

低能微波处理对黄冠梨果心褐变及贮藏品质的影响

Effect of core browning and storage fresh-keeping on Huangguan pear by low-power microwave treatment

郭艳明¹ 董 明¹ 张林玉²

GUO Yan-ming¹ DONG Ming¹ ZHANG Lin-yu²

伍晓聪² 张淑媛² 金文革²

WU Xiao-cong² ZHANG Shu-yuan² JIN Wen-ping²

(1. 安徽农业大学茶与食品科技学院, 安徽 合肥 230036; 2. 合肥市农产品加工研究院, 安徽 合肥 230036)

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

2. Institute of Agricultural Products Processing in Hefei, Hefei, Anhui 230036, China)

摘要:分别采用不同水平的低能微波对黄冠梨进行处理。对贮藏期间黄冠梨果心总酚、多酚氧化酶、丙二醛、DPPH、乙烯以及呼吸强度和硬度等指标进行测定,结果表明:0~2℃条件下,黄冠梨低能微波处理组在贮藏期间较对照组可保持较高的果实硬度,延缓可溶性固形物的降低,降低果实的呼吸强度,推迟乙烯高峰的出现,同时 32.5 W/5 min 低能微波处理组果实果心 DPPH 自由基清除率较高,果心褐变率低,对于抑制丙二醛含量的积累,多酚氧化酶的活性以及总酚含量变化较其他处理组作用更加显著。故在 0~2℃下,32.5 W/5 min 低能微波处理能够在贮藏期保持果实品质,降低果心褐变的发生率。

关键词:黄冠梨;低能微波;果心褐变;贮藏保鲜

Abstract: With a low-power microwave treatment on Huangguan pear fruits, different levels of low-power microwave treatment on fruit storage quality and the influence of the core browning were studied. Through the determinations of total phenols, polyphenol oxidase (PPO), malondialdehyde (MDA), DPPH in Huangguan pear core and ethylene, respiration intensity, hardness in storage period, the optimal treating conditions were gotten. Under the condition of 0~2℃ refrigerating, compared with the control group, the low energy microwave treatment group could keep the fruits of high hardness, delay the reduce of soluble solids, reduce the respiration intensity of fruit, and delay the ethylene peak appearing. Meanwhile, the group with 32.5 W/5 min low-power microwave treatment had the

characteristics of high clearance rate of DPPH free radical in the core, lower core browning, inhibiting on malondialdehyde content accumulation, lowering the activity of polyphenol oxidase and total phenol content change obviously. Under the condition of 2~0℃, 32.5 W/5 min low energy microwave treatment, the pear has better quality and lower browning.

Keywords: Huangguan pear; low-power microwave; core browning; storage fresh-keeping

黄冠梨(雪花×新世纪)是河北省农林科学院选育的具有产量高、果质优、抗病性强等优良特性的新品种。但由于黄冠梨成熟早,果实耐贮性不如鸭梨等晚熟品种,黄冠梨在贮藏过程中贮藏条件的改变易致果心褐变的发生,严重降低果实商品价值^[1]。一般黄冠梨低温贮藏到翌年 3 月中旬以后,即使外观无瑕疵的黄冠梨果心褐变率也在 70%左右,且果心褐变严重时引起整果腐烂^[2]。因此,延长贮藏期以及防治果心褐变的发生是目前黄冠梨贮藏亟待解决的问题。

低能微波即利用微波的非热效应,通过控制时间和微波功率作用于物体,使其理化性质、功能特性发生变化,也可以使其生理活性物质发生变异而丧失活力或死亡。关于微波的非热效应目前多限于对生物的研究^[3-4],其主要是对生物体的细胞膜的结构与功能,细胞的信息传导以及生理活性物质产生影响,使生物体的理化性质,功能特性发生变化^[5-6]。目前低能微波处理技术已应用于农副产品的保鲜中,闵婷等^[7]用不同的温度处理,通过分子机制研究确定了莲藕褐变率和酚类物质代谢相关。陈香凝等^[8]利用丁香精油和丁香酚处理鲜切茼蒿,结果表明与褐变有关的 PAL、PPO、POD 等的活性显著被抑制;李明霞等^[9]研究发现不同强度低能微波处理的猕猴桃果实能够保持较高的硬度;崔宽波等^[10]利

基金项目:安徽省大别山区农林特色产业协同创新中心项目资助

作者简介:郭艳明,男,安徽农业大学在读硕士研究生。

通信作者:董明(1958—),男,安徽农业大学副教授。

E-mail: dongm58@163.com

收稿日期:2016—09—08

用微波非热处理的鲜榨杏汁,能很好地保持杏汁原有的品质;费丽娟等^[11]发现低功率微波处理能够延缓佐贺清草莓采后成熟与衰老;何雨婷等^[12]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,但迄今未见有利用低能微波处理保持黄冠梨果实品质的报道。

本试验拟通过在 0~2 ℃ 冷藏条件下,采用不同水平低能微波处理黄冠梨果实,探讨冷藏条件下低能微波处理对黄冠梨果心褐变的影响,旨在为低能微波在梨果长期贮藏中的应用提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及样品处理

1.1.1 试验材料及试剂

黄冠梨果实:于 2015 年 8 月 7 日,采自安徽省宿州市砀山园林场,在生理成熟期(果实椭圆,平均 500 g 左右,果面黄白)采收,采收当天运抵实验室,随机选取大小均匀,成熟度相对一致,无病虫害、机械伤的果实进行试验;

磷酸氢二钠、邻苯二酚、乙二胺四乙酸聚、乙烯吡咯烷酮、Triton X-100;分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

聚乙二醇 6000;分析纯,广东汕头市西陇化工厂;

三氯乙酸;分析纯,天津市凯通化学试剂有限公司。

1.1.2 样品处理 黄冠梨运抵实验室当天,在(20±1) ℃ 条件下放置 1 d 之后,随机选取果实 30 个,常温下检测各项初始指标。其余黄冠梨果实分 5 组,每 60 个果实为一个处理组进行微波照射,设定微波输出功率为 32.5 W,设置时间为 2,3,4,5,6 min,另设一组对照。每组微波处理前后实测果心温度,处理后在常温下放置 2 h 后,用 0.02 mm 聚乙烯(PE)保鲜袋半掩口包装装箱,直接放至 0~2 ℃ 冷库中进行贮藏,试验每 30 d 进行各项指标的测定。

1.2 仪器与设备

手持糖度计:PAL-1 型,日本 ATAGO 公司;

数显台式水果硬度计:GY-4 型,浙江托普仪器有限公司;

多功能复合气体分析仪:GT-2000 型,深圳科尔诺电子科技有限公司;

微波系统:SAM-255 型,美国 CEM 公司;

高速冷冻离心机:LR20-A 型,北京雷勃尔冷冻离心机有限公司;

紫外分光光度计:UV-5800PC 型,上海元析仪器有限公司;

气相色谱:安捷伦 7890B 型,美国安捷伦科技有限公司;系列组合式冷库:ZK 型,中国常州银雪制冷设备有限公司。

1.3 指标测定

1.3.1 果实品质指标的测定 用 PAL-1 型手持糖度计分别测定不同处理组的 3 个果实的可溶性固形物(TSS)含量,取其平均值。用 GY-4 数显式水果硬度计测定果实的硬度,每个处理随机取 3 个果实,单个果实从不同的部位测 3 次,测定时削去果皮的面积为 1 cm²,取平均值。

1.3.2 果实呼吸强度的测定 每个处理组分别随机取出 3 个黄冠梨(标记),进行 3 次平行试验,在贮藏温度下,用 GT-2000 复合气体分析仪检测果实呼出的 CO₂ 含量,取其平均值,根据式(1)计算出呼吸强度。

$$X = \frac{120 \times C \times 10^{-6} \times 44 \times 273}{M \times (273 + t) \times m_f}, \tag{1}$$

式中:

X——呼吸强度,mg CO₂/(kg·h);

C——复合气体分析仪读取的数值,mg/m³;

M——CO₂气体分子量;

t——贮藏温度,℃;

m_f——果实鲜质量,kg。

1.3.3 果实乙烯释放量的测定 用安捷伦 7890B 型气相色谱仪测定,参照李薇等^[13]的方法进行。色谱条件:FID 检测器;进样口温度 150 ℃;柱温 100 ℃;检测器温度 150 ℃;进样口压力 46.067 6 kPa;无程序升温;载气为氮气,流速 5.516 9 mL/min;燃气为氢气,用外标法定量。以峰面积为横坐标,标准乙烯含量(μg)为纵坐标,绘制标准曲线,线性回归方程为:y=17.041x-9.148 5,R²=0.997 8。将 8 个黄冠梨(标记称重)置于特制密闭罐中,迅速将罐口密封,冷库中静置 5 h 后,用微量进样针取气测定,每个处理重复测定 3 次,取平均值。根据线性回归方程计算乙烯的释放量,单位用 μL/(kg·h)表示。

1.3.4 果心褐变相关指标的测定

(1) 多酚氧化酶(PPO)、丙二醛(MDA)的测定:参照文献[14]。以每克鲜样每分钟吸光度值(ΔOD_{460 nm})变化 0.01 时为 1 个多酚氧化酶活性单位(U)。

(2) 总酚的测定:采用福林酚法。在严娟等^[15]测定方法上改进,取 1 g 不同处理组果肉,用 5 mL 80%乙醇溶液冰浴研磨成匀浆,在 40 ℃ 下超声波震荡 40 min,取出冷却后在高速冷冻离心机中以 20 000 r/min、4 ℃ 离心 10 min,取上清液待测。试验中向试管内添加 2 mL 福林酚,2 mL 不同处理组的上清液,3 min 后再加入 10%的 Na₂CO₃ 溶液,避光静置 1 h 后在 765 nm 波长下测定吸光度,每组样品做 3 次平行求平均值。以吸光度为纵坐标,以没食子酸标准质量分数为横坐标,绘制标准曲线,得线性回归方程为:y=0.033 1x+0.000 8,R²=0.996 7,根据该方程计算样品中总酚的质量分数,单位用没食子酸当量 mg/100 g FW 表示。

(3) DPPH 自由基清除率的测定:参照文献[16]¹¹。

1.3.5 果心褐变率的测定 每组随机选取 20 个果实,沿果实果心中心部位作横切,依横切面上果心室的褐变情况,按式(2)计算果心褐变率。

$$Y = \frac{N_0}{N} \times 100\%, \tag{2}$$

式中:

Y——果心褐心率,%;

N₀——病果总数,个;

N——调查总果数,个。

1.4 数据的统计与分析

采用 Excel 进行数据统计,所有数据均为 3 次重复试验

的平均值;利用 Origin 对数据进行误差分析;采用 SPSS 软件中的 LSD 法和 Duncan 法进行相关指标的差异显著性分析, $P<0.05$ 表示差异显著, $P<0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 低能微波处理黄冠梨果实的温度变化

参考李明霞等^[9]对猕猴桃的研究以及预试验,选取图 1 所示的特定微波功率进行试验。结果表明,随着处理时间的增加果心温度呈现不同的变化趋势,微波功率为 65 W 时,随处理时间延长,果心温度快速上升,6 min 时果心温度已达 45.5 ℃,微波热效应显著;降低微波功率为 32.5 W 时,果心温度随着处理时间的增加呈缓慢上升的趋势,1~7 min 时果心温度变化范围为 25.1~30.4 ℃,因此在保证无明显热效应的前提下,用微波处理黄冠梨果实的条件为:微波功率 32.5 W,处理时间 2~6 min(多次测定 1 min 与 2 min 果心温度相差为 ± 0.1 ℃;为降低微波热效应的干扰,未选取 7 min 处理组)。

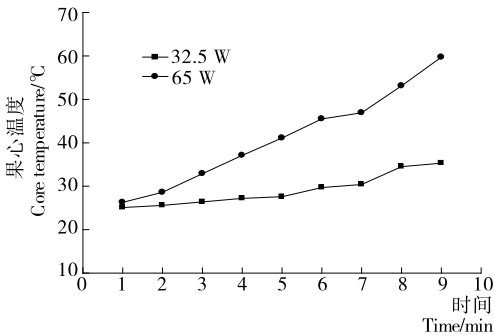


图 1 低强度微波处理黄冠梨的温度变化趋势

Figure 1 The trend of temperature Changing by low intensity microwave treatments in Huangguan pear

2.2 低能微波处理对黄冠梨果实呼吸强度的影响

呼吸强度的变化与果实成熟度之间关系紧密。由图 2 可知,黄冠梨属于呼吸跃变型果实,在贮藏 120 d 左右时出现明显的呼吸高峰,贮藏至 150 d 时,各组果实呼吸强度值为:对照组<32.5 W/2 min<32.5 W/6 min<32.5 W/3 min<32.5 W/4 min<32.5 W/5 min,除处理组 32.5 W/2 min 与对照组之间差异不显著($P>0.05$),其余各处理组与对照之间均存在显著性差异($P<0.05$)。表明低能微波的处理能够降低呼吸峰值,延缓果实呼吸强度的降低,可能是由微波对果实内源乙烯的控制作用引起的,延缓果实因快速成熟而导致的生理生化方面的变化,维持果实品质,延长贮藏期。

2.3 低能微波处理对黄冠梨果实乙烯释放量的影响

图 3 中显示的不同处理组黄冠梨果实的乙烯释放量变化为:贮藏初期乙烯释放量较低,之后逐渐增加,且贮藏至 150 d 时出现了释放高峰;根据贮藏至 120 d 的变化可以看出,呼吸强度与乙烯释放量之间存在紧密联系,内源乙烯释放量的减缓是果实呼吸强度维持在较低水平的重要因素,处理组 32.5 W/4 min 及 32.5 W/5 min 的乙烯释放的峰值较对照组与其他处理组低,在贮藏后期对照组除与 32.5 W/2 min、

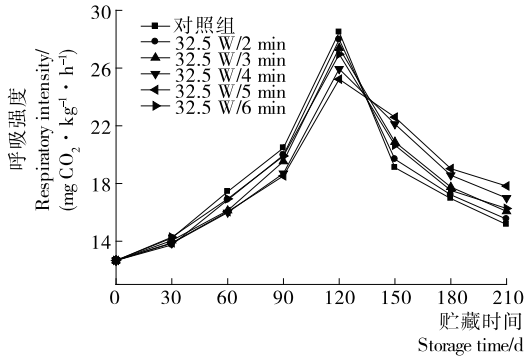


图 2 低能微波处理对黄冠梨呼吸强度的影响

Figure 2 The effect of respiration intensity in Huangguan pear with different levels of Low-power microwave processing

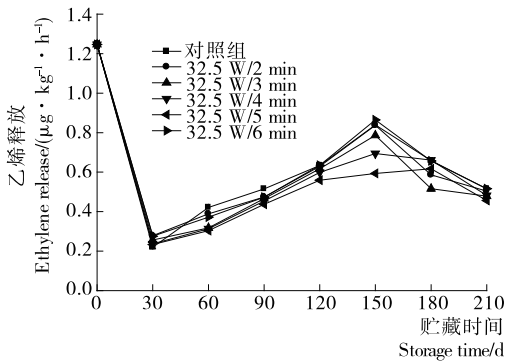


图 3 低能微波处理对黄冠梨乙烯释放量的影响

Figure 3 The effect of ethylene release in Huangguan pear with different levels of Low-power microwave processing

32.5 W/6 min 无显著差异外($P>0.05$),与其他各组差异均显著($P<0.05$)。这一方面表明了低能微波的处理可以降低乙烯释放峰值,另一方面可以相对延缓乙烯的释放。这可能是低能微波的作用使植物细胞的膜功能发生改变,影响了乙烯与乙烯受体蛋白结合的过程,从而导致乙烯释放量的变化。

2.4 低能微波处理对黄冠梨果实品质的影响

2.4.1 对果实硬度的影响 硬度是衡量梨果实采后生理变化的重要指标之一。由图 4 可知,随贮藏时间的延长,不同时间低功率微波处理的黄冠梨的果实硬度总体呈下降的趋势。贮藏前 120 d 果实硬度下降速度缓慢,下降范围为 2~3 kg/cm²,不同处理与对照组差异显著($P<0.05$)。150 d 后果实硬度下降速度加剧,不同处理组之间差异显著($P>0.05$),32.5 W/5 min 的处理与对照组差异极显著($P<0.01$),果实硬度迅速下降是由于在后熟过程中乙烯的产生,原果胶水解为可溶性果胶。研究发现,32.5 W/6 min 的微波处理与 32.5 W/4 min 的微波处理差异并不显著,这可能是长时间的微波处理引起了果实细胞壁构成的改变,导致硬度的下降,这与李明霞等^[9]的研究结果相一致。

2.4.2 对果实可溶性固形物含量的影响 由图 5 可知,黄冠梨果实中可溶性固形物含量呈现先上升后下降的趋势,贮藏前期果实中的淀粉、多糖类等物质逐渐转化为葡萄糖、果糖

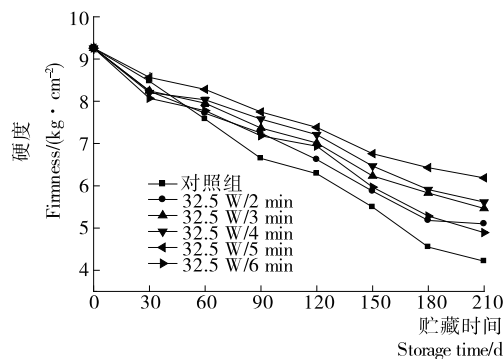


图 4 低能微波处理黄冠梨的硬度变化趋势

Figure 4 The hardness change trend in Huangguan pear with different levels of Low-power microwave processing

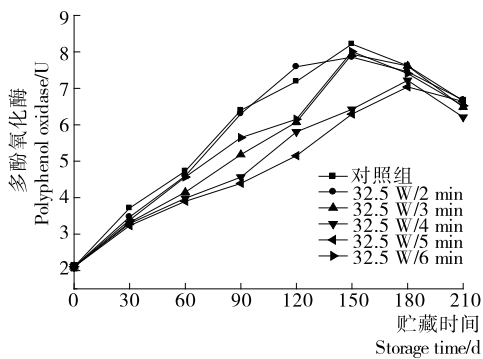


图 6 低能微波处理对黄冠梨果心 PPO 活性的影响

Figure 6 The effect of PPO activity in Huangguan pear core with different levels of Low-power microwave processing

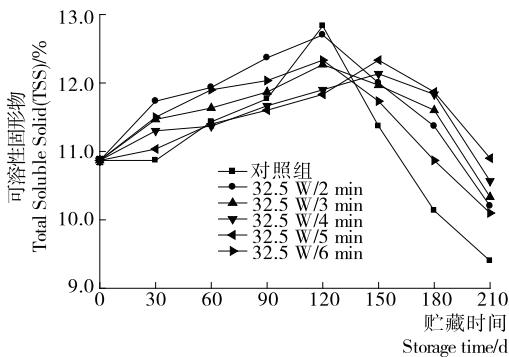


图 5 低能微波处理黄冠梨的可溶性固形物含量变化趋势

Figure 5 The Soluble solids content change trend in Huangguan pear with different levels of Low-power microwave processing

等可溶性糖,导致可溶性固形物含量迅速升高。贮藏 90 d 时,可溶性固形物含量较高,之后由于低温和低能微波的结合作用延缓了处理组可溶性固形物的下降,呼吸消耗得较少。贮藏至 210 d 时,果实中可溶性固形物含量由低到高为:对照组<32.5 W/6 min<32.5 W/2 min<32.5 W/3 min<32.5 W/4 min<32.5 W/5 min,其中,处理组 32.5 W/4 min 及 32.5 W/5 min 与对照组差异显著($P<0.05$),其余处理组之间差异并不显著,说明低能微波在低温条件的基础上能够延缓果实衰老,有利于贮藏,保持果实品质。

2.5 低能微波处理对黄冠梨果心多酚氧化酶(PPO)活性的影响

PPO 是影响果实酶促褐变的主要酶类,由图 6 可知,黄冠梨果心 PPO 活性在贮藏 150,180 d 时活性最大,之后快速下降,果实硬度也迅速降低。低能微波处理抑制了 PPO 活性的上升,8 月 7 号采收的黄冠梨果实 PPO 初值为 2.015 U,对照果实在贮藏 150 d 后上升到 8.150 U,32.5 W/5 min 低能微波处理组的果实在贮藏 180 d 后上升到 7.061 U,经过低能微波处理的黄冠梨延缓了果心 PPO 活性的上升,低能微波处理对 PPO 活性抑制作用明显。

2.6 低能微波处理对黄冠梨果心总酚含量的影响

引起黄冠梨果心褐变的主要原因是果心处的酚类物质与 PPO 在有氧条件下发生酶促褐变,生成深色的醌类物质。

因此,抑制果心部位总酚含量的上升是控制果心褐变发生的有效手段。图 7 中,在贮藏 150 d 时,对照组较处理组果心部位总酚含量低,总酚的含量在贮藏过程中先升高后下降,贮藏前期总酚含量逐渐积累,后期被消耗,在贮藏后期总酚的下降过程中,除 32.5 W/6 min 处理组外,其他处理组与对照组之间差异显著($P<0.05$),说明低能微波能够延缓果心总酚含量的下降,这也从侧面解释了处理组的果心部位抗氧化活性较对照组更高。

2.7 低能微波处理对黄冠梨果心丙二醛(MDA)含量的影响

MPA 是膜脂过氧化最重要的产物之一,通过测定 MDA 可以了解膜脂过氧化的程度,以间接测定膜脂过氧化程度及植物抗逆性。由图 8 可知,MDA 在贮藏期间总体呈上升趋势,不同水平的低能微波处理延缓了 MDA 上升的幅度,降低了其峰值。通过 SPSS 进行分析后得出,从贮藏 60 d 起,对照组除与 32.5 W/2 min 无显著性差异外($P>0.05$),与其他各处理组差异均显著($P<0.05$),在贮藏过程中,特别是贮藏后期,32.5 W/2 min 与 32.5 W/4 min、32.5 W/5 min 处理组之间差异显著($P<0.05$),这可能是微波的非热效应改变了细胞膜脂质的构造,推迟了其过氧化作用的进程,最终导致 MDA 含量的下降。

2.8 低能微波处理对黄冠梨果心 DPPH 自由基清除率的影响

DPPH 自由基清除率的大小与抗氧化物质活性、果心处酚类物质的含量呈正相关^{[16]37}。由图 9 可知,在贮藏前期(90 d 之前)低能微波处理对黄冠梨果心 DPPH 自由基清除率的影响不明显,各处理组与对照组之间的差异不显著($P>0.05$),这是由于贮藏前期低温的作用抑制了果实中抗氧化物质的活性,呼吸速率较低,总酚积累较慢。120 d 后,果实 DPPH 自由基清除率快速上升,尤其在 180 d 时,每个处理组之间差异显著($P<0.05$),对照组与 32.5 W/4 min 处理差异极显著($P<0.01$),其 DPPH 自由基清除率由低到高为:对照组<32.5 W/2 min<32.5 W/3 min<32.5 W/6 min<32.5 W/5 min<32.5 W/4 min。这说明,在特定功率下,适宜时间的微波处理能够不同程度地提高黄冠梨抗氧化性物质的活性,延缓果实的后熟衰老。

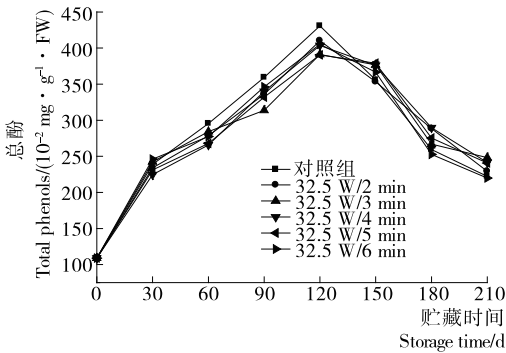


图 7 低能微波处理对黄冠梨果心总酚含量的影响
Figure 7 The effect of total phenols content in Huangguan pear core with different levels of Low-power microwave processing

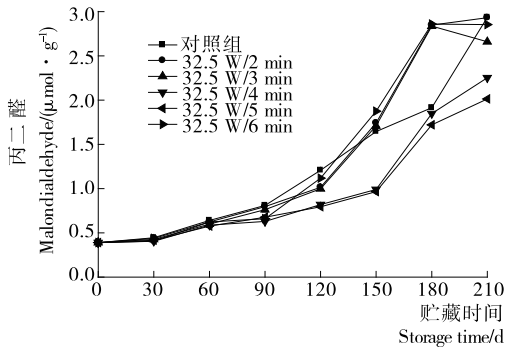


图 8 低能微波处理对黄冠梨果心 MDA 含量的影响
Figure 8 The effect of MDA content in Huangguan pear core with different levels of Low-power microwave processing

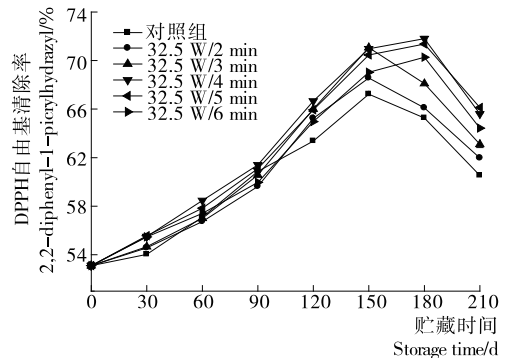


图 9 低能微波处理对黄冠梨 DPPH 自由基清除率的影响
Figure 9 The effect of DPPH radical scavenging rate in Huangguan pear with different levels of Low-power microwave processing

2.9 低能微波处理对黄冠梨果心褐变率的影响

由图 10 可知,32.5 W/5 min,32.5 W/4 min 处理组的果实果心褐变率的发生较低,并且 32.5 W/6 min 处理组果实果心褐变率不降反升,说明长时间的微波处理对果实的褐变产生了一定的促进作用,导致果心处褐变的加快。果实贮藏后期果实品质越高,果心褐变率越小,同时表明了果实的后熟衰老过程与果心褐变的产生相关。

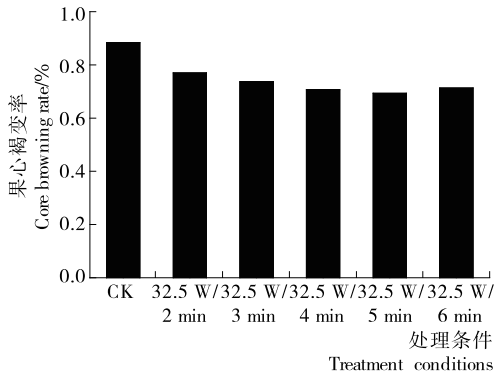


图 10 贮藏 210 d 时不同水平低能微波处理的黄冠梨果心褐变率
Figure 10 The heart rate of browning on Huangguan pear in 210 d storage with different levels of Low-power microwave processing

3 结论

黄冠梨果心褐变的发生严重影响了果实采后的生理贮藏品质,果心的褐变与 PPO 催化的酶促褐变以及果实成熟衰老有紧密关系^[17-18]。研究结果表明:0~2℃冷藏条件下,32.5 W/5 min 低能微波的处理能降低黄冠梨果心褐变的发生,贮藏期间果实呼吸强度以及乙烯受到抑制,果实硬度和可溶性固形物降低缓慢,果实品质较高。同时低能微波处理在延缓果实衰老方面较控制与酶促褐变相关的物质方面的作用更为明显。试验在已有研究基础上延伸了低能微波在水果方面的研究,探求了新的控制酶促褐变方法。微波处理时间过长的黄冠梨果心褐变程度有加重的趋势,可能是长时间的低能微波处理对细胞膜结构或者信息传导分子产生影响,加速了果实的成熟衰老,其中有关成熟衰老与酶促褐变的联系有待进一步研究。

参考文献

[1] 关军锋. 黄冠梨采后商品化处理与贮藏保鲜关键技术[J]. 保鲜与加工, 2013(5): 59-61.
[2] 吴小华, 颜敏华. 1-MCP 对不同采收期黄冠梨褐心病及贮藏品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(1): 110-113.
[3] HUANG Li-han, SITES Joseph. Automatic control of a microwave heating process for in package pasteurization of beef frankfurters[J]. On Line Food Engineering, 2006, 80: 226-233.
[4] WU Qing, CHEN Tian-feng. Microwave-assisted synthesis of arene ruthenium (II) complexes that induce S-phase arrest in cancer cells by DNA damage-mediated p53 phosphorylation[J]. European Journal of Medicinal Chemistry, 2013, 63: 57-63.
[5] JOCELYN A L, PETER W F, ROBYN A L. Biological effects of electromagnetic fields and mechanisms for the effects of pulsed microwave radiation on protein conformation[J]. Journal of Theoretical Biology, 2000, 206(2): 291-298.
[6] Microorganisms and their sensitivity towards chemical inactivation[J]. Microbios, 1981, 32(129/130): 135-142.

(下转第 173 页)

表 5 联产工艺提取的橙皮苷与辛弗林产品质量指标
Table 5 Quality index of hesperidin and synephrine product with cogeneration process

产品	纯度/ %	灼烧残渣/ %	干燥失重/ %	铅(以 pb 计)/ (mg · kg ⁻¹)	总砷/ (mg · kg ⁻¹)	细菌总数/ (CFU · g ⁻¹)	霉菌和酵母/ (CFU · g ⁻¹)
橙皮苷	97.0	0.22	3.67	0.05	0.03	4 600	390
辛弗林	24.8	1.86	3.70	1.70	0.16	2 000	15

工等成本稍有增加,辅料包括盐酸等试剂 200 元;燃料 100 元;人工 400 元;包装 30 元,共增加约 730 元/t 枳实的生产成本,扣除辛弗林提取工艺增加成本,联产工艺新增收益约1 670元/t 枳实。

3 结论

(1) 本研究提出了枳实中橙皮苷与辛弗林的工业化联产工艺,先利用酸溶液常温下浸提枳实,所得的滤液采用阳离子交换、真空浓缩等工艺制备辛弗林,酸浸提后的滤渣采用碱提酸沉法获得橙皮苷。目前工业化联产橙皮苷与辛弗林未见文献报道,联产工艺制备的橙皮苷纯度 95.0%~98.0%,工业化收率达 24.0%~28.0%;辛弗林纯度 20.0%以上,工业化收率达 3.0%以上。研究结果表明联产工艺稳定、可行,产品质量符合企业出口内控指标要求。

(2) 传统工艺加热提取橙皮苷,可联产得到纯度为 0~6.0%的辛弗林产品(没有工业价值)。联产工艺中辛弗林的提取通过优化树脂吸附工艺,使得辛弗林纯度和工业化收率明显提高,联产新增收益 1 670 元/t 枳实,大大提高了枳实资源的综合利用价值。

(3) 联产工艺研究仅在浸提与树脂交换等工艺环节的关键参数进行了优化,未对联产工艺中如枳实原料要求、浸提温度、浸提时间等进行深入研究,橙皮苷与辛弗林的纯度、工业化收率仍有提升空间。

参考文献

[1] 毛华荣,傅虹飞,王鲁峰,等. 不同柑橘品种生理落果中橙皮苷

和辛弗林含量测定[J]. 食品科学, 2009, 30(14): 223-226.
[2] 许玲玲,杨晓东,李群力,等. 果胶酶解法提取陈皮中橙皮苷的工艺研究[J]. 中国现代中药, 2015, 17(11): 1 196-1 200.
[3] HAAZ S, FONTAINE K R, CUTTER G, et al. *Citrus aurantium* and synephrine alkaloids in the treatment of overweight and obesity: an update[J]. Obes Rev, 2006(7): 79-88.
[4] FUNG-BERMAN A, MYERS A. *Citrus aurantium*, an ingredient of dietary supplements marketed for weight loss: current status of clinical and basic research[J]. Exp Biol Med, 2004, 229 (8): 698-704.
[5] 张锐,施旻,刘建群,等. 亚临界水提取陈皮中橙皮苷的工艺研究[J]. 中成药, 2013, 35(11): 2 531-2 533.
[6] 朱茉莉,高少洁,雷洁,等. 桔皮中橙皮苷提取工艺的研究[J]. 食品与发酵科技, 2012, 48(6): 57-60.
[7] 王颖,高翔,王卫博,等. 红橘果皮中橙皮苷提取工艺研究[J]. 石家庄学院学报, 2013,15(3): 32-36.
[8] 张文娟,潘灵刚,陶缘,等. 响应面分析法优化超声辅助提取椪柑幼果中辛弗林的工艺[J]. 中国食品学报, 2015, 15(9): 91-98.
[9] 郑敏敏,郑利,林升得,等. 桔柚皮中橙皮苷的超声强化碱提酸沉法提取工艺优选[J]. 中国中医药科技, 2014, 21(6): 647-649.
[10] 王佳,周家雨,郭军伟,等. 枳实中辛弗林和橙皮苷的联合提取工艺研究[J]. 天然产物研究与开发, 2009, 21(6): 1 057-1 060.
[11] 朱思明,于淑娟,扶熊. 橙皮苷提取方法的研究[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(7): 17-20.

(上接第 106 页)

[7] MIN Ting, XIE Jun, ZHENG Meng-lin. The effect of different temperatures on browning incidence and phenol compound metabolism in fresh-cut lotus root [J]. Postharvest Biology and Technology, 2017, 123: 69-76.
[8] CHEN Xiang-ning, REN Lu-pei, LI Meng-lin. Effects of clove essential oil and eugenol on quality and browning control of fresh-cut lettuce[J]. Food Chemistry, 2017, 214: 432-439.
[9] 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): 52-57.
[10] 崔宽波,钱龙,白羽嘉. 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.
[11] 费丽娟,董明,季月月. 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.
[12] 何雨婷,张林玉,何友保. 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(10): 338-341.
[13] 李薇,李继文,王学峰. 气相色谱法测定乙烯、丙烯中的微量含氧化合物[J]. 石油化工, 2013, 42(6): 681-685.
[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, 2011: 101-103.
[15] 严娟,蔡志翔,张斌斌. 桃果肉总酚提取和测定方法的研究[J]. 江苏农业学报, 2013, 29(3): 642-647.
[16] 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: 1-2.
[17] 李丽梅,赵哲,何近刚,等. 不同品种梨果实酚类物质和康抗氧化性能分析[J]. 食品科学, 2014, 35(17): 83-88.
[18] 鞠志国,朱广廉,曹宗巽. 莱阳茌梨果实褐变与多酚氧化酶及酚类完整区域化分布的关系[J]. 植物生理与分子生物学报, 1998, 14(4): 356-361.