绿茶的微波 - 热风联合杀青工艺研究

葛庆丰，张 聪，于 海，汪志君 *
(扬州大学食品科学与工程学院，江苏 扬州 225127)

摘 要：以多酚氧化酶(polyphenol oxidase，PPO)活性和茶叶失水率为指标，对绿茶的微波 - 热风联合杀青工艺进行研究。结果表明：固定投叶量为 20g 时，在微波功率 1200W、热风温度 50℃、杀青时间 60s 的微波 - 热风联合杀青工艺条件下，绿茶多酚氧化酶活性几乎被完全钝化，且杀青叶颜色黄绿、自然卷曲、质地柔软、香气良好，有利于后期揉捻整形，达到了绿茶杀青的品质要求。

关键词：绿茶；微波 - 热风联合；杀青；多酚氧化酶(PPO)活性；失水率

Green Tea Fixation by Simultaneous Microwave and Hot Air Treatment

GE Qing-feng，ZHANG Cong，YU Hai，WANG Zhi-jun*
(School of Food Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China)

Abstract：The fixation of green tea by simultaneous microwave and hot air treatment was optimized based on PPO activity and water loss rate. After 60 s of treatment at 1200 W microwave power and 50 ℃ hot air temperature, 20 g of tea leaves almost completely lost PPO activity, became yellowish green, and showed naturally curly shape, soft texture and outstanding aroma thereby facilitating subsequent rolling and shaping. Therefore, the quality requirements of good fixation were met.

Key words：green tea；simultaneous microwave and hot air treatment；fixation；polyphenol oxidase (PPO)；water loss rate

中图分类号：TS272.4 文献标识码：A 文章编号：1002-6630(2011)24-0196-04

茶叶杀青是指通过高温破坏和钝化鲜茶叶中的氧化酶活性——主要是多酚氧化酶(polyphenol oxidase，PPO)和过氧化物酶(peroxidase，POD)，抑制鲜叶中茶多酚等的酶促氧化，防止叶子红变，蒸发部分水分，使茶叶变软，便于揉捻成形，促进香气形成。新鲜茶叶必须经过杀青才能具有独特的香气和色泽[1]。

微波杀青的原理是：茶叶中的水分子在微波电场中被极化，做高速振动，产生摩擦热，使鲜叶在微波中被整体加热，迅速破坏鲜叶中酶的活性，制止多酚类酶促氧化，同时蒸发部分水分，促进内含物转化，形成绿茶色、香、味品质[2]，达到杀青效果。微波杀青具有升温迅速、加热均匀、叶质柔软，有利于揉捻造型和减少碎茶率等优点。但由于微波杀青时间短，形成茶叶必要品质特征的适当湿热作用没有充分进行，且低沸点香气物质挥发不够，没有达到以杀青奠定茶叶滋味、香气等基本品质特征的目的[3-4]。

热风杀青是利用热风发生炉产生的高温热风，直接加热鲜叶，瞬间提高鲜叶温度，钝化鲜叶中的酶活性[5]，以达到杀青的目的。热风杀青能使已杀青叶色泽翠绿、成品香气较高、滋味醇和[6]。然而，由于热风杀青机使用 300～350℃高温热风进行杀青，热风与鲜叶的温差较大，叶温升高太快，实际生产中掌控难度较大，即使在正常掌握情况下，杀青叶干边状况也较严重，杀青叶就容易产生焦边、爆点，成品碎茶率高，带有烟焦味[7]。

微波 - 热风联合杀青，是将两种杀青方式优势互补。目前国内外对微波 - 热风联合杀青的研究报道并不多见。但 Baysa[8]和马先英等[9]将微波 - 热风联合技术应用于胡萝卜的干燥，结果表明该技术能有效缩短加工时间，减少能耗并提升产品品质。章斌等[10]研究发现微波 - 热风联合干燥的香蕉片风味更佳。本实验采用微波 - 热风联合杀青，在一定杀青时间内，微波杀青与热风

收稿日期：2011-09-20
基金项目：江苏省科技支撑项目(BE2010445)
作者简介：葛庆丰(1975—)，男，实验师，硕士，主要从事农畜产品加工与贮藏研究。E-mail：qfge@yzu.edu.cn
* 通信作者：汪志君(1949—)，男，教授，博士，主要从事农畜产品加工与贮藏研究。E-mail：zjwang@yzu.edu.cn

杀青同时进行，共同作用，以期缩短杀青时间、降低能耗、提高产品质量，为茶叶杀青新技术的开发提供一定的理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

绿茶鲜叶为采摘产于金坛市茅麓镇的茅山青峰鲜叶，采摘标准以1芽2叶为主以及同等嫩度的对夹叶，采摘时间为4月上旬。将鲜叶摊放8h后，置于冰箱冷藏，冷藏温度为5～8℃。杀青前取出，于阴凉避光处静置15min。

PVPP(分析纯)、PEG 6000(分析纯) 加拿大Bio Basic公司；Triton-100(分析纯) 生工生物工程(上海)有限公司 。

母液A：量取11.55mL冰醋酸(分析纯)，溶于蒸馏水，定容至1000mL；母液B：称取16.4g无水乙酸钠(分析纯)，溶于蒸馏水，定容至1000mL；取68mL母液A和432mL母液B混合，调节pH5.5，加蒸馏水稀释至1000mL，制成0.1mol/L pH5.5的乙酸-乙酸钠缓冲液，备用；称取275mg邻苯二酚(分析纯)，用0.1mol/L pH5.5的乙酸-乙酸钠缓冲液溶解、稀释至50mL，制成50mmol/L邻苯二酚溶液，避光保存，备用。称取340mg PEG 6000、4g PVPP、1mL Triton-100，用0.1mol/L pH5.5的乙酸-乙酸钠缓冲液溶解、稀释至100mL，制成提取缓冲液，备用。

1.2 仪器与设备

WRD2S-01微波热风联合杀青机 南京三乐微波技术发展有限公司；FW100高速万能粉碎机 天津市泰斯特仪器有限公司；5804R高速离心机 德国Eppendorf公司；WFJ2000可见分光光度计 尤尼柯(上海)仪器有限公司；AL204电子天平 梅特勒-托利仪器(上海)有限公司。

1.3 方法

按设备操作要求，本实验固定投叶量为20g。实验时，先开启热风开关，待设备腔体温度达到所需温度时，投入鲜叶，并开启微波，使微波杀青与热风杀青同时进行，此时开始计时。

1.3.1 微波-热风联合杀青工艺条件的单因素试验

单因素试验1：固定热风温度60℃、杀青时间60s，分别设微波功率600、800、1000、1200、1400、1600、1800、2000W进行试验，确定最佳微波功率A；单因素试验2：固定微波功率为A、杀青时间60s，分别设热风温度50、60、70、80、90℃，确定最佳热风温度B；单因素试验3：固定微波功率为A、热风温度为B，分别设杀青时间30、45、60、75、90s确定最佳杀青时间C。

1.3.2 微波-热风联合杀青工艺条件的正交试验

采用1.3.1节3个因素进行正交试验，正交试验每个因素均取3个水平，选用$L_9(3^3)$正交表进行试验。

1.3.3 多酚氧化酶活性的测定[11]

1.3.3.1 酶液的制备

称取5.0g杀青叶样品，加20mL提取液，冰浴条件下研磨匀浆。于4℃、12000r/min条件离心30min，收集上清液即为酶提取液，低温保存备用。

1.3.3.2 PPO活性的测定

取1支试管，加入4.0mL pH5.5的乙酸-乙酸钠缓冲溶液和1.0mL 50mmol/L邻苯二酚溶液，随后加入10μL酶提取液，同时立即开始计时。将混合液倒入10mm比色杯中，置于分光光度计样品室中，以蒸馏水为参比，在反应15s时，记录体系在波长420nm处的吸光度作为初始值。每隔1min记录1次，连续测定，至少记录6个点。重复3次。

按上述测定方法，计算杀青叶的酶活力如下：

$$\text{酶活力}/(A/(\text{g}\cdot\text{min})) = \frac{\Delta A_{420} \times V_s}{t \times m \times V}$$

式中：ΔA_{420}为体系吸光度变化的差值；V_s为酶提取液总量/mL；t为反应时间/min；m为样品质量/g；V为测定时的酶液用量/mL。

为避免各单因素试验非同时操作引起的误差，以鲜叶的酶活力为1，以“杀青叶酶活力÷鲜叶酶活力×100%”表示杀青叶的相对酶活力。

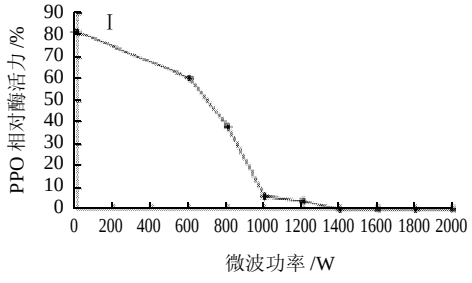
1.3.4 鲜叶失水率的测定

每次投叶杀青前准确称量20g鲜叶(M)；杀青后静置5min，称量(m)。则：

$$\text{失水率}/\% = \frac{M-m}{M} \times 100$$

2 结果与分析

2.1 微波功率对PPO活性和鲜叶失水率的影响



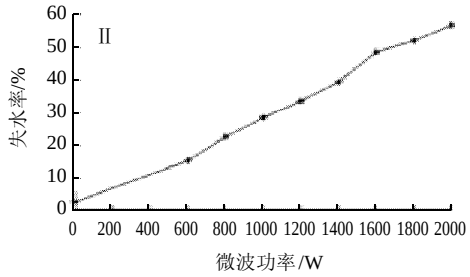


图 1 微波功率对 PPO 相对酶活力(Ⅰ)和鲜叶失水率(Ⅱ)的影响

Fig.1 Effect of microwave power on the PPO activity and water loss rate of tea

由图 1 可知，热风温度(60℃)和杀青时间(60s)一定的条件下，随着微波功率的升高，杀青叶 PPO 活性逐渐下降，杀青叶失水率逐渐上升。当微波功率达到 1200W 时，PPO 相对酶活力仅为 3.82%，此时杀青叶失水率为 33.42%，有利于后期的揉捻整形[12]，同时香气良好，开始达到杀青品质要求。综合考虑两项指标，采用 1200W 进行联合杀青较适宜。

2.2 热风温度对 PPO 相对酶活力和鲜叶失水率的影响

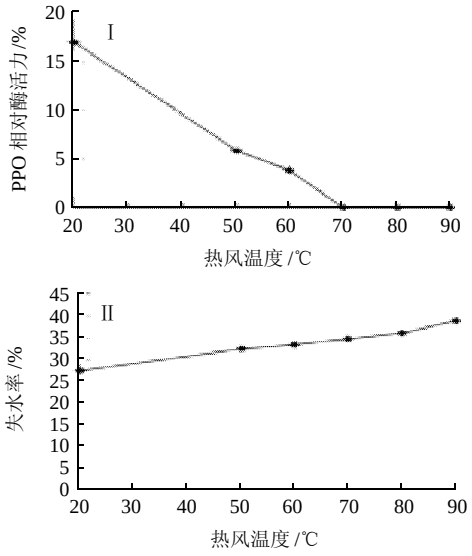


图 2 热风温度对 PPO 相对酶活力(Ⅰ)和鲜叶失水率(Ⅱ)的影响

Fig.2 Effect of hot air temperature on the PPO activity and water loss rate of tea

由图 2 可知，微波功率(1200W)和杀青时间(60s)一定的条件下，随着热风温度的升高，杀青叶 PPO 相对酶活力逐渐下降，杀青叶失水率逐渐上升。当热风温度达到 60℃时，PPO 相对酶活力为 3.88%，开始达到灭酶的要求。当热风温度为 50℃和 60℃时，杀青叶失水率分别为 32.56% 和 33.42%，均表现为叶质柔软，香气良好。在失水率相近时，优先考虑 PPO 相对酶活力，故采用 60℃进行联合杀青较适宜。

2.3 杀青时间对 PPO 相对酶活力和鲜叶失水率的影响

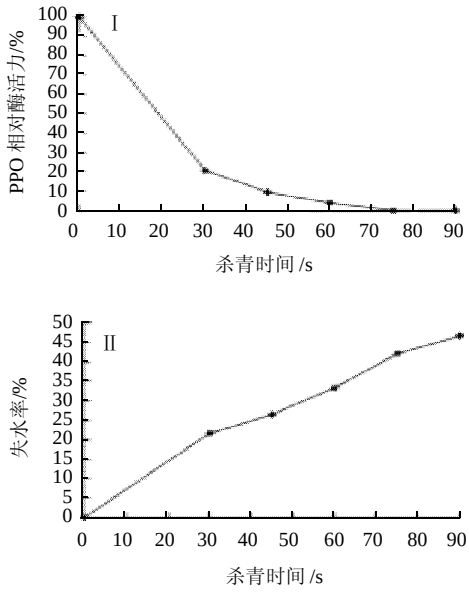


图 3 杀青时间对 PPO 相对酶活力(Ⅰ)和鲜叶失水率(Ⅱ)的影响

Fig.3 Effect of fixation time on the PPO activity and water loss rate of tea

由图 3 可知，微波功率(1200W)和热风温度(60℃)一定的条件下，随着杀青时间的延长，杀青叶 PPO 相对酶活力逐渐下降，鲜叶失水率逐渐上升。当杀青时间达到 60s 时，PPO 相对酶活力仅残留 3.82%，此时失水率为 33.42%，杀青叶质地柔软，香气良好，开始达到杀青品质要求。综合考虑两项指标，联合杀青时间定为 60s 进行较适宜。

2.4 正交试验

表 1 微波 - 热风联合杀青工艺条件正交试验设计及结果

Table 1 Orthogonal array design matrix and experimental results to optimize tea fixation by simultaneous microwave and hot air treatment

试验号	*a* 微波功率/W	*b* 热风温度/℃	*c* 杀青时间/s	PPO相对酶活力/%	鲜叶失水率/%	综合指数%	感官评价
1	1000	50	30	15.82	23.07	38.89	绿，不卷
2	1000	60	45	15.28	26.34	41.62	绿，不卷
3	1000	70	60	7.64	32.02	39.66	黄绿，微卷
4	1200	50	45	5.89	30.72	36.61	黄绿，微卷
5	1200	60	60	3.82	33.42	37.24	黄绿，卷曲
6	1200	70	30	20.88	24.37	45.25	翠绿，不卷
7	1400	50	60	3.87	40.44	44.31	黄绿，卷曲
8	1400	60	30	15.25	29.18	44.43	绿，微卷
9	1400	70	45	11.32	32.66	43.98	黄绿，微卷
K_1	120.17	119.81	128.57				
K_2	119.1	123.29	122.21				
K_3	132.72	128.89	121.21				
k_1	40.06	39.94	42.86				
k_2	39.7	41.10	40.74				
k_3	44.24	42.97	40.40				
R	4.54	3.03	2.46				

结合单因素试验结果，以微波功率(a)、热风温度(b)、杀青时间(c)为3因素，作3因素3水平正交试验，以PPO相对酶活力为主要指标，综合考虑鲜叶失水率，故令：综合指数/%＝多酚氧化酶相对酶活力＋失水率，结果如表1所示。

根据极差分析结果可知，所考察3个因素对试验结果的影响次序为微波功率＞热风温度＞杀青时间。由于本试验中以综合指数反映杀青效果，综合指数越小杀青效果越好。故得最佳微波-热风联合杀青工艺条件为$a_2b_1c_3$，即微波功率1200W、热风温度50℃、杀青时间60s。验证实验测得1200W、50℃、60s处理后杀青叶的相对酶活力和鲜叶失水率分别为3.87%和32.69%，综合指数为36.56%，颜色黄绿、外形柔软、自然卷曲、香气良好，达到杀青品质要求。

3 结 论

通过实验测得固定投叶量为20g时，微波-热风联合杀青的最佳工艺条件为微波功率1400W、热风温度50℃、杀青时间60s。微波-热风联合杀青可提高杀青叶的水分含量，有利于后期的揉捻整形，不易产生碎茶，可提高成品的品质和机械化生产效率。但对于工业化大生产的最优微波-热风联合杀青工艺条件仍需进一步深入研究。

参考文献：

[1] 励建荣, 陆海霞, 于平. 茶叶的微波杀青[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(12): 54-57.

[2] 方世辉, 李胜文, 胡绍德, 等. 绿茶微波杀青工艺的研究[J]. 中国茶叶加工, 2006(2): 17-18.

[3] 张鹰, 祖峰, 周才琼. 提高秋名茶品质的生产工艺流程初探[J]. 茶叶通讯, 2005, 32(2): 27-29.

[4] 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]. 食品工业科技, 2003, 24(3): 91-94.

[5] 胡云玲, 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.

[6] 莫小燕, 梁光志, 蓝庆江, 等. 热风杀青技术在茶叶加工中的应用[J]. 广西热带农业, 2007(5): 51-52.

[7] 权启爱. 茶叶杀青机的类别及其性能(续)[J]. 中国茶叶, 2006(5): 18-21.

[8] BAYSAL T. Effects of microwave and hot air conbination drying on the quality of carrots[J]. Food Science and Biotechnology, 2002, 11(1): 19-23.

[9] 马先英, 林艾光, 牟晨晓. 用热风与微波组合干燥胡萝卜的工艺[J]. 大连水产学院学报, 2007, 22(2): 129-132.

[10] 章斌, 侯小桢. 热风与微波联合干燥香蕉片的工艺研究[J]. 食品与机械, 2010, 26(2): 97-142.

[11] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 53.

[12] 李远志, 范绍凯, 段翰英, 等. 微波在茶叶杀青中的应用研究[J]. 广东茶叶, 2000(3): 38-39.