22.98±0.00 ^g	3.53±0.01 ^{fg}	4.62±0.00 ^e	6.50±0.00 ^j
C1	38.00±0.02 ^{fg}	22.25±0.00 ^j	3.30±0.02 ^k	4.76±0.03 ^{bc}	6.74±0.00 ^f
C2	38.21±0.01 ^{ef}	24.45±0.00 ^d	3.50±0.00 ^g	4.69±0.06 ^d	6.99±0.00 ^c
C3	38.35±0.00 ^{de}	22.59±0.01 ^h	3.40±0.02 ^h	4.64±0.01 ^c	6.64±0.01 ^h
C4	38.04±0.00 ^{fg}	21.38±0.00 ^l	3.20±0.00 ^l	4.65±0.01 ^c	6.68±0.00 ^g

注:不同的小写字母表示各组多重比较的结果具有显著性差异($P<0.05$),下同。

表 4 不同微波杀青工艺对茶样儿茶素含量及酯型儿茶素/总儿茶素比值的影响($n=3$)

Table 4 Effects of microwave fixing processes on the catechins and the ratio of ester catechin to total catechin in green tea ($n=3$)

处理	EGCG/%	简单儿茶素/%	酯型儿茶素/%	总儿茶素/%	酯型儿茶素/总儿茶素比值
CK	7.00±0.01 ^j	2.41±0.02 ^m	10.37±0.01 ^j	12.37±0.01 ^k	0.84±0.01 ^e
A1	7.95±0.01 ^a	2.99±0.00 ^g	11.15±0.02 ^e	14.14±0.01 ^e	0.79±0.00 ^{bcd}
A2	7.29±0.03 ^b	2.96±0.02 ^h	10.22±0.03 ^k	13.18±0.01 ⁱ	0.78±0.01 ^{abc}
A3	7.32±0.03 ^g	2.85±0.01 ⁱ	10.98±0.00 ^g	13.83±0.02 ^g	0.79±0.02 ^{bcd}
A4	7.92±0.01 ^{ab}	3.39±0.01 ^a	11.31±0.01 ^d	14.70±0.03 ^a	0.76±0.01 ^a
A5	7.76±0.01 ^e	3.30±0.01 ^b	11.38±0.01 ^c	14.68±0.01 ^b	0.77±0.02 ^{ab}
B1	7.69±0.00 ^f	2.77±0.01 ^j	11.08±0.02 ^f	13.85±0.02 ^g	0.80±0.01 ^d
B2	7.80±0.02 ^d	3.00±0.03 ^{fg}	11.10±0.05 ^f	14.10±0.01 ^f	0.79±0.02 ^{bcd}
B3	7.84±0.00 ^e	3.08±0.02 ^d	11.40±0.03 ^e	14.48±0.01 ^d	0.79±0.01 ^{bcd}
B4	7.90±0.00 ^b	3.11±0.03 ^c	11.53±0.02 ^b	14.64±0.01 ^c	0.79±0.00 ^{bcd}
B5	7.82±0.01 ^{cd}	3.02±0.01 ^{ef}	11.60±0.07 ^a	14.62±0.01 ^c	0.79±0.00 ^{bcd}
C1	7.86±0.04 ^e	2.69±0.00 ^l	10.77±0.01 ^h	13.46±0.01 ^h	0.80±0.01 ^{cd}
C2	7.18±0.01 ⁱ	2.72±0.01 ^k	10.45±0.01 ⁱ	13.17±0.00 ⁱ	0.79±0.02 ^{bcd}
C3	7.36±0.04 ^g	2.74±0.01 ^k	10.16±0.02 ^l	12.90±0.00 ^j	0.79±0.01 ^{bcd}
C4	7.94±0.04 ^{ab}	3.03±0.02 ^e	10.81±0.05 ^h	13.84±0.02 ^g	0.78±0.02 ^{abc}

注: 酯型儿茶素: EGCG、GCG、ECG; 简单儿茶素: EGC、C、EC。

通过对干茶的 L^* 、 $|a^*|$ 、 b^* 值进行综合评价, 发现微波强度为 500 W、杀青时间为 3 min 处理组(A4 组)的干茶色泽最佳, 同时与 CK 组相比, 干茶明度与绿度显著提高, 黄度显著降低($P<0.05$)。

2.3.2 微波杀青工艺对茶样汤色品质的影响

陆建良等^[19]研究发现, 茶汤汤色的评分与 L^* 、 $|a^*|$ 值极显著正相关($P<0.01$), 与 b^* 值显著负相关($P<0.05$), L^* 值越高, 茶汤越明亮; $|a^*|$ 值越高, 汤色越绿; b^* 值越小, 茶汤黄色程度越低, 色泽的感官评分越高, 茶汤品质越佳。由表 6 可知, 与 CK 组相比, 微波处理组热汤、温汤和冷汤的 L^* 值均有显著提高($P<0.05$), b^* 值显著降低($P<0.05$), 说明微波杀青工艺能通过提高汤色亮度, 降低汤色黄度从而改善绿茶的汤色品质。从 $|a^*|$ 值上看, 与 CK 组相比, 除 A1 组外, 微波处理组的热汤和温汤 $|a^*|$ 值均显著提高($P<0.05$), 汤色更绿。其中以 A4 组的热汤 $|a^*|$ 值和 L^* 值均最高, 与感官审评结果显示该组茶汤色泽浅绿明亮相吻合, 茶汤汤色品质最佳。

3 结论与讨论

夏秋茶鲜叶因多酚类物质含量高, 尤其是具有苦涩味的酯型儿茶素含量高, 而氨基酸含量低^[20], 采用传统的滚筒杀青方式制成的夏秋茶往往滋味苦涩, 品质不佳^[21-23], 本研究结果显示, 与传统滚筒杀青工艺相比, 采用微波杀青工艺加工的秋季绿茶茶多酚、氨基酸含量显著提高, 同时酚/氨比值显著降低($P<0.05$), 这可能是因为微波具有瞬时穿透式、里外同时加热的热传导特性, 具有升温迅速、热效率高的优点^[24-25], 一方面能够快速钝化多酚氧化酶的

活性, 提高多酚类物质的保留量, 另一方面, 缩短杀青时间, 氨基酸与可溶性糖之间的 Maillard 反应减弱^[26], 提高了氨基酸含量。许伟等^[17]研究发现, 茶叶中酯型儿茶素和总儿茶素的比例是决定茶汤苦涩味的重要因素。本研究显示, 微波杀青工艺处理的绿茶能更多地保留去苦味的简单儿茶素和生物活性成分 EGCG 的含量^[27-29], 同时降低茶叶中酯型儿茶素和总儿茶素的比值, 降低绿茶的苦味程度。

表 5 微波杀青工艺对茶样干茶色泽品质的影响($n=3$)

Table 5 Effects of microwave fixing processes on the color of dry tea ($n=3$)

处理	L^* 值	$ a^* $ 值	b^* 值
CK	22.30±0.01 ^l	2.89±0.01 ^m	74.51±0.01 ^a
A1	24.05±0.03 ^f	3.20±0.02 ^l	71.35±0.01 ^d
A2	25.37±0.04 ^d	3.28±0.00 ^k	70.61±0.02 ^e
A3	25.80±0.17 ^b	3.45±0.02 ^j	70.18±0.01 ^f
A4	26.70±0.04 ^a	4.92±0.02 ^e	65.43±0.01 ^l
A5	25.43±0.01 ^d	4.77±0.04 ^f	65.45±0.15 ^l
B1	22.56±0.01 ^j	3.55±0.05 ⁱ	65.55±0.00 ^k
B2	23.09±0.03 ⁱ	3.62±0.04 ^h	63.96±0.04 ^m
B3	24.76±0.01 ^e	3.74±0.01 ^g	62.35±0.01 ⁿ
B4	23.20±0.03 ^h	3.70±0.02 ^g	67.59±0.02 ⁱ
B5	23.47±0.03 ^g	3.61±0.00 ^h	71.50±0.02 ^e
C1	25.64±0.05 ^c	5.78±0.04 ^c	71.76±0.01 ^b
C2	25.65±0.01 ^c	7.42±0.03 ^a	67.94±0.04 ^h
C3	23.14±0.04 ^{hi}	5.60±0.02 ^d	67.47±0.04 ^j
C4	22.48±0.02 ^k	5.96±0.04 ^b	68.88±0.01 ^g

表 6 微波杀青工艺对绿茶汤色品质的影响
Table 6 Effects of microwave fixation processes on color quality of green tea infusion

处理	热汤			温汤			冷汤		
	<i>L</i> *值	<i>a</i> * 值	<i>b</i> *值	<i>L</i> *值	<i>a</i> * 值	<i>b</i> *值	<i>L</i> *值	<i>a</i> * 值	<i>b</i> *值
CK	45.72±0.01 ^m	16.37±0.01 ^j	108.00±0.10 ^a	42.41±0.02 ^l	15.84±0.04 ^l	103.40±0.03 ^a	41.99±0.01 ^l	17.84±0.06 ^b	102.60±0.02 ^a
A1	46.62±0.03 ^k	16.07±0.02 ^k	107.90±0.10 ^b	42.50±0.02 ^k	15.45±0.01 ^m	100.50±0.06 ^b	42.60±0.03 ^h	17.12±0.01 ⁱ	99.89±0.05 ^h
A2	47.41±0.01 ^g	16.43±0.01 ⁱ	100.70±0.06 ^g	43.39±0.01 ^h	16.47±0.01 ^j	102.40±0.00 ^e	42.99±0.04 ^d	17.37±0.03 ^g	99.76±0.03 ⁱ
A3	48.13±0.01 ^c	16.65±0.05 ^f	103.60±0.06 ^c	43.44±0.02 ^g	21.70±0.02 ^a	98.03±0.01 ^k	42.34±0.01 ^j	17.88±0.01 ^b	100.50±0.03 ^f
A4	49.56±0.04 ^a	17.95±0.05 ^a	103.20±0.06 ^d	44.46±0.00 ^a	20.38±0.01 ^c	99.03±0.01 ^g	43.05±0.02 ^c	17.36±0.01 ^g	99.44±0.04 ^k
A5	48.90±0.01 ^b	17.04±0.02 ^e	103.50±0.06 ^c	44.31±0.01 ^b	19.88±0.01 ^d	100.50±0.02 ^h	43.56±0.01 ^a	17.29±0.02 ^h	100.10±0.03 ^g
B1	47.69±0.01 ^f	17.11±0.03 ^d	102.70±0.10 ^e	43.57±0.07 ^f	17.14±0.05 ^f	100.90±0.02 ^f	42.67±0.00 ^g	17.37±0.01 ^g	100.00±0.03 ^g
B2	47.99±0.07 ^d	17.04±0.02 ^c	103.40±0.00 ^{cd}	43.82±0.01 ^c	16.54±0.02 ⁱ	102.60±0.02 ^b	42.82±0.02 ^c	17.45±0.05 ^f	101.40±0.01 ^e
B3	48.03±0.07 ^d	17.26±0.01 ^c	103.50±0.06 ^{cd}	43.87±0.01 ^d	16.32±0.05 ^k	101.50±0.01 ^c	43.54±0.01 ^a	17.71±0.02 ^{de}	100.70±0.06 ^g
B4	47.07±0.07 ⁱ	17.13±0.02 ^d	103.50±0.06 ^{cd}	44.02±0.01 ^c	16.88±0.02 ^g	100.48±0.03 ^h	43.42±0.02 ^b	17.98±0.00 ^a	102.40±0.01 ^c
B5	47.91±0.04 ^e	17.58±0.01 ^b	101.50±0.55 ^f	43.20±0.04 ⁱ	16.70±0.02 ^h	102.00±0.06 ^d	42.72±0.02 ^f	17.74±0.02 ^d	97.79±0.01 ^c
C1	46.43±0.01 ^l	17.59±0.05 ^b	100.70±0.20 ^g	43.90±0.03 ^d	16.67±0.00 ^h	101.50±0.00 ^e	42.48±0.02 ⁱ	17.79±0.01 ^c	97.37±0.03 ^m
C2	47.63±0.01 ^f	16.53±0.03 ^g	99.36±0.02 ^h	43.35±0.01 ^h	18.07±0.03 ^e	100.30±0.02 ⁱ	42.74±0.02 ^f	17.04±0.02 ^j	99.54±0.02 ^j
C3	47.16±0.03 ^h	16.53±0.01 ^g	103.70±0.01 ^c	42.44±0.01 ^l	20.70±0.03 ^b	99.03±0.01 ^g	42.21±0.01 ^k	16.58±0.01 ^k	102.50±0.01 ^b
C4	46.99±0.01 ^j	16.48±0.04 ^h	103.40±0.20 ^{cd}	42.57±0.01 ^j	17.14±0.02 ^f	100.90±0.01 ^f	42.33±0.04 ^j	17.67±0.03 ^e	99.45±0.05 ^k

叶绿素及其衍生物的降解、多酚类的轻度氧化聚合以及非酶促褐变是绿茶加工过程中影响其色泽品质的重要因素,其中杀青工序是叶绿素降解形成脱镁叶绿素的主要工序之一^[14],有研究显示,杀青时间对叶绿素含量影响达显著水平,由于脱镁叶绿素呈褐色,杀青时间越长,叶绿素脱镁率越高,茶叶色泽越黄暗^[30]。本研究显示,与传统滚筒杀青工艺相比,微波杀青工艺处理组中茶样干茶色泽的明度和绿度均有不同程度的提升,这可能是因为微波杀青工艺能迅速钝化酶活性,缩短了杀青时间^[31],从而提高了叶绿素的保留量。

综上所述,研究表明,采用微波强度为 500 W、杀青时间为 3 min (A4 组)的微波杀青工艺技术较好,加工出的绿茶色泽翠绿、汤色嫩绿明亮、香气高长持久、滋味醇爽、叶底明亮,而且与传统杀青工艺相比,绿茶中的水浸出物、茶多酚、氨基酸、咖啡碱、总儿茶素、简单儿茶素的含量显著增加($P<0.05$),苦味评价指标酚/氨比值、酯型儿茶素和总儿茶素的比值显著降低($P<0.05$),茶样干茶和茶汤色泽的明度与绿度显著提高($P<0.05$),黄度显著降低($P<0.05$)。由此说明,与传统的滚筒杀青工艺相比,微波杀青工艺对秋季绿茶加工具有较好的保绿降苦作用,以微波杀青工艺替代传统的滚筒杀青工艺在生产上具有一定的可行性,但微波杀青对绿茶呈色物质如叶绿素、类胡萝卜素、多酚氧化物等的影响,尚有待进一步探究。

参考文献

[1] 刘仲华. 中国茶叶深加工产业发展历程与趋势[J]. 茶叶科学, 2019, 39(2): 115–122.
LIU ZH. The development process and trend of Chinese tea comprehensive processing industry [J]. Tea Sci, 2019, 39(2): 115–122.

[2] WANG H, HUA J, JIANG Y, *et al.* Influence of fixation methods on the chestnut-like aroma of green tea and dynamics of key aroma substances [J]. Food Res Int, 2020, 136(5): 109479.
[3] 祁丹丹, 戴伟东, 谭俊峰, 等. 杀青方式对夏秋绿茶化学成分及滋味品质的影响[J]. 茶叶科学, 2016, 36(1): 18–26.
QI DD, DAI WD, TAN JF, *et al.* Study on the effects of the fixation methods on the chemical components and taste quality of summer green tea [J]. Tea Sci, 2016, 36(1): 18–26.
[4] 刘新, 金寿珍, 傅尚, 等. 微波加热在茶叶加工中的应用[J]. 食品科学, 2002, (10), 72–75.
LIU X, JIN SZ, FU S, *et al.* Application of microwave heating in tea processing [J]. Food Sci, 2002, (10): 72–75.
[5] 袁林颖, 钟应富, 马强, 等. 微波技术在针形绿茶加工中的应用研究[J]. 西南农业学报, 2013, 26(4): 1660–1664.
YUAN LY, ZHONG YF, MA Q, *et al.* Application of microwave technology in the processing of needle-shaped famous green tea [J]. Southwest China Agric Sci, 2013, 26(4): 1660–1664.
[6] 王秀萍, 游小妹, 钟秋生, 等. 不同加工工艺对‘福萱’绿茶品质的影响[J]. 茶叶学报, 2018, 59(1): 38–42.
WANG XP, YOU XM, ZHONG QS, *et al.* Effect of different processing technology on the quality of ‘Fuxuan’ green tea [J]. J Tea Sci, 2018, 59(1): 38–42.
[7] 王同和, 胡敏, 张久谦, 等. 名优绿茶感官品质相关因子分析[J]. 茶叶科学, 2008, (1): 33–38.
WANG TH, HU M, ZHANG JQ, *et al.* Research on the correlative factors of sensory quality of high-quality green tea [J]. Tea Sci, 2008, (1): 33–38.
[8] 郭颖, 黄峻榕, 陈琦, 等. 茶叶中儿茶素类测定方法的优化[J]. 食品科学, 2016, 37(6): 137–141.
GOU Y, HUANG JR, CHEN Q, *et al.* Optimization of determination method for catechins in tea [J]. Food Sci, 2016, 37(6): 137–141.
[9] 刘浩学. CIE 均匀颜色空间与色差公式的应用[J]. 北京印刷学院学报, 2003, (3): 3–8, 12.

- LIU HX. The application of CIE uniform color space and its color difference formula [J]. Beijing Inst Graph Commun, 2003, (3): 3-8, 12.
- [10] 夏涛, 裴淑英, 刘仲华, 等. 制茶学(第3版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- XIA T, LONG SY, LIU ZH, *et al.* Tea process (3rd Ed) [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2016.
- [11] 舒娜, 汪蓓, 欧阳珂, 等. 绿茶加工中主要脂溶性色素变化及其对茶叶色泽品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(10): 170-177.
- SHU N, WANG B, OUYANG K, *et al.* Variation of main lipophilic pigments and its influence on color quality during the process of green tea [J]. Food Ferment Ind, 2021, 47(10): 170-177.
- [12] 王近近, 袁海波, 邓余良, 等. 绿茶、乌龙茶、红茶贮藏过程中品质劣变机理及保鲜技术研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(3): 281-287.
- WANG JJ, YUAN HB, DENG YL, *et al.* Research progress on quality deterioration mechanism and fresh-keeping technology of green tea, Oolong tea and black tea during storage [J]. Food Ferment Ind, 2019, 45(3): 281-287.
- [13] 宛晓春. 茶叶生物化学(第3版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- WAN XC. Tea Biochemistry (3rd Ed) [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2003.
- [14] 周天山, 余有本, 李冬花, 等. 微波杀青对绿茶品质的影响[J]. 中国茶叶, 2010, 32(2): 20-21.
- ZHOU TS, YU YB, LI DH, *et al.* The effect of microwave fixation on green tea [J]. China Tea, 2010, 32, (2): 20-21.
- [15] 李立祥, 董梅英. 固样方法对茶叶化学成分及品质的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2000, (4): 394-399.
- LI LX, TONG MY. Effect of fixing sample methods on the chemical components and the quality in tea [J]. J Anhui Agric Univ, 2000, (4): 394-399.
- [16] 杨贤强, 王岳飞, 陈留记, 等. 茶多酚化学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003.
- YANG XQ, WANG YF, CHENG LJ, *et al.* Chemistry of tea polyphenols [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2003.
- [17] 许伟, 彭影琦, 张拓, 等. 绿茶加工中主要滋味物质动态变化及其对绿茶品质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(11): 36-41.
- XU W, PENG YQ, ZHANG T, *et al.* Dynamic change of major taste substances during green tea processing and its impact on green tea quality [J]. Food Sci, 2019, 40(11): 36-41.
- [18] 汪艳霞, 尹杰, 刘晓, 等. 秋绿茶提香参数对色泽与品质的影响[J]. 福建茶叶, 2015, 37(3): 26-29.
- WANG YX, YIN J, LIU X, *et al.* Effect of aroma parameters on color and quality of autumn green tea [J]. Tea Fujian, 2015, 37(3): 26-29.
- [19] 陆建良, 梁月荣, 龚淑英, 等. 茶汤色差与茶叶感官品质相关性研究[J]. 茶叶科学, 2002, (1): 57-61.
- LU JL, LIANG YR, GONG SY, *et al.* Correlation between color aberration of tea soup and sensory quality of tea [J]. Tea Sci, 2002, (1): 57-61.
- [20] 骆耀平. 茶树栽培学(第5版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
- LUO YP. Tea Cultivation (5th Ed) [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2015.
- [21] 张进华. 浅谈名优绿茶加工品质的主要问题及对策[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2012, (4): 38-39.
- ZHANG JH. The main problems and countermeasures of processing quality of high-quality green tea [J]. News! Sericul Tea, 2012, (4): 38-39.
- [22] 董永泓, 程武俊, 张祥云. 名优绿茶品质问题成因浅析及对策探讨[J]. 中国茶叶, 2010, 32(1): 27-28.
- DONG YH, CHENG WJ, ZHANG XY. Cause analysis and countermeasure discussion of quality problem of high-quality green tea [J]. China Tea, 2010, 32(1): 27-28.
- [23] 权启爱. 茶叶杀青机的类别及其性能[J]. 中国茶叶, 2006, (4): 12-13.
- QUAN QAI. The classification and performance of tea fixation machine [J]. China Tea, 2006, (4): 12-13.
- [24] 安江珊, 吴冲, 朱新鹏. 微波技术在绿茶加工应用中的研究进展[J]. 包装与食品机械, 2018, 36(6): 50-52, 30.
- AN JS, WU C, ZHU XP. Research progress of microwave technology in green tea processing [J]. Packag Food Mach, 2018, 36(6): 50-52, 30.
- [25] 肖宏儒, 宋卫东, 朱志祥, 等. 茶叶微波加工技术及设备的研究[J]. 中国茶叶, 2003, (1): 23-26.
- XIAO HR, SONG WD, ZHU ZX, *et al.* Investigation on the technique and equipment of microwave processing on tea [J]. China Tea, 2003, (1): 23-26.
- [26] WANG K, LIU F, LIU Z, *et al.* Comparison of catechins and volatile compounds among different types of teasing high performance liquid chromatography and gas chromatograph mass spectrometer [J]. Int J Food Sci Technol, 2011, 46(7): 1406-1412.
- [27] VERGOTE D, CREN-QLIVE C, CHOPIN V, *et al.* (-)-Epigallocatechin (EGC) of green tea induces apoptosis of human breast cancer cells but not of their normal counterparts [J]. Breast Cancer Res Treat, 2002, 76(3): 195-201.
- [28] ANDERSON R, POLANSKY M. Tea enhances insulin activity [J]. J Agric Food Chem, 2002, 50(24): 7182-7186.
- [29] 黄翔翔. 绿茶、EGCG 预防及缓解香烟烟雾诱导 COPD 的研究进展[J]. 茶叶科学, 2017, 37(4): 10-12.
- HUANG XX. Study on prevention and mitigation of cigarette smoke-induced COPD by green tea and EGCG [J]. Tea Sci, 2017, 37(4): 10-12.
- [30] 杨晓萍, 黄友谊, 袁芳亭. 绿茶微波杀青工艺研究[J]. 华中农业大学学报, 2001, (6): 576-578.
- YANG XP, HUANG YY, YUAN FT. Study on microwave fixation [J]. J Huazhong Agric Univ, 2001, (6): 576-578.
- [31] 朱德文, 岳鹏翔, 袁弟顺. 不同杀青方法对绿茶品质的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 275-279.
- ZHU DW, YUE PX, YUAN DS. Effect of different fixation methods on quality of green tea [J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 2009, 25(8): 275-279.

(责任编辑: 郑丽 张晓寒)

作者简介

刘梦圆, 硕士研究生, 主要研究方向为茶叶加工与品质化学。
E-mail: 1498676682@qq.com

肖文军, 教授, 主要研究方向为茶叶加工与品质化学。
E-mail: xiaowenjun88@sina.com