

不同处理方式对鲜切马铃薯保鲜效果的影响

刘莉,陈华,廖宏钰,杨一峰,李欢欢,孟远杰,邓浪梅
(茅台学院 食品科学与工程系,贵州 仁怀 564502)

摘要: 该研究对鲜切马铃薯进行保鲜膜包装、真空包装、0.3% 茶多酚浸泡、0.4% 柠檬酸浸泡、0.1% D-异抗坏血酸钠浸泡、超声处理、微波处理,通过检测各项理化指标,探究不同处理方式对马铃薯的保鲜效果。结果表明,包装组中保鲜效果较好的是真空包装;浸泡处理组中保鲜效果较好的是0.4% 柠檬酸浸泡;杀菌处理组中杀菌效果较好的是微波处理。结合3种最佳方式处理鲜切马铃薯,并测定其失重率、褐变度、V_C含量、多酚氧化酶活性、过氧化酶活性、菌落总数。结果表明,0.4% 柠檬酸浸泡+真空包装+微波处理在减少干物质消耗、抑制褐变、抑制细菌生长等方面的效果较单一处理的保鲜效果更好。

关键词: 鲜切马铃薯;保鲜;浸泡;包装;杀菌

Fresh-Keeping Effects of Different Treatments on Fresh-Cut Potatoes

LIU Li, CHEN Hua, LIAO Hongyu, YANG Yifeng, LI Huanhuan, MENG Yuanjie, DENG Langmei
(Department of Food Science and Engineering, Moutai Institute, Renhuai 564502, Guizhou, China)

Abstract: Fresh-cut potatoes were treated in seven ways: wrapped in plastic wrap, vacuum packed, soaked in 0.3% tea polyphenols, soaked in 0.4% citric acid, soaked in 0.1% sodium D-isoascorbate, treated by ultrasonic, and treated by microwave. The fresh-keeping effects of these treatments were explored by detecting physical and chemical indexes. According to the tests, vacuum packaging had a better fresh-keeping effect between the packaging groups; soaking in 0.4% citric acid had the best fresh-keeping effect among the soaking treatment groups; microwave treatment had a better sterilization effect between the sterilization treatment groups. The three optimal approaches were combined to treat fresh-cut potatoes, and the weight loss rate, browning degree, V_C content, polyphenol oxidase activity, peroxidase activity, and the total number of colonies were determined. Results showed that the combination of 0.4% citric acid soaking+vacuum packaging+microwave treatment was better than single treatment in reducing dry matter consumption and inhibiting browning and growth of colonies.

Key words: fresh-cut potato; fresh-keeping; soak; packaging; sterilization

引文格式:

刘莉,陈华,廖宏钰,等.不同处理方式对鲜切马铃薯保鲜效果的影响[J].食品研究与开发,2025,46(6):74-81.

LIU Li, CHEN Hua, LIAO Hongyu, et al. Fresh-Keeping Effects of Different Treatments on Fresh-Cut Potatoes[J]. Food Research and Development, 2025, 46(6): 74-81.

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是茄科茄属的一年生草本植物,又称洋芋、土豆、地蛋等,其营养成分丰富,富含V_C、维生素B₁、维生素B₂、维生素B₆、泛酸及优质纤维素,还含有蛋白质、微量元素、氨基酸等营养

物质,易于被人体吸收与消化^[1]。鲜切果蔬又称最少加工果蔬、半加工果蔬、轻度加工果蔬等,是指以新鲜果蔬为原料,经分级、清洗、整修、去皮、切分、保鲜、包装等一系列处理后,再经过低温运输进入冷柜销售的

基金项目:茅台学院高层次人才科研启动经费项目(mygcerc[2022]093);遵义市科技计划项目(遵市科合HZ字(2021)327号);2022年国家大学生创新创业训练计划项目(202214625001X)

作者简介:刘莉(1989—),女(汉),副教授,硕士研究生,研究方向:农产品加工与贮藏工程。

即食或即用果蔬制品^[2]。

在鲜马铃薯在运输过程易遭受环境创伤,使得加工鲜切产品中存在着细菌繁殖、霉变、褐化、变软等问题^[3],而这些问题也成为当前中国鲜切果蔬加工业发展过程中的难点^[4-5]。

本文以马铃薯为原料,探究不同处理方式对鲜切马铃薯保鲜效果的影响,以期鲜切马铃薯在加工、贮藏中减少营养物质流失、降低褐变度、控制微生物的生长繁殖,提高其商品品质、延长货架期提高参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

马铃薯:市售;L(+)-抗坏血酸、30%过氧化氢、氯化钠、愈创木酚、邻苯二酚、草酸、无水乙醇、磷酸二氢钠、无水磷酸氢二钠(均为分析纯):国药集团化学试剂有限公司;葡萄糖(分析纯):成都金山化学试剂有限公司;无水柠檬酸、D-异抗坏血酸钠、98%茶多酚(均为食品级):河南万邦化工科技有限公司;酵母浸粉、蛋白胨、琼脂粉(均为生物试剂):天津市致远化学试剂有限公司。

P70F23P-G(S0)微波炉:广东格兰仕微波炉生活电器制造有限公司;KQ2200DE 数控超声波清洗机:昆山市超声仪器有限公司;UA-8000ST 紫外可见分光光度计:上海元析仪器有限公司;TDZ5-WS 离心机:长沙高新技术产业开发区湘仪离心机仪器有限公司;SPX-150B-Z 生化培养箱:上海博讯实业有限公司医疗设备厂;LDZF-30L 立式高压蒸汽灭菌:上海申安医疗器械厂;DGG-9240 电热恒温鼓风干燥箱:上海森信实验仪器有限公司;ST3100 实验室 pH 计:奥豪斯仪器(常州)有限公司;SN-HWS-8DJ 电热恒温水浴锅:尚仪科学仪器(绍兴)有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程

原料选择→清洗→去皮、切片→杀菌(护色或包装)→冷藏。

1.2.2 样品处理

将预处理好的马铃薯片捞出甩干,分3组处理。

包装组:分别采用真空包装袋、聚乙烯(polyethylene, PE)食品保鲜膜直接包装鲜切马铃薯片,放入冰箱冷藏。

浸泡组:分别将鲜切马铃薯片放入0.3%茶多酚溶液、0.4%柠檬酸溶液、0.1% D-异抗坏血酸钠中浸泡3 min后,取出甩干,PE食品保鲜膜包装后放入冰箱冷藏。

杀菌组:分别将鲜切马铃薯片进行超声处理或微波处理后,PE食品保鲜膜包装后放入冰箱冷藏。

对照组(未处理):将不经任何预处理的鲜切马铃

薯片用PE食品保鲜膜包装后放入冰箱冷藏。

冷藏的鲜切马铃薯每24 h取出测定1次相关指标,探究其理化性质在贮藏期间的变化。

1.2.3 品质变化指标测定

1.2.3.1 失重率

失重率以鲜切马铃薯片样品初始质量与贮藏数天后的鲜切马铃薯片样品质量之差占最初样品质量的百分比表示^[6]。

1.2.3.2 褐变度

取2.0 g样品于器皿中,加入5 mL 95%乙醇提取,研磨成浆,常温静置提取5 min,在4 000 r/min下离心20 min,取上清液,用紫外可见分光光度计在420 nm测其OD值^[7-8],以10倍OD值表示褐变度。

1.2.3.3 维生素C含量

参照GB 5009.86—2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》^[9]中的第三法2,6-二氯酚酚测定法测定维生素C含量。

1.2.3.4 菌落总数

参照GB 4789.2—2022《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》中的方法^[10]测定菌落总数。

1.2.3.5 多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)活性

粗酶液的提取:称取新鲜样品1.5 g,按质量比1:10加入蒸馏水,低温下匀浆2 min,过滤,取滤液备用。

PPO活性的测定:将2 mL的粗酶液、2 mL pH6.0磷酸缓冲液和8 mL 0.2%(0.02 mol/L)的邻苯二酚混合后于30℃下保温10 min,然后于410 nm处测定吸光度来表示PPO的相对活性。重复3次,每次1 min。

1.2.3.6 过氧化物酶(peroxidase, POD)活性

称取样品2.0 g,研磨成浆,加入2 mL磷酸缓冲液(0.1 mol/L, pH6.0),冰浴中研磨,加入3 mL磷酸缓冲液冲洗研钵。将溶液转移到离心管内,4 000 r/min离心20 min。取2.7 mL反应液(52.5 mL、0.1 mol/L、pH6.0磷酸缓冲液中加入12.5 mL 1.5%愈创木酚、5 mL 30%双氧水)40℃水浴锅内保温3 min后,加入0.3 mL上清液,迅速摇匀,测定470 nm波长下的吸光度,记录结果。每隔1 min记录1次,计算3 min内吸光度变化的平均值^[11]。

1.3 数据处理

运用Excel 2010整理分析试验数据,运用Graphpad Prism 8.0作图和统计分析。试验均重复3次以上,计算平均值。

2 结果与分析

2.1 不同包装方式对鲜切马铃薯理化性质的影响

2.1.1 不同包装方式对鲜切马铃薯失重率的影响

在贮藏过程中,鲜切马铃薯受到呼吸作用和蒸腾

作用的影响,容易出现失重现象^[12]。不同包装方式对鲜切马铃薯失重率的影响见图1。

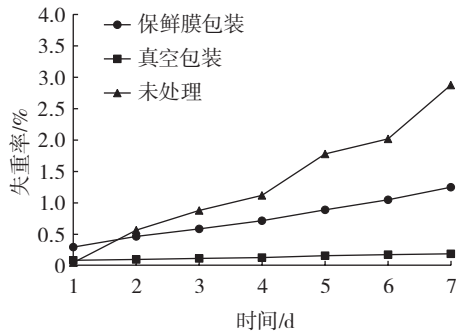


图1 不同包装方式对鲜切马铃薯失重率的影响

Fig.1 Effects of different packaging methods on weight loss rate of fresh-cut potatoes

由图1可知,不同包装方式处理下的马铃薯失重率均随贮藏时间延长而增加,未处理组的失重率1~7 d急速增长,保鲜膜包装组的失重率第1天增长较快,2~7 d稳步增长,且失重率均低于未处理组,真空包装组的失重率1~7 d增长不明显。说明真空包装组保持鲜切马铃薯水分的能力强于未处理组和保鲜膜包装组。

2.1.2 不同包装方式对鲜切马铃薯褐变度的影响

不同包装方式对鲜切马铃薯褐变度的影响见图2。

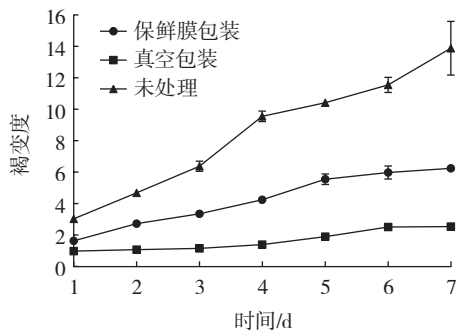


图2 不同包装方式对鲜切马铃薯褐变度的影响

Fig.2 Effects of different packaging methods on browning degree of fresh-cut potatoes

果蔬中的多酚类物质分布在液泡内,多酚氧化酶分布于细胞质内,因此不经过外力改变的情况下,不会发生酶促褐变^[13],马铃薯在削皮切片的过程中会影响酶的区域分布,与氧气接触,易发生酶促褐变^[14],酶促褐变是影响鲜切马铃薯品质和货架期的重要因素^[15]。由图2可知,在贮藏过程中,各组褐变度均增加,真空包装组和保鲜膜包装组的褐变度均低于未处理组,同时真空包装组褐变度均低于保鲜膜包装组。说明真空包装组在隔绝氧气、抑制酶促褐变方面的能力优于保鲜膜包装组和未处理组。

2.1.3 不同包装方式对鲜切马铃薯维生素C含量的影响

不同包装方式对鲜切马铃薯V_C含量的影响见图3。

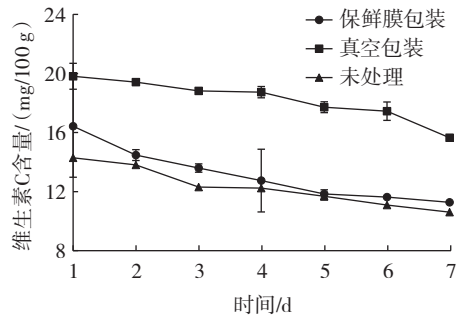


图3 不同包装方式对鲜切马铃薯V_C含量的影响

Fig.3 Effects of different packaging methods on V_C content of fresh-cut potatoes

鲜切马铃薯在没有经过处理的情况下,V_C很容易受到光照、温度、氧气等影响,加快V_C的分解,使其快速流失。由图3可知,随着贮藏时间的延长,各处理组的V_C含量降低,与未处理组相比,保鲜膜包装对V_C的流失有一定的抑制作用,但作用较小。而真空包装则能够有效抑制鲜切马铃薯V_C的流失,在第7天时,真空包装组的V_C含量为15.65 mg/100 g,而保鲜膜包装组仅有11.27 mg/100 g,说明真空包装的保鲜效果优于保鲜膜包装,更适于鲜切马铃薯的保鲜。

2.1.4 不同包装方式对鲜切马铃薯PPO活性的影响

不同包装方式对鲜切马铃薯PPO活性的影响见图4。

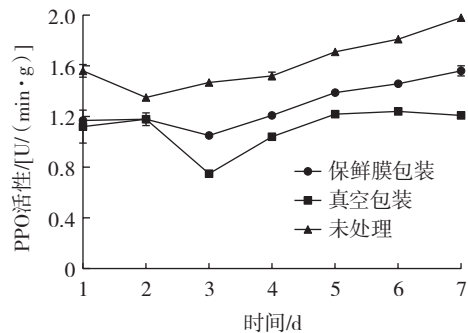


图4 不同包装方式对鲜切马铃薯PPO活性的影响

Fig.4 Effects of different packaging methods on PPO activity of fresh-cut potatoes

由图4可知,马铃薯加工过后,PPO活性有所波动,未处理组第1~2天呈现下降趋势,真空包装组和保鲜膜包装组在第2~3天呈下降趋势,未处理组和保鲜膜包装组后期呈现上升趋势,而真空包装组在第6天达到峰值后,开始呈现下降的趋势。总体来说,真空包装组的PPO活性在贮藏期间比未处理组和保鲜膜包装组低,真空包装组对PPO活性的抑制作用明显。

2.1.5 不同包装方式对鲜切马铃薯POD活性的影响

不同包装方式对鲜切马铃薯POD活性的影响见图5。

由图5可知,未处理组和保鲜膜包装组的POD活性呈上升趋势,并结合褐变度的变化,说明鲜切马铃薯

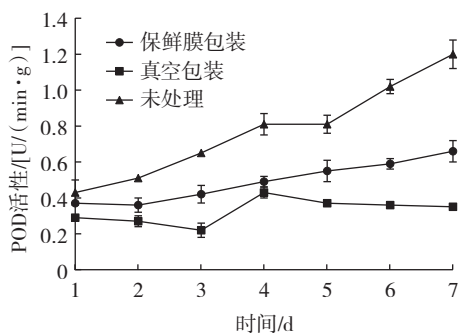


图5 不同包装方式对鲜切马铃薯 POD 活性的影响

Fig.5 Effects of different packaging methods on POD activity of fresh-cut potatoes

生理活动在贮藏过程中活跃,类黑精大量积累,导致未处理组和保鲜膜包装组产生严重褐变。真空包装组 POD 活性先下降后上升,在第 4 天达到最高后又下降,说明第 4 天真空包装组的生理活动最明显,后期 POD 活性下降,表明真空包装能抑制 POD 活性。

2.1.6 不同包装方式对鲜切马铃薯菌落总数的影响

不同包装方式对鲜切马铃薯菌落总数的影响见图 6。

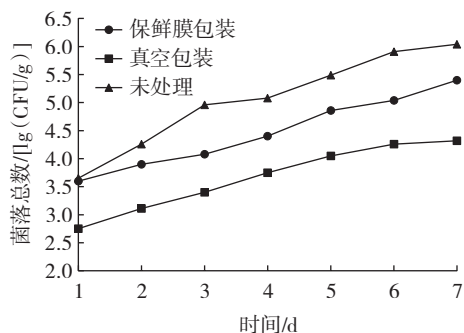


图6 不同包装方式对鲜切马铃薯菌落总数的影响

Fig.6 Effects of different packaging methods on total number of colonies in fresh-cut potatoes

由图 6 可知,随着贮藏时间的延长,各组的菌落总数增加,与未处理组相比,保鲜膜包装组的变化不明显,可能是因为保鲜膜密封效果不理想,在贮藏过程中氧气进入,造成微生物大量繁殖。而真空包装组隔绝了氧气,有效地抑制了好氧微生物的生长繁殖^[16]。

2.2 不同浸泡方式对鲜切马铃薯理化性质的影响

2.2.1 不同浸泡方式对鲜切马铃薯失重率的影响

不同浸泡方式对鲜切马铃薯失重率的影响见图 7。

由图 7 可知,随着贮藏时间的延长,未处理组的失重率在第 1 天时与各组差异不大,从第 2 天开始差异增大,通过对比 0.3% 茶多酚组和 0.4% 柠檬酸组发现,在贮藏过程中两组失重率的变化差异不明显。贮藏到第 7 天时,未处理组的失重率最大,其次是 0.1% D-异抗坏血酸钠组,然后是 0.3% 茶多酚组,最后是 0.4% 柠檬酸组。说明 0.4% 柠檬酸组保持鲜切马铃薯水分的能力优于未处理组、0.1% D-异抗坏血酸钠组和

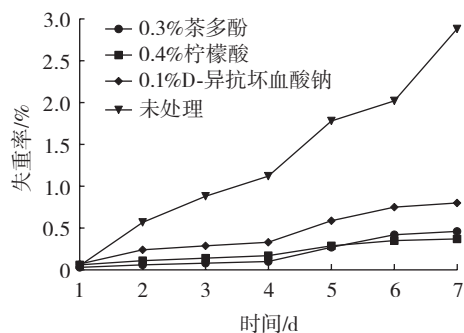


图7 不同浸泡方式对鲜切马铃薯失重率的影响

Fig.7 Effects of different soaking methods on weight loss rate of fresh-cut potatoes

0.3% 茶多酚组。

2.2.2 不同浸泡方式对鲜切马铃薯褐变度的影响

不同浸泡方式对鲜切马铃薯褐变度的影响见图 8。

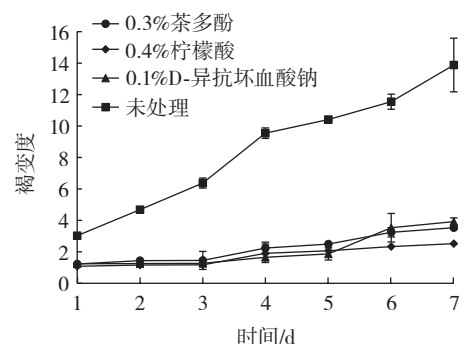


图8 不同浸泡方式对鲜切马铃薯褐变度的影响

Fig.8 Effects of different soaking methods on browning degree of fresh-cut potatoes

由图 8 可知,与未处理组相比,各处理组对鲜切马铃薯的褐变度均有抑制作用。第 1~5 天,0.3% 茶多酚组、0.4% 柠檬酸组、0.1% D-异抗坏血酸钠组褐变度相差不多。从第 5 天开始,0.1% D-异抗坏血酸钠组褐变度快速升高并超过 0.3% 茶多酚组,而 0.3% 茶多酚组和 0.4% 柠檬酸组的褐变度平缓上升,到第 7 天时,0.3% 茶多酚组褐变度为 3.54,0.4% 柠檬酸组褐变度为 2.53,0.1% D-异抗坏血酸钠组褐变度为 3.93。可以看出 0.4% 柠檬酸组褐变度远低于其他两组,说明 0.4% 柠檬酸处理具有较好的抑制褐变的效果。

2.2.3 不同浸泡方式对鲜切马铃薯 V_C 含量的影响

不同浸泡方式对鲜切马铃薯 V_C 含量的影响见图 9。

由图 9 可知,不同浸泡方式处理的鲜切马铃薯 V_C 含量在贮藏过程明显高于未处理组。随着贮藏时间的延长,各处理组的 V_C 含量降低,0.1% D-异抗坏血酸钠组在第 1~5 天 V_C 含量变化相对稳定,第 5 天开始急速下降,可能是由于微生物的生长繁殖。0.3% 茶多酚组在 2~6 d 的 V_C 含量低于 0.4% 柠檬酸组和 0.1% D-异抗坏血酸钠组,0.4% 柠檬酸处理组的 V_C 含量下降趋势相对平缓,第 7 天时,其 V_C 含量高于其他组。

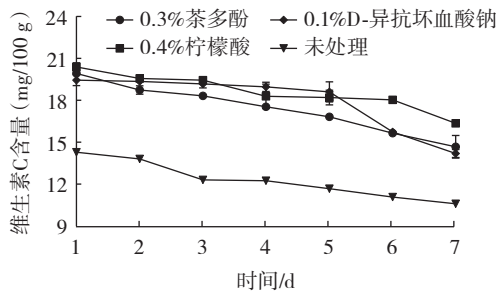


图9 不同浸泡方式对鲜切马铃薯 V_c 含量的影响

Fig.9 Effects of different soaking methods on V_c content in fresh-cut potatoes

2.2.4 不同浸泡方式对鲜切马铃薯 PPO 活性的影响

不同浸泡方式对鲜切马铃薯 PPO 活性的影响见图 10。

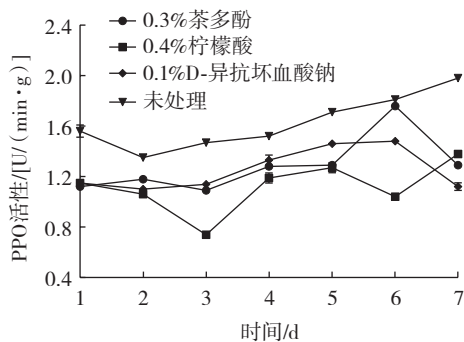


图10 不同浸泡方式对鲜切马铃薯 PPO 活性的影响

Fig.10 Effects of different soaking methods on PPO activity of fresh-cut potatoes

鲜切马铃薯在处理过后,由于破坏了酶的分,导致酶的活性出现了较大的波动,由图 10 可知,未处理组 PPO 活性在第 1~2 天下降,随后呈现上升趋势,其 PPO 活性明显高于其他处理组。0.1% D-异抗坏血酸钠组 PPO 活性第 1~2 天下降,随后上升,在第 6 天开始下降,可能是微生物繁殖或者其他因素造成。0.3% 茶多酚组的变化趋势与 0.1% D-异抗坏血酸钠组相似,而 0.4% 柠檬酸组 PPO 活性第 1~3 天急速下降,随后整体呈上升趋势,到第 7 天时,其 PPO 活性超过 0.1% D-异抗坏血酸钠组和 0.3% 茶多酚组,但其酶活性的最大值小于 0.1% D-异抗坏血酸钠组和 0.3% 茶多酚组。由此可见,0.4% 柠檬酸更适于鲜切马铃薯的保鲜^[17]。

2.2.5 不同浸泡方式对鲜切马铃薯 POD 活性的影响

不同浸泡方式对鲜切马铃薯 POD 活性的影响见图 11。

由图 11 可知,各处理组的 POD 活性波动变化,未处理组 POD 活性始终高于其他组,第 1~4 天各组 POD 活性均呈现上升趋势,第 4~5 天,由于微生物的生长繁殖,POD 活性受到抑制,POD 活性下降,第 5~7 天 POD 活性开始增加,并且各组 POD 活性在第 7 天达到最大值,说明此时各处理组的生理活动最剧烈,并且 0.4%

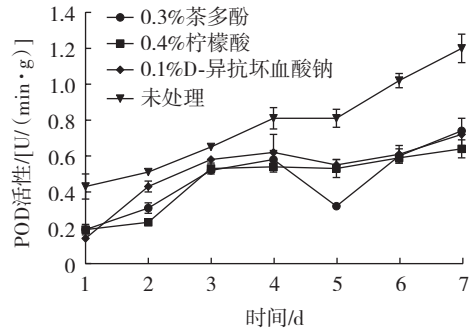


图11 不同浸泡方式对鲜切马铃薯 POD 活性的影响

Fig.11 Effects of different soaking methods on POD activity of fresh-cut potatoes

柠檬酸组的 POD 活性最大值小于 0.1% D-异抗坏血酸钠组和 0.3% 茶多酚组。由此可见,0.4% 柠檬酸组抑制 POD 活性效果优于 0.3% 茶多酚组和 0.1% D-异抗坏血酸钠组^[18]。

2.2.6 不同浸泡方式对鲜切马铃薯菌落总数的影响

不同浸泡方式对鲜切马铃薯菌落总数的影响见图 12。

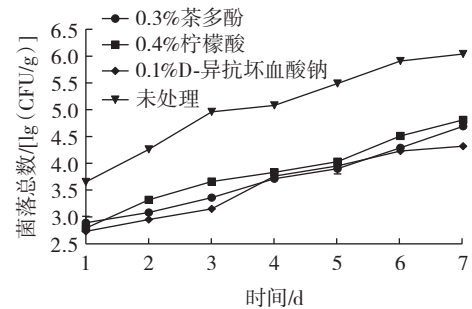


图12 不同浸泡方式对鲜切马铃薯菌落总数的影响

Fig.12 Effects of different soaking methods on total number of colonies in fresh-cut potatoes

由图 12 可知,0.4% 柠檬酸组、0.1% D-异抗坏血酸钠组和 0.3% 茶多酚组对微生物的生长均具有明显抑制作用,但各组之间的差异不大,可能是因为各处理组的浓度均较低,表现出的抑菌作用不明显。

2.3 不同杀菌方式对鲜切马铃薯理化性质的影响

2.3.1 不同杀菌方式对鲜切马铃薯失重率的影响

不同杀菌方式对鲜切马铃薯失重率的影响见图 13。

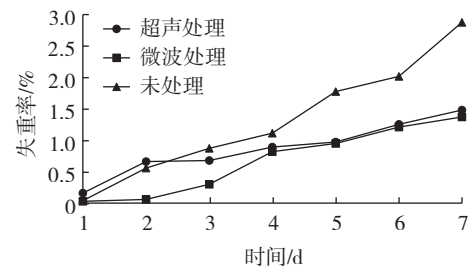


图13 不同杀菌方式对鲜切马铃薯失重率的影响

Fig.13 Effects of different sterilization methods on weight loss rate of fresh-cut potatoes

由图 13 可知,随着贮藏时间的延长,各处理组的失重率上升,超声处理组和微波处理组与未处理组相比,变化不明显,贮藏前 2 d,超声处理组的失重率超过未处理组,这是由于超声处理能够使细胞破裂,造成水分和营养物质的损失。从第 2 天开始超声处理组的失重率始终低于未处理组,微波处理组的失重率始终低于其他两组。与超声处理组相比,微波处理更适用于鲜切马铃薯的保鲜。

2.3.2 不同杀菌方式对鲜切马铃薯褐变度的影响

不同杀菌方式对鲜切马铃薯褐变度的影响见图 14。

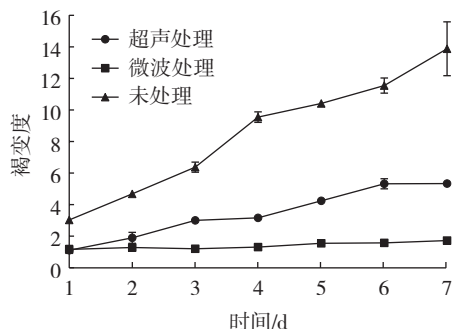


图 14 不同杀菌方式对鲜切马铃薯褐变度的影响

Fig.14 Effects of different sterilization methods on browning degree of fresh-cut potatoes

由图 14 可以看出,超声处理与微波处理均能有效降低鲜切马铃薯的褐变度,但在具体效果上存在差异。超声处理由于采用的功率较低,意外地激活了相关酶的活性,促使类黑精物质迅速累积^[19]。因此,在贮藏的第 3 天,马铃薯出现了明显的变黑现象,保鲜效果未能达到预期的理想状态。相比之下,微波处理在抑制褐变方面表现得更为稳定与优越。而微波处理组在贮藏期间褐变度变化不明显且均小于超声处理组,在抑制褐变效果上优于超声处理组^[20]。

2.3.3 不同杀菌方式对鲜切马铃薯 V_C 含量的影响

不同杀菌方式对鲜切马铃薯 V_C 含量的影响见图 15。

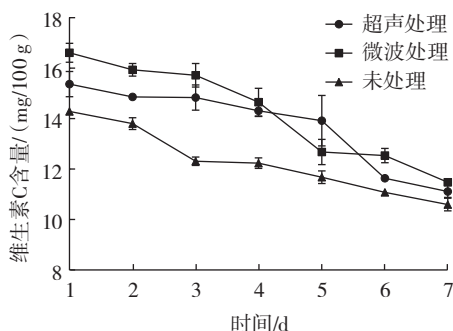


图 15 不同杀菌方式对鲜切马铃薯 V_C 含量的影响

Fig.15 Effects of different sterilization methods on V_C content in fresh-cut potatoes

由图 15 可知,超声处理和微波处理对 V_C 的流失有一定的抑制作用,但效果不明显。贮藏前 5 d 超声

处理组 V_C 含量下降趋势较平缓,从第 5 天开始急速下降,微波处理组在第 4 天后急速下降,且 V_C 含量低于超声处理,到第 7 天时,其 V_C 含量高于超声处理组。综合分析可知,微波处理更适用于鲜切马铃薯保鲜。

2.3.4 不同杀菌方式对鲜切马铃薯 PPO 活性的影响

不同杀菌方式对鲜切马铃薯 PPO 活性的影响见图 16。

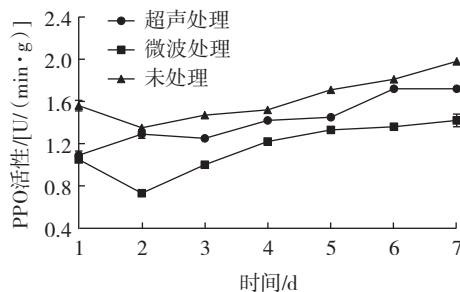


图 16 不同杀菌方式对鲜切马铃薯 PPO 活性的影响

Fig.16 Effects of different sterilization methods on PPO activity of fresh-cut potatoes

由图 16 可知,PPO 活性随着贮藏时间的延长整体呈现上升的趋势,超声处理组与未处理组相比,变化不明显,而微波处理组与未处理组比较变化明显,且微波处理组 PPO 活性均小于其他两组。说明微波处理后的鲜切马铃薯抑制 PPO 活性的能力强于超声处理组。

2.3.5 不同杀菌方式对鲜切马铃薯 POD 活性的影响

不同杀菌方式对鲜切马铃薯 POD 活性的影响见图 17。

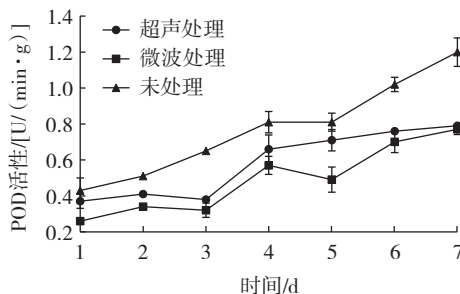


图 17 不同杀菌方式对鲜切马铃薯 POD 活性的影响

Fig.17 Effects of different sterilization methods on POD activity of fresh-cut potatoes

由图 17 可知,与未处理组相比,经过杀菌处理后的鲜切马铃薯的 POD 活性均受到了抑制,并且随着贮藏时间的延长,整体呈现上升的变化趋势,其中微波处理组的 POD 活性低于其他两组^[21],说明微波处理抑制 POD 活性的能力优于超声处理。

2.3.6 不同杀菌方式对鲜切马铃薯菌落总数的影响

不同杀菌方式对鲜切马铃薯菌落总数的影响见图 18。

超声空化效应引起的物理、机械和化学作用能够杀死微生物,解离微生物簇或絮凝物^[22]。微波杀菌是

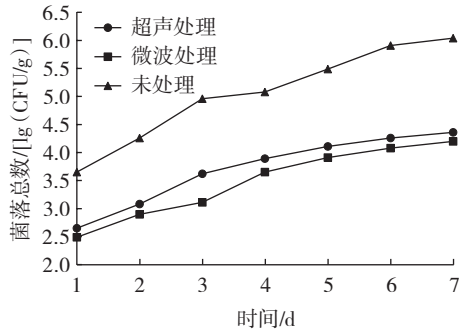


图 18 不同杀菌方式对鲜切马铃薯菌落总数的影响

Fig.18 Effects of different sterilization methods on total number of colonies in fresh-cut potatoes

一种新型的杀菌技术,具有穿透力强、加热时间短、加热均匀等特点,通过热效应和非热效应共同作用,杀灭细菌。从图 18 可以看出,各处理组的菌落总数均增加,且微波处理组的菌落总数始终低于超声处理组,说明微波处理杀灭细菌和抑菌效果优于超声处理。

2.4 结合处理方式对鲜切马铃薯理化性质的影响

根据前期试验结果,将 3 种处理方式中对鲜切马铃薯具有较好保鲜效果的处理条件结合,并与每种处理方式中对鲜切马铃薯具有较好保鲜效果的单一方式进行对比,结果如表 1 所示。

表 1 不同处理方式对鲜切马铃薯保鲜期间理化性质的影响
Table 1 Effects of different treatment methods on the physicochemical properties of fresh-cut potatoes during preservation period

处理方式	贮藏时间/d	失重率/%	褐变度	维生素 C 含量/(mg/100 g)	PPO 活性/[U/(min·g)]	POD 活性/[U/(min·g)]	菌落总数/(CFU/g)
未处理	1	0.05	3.03	14.29	1.56	0.43	3.65
	2	0.57	4.69	13.80	1.35	0.51	4.26
	3	0.88	6.38	12.31	1.47	0.65	4.96
	4	1.12	9.55	12.24	1.52	0.81	5.08
	5	1.78	10.42	11.68	1.71	0.81	5.49
	6	2.02	11.55	11.08	1.81	1.02	5.91
	7	2.88	13.89	10.60	1.98	1.20	6.04
真空包装	1	0.09	0.98	19.82	1.12	0.29	2.75
	2	0.10	1.07	19.42	1.18	0.27	3.11
	3	0.12	1.15	18.82	0.75	0.22	3.40
	4	0.13	1.39	18.73	1.04	0.43	3.75
	5	0.16	1.90	17.72	1.22	0.37	4.05
	6	0.18	2.51	17.45	1.24	0.36	4.26
	7	0.19	2.54	15.65	1.21	0.35	4.32
微波处理	1	0.04	1.17	16.61	1.05	0.26	2.49
	2	0.07	1.28	15.94	0.73	0.34	2.90
	3	0.31	1.21	15.72	1.00	0.32	3.11
	4	0.83	1.31	14.65	1.22	0.57	3.65
	5	0.96	1.55	12.68	1.33	0.49	3.91
	6	1.22	1.58	12.54	1.36	0.70	4.08
	7	1.38	1.72	11.48	1.42	0.77	4.20

续表 1 不同处理方式对鲜切马铃薯保鲜期间理化性质的影响
Continue table 1 Effects of different treatment methods on the physicochemical properties of fresh-cut potatoes during preservation period

处理方式	贮藏时间/d	失重率/%	褐变度	维生素 C 含量/(mg/100 g)	PPO 活性/[U/(min·g)]	POD 活性/[U/(min·g)]	菌落总数/(CFU/g)
0.4%	1	0	1.08	20.39	1.15	0.19	2.79
柠檬酸	2	0.06	1.17	19.56	1.06	0.23	3.32
浸泡	3	0.11	1.18	19.45	0.74	0.53	3.66
	4	0.14	1.92	18.29	1.19	0.54	3.83
	5	0.17	2.07	18.20	1.27	0.53	4.03
	6	0.29	2.34	18.04	1.04	0.59	4.51
	7	0.35	2.53	16.36	1.38	0.64	4.81
0.4%	1	0.01	0.96	16.43	1.09	0.14	2.45
柠檬酸+	2	0.08	1.01	16.34	0.82	0.23	2.72
真空+	3	0.08	1.03	15.72	0.51	0.24	2.85
微波	4	0.09	1.09	15.55	0.94	0.20	2.99
	5	0.09	1.14	14.93	1.14	0.18	3.11
	6	0.10	1.26	14.84	1.17	0.17	3.62
	7	0.15	1.60	14.66	1.16	0.20	3.89

由表 1 可知,微波+真空+0.4% 柠檬酸结合处理的鲜切马铃薯失重率、褐变度、V_c 含量、PPO 活性、POD 活性均随贮藏时间的延长整体增加,相较于真空包装组、微波处理组及 0.4% 柠檬酸处理组,复合处理方式展现出更为显著的优势。这种处理方式首先通过 0.4% 柠檬酸在鲜切马铃薯表面形成一层半透膜,有效保护其原有色泽。随后,微波处理高效地杀灭了大部分微生物,而真空包装则进一步隔绝了大部分氧气,从而显著减少了维生素 C 的损失。此外,这种复合处理还对鲜切马铃薯的干物质和水分含量起到了良好的保护作用,综合提升了鲜切马铃薯的保鲜品质。

3 结论

试验采用 0.4% 柠檬酸与微波等多种处理方式处理鲜切马铃薯,探究其失重率、V_c 含量、褐变度、PPO 活性、POD 活性、菌落总数在贮藏期间的变化。综合各项理化指标结果发现,7 种处理方式中 0.4% 柠檬酸组、真空包装组和微波处理组的保鲜效果较好。

将 0.4% 柠檬酸、真空包装、微波处理结合,通过分析失重率、V_c 含量、褐变度、PPO 活性、POD 活性、菌落总数在贮藏期间的变化,得出该处理在保持干物质和水分流失、菌落总数、抑制褐变、抑制酶活性方面均比 0.4% 柠檬酸组、微波处理组和真空包装组好。V_c 含量变化较微波处理组、未处理组、0.4% 柠檬酸组和真空包装组更稳定。

参考文献:

[1] 刘阳,凡丽萍.不同处理方式对鲜切土豆保鲜技术的初步探究

- [J]. 四川农业科技, 2021(10): 55-61.
- LIU Yang, FAN Liping. Preliminary study on fresh-keeping technology of fresh-cut potatoes with different treatment methods[J]. Sichuan Agricultural Science and Technology, 2021(10): 55-61.
- [2] 华雪兰. 鲜切果蔬加工工艺与保鲜技术分析[J]. 农业开发与装备, 2022(9): 206-208.
- HUA Xuelan. Analysis of processing technology and preservation technology of fresh-cut fruits and vegetables[J]. Agricultural Development & Equipments, 2022(9): 206-208.
- [3] 张璐. 马铃薯块茎褐变过程中PPO活性分析[D]. 西宁: 青海大学, 2020.
- ZHANG Lu. Analysis of PPO activity during potato tuber browning [D]. Xining: Qinghai University, 2020.
- [4] 柳青, 陈晓琪, 黄广学, 等. 鲜切果蔬品质控制技术研究进展[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(6): 217-224.
- LIU Qing, CHEN Xiaoqi, HUANG Guangxue, et al. Progress on research into quality control technology for fresh-cut fruit and vegetables[J]. Food Research and Development, 2022, 43(6): 217-224.
- [5] 王娇, 杨得草. 鲜切果蔬保鲜技术研究进展[J]. 现代食品, 2022, 28(1): 10-13.
- WANG Jiao, YANG Decao. Research progress of fresh-cut fruits and vegetables preservation technology[J]. Modern Food, 2022, 28(1): 10-13.
- [6] WU S J. Extending shelf-life of fresh-cut potato with cactus *Opuntia dillenii* polysaccharide-based edible coatings[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 130: 640-644.
- [7] 于一凡. 非电解微酸性次氯酸水对鲜切莴笋保鲜效果的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2019.
- YU Yifan. Study on the fresh-keeping effect of non-electrolytic slightly acidic hypochlorous acid water on fresh-cut lettuce[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2019.
- [8] 俞颖强. 鲜切马铃薯保鲜技术研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2015.
- YU Yingqiang. Study on fresh-keeping technology of fresh-cut potato[D]. Hangzhou: Zhejiang A & F University, 2015.
- [9] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定: GB 5009.86—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard Determination of ascorbic acid in foods: GB 5009.86—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [10] 国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789.2—2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- National Health Commission of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation. National food safety standard Microbiological examination of food Aerobic plate count: GB 4789.2—2022[S]. Beijing: Standards Press of China, 2022.
- [11] 关正萍, 郭少珏, 肖春玲, 等. 低温处理对鲜切马铃薯片保鲜的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(15): 230-234.
- GUAN Zhengping, GUO Shaojue, XIAO Chunling, et al. Effect of low temperature treatment on preservation of fresh-cut potato chips [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2020, 48(15): 230-234.
- [12] 王允祥, 成纪予, 王贺, 等. 涂膜剂对鲜切马铃薯的保鲜效果[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(14): 181-184.
- WANG Yunxiang, CHENG Jiyu, WANG He, et al. Preservation effect of film coating agent on fresh-cut potatoes[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018, 46(14): 181-184.
- [13] 邹红梅. 微波、乙醇处理对鲜切马铃薯酶促褐变的抑制效果研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2019.
- ZOU Hongmei. Inhibitory effect of microwave and ethanol treatment on enzymatic browning of fresh-cut potatoes[D]. Lanzhou: Lanzhou University of Technology, 2019.
- [14] 杨明冠, 朱传合. 超声处理抑制鲜切马铃薯酶促褐变的机理研究[J]. 农产品加工, 2016(3): 1-5, 8.
- YANG Mingguan, ZHU Chuanhe. Study on mechanism of ultrasound inhibiting enzymatic browning of fresh-cut potato[J]. Farm Products Processing, 2016(3): 1-5, 8.
- [15] MA Y R, WANG H Y, YAN H, et al. Pre-cut NaCl solution treatment effectively inhibited the browning of fresh-cut potato by influencing polyphenol oxidase activity and several free amino acids contents[J]. Postharvest Biology and Technology, 2021, 178: 111543.
- [16] 陈康瑞, 程远霞, 王灵昭, 等. 不同包装材料和包装方式对鲜切马铃薯品质的影响[J]. 江苏海洋大学学报(自然科学版), 2022, 31(3): 80-84.
- CHEN Kangrui, CHENG Yuanxia, WANG Lingzhao, et al. Effects of different packaging methods and materials on the quality of fresh-cut potatoes[J]. Journal of Jiangsu Ocean University (Natural Science Edition), 2022, 31(3): 80-84.
- [17] 张婷婷, 蒲云峰, 王雷, 等. 曲酸、抗坏血酸及柠檬酸对鲜切苹果褐变的影响[J]. 中国食品学报, 2020, 20(3): 188-194.
- ZHANG Tingting, PU Yunfeng, WANG Lei, et al. Effect of kojic acid, ascorbic acid and citric acid on the browning of fresh cut apple[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2020, 20(3): 188-194.
- [18] 弘子姗, 王薇, 解静, 等. 不同处理方式对鲜核桃贮藏保鲜效果的影响[J]. 中国食品添加剂, 2022, 33(7): 19-29.
- HONG Zishan, WANG Wei, XIE Jing, et al. Effect of different storage methods on storage and preservation of fresh walnut[J]. China Food Additives, 2022, 33(7): 19-29.
- [19] WANG T T, YAN T, SHI J K, et al. The stability of cell structure and antioxidant enzymes are essential for fresh-cut potato browning [J]. Food Research International, 2023, 164: 112449.
- [20] 韩晨瑞, 申靖, 刘航, 等. 鲜切果蔬物理保鲜技术研究进展[J]. 食品科技, 2022, 47(11): 17-23.
- HAN Chenrui, SHEN Jing, LIU Hang, et al. Research progress on physical preservation technologies of fresh-cut fruits and vegetables [J]. Food Science and Technology, 2022, 47(11): 17-23.
- [21] 蔡佳昂, 匡世瑶, 张敏. 微波对鲜切山药护色及品质的保持[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(19): 138-143.
- CAI Jia'ang, KUANG Shiyao, ZHANG Min. Effect of microwave on the color protection and quality maintenance of fresh-cut yam[J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(19): 138-143.
- [22] 锁冠文. 超声波处理对南瓜汁贮藏期间品质的影响[D]. 南昌: 江西科技师范大学, 2022.
- SUO Guanwen. Effect of ultrasonic treatment on quality of pumpkin juice during storage[D]. Nanchang: Jiangxi Science and Technology Normal University, 2022.

责任编辑:冯娜

收稿日期:2024-01-16