

漂烫处理对老山芹速冻贮藏护色效果的影响

赵廉诚, 张娜, 邢竺静, 王如梦, 马娜, 李笑梅
(哈尔滨商业大学 食品科学与工程学院, 哈尔滨 150076)

摘要: **目的** 研究在老山芹 (*Heracleum Moellendorffii*) 速冻贮藏过程中, 高温漂烫技术对其过氧化物酶 (Peroxidase, POD) 吸光度值及色泽的影响, 为蔬菜加工提供理论依据。 **方法** 以新鲜老山芹为原料, 采用单因素实验考察漂烫时间、漂烫温度、料液比对过氧化物酶吸光度值、黄化程度 (E^2) 的影响, 并以响应曲面法优化漂烫工艺。 **结果** 当漂烫时间为 180 s, 漂烫温度为 90 °C, 料液比 (老山芹质量与水体积之比, g/mL) 为 1:11 时, POD 吸光度值为 0.001, 黄化程度为 802.51, 较未经过处理的样品均表现为极显著 ($P < 0.01$)。 **结论** 响应曲面实验可以很好地对老山芹高温漂烫灭酶护色工艺参数进行优化, 优化后的工艺对保护老山芹固有色泽有明显的效果, 2 个评价指标对漂烫灭酶护色效果具有相关性和一致性。

关键词: 老山芹; 漂烫; 护色; 过氧化物酶

中图分类号: TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2020)03-0028-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.03.005

Effect of Blanching Process on Color Protection of *Heracleum Moellendorffii* during Quick-freeze Storage

ZHAO Lian-cheng, ZHANG Na, XING Zhu-jing, WANG Ru-meng, MA Na, LI Xiao-mei

(College of Food Science and Engineering, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effects of high temperature blanching technology on the peroxidase (POD) absorbance and color of *Heracleum Moellendorffii* during quick-freeze storage, and to provide a theoretical basis for vegetable processing. With fresh *Heracleum Moellendorffii* as raw material, the effects of blanching time, blanching temperature and mass to volume ratio on peroxidase absorbance and E^2 were investigated by single factor experiment, and the blanching process was optimized by the response surface methodology. When the blanching time was 180 s, the blanching temperature was 90 °C, and the ratio of material weight to liquid (mass to volume ratio of the *Heracleum Moellendorffii*, g/mL) was 1:11, the POD absorbance was 0.001 and E^2 was 802.51, significantly lower ($P < 0.01$) than the untreated sample. Response surface experiment can be used to optimize the process parameters for high temperature blanching and enzyme deactivation color retenting of *Heracleum Moellendorffii*. Optimized process has obvious effect in protecting the green of the *Heracleum Moellendorffii*. Two evaluation indicators are relevant to and consistent with the color retenting effect of blanching and enzyme deactivation.

KEY WORDS: *Heracleum Moellendorffii*; blanching; color protection; POD

收稿日期: 2019-07-26

基金项目: 国家自然科学基金 (31871747)

作者简介: 赵廉诚 (1994—), 男, 哈尔滨商业大学硕士生, 主攻农产品加工与贮藏。

通信作者: 李笑梅 (1960—), 女, 哈尔滨商业大学教授, 主要研究方向为食品科学。

老山芹 (*Heracleum Moellendorffii* Hance) 属伞形科^[1], 是生长于东北地区的山野菜^[2-3], 外观与普通芹菜相似, 其茎叶为可食部分, 色泽嫩绿, 味道清爽, 口感脆^[4], 富含黄酮类物质、维生素等, 可预防高血压、糖尿病等疾病, 营养价值较丰富^[5], 具有一定的食药价值^[6-7]。

老山芹在每年 4—5 月份成熟^[8], 由于受到季节性限制, 无法常年采摘食用。随着国民对老山芹等山野菜需求量的增多, 需要采用速冻工艺对其进行贮藏处理, 在贮藏期间茎叶易出现黄化现象^[9]。这是因为绿蔬在贮藏过程中发生了酶促反应与脱镁反应, 使叶绿素变成褐色的脱镁叶绿素, 从而使蔬菜颜色变黄, 商品的品相劣化, 因此解决老山芹在贮藏期间的护色问题尤为重要。蔬菜护色方法通常分为化学护色与物理护色^[10], 化学护色多为酸溶液护色, 物理护色多为高温漂烫、超低温冷冻、密封包装等。物理方法较化学方法更为安全环保可靠, 并可以很好地保证蔬菜本身的风味。其中高温漂烫不但操作简单、成本低, 而且可以有效地达到护色的目的。这是因为脱镁叶绿素反应主要在过氧化物酶 (Peroxidase, POD) 催化下进行, 资料显示过氧化物酶最适温度为 35~60 °C^[11], 因此高温漂烫可以钝化 POD 活性, 抑制因脱镁反应而产生的黄化现象, 从而达到保护样品固有色泽的目的。近 3 年, 虽有许多人研究漂烫技术对过氧化物酶活性及色泽的影响, 但随着蔬菜种类的不同漂烫工艺参数也会有很大不同^[12-15], 且关于老山芹的漂烫护色研究数据鲜有报道。

以经过保脆处理的老山芹为原料, 探讨速冻前高温漂烫灭酶技术对过氧化物酶吸光度值及色泽的影响, 并优化其工艺参数, 以获得老山芹速冻前高温漂烫技术参数。此实验旨在解决老山芹在解冻后出现的黄化问题, 为食品冷冻企业关于老山芹的速冻保鲜加工提供一定的理论依据和技术支持。

1 实验

1.1 材料与试剂

主要材料与试剂: 新鲜成熟期的老山芹, 由黑龙江安东升食品有限公司提供; 愈创木酚、过氧化氢、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠, 购自天津市大陆化学试剂厂, 均为分析纯。

1.2 仪器与设备

主要仪器: TDL-4A 型台式离心机, 上海菲哈尔分析仪器有限公司; UV 5100B 型紫外可见分光光度计, 上海元析仪器有限公司; 3nh 型色差仪, 深圳市三恩驰科技有限公司。

1.3 方法

选取新鲜老山芹的可食部分, 将其清洗、除杂, 并切段, 在 50 °C 的保脆液 (氯化钙-海藻酸钠溶液) 中浸泡 30 min; 随后用凉水冷却至室温, 并立即进行高温漂烫灭酶护色处理; 再经凉水冷却, 将经过保脆、漂烫处理的老山芹立即置入冷库中进行速冻贮藏 7 d。分别以漂烫后样品的过氧化物酶吸光度值和解冻后样品的黄化程度为指标, 以响应曲面法优化漂烫工艺, 同时以新鲜未经漂烫处理的老山芹为对照, 比较其酶吸光度值和色泽。

1.3.1 过氧化物酶活性测定

采用愈创木酚比色法 (GB/T 32131—2015《辣根过氧化物酶活性检测方法 比色法》) 对过氧化物酶吸光度值进行测定。根据毕家钰^[16]实验所得, 由于过氧化物酶活性与吸光度值正相关, 与保绿效果成负相关, 因此吸光度值越小过氧化物酶活性也越小, 黄化程度越低, 保绿效果越好。

1.3.2 老山芹色泽测定

参照文献^[17]利用 3nh 型色差仪对贮藏 7 d 后解冻的老山芹色泽进行测定, 测量值为 a, b , 计算值为 E^2 。以 E^2 为评价指标, 值越低说明原料黄化程度越低, 原料固有色泽保护得越好。以未漂烫样品为对照组, 不同漂烫条件为实验组 ($n=3, n$ 为平行实验次数), 色泽计算见式 (1)。

$$E^2 = a^2 + b^2 \quad (1)$$

式中: E^2 为老山芹匀浆的黄化程度; a^2 为老山芹匀浆的红绿值, 正数代表偏红, 负数代表偏绿; b^2 为老山芹匀浆的黄蓝值, 正数代表偏黄, 负数代表偏蓝。

1.3.3 老山芹漂烫护色工艺的优化

单因素实验: 将经过保脆处理的老山芹进行漂烫灭酶, 将漂烫时间 120 s、漂烫温度 90 °C、料液比 (老山芹的质量与水的体积比, g/mL) 1:8 作为因素, 分别考察各因素水平对过氧化物酶活性及解冻后样品色泽的影响。

1) 漂烫时间对 POD 吸光度值、黄化程度的影响。在其他因素水平不变的条件下, 考察漂烫时间分别为 60, 120, 180, 240, 300 s 时对 POD 吸光度值、解冻后黄化程度的影响。

2) 漂烫温度对 POD 吸光度值、黄化程度的影响。在其他因素水平不变的条件下, 考察漂烫温度分别为 75, 80, 85, 90, 95 °C 时对 POD 吸光度值、解冻后黄化程度的影响。

3) 料液比对 POD 吸光度值、黄化程度的影响。在其他因素水平不变的条件下, 考察老山芹与水的料液比分别为 1:5, 1:8, 1:11, 1:14, 1:17 对 POD 吸光度值、解冻后黄化程度的影响。

1.4 数据处理

实验取 3 次平行实验测得的平均值,均以平均数±标准差表示。采用 Excel, Origin, SPSS Statistics 17.0 软件对数据进行分析处理。

1.5 响应曲面法确定最优漂烫工艺条件

根据单因素实验结果,采用响应曲面法优化护色工艺条件。因子编码及水平见表 1。采用多元回归分析,拟合二次多项式回归模型的 Box-Behnken 设计实验^[17],进行结果分析,得到最优护色工艺条件,并采用此条件做验证实验。

表 1 Box-Behnken 实验设计因素水平及编码
Tab.1 Factor levels and code of Box-Behnken experimental design

水平	因素		
	温度(B)/°C	料液比(C)	时间(D)/s
-1	85	1:8	60
0	90	1:11	120
1	95	1:14	180

2 结果与分析

2.1 老山芹漂烫工艺单因素实验结果

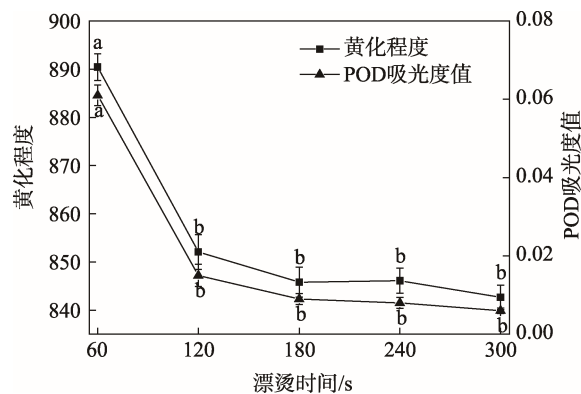
新鲜未经漂烫处理的老山芹过氧化物酶吸光度值与黄化程度分别为 0.754 和 765.68,解冻后黄化程度为 937.81。

2.1.1 漂烫时间对过氧化物酶和黄化程度的影响

漂烫时间对 POD 吸光度值和黄化程度的影响见图 1,可知,在漂烫温度为 90 °C,漂烫时间为 60 s 时,POD 吸光度值为 0.061,与新鲜未经漂烫样品相比差异极显著 ($P<0.01$);当漂烫时间达到 120 s 时,POD 吸光度值显著下降至 0.0377 ($P<0.05$);随着漂烫时间继续增加,POD 吸光度值下降幅度不显著,且肉眼观察上述漂烫后样品色泽无明显变化。这是因为在高温条件下,蛋白质结构随着时间的延长会发生改变^[19-20],POD 活性下降,进而吸光度值下降。

经漂烫处理的老山芹在冷冻贮藏 7 d 解冻后,黄化程度随着漂烫时间的增加而下降。时间为 60 s 时,黄化程度为 890.43,显著低于新鲜未经漂烫贮藏样品 ($P<0.05$),说明酶活性越低,在贮藏与解冻过程中对老山芹黄化影响越小;时间达到 120 s 时,黄化程度显著低于 60 s 时的黄化程度 ($P<0.05$);当漂烫时间继续增加时,黄化程度下降不显著。这是因为在漂烫温度为 90 °C,漂烫时间为 120 s 时,可以使酶蛋白变性,导致脱镁叶绿素发生酶促反应的能力下降,从

而抑制了样品的黄化。有研究表明,漂烫可以显著降低蔬菜中过氧化物酶、多酚氧化酶等的活性,并抑制酶促反应的发生,进而达到护色的效果^[21-23]。当青花菜采用漂烫灭酶时,漂烫时间过长会出现色泽品质下降的情况,且 POD 活性残留量较高^[24],这说明不同品种食材之间存在差异。根据实验选择取 120 s 为适宜漂烫时间。



注:图中字母表示显著性

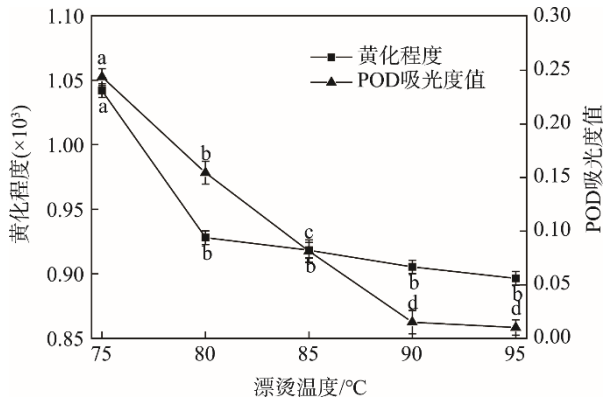
图 1 漂烫时间对 POD 吸光度值和黄化程度的影响

Fig.1 Effect of blanching time on POD absorbance and E^2

2.1.2 漂烫温度对过氧化物酶吸光度值和黄化程度的影响

漂烫温度对 POD 吸光度值和黄化程度的影响见图 2,可知当漂烫温度为 75 °C 时,吸光度值为 0.243,极显著低于新鲜未经漂烫样品的 0.754 ($P<0.01$)。当漂烫温度升高至 80~90 °C 时,过氧化物酶的吸光度值显著下降 ($P<0.05$),90 °C 时吸光度值下降 98%,随后至 95 °C 时吸光度值无显著变化 ($P>0.05$)。这是因为 POD 稳定温度为 35~60 °C,当漂烫温度高于 60 °C 时,POD 吸光度值迅速下降,说明 POD 活性快速下降,这与 2012 年王维君^[25]漂烫速冻菠菜、2015 年康三江^[26]漂烫速冻苹果的研究结果一致。

黄化程度的变化较 POD 活性略有不同,漂烫温度为 75 °C 时,显著高于新鲜未经漂烫贮藏的样品 ($P<0.05$),解冻后肉眼可见明显黄化现象。漂烫温度为 80 °C 时,黄化程度为 928,显著低于 75 °C 时的黄化程度 ($P<0.05$),与新鲜未经漂烫贮藏的样品接近,且略有肉眼可见的黄化现象。漂烫温度在 80 °C 后,黄化程度无显著性下降 ($P>0.05$)。颜色变化的机制是因为温度大于 80 °C 时可以有效抑制脱镁叶绿素发生的酶促反应,使细胞中叶绿素镁直接地显露出绿色,降低黄化程度。BHAT^[27]和 XIAO^[28]的研究也证明了这一点,刘艳春^[29]在研究中发现,低温漂烫虽会使样品色泽暗淡,感官品质下降,但在高温漂烫时,会较好地保护样品原有的颜色以及营养成分^[30]。结合两者考虑,选取 90 °C 为适宜漂烫温度。



注：图中字母表示显著性

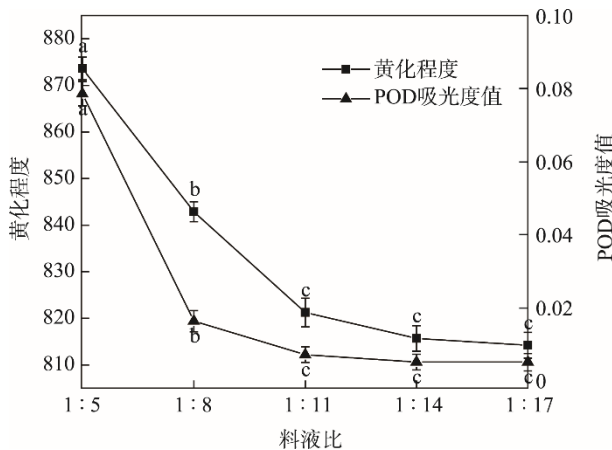
图 2 漂烫温度对 POD 活性和黄化程度的影响

Fig.2 Effect of blanching temperature on POD activity and E²

2.1.3 料液比对过氧化物酶吸光度值和黄化程度的影响

料液比对 POD 活性和黄化程度的影响见图 3，可知，当料液比在 1:5~1:11 时，吸光度值显著下降 ($P<0.05$)，随着漂烫料液比增加至 1:11，过氧化物酶吸光度值降低，呈极显著差异 ($P<0.01$)；当超过 1:11 时，酶吸光度值变化不显著 ($P>0.05$)。这是由于当水的体积较少时，水与老山芹的热传导面积较小，随着水体积的增多，热传导面积增大，且充分覆盖了酶易失活的活性位点，可以快速地使酶失活^[31]，并最大限度抑制脱镁叶绿素的产生；当水的体积再增多时，剩余少部分酶活性位点虽进一步被破坏、失活，但变化不显著 ($P>0.05$)。

同时，随着料液比的增加，黄化程度变化趋势与 POD 活性相似，且黄化程度均显著低于新鲜贮藏解冻后的老山芹 ($P<0.05$)。料液比增加至 1:8 和 1:11 时，黄化程度亦呈极显著下降 ($P<0.01$)；当料液比高于 1:11 时，黄化程度下降无显著差异性 ($P>0.05$)，表明样品固有色泽的变化与过氧化物酶活性变化的



注：图中字母表示显著性

图 3 料液比对 POD 吸光度值和黄化程度的影响

Fig.3 Effect of mass to volume ratio on POD absorbance and E²

结果一致，样品的品质稳定性得到增强^[32]。刘茜茜^[13]研究发现，当样品与水充分接触时，漂烫对过氧化物酶活性的抑制效果更为优异。

2.2 POD 吸光度值与黄化程度相关性分析

POD 吸光度值与黄化程度相关性分析见表 2，可知原料中过氧化物酶的吸光度值与黄化程度的相关系数为 0.891，为显著正相关，指标的选取从微观到宏观具有一致性，可以证明高温漂烫灭酶工艺对老山芹具有护色作用。

基于此，在进行响应曲面优化设计实验时，采用 POD 吸光度值为响应值即可，以漂烫时间、漂烫温度、料液比为因素进行老山芹漂烫工艺参数的优化。

表 2 POD 吸光度值与黄化程度相关性分析

Tab.2 Correlation analysis between POD absorbance and E²

指标	吸光度值	黄化程度
吸光度值	1	0.891**
黄化程度	0.891**	1

注：**表示显著相关，相关性在 0.01 级别

2.3 响应曲面优化老山芹漂烫工艺结果

基于单因素实验结果，选取温度、时间和料液比（质量与体积之比）为变量，过氧化物酶吸光度值(A)为响应值，解冻后老山芹的黄化程度为辅助值，利用 Design Expert 8.0 软件进行响应面分析设计和实验（见表 3），进一步优化各因素参数值。选择中心复

表 3 响应曲面实验设计结果

Tab.3 Design results of response surface experiment

序号	温度/°C	料液比	时间/s	吸光度值
1	85	1:14	120	0.043
2	95	1:8	120	0.008
3	90	1:8	60	0.013
4	90	1:11	120	0.005
5	95	1:14	120	0.004
6	90	1:11	120	0.002
7	95	1:11	180	0.006
8	90	1:11	120	0.001
9	90	1:11	120	0.001
10	95	1:11	60	0.008
11	85	1:11	60	0.071
12	90	1:14	180	0.003
13	90	1:8	180	0.008
14	85	1:8	120	0.069
15	90	1:11	120	0.005
16	85	1:11	180	0.060
17	90	1:14	60	0.007

配模型,做3因素3水平总共17个响应面分析实验,最终得到老山芹漂烫最优工艺条件。

使用 Design Expert 8.0 软件对表3数据进行多元回归拟合,各实验因子对 POD 吸光度值指标的影响可用式(1)表示。

吸光度值 A=10.27-1.26D-0.22B-0.03C+7.50DB+1.39DC+3.67BC+1.44D^2+1.14B^2-5.56C^2 (1)

2.3.1 老山芹漂烫灭酶模型的建立及显著性分析

通过 Box-Behnken Design 响应面分析法对拟合的模型进行方差分析,结果见表4。

由表4可知,模型F值为73.79, P<0.0001,表示该模型具有显著性。失拟项F值为5.24, P值为0.0718>0.05,即失拟项差异不显著,该回归方程对实验拟合度好。F值反映了各因素对POD吸光度值的影响程度, F值越大表明对POD吸光度值的影响越大[33]。此外,由表4还可得知, FB=394.47, FC=14.08,

FD=4.05,即各因素对POD吸光度值的影响程度大小顺序为漂烫温度>料液比>漂烫时间。

模型一次项B, D和二次项B^2, C^2和D^2对响应值影响均极其显著(P<0.01),交互项BD, CD对响应值的影响均不显著,交互项BC显著(P<0.05)。

2.3.2 响应曲面的交互分析

响应曲面交互作用对POD的影响见图4,由图4可知,料液比与温度交互显著(P<0.05)。从整体来看,料液比和温度对指标的影响较为明显,两者交互作用较强。当料液比为1:11,漂烫温度为91℃时,吸光度值最低,为0.001。

料液比与温度交互作用的等高线见图5,等高线越陡峭说明两者交互作用越显著(P<0.05)。还可得知,两者对POD吸光度值的影响显著,当交互的2种条件组合适宜时,可得到最低的POD吸光度值,此为最佳实验条件。

表4 响应曲面回归模型方差分析 Tab.4 Variance analysis of regression equation of response surface

Table with 7 columns: 因素, 方差和, 自由度, 均方差, F值, P值, 显著性. Rows include Model, B, C, D, BD, CD, BC, B^2, C^2, D^2, Lack of fit, Pure error, and Total.

注:**表示差异极其显著(P<0.01); *表示差异显著(P<0.05)

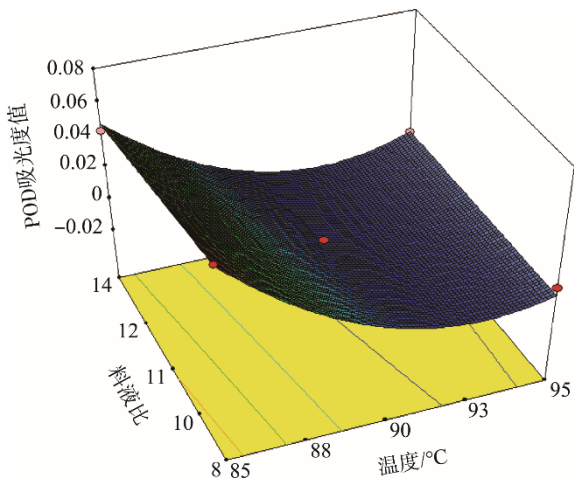


图4 BC交互作用对POD吸光度值的影响 Fig.4 Effect of BC interaction on POD absorbance

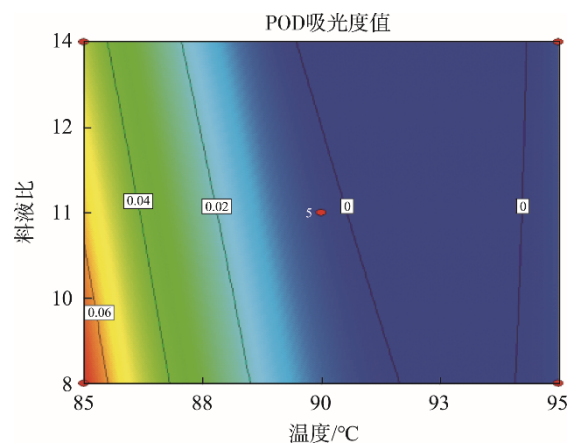


图5 BC交互作用的等高线 Fig.5 Contours of BC interaction

2.3.3 老山芹漂烫灭酶工艺参数优化及验证结果

运用 Design-Expert 软件, 拟合方程, 分析得出最优条件: 漂烫时间为 118 s, 漂烫温度为 91 °C, 料液比为 1:11, 并得出吸光度值为 0.001。采用优化条件进行验证实验 ($n=3$), 吸光度值为 0.001, 黄化程度为 802.51, 与理论值无显著差异 ($P>0.05$), 可确定该多元二次回归方程适合对老山芹漂烫灭酶工艺进行预测。

将拟合方程得到最优条件下的 POD 吸光度值与最佳单因素条件下的 POD 吸光度值进行 t 检验比较, 拟合吸光度值与单因素实验吸光度值无显著差异 ($P>0.05$) 选取漂烫时间为 120 s, 漂烫温度为 90 °C, 料液比为 1:11 作为老山芹漂烫灭酶的工艺参数。

3 结语

文中以老山芹为原料, 采用响应曲面优化漂烫灭酶工艺得出, 当漂烫时间为 120 s, 漂烫温度为 90 °C, 料液比为 1:11 时, POD 吸光度值为 0.001, 解冻后黄化程度为 802.51, 此时 POD 吸光度值下降 99.8%, 色泽的保持效果表现显著 ($P<0.05$), 表明高温漂烫处理对老山芹具有明显的护色作用。此外, 通过相关性分析得出, 以吸光度值表示的过氧化物酶吸光度值与黄化程度变化呈现正相关 (相关系数为 0.891), 分别从微观灭酶机制与宏观色泽对原料固有色泽的影响进行研究, 发现变化趋势一致。在此研究基础上对老山芹进行速冻贮藏, 解冻后有效抑制了老山芹的黄化, 良好地保持了原料固有色泽。文中充分利用了自然野生植物资源, 对增加蔬菜市场的菜系种类, 满足消费者需求具有实际意义。

参考文献:

- [1] 赵玉红, 李佳启, 马捷, 等. 老山芹降血糖功能成分提取及活性研究[J]. 食品工业科技, 2018, 39(16): 183—188.
ZHAO YU-hong, LI Jia-qi, MA Jie, et al. Extraction and Activity of Hypoglycemic Functional Components from *Heracleum Dissectum*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(16): 183—188.
- [2] 马婧, 杨系玲, 孙聪, 等. 老山芹正常试管苗和玻璃化苗的生理生化特性比较[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(24): 158—160.
MA Jing, YANG Xi-ling, SUN Cong, et al. Comparison of Physiological and Biochemical Characteristics of Normal Test Tube Seedlings and Vitrified Seedlings of *Heracleum Moellendorffii*[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018, 46(24): 158—160.
- [3] 魏川耀, 于锡宏, 蒋欣梅. 东北地区山野菜资源及其开发利用的思考[J]. 中国林副特产, 2017(2): 76—77.

- WEI Chuan-yao, YU Xi-hong, JIANG Xin-mei. Thoughts on Mountain Wild Vegetable Resources in Northeast China and Development of Utilization[J]. Forest By-product and Specialty in China, 2017(2): 76—77.
- [4] GAO Y, LIU Y, WANG Z G, et al. Chemical Constituents of *Heracleum Dissectum* and Their Cytotoxic Activity[J]. Phytochemistry Letters, 2014, 10: 276—280.
- [5] 蒋欣梅, 孙天宇, 刘汉兵, 等. 不同种类老山芹总酚和总黄酮含量及抗氧化能力的初步研究[J]. 中国蔬菜, 2018(9): 24—28.
JIANG Xin-mei, SUN Tian-yu, LIU Han-bing, et al. Preliminary Study on the Contents of Total Phenols and Total Flavonoids and Antioxidant Capacity of Different Kinds of *Heracleum Moellendorffii*[J]. China Vegetables, 2018(9): 24—28.
- [6] 王金华. 黑龙江省主要山野菜资源调查及分析[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2017: 1—3.
WANG Jin-hua. Investigation and Analysis of Main Potherbs Resources in Heilongjiang Province[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2017: 1—3.
- [7] 李爱民, 王玉兰. 几种野生芹菜营养成分分析[J]. 特产研究, 1997(3): 18—19.
LI Ai-min, WANG Yu-lan. Analysis of Nutrient Composition of Several Wild Celery[J]. Special Wild Economic Animal and Plant Research, 1997(3): 18—19.
- [8] 杨成生, 蒋玉梅, 盛文军, 等. 蕨菜护色保脆工艺研究[J]. 中国林副特产, 2008(6): 7—10.
YANG Cheng-sheng, JIANG Yu-mei, SHENG Wen-jun, et al. Natural Color and Crispy Keeping of *Pteridium Aquilinum*[J]. Forest By-product and Specialty in China, 2008(6): 7—10.
- [9] 刘学勤, 杨帆, 郭爱萍. 沙芥腌制过程中护绿工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(19): 167—169.
LIU Xue-qin, YANG Fan, GUO Ai-ping. Research on Green-keeping Technology of Herb of Cornuted *Pugionium* during Pickling[J]. Anhui Agricultural Sciences, 2018, 46(19): 167—169.
- [10] YING X, MIN Z, XU B, et al. Research Trends in Selected Blanching Pretreatments and Quick Freezing Technologies as Applied in Fruits and Vegetables: a Review[J]. International Journal of Refrigeration, 2015, 57: 11—25.
- [11] 张帝, 汤文晶, 陈兴京, 等. 烫漂工艺对西兰花多酚氧化酶的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(4): 144—147.
ZHANG Di, TANG Wen-jing, CHEN Xing-jing, et al. Effects of Blanching Conditions on Polyphenol Oxidase Activity of Broccoli[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(4): 144—147.
- [12] 陈惠, 唐明霞, 宋居易, 等. 烫漂对蚕豆感官品质及过氧化物酶活性的影响[J]. 江苏农业学报, 2015(3): 708—710.
CHEN Hui, TANG Ming-xia, SONG Ju-yi, et al. Effect

- of Blanching on Sensory Properties and Activity of Peroxidase in Broad Beans[J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2015(3): 708—710.
- [13] 刘茜茜. 山野菜速冻关键技术的研究及应用[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2017: 16—22.
LIU Qian-qian. Research and Applications of Key Techniques for Quick-frozen Hill Potherbs[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2017: 16—22.
- [14] 张忆洁, 祁岩龙, 宋芳芳, 等. 响应曲面法优化脱水豇豆的烫漂工艺研究[J]. *食品工业*, 2017(7): 55—59.
ZHANG Yi-jie, QI Yan-long, SONG Fang-fang, et al. Optimization of the Blanching Process of Dehydrated Cowpea Using Response Surface Methodology[J]. *The Food Industry*, 2017(7): 55—59.
- [15] 朱映华, 黄阿根, 朱杰, 等. 黄秋葵嫩荚果冷藏保鲜的热漂烫预处理工艺研究[J]. *扬州大学学报(农业与生命科学版)*, 2018, 39(3): 103—108.
ZHU Ying-hua, HUANG A-gen, ZHU Jie, et al. The Hot Water Blanching Pre-treatment Technology of *Abelmoschus Esculentus* L Moench for the Long-term Frozen Storage[J]. *Journal of Yangzhou University: Agricultural and Life Science Edition*, 2018, 39(3): 103—108.
- [16] 毕家钰, 郑炯. 低温漂烫对芦笋酶活、质构特性和色泽的影响[J]. *食品研究与开发*, 2017, 38(6): 15—20.
BI Jia-yu, ZHENG Jiong. Effects of Low Temperature Blanching Processing on the Enzyme Activity, Texture and Color for Asparagus[J]. *Food Research and Development*, 2017, 38(6): 15—20.
- [17] 丁盼盼. 辣椒果皮颜色的遗传分析及 QTL 定位[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2017: 10—11.
DING Pan-pan. Genetic Analysis and QTL Mapping of Peel Color in Pepper Fruit[D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2017: 10—11.
- [18] 王炬, 张秀玲, 高宁, 等. 响应面法优化老山芹护绿工艺[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(17): 152—158.
WANG Ju, ZHANG Xiu-ling, GAO Ning, et al. Optimization of Chlorophyll Protection Technology of *Heracleum Moeuendorffii* Hance by Response Surface Methodology[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(17): 152—158.
- [19] 袁春新, 唐明霞, 吴浩, 等. 青花菜的速冻工艺[J]. *江苏农业学报*, 2008, 24(6): 929—931.
YUAN Chun-xin, TANG Ming-xia, WU Hao, et al. Quick Freezing Technology of Broccoli[J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2008, 24(6): 929—931.
- [20] 王清, 刘涛, 聂鹏程, 等. 野生蕨菜护色工艺及干燥方式研究[J]. *食品工业*, 2018, 39(3): 129—133.
WANG Qing, LIU Tao, NIE Peng-cheng, et al. Research of Color Preservation Technology and Drying Process of Wild *Pteridium Aquilinum*[J]. *The Food Industry*, 2018, 39(3): 129—133.
- [21] BHAT S, SAINI C S, SHARMA H K. Changes in Total Phenolic Content and Color of Bottle Gourd (*Lagenaria Siceraria*) Juice upon Conventional and Ohmic Blanching[J]. *Food Science & Biotechnology*, 2017, 26(1): 29—36.
- [22] 张文娥, 王长雷, 李雪, 等. 漂烫时间对铁核桃雄花序营养成分含量及抗氧化活性的影响[J]. *食品科学*, 2017, 38(18): 99—105.
ZHANG Wen-e, WANG Chang-lei, LI Xue, et al. Effects of Blanching Time on Nutritional Quality and Antioxidant Activities of Walnut (*Juglans Sigillata*) Male Inflorescences[J]. *Food Science*, 2017, 38(18): 99—105.
- [23] 彭燕, 顾伟钢, 储银. 不同烹饪处理对芹菜感官和营养品质的影响[J]. *中国食品学报*, 2012, 12(2): 81—87.
PENG Yan, GU Wei-gang, CHU Yin, et al. Effects of Different Cooking Treatments on the Sensory and Nutritional Quality of Celery[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2012, 12(2): 81—87.
- [24] 范东翠, 张懋, 王玉川, 等. 不同预处理对甜玉米粒干燥品质的影响[J]. *食品与生物技术学报*, 2014, 33(11): 1154—1159.
FAN Dong-cui, ZHANG Min, WANG Yu-chuan, et al. Effects of Different Pretreatments on the Quality of Dried Sweet Corn Kernels[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2014, 33(11): 1154—1159.
- [25] 王维君, 姚瑶, 于晋泽, 等. 菠菜速冻工艺研究[J]. *天津农业科学*, 2012, 18(5): 42—45.
WANG Wei-jun, YAO Yao, YU Jin-ze, et al. Study on Quick-frozen Technology of Spinach[J]. *Tianjin Agricultural Sciences*, 2012, 18(5): 42—45.
- [26] 康三江, 张永茂, 张海燕, 等. 漂烫对速冻苹果丁过氧化物酶活性及品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(23): 333—338.
KANG San-jiang, ZHANG Yong-mao, ZHANG Hai-yan, et al. Effect of Blanching on Peroxidase Activity and the Qualities of Quick-frozing Apple Cubes[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2015, 36(23): 333—338.
- [27] BHAT S, SAINI C S, KUMAR M, et al. Effect of Thermal and Alternate Thermal Processing on Bottle Gourd (*Lagenaria Siceraria*) Juice[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2016, 41(3): 1276—1282.
- [28] XIAO H W, BAI J W, SUN D W, et al. The Application of Superheated Steam Impingement Blanching (SSIB) in Agricultural Products Processing—a Review[J]. *Journal of Food Engineering*, 2014, 132: 39—47.
- [29] 刘艳春. 木瓜速冻前漂烫工艺的研究[C]//“食品工业新技术与新进展”学术研讨会暨 2014 年广东省食品学会年会论文集, 2014: 4.
LIU Yan-chun. Study on the Blanch Treatment Technology of *Carica Papaya* before Quick Freezing[C]//“New Technology and New Progress in Food Industry” Symposium and Proceedings of the 2014 Guangdong

- Food Society Annual Meeting, 2014: 4.
- [30] 龚吉军, 李忠海, 钟海雁, 等. 速冻山药热烫工艺研究[J]. 食品工业科技, 2006(11): 124—126.
- GONG Ji-jun, LI Zhong-hai, ZHONG Hai-yan, et al. Study on the Hot Stamping Process of Yam of Quick-frozing[J]. Science and Technology of Food Industry, 2006(11): 124—126.
- [31] SINGH H P, RAVINDRANATH S D. Occurrence and Distribution of PPO Activity in Floral Organs of Some Standard and Local Cultivars of Tea[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2010, 64(1): 117—120.
- [32] 许韩山, 张愨, 孙金才. 速冻毛豆漂烫工艺[J]. 食品与生物技术学报, 2009(1): 38—43.
- XU Han-shan, ZHANG Min, SUN Jin-cai. Blanch Treatment Technology of Vegetable before Quick Freezing[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2009(1): 38—43.
- [33] 任广明, 许修宏, 曲娟娟, 等. 基于响应曲面法的灵芝多糖铁(III)配合工艺优化[J]. 中国食品学报, 2016, 16(2): 98—102.
- REN Guang-ming, XU Xiu-hong, QU Juan-juan, et al. Process Optimization for Synthesis of G. Lucidum Polysaccharides-Iron (III) Complex Base on Response Surface Methodology[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(2): 98—102.