

漂烫对速冻苹果丁过氧化物酶活性及品质的影响

康三江,张永茂,张海燕,张芳,郑娅,曾朝珍,张霁红
(甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所,甘肃兰州 730070)

摘要:为了优化速冻苹果丁漂烫工艺,以新鲜富士苹果(切分为1.5 cm×1.5 cm×1.5 cm的小丁)为研究对象,采用响应曲面法,建立漂烫时间、漂烫温度、料液比对POD相对酶活影响的二次多元回归数学模型,并分析漂烫对其品质的影响。结果表明:抑制速冻苹果丁POD酶活性的最佳漂烫条件为:漂烫时间4.5 min、漂烫温度92℃、料液比1:11(g/mL);未漂烫速冻苹果丁的 ΔE 值升高了36.10,感官品质降低了34.46,可溶性固形物、可滴定酸及 V_c 损失率分别为28.25%、17.67%、20.13%,漂烫后速冻苹果丁的 ΔE 值升高了5.57,感官品质降低了7.27,可溶性固形物、可滴定酸及 V_c 损失率分别为24.42%、10.85%、12.16%。表明漂烫处理较好地保持速冻苹果丁的品质。

关键词:漂烫,速冻苹果丁,响应曲面法,过氧化物酶,品质

Effect of blanching on peroxidase activity and the qualities of quick-frozen apple cubes

KANG San-jiang, ZHANG Yong-mao, ZHANG Hai-yan, ZHANG Fang,
ZHENG Ya, ZENG Chao-zhen, ZHANG Ji-hong

(Agricultural product storage and processing research Institute, Gansu Academy
of Agricultural Science, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In order to optimize the blanching process of quick-frozen apple cubes, taking fresh Fuji apples as the research object (divided apple into 1.5 cm × 1.5 cm × 1.5 cm cubes), and response surface methodology as analysis method. A multiple quadratic regression model between POD activity and blanching time, blanching temperature, solid-liquid ratio were established. The results showed that the optimum blanching process were found to be 4.5 min, 92 °C, and 1:11 g/mL for blanching time, blanching temperature and solid-liquid ratio respectively. Under these conditions, the relative POD activity was 4.96%. In the unblanching frozen group, the ΔE value for unblanching apple cubes was increased by 36.10, the sensory evaluation was decreased by 34.46, the loss rates of soluble solid, titratable acid and vitamin C were 28.25%, 17.67%, 20.13% respectively for. The ΔE value was increased by 5.57, sensory evaluation was decreased by 7.27, the loss rates of soluble solid, titratable acid and vitamin C were 24.42%, 10.85%, 12.16% respectively for quick-frozen and blanching apple cubes. These results suggested that the qualities of frozen apple cubes can be preserved by optimized blanching treatment.

Key words: blanching; quick-frozen apple; response surface methodology; peroxidase; quality

中图分类号: TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1002-0306(2015)23-0333-06
doi:10.13386/j.issn1002-0306.2015.23.061

我国是苹果栽培面积最大和产量最高的国家,分别占世界总面积和总产量的42.5%和48.4%^[1]。但由于产后加工能力滞后,新产品、新工艺研发不足,苹果产业的规模化效益还没有完全体现出来,延伸产业链,提高产品附加值成为苹果产业做大做强关键环节。速冻果蔬是近年来迅速发展的新型果蔬加工制品,它能较好的保持果蔬的色、香、味和新鲜状态,是一种具有发展前景的方便食品^[2-3]。苹果内部含有多种酶类,极易引起变色和品质恶化,即使

在冻结条件-18~25℃范围内只能作短时间的贮藏,酶仍具有活性,解冻后温度升高其活性加剧,导致褐变和品质下降,所以苹果速冻前需对原料进行预处理来控制其酶促褐变。漂烫是果蔬加工中常用的控制酶促褐变预处理方法^[4-6],适度漂烫是速冻加工的关键技术之一,近年来,对漂烫在速冻果蔬加工中能破坏酶的活性、稳定色泽、改善产品质地、风味和组织、固定品质等进行了大量的研究^[7-11],但有关漂烫对速冻苹果丁过氧化物酶及品质影响的研究尚

收稿日期:2015-03-25

作者简介:康三江(1977-),男,本科,副研究员,研究方向:果蔬精深加工,E-mail:kang58503@163.com。

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项(CARS-28);甘肃省科技重大专项计划资助项目(1203NKDA016-4)。

未见报道。多酚氧化酶 (polyphenoloxidase, PPO) 和过氧化物酶 (peroxidase, POD) 是酶促褐变的主要酶源, 由于 PPO 酶经 70~90 °C 短时间热处理就足以使它全部失活, 而 POD 酶属于最耐热的酶类, 常被用作果蔬漂烫是否充分的指标^[12-16], 但是完全钝化 POD 酶耗时较长, 且会造成速冻苹果品质劣变。因此, 本研究以 POD 酶相对酶活作为考察指标, 以 POD 酶相对酶活为 5% 作为漂烫终点^[17], 利用响应曲面法 (response surface methodology, RSM) 优化漂烫对速冻苹果 POD 酶影响的工艺条件, 并研究漂烫对其品质的影响, 拟为苹果丁速冻加工提供一定的理论依据和应用参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

富士苹果 天水昌盛食品有限公司原料基地, 选择色泽均匀, 大小均一, 成熟度一致, 无伤、虫、病害的果实。

D-异抗坏血酸钠、氯化钠为食品级, 乙酸、乙酸钠、聚乙烯吡咯烷酮、聚乙二醇 6000、Triton X-100、愈创木酚、过氧化氢均为分析纯 中瑞化学试剂公司。

CT3 质构仪 美国博勒飞公司; 超低温冰箱 青岛海尔集团; CR-400 型色差计 日本柯尼卡公司; L93-3 智能温度记录仪 杭州路格科技有限公司; ST2118 美的电磁炉 美的集团; CARY 100 紫外可见分光光度计 美国瓦里安有限公司; TGL-16LM 高速冷冻离心机 湖南星科科学仪器有限公司; BL-2200H 电子天平 日本岛津公司; SB42L 真空充气包装机 上海人民仪器厂。

1.2 实验方法

1.2.1 速冻苹果丁加工工艺流程 参考文献[18]

原料→分选→清洗→去皮去核→切分→护色→漂烫→冷却→速冻→包装→冷藏。

1.2.2 样品制备 取经过清洗、去皮、去核处理的新鲜苹果切分为 1.5 cm × 1.5 cm × 1.5 cm 的小丁, 按护色液与苹果丁的质量比例为 10:12, 将苹果丁浸入配制好的由水、D-异抗坏血酸钠 (3:1000) 和氯化钠 (20:1000) 组成护色液中, 进行抽空处理 20 min, 真空度 0.6~0.7 MPa, 按照实验组合设计的漂烫时间、漂烫温度、料液比, 将苹果丁置于新鲜沸水中漂烫后, 捞出于 2~6 °C 的冰水迅速冷却至中心温度 10 °C 以下即可, 在 -30 °C 下快速冻结 (30 min 内) 至 -18 °C, 解冻至中心温度达到 -5 °C (以刀能切断为准), 测定各项指标。

1.2.3 漂烫条件的单因素实验

1.2.3.1 漂烫时间 速冻苹果料液比为 1:10 g/mL, 分别在 (92 ± 1) °C 温度下漂烫 3、4、5、6、7 min, 研究不同漂烫时间对速冻苹果 POD 相对酶活性的影响。

1.2.3.2 漂烫温度 速冻苹果料液比为 1:10 g/mL, 分别于 72 ± 1、77 ± 1、82 ± 1、87 ± 1、(92 ± 1) °C 温度下漂烫 5 min, 研究不同漂烫温度对速冻苹果 POD 相对酶活性的影响。

1.2.3.3 料液比 分别将速冻苹果在 (92 ± 1) °C 温度下按料液比 1:6、1:8、1:10、1:12、1:14 g/mL 漂烫

5 min, 研究不同料液比对速冻苹果 POD 相对酶活性的影响。

1.2.4 漂烫对速冻苹果 POD 相对酶活性影响条件优化 本实验采用 Design-Expert 9 数据分析软件和 Box-Behnken 模型实验设计原理^[19-20], 选取影响速冻苹果 POD 酶活性的 3 个主要因素漂烫时间、漂烫温度、料液比为响应变量, 分别以 X_1 、 X_2 、 X_3 来表示, 并以 +1、0、-1 分别代表自变量的高、中、低水平, 以速冻苹果丁 POD 相对酶活 Y 为响应值进行响应面优化, 重复 3 次, 实验因素水平设计见表 1。

表 1 响应面分析的因素水平编码表
Table 1 Factors and levels coding table of response surface analysis

因素	水平		
	-1	0	1
X_1 漂烫时间 (min)	4	5	6
X_2 漂烫温度 (°C)	82	87	92
X_3 料液比 (g/mL)	1:8	1:10	1:12

1.2.5 漂烫对速冻苹果丁品质的影响 通过测定鲜苹果丁、不漂烫直接速冻苹果丁、漂烫后速冻苹果丁的色泽、感官品质、可溶性固形物损失率, 可滴定酸损失率、 V_c 损失率的变化, 研究漂烫对速冻苹果丁品质的影响。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 POD 相对酶活的测定 POD 酶活性的测定参照曹健康等方法^[21], POD 相对酶活是指将鲜切苹果丁的 POD 酶活定位 100%, 其他处理条件下的酶活与其相比较计算得出相对酶活, 重复 3 次。

1.3.2 色泽测定 采用色差计法测定, ΔE 值越小代表色泽褐变度越小, 即色泽与鲜苹果色泽越接近。

1.3.3 感官品质评价 根据 NY/T 1406-2007《绿色食品 速冻蔬菜》^[22]、Q/XLY 0003 S-2012《速冻水果》^[23]、GB/T 31273-2014《速冻水果和速冻蔬菜生产管理规范》^[24] 等标准, 由从事食品研究和加工人员制定出速冻苹果感官评定标准如表 2。鉴定小组由 10 个从事食品研究和加工的成员组成, 加工好的各样品随机取样, 解冻后打开包装将样品置于洁净的白色瓷盘中, 在自然光线下品尝鉴评, 评定每个样品后, 均用清水漱口并间隔 10 min 再进行评定。

1.3.4 可溶性固形物损失率、可滴定酸损失率、维生素 C (Vitamin C, V_c) 损失率测定 参照曹健康等方法^[21], 可溶性固形物采用手持折光仪法测定, 可滴定酸采用酸碱滴定法测定, V_c 采用 2,6-二氯酚法测定; 损失率 (%) = (原料中该物质含量 - 速冻苹果中该物质含量) × 100 / 原料中该物质含量 × 100。

1.4 统计学处理

实验数据采用 DPSv7.05 和 Design-Expert 9 版数据分析软件进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 单因素实验

2.1.1 漂烫时间对速冻苹果丁 POD 相对酶活的影响 由图 1 可知, 在烫漂温度为 (92 ± 1) °C、烫漂料

表2 速冻苹果丁官品质评定标准
Table 2 Sensory evaluation standard of frozen apple cubes

项目	色泽(30分)	组织形态(30分)	口感及风味(30分)	滋味和气味(10分)
好	24~30 色泽一致,果肉呈淡黄色或黄白色,无褐变现象	24~30 丁状、形状规则,大小一致,冷冻良好、无粘连、结块,结霜和风干现象	24~30 硬度较好,弹性较好,酸甜适中,风味纯正	8~10 具有速冻苹果应有之滋味和气味,无异味
一般	18~24 色泽较一致,果肉呈黄白色或呈淡青色,轻微褐变	18~24 丁状、形状较规则,大小较一致,冷冻良好、有轻微粘连、结块、结霜和风干现象	18~24 硬度较好,弹性一般,酸甜适中,风味纯正	6~8 具有速冻苹果应有之滋味和气味,微异味
差	18以下 果肉呈淡青色,色泽尚一致,有明显褐变现象	18以下 丁状、形状不规则,大小不一致,有明显粘连、结块,结霜和风干现象	18以下 硬度较低,弹性较差,风味较淡	6以下 具有速冻苹果应有之滋味和气味,异味较重

液比为 1:10 g/mL 的情况下,随着漂烫时间的延长,速冻苹果丁 POD 相对酶活逐渐降低。当漂烫时间为 4 min 时,速冻苹果丁相对酶活为 7.55%;当漂烫时间为 7 min 时,速冻苹果丁相对酶活仅为 1.85%,此时速冻苹果丁色泽变暗,果肉发生软烂现象,表明漂烫过度,因此选择 4~6 min 作为漂烫对速冻苹果丁 POD 酶影响的优化条件。

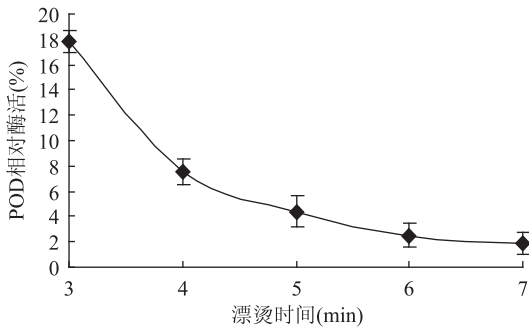


图1 漂烫时间对速冻苹果丁 POD 相对酶活的影响
Fig.1 Effect of blanching time on the relative activity of POD in frozen apple cubes

2.1.2 漂烫温度对速冻苹果丁 POD 相对酶活的影响 由图2可知,在烫漂时间为 5 min、烫漂料液比为 1:10 g/mL 的情况下,随着漂烫温度的升高,速冻苹果丁 POD 相对酶活逐渐降低。当漂烫温度为 82 °C 时,速冻苹果丁相对酶活为 10.05%;当漂烫温度为 92 °C 时,速冻苹果丁相对酶活 4.29%,因此选择 82~92 °C 作为漂烫对速冻苹果丁 POD 酶影响的优化条件。

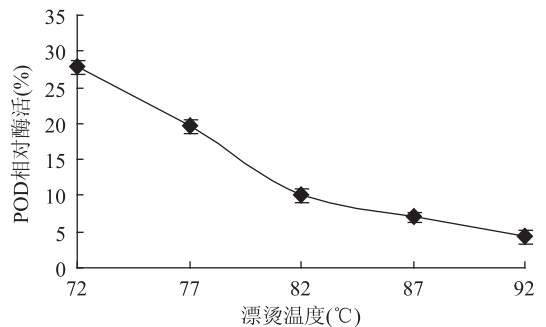


图2 漂烫温度对速冻苹果丁 POD 相对活性的影响
Fig.2 Effect of blanching temperature on the relative activity of POD in frozen apple cubes

2.1.3 料液比对速冻苹果丁 POD 相对酶活的影响 由图3可知,在烫漂温度(92 ± 1) °C、烫漂时间为 5 min 的情况下,随着料液比的升高,速冻苹果丁 POD 相对酶活逐渐降低。当料液比为 1:8 时,速冻苹果丁相对酶活为 9.54%;当料液比为 1:14 时,速冻苹果丁相对酶活降为 2.63%,此时速冻苹果丁色泽变暗,果肉发生软烂现象,表明漂烫过度,因此选择 1:8 ~ 1:12 作为漂烫对速冻苹果丁 POD 酶影响的优化条件。

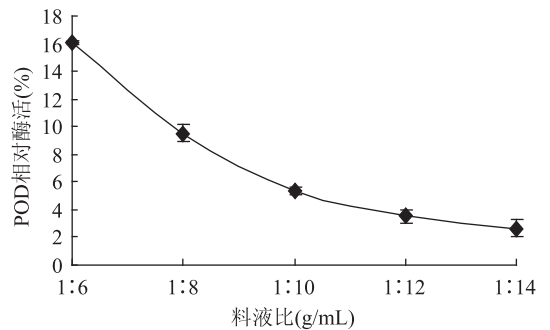


图3 料液比对速冻苹果丁 POD 相对活性的影响
Fig.3 Effect of solid-liquid ratio on the relative activity of POD in frozen apple cubes

2.2 响应面优化实验及分析

2.2.1 实验设计及结果 在单因素实验的基础上,选择漂烫时间、漂烫温度、料液比为影响因素,POD

相对酶活为响应值,采用 Box-Behnken 实验设计,实验设计及结果见表 3。

2.2.2 回归模型的建立与方差分析 利用 Design-Expert 9.0.6 数据分析软件对所得实验数据进行多元回归分析,得到速冻苹果丁 POD 相对酶活自变量 X_1 (漂烫时间)、 X_2 (漂烫温度)、 X_3 (料液比) 的二次多项回归方程为:

$$Y = 536.77 - 8.84X_1 - 10.06X_2 - 9.88X_3 - 0.10X_1X_2 - 0.35X_1X_3 + 0.10X_2X_3 + 1.92X_1^2 + 0.05X_2^2 + 0.13X_3^2$$

同时对实验结果进行方差分析,结果见表 4。由表 4 可知,模型 $p < 0.0001$,说明该模型极显著,回归方程的相关系数 $R^2 = 0.991$,预测值和实验值之间有良好的相关性,并且失拟项 p 值为 0.9939,无显著性

表4 回归模型方差分析

Table 4 Variance analysis for regression model

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值	显著性
模型	104.28	9	11.59	87.40	<0.0001	**
X ₁	28.35	1	28.35	213.85	<0.0001	**
X ₂	40.86	1	40.86	308.22	<0.0001	**
X ₃	1.94	1	1.94	14.64	0.0065	**
X ₁ X ₂	1.02	1	1.02	7.69	0.0275	*
X ₁ X ₃	1.96	1	1.96	14.78	0.0063	**
X ₂ X ₃	4.04	1	4.04	30.48	0.0009	**
X ₁ ²	15.59	1	15.59	117.57	<0.0001	**
X ₂ ²	7.21	1	7.21	54.42	0.0002	**
X ₃ ²	1.18	1	1.18	8.89	0.0205	*
残差	0.93	7	0.13			
失拟项	0.017	3	5.633E-003	0.025	0.9939	
纯误差	0.91	4	0.23			
总值	105.21	16				

注: * 5% 显著水平, ** 1% 显著水平。

影响($p > 0.05$), 说明该模型对漂烫对速冻苹果丁 POD 酶工艺优化实验拟合程度较好, 可用该回归方程优化漂烫对速冻苹果 POD 影响的工艺条件。表 4 中的 F 值表明: 因素的主效应关系为漂烫温度 > 漂烫时间 > 料液比, p 值表明, X₁、X₂、X₃、X₁X₃、X₂X₃、X₁²、X₂² 在速冻苹果丁漂烫工艺中对 POD 相对酶活的影响均达到了极显著水平($p < 0.01$), X₁X₂ 和 X₃² 达到了显著水平($p < 0.05$)。

表3 响应面实验设计与结果

Table 3 Design and results of the experiments

实验号	X ₁	X ₂	X ₃	POD 相对酶活 (%)
1	0	0	0	2.41
2	-1	0	1	6.50
3	1	1	0	0.56
4	1	0	-1	3.67
5	0	0	0	2.27
6	-1	0	-1	6.12
7	0	1	-1	0.98
8	0	1	1	2.04
9	0	0	0	1.92
10	-1	-1	0	8.76
11	0	0	0	1.18
12	0	-1	-1	7.51
13	0	0	0	1.88
14	1	0	1	1.25
15	-1	1	0	5.25
16	0	-1	1	4.55
17	1	-1	0	6.09

2.2.3 响应曲面图分析 为了进一步研究相关变量之间的交互作用以及确定最优点, 通过软件绘制响应面曲线图进行可视化的分析, 结果见图 4~图 6。响应曲面图可以直观地反映出各因素交互作用对响应值的影响, 响应曲面坡度相对平缓, 表明其可以忍

受处理条件的变异, 不影响到响应值的大小; 反之, 响应曲面坡度异常陡峭, 表明响应值对于处理条件的改变非常敏感。由图可以看出, 漂烫时间、漂烫温度和料液比对速冻苹果丁 POD 相对酶活的影响均极显著, 漂烫时间和漂烫温度的交互作用显著, 漂烫时间和料液比的交互作用极显著, 漂烫温度和料液比的交互作用最显著。在实验考察范围内, 随着漂烫时间的延长、漂烫温度的升高以及料液比的增加, POD 相对酶活逐渐降低, 各因素对速冻苹果丁 POD 相对酶活的影响由大到小依次为: 漂烫温度(X₂) > 漂烫时间(X₁) > 料液比(X₃), 结果与方差分析一样。

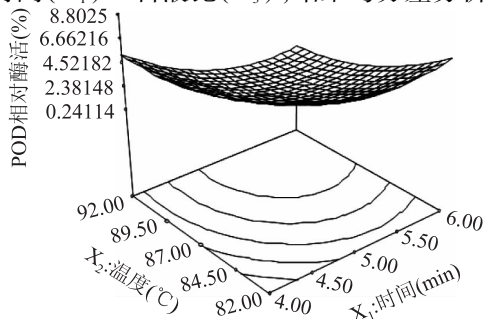


图4 漂烫时间与漂烫温度及其交互作用对 POD 活性的响应曲面图

Fig.4 Influence of blanching time, temperature and their cross-interaction on the response surface of the relative activity of POD

2.2.4 漂烫工艺条件的确定以及回归模型的验证 通过响应面优化分析, 得到各因素最优条件为漂烫时间 4.68 min、漂烫温度 91.51 °C、料液比 1:10.55, 在此条件下的 POD 相对酶活为 5.01%。为检验所建回归模型的准确性和合理性, 采用最优漂烫条件进行实验验证, 重复 3 次, 同时为了实际操作方便, 将最优工艺参数修正为漂烫时间 4.5 min、漂烫温度 92 °C、料液比 1:11 (g/mL), 实际得到的 POD 相对酶活为 4.96%, 理论值和实际值的相对误差较小, 说明采用 Box-Behnken 模型优化得到的速冻苹果丁 POD 酶

表5 漂烫对速冻苹果丁品质的影响
Table 5 Effect of blanching on the qualities in frozen apple cubes

样品处理	ΔE 值	感官品质评价	可溶性固形物 损失率(%)	可滴定酸 损失率(%)	V _c 损失率(%)
鲜苹果丁	10.12	92.62	0	0	0
未漂烫速冻	46.22	58.16	28.25	17.67	20.13
漂烫后速冻	15.69	85.35	24.42	10.85	12.16

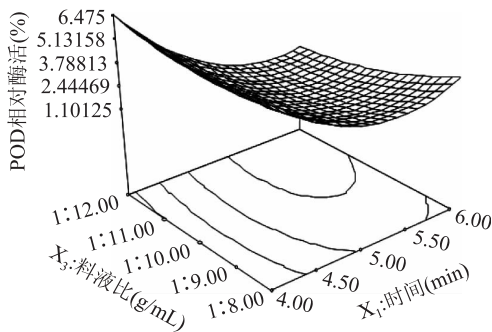


图5 漂烫时间与料液比及其交互作用对 POD 活性的响应曲面图

Fig.5 Influence of blanching temperature, solid-liquid ratio and their cross-interaction on the response surface of the relative activity of POD

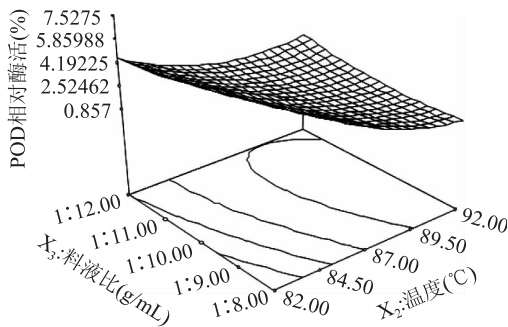


图6 漂烫温度与料液比及其交互作用对 POD 活性的响应曲面图

Fig.6 Influence of blanching time, solid-liquid ratio and their cross-interaction on the response surface of the relative activity of POD

的工艺参数准确可靠,具有一定的实践指导意义。

2.3 漂烫对速冻苹果丁品质的影响

由表5可知,与鲜苹果丁相比,未漂烫速冻苹果丁的ΔE值为46.22,升高了36.10,感官品质为58.16,降低了34.46,可溶性固形物、可滴定酸及V_c损失率分别为28.25%、17.67%、20.13%;漂烫后速冻苹果丁的ΔE值为15.69,升高了5.57,感官品质为85.35,降低了7.27,可溶性固形物、可滴定酸及V_c损失率分别为24.42%、10.85%、12.16%,这是由于漂烫增强了冻结时细胞对冰晶体积膨胀的耐受性^[25-26],从而保证了速冻苹果丁品质。因此,漂烫处理能较好地保持速冻苹果丁的品质。

3 结论

抑制速冻苹果丁POD酶活性的最佳漂烫条件为:漂烫时间4.5 min、漂烫温度92℃、料液比1:11,

此条件下,POD相对酶活最低,为4.96%。

与鲜苹果丁相比,未漂烫速冻苹果丁的ΔE值升高了36.10,感官品质降低了34.46,可溶性固形物、可滴定酸及V_c损失率分别为28.25%、17.67%、20.13%;漂烫后速冻苹果丁的ΔE值升高了5.57,感官品质降低了7.27,可溶性固形物、可滴定酸及V_c损失率分别为24.42%、10.85%、12.16%,由此可见,漂烫处理能较好地保持速冻苹果丁的品质。

参考文献

- [1] Food and agriculture organization of the United Nations [EB/OL]. [2013-08-08]. <http://faostat3.fao.org/faostatgateway/go/to/download/Q/QC/E>.
- [2] 张慙,程新峰.对我国速冻食品行业加工深度及安全性的思考[J].江南大学学报:人文社会科学版,2014,13(1):114-117.
- [3] 文连奎,冯永巍,韩安军.速冻果蔬加工制品质量及其控制[J].农产品加工·学刊,2006(4):19-21.
- [4] 胡云峰,胡明,邢亚阁,等.雪莲果汁褐变抑制条件的优化研究[J].食品科学,2009,30(6):92-96.
- [5] 温馨,胡锐,赵金红,等.不同漂烫方式结合CaCl₂预处理对哈密瓜品质的影响[J].农业机械学报,2014,45(10):231-237.
- [6] 黄晓杰,张俏,石国英,等.草莓漂烫过程中过氧化物酶和V_c的失活动力学[J].食品与发酵工业,2013,39(11):77-80.
- [7] Filipa I G Neves, Margarida C Vieira, Cristina L M Silva. Inactivation kinetics of peroxidase in zucchini (Cucurbita pepo L.) by heat and UV-C radiation [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2012, 13(1): 158-162.
- [8] Olivera D F, Vina S Z, Marani C M, et al. Effect of blanching on the quality of Brussels sprouts (Brassica oleracea L. gemmifera DC) after frozen storage [J]. Journal of Food Engineering, 2008, 84(1): 148-155.
- [9] Guida V, Ferrari G, Pataro G, et al. The effects of ohmic and conventional blanching on the nutritional, bioactive compounds and quality parameters of artichoke heads [J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 53(2): 569-579.
- [10] 郭楠,叶金鹏,林亚玲,等.漂烫对速冻薯条品质及淀粉糊化度的影响研究[J].食品科技,2014,39(9):186-191.
- [11] 阮晖,陈美龄,潘冰青,等.香菇速冻前漂烫预处理工艺优化研究[J].中国食品学报,2009,9(1):148-152.
- [12] Halina Polata, Alina Wilin ska, Jolanta Bryjak, et al. Thermal inactivation kinetics of vegetable peroxidases [J]. Journal of Food Engineering, 2011, 91(3): 387-391.
- [13] 黄俊丽,张慙.高温蒸汽瞬时漂烫对黑牛肝菌酶活和品

质影响的研究[J].食品与生物技术学报,2010,29(5):653-659.

[14]严启梅,牛丽影,唐明霞,等.微波漂烫对杏鲍菇 POD 酶活性的影响[J].食品科学,2012,33(4):247-251.

[15]贺利锋,王金鹏,于博,等.果蔬品质相关酶高温瞬时失活动力学[J].农业工程学报,2009,25(9):339-344.

[16]Llano K M, Haedo A S, Gerschenson L N, et al. Mechanical and biochemical response of kiwifruit tissue to steam blanching [J]. Food Research International, 2003, 36(8):767-775.

[17]徐涓,张弘,孙彦琳,等.高温短时蒸汽漂烫对鲜玛咖过氧化物酶活性的影响[J].食品科学,2013,34(2):31-35.

[18]黄锐明.速冻苹果丁生产工艺研究[J].汕头科技,2005(4):30-32.

[19]吴燕,盛尊来.高凌飞响应面法优化丁香叶总酚酸提取工艺[J].食品工业科技,2015,36(2):286-290.

[20]张维,李雪雁,张秀兰,等.响应面分析法优化菊芋渣中蛋白的提取工艺[J].食品工业科技,2012,33(1):305-308.

(上接第 328 页)

[J]. Journal of food science, 2014, 79: S81-91.

[6]袁德保,刘兴华,马艳萍,等.鲜食核桃贮藏中脂肪酶活性及油脂酸价变化[J].食品研究与开发,2006,27(11):24.

[7]宋治军,赵镇劳.食品营养与安全分析检测技术[M].杨凌:西北农林科技大学出版社,2005.

[8]张文婷,赵武奇,鲁晓翔,等.四种物流贮藏温度对圣女果品质的影响[J].食品工业科技,2015,36(05):329-333.

[9]王允祥,李峰.生物化学[M].武汉:华中科技大学出版社,2011:238.

[10]Sinanoglou V J, Kokkotou K, Fotakis C, et al. Monitoring the quality of γ -irradiated macadamia nuts based on lipid profile analysis and Chemometrics [J]. Traceability models of irradiated samples. Food Res Int, 2014, 60: 38-47.

[11]马惠玲,宋淑亚,马艳萍,等.自发气调包装对核桃青果的保鲜效应[J].农业工程学报,2012,28(2):262-267.

[12]Yanping Ma, Xingang Lu, Xinghua Liu, et al. Effect of ^{60}Co

(上接第 332 页)

和细胞壁代谢的影响[J].农业工程学报,2012,28(16):254-258.

[7]曹建康.果蔬采后生理生化实验指导[Z].北京:中国轻工业出版社,2007:68-76.

[8]鹿荣丽,张巧莲,郭琳琳.水果及其制品中果胶含量的比色法测定条件优化[J].果树学报,2012,29(1):302-307.

[9]王晶英,教红,张杰.植物生理生化实验技术与原理[Z].哈尔滨:东北林业大学出版社,2003:16-18.

[10]Carrington C M S, Greve L C, Labavitch J M. Cell wall metabolism in ripening fruit (VI. Effect of the antisense polygalacturonase gene on cell wall changes accompanying ripening in transgenic tomatoes) [J]. Plant Physiology, 1993, 103(2):429-434.

[11]Lin T P, Liu C C, Chen S W. Purification and characterization of pectin methyl esterase from Ficus awkeotsang Makino achene [J]. Plant Physiology, 1989, 91(4):1445-1453.

[12]陈亚敏.核果类果实采后细胞壁多糖微观结构及降解模式的研究[D].郑州:河南工业大学,2013.

[21]曹健康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].中国轻工业出版社2007:101-103.

[22]农业部蔬菜水果质量监督检验测试中心(广东),黑龙江生物科技职业学院. NY/T 1406-2007 绿色食品 速冻蔬菜[S].北京:中国农业出版社,2007

[23]祥云县龙云经贸有限公司. Q/XLY 0003 S-2012 速冻水果[S].昆明:云南省卫生厅,2012

[24]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 31273-2014 速冻水果和速冻蔬菜生产管理规范[S].北京:中国标准出版社,2014.

[25]Matsui K N, Granado L M, Oliveira P V de, Tadinia C C. Peroxidase and polyphenoloxidase thermal inactivation by microwaves in green coconut water simulated solutions [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(5):852-859.

[26]钱科盈,任长忠,方毅.微波加热抑制裸燕麦脂肪酶活性研究[J].粮油食品科技,2008,16(4):44-47.

- irradiation doses on nutrients and sensory quality of fresh walnuts during storage [J]. postharvest Biology and Technology, 2013, 84: 36-42.

[13]梁丽敏,徐勇,王三永,等.不同包装材料对广式腊肉储藏保鲜效果的研究[J].食品工业科技,2007,28(6):176-177.

[14]Ghirardello D, Contessa C, Valentini N, et al. Effect of storage conditions on chemical and physical characteristics of hazelnut (Corylus avellana L.) [J]. postharvest Biology and Technology, 2013, 81: 37-43.

[15]Koyuncu M A, Islam A, Küçük M. Fat and fatty acid composition of hazelnut kernels in vacuum packages during storage [J]. Grasas y Aceites, 2005, 56(4):263-266.

[16]Gecgel U, Gumus T, Tasan M, et al. Determination of fatty acid composition of γ -irradiated hazelnuts, walnuts, almonds, and pistachios [J]. Radiation physics and Chemistry, 2011, 80: 578-581.

[13]刘志伟.毛竹笋采后纤维化过程中纤维素合成相关基因的表达[D].临安:浙江农林大学,2010.

[14]Seymour G B, Gross K C. Cell wall disassembly and fruit softening [J]. Postharvest News and Information, 1996, 7(3):45-52.

[15]刘卫晓,茅林春.桃果实采后软化机理研究进展[J].河北林果研究,2002,17(3):279-283.

[16]Dawson D, Watkins C. Intermittent warming affects cell wall composition of Fantasia nectarines during ripening and storage [J]. Jour Amer Soc Hort Sci, 1995, 120(6):1057-1062.

[17]李春燕,张光伦,曾秀丽,等.细胞壁酶活性与甜橙果实质地的相关性研究[J].四川农业大学学报,2006,24(1):73-76.

[18]刘超超.早熟苹果品种软化机理的初步研究[D].泰安:山东农业大学,2011.

[19]赵云峰,林瑜,林河通,等.热处理对冷藏茄子果实细胞壁代谢的影响[J].扬州大学学报:农业与生命科学版,2012,33(4):97-102.