

可食微胶囊涂层对鲜切紫玉淮山抗褐变效果研究

殷诚, 黄崇杏, 王健, 黄浩河, 许扬帆
(广西大学, 南宁 530004)

摘要: **目的** 研究绿色、环保、安全的鲜切果蔬保鲜方法, 以延缓鲜切紫玉淮山的褐变进程。**方法** 以 β -环糊精为壁材, 牛至精油为芯材, 蔗糖脂肪酸酯为乳化剂, 利用分子包埋法制备 β -环糊精-牛至精油微胶囊; 以褐变度为评价指标, 通过实验确定抗褐变效果最佳的柠檬酸和海藻酸钠浓度; 通过将微胶囊、柠檬酸和海藻酸钠共混制备可食微胶囊涂层, 探究可食 β -环糊精-牛至精油微胶囊涂层对鲜切紫玉淮山的抗褐变效果。**结果** β -环糊精-牛至精油微胶囊的表面呈褶皱和堆叠状, 且微胶囊形态饱满、大小均匀, 粒径大约在40~50 μm 之间; 通过实验确定抗褐变效果最佳的柠檬酸和海藻酸钠的质量分数分别为0.8%和1.5%; 通过扫描电子显微镜观察可知, 可食涂层已成功附着在鲜切紫玉淮山表面, 且可食涂层较为平整。**结论** 在24 h的贮藏期内, β -环糊精-牛至精油微胶囊涂层能明显减缓鲜切紫玉淮山的褐变进程。**关键词:** 紫玉淮山; β -环糊精-牛至精油微胶囊; 柠檬酸; 海藻酸钠; 可食涂层; 褐变
中图分类号: TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)21-0007-08
DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.21.002

Anti-browning Effect of Edible Microcapsule Coating on Fresh-cut Purple Yam

YIN Cheng, HUANG Chong-xing, WANG Jian, HUANG Hao-he, XU Yang-fan
(Guangxi University, Nanning 530004, China)

ABSTRACT: The work aims to study green, environmentally friendly and safe preservation method of fresh-cut fruits and vegetables to delay browning of fresh-cut purple yam. With β -cyclodextrins the wall material, the oregano essential oil as the core material and the sucrose fatty acid ester as the emulsifier, the β -cyclodextrin-oregano essential oil microcapsules were prepared by molecular inclusion method. With the browning degree as the evaluation index, the concentrations of citric acid and sodium alginate with the best anti-browning effect were determined by experiments. Edible coating containing microcapsules was prepared by blending microcapsules, citric acid and sodium alginate, and the anti-browning effect of edible coating of β -cyclodextrin-oregano essential oil microcapsules on fresh-cut purple yam was studied. The results showed that, the surface of β -cyclodextrin-oregano essential oil microcapsules was wrinkled and stacked, and the microcapsules were full and uniform in size, with the particle size of about 40~50 μm . The mass fractions of citric acid and sodium alginate with the best anti-browning effect were 0.8% and 1.5%, respectively. Scanning electron microscope observation showed that, the edible coating had been successfully attached to the surface of fresh-cut purple yam, and the edible coating was relatively smooth. It can be concluded that, the coating of β -cyclodextrin-oregano essential oil microcapsules can significantly slow down the browning process of fresh-cut purple yam during the 24 h storage period.

KEY WORDS: purple yam; β -cyclodextrin-oregano essential oil microcapsules; citric acid; sodium alginate;

收稿日期: 2019-04-29

基金项目: 广西重点研发计划(2018AB45007)

作者简介: 殷诚(1994—), 男, 广西大学硕士生, 主攻抗菌包装及果蔬包装安全。

通信作者: 黄崇杏(1977—), 女, 博士, 广西大学教授, 主要研究方向为包装材料及食品包装安全。

edible coating; browning

紫玉淮山营养丰富^[1],具有良好的保健功能^[2-3]。通过机械切割等方法将紫玉淮山加工成一定厚度的薄片是一种独特的新式淮山加工方式,它不仅可以将形态较长的紫玉淮山加工成薄片状,便于进一步加工和销售,同时也方便人们进行选购和食用^[4],此外,由于去除了紫玉淮山的表皮,这在极大程度上减少了紫玉淮山果肉表面微生物的数量。由于鲜切紫玉淮山被去除了果皮,其果肉组织暴露在空气中,因此极易在 O₂、多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)的共同作用下迅速发生酶促褐变等进程^[5],这会严重影响紫玉淮山的色泽和风味口感。此外,用机械切割等方法对紫玉淮山进行鲜切加工,也会造成紫玉淮山营养的流失,加上鲜切紫玉淮山的自身新陈代谢等进程,会使得紫玉淮山极易被微生物所侵蚀^[6-7],进而缩短鲜切紫玉淮山的货架期。

牛至精油天然、安全,且具有良好的抗氧化性和抗菌性等优点^[8],是天然的保鲜剂。由于植物精油很容易挥发,且热稳定性很差,因此微胶囊技术可以很好地解决植物精油的挥发性和稳定性问题,并且延长植物精油的有效时间^[9]。涂膜保鲜是一种方便、快捷、成本较低的保鲜方法,在涂膜保鲜中,可食涂膜被认为是一种安全的果蔬保鲜方法,在食品行业中越来越受到关注^[10]。海藻酸钠是一种天然的多糖物质,具备良好的成膜性能,能在果蔬表面形成可食膜^[11],并且能在一定程度上阻隔 O₂ 和水分,达到保鲜鲜切果蔬的目的。

文中采用纯天然植物精油作为抗氧化剂,天然多糖物质作为成膜基材,制备出安全、绿色和环保的可食涂层,对鲜切紫玉淮山进行抗褐变保鲜,并且在鲜切紫玉淮山表面同时创造抗菌、低氧、酸性等多元环境。首先利用分子包埋法制备 β-环糊精-牛至精油微胶囊,其次分别探究不同浓度柠檬酸溶液和海藻酸钠溶液对鲜切紫玉淮山的抗褐变效果,最后将微胶囊、柠檬酸和海藻酸钠共混制备可食微胶囊涂层,利用涂膜技术在鲜切紫玉淮山表面构筑一层可食微胶囊涂层,探究可食 β-环糊精-牛至精油微胶囊涂层对鲜切紫玉淮山抗褐变的效果。

1 实验

1.1 材料与仪器

主要材料与试剂:β-环糊精,阿拉丁试剂(上海)有限公司,纯度 98%;牛至精油,中香天然植物有限公司,纯度 90%;蔗糖脂肪酸酯,武汉远成共创科技有限公司,纯度 99%;柠檬酸,天津致远化学试剂有

限公司,分析纯;海藻酸钠,天津致远化学试剂有限公司,生物试剂;紫玉淮山,广西上林县,大小均匀,无损伤。

主要仪器:紫外-可见分光光度仪, SPECORD plus 50,德国耶拿分析仪器股份有限公司;顶置式搅拌器,RW 20 D S025,德国 IKA 公司;漩涡混合器,XW-80A,海门市其林贝尔仪器制造有限公司;冷冻高速离心机,TGL-18R,珠海黑马医学仪器有限公司;冷藏箱,HYC-260,海尔集团;扫描电子显微镜,飞纳 PhenomTM,飞利浦电镜技术有限公司;真空冷冻干燥机,DGJ-10,上海乔枫实业有限公司。

1.2 方法

1.2.1 微胶囊的制备

采用分子包埋法制备 β-环糊精-牛至精油微胶囊^[12],称取 6 g β-环糊精,使其在 50 °C 的蒸馏水中溶解,制成 β-环糊精的饱和水溶液。量取 1 mL 的牛至精油,用 5 mL 无水乙醇将该牛至精油溶解。然后将 β-环糊精的饱和水溶液置于 50 °C 的恒温水浴锅中,向 β-环糊精的水溶液中加入 1.14 g 蔗糖脂肪酸酯,用顶置式搅拌器搅拌溶液,搅拌速度为 500 r/min,再向溶液中逐滴滴入溶有牛至精油的无水乙醇溶液,搅拌 3 h 后取出,置于 3.5 °C 的冷藏箱中静置过夜,之后将布氏漏斗连接真空泵对上述溶液进行抽滤,并用无水乙醇洗涤 3 次,最终抽滤得到粉末状固体,将粉末状固体置于 45 °C 鼓风干燥箱中干燥 12 h 后得到微胶囊产品。

1.2.2 微胶囊的扫描电子显微镜分析

主要采用扫描电子显微镜(scanning electron microscopy, SEM)对微胶囊的微观形貌进行分析,具体方法:用导电双面胶将适量微胶囊样品粘附于样品盘表面,用吹耳球吹去多余的样品,并在样品表面喷金,喷金时间为 60 s,观察电压为 10 kV。

1.2.3 紫玉淮山的预处理

实验前先用体积分数为 75% 的酒精对刀具、削皮器、托盘等进行消毒处理,然后用去离子水将新鲜购买的紫玉淮山洗净、去皮备用,再对紫玉淮山进行切片处理,统一将紫玉淮山切成厚度为 5 mm 左右的薄片,切片过程在无菌操作台和无菌水中完成,切片过程中应尽量避免微生物的侵染。

1.2.4 鲜切紫玉淮山褐变度的测定

采用消光值法^[4]对鲜切紫玉淮山的褐变度进行测定,具体方法:首先称取 5.0 g 鲜切紫玉淮山,再将称量好的鲜切紫玉淮山与冷却蒸馏水按质量比

1:10混合,随后将混合物进行低温匀浆,匀浆时间为2 min,然后将匀浆后的混合物冷冻离心,离心速率为10 000 r/min,离心时间为20 min,离心后取离心管中上层清液在420 nm处测定吸光度 A_{420} 。每次操作重复3次,结果取平均值。

1.2.5 可食涂层的制备

1.2.5.1 对鲜切紫玉淮山抗褐变效果最佳柠檬酸溶液浓度的确定

分别称取1.0、2.0、3.0、4.0 g柠檬酸溶于500 mL蒸馏水中,待柠檬酸完全溶解后静置备用,此时得到了质量分数为0.2%、0.4%、0.6%、0.8%的柠檬酸溶液。将鲜切紫玉淮山切片分别在不同浓度的柠檬酸溶液中浸泡2 min后,取出沥干,放置于托盘中,用保鲜膜密封好,置于冷藏箱中待测,温度为4℃,相对湿度为90%,同时还制备了空白对照组(未经柠檬酸溶液浸泡的鲜切紫玉淮山切片)。分别在0、3、6、9、12、15、18、21、24 h后测试鲜切紫玉淮山的褐变度。

1.2.5.2 对鲜切紫玉淮山抗褐变效果最佳的海藻酸钠溶液浓度的确定

分别称取2.5、5.0、7.5、10.0 g海藻酸钠溶于500 mL柠檬酸溶液中(抗褐变效果最佳的柠檬酸溶液),搅拌1 h使其完全溶解,溶解后静置备用。此时得到相对质量分数为0.5%、1.0%、1.5%、2.0%的海藻酸钠溶液。将鲜切紫玉淮山切片分别在含有柠檬酸的不同浓度的海藻酸钠溶液中浸泡2 min后,取出沥干,放置于托盘中,用保鲜膜密封好,置于冷藏箱中待测,温度为4℃,相对湿度为90%。同时制备了空白对照组(只经抗褐变效果最佳的柠檬酸溶液浸泡的鲜切紫玉淮山切片)。分别在0、3、6、9、12、15、18、21、24 h后测试鲜切紫玉淮山的褐变度。

1.2.5.3 可食β-环糊精-牛至精油微胶囊涂层的制备

称取1.25 g β-环糊精-牛至精油微胶囊,加入上述抗褐变效果最佳的含有柠檬酸的海藻酸钠溶液中,搅拌0.5 h,制得可食β-环糊精-牛至精油微胶囊涂层(Coating B)。将鲜切紫玉淮山切片置于可食微胶囊涂层涂膜液中浸泡2 min后,取出沥干,放置于托盘中,用保鲜膜密封好,置于冷藏箱中待测,温度为4℃,相对湿度为90%。同时制备对照组(经质量分数为0.8%的柠檬酸溶液浸泡处理的鲜切紫玉淮山) Coating A(经质量分数为1.5%的海藻酸钠溶液涂膜处理的鲜切紫玉淮山切片)。分别在0、3、6、9、12、15、18、21、24 h后测试鲜切紫玉淮山的褐变度。

1.2.6 可食β-环糊精-牛至精油微胶囊涂层的微观形貌

将经过可食涂层涂膜处理和未经可食涂层涂膜处理的鲜切紫玉淮山分别冷冻干燥48 h,然后用液氮进行低温淬断,取淬断过的紫玉淮山粘附于样品盘表

面,并在样品表面喷金,喷金时间为60 s,观察电压为10 kV,采用扫描电子显微镜(SEM)对紫玉淮山表面的可食涂层形貌进行观察。

2 结果与分析

2.1 微胶囊的微观形貌

微胶囊的芯材、壁材以及包埋工艺都会影响微胶囊的表观形貌。据相关文献报道,用β-环糊精制备的微胶囊形态一般为薄片状或其他不规则形态。β-环糊精和β-环糊精-牛至精油微胶囊的扫描电镜图见图1,从图1a—b中可以看出,常见的β-环糊精呈现出结构不规则、大小不均匀、形状为块状或碎石状等特征。Sauceau等^[13]也曾观察到普通的β-环糊精为紧凑型的大块颗粒状。从图1c—d中可以看出,通过分子包埋法制得的β-环糊精-牛至精油微胶囊呈现出与β-环糊精的表面结构不同的形态,表面出现了比较多的褶皱和堆叠形貌,而且β-环糊精-牛至精油微胶囊呈现出大小较为均匀(40~50 μm之间)、形态较为规则饱满、形近似球形等特征。这是由于当牛至精油进入β-环糊精的空腔结构中时,降低了β-环糊精的致密性,同时,乳化剂蔗糖脂肪酸酯的加入在一定程度上也增加了牛至精油和β-环糊精的相容性,从而使β-环糊精-牛至精油微胶囊呈现出较为饱满的形态。

2.2 不同浓度柠檬酸溶液对鲜切紫玉淮山褐变度的影响

紫玉淮山在被加工成薄片时,会因为多酚氧化酶(PPO)的催化发生酶促褐变,这会影响紫玉淮山的口感和营养价值。柠檬酸是一种重要的有机酸,能防止因酶催化和金属催化引起的氧化作用,是一种有效的非生物诱抗剂^[14]。不同浓度的柠檬酸溶液对鲜切紫玉淮山褐变度的影响见图2a,可以看出,在24 h内,经不同浓度的柠檬酸溶液处理过的鲜切淮山的褐变程度均小于对照组,说明柠檬酸对鲜切紫玉淮山有一定的抗褐变效果。对照组的紫玉淮山的褐变度一直呈现上升趋势,且上升速度较快,在贮藏24 h后,对照组的褐变度增长了0.64。这是由于紫玉淮山在切开后,其所含酚类物质在多酚氧化酶和过氧化物酶的催化下,迅速发生褐变,同时还伴随着非酶促褐变,因此对照组的褐变很明显。

经不同浓度柠檬酸溶液处理的鲜切紫玉淮山的褐变度增长值见图2b,可以看出,经过质量分数为0.2%、0.4%、0.6%、0.8%的柠檬酸溶液处理过的鲜切紫玉淮山的褐变度分别增长了0.29、0.31、0.39、0.25。可以很直观地看出,经质量分数为0.8%的柠檬酸溶液处理后的鲜切紫玉淮山的褐变程度最低,但是随着柠檬酸浓度的增加,鲜切紫玉淮山褐变度的增长

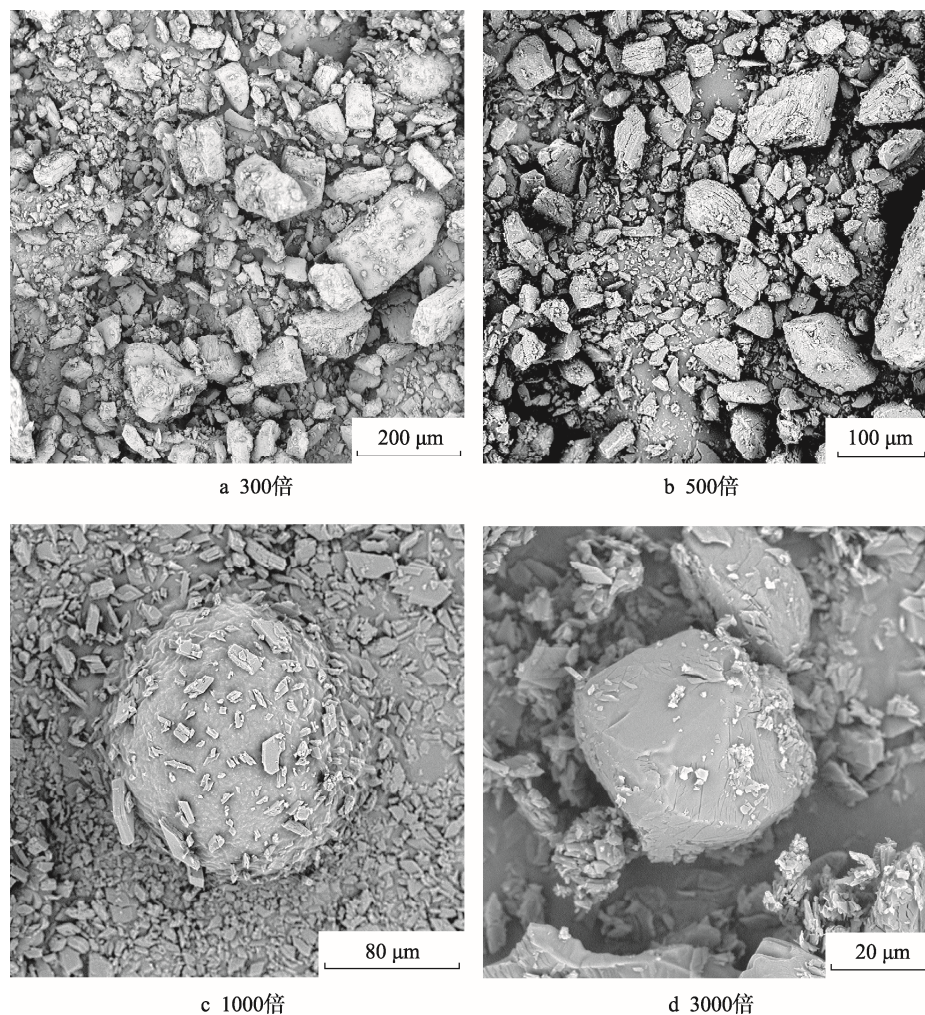


图1 β-环糊精和β-环糊精-牛至精油微胶囊的电镜图

Fig.1 Scanning electron microscopy images of plain β-CD and β-CD-oregano essential oil microcapsules

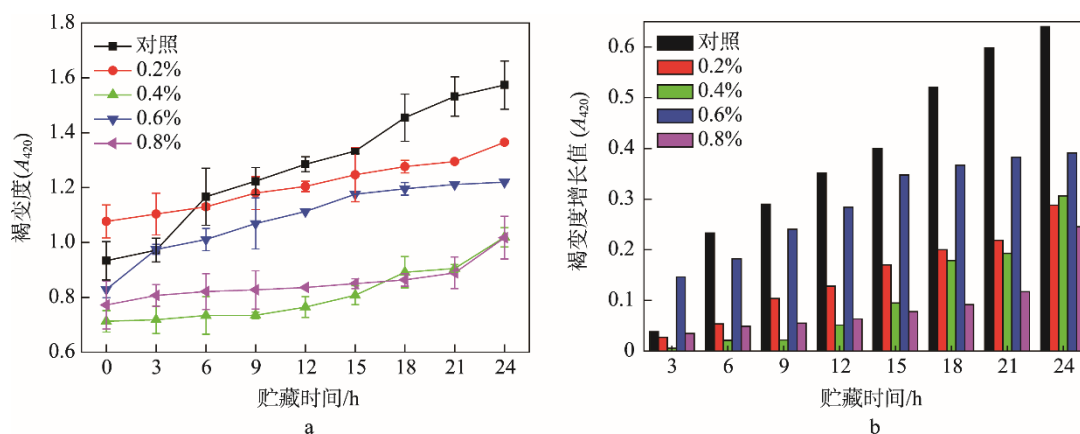


图2 不同浓度柠檬酸溶液对鲜切紫玉淮山褐变度的影响

Fig.2 Effects of different concentrations of citric acid solution on browning index of fresh-cut purple yam

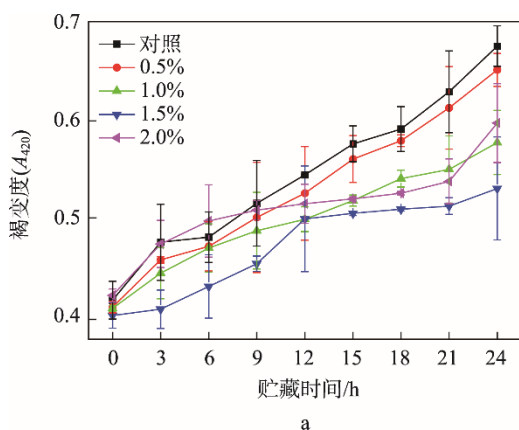
呈现先增加后下降的趋势,这可能是因为经质量分数0.2%,0.4%,0.6%的柠檬酸溶液处理后的鲜切紫玉淮山的褐变度起始值较高。说明在实验前期已经达到了相对较高的褐变程度,因此在鲜切紫玉淮山表面有较多的醌类物质堆积,使得柠檬酸不能快速地抑制紫玉淮山中PPO的活性^[5],导致褐变度较高。经质量分

数为0.8%的柠檬酸溶液处理过的鲜切紫玉淮山的褐变度起始值较低,说明褐变程度较低,在贮藏24 h后,与其他实验组相比,褐变程度仍然维持在较低的水平。说明质量分数为0.8%的柠檬酸溶液能很好地抑制紫玉淮山中PPO的活性,并且能够减缓鲜切紫玉淮山酶促褐变进程。

2.3 不同浓度海藻酸钠溶液对鲜切紫玉淮山褐变度的影响

海藻酸钠具有良好的成膜性,是天然、绿色、环保的成膜材料,将不同质量的海藻酸钠添加到质量分数为 0.8%的柠檬酸溶液中,配制成不同浓度的海藻酸钠涂膜液。不同浓度海藻酸钠溶液对鲜切紫玉淮山褐变度的影响见图 3,从图 3a 可以看出,质量分数为 1.5%的海藻酸钠溶液的抗褐变效果最佳,24 h 后褐变度只增长了 0.13,相较于对照组和其他实验组,褐变程度最小。这主要是由于海藻酸钠具有良好的成膜性,在鲜切紫玉淮山表面形成了一层可食膜,可食膜能在一定程度上阻隔了 O_2 和水分。 O_2 是鲜切紫玉淮山发生酶促褐变的条件之一,因此能够减缓鲜切紫玉淮山发生酶促褐变的进程。同时,海藻酸钠溶液中也溶有柠檬酸,这样可食膜既在一定程度上阻隔了 O_2 ,也降低了鲜切紫玉淮山中的酶活性,所以经质量分数为 1.5%的海藻酸钠溶液处理后鲜切紫玉淮山的褐变程度小于对照组。

经不同浓度海藻酸钠溶液处理的鲜切紫玉淮山的褐变度增长值见图 3b,从图 3b 中也可以直观地反映出,经不同浓度海藻酸钠溶液处理的鲜切紫玉淮山的褐变程度明显低于对照组。说明海藻酸钠涂层能减小鲜切紫玉淮山的褐变度。此外,对照组和海藻酸钠质量分数分别为 0.5%、1.0%、2.0%的实验组的褐变度的增长值分别为 0.26, 0.24, 0.17, 0.17。随着海藻酸钠浓度的增加,鲜切紫玉淮山的褐变程度呈现先下降后上升的趋势,这与王梅等^[15]的研究结果相似。这是因为海藻酸钠的浓度越高,其成膜性也越好,对 O_2 阻隔能力也越强。如果涂膜液浓度太大,会在鲜切紫玉淮山表面形成比较厚的可食涂层,这会影响鲜切紫玉淮山的口感,还会增强紫玉淮山组织的无氧呼吸,更易造成紫玉淮山的腐败。由此可见,质量分数为 1.5%的海藻酸钠溶液对鲜切紫玉淮山的抗褐变效果最佳。



2.4 可食涂层的微观形貌

未涂膜处理和涂膜处理后的鲜切紫玉淮山的截面分别在 175 和 1000 倍下的电镜图见图 4。从图 4a—b 可以看出,未涂膜处理的鲜切紫玉淮山表面呈现凹凸不平、沟壑状,且表面存在有较为明显的果肉组织颗粒。从图 4c—d 可以看出,涂膜处理后的鲜切紫玉淮山的表面有一层明显的膜存在,且断面附近有明显的卷曲状可食涂层存在,并且呈连续状,在可食涂层下能明显看见鲜切紫玉淮山的果肉组织,说明已成功制备了可食涂层,且可食涂层已成功附着在鲜切紫玉淮山表面。图 4d 中的可食涂层出现卷曲,主要是由于在对涂膜处理后的鲜切紫玉淮山进行冷冻干燥时,紫玉淮山和可食涂层中的水分散失,在液氮淬断条件下,可食涂层受力不均匀和热胀冷缩所致。

从图 4c 中可以看出,可食涂层较为平整,且很好地附着在鲜切紫玉淮山表面,没有出现明显的缝隙和空洞。这是因为可食涂层的成膜基质是海藻酸钠,海藻酸钠具有良好的成膜性,同时它也是聚阴离子多糖,能很好地吸附在鲜切果蔬表面。图 4c 中的裂痕主要是由液氮淬断所致。可食膜上的褶皱可能是由于鲜切过程中的切割导致紫玉淮山果肉组织破裂,使得可食涂层附着在紫玉淮山表面时,出现不平整现象。

2.5 可食 β -环糊精-牛至精油微胶囊涂层涂膜处理对鲜切紫玉淮山褐变度的影响

可食 β -环糊精-牛至精油微胶囊涂层涂膜处理对鲜切紫玉淮山褐变度的影响见图 5,其中对照组是经质量分数为 0.8%的柠檬酸溶液处理的鲜切紫玉淮山,Coating A 是质量分数 1.5%的海藻酸钠涂膜液,Coating B 是含有微胶囊、柠檬酸和海藻酸钠的可食 β -环糊精-牛至精油微胶囊涂层。从图 5a 中可以看出,经 Coating B 涂膜处理过的鲜切紫玉淮山的褐变度明显低于对照组和经 Coating A 处理的实验组。从图 5b 也可以看出,在贮藏 24 h 之后,对照组、经 Coating A

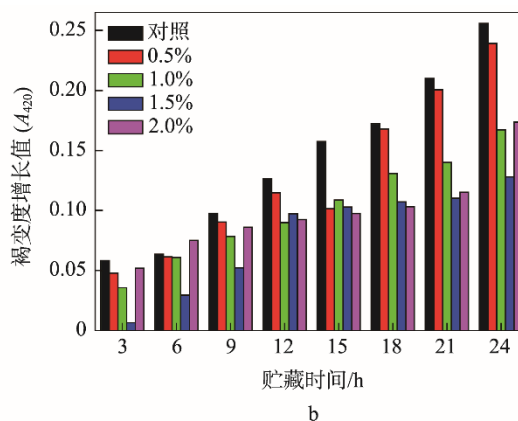


图 3 不同浓度海藻酸钠溶液对鲜切紫玉淮山褐变度的影响

Fig.3 Effects of different concentrations of sodium alginate solution on browning index of fresh-cut purple yam

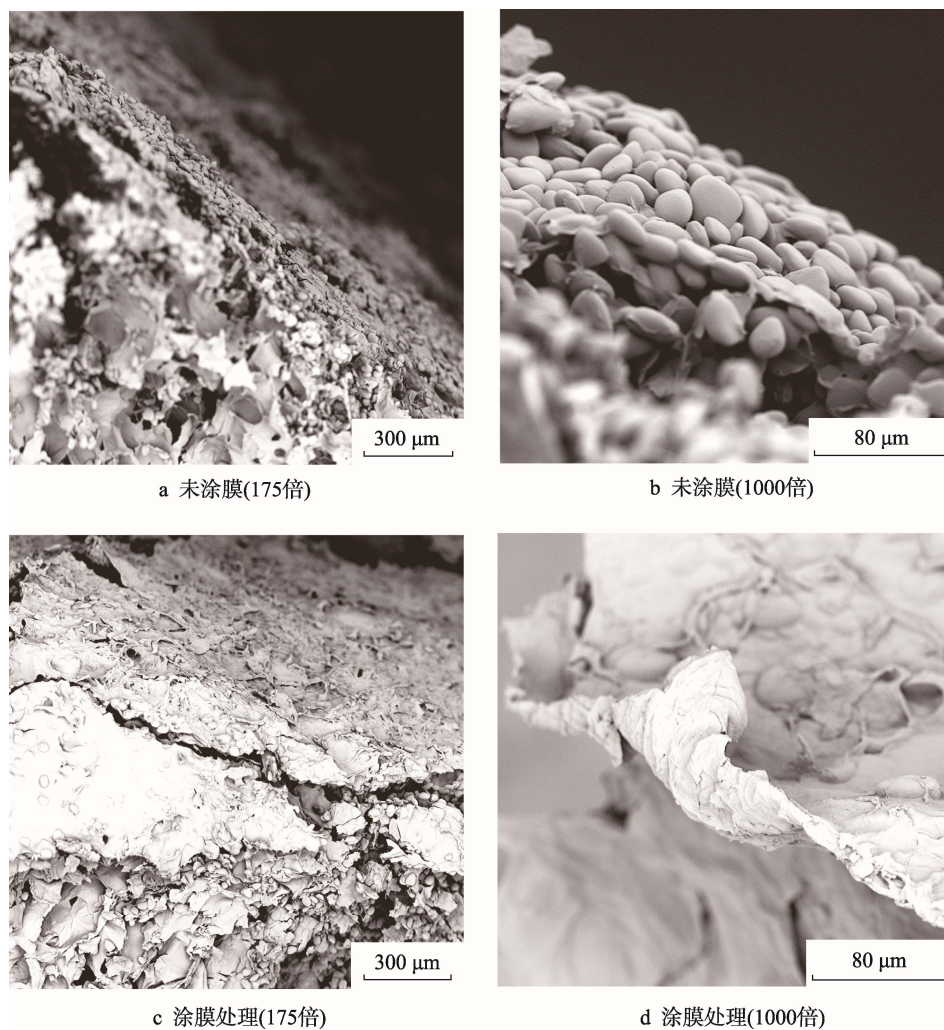


图4 未涂膜处理和涂膜处理后的鲜切紫玉淮山的截面分别在175和1000倍下的电镜图
Fig.4 Scanning electron microscopy (SEM) images of cross-section of fresh-cut purple yam without any treatment and treated with edible coating at 175 \times , 1000 \times , magnification, respectively

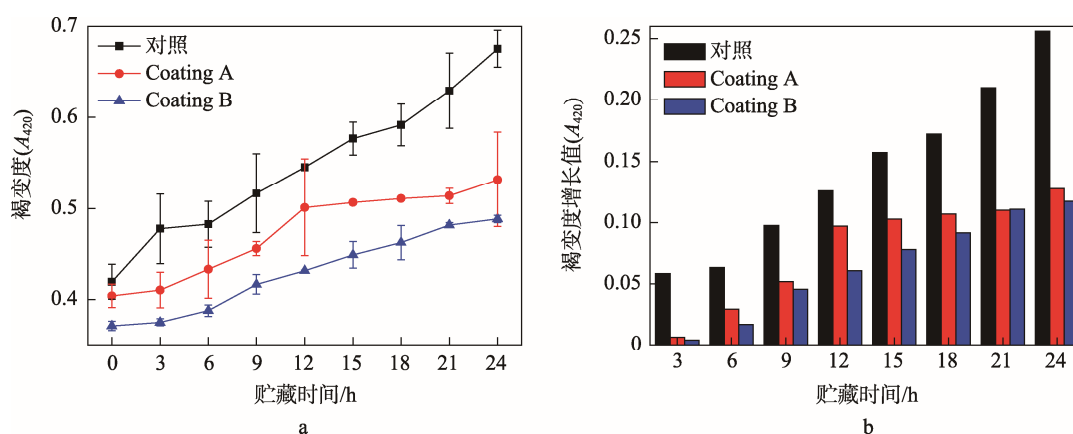


图5 可食 β -环糊精-牛至精油微胶囊涂层涂膜处理对鲜切紫玉淮山褐变度的影响
Fig.5 Effects of edible coating containing β -cyclodextrin-oregano essential oil microcapsules on browning index of fresh-cut purple yam

和 Coating B 处理过的鲜切紫玉淮山的褐变度分别增加了 0.26, 0.13, 0.12。这是因为 Coating B 的 β -环糊精-牛至精油微胶囊中的牛至精油会随着时间的增加发生缓释。同时, 柠檬酸也会使 β -环糊精-牛至精

油微胶囊发生水解, 释放出牛至精油, 牛至精油具有较强的抗氧化性和抗菌性, 能够减缓鲜切紫玉淮山发生褐变。此外, 还能降低鲜切紫玉淮山感染微生物的风险, 从而延长鲜切紫玉淮山的货架期。由此可见,

经 Coating B 涂膜处理能明显减缓鲜切紫玉淮山的褐变进程,能使鲜切紫玉淮山在贮藏的 24 h 内维持较低的褐变度。

2.6 不同可食涂层涂膜处理对鲜切紫玉淮山保鲜效果的影响

经不同可食涂层涂膜处理后的鲜切紫玉淮山在贮藏 24 h 后的外观变化见图 6。从图 6a 可以明显看出,在未经任何处理的情况下,贮藏 24 h 后,鲜切紫玉淮山的表面褐变现象非常严重,且色泽情况较差,感官评价很差。从图 6b 可以看出,经过柠檬酸溶液浸泡处理过的对照组在贮藏 24 h 后也出现了色泽情况较差的情况,而且失水很严重,呈现干瘪状态。从图 6c 可以看出,经过 Coating A 涂膜处理过的鲜切紫玉淮山在贮藏 24 h 之后,仍维持了较好的外观形态,但是部分鲜切紫玉淮山的表面还是出现了明显的褐变现象。从图 6d 可以看出,经过 Coating B 涂膜处理过的鲜切紫玉淮山相较于其他组,保持了较好的新鲜度,色泽鲜艳。

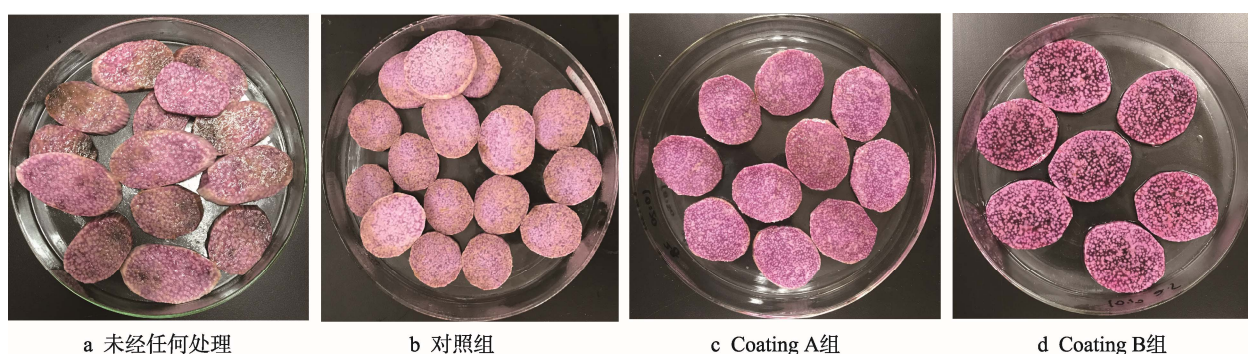


图 6 经不同可食涂层涂膜处理后的鲜切紫玉淮山贮藏 24 h 后的外观变化

Fig.6 Changes in the appearance of fresh-cut purple yam treated with different kinds of edible coating after the 24 h storage

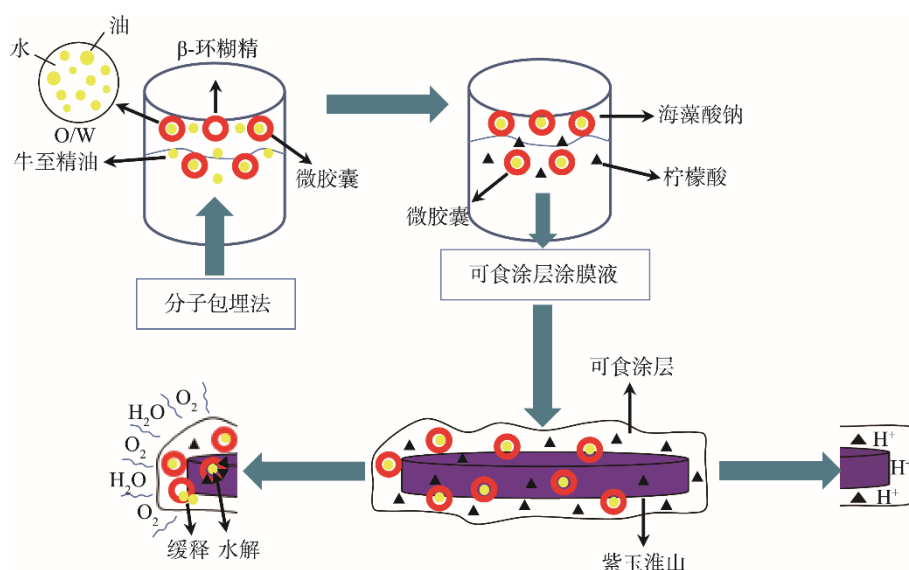


图 7 Coating B 对鲜切紫玉淮山的保鲜机理

Fig.7 Mechanism of the preservation of Coating B coated on fresh-cut purple yam

2.7 Coating B 对鲜切紫玉淮山的保鲜机理

Coating B 对鲜切紫玉淮山保鲜的机理主要有以下 3 个方面,见图 7。

1) 海藻酸钠具有良好的成膜性,在一定程度上阻隔了 O_2 进入紫玉淮山细胞内,减缓了鲜切紫玉淮山的有氧呼吸。其次,海藻酸钠也能减缓鲜切紫玉淮山的水分散失,维持了鲜切紫玉淮山的硬度,减缓其新陈代谢进程^[15]。此外,海藻酸钠在鲜切紫玉淮山表面形成的可食涂层还能防止细菌直接与鲜切紫玉淮山表面直接接触。

2) 将柠檬酸用作抗褐变剂,能降低多酚氧化酶(PPO)等的活性^[14],进而减缓鲜切紫玉淮山的褐变。其次,柠檬酸创造了酸性环境,可以促进 β -环糊精-牛至精油微胶囊水解,释放出牛至精油。

3) β -环糊精-牛至精油微胶囊在其自身缓释和柠檬酸促进其水解的情况下,会释放出牛至精油,牛至精油具有抗氧化性和抗菌性能,不仅能抑制鲜切紫玉淮山表面细菌的生长,而且还减缓了花青素、抗坏血酸等营养物质的氧化。

3 结语

实验以 β -环糊精为壁材, 牛至精油为芯材, 蔗糖脂肪酸酯为乳化剂, 采用分子包埋法制备了 β -环糊精-牛至精油微胶囊。通过对微胶囊的微观形貌分析得到 β -环糊精-牛至精油微胶囊的表面呈褶皱和堆叠状, 且微胶囊形态饱满、大小均匀, 粒径大约在 40~50 μm 之间。以鲜切紫玉淮山的褐变度为评价指标, 通过实验确定抗褐变效果最佳的柠檬酸和海藻酸钠的质量分数分别为 0.8% 和 1.5%。可食微胶囊涂层由海藻酸钠、柠檬酸和微胶囊组成, 通过扫描电子显微镜观察得到, 可食涂层已成功附着在鲜切紫玉淮山表面, 且可食涂层较为平整。通过对经可食微胶囊涂层涂膜处理的鲜切紫玉淮山的褐变度进行检测, 结果表明可食微胶囊涂层能在 24 h 的贮藏期内明显减缓了鲜切紫玉淮山的褐变进程。

参考文献:

- [1] 刘丽旋, 杨碧敏, 张婷婷, 等. 淮山的化学成分和药理作用研究进展[J]. 包装食品与机械, 2015, 33(1): 46—50.
LIU Li-xuan, YANG Bi-min, ZHANG Ting-ting, et al. Research Progress on Chemical Constituents and Pharmacological Effects of Yam[J]. Packaging Food and Machinery, 2015, 33(1): 46—50.
- [2] PARK J M, KIM Y J, KIM J S, et al. Anti-inflammatory and Carbonic Anhydrase Restoring Actions of Yam Powder Contribute to the Prevention of Cysteamine-induced Duodenalulcer in a Rat Model[J]. Nutrition Research, 2013, 33(8): 677—685.
- [3] HUANG C H, CHENG J Y, DENG M C, et al. Prebiotic Effect of Diosgenin Immunoactive Steroidal Sapogenin of the Chinese Yam[J]. Food Chemistry, 2012, 13(1): 428—432.
- [4] 彭丽桃, 杨书珍. 适度加工果蔬生理特性及质量控制措施[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 178—185.
PENG Li-tao, YANG Shu-zhen. Physiological Characteristics and Quality Control Measures of Moderately Processed Fruits and Vegetables[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2002, 18(3): 178—185.
- [5] 王涵. 多酚氧化酶的固定化及其对酚类化合物催化氧化性能研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.
WANG Han. Immobilization of Polyphenol Oxidase and Its Catalytic Oxidation Performance of Phenolic Compounds[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2015.
- [6] 黄艳斌, 李星琪, 张洵, 等. 鲜山药片干制过程中的无硫护色剂配方优化[J]. 食品工业科技, 2014, 35(12): 324—329.
HUANG Yan-bin, LI Xing-qi, ZHANG Xun, et al. Study on the Formulation of Sulfur-free Color Protection Agent in the Drying Process of Fresh Mountain Tablets[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(12): 324—329.
- [7] 赵喜亭, 王会珍, 李明军, 等. 无硫护色剂对鲜切铁棍山药片酶促褐变的影响及其 PPO 特性研究[J]. 食品工业科技, 2008(2): 125—128.
ZHAO Xi-ting, WANG Hui-zhen, LI Ming-jun, et al. Effect of Sulfur-free Color Protectant on Enzymatic Browning of Fresh-cut Iron Stick Tablets and Its PPO Characteristics[J]. Science and Technology of Food Industry, 2008(2): 125—128.
- [8] 林清华, 刘波, 徐有为, 等. 牛至挥发油对肠炎常见菌的体外抗菌作用[J]. 应用与环境生物学报, 1997, 3(1): 76—78.
LIN Qing-hua, LIU Bo, XU You-wei, et al. In Vitro Antibacterial Activity of Volatile Oil from Oregano on Common Enteritis Bacteria[J]. Journal of Applied and Environmental Biology, 1997, 3(1): 76—78.
- [9] 张保东, 黄崇杏, 柳英, 等. 微胶囊技术在抗菌包装中的研究进展[J]. 包装工程, 2017(19): 121—126.
ZHANG Bao-dong, HUANG Chong-xing, LIU Ying, et al. Research Progress of Microcapsule Technology in Antibacterial Packaging[J]. Packaging Engineering, 2017(19): 121—126.
- [10] MANTILLA N, CASTELL-PEREZ M E, GOMES C, et al. Multilayered Antimicrobial Edible Coating and Its Effect on Quality and Shelf-life of Fresh-cut Pineapple[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 51(1): 37—43.
- [11] DE ALMEIDA LINS, ANA CAROLINA, DE BARROS CAVALCANTI, et al. Effect of Hydrocolloids on the Physicochemical Characteristics of Yellow Mombin Structured Fruit[J]. Food Science and Technology, 2014, 34(3): 456—463.
- [12] SHAHEEN R, SALIM H. The Signed Domination Number of, Cartesian Products of Directed Cycles[J]. Journal of Inclusion Phenomena & Macrocyclic Chemistry, 2008, 60(3/4): 359—368.
- [13] SAUCEAU M, RODIER E, FAGES J. Preparation of Inclusion Complex of Piroxicam with Cyclodextrin by Using Supercritical Carbon Dioxide[J]. Journal of Supercritical Fluids, 2008, 47(2): 326—332.
- [14] 郑小林, 吴小业. 柠檬酸处理对采后芒果保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 381—384.
ZHENG Xiao-lin, WU Xiao-ye. Effects of Citric Acid Treatment on Preservation of Postharvest Mangoes[J]. Food Science, 2010, 31(18): 381—384.
- [15] 王梅, 徐俐, 宋长军, 等. 海藻酸钠涂膜对鲜切芋艿保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(12): 320—324.
WANG Mei, XU Li, SONG Chang-jun, et al. Effect of Sodium Alginate Coating on the Fresh-keeping Effect of Fresh Cut Sorghum[J]. Food Science and Technology, 2016, 37(12): 320—324.