

微波远红外耦合杀青工艺对绿茶品质的影响

朱德文^{1,2}, 岳鹏翔^{1*}, 袁弟顺³, 陈永生², 吴爱兵²

(1. 安徽农业大学茶与食品科技学院, 合肥 230036; 2. 农业部南京农业机械化研究所, 南京 210014;
3. 福建农林大学园艺学院, 福州 350002)

摘 要: 为研究微波远红外耦合杀青工艺对绿茶品质的影响, 试验分析了杀青时间、杀青功率和投叶量等因素对绿茶香气、滋味品质的影响, 通过 $L_9(3^4)$ 正交试验设计, 优化了绿茶微波远红外耦合杀青工艺, 并与其他杀青方式进行了比较, 结果表明: 较佳的耦合杀青工艺为杀青功率微波 10 kW + 远红外 6 kW, 投叶量 0.5 kg/min, 杀青时间先微波 1.5 min + 后远红外 1.5 min。此时杀青的茶叶香气滋味最好, 感官品质总分达到 91.40, 茶多酚、儿茶素、咖啡碱、氨基酸、可溶性糖和芳香油质量分数分别达到 17.24%、12.62%、3.10%、3.72%、4.64%、 15.40×10^{-2} mg/g, 香气滋味品质好于其他杀青方式, 杀青时间是传统杀青的 1/4~1/3, 能耗成本是传统杀青的 1/3~1/2。该杀青工艺克服了单纯使用微波杀青的不足, 为绿茶加工生产提供参考。

关键词: 质量控制, 农产品, 微波, 远红外, 耦合杀青, 绿茶

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.03.063

中图分类号: TS272.5⁺1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-03-0345-06

朱德文, 岳鹏翔, 袁弟顺, 等. 微波远红外耦合杀青工艺对绿茶品质的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 345—350.
Zhu Dewen, Yue Pengxiang, Yuan Dishun, et al. Effects of microwave far-infrared coupling fixation processes on quality of green tea[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 345—350. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

绿茶区别于其他茶类之处, 就在于绿茶制造的第一道工序为杀青, 通过高温杀青钝化了鲜叶中酶的活性, 制止鲜叶中多酚类物质氧化, 以防止叶子变红; 同时杀青可蒸发叶内部分水分, 使叶子变软, 为揉捻做形创造条件; 随着水分的蒸发, 鲜叶中有青草气的低沸点芳香物质挥发消失, 从而使茶叶香气得到改善, 因此, 杀青这一工序对绿茶品质的好坏起着关键性的作用^[1]。

目前, 常使用的杀青方式主要有锅炒杀青、滚筒杀青、热风杀青、蒸汽杀青和微波杀青, 前几种传统杀青技术虽然基本上能够满足茶叶杀青工艺需求, 但对操作工人技术要求较高, 生产中常因操作不当而使茶叶出现红梗红叶、黄闷现象, 存在杀青时间长、杀青不均匀等弊端^[2-3]。相比之下微波杀青不仅在茶叶色泽上占优势, 而且在茶叶品质成分保留方面也较好, 如刘晓东和邱少慧等^[4-5]的研究, 表明微波杀青能较好地保留茶叶内含成分, 周继荣、李立祥、钟应富、胡云铃等^[6-10]研究并分析不同杀青方式的技术特点及其对绿茶品质的影响, 结果显示微波在茶叶杀青品质方面均有较好的表现。在茶叶

感官品质方面, 如钟映富等^[11]研究杀青对绿茶色泽品质的影响, 梅玉等^[12]研究杀青方式对绿茶鲜汁饮料香气的影响, 林娇芬^[13]研究杀青工艺对柿叶绿茶主成分的影响, 潘科等^[14]研究绿茶微波远红外辅助杀青技术, 通过感官评审显示, 微波杀青尤其是微波远红外组合杀青更有利于茶叶色、香、味保留。不同杀青方式对茶叶品质成份的影响也是不同的, 微波杀青虽然具有茶叶升温快, 杀青时间短, 受热均匀等优点, 但微波杀青存在茶叶香气、滋味不足, 由此可见, 采用单一杀青方式是很难达到杀青后的茶叶各种品质均优良, 组合式杀青才是今后茶叶杀青加工的发展方向^[15]。虽然潘科等做过绿茶微波远红外组合杀青试验, 但其一方面选择试验影响因素和水平较少, 另一方面也只是通过对杀青叶进行感官评审, 而且其微波远红外杀青是同时进行的, 这不能全面真正地反映微波远红外组合杀青工艺对绿茶品质的影响, 尤其是对绿茶滋味、香气品质的影响, 为此, 本文研究微波远红外分段、分时耦合杀青工艺, 并与传统茶叶杀青工艺进行比较, 通过茶叶外观评审、感官评审和品质成分测定, 比较分析了微波远红外耦合杀青工艺的优越性, 为绿茶加工生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

供试原料来自于太平桃源采摘的同一批茶鲜叶黄山大叶种, 1 芽 2 叶开展, 1 芽 3 叶初展, 并对刚采下的茶鲜叶进行及时称质量、装袋和密封保样处理。试剂有纯净水(分析纯)、乙酸乙酯(分析纯)、体积分数为 95% 乙醇、丙酮(分析纯)、氯仿(分析纯)等。

收稿日期: 2010-09-02 修回日期: 2011-03-07

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2007BAD07B02)

作者简介: 朱德文(1970—), 男, 安徽滁州人, 副研究员, 博士生, 主要从事农业机械和农产品加工技术与装备的研究。南京 农业部南京农业机械化研究所, 210014。Email: zdwww7009@sina.com。

*通信作者: 岳鹏翔(1965—), 男, 江苏兴化人, 教授, 博士生导师, 主要从事茶叶加工技术与开发。合肥 安徽农业大学茶与食品科技学院, 230036。Email: yueyue606@hotmail.com。

1.2 设备与仪器

6CST-40 型滚筒杀青机（浙江上洋机械有限公司，电加热，输出功率 21 kW）；微波远红外组合杀青机（农业部南京农机化所研制）；FS500 型热风杀青机（浙江上洋茶机厂）；METTLEAE200 电子天平（瑞士梅特勒公司），UV-120-02 型分光光度计（日本岛津公司），CS101-2 型电热鼓风干燥箱（重庆试验设备厂），日立 835-5O 型氨基酸自动分析仪，审评茶具等。

1.3 试验方法

1.3.1 试样处理

以同一茶树品种的同一标准鲜叶为原料，先取一部分鲜叶进行品质成分含量的测定，采用相同的摊放时间和程度，按杀青工艺分别进行单因素试验、参数优化试验和不同杀青方法的比较试验，将杀青后的茶叶分别分成 2 份，1 份用于茶叶杀青后品质成分含量的测定，重复 3 次，取平均值。另一份按绿茶的加工工艺制成同样样品的绿茶，进行感官品质的评比与测分。

1.3.2 试验设计

本次试验是先采用微波杀青再进行远红外杀青、提香耦合分时、分段杀青工艺，先进行微波和远红外不同杀青时间、杀青功率和投叶量 3 个因素的单因素试验，在单因素试验的基础上进行参数优化，获得最佳工艺参数。再将最佳的微波和远红外耦合杀青工艺与其他几种杀青方法进行比较试验（杀青同时进行，其中微波杀青、远红外杀青和微波-远红外杀青影响因素为杀青时间、杀青功率和投叶量，热风杀青和滚筒杀青影响因素为杀青温度、杀青时间和投叶量）。本次试验分别选择微波+远红外耦合杀青功率 A（8+8、10+6、10+8）kW 和投叶量 B（0.4、0.5、0.6 kg/min）、杀青时间 C（0.8+1.2、1.2+1.3、1.5+1.5）min 3 个因素进行三因素三水平正交试验和极差分析，如表 4 所示，得出最佳工艺参数，以茶叶主要品质成分的含量作为考核指标，并结合产品感官质量和作业工效等指标进行综合评价。

本次试验研究微波远红外耦合杀青工艺对茶叶香气、滋味品质的影响，弥补单独应用微波杀青存在的香气、滋味的不足，通过茶叶杀青叶外观评审（杀青程度、色泽、气味和外形特征）、茶叶感官审评以及影响茶叶香

气、滋味品质成分的测定对杀青后的茶叶品质进行全面的试验分析，并与传统杀青方式进行比较试验，验证微波远红外耦合杀青工艺可行性和适用性，为茶叶杀青加工作业提供新工艺。影响绿茶滋味、香气的形成因素有很多，本试验着重分析茶多酚、氨基酸、儿茶素、咖啡碱、可溶性糖和芳香油的含量，这些成分是构成绿茶滋味、香气的主要成分，是决定绿茶滋味、香气品质好坏的关键因素，它们一方面取决于鲜叶的质量，同时也受制茶工艺，尤其是杀青工艺的影响^[16-18]。

1.3.3 测试方法

茶多酚和儿茶素测定参照 GB/8313—2008《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》；咖啡碱测定参照 GB/8312—2002《茶 咖啡碱测定》；氨基酸测定参照 GB/T8314—2002《茶 游离氨基酸总量测定》；可溶性糖采用苯酚—硫酸法比色测定吸光度；含水率采用 GB8304—1987《茶 水分测定》；香气成分测量方法：采用气相色谱-质谱仪（GC）分析香气组分及含量。所有测定重复 3 次，取 3 次结果的平均值。

品质感官审评：按 GB/T13063—1992 方法感官分析，采用 3 g 茶样、150 mL 沸水、冲泡 5 min、密码评审。评定外形色泽、汤色、香气、滋味和叶底，按每项满分 100 分计，总分采用加权法，品质总分=色泽×0.20+汤色×0.25+香气×0.20+滋味×0.25+叶底×0.10。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

分别以杀青功率、杀青时间、投叶量作为影响茶叶杀青品质的单因素，在试验中，用茶叶主要品质成分含量和外观评审作为评价杀青效果，以茶叶品质成分含量较大者为优。

2.1.1 杀青功率对绿茶品质的影响

设先微波杀青 1.5 min、后远红外杀青时间 1.5 min、投叶量为 0.5 kg/min 的条件下，考察微波与远红外不同功率耦合对茶叶香气、滋味品质成分的影响，通过调节其功率的大小改变茶叶杀青温度的高低来影响茶叶品质成分。如表 1 所示，茶叶品质在一定的功率范围内，随处理功率的增大而增加，当处理功率达到一定值时，茶叶

表 1 杀青功率对绿茶品质成分和外观品质的影响
Table 1 Effects of different fixation power on the quality component and appearance character of green tea

茶叶成分	先微波 kW+后远红外 kW						
	8+2	8+4	8+6	8+8	10+6	10+8	10+10
茶多酚/%	15.6	16.3	17.0	17.8	18.5	18.1	17.3
咖啡碱/%	1.8	2.1	2.5	2.7	2.9	3.0	2.6
儿茶素/%	11.0	11.2	11.5	12.1	12.6	12.4	11.9
氨基酸/%	2.8	3.1	3.3	3.5	3.7	3.6	3.4
可溶糖/%	3.6	3.8	4.2	4.5	4.8	4.4	3.8
芳香油/(10 ⁻² mg·g ⁻¹)	8.5	10.8	11.6	13.4	15.5	14.8	13.9
杀青叶含水率/%	67.2	65.6	63.4	62.2	61.4	60.2	58.7
杀青叶外观评审	鲜绿，青气味重，出现红叶现象，未杀透	较翠绿，青气味，老嫩不一，茎秆有红叶，未杀透	翠绿，青气味较轻，老嫩不一，茎秆有红叶，杀青偏嫩	暗绿，略带茶香，手握叶软，已杀透	暗绿，略有黏性，紧捏叶子成团，稍有弹性，带茶香味，已杀透	暗绿，有黏性，熟香较高，略有焦边，已杀透	暗绿，有焦味，杀青叶较干

品质成分含量达到最大值，之后随功率的增大有所下降，杀青叶含水率随功率的增大始终减小。这表明杀青功率对茶叶品质成分的含量有着较大影响，初始阶段随着杀青功率的增加有利于茶叶品质成分的保留，当杀青功率达到一定值再提高时会导致部分茶叶品质成分氧化分解或转化，杀青功率过高还会导致含水率较低不利于茶叶做形。从杀青叶外观评审来看，杀青功率过低时，会出现茶叶杀不透，青气味重，甚至有红叶出现，当杀青功率过高时，杀青叶过于干燥，不利茶叶后序做形，有时还有焦味、焦边现象，可见茶叶杀青在一定的功率范围内较为合适。需要控制适当的功率，大致在微波 10 kW、远红外 6 kW 为宜。

2.1.2 杀青时间对绿茶品质的影响

设微波和远红外杀青功率分别为 10 和 6 kW、投叶量

为 0.5 kg/min 的条件下，考察微波和远红外分段、分时杀青对茶叶香气、滋味品质成分的影响。结果如表 2 所示，茶叶品质在一定的杀青时间范围内，随杀青时间的延长而增加，到一定值时，茶叶品质达到最大值，之后随杀青时间的延长有所下降，杀青叶含水率随杀青时间的延长而减小。表明杀青时间对茶叶品质影响较大，开始时随着杀青时间的延长有利于茶叶品质成分的保留，时间过长又会使茶叶品质下降，这是因为部分茶叶品质成分在长时间、高温条件下会被氧化分解。另外杀青时间过长也会导致杀青叶含水率过低不利于茶叶做形。再从杀青叶外观评审来看，杀青时间过短时，就会出现茶叶杀不透，青气味重，甚至有红叶出现，时间过长时，杀青叶过于干燥，有时还有焦味、焦边现象，可见茶叶杀青宜控制在一定的时间范围内，以 2.0~3.0 min 较为合适。

表 2 杀青时间对绿茶品质成分和外观品质的影响

Table 2 Effects of different fixation time on the quality component and appearance character of green tea

茶叶成分	先微波 min+后远红外 min						
	0.8+0.2	0.8+0.7	0.8+1.2	1.2+1.3	1.5+1.5	2.0+1.5	2.0+2.0
茶多酚/%	15.2	16.4	17.6	18.0	18.2	17.1	16.6
咖啡碱/%	1.7	2.2	2.6	2.7	2.8	2.3	2.0
儿茶素/%	10.7	11.2	11.7	12.2	12.5	11.4	11.1
氨基酸/%	2.6	3.0	3.4	3.5	3.7	3.2	2.9
可溶糖/%	3.4	3.7	4.3	4.5	4.6	4.1	3.6
芳香油/(10 ⁻² mg·g ⁻¹)	8.1	10.5	12.6	13.4	13.6	12.2	11.9
杀青叶含水率/%	68.3	66.6	63.3	62.2	60.4	58.8	57.3
杀青叶外观评审	鲜绿，青气味，出现红叶，未杀透	鲜绿，青气味，茎秆有红叶，杀青偏嫩	翠绿，略带茶香，杀透	翠绿，有黏性，紧捏叶子成团，有弹性，带茶香味，已杀透	暗绿，手捏叶软，无爆点，无焦边，杀透	暗绿，有黏性，香气淡，有点闷，略有焦边	暗绿，有焦味，闷熟，杀青叶较干

2.1.3 投叶量对绿茶品质的影响

设微波和远红外杀青功率分别为 10 和 6 kW，先微波杀青 1.5 min，后远红外杀青 1.5 min 的条件下，考察单位时间投叶量对茶叶香气、滋味品质成分的影响。结果如表 3 所示，茶叶品质成分含量随着茶叶投叶量的增加而增加，达到一定值后，随投叶量增加反而减小。杀青叶含水率随茶叶投叶量的增大而增加，这是因为在较少的投叶量情况下，茶叶温度开始较高，茶叶品质成分有部分氧化分解，水分蒸发快，随着茶叶投叶量增加，茶叶

温度有所下降，当温度在一定范围内，茶叶内含成分保留量较多，随着茶叶投叶量继续增加导致茶叶加工温度过低，不利于品质成分的渗出，成分含量开始下降。由杀青外观评审可知，开始时由于投叶量少使得茶叶温度过高，有焦边现象发生，待投叶量达到一定量后，品质感官有明显改善，随着投叶量的再增大，杀青叶出现水闷气，杀青不均，甚至有红叶等不良现象出现。综合考虑，茶叶合适的投叶量宜在 0.4~0.6 kg/min 范围内。

表 3 投叶量对绿茶品质成分和外观品质的影响

Table 3 Effects of different input quantity on the quality component and appearance character of green tea

茶叶成分	投叶量 kg/min						
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
茶多酚/%	17.2	17.5	18.3	18.1	17.0	16.8	16.6
咖啡碱/%	2.2	2.5	2.8	2.7	2.4	2.2	2.0
儿茶素/%	11.5	11.6	12.0	11.8	11.5	11.3	11.0
氨基酸/%	2.9	3.1	3.4	3.3	3.0	2.8	2.7
可溶糖/%	4.4	4.5	4.6	4.7	4.4	4.2	4.1
芳香油/(10 ⁻² mg·g ⁻¹)	10.2	10.5	11.4	12.5	10.3	10.1	9.9
杀青叶含水率/%	58.4	60.5	61.7	62.3	63.2	64.6	65.8
杀青叶外观评审	翠绿，有香气，有焦边叶，已杀透	翠绿，杀青偏老，杀青叶较干	翠绿，带茶香，杀青适中	翠绿，有黏性，紧捏叶子成团，杀透	暗绿，叶软，无爆点，无焦边，杀青偏嫩	暗绿，有黏性，香气淡，有闷熟	暗绿，水闷气，杀青叶较软、不均匀

2.2 正交试验

正交试验结果如表 4 所示。

由表 4 的 R_j 可知，各因素的主次顺序从大到小依次是 A、C、B。根据试验要求，茶多酚、儿茶素、氨基酸、咖啡碱、可溶性糖和芳香油含量越高越好。茶多酚、儿茶素、氨基酸、咖啡碱和芳香油较好的因素水平搭配为 $A_2B_2C_3$ ，可溶性糖较好的因素水平搭配为 $A_2B_3C_3$ ，通过茶叶杀青效果及经济效益综合分析，最终确定微波远红外耦合杀青较佳因素水平组合为 $A_2B_2C_3$ （表中试验序号 5），即较佳工艺参数为：杀青功率微波 10 kW+远红外 6 kW，投叶量 0.5 kg/min、杀青时间先微波 1.5 min+后远红外 1.5 min。

表 4 正交试验与极差分析
Table 4 Range analysis of orthogonal experiment

试验 序号	A/ kW	B/ (kg·min ⁻¹)	C/ min	氨基酸 质量分数/%	茶多酚 质量分数/%	儿茶素 质量分数/%	咖啡碱 质量分数/%	可溶糖 质量分数/%	芳香油/ (10 ⁻² mg·g ⁻¹)					
1	1	1	1	2.74	15.41	11.25	1.72	3.52	8.20					
2	1	2	2	2.92	15.82	11.60	1.79	3.64	9.82					
3	1	2	3	3.20	16.14	12.14	2.25	3.86	11.80					
4	2	1	2	3.45	16.52	12.44	2.44	4.32	12.60					
5	2	2	3	3.72	17.24	12.62	3.10	4.64	15.40					
6	2	3	1	3.54	16.81	12.35	2.75	4.81	14.80					
7	3	1	3	3.47	16.43	12.26	2.85	4.60	14.21					
8	3	2	1	3.24	16.14	11.82	2.65	4.36	12.80					
9	3	3	2	2.98	15.60	11.12	2.50	4.10	9.73					
氨 基 酸	<i>K</i> ₁	2.95	3.22	3.17	茶 多 酚	<i>K</i> ₁	15.79	16.12	16.12	儿 茶 素	<i>K</i> ₁	11.66	11.98	11.81
	<i>K</i> ₂	3.57	3.29	3.12		<i>K</i> ₂	16.86	16.40	15.98		<i>K</i> ₂	12.47	12.01	11.72
	<i>K</i> ₃	3.23	3.24	3.46		<i>K</i> ₃	16.06	16.18	16.60		<i>K</i> ₃	11.73	11.87	12.34
	<i>R</i> _{<i>j</i>}	0.62	0.07	0.35		<i>R</i> _{<i>j</i>}	1.07	0.28	0.62		<i>R</i> _{<i>j</i>}	0.81	0.14	0.62
咖 啡 碱	<i>K</i> ₁	1.92	2.34	2.49	可 溶 性 糖	<i>K</i> ₁	3.67	4.15	4.23	芳 香 油	<i>K</i> ₁	9.94	11.67	12.13
	<i>K</i> ₂	2.76	2.40	2.24		<i>K</i> ₂	4.59	4.21	4.02		<i>K</i> ₂	14.27	12.47	10.72
	<i>K</i> ₃	2.67	2.62	2.62		<i>K</i> ₃	4.35	4.26	4.37		<i>K</i> ₃	12.24	12.31	13.60
	<i>R</i> _{<i>j</i>}	0.83	0.28	0.37		<i>R</i> _{<i>j</i>}	0.92	0.11	0.33		<i>R</i> _{<i>j</i>}	4.33	0.81	2.88

注：A 指杀青功率，B 指单位时间投叶量，C 指杀青时间。

2.3 不同杀青方式效果比较

不同杀青方式对绿茶品质成分的影响测试结果如表 5 所示。微波远红外组合杀青除茶多酚和儿茶素含量略低于微波杀青外，咖啡碱、可溶性糖、氨基酸和芳香油的含量均高于其他杀青方式，这就是微波远红外杀青绿茶滋味具有鲜爽醇厚而不苦涩、香气纯正原因所在，也表明采用微波远红外杀青方式能较大程度地保留茶叶品质成分含量，减少杀青作业对茶叶品质成分的破坏，同时微波远红外杀青具有杀青时间短、杀青叶温低，减少了茶叶品质成分在长时间、高温的条件下被氧化分解，杀青叶通过外观评审结果也好于其他杀青方式，并且杀青设备具有性能优良，易操作、易控制，结构紧凑，加工效率高等优点，结合了微波杀青和远红外杀青的优点，克服了单纯使用微波杀青的不足之处。

表 5 不同杀青方式对绿茶杀青效果的差异
Table 5 Discrepancies of fixation effect of green tea with different fixation methods

茶叶成分	杀青方式					
	微波杀青	远红外杀青	热风杀青	微波-远红外杀青	滚筒杀青	鲜叶
茶多酚/%	17.36	16.75	17.18	17.24	16.78	18.50
儿茶素/%	12.68	12.12	11.97	12.62	12.15	13.60
咖啡碱/%	2.65	2.52	2.32	3.10	2.62	4.10
氨基酸/%	3.16	3.34	2.86	3.72	3.14	4.20
可溶性糖/%	3.98	4.13	4.05	4.64	4.15	5.15
芳香油/(10 ⁻² mg·g ⁻¹)	14.62	14.45	14.68	15.40	14.54	15.60
能耗成本/(元·kg ⁻¹)	0.25	0.20	0.61	0.22	0.42	—
杀青时间/min	2.5	3.8	9.5	1.5+1.5	6.5	—
杀青温度/℃	76	80	92	78	85	—
杀青功率/kW	20	15	—	10+6	20	—
杀青设备特性	易控制，杀青均匀，结构简单、紧凑	杀青均匀，结构简单，热能利用效率高	结构复杂，不易控制，杀青不均匀	易控制，杀青均匀，结构简单、紧凑，热能利用效率高	杀青均匀，结构简单，不易控制	—
外观评审	翠绿，有清香，柔软	翠绿，清香，杀青叶较干	暗绿，带茶香，杀青适中	翠绿，有黏性，紧捏叶子成团，香气浓	暗绿，叶软，杀青叶较干	—

注：表中杀青温度是指茶叶杀青后实测的杀叶叶温，微波和远红外是先后分别加工的，投叶量均为 0.5 kg/min。

2.4 不同杀青方式对绿茶感官品质的影响

不同杀青方式对绿茶感官品质影响测试结果，如表 6 所示。微波远红外杀青除外形色泽评分略低于微波杀青外，其余感官品质均较好，微波远红外杀青绿茶感官品质总分达到 91.40，明显高于其他杀青方式绿茶感官品质

得分，说明采用微波远红外杀青方式可获得较好的绿茶感官品质，其杀青对绿茶感官品质要好于单纯作用微波杀青或远红外杀青，这是因为微波远红外杀青综合了微波杀青和远红外杀青的优势。

表 6 不同杀青方式对绿茶感官品质的影响
Table 6 Effects of different fixation methods on sensory quality of green tea

杀青方式	测试内容					
	外形色泽（评分）	汤色（评分）	香气（评分）	滋味（评分）	叶底（评分）	总分
微波杀青	紧实翠绿稍深（97）	嫩绿明亮（93）	尚醇略带花香（84）	尚醇和（85）	嫩绿明亮（91）	89.80
远红外杀青	尚紧绿润（92）	清澈明亮（92）	尚高带栗香（86）	醇和（87）	尚亮完整（90）	89.35
滚筒杀青	尚紧绿润（90）	清澈尚亮（92）	纯正带果香（85）	平和尚爽（82）	尚亮完整（88）	87.30
微波-远红外杀青	紧实绿润（96）	清澈明亮（93）	高香鲜嫩（88）	鲜爽醇厚（89）	嫩绿明亮（91）	91.40

3 结 论

- 1) 由正交试验与极差分析结果可知，影响茶叶品质成分含量的主次因素为杀青功率 A>杀青时间 C>投叶量 B，经过对茶叶杀青效果和经济效益综合分析，最终确定微波远红外耦合杀青最佳因素水平组合为：杀青功率微波 10 kW+远红外 6 kW、投叶量 0.5 kg/min、杀青时间先微波 1.5 min+后远红外 1.5 min。
- 2) 经感官品质评定结果显示，微波远红外耦合杀青除外形色泽评分略低于微波杀青外，其余感官品质均较好，并且其感官品质总分最高，说明采用微波远红外耦合杀青方式可获得较好的绿茶感官品质。
- 3) 由茶叶品质成分测定结果显示，微波远红外耦合杀青除茶多酚和儿茶素含量略低于微波杀青外，其余成分的含量均高于其他杀青方式，表明采用微波远红外杀青能较大程度地保留茶叶品质成分含量，减少杀青作业对茶叶品质成分的破坏。
- 4) 通过试验表明，微波远红外杀青具有杀青时间短、叶温低，香气滋味品质好于其他杀青方式，杀青时间是传统杀青的 1/4~1/3，能耗成本是传统杀青的 1/3~1/2，并且杀青设备具有性能优良，易操作、易控制，结构紧凑，加工效率高等优点，结合了微波杀青和远红外杀青的优势，克服了单纯使用微波杀青的不足之处。

[参 考 文 献]

[1] 袁英芳. 绿茶杀青技术研究概述[J]. 茶叶通讯. 2010, 37(1): 37—39.
Yuan Yingfang. Summary on green tea water removal[J]. Tea Communication, 2010, 37(1): 37—39. (in Chinese with English abstract)

[2] 刘晓东, 汤周斌. 茶叶杀青机与制茶品质特点[J]. 广西农学报, 2006, 23(3): 21—23.
Liu Xiaodong, Tang Zhoubin. Correlation between tea leaf freeze dried machines and nature of tea quality[J]. Journal of Guangxi Agriculture, 2006, 23(3): 21—23. (in Chinese with English abstract)

[3] 孙少华, 张文斌. 茶叶杀青设备比较研究[J]. 中国农机化, 2010, (3): 47—50.
Sun Shaohua, Zhang Wenbin. Comparative study on different fixation machine of tea[J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2010, (3): 47—50. (in Chinese with English abstract)

[4] 刘晓东, 张文文. 微波加热技术对茶叶品质的影响[J]. 广西农学报, 2008, 23(4): 4—5.
Liu Xiaodong, Zhang Wenwen. Microwave heating technology's impaction tea quality[J]. Journal of Guangxi Agriculture, 2008, 23(4): 4—5. (in Chinese with English abstract)

[5] 邱少慧. 微波辐照对绿茶品质的影响[D]. 福建: 福建农林大学, 2006.
Qiu Shaohui. Influence of Microwave Irradiation on Quality of Green Tea[D]. Fujian: Fujian Agriculture and Forestry University. 2006. (in Chinese with English abstract)

[6] 周继荣, 秦志华. 杜仲绿茶杀青技术研究[J]. 安徽农业科学. 2008, 36(10): 4155—4157.
Zhou Jirong, Qin Zhihua. Primary studies on the green-removing technologies in green eucotmmia tea[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences. 2008, 36(10): 4155—4157. (in Chinese with English abstract)

[7] 李立祥, 童梅英. 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, 2002, 27(4): 394—399.
Li Lixiang, Tong Meiying. Effects of fixing sample methods on the chemical components and the quality in tea[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2002, 27(4): 394—399. (in Chinese with English abstract)

[8] 钟应富, 李中林. 杀青方式对秋季绿名茶品质的影响[J]. 西南农业学报, 2008, 21(5): 1385—1387.
Zhong Yingfu, Li Zhonglin. Effects of de-enzyme ways on the quality of autumn's famous green tea[J]. Southwest China Journal of Agcultural Sciences. 2008, 21(5): 1385—1387. (in Chinese with English abstract)

[9] 胡云铃, 黄建安, 施兆鹏. 不同杀青方式对绿茶品质的影响[J]. 茶叶, 2008, 34(1): 24—28.
Hu Yunling, Huang Jianan, Shi Zhaopeng. The effects of different fixation methods on quality of green tea[J]. Journal of Tea, 2008, 34(1): 24—28. (in Chinese with English abstract)

[10] 胡云铃. 茶鲜叶固定方法研究及不同杀青方式对绿茶品质

- 形成的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2009.
- Hu Yunling. Study on fixation of fresh leaves of tea and the effect of different de-enzyme methods on the quality of green tea[D]. Changsha: Hunan Agriculture University. 2009. (in Chinese with English abstract)
- [11] 钟映富, 姚勇芳. 杀青对绿茶色泽品质的影响[J]. 广东轻工职业技术学院学报, 2003, 2(3): 22—24.
- Zhong Yinfu, Yao Yongfang. The effects of de-enzyming craft on color and luster of green tea[J]. 2003, 2(3): 22—24. (in Chinese with English abstract)
- [12] 梅玉, 李立祥. 杀青方式对绿茶鲜汁饮料香气的影响[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(8): 102—107.
- Mei Yu, Li Lixiang. Effects of different baked methods on the aromatic character of fresh green tea juice[J]. Food and Fermentation Industries, 2007, 33(8): 102—107. (in Chinese with English abstract)
- [13] 林娇芬, 林河通. 杀青工艺对柿叶绿茶主成分的影响[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2005, 34(2): 229—233.
- Lin Jiaofen, Lin Hetong. Effects of blanching technology on major components of green persimmon leaves tea[J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition. 2005, 34(2): 229—233. (in Chinese with English abstract)
- [14] 潘科, 郑文佳, 何平. 绿茶微波远红外辅助杀青技术研究[J]. 山地农业生物学报, 2009, 28(6): 522—525.
- Pan Ke, Zheng Wenjia, He Ping. Fixation technique assisted by microwave—infrared ray of green tea[J]. Journal of Mountain Agriculture and Biology, 2009, 28(6): 522—525. (in Chinese with English abstract)
- [15] 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—278.
- Zhu Dewen, Yue Pengxiang, Yuan Dishun. Effects of different fixation methods on the quality of green tea[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(8): 275—278. (in Chinese with English abstract)
- [16] 汪素荷, 刘丙松. 浅谈影响绿茶滋味形成的因子[J]. 湖北三峡职业技术学院学报, 2007, 4(1): 65—66.
- Wang Suhe, Liu Bingsong. A brief talk on the factors of influencing the forming of the taste of green tea[J]. Journal of Hubei Three Groves Vocational and Technical College, 2007, 4(1): 65—66. (in Chinese with English abstract)
- [17] 金孝芳. 绿茶滋味化合物研究[D]. 重庆: 西南大学, 2007.
- Jin Xiaofang. The Research on Taste Compounds of Green Tea [D]. Chongqing: Southwest University, 2007. (in Chinese with English abstract)
- [18] 朱德文, 岳鹏翔. 茶叶微波超声波耦合动态逆流浸提工艺[J]. 农业机械学报, 2010, 41(7): 136—140.
- Zhu Dewen, Yue Pengxiang. Combined dynamic countercurrent extraction technology with microwave ultrasonic-wave extraction for tea[J]. Transactions of the CSAM, 2010, 41(7): 136—140. (in Chinese with English abstract)

Effects of microwave far-infrared coupling fixation processes on quality of green tea

Zhu Dewen^{1,2}, Yue Pengxiang^{1*}, Yuan Dishun³, Chen Yongsheng², Wu Aibing²

(1. Science and Technology College of Tea and Food, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

2. Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization, Ministry of Agriculture, Nanjing 210014, China;

3. College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: In order to study the influence of microwave far-infrared coupling fixation technology on the quality of green tea. The effect of fixation time, fixation power and input quantity on green tea aroma and taste quality were analyzed. Compared with other fixation methods, the microwave far-infrared coupling fixation technology of green tea was optimized through the L9 (3⁴) orthogonal experimental design. The results showed that the fixation effects was best when fixation power of microwave was 10 kW, fixation power of far-infrared was 6 kW, and input quantity was 0.5 kg/min, and green tea was fixed for 1.5 min with microwave before fixed for 1.5 min with far-infrared. The taste and aroma of green tea was best and sensory quality score was 91.40. And tea polyphenols, catechins, caffeine, amino acids, soluble sugar and aromatic oil quality score reached 17.24%, 12.62%, 3.10%, 3.72%, 4.64%, 15.40×10⁻² mg/g, respectively. Aromatic and taste quality were better than that with the other fixation ways. The fixation time was 1/4—1/3 of the traditional heating fixation, and the energy consumption was 1/3—1/2 of the traditional heating fixation. The insufficiency of the only using microwave fixation technology could be overcome with microwave far-infrared coupling fixation technology, which will provide the reference for the green tea processing production.

Key words: quality control, agricultural products, microwaves, far-infrared, coupling fixation, green tea