

文章编号: 1004-4353(2021)02-0165-05

抑制苹果梨汁酶促褐变的研究

熊思瑞, 郭玉媛, 张智勇, 金铁岩*

(延边大学 农学院, 吉林 延吉 133002)

摘要: 以色度、褐变率、总酚含量、多酚氧化酶活性及苹果梨汁的感官评价等 5 个指标作为评价标准,考察了 3 种处理方法(水浴处理法、抗坏血酸处理法和硫代硫酸钠处理法)对苹果梨汁酶促褐变的抑制效果.结果表明,3 种处理方法均可有效抑制酶促褐变,且均对苹果梨汁的感官品质无明显影响.经对比上述 3 种处理方法在处理苹果梨汁后放置不同时间的各指标显示,添加体积分数为 0.075% 的抗坏血酸时其抑制酶促褐变的效果优于其他 2 种方法.本文研究结果可为解决苹果梨深加工中出现的酶促褐变现象提供参考.

关键词: 苹果梨汁; 酶促褐变; 抗坏血酸; 抑制作用

中图分类号: TS255.36

文献标识码: A

Study on inhibiting enzymatic browning of apple-pear juice

XIONG Sirui, GUO Yuyuan, ZHANG Zhiyong, JIN Tieyan*

(College of Agriculture, Yanbian University, Yanji 133002, China)

Abstract: The inhibition effects of three methods (water bath, ascorbic acid treatment and sodium thiosulfate treatment) on enzymatic browning of apple-pear juice were investigated using five indexes, including chroma, browning rate, total phenol content, polyphenol oxidase activity and sensory evaluation. The results showed that the three methods could effectively inhibit enzymatic browning. Fortunately, there is no obvious effect on the sensory evaluation of apple-pear juice. By comparing the indexes of the above three treatment methods in different time after processing apple pear juice, the inhibition effect of adding 0.075% ascorbic acid was better than the other two methods. The results of this study can provide reference for solving the browning phenomenon in the further processing of apple-pear juice.

Keywords: apple-pear juice; enzymatic browning; ascorbic acid; inhibition

0 引言

苹果梨(*Pyrus ussuriensis* var *ovoidea*)是蔷薇科梨属果树的果实,主产于吉林省龙井市^[1].苹果梨果大肉多,甜酸适度,营养丰富,具有润肺止咳、软化血管、抗氧化等功效^[2].由于苹果梨鲜果不易储藏,易于造成浪费,因此近年来一些学者及企业对苹果梨的深加工进行了研究,其中将苹果梨加工成汁制品是苹果梨深加工的一个重要方向.但由于苹果梨汁在加工过程中会发生酶促褐变,进

而影响果汁的品相和营养,因此研究如何降低苹果梨汁的酶促褐变率具有重要意义^[3-4].研究表明,苹果梨汁发生酶促褐变的主要原因是苹果梨中的多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)能够催化酚类物质并将其氧化成为醌,进而生成棕褐色或黑色的色素^[5].目前,抑制酶促褐变的主要方法有 3 种:一是热处理法,该方法可使植物组织中的酶类失活,并能够提高出汁率;二是还原剂处理法,该方法可将氧化的醌还原为酚类物质,并能够

收稿日期: 2021-01-11

* 通信作者: 金铁岩(1968—),男,博士,副教授,研究方向为食品发酵与酿造.

阻止醌类物质进一步自发聚合而形成色素;三是酚酶制剂处理法,该方法不仅可有效抑制酶的活性,还可有利于保持食品的自然风味.目前为止还未见有关抑制苹果梨汁酶促褐变的研究报道,基于此本文采用水浴处理法、抗坏血酸处理法和硫代硫酸钠处理法等 3 种方法考察了其对苹果梨汁酶促褐变的抑制效果,以期为苹果梨汁的加工工艺提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

苹果梨,采购于吉林省延边龙华集团果树农场;抗坏血酸、可溶性淀粉、没食子酸、多酚氧化酶,青岛高科园海博生物技术有限公司生产(BR 级);硫代硫酸钠、邻苯二酚、碘酸钾、偏磷酸、福林-酚试剂、碘化钾、碳酸钠、磷酸二氢钾,天津科密欧化学试剂有限公司生产(AR 级);氢氧化钠,沈阳试剂五厂生产(AR 级).

磷酸缓冲液(pH 6.4)的配置:称取 5.44 g 磷酸二氢钾置于烧杯中,用蒸馏水溶解后加入 10 mL 1 mol/L 的氢氧化钠溶液;在溶液中加入蒸馏水将溶液定容至 200 mL,并保存于磨口玻璃瓶中.

可溶性淀粉溶液(0.5%)的配置:称取 0.5 g 可溶性淀粉置于烧杯中,用蒸馏水溶解后再加入沸腾的蒸馏水使其充分溶解,放凉至室温后定容至 100 mL.

碘酸钾溶液(0.01 mol/L)的配置:称取 0.356 6 g 碘酸钾置于烧杯中,用蒸馏水溶解后加入 5 mL 1 mol/L 的氢氧化钠溶液和 2 g 碘化钾;在溶液中加入蒸馏水,将溶液定容至 1 000 mL 的棕色容量瓶中.

没食子酸标准溶液的配置:分别吸取 0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 mL 和 0.6 mL 质量浓度为 0.1 mg/mL 的没食子酸溶液置于 10 mL 容量瓶中,然后加入 1.0 mL 的福林-酚试剂,摇匀;再加入 3.0 mL 100 g/L 的碳酸钠溶液,混匀,定容,并在室温下避光放置 2 h.在 765 nm 的波长下,测定不同浓度下没食子酸标准溶液的吸光度值(3 组平行对照),并绘制标准曲线(见图 1).

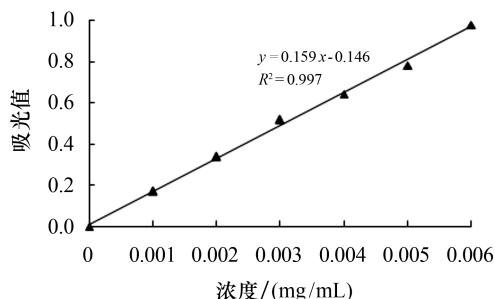


图 1 没食子酸标准曲线

1.2 仪器与设备

CM-5 型分光测色仪,柯尼卡美能达投资有限公司;FA-N/JA-N 型电子天平,上海民桥精密科学仪器有限公司;DK-8D 型数显恒温水浴锅,上海精宏实验设备有限公司;U-3900 型紫外分光光度计,HITACHI 公司;101 型电热鼓风干燥箱,泰斯特仪器有限公司;MN-B 型榨汁机,济南松下乐妻电器有限公司.

1.3 苹果梨汁的加工工艺流程

苹果梨汁的加工工艺流程^[6]为:苹果梨→挑选→清洗→切丁→榨汁→过滤→抑制酶促褐变→苹果梨汁.

1.4 抑制苹果梨汁酶促褐变的处理方法及其测定方法

1)水浴处理法.将 500 mL 的苹果梨汁置于 1 000 mL 烧杯中,然后将其分别放入 60、65 °C 和 70 °C (温度过高会导致苹果梨汁的营养成分降低)水浴锅中加热 10 min^[7].在室温下,分别在苹果梨汁放置 0、15、30、60 min 时测定其褐变程度.

2)抗坏血酸处理法.将 500 mL 的苹果梨汁置于 1 000 mL 烧杯中,然后分别加入体积分数为 0.075%、0.10%、0.30% 和 0.50% 的抗坏血酸,并迅速搅拌后密封烧杯口(隔绝空气).在室温下,分别在苹果梨汁放置 0、15、30、60 min 时测定其褐变程度.

3)硫代硫酸钠处理法.将 500 mL 的苹果梨果汁置于 1 000 mL 烧杯中,然后分别加入 3.0、4.0、5.0 mg 和 6.0 mg 的硫代硫酸钠,并迅速搅拌后密封烧杯口(隔绝空气).在室温下,分别在苹果梨汁放置 0、15、30、60 min 时测定其褐变程度.

1.5 苹果梨汁褐变程度指标的测定方法

根据文献[6],本文选取 5 个指标(色度、褐变

率、总酚含量、多酚氧化酶活性及感官评价)测定苹果梨汁的褐变程度.色度采用 CM-5 型分光测色仪进行检测.褐变率^[8]的计算公式为 $A = \frac{L_0 - L_t}{L_0} \times 100\%$ (L_0 为样品在 0 min 时的明亮度, L_t 为样品在 t min 时的明亮度).总酚含量采用福林-酚法进行测定^[9].多酚氧化酶活性的测定方法为:将 1 mL 的苹果梨汁定容至 50 mL 容量瓶中,然后取 10 mL 定容后的苹果梨汁与 1 mL pH 6.4 的磷酸缓冲液、5 mL 0.4 mol/L 的抗坏血酸溶液和 5 mL 0.2% 的邻苯二酚溶液混匀;再振荡 2 min 后加入 5 mL 5% 的偏磷酸溶液;停止反应后加入 1 mL 0.5% 的可溶淀粉溶液,并用 0.01 mol/L 的碘酸钾溶液滴定^[10]苹果梨汁.利用颜色、风味、透明度和综合评价 4 个指标对苹果梨汁的感官品质进行评价,评价人员由随机抽取的 10 名延边大学食品科学与工程专业的学生组成.苹果梨汁的感官品质评价标准如表 1 所示.

表 1 苹果梨汁感官品质的评价标准

指标	分值	评分标准
颜色	7~5	橙色
	5~2	淡橙色
	2~1	无色
风味	7~6	具有浓郁的果香和酒香,气味纯正
	6~4	果香明显,但香气不够纯正
	4~2	果香清淡,无异味
	1	有异味
透明度	7~5	澄清,无沉淀
	5~2	澄清,有少量沉淀
	2~1	浑浊
综合评价	7~5	具有苹果梨汁的独特风格
	5~2	无明显的苹果梨汁风格
	2~1	无苹果梨汁的风格

1.6 数据处理

利用 Excel 中的“平均值±标准方差”对实验数据进行统计,并运用 SPSS 17.0 软件对褐变率、多酚氧化酶抑制率和感官品质进行单因素方差分析.

2 结果与分析

2.1 苹果梨汁的色度

研究表明,酶促褐变可降低苹果梨汁的色

度^[11].3 种处理方法对苹果梨汁色度的影响如图 2 所示.由图 2 可以看出,采用 3 种处理方法处理的苹果梨汁随放置时间其色度均出现下降趋势.放置 60 min 时:抗坏血酸处理法在添加 0.50% 的抗坏血酸时其色度值最高(78.15),但该值与添加 0.075% 的抗坏血酸所得的色度值(76.32)并无显著差异($P>0.05$);水浴处理法在 70 ℃ 时其色度值最高(64.52);硫代硫酸钠处理法在添加 0.012 mg/mL 的硫代硫酸钠时其色度值最高(64.02);空白组的色度值为 46.43.由以上可知,添加 0.075% 的抗坏血酸对保持苹果梨汁色度的效果相对最优.

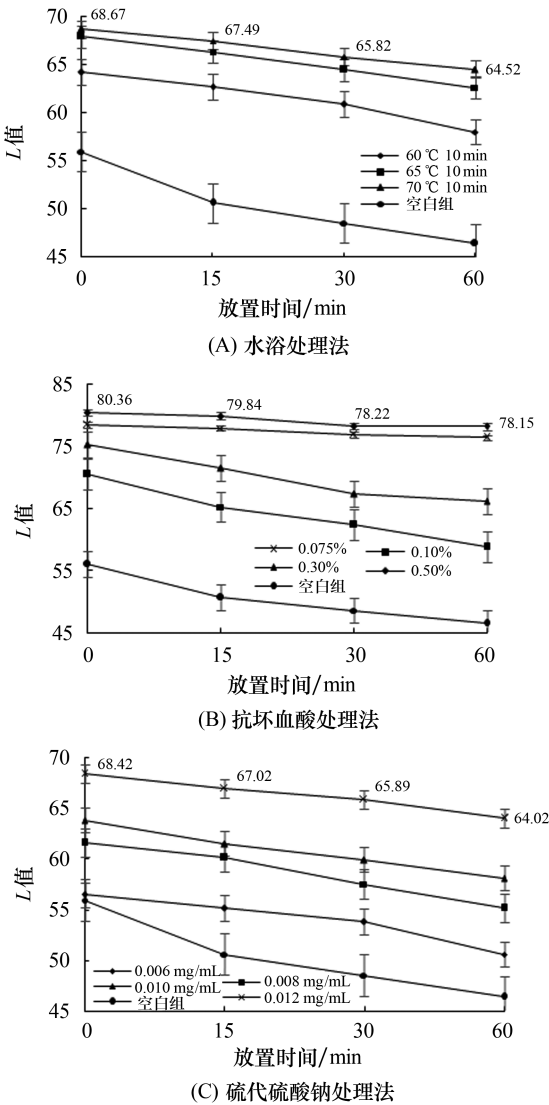


图 2 3 种处理方法对苹果梨汁色度的影响

2.2 苹果梨汁的总酚含量

研究表明,苹果梨汁的褐变程度与其总酚含量呈负相关^[12].3 种处理方法对苹果梨汁总酚含

量的影响如图 3 所示. 由图 3 可以看出,采用 3 种处理方法处理的苹果梨汁随放置时间其总酚含量均出现了下降趋势. 放置 60 min 时:抗坏血酸处理法在添加 0.075%的抗坏血酸时其总酚含量最高,为 0.178 mg/mL;水浴处理法在温度为 70 ℃ 时其总酚含量最高,为 0.021 mg/mL;硫代硫酸钠处理法在添加 0.012 mg/mL 的硫代硫酸钠时其总酚含量最高,为 0.032 mg/mL;空白组的总酚含量为 0.01 mg/mL. 由此可知,添加 0.075%的抗坏血酸对保持苹果梨汁总酚含量的效果相对最优.

2.3 苹果梨汁的褐变率

褐变率是评价果实贮藏效果的重要指标^[13]. 表 2 为不同处理方法处理苹果梨汁时的褐变率. 对照表 2 中的空白组可知,3 种处理方法均可抑制苹果梨汁的褐变,且各方法在不同放置时间的褐变率均存在显著性差异($P < 0.05$). 放置 60 min 时:抗坏血酸处理法在添加 0.075%的抗坏血酸时其褐变率最低,为 2.63%;水浴处理法在温度为 70 ℃ 时其褐变率最低,为 6.04%;硫代硫酸钠处理法在添加 0.012 mg/mL 的硫代硫酸钠时其褐变率最低,为 6.43%;空白组的褐变率为 17.06%. 由此可知,添加 0.075%的抗坏血酸对降低褐变率的效果相对最优.

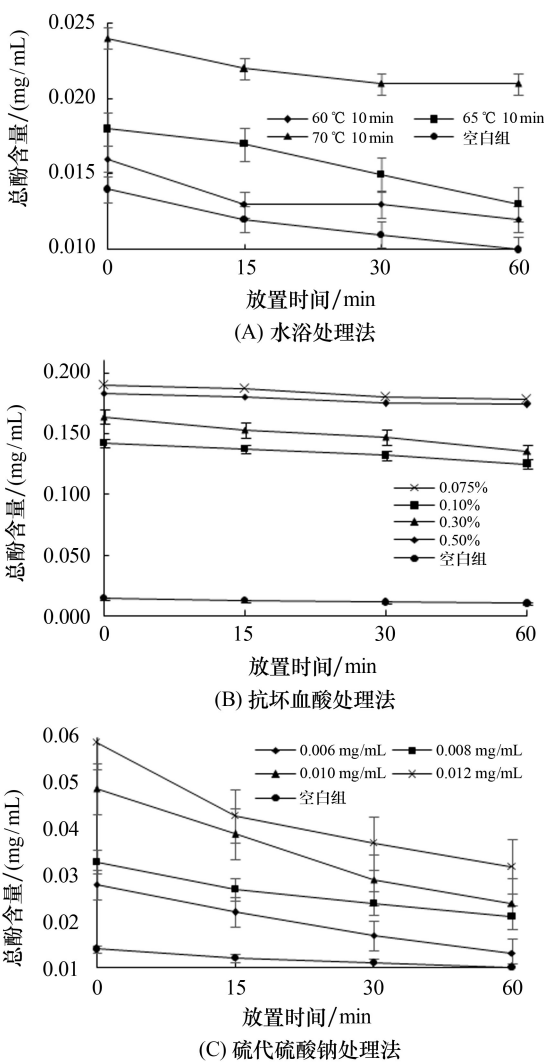


图 3 3 种处理方法对苹果梨汁总酚含量的影响

表 2 3 种处理方法的苹果梨汁褐变率

处理方法	温度或试剂添加量	不同放置时间的褐变率/%		
		15 min	30 min	60 min
无任何处理 (空白组)	室温	9.54±0.02 ^a	13.24±0.02 ^a	17.06±0.01 ^a
	60 ℃	2.44±0.02 ^e	5.20±0.03 ^f	9.65±0.02 ^f
水浴处理法	65 ℃	2.27±0.01 ^g	5.01±0.01 ^g	7.75±0.02 ^h
	70 ℃	1.72±0.01 ⁱ	4.15±0.02 ⁱ	6.04±0.02 ^j
	0.075%	0.64±0.02 ^j	1.99±0.02 ^j	2.63±0.01 ^l
抗坏血酸处理法	0.10%	7.50±0.03 ^b	11.52±0.03 ^b	16.56±0.01 ^b
	0.30%	4.95±0.01 ^c	10.49±0.01 ^c	12.22±0.02 ^c
	0.50%	0.65±0.01 ^j	2.67±0.01 ^k	2.75±0.02 ^k
	0.006 mg/mL	2.25±0.03 ^g	4.62±0.02 ^h	10.36±0.03 ^e
硫代硫酸钠 处理法	0.008 mg/mL	2.34±0.03 ^f	6.63±0.01 ^d	10.45±0.01 ^d
	0.010 mg/mL	3.63±0.02 ^d	6.11±0.02 ^e	8.94±0.01 ^g
	0.012 mg/mL	2.05±0.01 ^h	3.70±0.01 ^j	6.43±0.01 ⁱ

注: 1. 褐变率的数值为平均值±标准差($n=3$); 2. 同一列数值中,字母相同的表示其无显著性差异($P > 0.05$),字母不同的表示其差异显著($P < 0.05$).

2.4 苹果梨汁对多酚氧化酶的抑制作用

表 3 为不同处理方法对苹果梨汁多酚氧化酶的抑制率.由表 3 可以看出,放置 60 min 时:抗坏血酸处理方法在添加 0.50%的抗坏血酸时其对多酚氧化酶的抑制率最高(64.00%),水浴处理法在温度为 70 ℃ 时其对多酚氧化酶的抑制率最高(54.54%),硫代硫酸钠处理法在添加 0.012 mg/mL 的硫代硫酸钠时其对多酚氧化酶的抑制率最高(59.99%).考虑到添加 0.50%和 0.075%的抗坏血酸时其对多酚氧化酶的抑制率无显著性

差异($P>0.05$),以及实际加工苹果梨汁时的经济效益问题^[14],因此可将添加 0.075%抗坏血酸的处理方法作为相对最优的处理方法.

2.5 苹果梨汁的感官品质

表 4 是 3 种处理方法对苹果梨汁感官品质的影响.由表 4 可以看出,采用 3 种处理方法处理苹果梨汁所得的感官评分与空白组无显著性差异($P>0.05$),说明采用这 3 种处理方法处理苹果梨汁时不会对其感官品质产生明显影响.

表 3 3 种处理方法对苹果梨汁多酚氧化酶的抑制率

处理方法	温度或试剂添加量	不同放置时间的褐变率/%		
		15 min	30 min	60 min
水浴处理法	60 ℃	54.89±0.03 ⁱ	52.47±0.04 ^j	49.58±0.03 ^j
	65 ℃	57.44±0.02 ^h	55.67±0.02 ^h	51.07±0.02 ^h
	70 ℃	61.54±0.01 ⁱ	58.88±0.03 ⁱ	54.54±0.02 ⁱ
抗坏血酸处理法	0.075%	68.54±0.04 ^a	66.61±0.03 ^a	63.96±0.02 ^a
	0.10%	62.22±0.02 ^d	60.77±0.02 ^d	58.34±0.02 ^d
	0.30%	65.65±0.03 ^b	64.21±0.01 ^b	62.37±0.01 ^b
	0.50%	70.48±0.02 ^a	68.58±0.02 ^a	64.00±0.03 ^a
硫代硫酸钠处理法	0.006 mg/mL	56.74±0.01 ⁱ	56.07±0.03 ⁱ	54.03±0.02 ⁱ
	0.008 mg/mL	60.15±0.02 ^e	58.97±0.01 ^e	56.57±0.03 ^e
	0.010 mg/mL	61.79±0.04 ^e	59.54±0.01 ^e	57.56±0.02 ^e
	0.012 mg/mL	62.83±0.01 ^e	63.43±0.01 ^e	59.99±0.02 ^e

注:1.抑制率的数值为平均值±标准差($n=3$);2.同一列数值中,字母相同的表示其无显著性差异($P>0.05$),字母不同的表示其差异显著($P<0.05$).

表 4 3 种处理方法对苹果梨汁感官品质的影响

实验组别	色泽分数	香气分数	味道分数	综合评价分数
空白组	5.70±1.04 ^a	5.60±0.83 ^a	5.80±0.45 ^a	5.70±1.66 ^a
70℃水浴加热 10 min	6.10±0.38 ^a	5.70±0.26 ^a	5.80±0.48 ^a	5.80±0.34 ^a
添加 0.075%抗坏血酸	6.20±0.24 ^a	5.80±0.39 ^a	5.90±0.52 ^a	6.10±0.41 ^a
添加 0.012 mg/mL 硫代硫酸钠	5.90±0.48 ^a	5.70±0.26 ^a	5.70±0.37 ^b	5.90±0.82 ^a

注:1.感官品质的数值为平均值±标准差($n=3$);2.同一列数值中,字母相同的表示其无显著性差异($P>0.05$),字母不同的表示其差异显著($P<0.05$);3.色泽评分参照表 1 的颜色与透明度,香气与味道评分参照表 1 的风味.

3 结论

本文采用水浴处理法、硫代硫酸钠处理法及抗坏血酸处理法考察了其对苹果梨汁酶促褐变的抑制效果.结果显示:3 种处理方法均可有效抑制苹果梨汁的酶促褐变,且对苹果梨汁的感官品质无明显影响;在常温下添加 0.075%的抗坏血酸

时其抑制苹果梨汁酶促褐变的效果相对最优.本文研究结果可为解决苹果梨深加工中出现的酶促褐变现象提供参考.

参考文献:

[1] 姜伶.浅谈延边州苹果梨生产与贮藏加工现状及发展方向[D].延吉:延边大学,2014.

究中将考虑零件在多台机床加工时的优化方案,以更好地实现多种制造资源的优化配置。

参考文献:

- [1] 高博, 阎艳, 张发平, 等. 基于公差推理的零件聚类装夹规划方法研究[J]. 北京理工大学学报(自然科学版), 2015, 35(3): 236-241.
- [2] 高博, 胡晓宇, 彭珍瑞, 等. 基于智能水滴算法的装夹规划方法[J]. 中国机械工程, 2019, 30(21): 2539-2545.
- [3] 黄凤立, 左春桢, 顾金梅, 等. 基于加工操作单元的多态蚁群装夹规划方法[J]. 机械工程学报, 2017, 53(7): 164-172.
- [4] 欧阳华兵, 沈斌. 面向 STEP-NC 基于加工特征规则聚类的零件装夹规划[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(5): 973-980.
- [5] 孙习武, 褚学宁, 苏於梁, 等. 基于聚类分析法的装夹规划算法研究[J]. 计算机集成制造系统, 2009, 15(6): 1179-1186.
- [6] SHAN J J, MANTYLA M, NAU D S. Advances in Feature based Manufacturing[M]. Amsterdam • London • New York • Tokyo: Elsevier, 1994: 164-166.
- [7] PETER C C P, GADH R. Feature-based approach for setup minimization of process design from product design[J]. Computer-Aided Design, 1996, 28(5): 321-332.
- [8] ZHANG H C, ALTING L. Computerized Manufacturing Process Planning Systems[M]. London • Glasgow • New York • Tokyo • Melbourne • Madras: Chapman & Hall, 1994: 176-178.

(上接第 169 页)

- [2] 罗惠波, 卫春会, 王毅, 等. 菠萝果酒酿造工艺条件的优化[J]. 食品与发酵科技, 2012, 48(3): 94-96.
- [3] 王立正, 贾福晨, 李梁, 等. 苹果梨果汁澄清工艺研究[J]. 保鲜与加工, 2017, 17(6): 47-50.
- [4] 张先, 杜鑫, 韩苗苗, 等. 苹果梨澄清饮料加工工艺[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(2): 79-82.
- [5] 孟祥敏. 冰苹果梨发酵酒加工工艺优化及香气成分分析[D]. 长春: 吉林农业大学, 2018.
- [6] 朴银子. 苹果梨白兰地酿造工艺的研究[D]. 延吉: 延边大学, 2018.
- [7] 余明洁, 田丰伟, 范大明, 等. 高产 ϵ -聚赖氨酸白色链霉菌的复合诱变选育研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(7): 99-101.
- [8] 齐笑笑. 果蔬采后酶促褐变机理及控制方法研究进展[J]. 北方园艺, 2017(11): 190-194.
- [9] 彭丽桃, 蒋跃明. 适度加工果蔬褐变控制研究进展[J]. 亚热带植物科学, 2003, 32(4): 72-76.
- [10] 林倩, 吴昊, 刘芊辰, 等. 响应面法优化福林酚法测定冬枣中总酚含量[J]. 食品工业, 2020, 41(4): 86-90.
- [11] 陈春, 黎家妍, 黄泽鹏, 等. 氧化白藜芦醇对鲜切苹果及果汁褐变的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(20): 285-289.
- [12] ZHANG Z K, HUBER D J, QU H X, et al. Enzymatic browning and antioxidant activities in harvested litchi fruit as influenced by apple polyphenols[J]. Food Chemistry, 2015, 171: 191-199.
- [13] 孙扬扬. 基于膜脂代谢的常温贮藏南果梨果心褐变机理及调控研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2020.
- [14] LEDAUPHIN J, SAINT-CLAIR J F, LABLAN-QUIE O, et al. Identification of trace volatile compounds in freshly distilled Calvados and Cognac using preparative separations coupled with gas chromatography-mass spectrometry[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(16): 135-141.