

低能微波预处理对巨峰葡萄贮藏品质的影响

Effect of low-power microwave treatment on storage quality of Kyoho Grape

陈孟雅 鲁加惠 张海伟

CHEN Meng-ya LU Jia-hui ZHANG Hai-wei

(安徽农业大学茶与食品科技学院, 安徽 合肥 230036)

(School of Tea and Food Science & Technology, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China)

摘要:分别采用 32.5, 65.0, 97.5, 130.0 W 功率的微波对巨峰葡萄进行处理, 以未处理的巨峰葡萄作为对照, 0~2 °C 贮藏 40 d。结果表明, 97.5 W 及以下的低功率微波处理对葡萄保鲜具有积极影响, 能显著延缓巨峰葡萄的成熟与衰老。其中 32.5 W 的微波处理效果最好, 在贮藏末期与对照组相比, 低能微波处理抑制了丙二醛含量的快速上升, 使得处理组的 DPPH 自由基清除率比对照组高约 33%, 落粒率降低了 10%, 多酚氧化酶和过氧化物酶酶活降低 1/3 左右。

关键词:巨峰葡萄; 低能微波; 成熟衰老; 贮藏保鲜

Abstract: In order to study the effect of low-power microwave treatment on the postharvest quality of Kyoho grape, the grapes were treated with 32.5, 65.0, 97.5 and 130.0 W microwave respectively. The untreated grapes were used as the control, and all Kyoho grape stored at 0~2 °C for 40 days. The results showed that the low-power microwave treatment below 97.5 W had positive effect on the preservation of grape, which could prolong the ripening and senescence of Kyoho grape. The group with 32.5 W low-power microwave treatment had the best effect compared with the control in the end of storage period, which inhibited the rapid increase in the content of malondialdehyde, and the DPPH radical scavenging rate was higher than the control group about 33%. The shattering rate was decreased by 10% and the enzyme activity of PPO and POD was lower about 1/3 than the control.

Keywords: Kyoho Grape; low-power microwave treatment; ripening and senescence; storage and preservation

微波对食品的作用方式分为微波致热生物效应和微波非热生物效应^[1]。低能微波指的是采用较低功率, 利用微波的非热生物效应, 使植物或生物体生理活性物质发生变异而丧失活力或死亡^[2]。同时, 微波的电场会使细胞的膜功能发生变异, 从而使细胞的正常代谢功能及生理功能受到相应的

破坏, 这样可以使微生物的生长受到抑制或死亡^[3]。

目前低能微波技术已有效应用于食品的加工与保鲜中。例如: 利用微波非热效应处理鲜榨杏汁, 不仅细菌总数达到国家标准要求, 而且显著抑制杏汁多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)的活性, 杏汁色泽 L 值由 22.93 增加到 35.81, 表明微波处理后杏汁亮度增加, 色泽得以改善与保持^[4]; 茶叶经 800 W 微波照射 60 s 能显著抑制 PPO 和 POD 酶活性, 使成品茶叶的色泽更绿更鲜活诱人(ΔE 值低了 1/2)^[5]。低能微波与传统热处理方式相比, 能更方便、高效地抑制新鲜蘑菇的 PPO 酶活性, 减轻食品工业中蘑菇的褐变^[6]。

低能微波技术在果蔬保鲜上的应用亦有一定的成效。李明霞等^[7]研究发现, 120 W/60 s 微波处理的猕猴桃果实相比较于未处理组, 在贮藏末期硬度是其 2 倍, 能够延迟猕猴桃果实软化; 费利娟^[8]研究发现, 100 W/120 s 及以下的低功率微波处理能够延缓佐贺清草莓采后成熟与衰老, 处理后果实纤维素酶活性和 MDA 含量较未处理组低且保持较高的果实硬度; 何雨婷等^[9]采用 130 W 微波输出功率连续照射处理新鲜香菇 4 min 能够延长保鲜期至 40 d; 郭艳明等^[10]研究发现, 低能微波处理黄冠梨后, 发现 32.5 W/5 min 低能微波处理能够在贮藏期间最好地保持果实品质, 降低了 22% 左右的果心褐变发生率。但是低能微波预处理对葡萄贮藏品质、生理指标及抗氧化性的影响迄今未见报道。

本试验拟对巨峰葡萄采用不同功率微波处理, 在低温(0~2 °C)环境下贮藏, 期间监测葡萄的落粒率、失重率、PPO 和 POD 酶活性、DPPH 自由基清除率等指标, 探讨低能微波预处理对葡萄冷藏品质的影响, 探索适合于葡萄贮藏的低功率微波保鲜技术, 为进一步开发安全、简便、快捷的果实贮藏保鲜新技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

巨峰葡萄: 于 2016 年 7 月 7 日, 购于安徽省合肥市周谷堆水果交易市场, 随机选取大小均匀, 成熟度相对一致, 无病

作者简介: 陈孟雅, 女, 安徽农业大学在读硕士研究生。

通信作者: 张海伟(1979—), 女, 安徽农业大学副教授, 博士。

E-mail: zhanghaiwei@ahau.edu.cn

收稿日期: 2017-11-27

虫害、机械伤的果实；

磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、邻苯二酚、聚乙二醇 6000、聚乙烯吡咯烷酮、TritonX-100、三氯乙酸：分析纯，国药集团化学试剂有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

高速冷冻离心机：LR16-A 型，北京雷勃尔离心机有限公司；

紫外可见分光光度计：752 型，上海菁华科技仪器有限公司；

微波系统：SAM-255 型（总功率 650 W），美国 CEM 公司；

系列组合式冷库：ZK 型，中国常州银雪制冷设备有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 样品处理 葡萄运回实验室后，0~4℃预冷 8 h。随机选取果实并检测各项初始指标。其余葡萄果实分为 5 组，每组 3 个平行，分别设定微波输出功率为 0.0（对照），37.5，65.0，97.5，130.0 W，处理时间均为 2 min；由于原料的温度与原料种类及微波处理方式密切相关^[11]，因此每次处理葡萄重量为（1 200±50）g。每组微波处理后，随机取 10 粒果实测其果心温度；处理后在常温下放置 2 h 后，用 0.02 mm 聚乙烯（PE）保鲜袋包装（保鲜膜上扎有小孔），然后放置 0~2℃、湿度 80%~85%冷库中进行贮藏，每 8 d 进行各项指标的测定。

1.2.2 落粒率的测定 落粒率是指落粒果数占总果数的百分比，按式（1）计算：

$$m = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%, \quad (1)$$

式中：

m ——落粒率，%；

m_1 ——脱落的果实数；

m_2 ——总果实数。

1.2.3 失重率的测定 采用重量法。失重率按式（2）计算：

$$n = \frac{n_1}{n_2} \times 100\%, \quad (2)$$

式中：

n ——失重率，%；

n_1 ——贮藏前果实重量，g；

n_2 ——测量时果实重量，g。

1.2.4 多酚氧化酶酶活的测定 参照文献[12]。

1.2.5 DPPH 自由基清除率的测定 称取 1 g 样品，加入 50%乙醇 8 mL 匀浆，4℃4 000× g 离心 15 min，上清液用于 DPPH 清除能力的测定；取上清液 0.1 mL 加入 2.9 mL、60 μ mol/L 的 DPPH 溶液中，摇匀，室温避光反应 30 min 后，于 517 nm 处测其吸光度^[13]¹¹，以 50%乙醇为空白对照。清除率按式（3）计算：

$$S_A = \frac{1 - (A_i - A_j)}{A_0} \times 100\%, \quad (3)$$

式中：

S_A ——清除率，%；

A_i ——2.9 mL DPPH 溶液中加 0.1 mL 样品反应

30 min 后的吸光度；

A_0 ——2.9 mL DPPH 溶液中加 0.1 mL 50%乙醇反应 30 min 后的吸光度；

A_j ——2.9 mL 50%乙醇中加 0.1 mL 样品反应 30 min 后的吸光度。

1.2.6 丙二醛（MDA）的测定 根据文献[14]¹⁵⁵，修改如下：称取切碎的葡萄 1.0 g，加入 5 mL 100 g/L 三氯乙酸（TCA）和少量石英砂研磨至匀浆，4℃、4 000× g 离心 20 min 后，取上清液 2 mL，加入 2 mL 6.7 g/L TBA 溶液，混匀后于沸水浴上反应 20 min，空白对照管以 TCA 替代提取液，迅速冷却后再离心（4 000× g ）。取上清液测定 OD_{450} ， OD_{530} 和 OD_{600} 值。MDA 含量按式（4）计算：

$$W = \frac{c \times V \times V_A}{V_S \times m \times 1\,000}, \quad (4)$$

式中：

W ——丙二醛含量， μ mol/g FW；

c ——反应液中 MDA 的浓度， $c = 6.45 \times (OD_{532} - OD_{600}) - 0.56 \times OD_{450}$ ， μ mol/L；

OD_{450} 、 OD_{532} 、 OD_{600} ——450，532，600 nm 波长下溶液的吸光值；

V_A ——反应液总体积，mL；

V ——提取液总体积，mL；

V_S ——测定时所取体积，mL；

m ——样品质量，g。

1.2.7 过氧化物酶酶性的测定 参照文献[14]¹⁰²。

1.3 数据处理

利用 Origin 8.0 软件统计所有数据，计算均值及标准偏差并绘制图表。应用 SPSS 软件进行方差分析，采用 Duncan 新复极差法比较因素水平间的差异（ $P < 0.05$ ）。

2 结果与分析

2.1 对巨峰葡萄果心温度的影响

由图 1 可知，当果实重量与处理时间一定时，果心温度随着微波功率的增加而增加。其中，130.0 W 处理组果心温度已达 40℃，但表皮温度依然与处理前无差异。过高功率微波处理会使果实内部产生较高热量，对果实本身造成一定的热损伤。因此在保证无明显热效应的前提下，处理葡萄

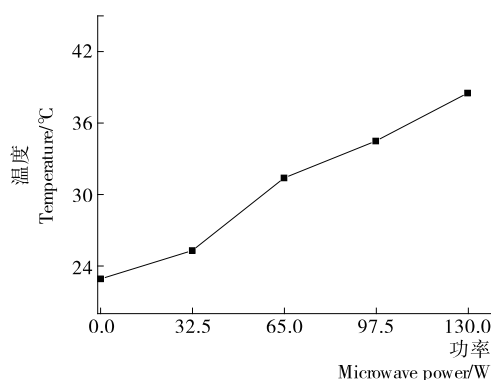


图 1 低能微波处理对巨峰葡萄果心温度的影响
Figure 1 Effect of different microwave treatment on the center temperature of Kyoho grape

选用的微波功率应在 130.0 W 以下。

2.2 对巨峰葡萄失重率和落粒率的影响

失水率是衡量果实新鲜度的重要指标。在贮藏过程中,果实重量的降低主要是水分通过果皮散失造成的。巨峰葡萄在采后冷藏期间失重率逐渐升高,但是直至贮藏末期,微波处理组与对照组之间并无显著性差异(表 1),说明低能微波预处理对葡萄果实的失重率没有显著性影响。

如表 1 所示,随着贮藏时间的延长,葡萄的落粒率呈上升趋势。在 40 d 的贮藏期内,4 种功率的微波处理均不同程度地降低了葡萄的落粒率,其中 32.5 W 微波处理组与对照组有显著性差异($P<0.05$)。对照组落粒率在 32 d 已超过 20%,而 32.5 W 微波处理组在 40 d 的落粒率 $<20\%$ 。说明适宜的低能微波处理能抑制葡萄的衰老。这与费丽娟等^[15]在微波处理佐贺清香草莓中的结果一致。

表 1 不同功率微波处理对巨峰葡萄失重率和落粒率的影响[†]
Table 1 Effect of different microwave treatment on the water loss and shattering rate

功率/ W	第 1 天		第 8 天		第 16 天		第 24 天		第 32 天		第 40 天	
	失重 率/%	脱粒 率/%	失重 率/%	脱粒 率/%	失重 率/%	脱粒 率/%	失重 率/%	脱粒 率/%	失重 率/%	脱粒 率/%	失重 率/%	脱粒 率/%
对照组	0	0	2.50	1.02	4.04	5.82 ^b	4.77	12.81 ^c	6.27	20.51 ^b	8.56	29.30 ^c
32.5	0	0	2.74	1.25	3.05	3.10 ^a	4.67	7.46 ^a	6.32	16.16 ^a	7.95	20.51 ^a
65.0	0	0	2.67	2.71	4.07	5.41 ^b	4.87	12.14 ^c	6.12	18.86 ^a	7.70	21.63 ^{bc}
97.5	0	0	2.55	1.98	4.51	5.01 ^b	4.83	10.02 ^b	7.50	18.82 ^a	8.61	22.61 ^{bc}
130.0	0	0	2.69	0.98	4.20	6.12 ^b	4.96	11.75 ^{bc}	6.92	19.08 ^a	9.19	27.88 ^c

[†] 同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.3 对巨峰葡萄多酚氧化酶和过氧化物酶的影响

多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)可直接或者间接催化酚类物质和花青素等,氧化生成褐色物质,引起果实褐变。如图 2 所示,巨峰葡萄在贮藏过程中,PPO 活性逐渐增强。低能微波处理 2 min 后,处理组的酶活均高于对照组,可能是温度的轻微升高增加了 PPO 的活性。但在贮藏后期,低功率微波(65.0, 32.5 W)处理组的 PPO 活性均显著低于对照组,而 130.0 W 处理组 PPO 活性却高于对照组。其中 32.5 W 微波处理组的 PPO 活性在整个贮藏过程中一直最低,且与其他各组差异性显著($P<0.05$)。可能是适宜的微波处理可以较好地抑制酚类物质的合成,并保持了酚类物质和 PPO 区域性结构的完整性,从而更好地抑制了 PPO 酶的活性。

过氧化物酶是(peroxidase, POD)广泛存在于植物体内,活性较高,是以过氧化氢为电子受体催化底物氧化的一种酶^{[14][10]}。与 PPO 酶反应类似,低能微波处理 2 min 后,处理组的酶活均高于对照组。在贮藏中后期,对照组的 POD 活

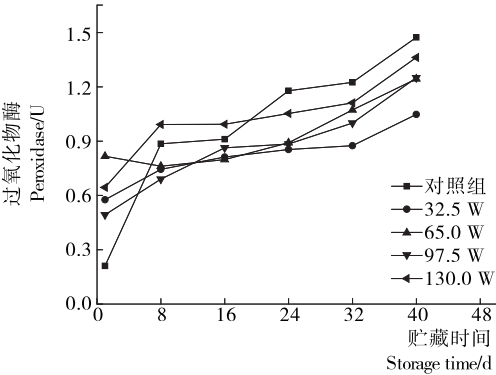


图 3 低能微波处理对巨峰葡萄 POD 的影响

Figure 3 Effect of different microwave treatment on the POD activity of Kyoho grape

性显著高于处理组($P<0.05$)。其中,32.5 W 微波处理组抑制作用最大,与其他组均有显著性差异(图 3),可见低能微波在一定程度上能抑制 POD 活性,延缓果实衰老。这与 Ceni 等^[16]的研究类似,微波能对过氧化物酶起抑制作用。

2.4 对巨峰葡萄丙二醛(MDA)含量和 DPPH 自由基清除率的影响

丙二醛(Malondialdehyde)是植物细胞膜脂过氧化最主要的产物之一,其含量越高,果实细胞膜系统损伤越大,越不利于果实的贮藏。一般随着贮藏时间的延长和果实衰老,MDA 的含量逐渐积累,细胞膜的损伤程度日益加深^[17-18]。如图 4 所示,在整个贮藏期间 130.0 W 微波处理组 MDA 含量显著高于对照组,说明此微波功率对葡萄细胞膜损伤程度较大,细胞组织对果实的保护能力较差。而 32.5 W 微波处理组 MDA 含量在贮藏期间上升速度较缓慢,且显著低于对照组($P<0.05$),说明适宜的微波处理可以有效抑制巨峰葡萄 MDA 含量的积累。这可能是微波的非热效应改变了细

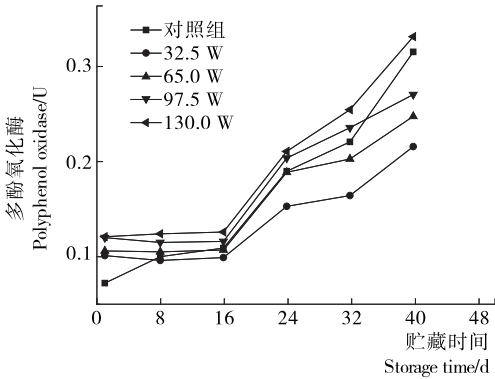


图 2 低能微波处理对巨峰葡萄 PPO 的影响

Figure 2 Effect of different microwave treatment on the PPO activity of Kyoho grape

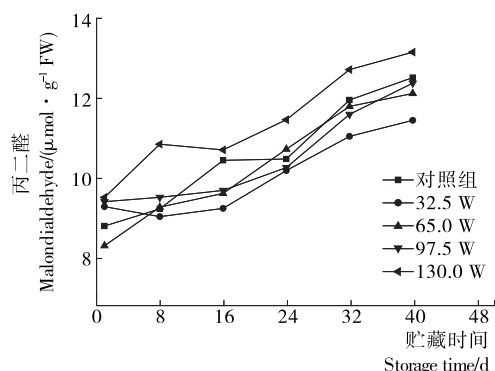


图4 低能微波处理对巨峰葡萄MDA的影响

Figure 4 Effect of different microwave treatment on the MDA of Kyoho grape

胞膜脂质的构造,推迟了其过氧化作用的进程,从而减缓了膜脂过氧化对果实细胞膜的损伤^[10]。

DPPH 自由基清除率与果实中抗氧化物质活性及酚类物质的含量等呈正相关^{[13]15-16}。在贮藏过程中,由于抗氧化物质逐渐减少或活性降低,果实的DPPH 自由基清除率呈下降趋势。由图5可知,低能微波处理提高了葡萄果实的DPPH 自由基清除率,在贮藏中后期(32 d之后)低能微波处理与对照组之间的差异显著($P<0.05$),但各处理组间不存在显著性差异。说明在特定功率下,低功率微波处理可能使得葡萄中抗氧化物质活性增加,延缓了葡萄的衰老^[19]。

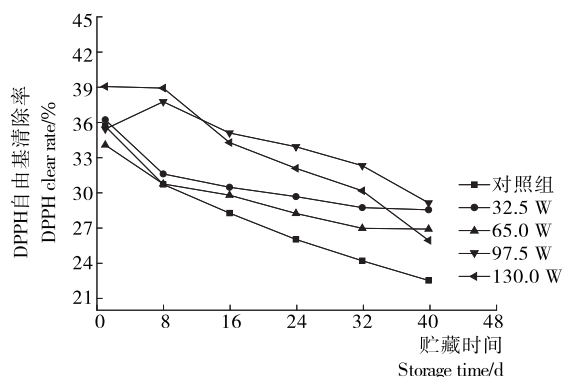


图5 低能微波处理对巨峰葡萄DPPH 自由基清除率的影响

Figure 5 Effect of different microwave treatment on the DPPH clear rate of Kyoho grape

3 结论

在0~2℃冷藏条件下,32.5 W/2 min 低能微波处理组葡萄的贮藏品质最佳,与对照组相比,落粒率降低了10%,多酚氧化酶和过氧化物酶酶活低了1/3左右,丙二醛减少将近17%,DPPH 自由基清除率高于对照组约33%,显著延缓了葡萄的成熟衰老。当输出功率达到130.0 W时,对葡萄生理和品质有一定的损伤,不利于贮藏。可能是稍高功率低能微波处理对细胞膜结构或者信息传导分子产生了影响,加速了果实的成熟衰老。低能微波处理能够延缓葡萄的成熟与衰老,且在本试验功率范围内微波功率越低葡萄冷藏的效果越

好,因此更低微波功率对葡萄贮藏品质的影响作用值得进一步探讨。

参考文献

- [1] 刘晓庚,曹崇江,周逸婧.微波加工对食品安全性的影响[J].食品科学,2008,29(5):484-488.
- [2] 武杰.食品微波加工工艺与配方[M].北京:科学技术文献出版社,2003:131.
- [3] SAEED M A, GILBERT P. Influence of low intensity 2 450 MHz microwave radiation upon the growth of various microorganisms and their sensitivity towards chemical inactivation[J]. Microbios, 1981, 32(129/130): 135-142.
- [4] 崔宽波,钱龙,白羽嘉,等.微波非热处理对鲜榨杏汁品质影响的研究[J].食品工业,2010(4):56-58.
- [5] GIOVANA C C, ELIANA M B, MARISTELA DOS S P, et al. Influence of application of microwave energy on quality parameters of mate tea leaves[J]. Food Technology Biotechnology, 2009, 47(2): 221-226.
- [6] DEVECE C, RODRIGUEZ LOPEZ J N, FENOLL L G, et al. Enzyme inactivation analysis for industrial blanching applications: Comparison of microwave, conventional, and combination heat treatments on mushroom polyphenoloxidase activity[J]. Agricultural Food Chemistry, 1999, 47: 4 506-4 511.
- [7] 李明霞,韩建群,王琦,等.低强度微波处理对猕猴桃细胞壁降解酶活性的影响[J].食品与发酵工业,2015,41(11):52-58.
- [8] 费莉娟.低功率微波处理对草莓采后生理生化及品质的影响研究[D].合肥:安徽农业大学,2014:25.
- [9] 何雨婷,郭艳明,张林玉,等.低功率微波处理对香菇采后生理及品质的影响[J].食品工业科技,2016,37(10):338-341.
- [10] 郭艳明,董明,张林玉,等.低能微波处理对黄冠梨果心褐变及贮藏品质的影响[J].食品与机械,2016,32(11):102-106.
- [11] GISELA P O, JOSE G S. In situ inactivation of polyphenol oxidase in mamey fruit (Pouteria sapota) by microwave treatment[J]. Food Science, 2012, 77(4): 359-365.
- [12] 耿鹏飞,高贵田,薛敏,等.气体二氧化氯在果蔬杀菌保鲜方面的研究与应用[J].食品工业科技,2014,35(6):387-391.
- [13] 牛瑞雪.1-MCP和DPA对砀山酥梨黑皮病抑制效果及其机理的研究[D].西安:陕西师范大学,2009.
- [14] 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.
- [15] 费莉娟,吴玲,季月月,等.低功率微波处理佐贺清草莓的生物效应[J].食品与发酵工业,2014,40(4):200-204.
- [16] CENI G C, BALDISSERA E M, PRIMO M D S, et al. Influence of application of microwave energy on quality parameters of mate tea leaves (Ilex paraguariensis St. Hil.)[J]. Food Technology & Biotechnology, 2009, 47(2): 221-226.
- [17] 张群,周文化,黄绿红,等.葡萄果实衰老与线粒体内能量和酚类代谢的关系[J].中国食品学报,2017,17(2):160-172.
- [18] 张群,谭欢,刘伟,等.两种葡萄贮藏期间能量亏损与品质劣变的比较[J].湖南农业科学,2017(2):83-89.
- [19] 肖菲.微波杀菌对香菇品质影响研究[D].上海:上海交通大学,2012:52-53.