

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.02.012

## 微波烫漂对青花椒酶活性与品质的影响

杨凌<sup>1</sup>, 谈涛<sup>2</sup>, 孙华富<sup>3</sup>, 徐磊<sup>3</sup>

(1. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610066; 2. 会理县林业局, 四川 凉山 615100;  
3. 喜德县林业局, 四川 凉山 6167500)

**摘要:** 本研究的目的是确定不同功率微波烫漂对青花椒酶活性与感官品质的影响。结果显示: 合理的微波烫漂条件能提升青花椒感官品质, 有较好的灭酶效果, 过度的微波烫漂则使青花椒产生褐变和水分损失等不良影响。以不影响青花椒品质为前提, 微波功率 420 W, 烫漂 40 s 灭酶效果较好, 多酚氧化酶相对酶活为 32.79%, 过氧化物酶相对酶活为 40.61%。

**关键词:** 青花椒; 微波烫漂; 感官评价; 多酚氧化酶; 过氧化物酶

中图分类号: S793.9 文献标识码: A 文章编号: 1003-5508(2019)02-0053-05

## The Effect of Microwave Blanching on Enzyme Activity and Quality of *Zanthoxylum schinifolium*

YANG Lin<sup>1</sup> TAN Tao<sup>2</sup> SUN Hua-fu<sup>3</sup> XU Lei<sup>3</sup>

(1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China; 2. Huili County Forestry Bureau, Liangshan 615100, China; 3. Xide County Forestry Bureau, Liangshan 616750, China)

**Abstract:** The purpose of this study was to determine the microwave blanching effects of different power on the enzyme activity and sensory quality of *Zanthoxylum schinifolium*. The results showed that reasonable microwave blanching enhanced the sensory quality of *Z. schinifolium*, and had a good effect of enzyme suppression; Excessive microwave blanching led to negative results such as brown stain and water loss to *Z. schinifolium*. To keep the quality of *Z. schinifolium*, the effect was relatively better by use of the microwave power of 400 W, and the blanching time of 40s, and the relative enzyme activity of polyphenol oxidase and peroxidase was 52.73% and 62.82% respectively.

**Key words:** *Zanthoxylum schinifolium*, Microwave blanching, Sensory evaluation, Polyphenol oxidase, Peroxidase

青花椒(*Zanthoxylum schinifolium* Sieb. et Zucc) 属芸香科(Rutaceae)花椒属(*Zanthoxylum* L.) 落叶植物、阳性树种, 是花椒优良品种<sup>[1]</sup>。新鲜青花椒清香味更浓, 是高档菜肴的调味品。新鲜青花椒在贮藏过程中, 由于受水分、温度、光照、氧气、酶等因素的影响, 极易发生褐变, 影响外观的同时, 还造成

了香气和麻味的损失, 失去利用价值。果蔬褐变的主要原因有 5 种: 酶促褐变、美拉德反应、抗坏血酸氧化、焦糖化和脂类氧化<sup>[2]</sup>。花椒褐变与酶促褐变有显著的相关性, 涉及的酶有多酚氧化酶、过氧化物酶、苯丙氨酸解氨酶和过氧化氢酶等, 其中多酚氧化酶和过氧化物酶起主要作用<sup>[3]</sup>。

收稿日期: 2018-11-30

基金项目: 四川省基本科研经费项目(2018JBKY09)

作者简介: 杨凌(1981-), 男, 四川天全人, 高级工程师, 硕士, 主要研究方向为林产化学加工, e-mail: 7230610@qq.com。

漂烫是冷冻、干燥、贮藏、油炸等加工的关键预处理工艺,能钝化引起果蔬变质反应的酶;减少微生物以延长保质期;消除细胞间的空气,提高热传质速率,防止氧化<sup>[4]</sup>,从而延长蔬果的保质期。热处理方式包括热水烫漂、蒸汽烫漂和微波烫漂,已有研究表明,微波加热具有温度和电磁场双重效应,与一般水浴、水蒸气等加热灭酶方法相比,灭酶杀菌效果更好,还可以维持蔬果中的营养成分和活性物质。Severini 等对比了热水烫漂、蒸汽烫漂和微波烫漂对西兰花理化性质的影响,发现微波和蒸汽处理组的过氧化物酶失活率高于热水处理组,随着烫漂时间增加,热水和蒸汽处理组 Vc 含量降低,而微波处理组未发现<sup>[5]</sup>;Wang 等比较了热水、微波、红外和高湿热风射流烫漂对红甜椒的质量的影响,结果表明经微波处理的红甜椒重量损失低于热水和高湿热风射流处理组<sup>[4]</sup>。目前,国内研究了高温蒸汽烫漂对青花椒质量的影响<sup>[3]</sup>,但微波烫漂工艺目前未见研究报道,本研究的目的是确定微波烫漂对青花椒感官、酶活性、褐变度等指标的影响,为青花椒保鲜提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料与设备

青花椒采集自广元青花椒基地;M1-L213B 微波炉 广东美的电器有限公司;UV-1800 分光光度计 日本岛津仪器有限公司;ML204 电子天平 上海梅特勒-托利多仪器有限公司;HH-2 恒温水浴锅 常州国华电器有限公司;5804 高速离心机 德国艾本德股份有限公司。

### 1.2 试剂

多酚氧化酶试剂盒,过氧化物酶试剂盒(南京建成生物科技有限公司)。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 样品制备

选择呈青绿色,颗粒饱满,无霉烂、褐变、机械损伤的青花椒,剪去枝叶,用水清洗后,在阴凉处晾干,作为实验材料。将 250 g 青花椒置于玻璃盘中,在微波炉中加热至指定时间,室温冷却 2 h 后对花椒进行感官评价和水分测定,剩余样品 -80℃ 贮藏,用于测定多酚氧化酶、过氧化物酶和褐变度。青花椒微波烫漂程序是:在低火、中低火、中火、中高火、高火 5 个加热档分别对青花椒烫漂 10 s、20 s、4 s、60 s、90 s,微波炉额定输出功率为 750 W,高火档指

100% 的输出功率,中高火、中火、中低火、低火分别指 70%、50%、30%、10% 的输出功率。

#### 1.3.2 微波功率测定

由于微波炉的额定功率和实际加热功率存在差异,因此需对实际微波加热功率进行测定。用带盖的容器装 1 000 mL 的去离子水,在不同功率下加热 2 min,水的初温不应超过 20℃,以避免加热 2 min 后水分蒸发,影响结果<sup>[6]</sup>。计算公式为  $P = [(t_2 - t_1) \times c \times m] / t$ ,  $P$  为微波炉实际功率/W;  $t_1$  为去离子水最初温度/℃;  $t_2$  为去离子水最终温度/℃;  $c$  为去离子水比热容 4.19 J/(kg·℃);  $m$  为去离子水质量/g;  $t$  为热处理时间/s。经测得微波低火档、中低火档、中火档、中高火档和高火档的功率分别为:190 W, 225 W, 350 W, 420 W, 675 W。

#### 1.3.3 水分

水分的测定使用 GB 5009.3—2016 国家标准中直接干燥法测定<sup>[7]</sup>。精确称取 10 g 青花椒于干燥恒重的称量皿中,置于 101℃ ~ 105℃ 干燥箱中,干燥 4 h 后,盖好取出放入干燥器内冷却 0.5 h 后称量。然后再放入 101℃ ~ 105℃ 干燥箱中干燥 1 h 左右,盖好取出,放入干燥器内冷却 0.5 h 后再称量,反复恒重操作至前后两次质量不超过 2 mg。计算公式为:  $(m_1 - m_2) / (m_1 - m_3) \times 100$ ,  $m_1$  为称量瓶和试样的质量;  $m_2$  为称量瓶和试样干燥后的质量;  $m_3$  为称量瓶的质量。

#### 1.3.4 感官评价

感官评价是邀请 5 位对林产品质量有丰富经验的老师进行评价,评价花椒的滋味是将 2 粒花椒夹在馒头中品尝,不下咽,每个样品品尝完后漱口。评价过程中不相互交流。感官评价采用计分制,并对青花椒质量缺陷进行文字记录。感官评价标准见表 1。

#### 1.3.5 多酚氧化酶

使用南京建成多酚氧化酶试剂盒方法说明检测。简要地讲:取 1 g 去核的花椒皮,加入 5 mL 提取液,冰浴匀浆,8 000 r·min<sup>-1</sup> 常温离心 10 min 后取上清液待测。在测定管中加入试剂盒试剂二缓冲液 600 μL,试剂三基质液 150 μL,粗酶上清液 150 μL;在对照管中加入试剂二缓冲液 600 μL,试剂三基质液 150 μL,煮沸处理的粗酶上清液 150 μL。测定管和对照管在 37℃ 恒温准确孵育 10 min,取出立即转入 90℃ 以上沸水浴 5 min,取出后流水冷却,10 000 r·min<sup>-1</sup> 常温离心 10 min,取上清液于波长 420 nm,1 cm 光径比色皿,蒸馏水调零,测定各管吸

光度值。

表 1 青花椒的感官评价标准

感官评价描述	分数
外观	
青花椒表皮翠青,没有褐变现象,花椒皮光泽饱满新鲜	35
青花椒表皮青绿色,没有褐变现象,花椒皮较光泽饱满	25
青花椒表皮淡墨绿色,有轻微褐变现象,花椒皮较光泽饱满	15
青花椒表皮深墨绿色或褐色,有明显大面积褐变现象,花椒皮表面失水严重,失去光泽	0
风味和滋味	
青花椒的麻味浓郁,有青花椒自身的特殊风味,能强烈激发食欲	35
青花椒的麻味较浓,青花椒自身的特殊风味较差,能激发食欲	25
青花椒的麻味较淡,青花椒自身的特殊风味差,不能激发食欲	10
青花椒的麻味和自身风味很小或没有,有焦糊味,使人产生排斥心理	0
质构	
青花椒表皮硬度较高,有弹性,与烫漂前没有区别	30
青花椒表皮出现了软化,纹理较模糊,弹性较差,与新鲜花椒有一定距离	15
青花椒表皮失去弹性变硬,甚至出现裂痕,花椒籽与花椒皮分离	0

### 1.3.6 过氧化物酶

使用南京建成多酚氧化酶试剂盒方法说明检测。简要地讲:取 1 g 去核的花椒皮,加入 9 mL 提取液,冰浴匀浆制成 10% 的组织匀浆液,3 500 r · min<sup>-1</sup> 常温离心 10 min 后取上清液待测。在测定管中加入试剂一 2.4 mL,试剂二应用液 0.3 mL,试剂三应用液 0.2 mL,样本上清液 0.1 mL;对照管中加入试剂一 2.4 mL,试剂二应用液 0.3 mL,双蒸水 0.2 mL,样本上清液 0.1 mL;将测定管和对照管放置在 37℃ 水浴中准确反应 30 min,各加入试剂四 1 mL,混匀后,3 500 r · min<sup>-1</sup> 离心 10 min,取上清液于 1 cm 比色皿,双蒸水调零,在波长 420 nm 处测定各管吸光度值,

### 1.3.7 褐变度测定

褐变度的测定参考王清章等人的方法<sup>[8]</sup>,略做修改。随机称取青花椒样品 1 g 与冷藏蒸馏水按 1:30(g · mL<sup>-1</sup>) 混合后,使用高速匀浆机搅碎,在 10 000 r · min<sup>-1</sup> 冷冻离心 20 min,取上清液过滤后在波长 410 nm 处测定其吸光值 A410,结果以 10 × A410 表示褐变度。

### 1.3.8 分析方法

结果采用平均值 ± 标准差表示,使用 SPSS 19 进行单因素方差分析和 Duncan 差异显著性分析, $p < 0.05$  表示差异显著, $p > 0.05$  表示差异不显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 感官评价

微波烫漂青花椒感官评价结果见表 2。青花椒经 190 W、225 W、350 W、675 W 微波烫漂,外观评分先升高后降低,适当的微波烫漂功率和时间能使青花椒更翠绿,少量的油脂析出使表面有光泽,但随着烫漂时间的增加,青花椒外观质量下降。190 W 烫漂 60 s 时,花椒表面出现了褐变现象;350 W 微波烫漂 90 s,420 W、675 W 烫漂 60 s 时,花椒表面出现了发干、起皱的现象,感官评分降低。微波烫漂使青花椒油微量溢出,能增强花椒的风味,不影响青花椒的滋味,但 350 W、420 W、675 W 微波烫漂 90 s 时,青花椒风味降低,可能过度加热导致青花椒风味部分丧失。微波 190 W 和 225 W 烫漂对青花椒质构评分的影响差异不显著( $p > 0.05$ );当 350 W 烫漂 90s,420 W 和 675 W 烫漂 60 s 时,质构评分显著降低( $p < 0.05$ ),因为微波高额定功率的长时间加热使花椒表皮水分蒸发而裂开并失去了弹性。感官评价结果显示:青花椒 420W 烫漂 40 s,外观、风味滋味和质构评分最优,相比对照组,质量有明显的提升。

表 2 微波烫漂对青花椒感官评价的影响

微波功率 (W)	烫漂时间 (s)	外观	风味与滋味	质构
对照组	0	16.73 ± 1.4	16.57 ± 1.31	19.2 ± 1.65
190	10	16.8 ± 1.7 <sup>c</sup>	17.93 ± 2.29 <sup>c</sup>	21.9 ± 1.04 <sup>a</sup>
190	20	21.7 ± 2.17 <sup>b</sup>	22.03 ± 1.91 <sup>b</sup>	21 ± 2.21 <sup>a</sup>
190	40	29.23 ± 3.15 <sup>a</sup>	27.43 ± 1.14 <sup>a</sup>	23.43 ± 2.1 <sup>a</sup>
190	60	18.27 ± 1.8 <sup>bc</sup>	24.17 ± 1.89 <sup>ab</sup>	20.23 ± 1.42 <sup>a</sup>
190	90	16.23 ± 2.5 <sup>c</sup>	24.67 ± 2.08 <sup>ab</sup>	20.17 ± 1.46 <sup>a</sup>
225	10	17.07 ± 2.27 <sup>b</sup>	25.87 ± 2.18 <sup>a</sup>	19.5 ± 1.65 <sup>a</sup>
225	20	17.53 ± 2.46 <sup>b</sup>	21.07 ± 2.03 <sup>b</sup>	19.4 ± 0.98 <sup>a</sup>
225	40	26.33 ± 1.91 <sup>a</sup>	25.63 ± 1.43 <sup>a</sup>	20.4 ± 1.77 <sup>a</sup>
225	60	26.53 ± 2.48 <sup>a</sup>	27.57 ± 1.84 <sup>a</sup>	19.3 ± 0.92 <sup>a</sup>
225	90	27.7 ± 1.45 <sup>a</sup>	28.3 ± 1.91 <sup>a</sup>	20.63 ± 1.59 <sup>a</sup>
350	10	22.8 ± 2.36 <sup>bc</sup>	21.13 ± 1.93 <sup>b</sup>	22.17 ± 2.34 <sup>ab</sup>
350	20	26.5 ± 2.8 <sup>b</sup>	26.67 ± 1.78 <sup>a</sup>	24.57 ± 1.46 <sup>a</sup>
350	40	21.7 ± 2.19 <sup>c</sup>	20.77 ± 1.22 <sup>b</sup>	20.73 ± 1.38 <sup>b</sup>
350	60	30.7 ± 1.49 <sup>a</sup>	22.27 ± 2.06 <sup>b</sup>	20.43 ± 2.39 <sup>b</sup>
350	90	25.97 ± 2.35 <sup>bc</sup>	20.7 ± 3.03 <sup>b</sup>	19.73 ± 1.38 <sup>b</sup>
420	10	20.17 ± 2.03 <sup>b</sup>	31.3 ± 1.9 <sup>a</sup>	23.4 ± 0.98 <sup>b</sup>
420	20	31.27 ± 1.96 <sup>a</sup>	28.1 ± 1.4 <sup>abc</sup>	25.67 ± 2.55 <sup>ab</sup>
420	40	31.73 ± 3.25 <sup>a</sup>	29.83 ± 1.68 <sup>ab</sup>	27.4 ± 1.81 <sup>a</sup>
420	60	22.97 ± 1.95 <sup>b</sup>	26.27 ± 2.35 <sup>bc</sup>	18.64 ± 1.56 <sup>c</sup>
420	90	17.7 ± 1.71 <sup>c</sup>	24.9 ± 2.23 <sup>c</sup>	19.1 ± 1.8 <sup>c</sup>
675	10	23.73 ± 2.51 <sup>b</sup>	26 ± 1.87 <sup>a</sup>	23.77 ± 1.4 <sup>a</sup>
675	20	26.03 ± 2 <sup>b</sup>	25.83 ± 1.27 <sup>a</sup>	25.37 ± 2.3 <sup>a</sup>
675	40	31.27 ± 2.2 <sup>a</sup>	25.06 ± 1.78 <sup>a</sup>	23.93 ± 1.63 <sup>a</sup>
675	60	23.97 ± 2.06 <sup>b</sup>	21.97 ± 1.81 <sup>b</sup>	15.07 ± 1.27 <sup>b</sup>
675	90	15.63 ± 1.6 <sup>c</sup>	19.7 ± 2.29 <sup>b</sup>	13.43 ± 2.2 <sup>b</sup>

注:同一列字母不同表示不同微波功率对青花椒感官评价分数差异显著( $p < 0.05$ )。

## 2.2 褐变度

微波烫漂青花椒褐变度结果见表3。不同微波加热功率对青花椒褐变的影响有较大的差异。225 W微波烫漂90s褐变度(1.05)最低,675 W烫漂40s褐变度(1.93)最高。225 W微波烫漂随着时间的延长,褐变度有下降的趋势;微波190 W 40 s、350 W

60 s、420 W 90 s、675 W 40 s烫漂青花椒,褐变度显著上升( $p < 0.05$ )。从数据规律来看,青花椒褐变与微波功率、加热时间不呈正相关。190 W烫漂褐变度的结果与感官评价一致,190 W微波烫漂与其他更高功率的试验组相比,青花椒更早的出现褐变现象。

表3 不同微波烫漂时间和功率对青花椒褐变度的影响

烫漂时间(s)	190	225	350	420	675
对照组(0 s)	1.13 ± 0.1				
10	1.16 ± 0.07 <sup>c</sup>	1.12 ± 0.11 <sup>bc</sup>	1.37 ± 0.06 <sup>b</sup>	1.21 ± 0.08 <sup>b</sup>	1.04 ± 0.06 <sup>c</sup>
20	1.16 ± 0.04 <sup>c</sup>	1.31 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.24 ± 0.08 <sup>bc</sup>	1.1 ± 0.04 <sup>b</sup>	1.22 ± 0.04 <sup>b</sup>
40	1.96 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.27 ± 0.09 <sup>ab</sup>	1.08 ± 0.06 <sup>c</sup>	1.19 ± 0.11 <sup>b</sup>	1.93 ± 0.04 <sup>a</sup>
60	1.57 ± 0.11 <sup>b</sup>	1.09 ± 0.05 <sup>c</sup>	2.08 ± 0.17 <sup>a</sup>	1.28 ± 0.06 <sup>b</sup>	1.8 ± 0.15 <sup>a</sup>
90	1.66 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.05 ± 0.12 <sup>c</sup>	1.92 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.82 ± 0.14 <sup>a</sup>	1.84 ± 0.06 <sup>a</sup>

注:同一列字母不同表示不同微波功率对青花椒褐变度差异显著( $p < 0.05$ )。

## 2.3 水分

微波烫漂对青花椒水分的影响见表4。青花椒的水分含量与微波功率和加热时间呈反比,微波350 W和420 W烫漂90 s、675 W烫漂40 s时,水分降低了5.68%~8.46%,严重影响了经济效益。高

功率微波处理青花椒,水分子运动加剧,组织结构发生改变,蒸发速度加快,质量损失更大。因此在烫漂过程中,为了保证青花椒感官品质,应选择合适的微波烫漂程序,加热时间不宜过长。

表4 不同微波烫漂时间和功率对青花椒水分的影响(%)

烫漂时间(s)	190	225	350	420	675
对照组(0 s)	71.66 ± 0.85				
10	71.63 ± 0.38 <sup>a</sup>	71.44 ± 0.42 <sup>a</sup>	70.47 ± 0.2 <sup>ab</sup>	71.58 ± 0.39 <sup>a</sup>	71.46 ± 0.44 <sup>a</sup>
20	71.6 ± 0.3 <sup>a</sup>	71.53 ± 0.29 <sup>a</sup>	70.09 ± 0.19 <sup>b</sup>	69.58 ± 0.38 <sup>b</sup>	69.22 ± 0.31 <sup>b</sup>
40	69.95 ± 1.11 <sup>b</sup>	71.55 ± 0.28 <sup>a</sup>	71.22 ± 0.6 <sup>a</sup>	69.61 ± 0.65 <sup>b</sup>	64.56 ± 0.34 <sup>c</sup>
60	70.01 ± 0.43 <sup>b</sup>	69.84 ± 0.14 <sup>b</sup>	67.56 ± 0.79 <sup>c</sup>	69.66 ± 0.85 <sup>b</sup>	64.35 ± 0.22 <sup>c</sup>
90	69.29 ± 0.32 <sup>b</sup>	70.13 ± 0.31 <sup>b</sup>	65.98 ± 0.25 <sup>d</sup>	63.2 ± 0.54 <sup>c</sup>	59.21 ± 0.32 <sup>d</sup>

注:同一列字母不同表示不同微波功率对青花椒水分含量差异显著( $p < 0.05$ )。

## 2.4 多酚氧化酶

微波烫漂对青花椒多酚氧化酶(PPO, Polyphenol oxidase)相对酶活的影响见表5。青花椒中PPO相对活力随着微波功率和加热时间的上升而降低,各试验组PPO活力差异显著( $p < 0.05$ )。190 W、225 W、350 W、420 W和675 W烫漂10 s,PPO的相对酶活力分别为:93.22%,94.25%,66.93%,64.52%,57.39%;烫漂90s,PPO的相对酶活分别

为:29.02%,19.35%,10.3%,6.02%,4.51%。高温加热是花椒PPO活力下降的主要原因,前人的研究报道表明,不同烫漂方式、烫漂物种影响PPO的效果:Terefe等人将草莓在100℃处理30min后,草莓的PPO失活率仅28%<sup>[9]</sup>;Castro等将青椒和红椒80℃处理2min,PPO活性均高于50%<sup>[10]</sup>;Wang等研究了红椒PPO在900W微波功率下处理100s后,PPO残留活性为9.8%<sup>[5]</sup>。

表5 不同微波烫漂时间和功率对青花椒PPO相对酶活的影响(%)

漂烫时间(s)	190	225	350	420	675
10	93.22 ± 0.85 <sup>a</sup>	94.25 ± 2.42 <sup>a</sup>	66.93 ± 1.78 <sup>a</sup>	64.52 ± 1.98 <sup>a</sup>	57.39 ± 1.97 <sup>a</sup>
20	72.58 ± 1.67 <sup>b</sup>	72.32 ± 2.23 <sup>b</sup>	49.22 ± 0.68 <sup>b</sup>	57.54 ± 1.35 <sup>b</sup>	46.65 ± 2.22 <sup>b</sup>
40	62.34 ± 0.59 <sup>c</sup>	62.47 ± 1.15 <sup>c</sup>	34.5 ± 1.25 <sup>c</sup>	32.79 ± 1.6 <sup>c</sup>	32.37 ± 2.98 <sup>c</sup>
60	51.71 ± 1.75 <sup>d</sup>	47.58 ± 0.97 <sup>d</sup>	19.04 ± 1.21 <sup>d</sup>	18.84 ± 1.33 <sup>d</sup>	21.44 ± 1.35 <sup>d</sup>
90	29.02 ± 2.22 <sup>e</sup>	19.35 ± 1.16 <sup>e</sup>	10.3 ± 0.94 <sup>e</sup>	6.02 ± 0.74 <sup>e</sup>	4.51 ± 0.81 <sup>e</sup>

注:同一列字母不同表示不同微波功率对青花椒PPO相对酶活差异显著( $p < 0.05$ )。

## 2.5 过氧化物酶

微波烫漂对青花椒过氧化物酶(POD, Peroxidase)相对酶活的影响见表6。青花椒中 POD 的活力随着微波功率和加热时间的上升而降低,各试验组活力差异显著( $p < 0.05$ )。190 W、225 W、350 W、420 W 和 675 W 烫漂 90 s, POD 的相对酶活力分别为: 42.14%, 36.84%, 27.77%, 19.03%, 13.08%。高温加热是花椒 POD 活力下降的主要原因,现有研究报道表明,虽然烫漂易使 POD 失活,但

微波灭酶比传统方法更有优势。唐小俊等将苦瓜置于微波中灭酶 1 min,当微波功率为 160 W 时,POD 的活性几乎未下降;在 480 W 时过氧化物酶活性残留率为 12%,微波功率增加到 800 W 时,过氧化物酶完全失活<sup>[11]</sup>。严启梅研究了微波、沸水和蒸汽烫漂对杏鲍菇 POD 酶的影响,当 500W 微波处理 40 s 时,杏鲍菇 POD 残余酶活为 17.1%,处理 60 s 时,残余酶活为 1.61%,微波处理杏鲍菇的 POD 残余酶活低于沸水和蒸汽<sup>[12]</sup>。

表 6 不同微波烫漂时间和功率对青花椒 POD 相对酶活的影响(%)

烫漂时间(s)	190	225	350	420	675
10	98.76 ± 1.5 <sup>a</sup>	96.89 ± 0.82 <sup>a</sup>	84.94 ± 1.48 <sup>a</sup>	78.91 ± 1.26 <sup>a</sup>	74.5 ± 0.65 <sup>a</sup>
20	82.92 ± 1.96 <sup>b</sup>	74.35 ± 1.62 <sup>b</sup>	65.92 ± 1.49 <sup>b</sup>	58.13 ± 1.14 <sup>b</sup>	50.37 ± 0.86 <sup>b</sup>
40	63.4 ± 1.79 <sup>c</sup>	58.12 ± 1.35 <sup>c</sup>	48.2 ± 0.85 <sup>c</sup>	40.61 ± 0.85 <sup>c</sup>	33.96 ± 1.59 <sup>c</sup>
60	55.44 ± 1.17 <sup>d</sup>	48.4 ± 1.27 <sup>d</sup>	39.71 ± 1.61 <sup>d</sup>	31.18 ± 1.01 <sup>d</sup>	25.61 ± 1.09 <sup>d</sup>
90	42.14 ± 1.33 <sup>e</sup>	36.84 ± 1.03 <sup>e</sup>	27.77 ± 1.52 <sup>e</sup>	19.03 ± 1.54 <sup>e</sup>	13.08 ± 0.94 <sup>e</sup>

注:同一列字母不同表示不同微波功率对青花椒 POD 相对酶活差异显著( $p < 0.05$ )。

## 3 结论

对青花椒进行微波烫漂,合理的微波烫漂功率和加热时间能使青花椒颜色更翠绿,香味更浓郁,感官评分高于对照组。随着微波功率和烫漂时间的延长,水分、PPO 和 POD 逐渐降低,褐变度上升。当微波功率为 420 w,烫漂 40 s 时,青花椒感官品质最好,优于不烫漂的对照组,此时,褐变度变化不显著( $p > 0.05$ ),水分下降 2.86%,PPO 相对酶活为 32.79%,POD 相对酶活为 40.61%。微波烫漂能改善青花椒的颜色、光泽和风味,同时能灭活大部分的 PPO 和 POD,提升新鲜青花椒质量的同时,也是延长保质期的好方法。

### 参考文献:

- [1] 陈炳金,王明钊与张洪渊,调味料栽培与加工技术[M]. 四川科技出版社,1997:102~103.
- [2] 连毅与李燕,果蔬褐变及其影响因素研究进展[J]. 食品与药品,2006.8(10):32~36.
- [3] 姚佳,青花椒贮藏技术研究及褐变机理初探[D]. 四川农业大学,2011.
- [4] Wang J, Yang X H, Mujumdar A S, et al. Effects of various blanching methods on weight loss, enzymes inactivation, phytochemical contents, antioxidant capacity, ultrastructure and drying kinetics of red bell pepper (*Capsicum annuum* L.) [J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 77: 337~347.

- [5]. Severini C, Giuliani R, De Filippis A, et al. Influence of different blanching methods on colour, ascorbic acid and phenolics content of broccoli [J]. Journal of food science and technology, 2016, 53(1):501~510.
- [6] 李瑜,郑磊,詹丽娟,等. 微波烫漂对速冻怀山药品质的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(17):100~104.
- [7] 中国人们共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.3—2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S]. 2017.
- [8] 王清章,刘怀超. 莲藕贮藏中褐变度及多酚氧化酶活性的初步研究[J]. 中国蔬菜, 1997, 1(3):4~6.
- [9] Terefe N S, Yang Y H, Knoerzer K, et al. High pressure and thermal inactivation kinetics of polyphenol oxidase and peroxidase in strawberry puree [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2010, 11(1):52~60.
- [10] Castro S M, Saraiva J A, Lopes-da-Silva J A, et al. Effect of thermal blanching and of high pressure treatments on sweet green and red bell pepper fruits (*Capsicum annuum* L.) [J]. Food chemistry, 2008, 107(4):1436~1449.
- [11] 唐小俊,池建伟,张名位,等. 苦瓜的微波灭酶技术[J]. 农业机械学报, 2008, 39(4):200~203.
- [12] 严启梅,牛丽影,唐明霞,等. 微波烫漂对杏鲍菇 pod 酶活的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(4):247~251.