

魔芋葡甘露聚糖/纳米 ZnO 复合涂膜对香蕉常温保鲜效果的影响

韦巧艳, 成清岚, 陈碧, 张鹏, 覃逸明
(广西科技师范学院, 广西 来宾 546199)

摘要: **目的** 探讨魔芋葡甘露聚糖/纳米 ZnO 复合涂膜对常温贮藏香蕉保鲜效果的影响, 为香蕉的采后常温保鲜贮藏提供新途径。 **方法** 以巴西蕉为实验材料, 采用 KGM 涂膜液 (A 组) 和 KGM/纳米 ZnO 复合涂膜液 (B 组) 等 2 种可食性涂膜液对香蕉进行涂膜处理, 以不做任何处理为对照 (CK 组), 置于夏季常温(32±2)°C 下贮藏, 每天取样测定果实的好果率、褐变指数、质量损失率、可溶性固形物含量、Vc 含量等指标。 **结果** 在整个贮藏期间, 与 KGM 涂膜和对照组相比, KGM/纳米 ZnO 复合膜能显著维持香蕉的好果率, 抑制香蕉的褐变, 降低香蕉在贮藏期的质量损失率, 减少可溶性固形物和维生素 C 等营养物质的损失。 **结论** KGM/纳米 ZnO 复合涂膜液对采后香蕉的常温贮藏效果最好, 能够维持香蕉较好的贮藏品质。

关键词: 魔芋葡甘露聚糖; 纳米 ZnO; 香蕉; 保鲜

中图分类号: TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2020)05-0049-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.05.007

Influence of Konjac Glucomannan/nano-ZnO Composite Coating on the Preservation Effect of Bananas at Room Temperature

WEI Qiao-yan, CHENG Qing-lan, CHEN Bi, ZHANG Peng, QIN Yi-ming

(Guangxi Science & Technology Normal University, Laibin 546199, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effects of konjac glucomannan/nano-ZnO composite coating on banana preservation at room temperature, in order to provide a new way for post-harvest storage of bananas at room temperature. With Brazil bananas as experimental material, two edible coating solutions like KGM hydrosol (group A) and KGM/nano-ZnO composite hydrosol (group B) were used for coating treatment of bananas, and the non-treated bananas were considered as control (group CK). Both treated and non-treated bananas were stored at room temperature of (32±2)°C in summer. Sampling was done every day to measure the banana's good fruit rate, browning index, weight loss rate, soluble solids content, Vc content and other indexes. The results showed that, in the whole storage period, compared with KGM coating and control group, KGM/nano-ZnO composite coating could significantly maintain the good fruit rate, inhibit the browning, reduce the weight loss rate in the storage period and decrease the loss of nutrients such as soluble solids and vitamin C of banana. The KGM/nano-ZnO composite coating solution has the best effect on the storage of post-harvest bananas at room temperature, which can maintain its high storage quality.

KEY WORDS: konjac glucomannan; nano-ZnO; banana; preservation

收稿日期: 2019-10-02

基金项目: 2016 年度广西高校中青年教师基础能力提升项目 (KY2016YB557); 广西糖资源工程技术研究中心培育建设项目 (桂科 AD16450040); 广西高校制糖工程综合技术重点实验室培育建设项目 (桂教科研[2016]6 号)

作者简介: 韦巧艳 (1985—), 女, 硕士, 工程师, 主要研究方向为糖类物质的综合利用。

香蕉属于芭蕉科,起源于印度、马来西亚和日本等地,是典型的呼吸跃变型浆果类水果,广泛种植于热带和亚热带地区,是我国主要经济作物之一^[1]。香蕉富含淀粉、纤维、矿物质(钾、镁、磷、锰)和维生素A、维生素C和维生素B₆^[2-3],是酚类化合物、羟基肉桂酸特别是阿魏酸己糖苷和黄酮醇糖苷的良好来源^[4]。香蕉中的类胡萝卜素和酚类化合物是一种天然的抗氧化剂,具有抗氧化、抗炎、抗菌和抗癌活性等作用^[5-6]。由于其跃变型的呼吸模式,香蕉在运输和储存过程中,容易因生理衰老、生化变化和微生物感染等原因导致其品质迅速恶化,降低它们的食用品质和货架期。每年大约有40%的香蕉会因腐烂变质而被丢弃,给环境和经济造成了极大的影响^[7],因此,开发一种低成本、安全无毒、环保的绿色果蔬保鲜剂用于香蕉贮藏保鲜,延长其货架期具有重要的经济和社会意义。

已有不少学者提出了香蕉的各种保鲜方法,如涂蜡^[8]、气调保鲜^[9]和可食性涂膜^[10]等。其中,可食性涂膜能够抵抗外部环境因素的影响,例如:氧气、水蒸气和光的照射,通过延缓水果的呼吸速率来延长果蔬的货架期,提高产品的质量^[11]。可食用性涂膜具有简单、安全、环保、成本低等优点,已被证明是一种很有发展前景的水果保鲜方法。

魔芋葡甘露聚糖(konjac glucomannan,简称KGM)以其可生物降解、抗菌、来源丰富、良好的成膜性及气体渗透性而被广泛应用于果蔬保鲜中,但KGM具有很强的亲水性,导致KGM膜的耐水性和防水性能较差,使其在食品包装中的应用受到了限制^[12]。纳米ZnO作为一种多功能无机材料,具有无毒,对皮肤无刺激,不变色、分解,抗菌性好及成本低等优异性能已被添加到食品包装材料中,用于保持食品的色泽,防止食品变质,改善包装材料的机械强度、阻隔性能和稳定性^[13]。

目前,国内外有关纳米氧化锌与魔芋葡甘露聚糖共混改性制备可食性涂膜并用于香蕉夏季常温保鲜效果的研究鲜有报道。由此,文中试验以KGM为成膜基质,将纳米ZnO与之复配改性制备KGM/纳米ZnO复合涂膜液,研究此复合涂膜液对夏季常温贮藏条件下香蕉的保鲜效果。

1 实验

1.1 材料

主要材料:香蕉,品种为巴西蕉,购买于来宾市农贸市场。选取八成熟、无病虫害、无机械损伤、大小均匀的新鲜果实进行试验;魔芋精粉(纯度90%),湖北一致魔芋生物科技有限公司;纳米ZnO(粒度(30±10)nm),上海迈坤化工有限公司;甘

油(AR),西陇科学股份有限公司;无水氯化钙(AR),西陇科学股份有限公司;二水合草酸(AR),西陇科学股份有限公司;碳酸氢钠(AR),西陇科学股份有限公司;抗坏血酸(AR),阿拉丁试剂(上海)有限公司;2,6-二氯酚靛酚(AR),国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器

主要仪器:FA2004B电子天平,上海越平科学仪器有限公司;HSU-32手持糖度计,上海精密仪器仪表有限公司;KQ-300DB型超声波清洗机,昆山市超声仪器有限公司;GZX-GF101-3BS型电热恒温鼓风干燥箱,上海跃进医疗器械有限公司;JB90-D型强力电动搅拌机,上海标本模型厂。

1.3 试验方法

基于该课题组的前期研究^[14],各涂膜液的配制工艺如下所述。

1.3.1 KGM涂膜液的制备

准确称取1.65g KGM精粉于300mL蒸馏水中制成0.0055g/mL的KGM溶液,于58℃下电动搅拌机搅拌40min,并超声脱气30min,即得0.0055g/mL KGM涂膜液^[15]。

1.3.2 KGM/纳米ZnO复合膜液的制备

称取1.80g纳米ZnO和2.04g甘油加入300mL的蒸馏水中混匀,再将1.65g KGM精粉缓缓倒入溶液中,置于电动搅拌机下,于30℃下反应61min,并超声脱气30min,即得含有0.006g/mL纳米ZnO的KGM/纳米ZnO复合涂膜液^[16]。

1.3.3 涂膜处理

将选取好的香蕉随机分为3组,其中1组为对照组,不做任何浸泡处理,记为CK组。剩下2组分别在上述配制好的KGM涂膜液及KGM/纳米ZnO复合涂膜液中浸泡3min,取出自然晾干,分别记为A组和B组。最后,将对照组和涂膜组的香蕉各分为2组(保鲜实验观察组、指标测定组),保鲜实验观察组用来观测好果率、褐变指数、质量损失率;指标测定组供可溶性固形物含量和维生素C含量测定用。各试验组样品均置于室温(32±2)℃、相对湿度83%~91%下贮藏,每天取样测定各项指标,每个指标平行测定3次。

1.3.4 指标测定

1.3.4.1 好果率和香蕉皮褐变指数

香蕉皮褐变程度参照黄华等^[17]的方法分为6级:0级,果皮无褐变;1级,褐变面积<1/4果皮面积;2级,褐变面积为1/4~1/2果皮面积;3级,褐变面积为1/2~3/4果皮面积;4级,褐变面积为果皮面积的

3/4~1;5级,褐变面积=果皮面积。根据分级法按式(1—2)计算好果率^[18]和褐变指数^[17]。

$$\text{好果率} = \frac{\text{0级香蕉数} + \text{1级香蕉数}}{\text{每组香蕉总数}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{褐变指数} = \frac{\sum(\text{褐变级数} \times \text{各级褐变香蕉数})}{\text{每组香蕉总数}} \quad (2)$$

1.3.4.2 质量损失率

采用称量法测定^[19],计算方法见式(3)。

$$\text{质量损失率} = \frac{\text{贮藏前香蕉质量} - \text{贮藏后香蕉质量}}{\text{贮藏前香蕉质量}} \times 100\% \quad (3)$$

1.3.4.3 可溶性固形物

可溶性固形物含量采用手持糖度计参照 Cecilia N. Nunes 等^[20]的方法测定。

1.3.4.4 V_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》,采用 2,6-二氯酚酚滴定法^[21]测定香蕉中 V_C的含量。

1.3.5 数据处理

每组实验至少进行 3 组平行实验,实验数据采用 Origin 9.0 进行数据处理及绘图,采用 SPSS 22.0 统计软件进行差异显著性分析, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与讨论

2.1 涂膜处理对香蕉好果率的影响

好果率指标直接反映香蕉的外观品质和贮藏效果^[22]。香蕉在采后后熟期迅速软化衰老,果皮由绿变黄,进而开始褐变长斑,果肉组织软化直至腐烂。图 1 是贮藏 8 d 时,香蕉的外观图,由图 1 中可知,此时对照组(CK)香蕉严重褐变,果实开始软化腐烂,而复合涂膜组的好果率最高,贮藏保鲜效果最好。由图 2 可知,在贮藏期前 2 d 好果率没发生变化,之后随着贮藏时间的延长,所有处理组的好果率均持续下降,其中对照组的好果率下降趋势最明显,而 KGM/纳米 ZnO 复合膜组(B)的好果率下降趋势最缓慢,且其好果率比单一 KGM 涂膜处理组(A)高。在贮藏第 8 天时,对照组(CK)香蕉严重褐变,好果率为 0;KGM 涂膜处理组(A)的好果率为 20.0%,KGM/纳米 ZnO 复合膜组(B)的好果率为 33.3%。在整个贮藏期,KGM 涂膜处理组的好果率显著高于对照组($0.01 < P < 0.05$),KGM/纳米 ZnO 复合涂膜与对照组差异极显著($P < 0.01$),且复合涂处理显著高于单一 KGM 涂膜处理($0.01 < P < 0.05$)。由此可见,KGM/纳米 ZnO 复合膜能有效延长香蕉的货架期,有助于维持香蕉贮藏期的外观品质。这可能是由于 KGM 溶于水后生成高粘度的假塑性溶液,这种高粘特性可将香蕉与

周围环境隔离,抑制香蕉的呼吸速率,从而达到保鲜的效果^[23]。纳米 ZnO 具有良好的稳定性、阻湿性和抑菌性,将其加入到 KGM 中能够改善复合膜的阻湿性、透气性和抑菌性,达到较好的保鲜效果^[24—25]。

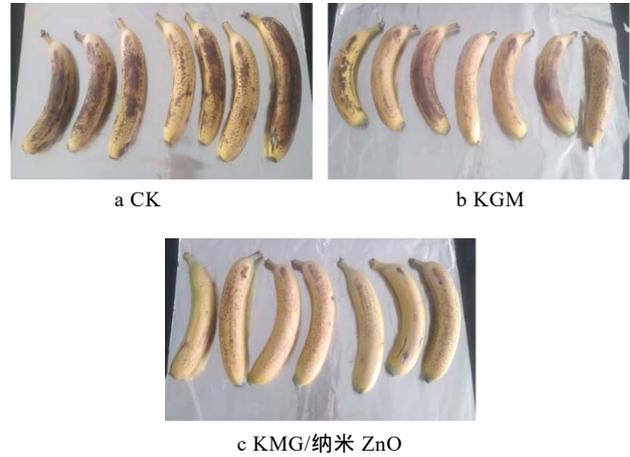


图 1 贮藏第 8 天时香蕉的外观

Fig.1 Appearance of bananas on the 8th day of storage

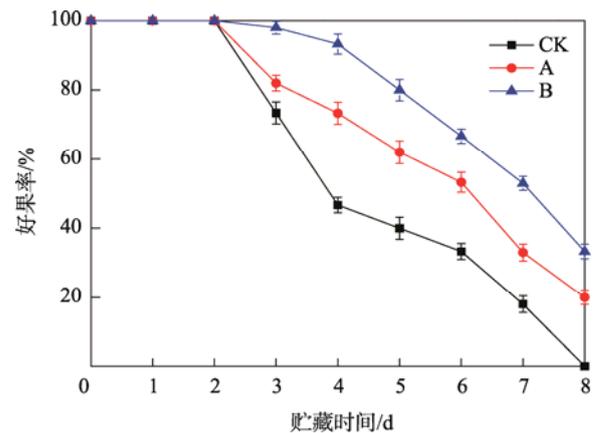


图 2 不同涂膜处理对香蕉好果率的影响

Fig.2 Effect of different coating treatments on good fruit rate of banana

2.2 涂膜处理对香蕉褐变指数的影响

香蕉果皮的颜色是其主要的视觉属性之一,也是衡量香蕉采后品质和消费者接受程度的重要指标。由图 3 可知,所有处理组的褐变指数均随着贮藏时间的延长而增大。各处理组的褐变速度及程度不同,其中 CK 组的褐变速度最快,褐变指数最高,KGM/纳米 ZnO 复合膜组(B)的褐变程度和指数均最低。在贮藏第 8 天时,CK 组的褐变指数为 4.70,香蕉表面褐变严重,出现大量的大斑点(见图 1);KGM 涂膜处理组(A)的褐变指数为 3.70,香蕉出现一定程度的褐变,大斑点较少;KGM/纳米 ZnO 复合膜处理组(B)的褐变指数为 3.40,香蕉表皮褐变程度较轻,斑点较少,无大斑点。斑点的出现表明香蕉正处于变质阶段,因此,香蕉果皮的颜色和斑点是决定其品质和衰

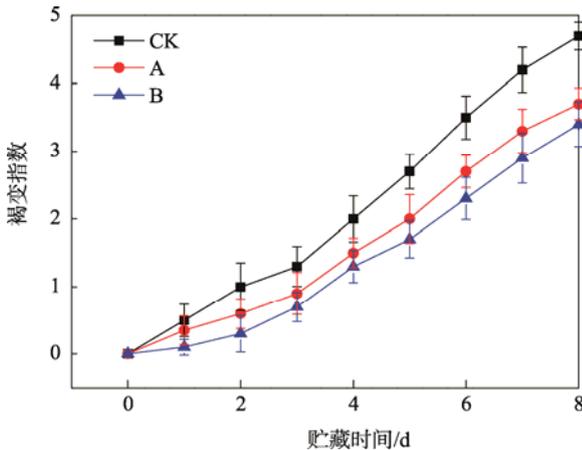


图3 不同涂膜处理对香蕉褐变指数的影响
Fig.3 Effect of different coating treatments on browning index of banana

老的重要标志^[26]。与对照组相比,涂膜处理极显著推迟了香蕉果实表面的褐变 ($P<0.01$),且 KGM/纳米 ZnO 复合膜处理显著高于单一 KGM 涂膜处理 ($0.01<P<0.05$)。这说明,KGM/纳米 ZnO 复合涂膜能有效抑制香蕉的褐变,减少斑点的增长,延缓香蕉果实的衰老,保持香蕉的品质。这可能是因为复合涂膜处理降低了香蕉的呼吸速率、减少了乙烯的产量,从而在香蕉周围产生低 O_2 高 CO_2 的环境,这反过来又延迟了香蕉的成熟和衰老,抑制香蕉的褐变^[27]。

2.3 不同处理对香蕉质量损失率的影响

质量损失率反应了水果在储存过程中的质量损失,是影响采后果实品质和货架期的关键因素。果实贮藏期间的质量损失主要是由于失水造成的,因此减少水分损失是水果保鲜的首要任务^[26]。由图 4 可知,所有处理组的质量损失率均随着贮藏时间的延长而逐渐升高。这是因为香蕉是典型的呼吸跃变型水果,在采后贮藏过程中,由于呼吸和蒸腾作用,香蕉中的水分被消耗并扩散到外部环境中,导致香蕉失水和质量下降^[28]。KGM/纳米 ZnO 复合膜处理组的香蕉质量损失率的上升幅度较 KGM 涂膜处理组和对照组低,其中对照组的质量损失率上升幅度最快。在贮藏第 8 天时,KGM/纳米 ZnO 复合膜处理组的香蕉质量损失率为 7.2%,KGM 涂膜处理组的质量损失率为 8.91%,空白组的质量损失率为 11.24%。有研究发现纳米 ZnO 涂膜能够减缓鲜切猕猴桃^[29]和杏^[30]的水分损失。这可能是因为一方面纳米 ZnO 具有疏水性;另一方面添加的纳米 ZnO 可能改变了 KGM 基质的分子结构,使复合膜的结构更致密,不利于水蒸气分子的扩散与传播,降低了复合膜的水蒸气透过系数^[28,31],从而降低了香蕉的质量损失率。整个贮藏期间涂膜组与对照组之间差异极显著 ($P<0.01$),涂膜组之间差异不显著 ($P>0.05$)。

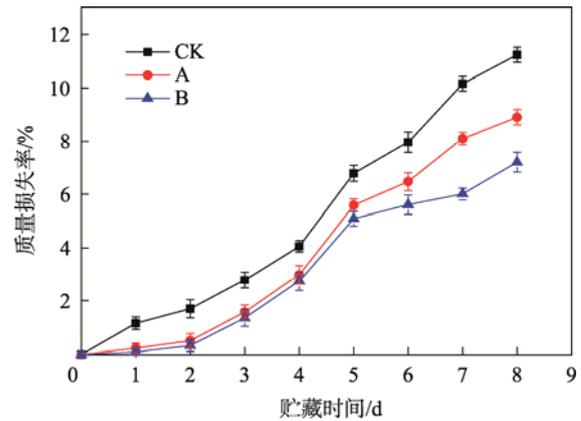


图4 不同涂膜处理对香蕉质量损失率的影响
Fig.4 Effect of different coating treatments on weight loss rate of banana

2.4 不同处理对香蕉可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物含量 (SSC) 是指果蔬中能溶于水的化合物,包括可溶性糖、有机酸、矿物质、维生素等,是反映香蕉果肉品质和营养价值的重要指标之一,根据其含量变化可判断香蕉果实的耐贮性。由图 5 可知,随着贮藏时间的延长,香蕉中 SSC 呈下降趋势。这可能是因为香蕉果实中的可溶性固形物作为其呼吸作用和生理生化反应的底物,在贮藏过程中不断被消耗,从而导致 SSC 不断下降。A, B 组处理的香蕉中 SSC 高于对照组,差异极显著 ($P<0.01$),而涂膜组之间 SSC 变化无显著差异 ($P>0.05$)。这表明涂膜处理可在一定程度上延缓香蕉的后熟,维持香蕉果实的 SSC。这可能是因为涂膜对 O_2 的选择性屏障,导致香蕉果实内氧气水平较低,抑制了香蕉的呼吸速率,延缓了香蕉的成熟^[32],从而降低了 SSC 的转化率。从图 5 中还发现,与单一 KGM 涂膜相比,KGM/纳米 ZnO 复合涂膜的香蕉中 SSC 下降速度最缓慢,

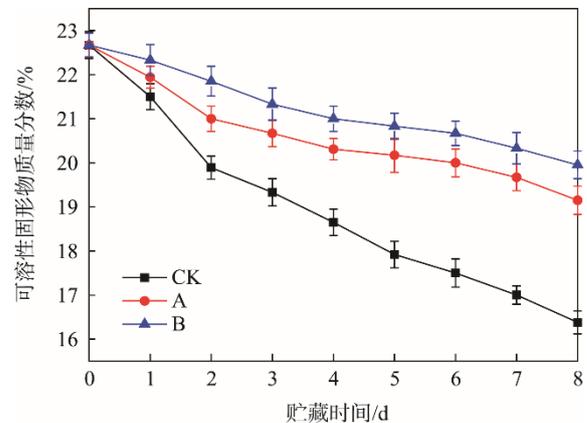


图5 不同涂膜处理对香蕉可溶性固形物含量的影响
Fig.5 Effect of different coating treatments on soluble solids content of banana

这可能是因为复合涂膜具有较好的阻湿性，且对 O_2 的选择性屏障更好，使香蕉果实内的 O_2 水平较低，减缓了香蕉的呼吸代谢速度，从而有效维持香蕉贮藏期间的 SSC。

2.5 不同处理对香蕉维生素 C 含量的影响

V_C 是香蕉的营养成分之一，在贮藏过程中作为生理生化反应底物而被不断消耗，因此可根据其含量变化评价香蕉的保鲜效果^[33]。由图 6 可知，香蕉果肉中的 V_C 含量随着贮藏时间的延长逐渐下降，在整个贮藏期间，涂膜处理组的 V_C 含量极显著高于对照组 ($P<0.01$)，且 B 处理组极显著高于 A 处理组 ($P<0.01$)。Sogvar 等^[34]研究发现纳米氧化锌涂膜能有效降低草莓果实中维生素 C 的损失并延长其货架期。这与文中的研究结果相似，究其原因，可能是因为纳米 ZnO 可以减少 O_2 的扩散，减慢香蕉的呼吸速率，延缓果实中抗坏血酸氧化反应的进行，从而减少 V_C 的损失。

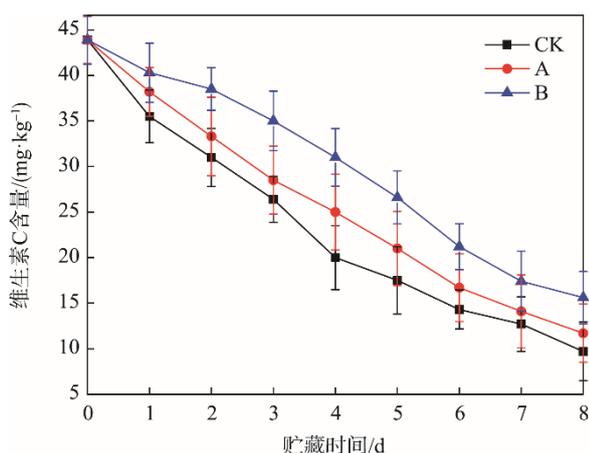


图 6 不同涂膜处理对香蕉维生素 C 含量的影响

Fig.6 Effect of different coating treatments on vitamin-C content of banana

3 结语

香蕉是一种适口性好、营养价值高的跃变型水果，在采后运输和储存过程中，由于生理老化、生化变化和微生物感染而迅速变质。文中以 KGM 为主要成膜基质，通过添加纳米 ZnO 制备 KGM/纳米 ZnO 复合涂膜用于香蕉的夏季常温贮藏保鲜效果研究。结果发现，涂膜处理能够较好地维持香蕉的外观品质，阻止水分流失，减少香蕉贮藏过程中可溶性固形物和维生素 C 的损失。相比于单一的 KGM 涂膜，添加了纳米 ZnO 的复合涂膜在维持常温贮藏香蕉果实的好果率，降低褐变指数和质量损失率、减少可溶性固形物和维生素 C 等营养物质的损失等方面表现出更好的效果，这可能是因为添加的纳米 ZnO 提高了膜的阻湿性和阻氧性，通过抑制香蕉的呼吸速率和

其他生理生化反应，进而维持了香蕉果实较好的贮藏品质。

参考文献：

- [1] MARENDA F R B, COLODEL C, CANTERI M H G, et al. Investigation of Cell Wall Polysaccharides from Flour Made with Waste Peel from Unripe Banana (*Musa sapientum*) Biomass[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2019, 99(9): 4363—4372.
- [2] AURORE G, PARFAIT B, FAHRASMANE L. Bananas, Raw Materials for Making Processed Food Products[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2009, 20(2): 78—91.
- [3] NOYSANG C, BURANASUKHON W, KHUANEEKKAPHAN M. Phytochemicals and Pharmacological Activities from Banana Fruits of Several *Musa* Species for Using as Cosmetic Raw Materials[C]// *Applied Mechanics and Materials*, Trans Tech Publications Ltd, 2019, 891: 30—40.
- [4] VALÉRIE PASSO TSAMO C, ANDRE C M, RITTER C, et al. Characterization of *Musa* sp. Fruits and Plantain Banana Ripening Stages According to Their Physicochemical Attributes[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2014, 62(34): 8705—8715.
- [5] SOMEYA S, YOSHIKI Y, OKUBO K. Antioxidant Compounds from Bananas (*Musa Cavendish*)[J]. *Food Chemistry*, 2002, 79(3): 351—354.
- [6] GUHA M, BASURAY S, SINHA A K. Preventive Effect of Ripe Banana in the Diet on Ehrlich's Ascitic Carcinoma Cell Induced Malignant Ascites in Mice[J]. *Nutrition Research*, 2003, 23(8): 1081—1088.
- [7] RAYO-MENDEZ L M, GÓMEZ A V, TADINI C C. Extraction of Soluble Sugars from Banana Puree to Obtain a Matrix Rich in Non-starch Polysaccharides[J]. *Food Chemistry*, 2019, 294: 539—546.
- [8] JIANG N, WANG M, WEI D Z, et al. Progress on Wax Coating Researches for Fruits[J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2015, 6(2): 596—601.
- [9] MENDOZA R, CASTELLANOS D A, GARCÍA J C, et al. Ethylene Production, Respiration and Gas Exchange Modeling in Modified Atmosphere Packaging for Banana Fruits[J]. *International Journal of Science & Technology*, 2016, 51(3): 777—788.
- [10] BICO S L S, RAPOSO M F J, MORAIS R, et al. Combined Effects of Chemical Dip and/or Carrageen an Coating and/or Controlled Atmosphere on Quality of Fresh-cut Banana[J]. *Food Control*, 2009, 20(5): 508—514.
- [11] FALGUERA V, QUINTERO J P, JIMÉNEZ A, et al. Edible Films and Coatings: Structures, Active Functions and Trends in Their Use[J]. *Trends in Food Sci-*

- ence & Technology, 2011, 22(6): 292—303.
- [12] WU K, ZHU Q, QIAN H, et al. Controllable Hydrophilicity-hydrophobicity and Related Properties of Konjac Glucomannan and Ethyl Cellulose Composite Films[J]. Food Hydrocolloids, 2018, 79: 301—309.
- [13] AL-NAAMANI L, DOBRETISOV S, DUTTA J. Chitosan-zinc Oxide Nanoparticle Composite Coating for Active Food Packaging Applications[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2016, 38: 231—237.
- [14] 韦巧艳, 柳富杰, 成清岚, 等. KGM膜透湿性工艺优化研究[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(18): 194—197.
WEI Qiao-yan, LIU Fu-jie, CHENG Qing-lan, et al. Optimization of Moisture Permeability of KGM Membrane[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2019, 47(18): 194—197.
- [15] 李彦军, 张宏军, 王勇, 等. 响应面法优化 KGM-TiO₂ 复合薄膜的拉伸性能[J]. 食品工业科技, 2015, 36(4): 286—291.
LI Yan-jun, ZHANG Hong-jun, WANG Yong, et al. Optimization by Response Surface Methodology of Properties of KGM-TiO₂ Composite Films[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(4): 286—291.
- [16] 麦馨允, 陈庆金, 谭彦妮, 等. 魔芋葡甘聚糖/纳米 SiO₂ 复合涂膜配方及其对芒果贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(1): 177—184.
MAI Xin-yun, CHEN Qing-jin, TAN Yan-ni, et al. Effect of Konjac Glucomannan/Nano-silica Composite Coating on the Quality of Mango Fruit[J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(1): 177—184.
- [17] 黄华, 蒋跃明. 香蕉采后不同处理对果实品质和褐变染病的影响[J]. 北方园艺, 2012(18): 160—164.
HUANG Huang, JIANG Yue-ming. Effects of Different Treatment on Quality and Browning of Banana Fruit[J]. Northern Horticulture, 2012(18): 160—164.
- [18] 孙钦菊, 李坚斌, 张若璇, 等. 普鲁兰多糖复合液涂膜对荔枝采后保鲜效果评价[J]. 食品工业科技, 2018(11): 281—286.
SUN Qin-ju, LI Jian-bin, ZHANG Ruo-xuan, et al. Effects of Pullulan Compound Liquid Coating on Litchi Postharvest Fresh-keeping Process[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018(11): 281—286.
- [19] 邹小波, 杨志坤, 石吉勇, 等. 阿拉伯胶/白色玫瑰花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.
ZOU Xiao-bo, YANG Zhi-kun, SHI Ji-yong, et al. Preservation Effect of Gum Arabic Edible Coating Incorporated with White Roselle Extract (Hibiscus Sabdariffa L.) on Cold-Stored Blueberries[J]. Food Science, 2019, 40(7): 204—211.
- [20] NUNES C N, YAGIZ Y, EMOND J P. Influence of Environmental Conditions on the Quality Attributes and Shelf Life of 'Goldfinger' Bananas[J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 86: 309—320.
- [21] GB 5009.86—2016, 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定[S].
GB 5009.86—2016, National Food Safety Standards Determination of Ascorbic Acid in Food[S].
- [22] 曹森, 张鹏, 李江阔, 等. 不同保鲜剂对红桃贮藏品质的影响[J]. 包装工程, 2019, 40(17): 14—19.
CAO Sen, ZHANG Peng, LI Jiang-kuo, et al. Effect of Different Preservatives on the Storage Quality of Red Peach[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(17): 14—19.
- [23] ZHOU D, HUANG Y, TU K. Effect of Konjac Glucomannan Coating on Antioxidant Capacity and Phenolic Metabolism in Fresh-cut Lotus Roots[J/OL]. Journal of Food Processing and Preservation[2018-07-09]. <https://orcid.org/0000-0003-4314-2896>.
- [24] SOGVAR O B, SABA M K, EMAMIFAR A, et al. Influence of Nano-ZnO on Microbial Growth, Bioactive Content and Postharvest Quality of Strawberries During Storage[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2016, 35: 168—176.
- [25] 陈镠, 余婷, 王允祥, 等. 壳聚糖-纳米氧化锌复合涂膜对甜樱桃采后生理和贮藏品质的影响[J]. 核农学报, 2017, 31(9): 1767—1774.
CHEN Liu, YU Ting, WANG Yun-xiang, et al. Influence of Chitosan and Nano-zinc Oxide Compositing Coating on Postharvest Quality of Sweet Cherry Fruits During Cold Storage[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2017, 31(9): 1767—1774.
- [26] LI D L, SHI Q P, XU W C. Effects of Zeolite Modified LDPE Film on Banana Fresh Keeping[C]// Advanced Materials Research, Trans Tech Publications, 2012, 393: 724—728.
- [27] MAQBOOL M, ALI A, ALDERSON P G, et al. Effect of a Novel Edible Composite Coating Based on Gum Arabic and Chitosan on Biochemical and Physiological Responses of Banana Fruits during Cold Storage[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(10): 5474—5482.
- [28] LI J, SUN Q, SUN Y, et al. Improvement of Banana Postharvest Quality using a Novel Soybean Protein Isolate/Cinnamaldehyde/Zinc Oxide Bionanocomposite Coating Strategy[J/OL]. Scientia Horticulturae, 2019, 258[2019-10-15]. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108786>.
- [29] MENG X, ZHANG M, ADHIKARI B. The Effects of Ultrasound Treatment and Nano-zinc oxide Coating on the Physiological Activities of Fresh-cut Kiwifruit[J]. Food and Bioprocess Technology, 2014, 7(1): 126—132.
- [30] ZHANG Z Y, XIONG H M. Photoluminescent ZnO Nanoparticles and Their Biological Applications[J]. Materials, 2015, 8(6): 3101—3127.

- [31] NAFCHI A M, NASSIRI R, SHEIBANI S, et al. Preparation and Characterization of Bionanocomposite Films Filled with Nanorod-rich Zinc Oxide[J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 96(1): 233—239.
- [32] VELICKOVA E, WINKELHAUSEN E, KUZMANOVA S, et al. Impact of Chitosan-beeswax Edible Coatings on the Quality of Fresh Strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under Commercial Storage Conditions[J]. LWT-food Science and Technology, 2013, 52(2): 80—92.
- [33] 李杰民, 李昌宝, 彭宏祥, 等. 新品种荔枝“三桂红”采后贮藏品质的研究[J]. 食品工业, 2017, 38(9): 142—147.
- LI Jie-min, LI Chang-bao, PENG Hong-xiang, et al. Study on the Postharvest Quality of Litchi New Cultivar "San Gui Hong" during Storage[J]. The Food Industry, 2017, 38(9): 142—147.
- [34] SOGVAR O B, SABA M K, EMAMIFAR A, et al. Influence of Nano-ZnO on Microbial Growth, Bioactive Content and Postharvest Quality of Strawberries During storage[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2016, 35: 168—176.