

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2020.04.023

肉桂油复合涂膜对鲜切菠萝蜜果苞 贮藏期间品质的影响

Effects of cinnamon oil coating on the quality of fresh-cut jackfruit during storage

齐红蓉^{1,2} 田建文^{1,3} 张彦军²QI Hong-rong^{1,2} TIAN Jian-wen^{1,3} ZHANG Yan-jun²徐 飞² 朱科学² 谭乐和²XU Fei² ZHU Ke-xue² TAN Le-he²

(1. 宁夏大学农学院, 宁夏 银川 750021; 2. 中国热带农业科学院, 海南 万宁 571533;

3. 宁夏农林科学院, 宁夏 银川 750021)

(1. College of Agronomy, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China; 2. Spice and Beverage Institute, CATAS, Wanning, Hainan 571533, China; 3. Ningxia Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

摘要:考察相同浓度的壳聚糖(CN)、木薯淀粉(CS)、壳聚糖(CN)+木薯淀粉(CS)、壳聚糖(CN)+木薯淀粉(CS)+肉桂油(CO)涂膜材料对鲜切菠萝蜜果苞贮藏品质的影响。结果表明:与空白(CK)组相比,在(4±1)℃的贮藏条件下贮藏18 d,4种涂膜处理均能延缓鲜切菠萝蜜果苞的感官品质。相比于CN、CS涂膜组,CN+CS、CN+CS+CO复合涂膜剂在降低果苞色泽、弹性、咀嚼性和抑制可溶性固形物含量、可滴定酸含量的下降、微生物生长具有更显著的效果。贮藏至20 d,CN+CS+CO涂膜组的色差值、菌落总数含量分别比CN+CS涂膜组低4.46、 1.1×10^4 CFU/g,硬度、可滴定酸分别高27.1 g、0.05%。综上,CN+CS+CO复合涂膜剂对鲜切菠萝蜜果苞的保鲜效果最好。

关键词:菠萝蜜;肉桂油;壳聚糖;木薯淀粉;涂膜保鲜;贮藏品质

Abstract: To understand the effects different coated materials on the storage quality of the fresh-cut jackfruit buds, chitosan

(CN), same concentrations of cassava starch (CS), chitosan (CN) combined with cassava starch (CS), and chitosan (CN) combined with cassava starch (CS) and cinnamon oil (CO) used as coating were investigated. The results showed that compared with the blank group (CK), the sensory quality of fresh-cut jackfruit could be delayed by the four different kinds of coating treatments under the storage condition of (4±1)℃ for 18 days. Compared with CN and CS coating group, CN+CS and CN+CS+CO composite coating agents had more significant effects on reducing the color, elasticity, chewability, and inhibiting the content of soluble solids, titratable acid, and microbial growth. After storage for 20 days, the color difference and the total number of bacterial colonies in the CN+CS+CO coating group were 4.46 and 1.1×10^4 CFU/g lower than those in the CN+CS coating group, and the hardness and titratable acid were 27.1 g and 0.05% higher, respectively. According to the results of all indexes, CN+CS+CO composite coating agent had the best effect on fresh-cut jackfruit.

Keywords: jackfruit; cinnamon oil; chitosan; cassava starch; coating preservation; storage quality

基金项目:海南省重点研发计划项目(编号:ZDYF2019069);海南省自然科学基金创新研究团队项目(编号:2017CXTD018)

作者简介:齐红蓉,女,宁夏大学在读硕士研究生。

通信作者:田建文(1965—),男,宁夏农林科学院研究员,博士。E-mail: tjw6789@126.com

张彦军(1982—),男,中国热带农业科学院香料饮料研究所研究员,博士。E-mail: zhangyanjun0305@163.com

收稿日期:2019-12-12

菠萝蜜(*Artocarpus heterophyllus* Lam.)属桑科菠萝蜜属常绿乔木,又称木菠萝、树菠萝、牛肚子果,果皮黄绿色,外表有许多圆锥体凸起,有乳白色胶体,素有“热带珍果”的美称^[1]。菠萝蜜果肉芳香可口、香味浓郁、营养丰富,并具有降血压、抗衰老、利尿、促进伤口愈合等功

效^[2-3]。该果实以鲜食为主,也可加工成果酒、果酱、冰激凌等商品,具有良好的经济效益。

菠萝蜜果实采后呼吸旺盛,含糖量高,耐贮性差,常温贮藏时间仅2~3 d,因而经常出现“旺季烂,淡季断”的现象,严重制约其生产、销售^[4]。近年来,国内外相继开展了鲜切菠萝蜜果苞保鲜技术研究。目前,菠萝蜜常用的保鲜方法有可食性涂膜保鲜和气调保鲜^[5]等。其中涂膜保鲜简单易行,可有效抑制果蔬水分的散失、微生物的侵染以及呼吸作用,从而起到延缓变质、延长货架期作用。涂膜保鲜中天然多糖因其安全性、天然性和可降解性而成为近年研究热点,其中壳聚糖、海藻酸钠、木薯淀粉等是常用的多糖类涂膜保鲜剂^[6]。姜秋焕等^[7]用壳聚糖涂膜处理后有效减少了菠萝蜜果实营养成分的损失。吴梦君等^[8]研究了木薯淀粉/壳聚糖可食共混膜对草莓具有较好的保鲜效果。Noshirvani等^[9]研究发现肉桂油能提高羧甲基纤维素—壳聚糖膜的抗菌性和机械性能,可用于食品保藏。Istúriz-Zapata等^[10]应用壳聚糖与肉桂精油组成的纳米结构涂层对冷藏黄瓜进行保鲜,发现含有壳聚糖涂层的黄瓜果实叶绿色含量较高,有效抑制真菌,且毒素较低。多糖涂膜保鲜剂生物降解性、气体阻隔性虽好,但由于其亲水特性随着贮藏时间的延长而增加导致其阻隔性降低,影响其机械性能和透气性^[11]。共混制备复合涂膜剂是降低其亲水性的方法之一,肉桂油抗菌性好且具有缓释性和释放性,可提高复合涂膜剂的机械性能,降低果实的水蒸气透过率,从而抑制致病菌的生长和延长食品贮藏期。但壳聚糖、木薯淀粉、肉桂油复合保鲜剂在鲜切菠萝蜜果苞的保鲜效果研究尚未见报道。研究拟以壳聚糖、木薯淀粉及其两者与肉桂油涂膜保鲜切菠萝蜜果苞,以菠萝蜜果苞的理化品质为指标,分析其可食性复合保鲜膜对菠萝蜜的保鲜效果,以期菠萝蜜果肉保鲜提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

菠萝蜜:品种为 *Malaysia 1*(马来西亚1号),海南省万宁市兴隆;

壳聚糖、木薯淀粉:食品级,上海枫未实业有限公司;

乙酸:食品级,西陇化工股份有限公司;

肉桂油、吐温60:食品级,上海源叶生物有限公司;

其他均为分析纯。

1.1.2 仪器与设备

色差分析仪:Xrite-SP62型,美国Xrite公司;

质构仪:TA.XT Plus型,英国Stable Micro Systems公司;

高压灭菌锅:GR85DA型,致微仪器有限公司;

超净工作台:SW-CY-2F型,苏州安泰空气技术有限公司;

冰箱:BC-93TMPF型,青岛海尔股份有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 成膜液的制备 根据前期预试验发现添加乙酸有利于壳聚糖溶解,制备壳聚糖+木薯淀粉成膜液(CN+CS)时添加吐温60能起到较好的乳化作用,而且二者对菠萝蜜果苞保鲜效果的影响不显著。成膜剂的制备根据田春美等^[12]的方法修改如下:

(1)壳聚糖膜液(CN):准确称取20 g壳聚糖,溶于1%乙酸溶液,制成2%壳聚糖溶液,置于水浴锅加热,不断搅拌,直至完全溶解,冷却至室温备用。

(2)木薯淀粉膜液(CS):准确称取木薯淀粉20 g,加入1 000 mL蒸馏水混合,放置在60℃的水浴中直至完全溶解。

(3)壳聚糖+木薯淀粉成膜液(CN+CS)的制备:按照1.2.1(1)、(2)制成2%壳聚糖膜液(CN)和2%木薯淀粉膜液(CS),以体积比1:1混合后,均质5 min,得壳聚糖+木薯淀粉成膜剂(CN+CS)。

(4)肉桂油复合成膜液(CN+CS+CO)的制备:取壳聚糖+木薯淀粉成膜剂(CN+CS)添加0.5%肉桂油,再加入0.2%吐温60,均质30 min,得肉桂油复合成膜剂(CN+CS+CO)。

1.2.2 处理方法 参照Vargas-Torres等^[13]的方法选取黄棕色的菠萝蜜在最佳成熟期运回实验室,用50 mg/L的氯化水漂洗5 min,待其干燥后,于15℃环境下沿主轴切开取果苞,去除果茎。按每1 000 mL涂膜液处理15个无损伤菠萝蜜果苞的比例,将果苞置于1.2.1中制备的4种涂膜剂中浸泡180 s,以相同比例清水浸泡180 s的作为对照组(CK),晾干后放入聚乙烯盒中,每盒8个,在温度(4±1)℃,相对湿度75%~95%的条件下贮藏,每3 d取样进行指标测定。

1.2.3 测定指标与方法

(1)感官评定:建立一个从事菠萝蜜相关研究的感官评定小组,男、女各15名,从色泽、口感、风味、外观形态4个方面进行评分^[14]。评分标准见表1。

表1 鲜切菠萝蜜果苞感官品质评价标准

Table 1 Sensory quality evaluation criteria of freshiy cut jackfruit

等级	色泽(20)	口感(30)	风味(20)	外观形态(30)
I级	无褐变,光泽好	果肉较脆,硬度较好	有菠萝蜜特有的香气,无异味	水分饱满,无褶皱
II级	轻微褐变,光泽度一般	质地较软,脆度一般	香气较淡,无异味	表面稍干,有轻微褶皱
III级	褐变严重,无光泽	果肉质地变软,无脆度	无香味,有异味	褶皱严重,出现斑点

(2) 失水率:对不同贮藏时间果苞的水分含量进行测定,按式(1)计算失水率。

$$a_w = \frac{a_{w1} - a_{w2}}{a_{w1}} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

a_w ——失水率, %;

a_{w1} ——贮藏前水分含量, %;

a_{w2} ——贮藏后水分含量, %。

(3) 色泽:使用色差仪进行测定,按式(2)计算色差值,色差值越小越好^[15]。

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2}, \quad (2)$$

式中:

ΔE ——色差值;

L^* 、 L_0^* ——分别为贮藏后果苞和新鲜果苞的明暗度;

a^* 、 a_0^* ——分别为贮藏后果苞和新鲜果苞的红绿值;

b^* 、 b_0^* ——分别为贮藏后果苞和新鲜果苞的蓝光度。

(4) 质构特性:使用 TA.XT Plus 型质构仪测定果苞的硬度、弹性、内聚性、咀嚼性,选取 P0.5s 探头,测前速度 1 mm/s,测中、测后速度 5 mm/s,接触 2 次,触发力 5 g^[16]。

(5) 可溶性固形特(TSS)含量:使用手持折光仪进行测定。

(6) 可滴定酸(TA)含量:参照李金娜等^[17]的方法修改如下:准确称取 2 g 样品研磨后,加入适量蒸馏水,研磨过滤,取 20 mL 滤液以及 1% 酚酞作为指示剂,用 NaOH 标准溶液滴定,记录 NaOH 的加入量,其中各样品重复 3 次,取均值,基于苹果酸换算,同时做空白试验。

(7) 菌落总数:按 GB 4789.2—2016 执行。

1.3 数据分析与处理

试验数据用 Origin 2017 进行统计分析,采用

SPSS 20.0 进行数据差异显著性分析。所有试验均重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 涂膜剂对鲜切菠萝蜜果苞感官品质的影响

如表 2 所示,鲜切菠萝蜜果苞在贮藏期间感官品质逐渐下降。CK 组菠萝蜜果苞感官品质在前 3 d 变化较小,3 d 后果实品质劣变速度加快。贮藏至第 6 天,CS 涂膜组的感官评分显著低于其他处理组($P < 0.05$),说明木薯淀粉成膜性虽好但抑菌性较差,随贮藏时间的延长营养物质的消耗增加,果实贮藏品质下降。第 15 天,CN 涂膜组的感官评分低于 75,说明壳聚糖涂膜剂在贮藏后期对致病菌的抑制力降低。整个贮藏期间,CN+CS 与 CN+CS+CO 涂膜组的感官评分差异不显著($P > 0.05$),这是由于壳聚糖+木薯淀粉能提高共混膜的致密性,抑制呼吸代谢速率,延缓果实劣变时间^[18]。随着贮藏时间的增加,CN+CS+CO 涂膜组可以更好的减少风味物质的损失,防止褐变,维持果实的外观形态。

2.2 涂膜剂对鲜切菠萝蜜果苞失水率的影响

由图 1 可知,贮藏前 6 d,CK 组与涂膜组差异性不显著($P > 0.05$);贮藏至 6~9 d,CK、CS 组与 CN、CN+CS、CN+CS+CO 处理组差异显著($P < 0.05$)。与 CK 组相比,各涂膜组均能显著降低果苞的失水率($P < 0.05$)。在第 20 天时,CN、CN+CS、CN+CS+CO 处理组无显著性差异($P > 0.05$),而 CN+CS+CO 复合涂膜组的失水率最低,为 5.90%,与 CK、CN、CS、CN+CS 组比较,失水率分别降低了 8.76%,2.17%,5.06%,2.11%,说明 CN+CS+CO 组抑制水分流失的效果最好,可能是由于加入肉桂油延缓细胞壁物质的分解,维持果实细胞的完整性,抑制水分子的蒸发,与邹小波等^[19]的研究结果一致。Gao 等^[20]也报道了相似的结果:使用肉桂醛-壳聚糖复合膜的失重率低于 1.5%壳聚糖的,加入肉桂油的复合膜表面结晶度增加、水蒸气透过率降低。

表 2 感官评定结果[†]

Table 2 Sensory evaluation results

贮藏天数/d	CK	CN	CS	CN+CS	CN+CS+CO
0	90.90±1.17 ^a	91.60±1.05 ^a	91.90±0.96 ^a	92.00±0.99 ^a	89.90±0.93 ^a
3	83.40±0.92 ^b	86.50±0.81 ^a	85.40±0.86 ^{ab}	85.70±0.90 ^{ab}	85.30±0.86 ^{ab}
6	75.40±1.42 ^c	85.40±0.88 ^a	79.60±1.35 ^b	84.60±0.83 ^a	83.90±1.14 ^a
9	63.60±0.97 ^c	82.90±1.24 ^a	76.70±1.22 ^b	80.30±1.16 ^a	82.50±0.87 ^a
12	50.10±1.30 ^c	77.40±1.69 ^a	72.20±1.94 ^b	78.70±0.90 ^a	79.70±1.73 ^a
15	27.70±1.27 ^c	72.10±0.87 ^b	69.20±1.60 ^{ab}	74.60±1.07 ^a	75.20±1.07 ^a
18	—	70.30±0.97 ^b	66.90±1.16 ^c	75.30±1.65 ^a	72.40±1.28 ^{ab}
20	—	61.60±1.45 ^b	57.50±1.65 ^c	65.40±0.99 ^a	68.50±1.06 ^a

† 同列小写字母不同表示在 0.05 水平上差异显著;—未检测(果苞已不可食用)。

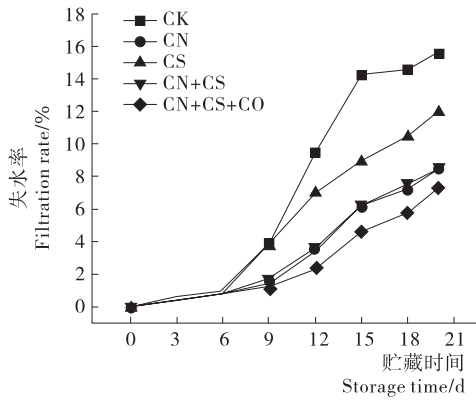


图1 涂膜剂对鲜切菠萝蜜果苞失水率的影响
Figure 1 Effects of coating agent on water loss rate of jackfruit

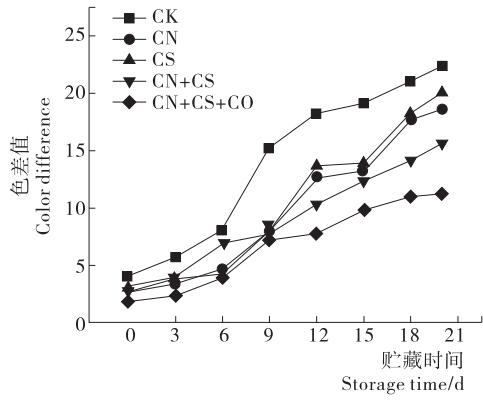


图2 涂膜剂对鲜切菠萝蜜果苞色差值的影响
Figure 2 Effects of coating agent on the color difference of jackfruit

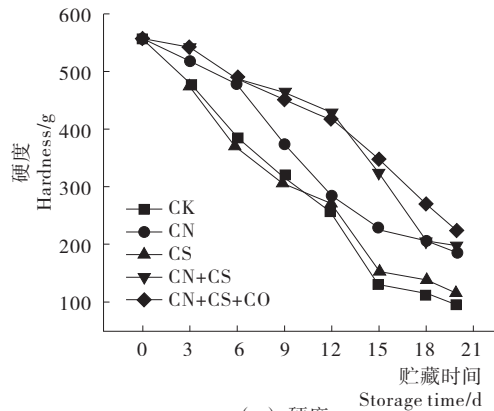
2.3 涂膜剂对鲜切菠萝蜜果苞色泽的影响

由图2可知,贮藏期间,各处理组与空白组的色差值均呈上升趋势,表明鲜切菠萝蜜果苞色度由黄色逐渐转变为红色,亮度下降。贮藏至第20天时,CN,CN+CS处理组差异不显著($P>0.05$),CN+CS+CO复合涂膜剂处理组上升趋势比较平缓,与其他涂膜组相比,出现显著性

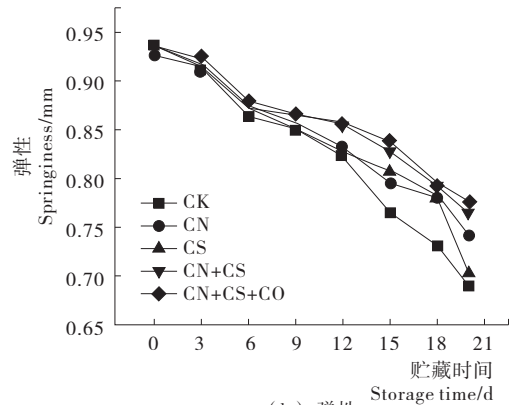
差异($P<0.05$),说明CN+CS+CO复合涂膜剂能有效抑制菠萝蜜果苞在贮藏过程中的褐变度。

2.4 涂膜剂对鲜切菠萝蜜果苞质构的影响

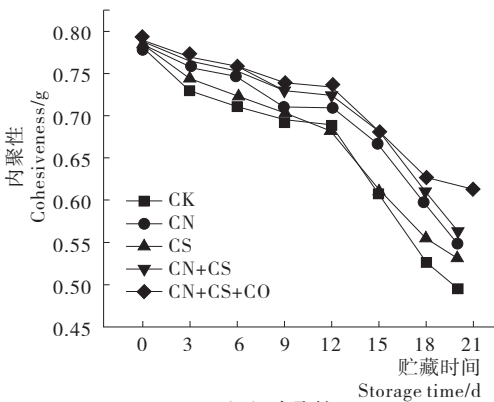
如图3(a)所示,随着贮藏时间的增加,不同涂膜剂对菠萝蜜果苞硬度均呈下降趋势。贮藏0~12 d,CK与CS涂膜组间无显著性差异($P>0.05$);贮藏前6 d,CN,CN+



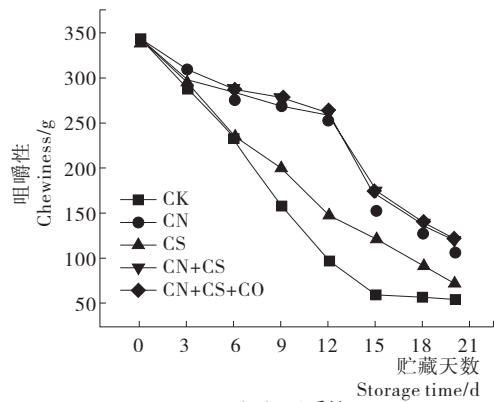
(a) 硬度



(b) 弹性



(c) 内聚性



(d) 咀嚼性

图3 涂膜剂对鲜切菠萝蜜果苞质地的影响

Figure 3 Effects of coating agent on texture of jackfruit

CS、CN+CS+CO 涂膜组间差异不显著 ($P>0.05$), 6 d 后, CN 涂膜组的硬度下降幅度增大, 显著低于 CN+CS、CN+CS+CO 涂膜组 ($P<0.05$)。贮藏 15 d 时, CN+CS、CN+CS+CO 涂膜组的硬度显著高于 CK、CN、CS 处理组 ($P<0.05$)。贮藏 20 d 时, CN+CS+CO 复合涂膜组的果实硬度显著高于其他涂膜组 ($P<0.05$)。表明 CN+CS+CO 复合涂膜保鲜能较好地抑制果苞的蒸腾损失, 从而保持果肉硬度^[21]。由图 3(b) 可知, 整个贮藏期间, 菠萝蜜果苞弹性均呈下降趋势。贮藏 0~9 d, 各涂膜组弹性差异不显著 ($P>0.05$)。贮藏至 20 d 时, CN+CS 与 CN、CN+CS+CO 涂膜组间无显著性差异 ($P>0.05$), 而 CN+CS+CO 组的弹性显著高于 CN 组 ($P<0.05$)。图 3(c) 中, 各处理组贮藏前 12 d 内果肉内聚性下降缓慢, 贮藏至第 20 天时, 涂膜组与对照组出现显著性差异 ($P<0.05$), CN+CS+CO 与 CN+CS、CN、CS 涂膜组出现显著性差异 ($P<0.05$)。如图 3(d) 所示, 贮藏后期 CN、CN+CS、CN+CS+CO 涂膜组的咀嚼性显著高于 CK、CS 组 ($P<0.05$), 而 CN、CN+CS、CN+CS+CO 处理组间无显著性差异 ($P>0.05$)。添加肉桂油的涂膜剂由于具有较好的抗菌活性, 延缓了细胞内基质分解的过程, 从而保持了果苞的硬度、弹性、内聚性、咀嚼性。

综上, CN+CS+CO 组的复合涂膜剂能较好地维持菠萝蜜果实的硬度、弹性、内聚性、咀嚼性, 与感官评定结果一致。这可能是 CO 中肉桂醛与 CN、CS 结合产生各种交互作用, 延缓果苞的后熟衰老, 使菠萝蜜果苞保持较好的品质^[9]。

2.5 涂膜剂对鲜切菠萝蜜果苞 TSS 含量的影响

由图 4 可知, 贮藏期间, 不同涂膜剂对菠萝蜜果苞 TSS 含量均呈先上升后下降的趋势。CN、CS、CN+CS、CN+CS+CO 组在第 12 天达到峰值, 分别为 (21.6 ± 0.30)%, (21.3 ± 0.07)%, (21.6 ± 0.21)%, (21.5 ± 0.09)%。贮藏至第 20 天时, CN+CS+CO 与 CN+CS、

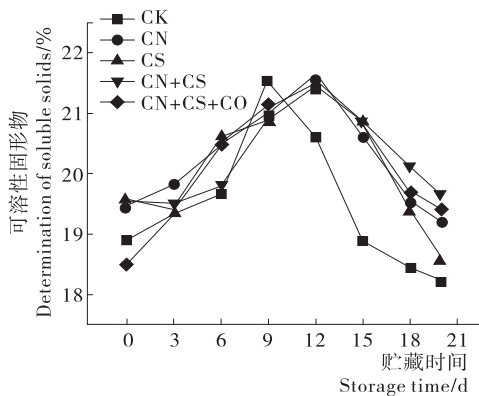


图 4 涂膜剂对鲜切菠萝蜜果苞 TSS 含量的影响
Figure 4 Effects of coating agent on TSS content of jackfruit

CN 涂膜组无显著性差异 ($P>0.05$), 说明涂膜保鲜能很好地抑制果实的生理代谢活动, 延缓菠萝蜜果苞在贮藏期间 TSS 含量的上升, 其中以 CN+CS、CN+CS+CO 涂膜组处理效果最佳, 可能是复合涂膜处理在果苞表面形成半透性的屏障, 抑制果实细胞膜透性的上升, 从而降低了营养物质的消耗, 延缓了果苞的衰老^[22]。

2.6 涂膜剂对鲜切菠萝蜜果苞 TA 含量的影响

如图 5 所示, CK、CS 组的 TA 含量在第 9 天达到峰值, 分别为 (0.54 ± 0.39)%, (0.45 ± 0.22)%。而 CN+CS、CN+CS+CO 复合涂膜组在第 12 天达到最大值, 分别为 (0.56 ± 0.25)%, (0.47 ± 0.00)%。贮藏 20 d 时, CN+CS+CO 涂膜组 TA 含量高于其他处理组, 可能是由于加入肉桂油的复合涂膜剂, 增强果苞的抑菌能力, 抑制果实品质劣变进程。试验结果表明, CN+CS+CO 涂膜组可有效保持菠萝蜜果苞的营养价值和风味, 推迟果实的后熟, 延长保鲜时间^[23]。由图 5 可知, 虽然配制壳聚糖膜液中添加乙酸作为助剂, 但并未影响 CN 组的可滴定酸随贮藏时间的变化, 与预试验结果相吻合。

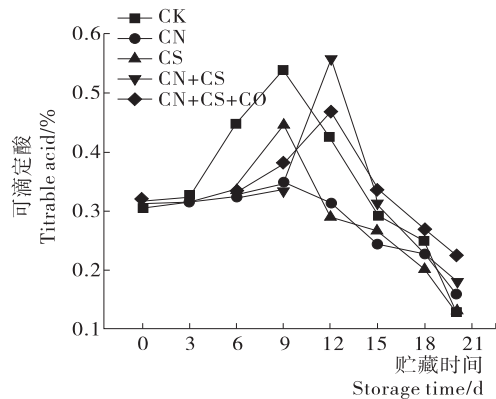


图 5 涂膜剂对鲜切菠萝蜜 TA 含量的影响
Figure 5 Effects of coating agent on TA content of jackfruit

2.7 涂膜剂对鲜切菠萝蜜果苞菌落总数的影响

如图 6 所示, 贮藏期间, 各处理组的菌落总数均呈上升趋势。与 CK 组相比, 贮藏 0~3 d 内各涂膜组的菌落总数没有显著性差异 ($P>0.05$)。3 d 后, CN、CN+CS、CN+CS+CO 涂膜组菌落总数生长缓慢, 而 CK、CS 组菌落总数上升较快。贮藏 6~15 d, CN、CN+CS、CN+CS+CO 涂膜组无显著性差异 ($P>0.05$), 菌落总数含量显著低于 CK 和 CS 组。由图 6 可知, 贮藏至 15 d 时相比于 CK 组, 涂膜剂组菌落总数出现显著性差异 ($P<0.05$)。贮藏至 20 d 时, CN+CS+CO 涂膜组的菌落总数为 1.4×10^4 CFU/g, 对细菌的抑制力高于 CN+CS 涂膜组, 可能是由于添加肉桂油的复合涂膜剂, 抑菌能力增强, 可抑制致病菌的生长繁殖, 提高果苞贮藏品质^[24]。

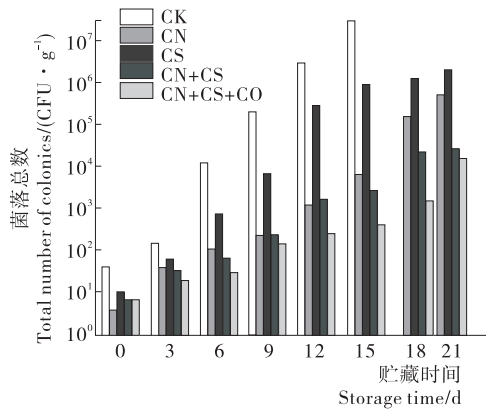


图6 涂膜剂对鲜切菠萝蜜果苞菌落总数的影响

Figure 6 Effects of coating agent on the total number of colonies of jackfruit

3 结论

以马来西亚1号鲜切菠萝蜜果苞为试材,在(4±1)℃的贮藏条件下,涂膜剂保鲜效果依次为壳聚糖+木薯淀粉+肉桂油>壳聚糖+木薯淀粉>壳聚糖>木薯淀粉,与单一涂膜剂相比,复合涂膜剂有效降低了菠萝蜜果苞在低温贮藏过程中的失水率和褐变度,延缓了果苞硬度、内聚性下降趋势,降低了果苞腐败变质的速度,这与前人对鲜切山药^[25]和鲜切马铃薯^[26]的研究结果一致。与壳聚糖+木薯淀粉处理相比,添加肉桂油的复合涂膜剂壳聚糖+木薯淀粉+肉桂油,在抑制低温贮藏菠萝蜜果苞的水分流失、褐变进程、维持可溶性固形物、可滴定酸含量,延缓腐烂率等方面具有更好的效果。这可能是肉桂油中的肉桂醛提高了复合剂的稳定性,增强对微生物的抗菌作用,因此减缓了果苞在贮藏过程中对营养物质的消耗速度,进而维持了菠萝蜜果苞较好的贮藏品质。综合分析表明,在试验范围内,壳聚糖+木薯淀粉、壳聚糖+木薯淀粉+肉桂油复合涂膜剂对低温贮藏菠萝蜜果苞的保鲜品质较好,其中壳聚糖+木薯淀粉+肉桂油涂膜剂是控制鲜切菠萝蜜果苞褐变和主要品质的最有效方法,但不同涂膜剂对鲜切菠萝蜜果苞的抗氧化活性、细胞结构和组分变化还需进一步的研究。

参考文献

[1] 李瑞梅,胡新文,郭建春,等. 菠萝蜜研究概述(综述)[J]. 亚热带植物科学, 2007(2): 77-80.

[2] GOSWAMI C, CHACRABATI R. Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) [M]. Nutritional Composition of Fruit Cultivars. [S.l.]: Academic Press, 2016: 317-335.

[3] BALIGA M S, SHIVASHANKARA A R, HANIADKA R, et al. Phytochemistry, nutritional and pharmacological properties of *Artocarpus heterophyllus* Lam (jackfruit): A review [J]. Food Research International, 2011, 44 (7):

1 800-1 811.

[4] 王俊宇,刘建文,李凤娣,等. 菠萝蜜果实采后糖、酸、蛋白质和Vc含量的变化[J]. 西南师范大学学报:自然科学版, 2015(3): 80-85.

[5] 刘宁彰,窦志浩,何艾,等. 正交与神经网络优化菠萝蜜最少加工保鲜工艺[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(7): 194-197.

[6] 曹珍珍,周林燕,李淑荣,等. 壳聚糖和魔芋精粉复合涂膜对大白杏保鲜效果的影响[J]. 核农学报, 2014, 28(11): 2 051-2 057.

[7] 姜秋焕,叶盛权,叶春海,等. 壳聚糖涂膜对鲜切菠萝蜜的保鲜作用[J]. 现代食品科技, 2012(1): 14-17.

[8] 吴梦君,钟环宇,李樟华,等. 木薯淀粉/壳聚糖可食共混膜的制备及在草莓保鲜中的应用[J]. 包装学报, 2018(1): 76-82.

[9] NOSHIRVANI N, GHANBARZADEH B, GARDRAT C, et al. Cinnamon and ginger essential oils to improve antifungal, physical and mechanical properties of chitosan-carboxymethyl cellulose films[J]. Food Hydrocolloids, 2017, 70: 36-45.

[10] ISTÜRİZ-ZAPATA M A, HERNÁNDEZ-LÓPEZ M, CORREA-PACHECO Z N, et al. Quality of cold-stored cucumber as affected by nanostructured coatings of chitosan with cinnamon essential oil and cinnamaldehyde[J]. LWT, 2020, DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109089.

[11] CERQUEIRA M A, SOUZA B W S, JOSÉ A T, et al. Effect of glycerol and corn oil on physicochemical properties of polysaccharide films: A comparative study [J]. Food Hydrocolloids, 2012, 27(1): 175-184.

[12] 田春美,钟秋平. 木薯淀粉/壳聚糖可食性复合膜对鲜切菠萝蜜的保鲜研究[J]. 重庆工贸职业技术学院学报, 2008, 9(1): 48-51.

[13] VARGAS-TORRES A, BECERRA-LOZA A S, SAYAGO-AYERDI S G, et al. Combined effect of the application of 1-MCP and different edible coatings on the fruit quality of jackfruit bulbs (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) during cold storage [J]. Scientia Horticulturae, 2017, 214: 221-227.

[14] 张海生,刘霞,张娇娇,等. 复合涂膜保鲜剂对鲜切苹果保鲜品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2018, 18(5): 21-25.

[15] 许青莲,李少华,税玉儒,等. 鲜切柠檬壳聚糖复合保鲜涂膜配方优化[J/OL]. 食品与发酵工业. [2019-07-25]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.018678>.

[16] 潘秀娟,屠康. 质构仪质地多面分析(TPA)方法对苹果采后质地变化的检测[J]. 农业工程学报, 2005(3): 166-170.

[17] 李金娜,方海田,刘慧燕,等. 不同贮藏温度对采后碧娇樱桃番茄生理和品质的影响[J]. 食品工业, 2019, 40(3): 111-115.

[18] 聂柳慧. 壳聚糖共混改性及其在果蔬涂膜保鲜中的应用[D]. 天津:天津科技大学, 2006: 47-59.

(下转第201页)

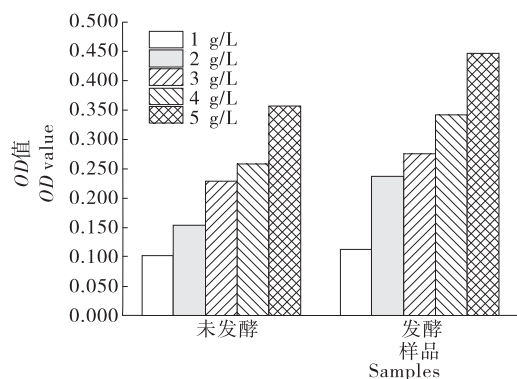


图7 不同浓度样品的还原力

Figure 7 The reducing ability of samples with different concentrations

3 结论

试验将开菲尔接入复合果蔬浆中进行发酵,再添加一定量的菊粉、低聚果糖和麦绿素,经真空冷冻干燥制成一款休闲健康的固体饮品。试验结果表明,开菲尔发酵复合果蔬最佳参数为发酵时间 46.4 h、接种量 8.0%、发酵温度 31 ℃;发酵组冻干产品降糖、降脂和抗氧化性均优于未发酵组,说明开菲尔发酵使得整个体系降糖、降脂和抗氧化活性得到了提高。试验着重探索了苹果浆、番茄酱和沙棘原汁发酵工艺和冻干产品体外功能研究,并未对冻干产品进行感官评价,另外,发酵处理复合果蔬后添加菊粉、低聚果糖和麦绿素再经冻干可能有利于改善肠道菌群,但仍需通过动物试验进一步研究^[18]。

参考文献

[1] TOGHYANIM, MOSAVI S K, MODARESI M, et al. Evaluation of kefir as a potential probiotic on growth performance, serum biochemistry and immune responses in broiler chicks[J]. *Animal Nutrition*, 2015, 1(4): 305-309.
 [2] 何雪畅, 张爽, 臧鹏雯, 等. 开菲尔菌群的益生功效及其在发酵食品中的应用进展[J]. *食品工业*, 2016, 37(10): 220-223.

(上接第 131 页)

[19] 邹小波, 杨志坤, 石吉勇, 等. 阿拉伯胶/白色玫瑰茄提取物复合涂膜对低温贮藏蓝莓保鲜效果的影响[J]. *食品科学*, 2019, 40(7): 204-211.
 [20] GAO Yang, KAN Chao-nan, WAN Chun-peng, et al. Quality and biochemical changes of navel orange fruits during storage as affected by cinnamaldehyde-chitosan coating[J]. *Scientia Horticulturae*, 2018, 239: 80-86.
 [21] MURMU S B, MISHRA H N. The effect of edible coating based on Arabic gum, sodium caseinate and essential oil of cinnamon and lemon grass on guava[J]. *Food Chemistry*, 2018, 245: 820-828.
 [22] 彭湘莲, 付红军, 樊丽. 山苍子精油壳聚糖复合涂膜保鲜金

[3] 王超, 林小晖, 杜冰. 乳酸菌发酵型饮料的研究现状与前景[J]. *饮料工业*, 2018, 21(1): 68-70.
 [4] 梁铎, 荀一萍, 朱宏, 等. 开菲尔微生物、益生功能及产品开发研究进展[J]. *食品科技*, 2017, 42(10): 7-11.
 [5] 陈培康. 开菲尔马铃薯发酵乳酒工艺研究[D]. 无锡: 河南科技学院, 2018: 50-51.
 [6] 国家卫生健康委员会. 关于批准菊粉、多聚果糖为新资源食品的公告[EB/OL]. [2009-03-25]. <http://www.nhc.gov.cn/sp/s/s7891/200904/13298dbae507421f9a3fc5ce94a70585.shtml>.
 [7] 国家标准化管理委员会, 国家质量监督检验检疫总局. GB/T 23528—2009 低聚果糖[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009: 9-10.
 [8] 彭莹莹. 麦绿素韧性饼干的研制[J]. *新疆农垦科技*, 2017, 40(4): 63-66.
 [9] 宋莹, 刘思含, 常霞, 等. 紫薯粉发酵工艺优化及抗氧化能力分析[J]. *食品与机械*, 2020, 36(1): 216-221.
 [10] 翟清燕, 赵龙玉, 赵凤春, 等. 益生菌 *Lactobacillus plantarum* 4 在豆乳中发酵特性的评价[J]. *食品与机械*, 2014, 30(3): 8-12.
 [11] 冯雁波, 包怡红. 超微粉碎对松仁膳食纤维体外降血糖、降血脂功能的影响[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(23): 342-346.
 [12] 国家质量监督检验检疫总局. SN/T 4260—2015 出口植物源食品中粗多糖的测定 苯酚—硫酸法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-3.
 [13] 包怡红, 高培栋. 复合黑木耳粉的研制及其体外降脂功效分析[J]. *东北农业大学学报*, 2017, 48(7): 41-54.
 [14] 田海娟, 罗佳, 孙宇, 等. 紫苏发酵乳体外抗氧化活性的研究[J]. *中国乳品工业*, 2019, 47(6): 14-17.
 [15] 陈树俊, 石玥, 李乐, 等. 藜麦芽发酵浓浆模拟体外消化及抗氧化活性研究[J]. *营养学报*, 2018, 40(1): 71-78.
 [16] 罗云波, 生吉萍. 食品生物技术导论[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002: 275-286.
 [17] 喻铭佳, 索化夷, 李键, 等. 乳酸菌与酵母菌对牦牛酸乳品质形成的影响[J]. *食品与机械*, 2017, 33(11): 7-12.
 [18] OREL Rok, TROP Tina Kamhi. Intestinal microbiota, probiotics and prebiotics in inflammatory bowel disease[J]. *World Journal of Gastroenterology*, 2014, 20(33): 11 505-11 524.
 [19] 柑[J]. *食品与机械*, 2018, 34(9): 131-134.
 [23] XU Tian, GAO Cheng-cheng, YANG Yu-ling, et al. Retention and release properties of cinnamon essential oil in antimicrobial films based on chitosan and gum arabic[J]. *Food Hydrocolloids*, 2018, 84: 84-92.
 [24] CHUESIANG P, SIRIPATRAWAN U, SANGUAN-DEEKUL R, et al. Antimicrobial activity and chemical stability of cinnamon oil in oil-in-water nanoemulsions fabricated using the phase inversion temperature method[J]. *LWT*, 2019, 110: 190-196.
 [25] 王梅, 徐俐, 王美芬, 等. 复合保鲜剂对鲜切山药保鲜效果的影响[J]. *食品与机械*, 2017, 33(5): 134-140.
 [26] 林顺顺, 李瑜, 祝美云, 等. 大豆分离蛋白复合涂膜对鲜切马铃薯保鲜研究[J]. *食品与机械*, 2010, 26(6): 37-39, 74.