

# 复合生物保鲜剂对鲜食玉米贮藏品质的影响

张晓莉, 何余堂\*, 解玉梅, 高虹妮, 刘贺, 马涛

(渤海大学化学化工与食品安全学院, 辽宁省食品贮藏加工及质量安全控制工程技术研究中心, 辽宁锦州 121013)

**摘要:** 采用壳聚糖、花粉多糖、茶多酚为主配制的复合生物保鲜剂对鲜食玉米进行保鲜, 测定含水量、质量损失率、硬度、气味与感官品质, 研究贮藏期间鲜食玉米的品质变化。结果表明, 与对照相比, 冷藏条件下经保鲜剂处理的鲜食玉米贮藏30 d时含水量减少损失18.6%, 质量损失率降低19.9%, 硬度降低42.68 N, 气味变化较小, 感官品质良好。生物保鲜剂可有效抑制鲜食玉米水分散失, 减少营养成分损失, 降低质量损失率, 保持籽粒弹性; 还可保持鲜食玉米的色泽、形态、气味、滋味等感官品质, 因此, 生物保鲜剂对鲜食玉米的保鲜效果显著。

**关键词:** 鲜食玉米; 生物保鲜剂; 贮藏品质

## Effects of Composite Biological Antistaling Agent on Storage Qualities of Fresh Corn

ZHANG Xiaoli, HE Yutang\*, XIE Yumei, GAO Hongni, LIU He, MA Tao

(Engineering and Technology Research Center of Food Preservation, Processing and Safety Control of Liaoning Province, College of Chemistry, Chemical Engineering and Food Safety, Bohai University, Jinzhou 121013, China)

**Abstract:** The effects of a composite biological antistaling agent mainly formulated with chitosan, pollen polysaccharide and tea polyphenol on the storage quality of fresh corn were investigated by moisture content, weight loss rate, hardness, odor and sensory quality as a function of storage time. The results showed that the loss of moisture content in fresh corn subjected to pretreatment with the antistaling agent and subsequent cold storage for 30 days was reduced by 18.6% as compared with that of the control. Meanwhile, the weight loss rate of fresh corn was decreased by 19.9% and the hardness was lowered by 42.68 N. However, there were only slight changes in odor and sensory qualities were well maintained. The biological antistaling agent could effectively inhibit the loss of moisture content, decrease the nutrient losses, reduce the weight loss rate, and maintain the elasticity of fresh corn while significantly preserving sensory qualities such as color, shape, odor and taste. Therefore, the biological antistaling agent had significant preservation effects on fresh corn.

**Key words:** fresh corn; biological antistaling agent; storage quality

中图分类号: TS205.9

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2015)10-0249-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201510049

鲜食玉米富含碳水化合物、蛋白质、膳食纤维、维生素、赖氨酸等营养成分, 营养丰富、口感细腻、风味独特, 能满足营养、保健的消费需求, 深受消费者喜爱, 在国内外市场十分畅销<sup>[1]</sup>。

鲜食玉米收获后, 籽粒呼吸旺盛, 易失水, 造成品质下降, 微生物滋生, 导致鲜食品质不断下降, 需要进行保鲜才可以延长货架期。鲜食玉米品质主要包括感官品质、营养品质、加工品质和商业品质4个方面<sup>[2]</sup>。感官品质指食用时消费者的感官对其色泽、滋味、柔嫩性、黏度等的反映; 营养品质指鲜食玉米含有的各种营养成分, 如碳水化合物、蛋白质、脂肪、氨基酸、维生素等, 是食用品质、加工品质和商业品质的基础; 加工品质指鲜穗的洁净

度、成熟度、整齐度等, 有利于采收、整理与加工; 商业品质指鲜食玉米的外观和内在品质<sup>[3]</sup>。

目前, 鲜食玉米的市场规模日益增长。鲜食玉米贮藏保鲜技术方法较多, 如: 加热保鲜技术、常温保鲜技术、冷藏保鲜与冷冻保鲜技术、真空包装保鲜技术、气调保鲜技术、辐照保鲜技术等<sup>[4-9]</sup>; 但还存在不足之处, 如保鲜期短, 工艺流程多, 需要专用设备, 成本高等<sup>[10]</sup>。需要研究新型保鲜剂与保鲜材料、复合保鲜技术等, 以解决鲜食玉米在加工贮藏、保鲜方面存在的问题。近年来, 新型保鲜剂与保鲜材料的研究、食品保鲜过程中品质的变化与控制机理一直是研究的热点, 生物保鲜剂在果蔬贮藏保鲜中应用广泛<sup>[11-13]</sup>。生物保鲜剂的组

收稿日期: 2014-10-16

基金项目: 辽宁省教育厅科学技术研究项目(L2012399); 国家自然科学基金青年科学基金项目(31201385);

辽宁省食品安全重点实验室暨辽宁省高校重大科技平台开放课题(LNSAKF2011014)

作者简介: 张晓莉(1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为粮油植物蛋白工程。E-mail: zhangxiaoli2218@163.com

\*通信作者: 何余堂(1967—), 男, 教授, 博士, 研究方向为粮油植物蛋白与食品生物技术。E-mail: heyutang@163.com

成多样,如:柠檬酸与蔗糖酯;苯甲酸钠、柠檬酸、肌醇六磷酸酯与VC;还有海藻酸钠、植物多糖、壳聚糖、水解胶原、大豆分离蛋白等以多糖、蛋白质、脂类等为材料的保鲜剂,可抑制呼吸,降低褐变,对果蔬具有保鲜作用<sup>[14-16]</sup>。壳聚糖具有良好的成膜性、保湿性,花粉多糖具有较好的抗菌作用,茶多酚具有抗氧化作用,在前期研究中以这些生物活性物质为主要原料,已研制成复合保鲜剂。本研究在此基础上以复合生物保鲜剂对鲜食玉米进行保鲜处理,研究贮藏过程中鲜食玉米的品质变化,以期为鲜食玉米的贮藏保鲜提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

垦粘5号鲜玉米,产地为辽宁省锦州。

花粉多糖由实验室从玉米花粉中分离、提取、纯化得到;壳聚糖(脱乙酰度 $\geq 85\%$ ) 国药集团化学试剂有限公司;茶多酚 罗盖特(中国)精细化工有限公司;冰乙酸、吐温-80、司盘-80 天津市化学试剂一厂。

### 1.2 仪器与设备

PEN3电子鼻 北京盈盛恒泰科技有限责任公司;TA.XTplus质构仪 北京超技仪器有限公司;GJJ-0.03/100高压均质机 上海诺尼轻工机械有限公司;DHG-9075A烘箱 上海一恒科技有限公司;HH-4水浴锅 深圳市鼎鑫宜实验设备有限公司;JY5002电子天平 上海舜宇恒平科学仪器有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 生物保鲜剂的制备

生物保鲜剂的主要成分为壳聚糖、花粉多糖、茶多酚等,参考前期研究基础,其具体组成为:壳聚糖1.5 g/100 mL、花粉多糖1.4 g/100 mL、茶多酚0.25 g/100 mL、山梨醇2.0 g/100 mL、司盘-80 0.05 g/100 mL、吐温-80 0.10 g/100 mL。称取壳聚糖溶于体积分数0.5%的冰乙酸溶液中;配制花粉多糖溶液,与茶多酚、山梨醇、司盘-80、吐温-80等混溶,再与壳聚糖溶液混匀后均质,静置备用。

#### 1.3.2 鲜食玉米保鲜

将鲜玉米在生物保鲜剂中浸泡15 min,取出沥干后分别于常温(20~25℃)和冷藏条件下(0~4℃)贮藏,定期进行品质分析,鉴定鲜食玉米贮藏效果。

#### 1.3.3 品质测定

在鲜食玉米贮藏保鲜过程中,定期(分别在0、5、10、15、20、25、30 d时)测定鲜食玉米的水分含量、质量损失率、硬度、气味等,以鉴定鲜食玉米保鲜效果。采用干燥法测定水分含量,采用称质量法测定鲜食玉米的质量损失率<sup>[17]</sup>。根据物性仪探头和玉米籽粒的特点,

进行穿刺实验。采用P10柱形探头,TPA测试条件为:测前速率1 mm/s,测试速率2 mm/s,测后速率2 mm/s,穿刺深度3 mm,压缩程度设70%,停留间隔5 s,触发值5 g<sup>[18]</sup>。电子鼻测定气味参数:清洗时间110 s,测样时间100 s,间隔1 s,自动调零时间5 s,传感器室流量300 mL/min<sup>[19-20]</sup>。

#### 1.3.4 鲜食玉米感官品质评定

鲜食玉米感官评定标准如表1所示。

表1 鲜食玉米感官评分标准  
Table 1 Criteria for sensory evaluation of sweet corn

| 色泽(20分)          | 形态(30分)                     | 气味滋味(30分)                         | 卫生(20分)            |
|------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| 15~20分:均匀,光亮平滑   | 25~30分:籽粒饱满,无皱缩,柔软弹性好       | 25~30分:香嫩可口,咀嚼性好,不黏牙,有鲜玉米特有的滋味    | 15~20分:无肉眼可见杂质,无霉变 |
| 10~15分:比较均匀,亮度较差 | 15~25分:籽粒饱满度一般,轻微皱缩,微硬,弹性一般 | 15~25分:口感一般,咀嚼性较好,轻微黏牙,有少量皮渣,滋味一般 | 10~15分:有轻微杂质,几乎无霉变 |
| 5~10分:不均匀,暗淡,亮度差 | 5~15分:籽粒不饱满,皱缩,比较硬,弹性差      | 5~15分:口感差,咀嚼性差,黏牙,有皮渣,滋味差         | 5~10分:有肉眼可见杂质,有霉变  |

#### 1.3.5 电子鼻数据分析

选取化学传感器检测第97~98秒的测量数据进行统计分析。运用PEN3型传感器配套的Winmuster软件对数据进行主成分分析(principal component analysis, PCA)。

## 2 结果与分析

### 2.1 鲜食玉米水分含量变化分析

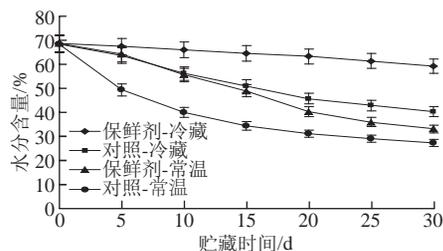


图1 贮藏期间鲜食玉米水分含量变化

Fig.1 Changes in moisture content of fresh corn during storage

鲜食玉米呼吸作用旺盛,在贮藏过程中水分容易散失。如图1所示,经保鲜剂处理的鲜食玉米在贮藏过程中水分含量下降比较缓慢。冷藏条件下贮藏30 d时,保鲜剂处理的鲜食玉米含水量(质量分数)依然保持59.3%(0 d时为68.8%),而对照的水分含量随贮藏时间延长下降明显(0 d时为68.6%),10 d时含水量降至56.4%,15 d时含水量降至51.2%,30 d时含水量降至40.5%,贮藏期间水分失去了28.1%;经t检验分析,t值为4.16,P值为0.003 0( $T \leq t$ ,下同),保鲜剂处理与对照的水分含

量差异达到极显著水平。在常温条件下,贮藏10 d时保鲜剂处理的鲜食玉米含水量为55.8% (0 d时为68.7%),而对照的水分含量随贮藏时间延长下降明显(0 d时为68.5%),10 d时含水量降至40.2%,20 d时含水量降至31.5%,30 d时含水量降至27.7%,贮藏期间水分失去了40.8%;经*t*检验分析,*t*值为4.39,*P*值为0.002 3,保鲜剂处理与对照的水分含量差异极显著。说明保鲜剂处理可有效减少玉米水分流失,有助于玉米保鲜。另外,冷藏对照(未进行保鲜剂处理)与常温条件下保鲜剂处理对鲜食玉米水分含量的影响在贮藏0~15 d期间比较接近;在贮藏15~30 d期间,冷藏对照的水分含量稍高于常温条件保鲜剂处理的水分含量,这可能与保鲜剂的效能降低有关;经*t*检验分析,*t*值为2.41,*P*值为0.052 6,冷藏对照与常温条件保鲜剂处理的水分含量差异不显著。

### 2.2 鲜食玉米质量损失率变化分析

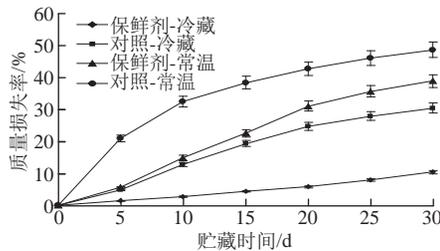


图2 贮藏期间鲜食玉米质量损失率变化

Fig.2 Changes in weight loss rate of fresh corn during storage

在贮藏保鲜期间,鲜食玉米除呼吸作用外,糖分等营养成分在酶的作用下不断转化,导致水分丧失,营养物质减少,使得鲜食玉米的质量损失率增加<sup>[21-22]</sup>。从图2可看出,常温条件下,对照鲜食玉米在贮藏初期,质量损失率上升明显,贮藏5 d时质量损失率已达20.9%(质量分数),贮藏10 d时质量损失率达到32.3%,之后持续增加,贮藏30 d时质量损失率达48.4%;而常温条件下经保鲜剂处理的鲜食玉米质量损失率上升缓慢,在贮藏5 d时质量损失率仅为5.6%,在贮藏10 d时质量损失率为14.8%,远低于对照的质量损失率;经*t*检验分析,*t*值为-5.18,*P*值为0.001 0,保鲜剂处理与对照的质量损失率差异达到极显著水平。在冷藏条件下,鲜食玉米的保鲜效果更佳。冷藏条件下贮藏30 d时,保鲜剂处理的鲜食玉米质量损失率仅为10.4%,而对照的质量损失率随贮藏时间延长逐渐上升,10 d时质量损失率为12.7%,20 d时质量损失率升至24.6%,30 d时质量损失率达到30.3%;经*t*检验分析,*t*值为-4.02,*P*值为0.003 5,保鲜剂处理与对照的质量损失率差异达到极显著水平。说明生物保鲜剂可减缓鲜食玉米营养物质的丧失,具有显著的保鲜作用。冷藏对照(未进行保鲜剂处理)与常温条件下保鲜剂处理对鲜食玉米质量损失率的影响,在贮藏0~5 d期

间比较接近;在贮藏5~30 d期间,常温条件保鲜剂处理的质量损失率越来越高于冷藏对照的质量损失率;经*t*检验分析,*t*值为-3.18,*P*值为0.019 0,冷藏对照与常温条件保鲜剂处理的质量损失率差异达到显著水平;说明温度对玉米保鲜效果的影响比较大,而保鲜剂在较高温度下,其效能降低较快。

### 2.3 鲜食玉米硬度变化分析

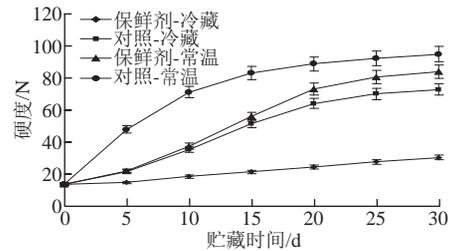


图3 贮藏期间鲜食玉米硬度变化

Fig.3 Changes in hardness of fresh corn during storage

在鲜食玉米贮藏过程中,水分的散失与营养成分的变化导致表皮增厚,籽粒变硬。从图3可看出,常温对照在贮藏初期(0 d时为13.89 N),鲜食玉米硬度迅速增加,5 d时硬度已达48.26 N,10 d时硬度达到71.61 N,之后持续增加;常温条件经保鲜剂处理的鲜食玉米硬度变化较慢(0 d时为13.94 N),贮藏5 d时硬度仅为22.32 N,贮藏10 d时硬度为37.78 N,远低于对照的硬度变化;经*t*检验分析,*t*值为-4.05,*P*值为0.003 3,保鲜剂处理与对照的硬度差异达到极显著水平。在冷藏条件下,保鲜剂处理的鲜食玉米(0 d时为13.86 N),在贮藏30 d时硬度仅为30.69 N,保鲜效果好;对照的硬度随贮藏时间逐渐上升(0 d时为13.75 N),10 d时硬度为35.64 N,20 d时硬度升至64.53 N,30 d时硬度达到73.37 N,此时保鲜剂处理的鲜食玉米硬度下降42.68 N;经*t*检验分析,*t*值为-3.12,*P*值为0.023 6,保鲜剂处理与对照的硬度差异达极显著。说明保鲜剂可显著延缓鲜食玉米变硬,使鲜食玉米籽粒保持良好的弹性,食用时咀嚼性好。另外,冷藏对照(未进行保鲜剂处理)与常温条件下保鲜剂处理对鲜食玉米硬度的影响,在贮藏0~15 d期间比较接近;在贮藏15~30 d期间,常温条件保鲜剂处理的硬度高于冷藏对照的硬度;经*t*检验分析,*t*值为-3.12,*P*值为0.023 6,冷藏对照与常温条件保鲜剂处理的硬度差异达到显著水平,这可能与保鲜剂效能降低有关。

### 2.4 鲜食玉米气味变化分析

PCA中的PC1和PC2上包含了在PCA转换中得到的PC1和PC2的方差贡献率。方差贡献率越大,说明此主要成分可较好地反映原来多指标的信息<sup>[23-24]</sup>。鲜食玉米在冷藏和常温条件下,气味PCA见图4、5。冷藏条件下,PC1和PC2的贡献率分别为97.91%和1.35%,总贡献率为

99.26%。PC1贡献率远远大于PC2, 分析以PC1为主。贮藏初期, 对照鲜食玉米PC1和PC2变化较保鲜剂处理稍大, 但与开始时鲜食玉米气味接近。10 d后, 随着时间延长, 对照PC1越来越大, 表明气味变化明显; 保鲜剂处理鲜食玉米PC1基本保持不变, 说明鲜食玉米气味变化较小。常温条件下, PC1和PC2的贡献率分别为97.11%和2.16%, 总贡献率为99.27%。随着贮藏时间延长, 对照PC1越来越大, 且比保鲜剂处理增大速度快。综合两图, 说明冷藏对鲜食玉米保鲜有一定的作用, 保鲜剂可有效保持鲜食玉米风味, 使鲜食玉米籽粒保持新鲜状态。

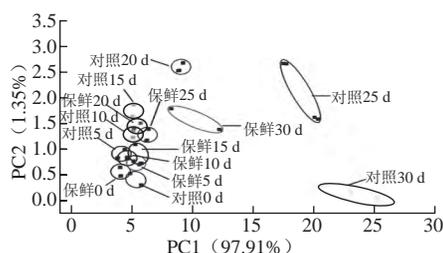


图4 冷藏条件下鲜食玉米气味PCA

Fig.4 PCA of odor changes of fresh corn at chilling temperature

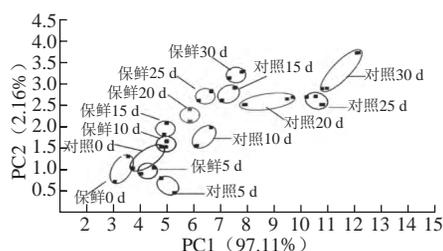


图5 常温条件下鲜食玉米气味PCA

Fig.5 PCA of odor changes of fresh corn at normal temperature

## 2.5 鲜食玉米感官品质分析

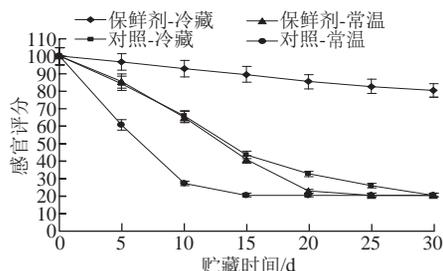


图6 贮藏期间鲜食玉米感官品质变化

Fig.6 Changes in sensory quality of fresh corn during storage

在贮藏过程中, 鲜食玉米籽粒的色泽、形态、滋味等感官品质会发生较大变化。冷藏条件下, 经保鲜剂处理的鲜食玉米感官品质保持良好(图6)。冷藏条件下贮藏30 d时, 保鲜剂处理的鲜食玉米的感官评分为80.3, 保持较好的色、香、味等感官品质; 而对照的感官品质下降明显, 10 d时感官评分为65.4, 品质明显变差; 经 $t$ 检验分析,  $t$ 值为4.09,  $P$ 值为0.003 2, 保鲜剂处理与对照

的感官评分之间差异极显著。在常温条件下, 保鲜剂处理的鲜食玉米在贮藏5 d时, 感官品质保持较好, 之后下降明显, 10 d时感官品质变差; 常温对照在贮藏5 d时, 色泽、形态、滋味等感官品质已经变差; 经 $t$ 检验分析,  $t$ 值为2.09,  $P$ 值为0.040 6。说明生物保鲜剂可有效保持鲜食玉米的色泽、形态、滋味等感官品质, 对鲜食玉米的保鲜效果显著。另外, 冷藏对照(未经保鲜剂处理)与常温保鲜剂处理对鲜食玉米感官品质的保鲜效果比较接近; 经 $t$ 检验分析,  $t$ 值为1.65,  $P$ 值为0.149 3, 冷藏对照与常温条件保鲜剂处理之间差异不显著。

## 3 讨论

壳聚糖是一种天然高分子化合物。壳聚糖的分子结构中含有羟基和氨基, 涂膜在果蔬表面即可形成质地均匀、光滑的半透膜, 这层膜可以阻隔外界氧气, 进而调控果蔬的呼吸过程, 延缓果蔬衰老<sup>[25]</sup>。茅林春<sup>[26]</sup>研究壳聚糖涂膜对甜玉米品质和生理活性的影响表明, 壳聚糖涂膜保鲜玉米的作用与其抑制呼吸作用和乙烯合成有关。壳聚糖的分子结构中的羟基和氨基还可以清除果蔬内部的活性自由基、抑制细菌, 从而防止果蔬腐烂变质。壳聚糖分子链上有羧基, 羧基的负电荷会产生排斥作用, 故其分子链的空间构象很大, 即使浓度很低, 相互作用也很强烈。羧基亲水, 水分子会填充在分子链中, 壳聚糖膜具有较好的吸湿性和保湿性<sup>[27]</sup>。玉米花粉多糖是种水溶性多糖, 成分复杂, 主要由葡萄糖、阿拉伯糖、半乳糖等组成。一定浓度的玉米花粉多糖有很显著的抑菌效果, 尤其是对沙门氏菌和金黄色葡萄球菌。茶多酚又名茶单宁, 是茶叶中酚类物质的总称。茶多酚能与脂肪酸在自动氧化过程中产生的游离基结合, 中断氧化反应链, 阻止过氧化物的形成, 达到抗氧化的目的。茶多酚的抗氧化活性很高, 即使低浓度的茶多酚其效价依然很大, 而且产生的物质没有毒副作用, 是理想的抗氧化剂<sup>[28]</sup>。本研究采用的壳聚糖、花粉多糖、茶多酚复合生物保鲜剂对鲜食玉米进行保鲜, 含水量下降速率小于对照组, 质量损失率小于对照组, 硬度的增加速率比对照组慢, 说明复合保鲜液具有良好的成膜性, 可在玉米表面形成一个半透膜, 减少水分的散失; 同时复合生物保鲜剂也减慢了鲜食玉米的气味等感官品质的变化。复合生物保鲜剂对鲜食玉米等果蔬进行保鲜具有良好的应用前景。

## 4 结论

生物保鲜剂对鲜食玉米进行保鲜, 可有效抑制鲜食玉米水分散失。与对照相比, 冷藏条件下贮藏30 d时

生物保鲜剂可使鲜食玉米含水量(质量分数)减少损失18.6%, 常温条件下贮藏10 d时生物保鲜剂可使鲜食玉米含水量减少损失15.7%。

生物保鲜剂可减少鲜食玉米营养成分损失, 降低质量损失率。与对照相比, 冷藏条件下贮藏30 d时生物保鲜剂可使鲜食玉米质量损失率(质量分数)降低19.9%, 常温条件下贮藏10 d时生物保鲜剂可使鲜食玉米质量损失率降低17.5%。

生物保鲜剂可保持鲜食玉米籽粒弹性。与对照相比, 冷藏条件下贮藏30 d时生物保鲜剂可使鲜食玉米硬度降低42.68 N, 常温条件下贮藏10 d时生物保鲜剂可使鲜食玉米硬度降低33.83 N。

生物保鲜剂可保持鲜食玉米的气味。与对照相比, 冷藏条件下生物保鲜剂可使鲜食玉米的气味保持较好的状态, 而常温条件下生物保鲜剂对鲜食玉米气味的保鲜效果不及冷藏条件。

生物保鲜剂可保持鲜食玉米的色泽、形态、气味、滋味等感官品质, 对鲜食玉米的保鲜效果显著。冷藏条件下, 贮藏30 d时, 生物保鲜剂可使鲜食玉米保持较好的色、香、味等感官品质; 而对照在贮藏10 d时感官品质已变差。在常温条件下, 贮藏5 d时, 生物保鲜剂可使鲜食玉米保持较好的感官品质, 10 d时感官品质变差; 而对照在贮藏5 d时感官品质已经变差。另外, 冷藏(未经保鲜剂处理)与常温保鲜剂处理对鲜食玉米的保鲜效果比较接近。

#### 参考文献:

- [1] 刘夫国, 牛丽影, 李大婧. 鲜食玉米加工利用研究进展[J]. 食品科学, 2012, 33(23): 375-379.
- [2] CONTRERAS-GOVEA F E, MUCK R E, ARMSTRONG K L, et al. Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2009, 150(1): 1-8.
- [3] 朱梦矣, 孙培龙, 郗海燕. 果蔬采后商业品质变化的影响因素及控制技术[J]. 农产品加工, 2009(7): 49-51; 54.
- [4] SZYMANEK M. Effects of blanching on some physical properties and processing recovery of sweet corn cobs[J]. *Food Bioprocess Technology*, 2011, 4: 1164-1171.
- [5] 李崇高, 黄建初, 薛海波, 等. 改性葡甘聚糖/壳聚糖共混膜在甜玉米保鲜中的应用[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 202-205.
- [6] GUO L, MA Y, SUN D W, et al. Effects of controlled freezing-point storage at 0 °C on quality of green bean as compared with cold and room-temperature storages[J]. *Journal of Food Engineering*, 2008, 86(1): 25-29.
- [7] 任丽芳, 李军, 国石磊, 等. 高氧气调包装对鲜切胡萝卜的保鲜效果[J]. 食品工业科技, 2014, 35(9): 254-257.
- [8] CALEB O J, MAHAJAN P V, ALSAID F A, et al. Modified atmosphere packaging technology of fresh and fresh-cut produce and the microbial consequences: a review[J]. *Food Bioprocess Technology*, 2013, 6: 303-329.
- [9] GEMMA O O, OLGA M B, ROBERT S F. Pulsed light treatments for food preservation. a review[J]. *Food Bioprocess Technology*, 2010, 3: 13-23.
- [10] 马骏. 甜玉米保鲜与加工技术研究进展[J]. 保鲜与加工, 2013, 13(4): 60-64.
- [11] POONAM A, RAVNEET K. Steeping preservation of baby corn[J]. *International Journal of Vegetable Science*, 2010, 16: 103-117.
- [12] BANDEIRA C M, EVANGELISTA W P, GLORIA M B A. Bioactive amines in fresh, canned and dried sweet corn, embryo and endosperm and germinated corn[J]. *Food Chemistry*, 2012, 131: 1355-1359.
- [13] 张鹏, 鲁晓翔, 陈绍慧, 等. 国内外甜玉米保鲜技术研究进展[J]. 保鲜与加工, 2013, 13(2): 61-64.
- [14] 郭守军, 叶文斌, 杨永利. 龙须菜多糖复合涂膜保鲜剂对杨梅贮藏品质的影响[J]. 果树学报, 2011, 28(1): 86-91.
- [15] 庞凌云, 李瑜, 祝美云. 壳聚糖大豆分离蛋白复合膜对圣女果涂膜保鲜效果研究[J]. 食品科学, 2009, 30(20): 426-429.
- [16] 陈亚敏, 陈复生, 杨宏顺. 可食用膜在果蔬保鲜中的研究进展[J]. 农业机械, 2012(10): 106-109.
- [17] 李惠生, 董树亭, 高荣岐, 等. 两种保鲜技术对鲜食糯玉米品质的影响[J]. 山东农业科学, 2007(4): 104-106.
- [18] 张大力, 张海霞, 闵伟红, 等. 鲜食玉米物性测定及食用温度研究[J]. 食品科学, 2011, 32(9): 111-113.
- [19] 薛璐, 王昌禄, 胡志和, 等. 基于电子鼻对酥油贮藏期间质量变化规律的研究[J]. 食品科学, 2012, 33(16): 221-224.
- [20] 陈丽萍, 徐茂琴, 何红萍, 等. 应用PEN3型电子鼻传感器快速检测食源性致病菌[J]. 食品科学, 2014, 35(8): 187-192. doi: 10.7506/spkx.1002-6630-201408037.
- [21] SINGH M, KUMAR A, KAUR P. Respiratory dynamics of fresh baby corn (*Zea mays* L.) under modified atmospheres based on enzyme kinetics[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2014, 51(9): 1911-1919.
- [22] LIU F G, NIU L Y, LI D J, et al. Kinetic characterization and thermal inactivation of peroxidase in aqueous extracts from sweet corn and waxy corn[J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2013, 6(10): 2800-2808.
- [23] 赵梦田, 杜佳苏, 黄洁, 等. 基于电子鼻的库尔勒香梨品质区分方法研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(3): 225-228.
- [24] PATHANGE L P, MALLIKARJUNAN P, MARINI R P, et al. Non-destructive evaluation of apple maturity using an electronic nose system[J]. *Journal of Food Engineering*, 2006, 77: 1018-1023.
- [25] 王婷, 李树安, 张珍明. 壳聚糖及其衍生物的保鲜功能应用进展[J]. 化工时刊, 2013, 27(10): 31-35.
- [26] 茅林春. 壳聚糖涂膜对甜玉米品质和生理活性的影响[J]. 中国粮油学报, 2000, 15(6): 34-37.
- [27] LIU J J. Research progress in antibacterial activity of chitosan[J]. *Journal of Textile Research*, 2010, 31(7): 145-149.
- [28] HSU S, BOLLAG W B, LEWIS J. Green tea polyphenols induce differentiation and proliferation in epidermal keratinocytes[J]. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 2003, 306(1): 29-34.