刘昕禹, 陈燕红, 湛东武, 等. 自发气调包装对常温贮藏鲜甜玉米品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2026, 47(13): 347−355. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2025060232

LIU Xinyu, CHEN Yanhong, ZHAN Dongwu, et al. Effect of Spontaneous Modified Atmosphere Packaging on the Quality of Fresh Sweet Corn Stored at Room Temperature[J]. Science and Technology of Food Industry, 2026, 47(13): 347−355. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2025060232

· 贮运保鲜 ·

自发气调包装对常温贮藏鲜甜玉米品质的影响

刘昕禹[1], 陈燕红[2], 湛东武[2], 黄聪灵[2], 王　玲[1,3], 陈于陇[1,3], 戴凡炜[1,3,*]

（1.广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 农业农村部功能食品重点实验室, 广东省农产品加工重点实验室, 广东广州 510610;
2.珠海市现代农业发展中心, 广东珠海 519000;
3.岭南现代农业科学与技术广东省实验室河源分中心, 广东河源 517000）

摘　要: 本研究通过探究不同包装对常温贮藏紫甜玉米品质与保鲜期的影响，为紫甜玉米电商物流和货架保鲜销售提供理论依据。以新鲜采摘带苞叶紫甜玉米为材料，采用市售低密度聚乙烯保鲜袋（CK）、MP30 自发气调包装袋、双层袋（MP30+PVA）3 种方式进行包装，在 25±1 ℃、80%±5% 相对湿度下贮藏，定期测定包装袋内气体及玉米品质指标。研究结果表明：贮藏 5 d 内，MP30 和 MP30+PVA 组可形成低 O_2 高 CO_2 贮藏微环境；其 L^*、a^*和 b^*值增幅仅为 5%~14%，ΔE 分别为 CK 的 24.29% 和 29.17%，苞叶黄化显著减缓；贮藏第 5 d 时，MP30 和 MP30+PVA 组呼吸强度较 CK 降低 25.59% 和 12.13%；失重率较 CK 降低 26.65% 和 36.54%；两组可溶性固形物含量降幅较 CK 减少 23.71% 和 20.78%；维生素 C 含量较 CK 分别提高 93.58% 和 126.68%；花青素含量呈轻微上升趋势。MP30 与 MP30+PVA 在多数指标上无显著差异，但前者更具成本优势。综上，MP30 自发气调包装可将紫甜玉米常温储运保鲜时长延长至 5 d，有效维持其感官品质与营养特性。本研究为鲜甜玉米的常温电商物流贮运和货架保鲜提供了有效的解决方案。

关键词: 甜玉米, 气调包装, 品质维持, 货架期, 呼吸代谢

中图分类号: S609$^+$.3　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 1002−0306(2026)13−0347−09

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2025060232　　本文网刊:

Effect of Spontaneous Modified Atmosphere Packaging on the Quality of Fresh Sweet Corn Stored at Room Temperature

LIU Xinyu[1], CHEN Yanhong[2], ZHAN Dongwu[2], HUANG Congling[2], WANG Ling[1,3], CHEN Yulong[1,3], DAI Fanwei[1,3,*]

（1.Sericulture & Agri-Food Research Institute Guangdong Academy of Agriculture Science, Key Laboratory of Functional Foods, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangdong Key Laboratory of Agricultural Products Processing, Guangzhou 510610, China;
2.Zhuhai Modern Agriculture Development Center, Zhuhai 519000, China;
3.Heyuan Branch, Guangdong Laboratory for Lingnan Modern Agriculture, Heyuan 517000, China）

Abstract: This study examined the effect of various packages on the quality and shelf-life of purple sweet corn stored at ambient temperature, providing a theoretical foundation for the e-commerce logistics and shelf-life sales of purple sweet

收稿日期: 2025−06−19

基金项目: 2024 年度珠海市社会发展领域科技计划项目（2420004000149）; 广东省现代农业产业共性关键技术研发创新团队建设项目（加工与保鲜共性关键技术）（2024CXTD16）。

作者简介: 刘昕禹（1999−）, 男, 硕士, 实习研究员, 研究方向: 食品保鲜, E-mail: liuxinyu990914@126.com。

*** 通信作者:** 戴凡炜（1983−）, 女, 博士, 研究员, 研究方向: 农产品保鲜与物流, E-mail: daifanwei@gdaas.cn。

corn. Fresh purple sweet corn was harvested and packaged using three methods: commercial low-density polyethylene bags (CK), MP30 spontaneous modified atmosphere packaging bags (MP30), and MP30+PVA double-layer composite bags (MP30+PVA). All packaged samples were stored at 25±1 ℃ and 80%±5% relative humidity. The changes in internal gas concentration in different bags, and quality of sweet corn were monitored and analyzed during storage. The results showed that both MP30 and MP30+PVA effectively modified the storage microenvironment, establishing a low-O_2 and high-CO_2 atmosphere within the five days of storage. The color difference values (L^*, a^*, and b^*) of husk leaves increased by 5%~14%, with ΔE values reaching 24.29% and 29.17% of the CK group, respectively, delaying the husk yellowing. On the 5th day of storage, the respiration intensity of the MP30 and MP30+PVA groups decreased by 25.59% and 12.13%, respectively. Compared to CK, the weight loss rate decreased by 26.65% and 36.54%, respectively. Additionally, the reduction in the total soluble solids content in the two treatment groups was 23.71% and 20.78% lower than that of the CK group, respectively. Meanwhile, vitamin C content increased by 93.58% and 126.68%, and anthocyanin content exhibited a slight upward trend. Most measured indices showed no significant difference between MP30 and MP30+PVA, though MP30 offered greater cost efficiency. In conclusion, MP30 spontaneous modified atmosphere packaging extends the freshness of purple sweet corn to five days at room temperature while effectively preserving its sensory and nutritional quality. These findings provide a practical solution for room-temperature e-commerce logistics and shelf-life management of fresh sweet corn.

Key words: sweet corn; modified atmosphere packaging; quality maintenance; shelf life; respiratory metabolism

甜玉米富含多种营养物质, 口感清甜, 深受消费者的喜爱[1]。我国是甜玉米的主要生产区[2−4], 占全球甜玉米种植总面积的三分之一, 且约 65% 的甜玉米消费以鲜食为主[4−5]。然而由于甜玉米水分和糖分含量较高, 呼吸作用旺盛, 易受到温度、湿度以及气体成分等环境因素的影响, 导致采后鲜甜玉米的营养物质快速流失, 糖类物质迅速分解, 品质下降显著, 严重影响玉米食用品质和价值[6−7]。研究表明, 鲜食甜玉米采后 8 h, 可溶性糖及蔗糖含量剧烈下降[8]。且在常温下贮藏 2 d, 可溶性糖含量下降 50%[9]。因此, 采用适当的采后保鲜技术, 对于延缓甜玉米贮藏过程中的品质下降, 延长货架期, 维持籽粒糖分和养分含量至关重要。

气调保鲜(modified atmosphere packaging, MAP)通过调节包装内微环境中的气体组分(O_2、CO_2、N_2等), 抑制鲜活农产品的呼吸代谢、延缓酶促褐变反应及抑制微生物繁殖, 达到减缓食品质量降低速率、延长产品货架期的目的。因其高效性和环境友好性, 已成为重要的保鲜技术手段[10−12]。根据不同果蔬呼吸规律和特性, 研发适配的气调保鲜包装膜是目前研究的热点和重要方向, 可最大限度地延长果蔬保鲜期。例如, 基于樱桃番茄的呼吸模型制备特定薄膜, 有效适应其采后的呼吸特性, 将新鲜度延长 12 d[13]。而鲜食甜玉米作为大宗消费生鲜农产品, 其 MAP 保鲜研究备受关注。通过优化透氧率和水蒸气渗透率的比例开发的自发气调包装, 可将常温条件下玉米的货架期延长至 5 d[14]。但也有研究指出, 自发气调包装对室温或热带环境条件下新鲜玉米的保鲜效果并不显著[15−16]。可见, 自发气调包装技术的应用与果蔬品种差异及环境敏感性密切相关。针对不同种类甜玉米(如黄色、紫色等)及其采后生理特征的 MAP 参数优化体系亟待建立, 自发气调包装在特定条件及品种的玉米保鲜中的应用仍需更深入的研究。

本研究以新鲜采摘带苞叶紫甜玉米为材料, 分别采用市售低密度聚乙烯(LDPE)保鲜袋、MP30 自发气调包装袋和 MP30+PVA 双层袋 3 种包装方式, 在 25±1 ℃、相对湿度 80%±5% 条件下贮藏, 定期测定和分析包装袋内气体及玉米品质相关指标。通过比较不同包装处理对紫玉米的保鲜效果, 为后续保鲜技术的开发和改良提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

‘珠玉 225’ 珠海市现代农业发展中心自主选育的鲜食紫玉米新品种; 低密度聚乙烯(low density polyethylene, LDPE)保鲜袋 厚为 10 μm, 规格为 32 cm×20 cm; MP30 自发气调包装袋 厚度 30 μm, O_2 渗透率 5625 $cm^3/m^2·d·atm$, 水蒸气透过率 17.812 $g/m^2·d$, 规格为 40 cm×30 cm; 聚乙烯醇(polyvinyl alcohol, PVA)薄膜透湿袋 厚度 10 μm, 水蒸气透过率为 149.8 g/($m^2·d$), 规格为 35 cm×19 cm; 乙酸钠、硼酸、邻苯二胺、草酸、甲醇 分析纯, 上海源叶生物科技有限公司。

YK-DH300 恒温恒湿培养箱 合肥右科仪器设备有限公司; JJ1000 电子秤 常熟市双杰测试仪器厂; 纯水仪 德国 Merck Millipore 公司; Checkmate 9900 型顶空气体分析仪 丹麦 PBI 公司; RFM340+糖度仪 英国 Bellingham Stanley 公司; TN375 CO_2 分析仪 泰纳电子科技有限公司; UltraScan VIS 色差仪 美国 Hunter Lab 公司; HPE III Fff 果蔬硬度计 德国 Bareiss 公司; LUKYM-I 样品冷冻研磨仪 广州露卡测序仪器有限公司; CARYEclipse 荧光分光光度计 美国 VARIAN 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 材料处理 从试验田采摘新鲜甜玉米, 运送回实验室后进行整理, 去除多余枝叶, 选取无病虫害、无机械损伤的玉米样本, 于 4 ℃ 下预冷 12 h。将预

冷后的甜玉米随机等分为 3 组，分别进行包装。命名为 CK 组（采用市售 LDPE 普通保鲜袋包装）；MP30 组（MP30 自发气调包装袋包装）；MP30+PVA 组（双层包装袋，外层为 MP30 气调袋，内层为 PVA 透湿袋）。每袋包装 2 个带苞叶甜玉米，每处理重复 4 次，密封后统一置于 25±1 ℃、相对湿度 80%±5% 的环境中贮藏 5 d。从贮藏第 0 d 开始，每天取样测定相关指标。同时，将玉米粒剥离，经液氮速冻后，研磨成粉末，置于−80 ℃ 超低温冰箱中保存，用于后续生理生化指标的测定。

1.2.2　指标测定及方法

1.2.2.1　贮藏过程中微环境气体成分　采用顶空气体分析仪测定保鲜袋内气体成分。将垫片贴于密封好的保鲜袋上，后用采样探头扎透垫片贴，避免扎到样品和扎穿，抽取袋内气体进行测定。每包样品在上、中、下三个位置各测三次。

1.2.2.2　色泽变化　从包装中取出玉米，使用色差仪测定玉米苞叶和籽粒的 L^*值、a^*值、b^*值。每个处理随机测量 9 次色度值取平均，作为该处理玉米苞叶和籽粒的色度，并根据公式计算总色差 ΔE。计算公式如下：

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

式中：ΔL^*、Δa^*、Δb^*分别表示样品在 L^*、a^*和 b^*三个轴上与第 0 d 的差值。

1.2.2.3　呼吸强度　参考巫梅婷等[17] 提供的方法测定，从每袋中选取 1 根甜玉米，控制长度粗细接近，称重后置于样品罐中，盖紧密封口，静置后待 CO_2 浓度测定仪稳定后，记录读数，测定呼吸强度，每次重复测定 6 根玉米。计算公式如下：

$$\text{呼吸强度 (μg/kg/s)} = \frac{C \times V}{W \times t}$$

式中：C 为 CO_2 浓度（mg/m^3）；V 为样品罐剩余体积（L）；W 为样品鲜重（kg）；t 为测定时间（s）。

1.2.2.4　失重率　电子天平分别称量样品贮藏期间的质量。计算公式如下：

$$\text{失重率}(\%) = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \times 100$$

式中：G_1 为样品贮藏后质量（g）；G_0 为样品贮藏前质量（g）。

1.2.2.5　籽粒含水量　测定采用干燥恒质量法。取洁净铝制扁形称量罐，烘干至恒重 m_0，精确称量（0.0001 g）。称取约 10 g 玉米籽粒样品于罐中，加盖精密称量 m_1。开盖（盖斜支于罐边）置于 101~105 ℃ 干燥箱中烘干至恒重 m_2。冷却后称重，计算含水量。每处理组重复 3 次。计算公式如下：

$$\text{籽粒含水量}(\%) = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

1.2.2.6　籽粒硬度　采用果蔬硬度计进行测定，使用 0.25 cm^2 探针，测定随机选取的饱满、无损伤玉米籽粒。等待读数稳定后，记录硬度值。每个处理组重复测定 15 次。

1.2.2.7　可溶性固形物含量　参考陈敏惠等[18] 的方法，稍作修改。每个处理随机取已剥落的玉米籽粒榨汁，用细纱布过滤，将过滤汁液放于 4 ℃ 下 5000 r/min 离心 10 min，收集上清液，低温保存备用。将玉米籽粒汁液滴于糖度仪镜面凹槽处，测定可溶性固形物含量，每组重复 4 次。

1.2.2.8　可溶性蛋白含量　采用考马斯亮蓝 G-250 法测定蛋白质含量[19]。称取 0.5 g 样品，加入 5 mL 蒸馏水，充分研磨成匀浆后，于 4 ℃，12000×g 离心 20 min，收集上清液。吸取 1 mL 上清液，加入 5 mL 考马斯亮蓝 G-250 溶液，充分混合，静置 2 min 后，在 595 nm 下测定吸光度，并在标准曲线上查得可溶性蛋白含量。每组重复 4 次。标准曲线为 y=0.0071x+0.1219（R^2=0.996）。

1.2.2.9　维生素 C 含量　参考黄方志等[20] 的方法，稍作修改，采用荧光分光光度计测定维生素 C 含量。取 5 g 研磨后的玉米粉末，加入 5 mL 2%（m/v）草酸和 0.2 g 活性炭，涡旋振荡均匀，于 4 ℃，4000×g 离心 10 min 取上清液。样品管为 1 mL 上清液加 1 mL 250 g/L 乙酸钠溶液，对照管为 1 mL 上清液加 1 mL 30 g/L 硼酸-250 g/L 乙酸钠溶液，混合均匀，避光反应 20 min，分别加入 1 mL 0.2 g/L 邻苯二胺溶液，混匀，避光反应 40 min。激发波长 355 nm，发射波长 425 nm，测定荧光强度，并在标准曲线上查得维生素 C 含量。每组重复 4 次。标准曲线为 y=0.1424x-0.3968（R^2=0.998）。

1.2.2.10　花青素含量　参考曹建康等[19] 的方法，略有修改。称取 0.3 g 粉末样品，加入 3 mL 预冷的 1% 盐酸-甲醇溶液，于 4 ℃ 避光提取 20 min，期间摇晃数次，于 4 ℃，5000×g 离心 10 min 并收集上清液。以 1% 盐酸-甲醇溶液作为空白参比调零，波长为 600 nm 和 530 nm 处测定吸光度值，并以吸光度值差值表示花青素含量。每组重复 3 次。

1.3　数据处理

实验数据均独立重复 3 次以上，采用 Excel 2016 和 Prism 9.5 进行汇总、计算和显著性分析，以 P<0.05 表示差异有统计学意义。采用 GraphPad Prism 9.5 绘制图表。

2　结果与分析

2.1　不同包装对鲜甜玉米包装环境内气体浓度的影响

自发气调包装通过调节袋内气体微环境，形成高 CO_2 低 O_2 的动态气体平衡环境，可降低果蔬呼吸速率，维持自身品质[10]。本研究监测包装气体成分（图 1）显示，MP30 与 MP30+PVA 有效调控袋内 O_2、CO_2 浓度，形成微环境；而 CK 组袋内 O_2、CO_2 浓度始终维持大气水平，无显著变化。不同包装处理袋内的 O_2 和 CO_2 浓度在整个贮藏期内存在显著差异。

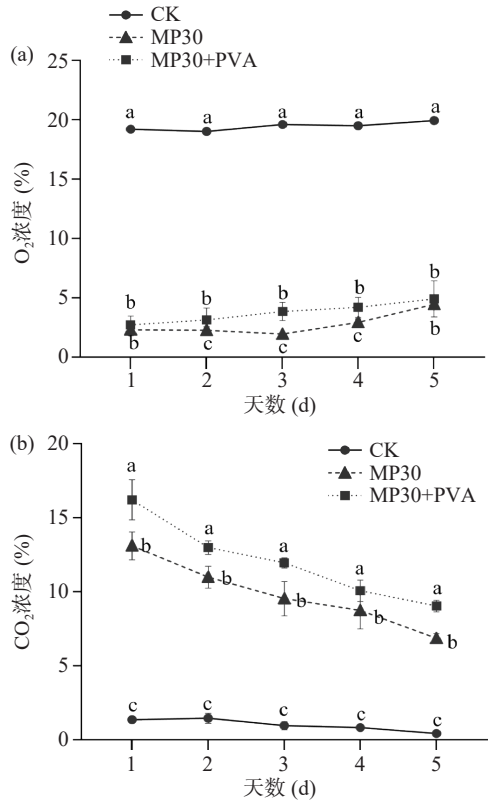


图 1　不同包装处理对甜玉米包装内气体浓度的影响

Fig.1　Effect of different packaging treatments on gas concentration in sweet corn packages

注: 不同小写字母表示组间差异显著(P<0.05), 图 3~图 9 同。

贮藏初期, 由于玉米采后强烈呼吸作用的影响, MP30 及 MP30+PVA 组包装内 O_2 浓度迅速从大气水平降至 2%~4%, CO_2 浓度升至 13%~16%。随着贮藏时间延长, O_2 浓度小幅回升, CO_2 浓度逐渐下降。贮藏至第 5 d 时, MP30 组袋内 O_2 组分平衡在 5% 左右, CO_2 平衡在 7%~8%, 这可能与气调作用下甜玉米呼吸作用减弱以及薄膜发生气体交换达到平衡状态有关。此外, MP30+PVA 组的气体浓度始终高于 MP30 组, 这可能与 PVA 具有高透湿性和高气体阻隔性有关[21]。研究指出, 利于玉米保质期延长的最佳气体组分为 O_2 浓度 5%、CO_2 浓度 10%, 本研究结果与之较为吻合[22]。甜玉米的呼吸作用与薄膜自身气体渗透性使得自发气调包装能够形成适宜的气体微环境, 有利于维持甜玉米品质、延长货架期。

2.2　不同包装处理鲜甜玉米苞叶及籽粒在贮藏期间的外观变化

不同包装下的甜玉米在常温贮藏 5 d 后, 紫甜玉米的外观品质如图 2 所示, 3 种包装处理下的玉米苞叶均在一定程度上出现了褐色斑块以及褪绿黄化。CK 组的苞叶出现了更为明显的黄化和褐色斑块, 籽粒干瘪; MP30 和 MP30+PVA 包装下的玉米苞叶的绿色保持相较稳定, 籽粒更饱满。

颜色是指示果蔬成熟度和新鲜度的关键特征, 直接反映甜玉米的感官品质, 是影响消费者食品选择和购买行为的重要属性[23]。通过色度仪量化分析颜

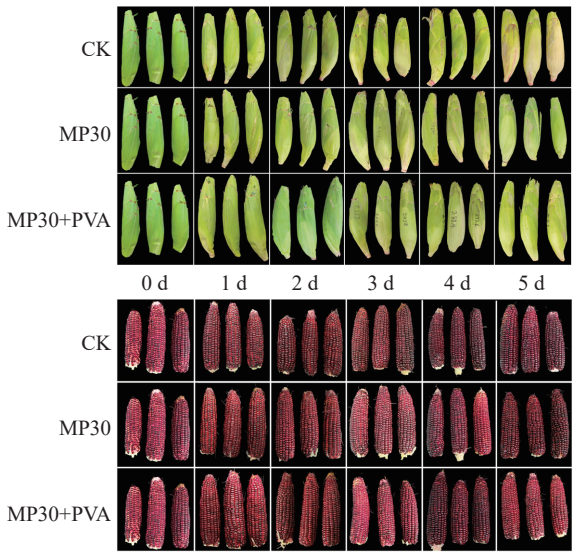


图 2　不同包装处理下甜紫玉米在贮藏期间的外观变化

Fig.2　Changes in appearance of sweet purple corn during storage under different packaging treatments

色变化(表 1), 其中 L^*值表征亮度, a^*值表示红绿程度, b^*值反映黄蓝水平, 总色差 ΔE 体现贮藏期与初始对照间色差大小。随贮藏时间延长, CK 苞叶的 L^*、a^*和 b^*值在第 5 d 较第 0 d 分别增长 34.18%、55. 61% 和 38.03%, ΔE 变幅最大, 较第 1 d 相比增加 18.035, 褪绿和黄化明显。而 MP30 和 MP30+PVA 组的 L^*、a^*、b^*值较初始值变化幅度仅为 5%~14%, ΔE 分别为 CK 的 24.29% 和 29.17%, 波动相对稳定, 较 CK 组有显著差异, 延缓褪绿效果显著。籽粒方面, 受籽粒着色的影响, 三个处理组色差值波动较大, 但 CK 组 ΔE 变化幅度最大。综合来看, MP30 与 MP30+PVA 包装在抑制苞叶和籽粒颜色剧烈变化上优于 CK 组, 尤其是对苞叶的控制更为突出, 表明自发气调包装在维持甜玉米贮藏期间外观品质稳定性上具有一定优势。

2.3　不同包装对鲜甜玉米呼吸强度的影响

呼吸强度是表征果蔬贮藏品质变化的重要指标[17], 甜玉米采后呼吸代谢旺盛, 易引发营养物质快速消耗及品质劣变[14]。实验结果显示(图 3), 第 0 d 玉米因为预冷处理, 呼吸强度维持在较低水平。然而转入常温贮藏后, 呼吸强度显著上升。常温贮藏条件下各组呼吸强度均主要呈现衰减趋势, 不同包装处理之间呼吸强度差异显著。CK 呼吸强度始终高于其他处理组, 其呼吸速率在第 1 d 达峰值 152.16 μg CO_2/(kg·s); 而 MP30 与 MP30+PVA 贮藏期间下降速率较缓且波动幅度较小。MP30 与 MP30+PVA 第 1 d 的呼吸强度较 CK 组分别降低 34.07% 和 34.58%, 表明自发气调包装可有效抑制甜玉米呼吸代谢强度。贮藏至第 5 d, CK、MP30 和 MP30+PVA 组呼吸强度分别降至 78.87、58.69 和 69.30 μg CO_2/(kg·s), 其中 MP30 组呼吸强度最低, 显著低于 CK 组(P<0.05)。这种差异与不同包装的

表 1　不同包装甜玉米常温贮藏的颜色变化

Table 1　Color changes in different packages of sweet corn stored at room temperature

处理/天数		0 d	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d
苞叶							
	CK	49.817±1.598^{a}	53.030±3.053^{a}	58.941±6.239^{a}	60.311±6.688^{a}	54.875±2.378^{a}	66.844±5.424^{a}
L^*	MP30	49.823±1.021^{a}	53.166±2.863^{a}	57.077±6.595^{b}	53.220±3.157^{b}	51.878±5.334^{a}	53.869±3.207^{b}
	MP30+PVA	50.060±2.166^{a}	53.001±3.834^{a}	57.681±4.240^{ab}	55.224±4.271^{b}	53.787±4.161^{a}	52.910±4.650^{b}
	CK	−13.16±0.288^{a}	−12.519±2.627^{a}	−11.768±3.705^{a}	−10.841±1.178^{a}	−13.735±0.772^{a}	−5.842±3.735^{a}
a^*	MP30	−13.277±0.18^{a}	−14.083±0.827^{a}	−12.374±0.799^{a}	−12.928±1.184^{b}	−13.475±0.701^{a}	−12.612±1.773^{b}
	MP30+PVA	−13.653±0.583^{a}	−13.026±2.544^{a}	−12.641±1.363^{a}	−11.828±2.879^{ab}	−10.405±2.092^{a}	−11.734±1.682^{b}
	CK	26.827±0.146^{a}	28.133±3.385^{a}	31.891±2.825^{a}	31.621±3.540^{a}	33.764±2.433^{a}	37.028±2.585^{a}
b^*	MP30	25.393±1.526^{a}	27.376±3.697^{a}	25.903±3.210^{b}	27.310±1.980^{b}	29.210±2.846^{b}	27.635±3.310^{c}
	MP30+PVA	27.773±0.683^{a}	26.929±4.001^{a}	28.068±3.122^{ab}	26.158±3.541^{b}	25.279±2.747^{b}	31.021±3.687^{b}
	CK	−	4.062±0.980^{a}	12.343±2.339^{a}	12.052±2.294^{a}	10.163±2.722^{a}	22.097±1.620^{a}
ΔE	MP30	−	3.569±2.294^{a}	4.852±1.684^{c}	3.004±0.845^{b}	3.998±3.680^{b}	5.368±0.906^{b}
	MP30+PVA	−	4.472±1.164^{a}	7.279±1.045^{b}	4.625±1.234^{b}	5.788±2.405^{b}	6.446±1.559^{b}
籽粒							
	CK	21.497±0.662^{a}	26.346±1.340^{a}	25.694±0.555^{a}	19.825±0.597^{a}	20.766±0.694^{b}	20.007±1.295^{b}
L^*	MP30	21.163±0.917^{a}	24.370±0.959^{ab}	21.712±0.866^{b}	22.451±1.553^{a}	20.903±0.817^{b}	21.254±1.368^{ab}
	MP30+PVA	21.170±1.162^{a}	23.494±1.906^{b}	25.378±1.413^{a}	21.098±0.785^{a}	23.565±0.854^{a}	21.681±1.277^{a}
	CK	15.313±2.678^{a}	11.843±2.082^{b}	12.463±1.364^{b}	15.792±3.433^{a}	14.878±2.037^{a}	16.095±2.183^{a}
a^*	MP30	16.883±0.570^{a}	14.299±2.129^{ab}	16.425±3.806^{a}	15.734±1.848^{a}	15.428±2.100^{a}	15.799±1.348^{a}
	MP30+PVA	18.133±0.701^{a}	15.400±1.182^{a}	12.758±1.800^{b}	16.653±1.420^{a}	13.459±1.387^{a}	18.365±2.705^{a}
	CK	−0.753±0.535^{a}	−3.473±0.471^{a}	−2.858±0.536^{b}	−2.243±1.350^{a}	−1.083±0.468^{a}	−1.962±0.781^{a}
b^*	MP30	−1.197±0.489^{a}	−2.590±1.017^{a}	−0.782±1.085^{a}	−1.294±1.191^{a}	−2.909±1.217^{b}	−0.773±0.675^{a}
	MP30+PVA	−0.473±0.630^{a}	−2.994±0.450^{a}	−2.933±0.766^{b}	−1.750±0.578^{a}	−4.231±0.490^{c}	−0.820±1.108^{a}
	CK	−	10.460±1.316^{a}	7.411±0.834^{a}	3.259±2.005^{a}	2.780±0.587^{b}	3.073±1.314^{a}
ΔE	MP30	−	4.318±1.657^{b}	1.391±0.304^{b}	2.675±0.731^{a}	4.453±0.184^{a}	2.776±0.937^{a}
	MP30+PVA	−	3.715±0.345^{b}	8.016±1.606^{a}	2.110±0.588^{a}	6.330±1.243^{a}	2.192±0.628^{a}

注：同行同指标间不同字母表示差异显著（P<0.05）。

气体调控能力密切相关[14]，MP30 优化 O_2/CO_2 动态平衡，形成持续抑制呼吸代谢的气体微环境；PVA 可适当将袋内的水蒸气减少，避免袋内湿度过大，间接影响呼吸代谢[24]。综上，常温贮藏下，自发气调包装通过调控适宜气体微环境，可有效降低甜玉米呼吸强度。

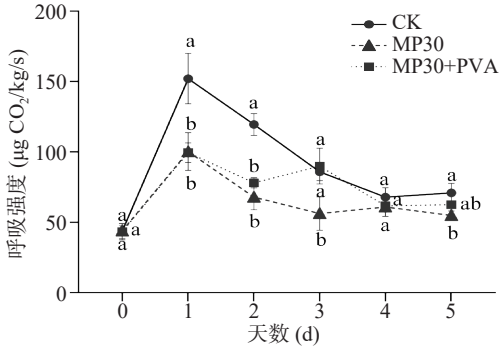


图 3　不同包装处理对甜玉米呼吸强度的影响

Fig.3　Effect of different packaging treatments on the respiratory intensity of sweet corn

2.4　不同包装处理对鲜甜玉米失重的影响

果蔬在贮藏过程中，因蒸腾作用、呼吸作用及一系列生理生化反应，导致水分与养分流失，进而出现失重现象[25]。因此，失重率可间接反映农产品采后保鲜效果，是评价果蔬保鲜度的重要指标。甜玉米贮藏期间，不同包装处理的失重率呈逐渐上升趋势（图 4）。其中，CK 包装的甜玉米失重率最高，第 5 d 时达 3.64%；MP30 与 MP30+PVA 失重率相对较低，分别为 2.67% 和 2.31%。CK 组与其他两个处理组间存在显著差异（P<0.05），而 MP30 组与 MP30+PVA 组间无显著差异。这表明，自发气调包装可有效降低甜玉米常温贮藏期间的失重率，减少水分和养分流失，从而维持其新鲜度。这与刘辉等[26] 关于功能集成包装减缓袋内玉米质量损失的研究结果相一致。

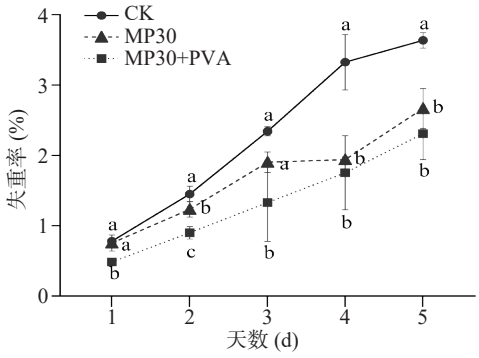


图 4　不同包装处理对鲜甜玉米失重的影响

Fig.4　Effect of different packaging treatments on weight loss of fresh sweet corn

2.5　不同包装处理对鲜甜玉米籽粒含水量的影响

甜玉米收获后籽粒含水量约为 75%~80%，水分

作为维持外观饱满度与风味特性的关键生理指标[27]，其动态变化直接影响采后商品价值。测定结果(图 5)发现，各处理籽粒含水量在贮藏期间呈现轻微上升波动，波动范围为 73%~77%。有研究指出，新鲜玉米在贮藏时优先失去外围区域水分并向内部迁移，贮藏 1 h 后水分流失弱于水分迁移，结合水比例相对升高[28]。因此，本研究观察到的含水量轻微上升可能源于内部水分再分布的补偿效应。贮藏第 5 d，不同包装处理之间含水量存在显著差异(P<0.05)，其中 MP30 和 CK 差异达 2%。相关研究表明，甜玉米籽粒水分损失 2% 即会对其新鲜度和外观造成影响[29]。结果表明 MP30 较 CK 更利于维持甜玉米新鲜度。此外，CK 在贮藏第 5 d 水分含量较前一天迅速下降，可能是甜玉米在常温贮藏后期迅速劣变导致的。

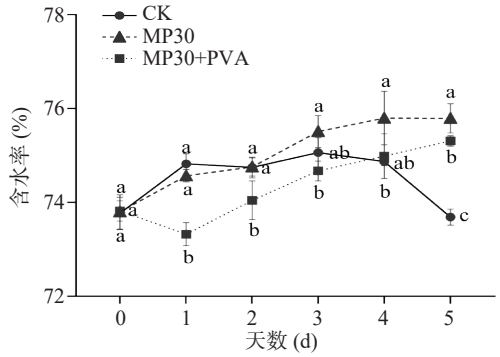


图 5 不同包装处理对鲜甜玉米籽粒含水量的影响

Fig.5 Effect of different packaging treatments on water content of fresh sweet corn kernels

2.6 不同包装对鲜甜玉米籽粒硬度的影响

消费者对甜玉米的接受程度受到其硬度的影响。如图 6 所示，硬度数据波动较为剧烈，随着贮藏时间的延长，硬度的变化趋势有所差别，其中 CK 组籽粒硬度呈现上升趋势；而 MP30 和 MP30+PVA 组的甜玉米籽粒则显示出先升后降的趋势。这可能与贮藏期间玉米养分流失和表皮层增厚有关，导致甜玉米籽粒硬度出现上升波动[30]。贮藏的第 5 d，CK 和其他两处理组的籽粒硬度存在显著差异(P<0.05)。CK、MP30 和 MP30+PVA 组硬度分别为 65.07、53.47 和 55.3。MP30 和 MP30+PVA 组硬度有所下降，推测和玉米籽粒水分迁移相关，说明自发气调包装处理更有利于维持甜玉米籽粒的嫩度。刘辉等[26]的研究指出，在常温下功能集成包装袋对保持甜玉米籽粒嫩度具有积极作用。

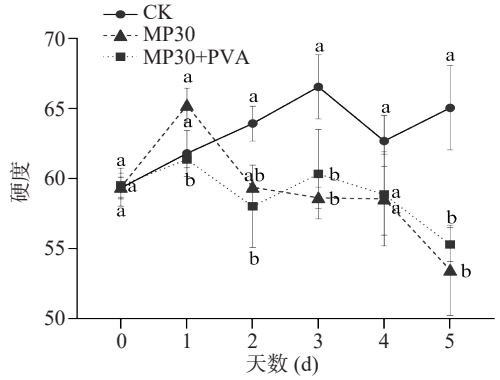


图 6 不同包装对鲜甜玉米籽粒硬度的影响

Fig.6 Effect of different packaging on the hardness of fresh sweet corn kernels

2.7 不同包装对鲜甜玉米可溶性固形物和蛋白质含量的影响

可溶性固形物(total soluble solid, TSS)含量反映了农产品的生理状态和质量[31]，是评价甜玉米生理品质的关键指标，可有效反映甜玉米在采后贮藏期间的养分变化[32]。实验结果显示，甜玉米的 TSS 含量随着常温贮藏时间的增加而持续下降(图 7a)。CK 组的甜玉米下降幅度最大。贮藏第 5 d 时，TSS 含量相较初始值下降了 45.39%；MP30 和 MP30+PVA 的 TSS 含量下降幅度相对较小，分别为 34.63% 和 35.96%，且方差分析表明 MP30 和 MP30+PVA 与 CK 组间存在显著差异(P<0.05)。TSS 含量下降主要与甜玉米的呼吸作用相关，其旺盛的呼吸代谢活动消耗大量自身营养物质，导致 TSS 含量降低[14]。前面研究结果表明，自发气调包装结合甜玉米强烈的呼吸作用，迅速改变贮藏微环境，进而降低呼吸强度，减缓自身代谢，延缓营养物质消耗，维持一定的 TSS 含量。

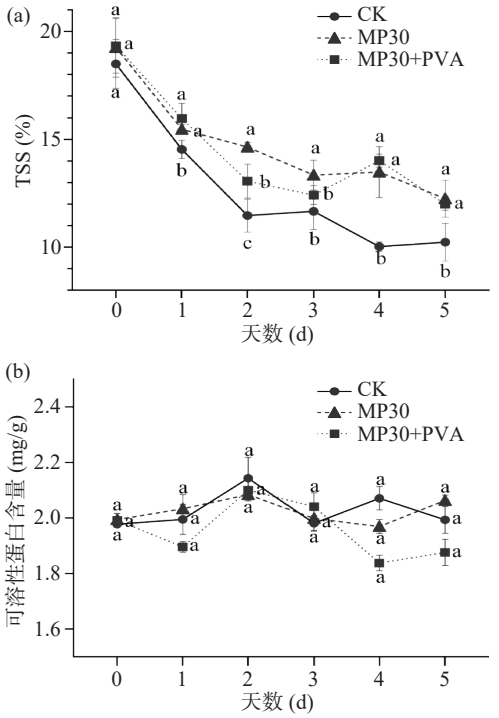


图 7 不同包装对鲜甜玉米可溶性固形物和蛋白含量的影响

Fig.7 Effect of different packaging on soluble solids and protein content of fresh sweet corn

此外，蛋白含量是评价鲜食玉米的重要指标[33]。如图 7b 所示，三种处理甜玉米在贮藏期间可溶性蛋白含量稳定在 1.8~2.2 mg/g，不同处理组间含量变化无显著差异。有研究指出，贮藏期间玉米蛋白质变化主要体现在蛋白质结构和类型等方面[34]，而在蛋白含

量上贮藏前后无明显差异[35]。此外，玉米品种会对贮藏期间可溶性蛋白含量的变化差异产生影响。在常温贮藏 5 d 内，部分品种玉米的可溶性蛋白含量变化并无差异[36]。

2.8　不同包装对鲜甜玉米维生素 C 含量的影响

鲜甜玉米中富含维生素 C，是人体必需的营养物质。然而玉米籽粒中的维生素 C 在贮藏期间极易流失[37]。因此维生素 C 含量是玉米贮藏过程中的重要营养质量评价指标。实验观察到，甜玉米贮藏期间维生素含量呈下降趋势。其中，CK 组维生素 C 含量下降迅速，在贮藏第 5 d 时仅含有 5.7 mg/g；而 MP30 和 MP30+PVA 两组玉米籽粒维生素 C 含量小幅下降后趋于稳定，贮藏第 5 d，两组维生素 C 含量仍维持在 11.0 mg/g 以上，分别较 CK 提高了 93.58% 和 126.68%，组间差异显著（$P<0.05$）（图 8）。表明自发气调包装能有效维持鲜甜玉米的维生素 C 含量。氧气浓度影响着维生素 C 的消耗速率[38]，自发气调包装袋内氧气含量较低，抑制甜玉米的呼吸作用的同时减少玉米维生素 C 和氧气的结合，从而延缓维生素 C 的降解[26]。

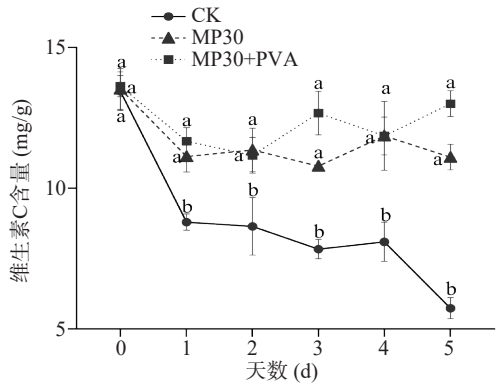


图 8　不同包装对鲜甜玉米维生素 C 含量的影响

Fig.8　Effect of different packaging on vitamin C content of fresh sweet corn

2.9　不同包装对鲜甜紫玉米花青素含量的影响

花青素具有丰富的营养和疾病预防价值，紫玉米因较高的花青素含量，在玉米产业中展现出更高的营养和经济价值，备受关注[39−41]。探究紫玉米贮藏期间花青素含量变化，可为产业发展提供指导。如图 9 所示，实验结果表明，紫玉米在常温贮藏期间花青素含量呈轻微上升趋势，这可能是由于紫玉米在采摘后，其体内的花青素仍在持续合成。有研究指出，常温环境下储存能够诱导花青素浓度的显著增加[42]。同时，CK 组的紫玉米花青素含量高于 MP30 和 MP30+PVA。自发气调包装下玉米的呼吸作用被抑制，自身生理活动减弱，进而导致花青素合成速率减慢。然而，短期花青素升高可能伴随着后期氧化的降解风险，而气调包装通过低氧环境可能减少氧化，从长期来看更利于花青素的稳定保存[43]。

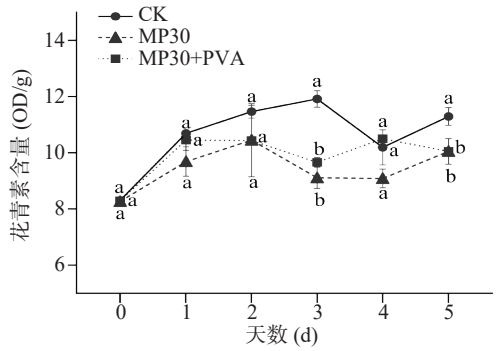


图 9　不同包装对鲜甜紫玉米花青素含量的影响

Fig.9　Effect of different packaging on anthocyanin content of fresh sweet purple corn

3　结论

本研究对比了不同包装处理对常温贮藏下鲜甜紫玉米品质的影响。结果表明，MP30 和 MP30+PVA 可迅速形成低 O_2 高 CO_2 微环境，显著降低甜玉米呼吸强度；延缓了甜玉米苞叶黄化，色差变化显著降低；维持籽粒含水量；并显著减缓了 TSS 和维生素 C 含量下降，有效降低失重率，从而整体保持了甜玉米的外观和营养品质。此外，MP30 和 MP30+PVA 两组之间在多数指标上无显著差异，但考虑成本效益，MP30 单膜包装更具应用优势。综上所述，课题组自主研发的自发气调包装 MP30 通过调控玉米呼吸代谢，可将鲜甜玉米在常温下的保鲜储运期延长至 5 d，其关键的感官和营养指标显著优于对照组。该研究为鲜甜玉米在常温储运和电商销售提供了有效解决方案，为提高产品质量和减少损耗提供科学依据。未来研究可进一步探索自发气调包装与涂膜保鲜、静电场处理等其他保鲜技术的协同效应，构建复合保鲜体系，以适应更复杂的物流环境。

© The Author(s) 2026. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

参考文献

[1] 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. [ZHANG Peng, LU Xiaoxiang, CHEN Shaohui, et al. Research progress of the preservation technology of sweet corn at home and abroad[J]. Storage & Process, 2013, 13(2): 61−64.]

[2] 刘馨芬. 广东省甜玉米产业发展现状与对策研究[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2016. [LIU Xinfen. The industry status and development countermeasures of sweet corn in Guangdong Province[D]. Guangzhou: Zhongkai University of Agriculture and Engineering, 2016.]

[3] 王子明, 李春艳, 万世敏, 等. 广东省鲜食玉米产业发展经验与战略发展思路[J]. 作物杂志, 2014(3): 1−4. [WANG Ziming, LI Chunyan, WAN Shimin, et al. Development experience and strategic development ideas of fresh corn industry in Guangdong Province[J]. Crops, 2014(3): 1−4.]

[4] 甘阳英, 陈夏莉, 甘玉虾, 等. 国内外甜玉米产业发展现状与分析[J]. 热带农业科学, 2023, 43(11): 128−133. [GAN Yangying, CHEN Xiali, GAN Yuxia, et al. Present situation and analysis

of sweet corn industry development at home and abroad[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2023, 43(11): 128−133.]
[5] 陈学文, 刘养卉. 广东地区鲜食玉米产业的发展现状及优化措施探讨[J]. 热带农业工程, 2021, 45(4): 74−76. [CHEN Xuewen, LIU Yanghui. Discussion on the development status and optimization measures of fresh corn industry in Guangdong Province[J]. Tropical Agricultural Engineering, 2021, 45(4): 74−76.]
[6] 刘瑶, 左进华, 高丽朴, 等. 流态冰预冷处理对甜玉米贮藏品质的影响[J]. 制冷学报, 2020, 41(3): 83−90. [LIU Yao, ZUO Jinhua, GAO Lipu, et al. Effect of slurry ice precooling treatment on quality of sweet corn[J]. Journal of Refrigeration, 2020, 41(3): 83−90.]
[7] 陈少青, 王红伟, 郑鄢燕, 等. 鲜食玉米采后保鲜技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(16): 133−142. [CHEN Shaoqing, WANG Hongwei, ZHENG Yanyan, et al. Research progress on postharvest fresh-keeping technology of fresh corn[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2023, 14(16): 133−142.]
[8] 任梦云, 杜龙岗, 王美兴, 等. 甜玉米可溶性糖组分特征及其采后降解规律分析[J]. 分子植物育种, 2022, 20(16): 5408−5414. [REN Mengyun, DU Longgang, WANG Meixing, et al. Analysis on the characteristics of soluble sugar components in sweet corn and its degradation during postharvest storage[J]. Molecular Plant Breeding, 2022, 20(16): 5408−5414.]
[9] 王浩, 刘景圣, 郑明珠, 等. 鲜食糯玉米贮藏过程中淀粉含量及相关酶活性变化的研究[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(3): 6−10,24. [WANG Hao, LIU Jingsheng, ZHENG Mingzhu, et al. Research on the change of starch content and enzymes activities associated with starch synthesis in fresh-eating waxy corn in the process of storage[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2017, 32(3): 6−10,24.]
[10] ERKMEN O. Modified-atmosphere storage of foods [M/OL]//BHAT R, KARIM ALIAS A, PALIYATH G. Progress in Food Preservation. 1st ed. Wiley, 2012: 49−66. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781119962045.ch3.
[11] OPARA U L, CALEB O J, BELAY Z A. 7-Modified atmosphere packaging for food preservation[M/OL]//GALANAKIS C M. Food Quality and Shelf Life. Cambridge: Academic Press, 2019: 235−259. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128171905000070.
[12] SANDHYA. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs[J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(3): 381−392.
[13] ZHU Meiyan, YANG Peipei, ZHU Liang. Preparation of modified atmosphere packaging based on the respiratory characteristics of cherry tomato and its freshness preservation application[J]. Scientia Horticulturae, 2024, 333: 113286.
[14] LIU Hui, LI Dongli, XU Wencai, et al. Application of passive modified atmosphere packaging in the preservation of sweet corns at ambient temperature[J]. LWT, 2021, 136: 110295.
[15] ABOLAJI B F. Impact of modified atmosphere packaging on nutritive values and sensory qualities of fresh maize (*Zea mays* L.) under tropical ambient storage condition[J]. International Journal of Nutrition and Food Sciences, 2017, 6(1): 19.
[16] OLUWALANA I B, OLUWAMUKOMI M O, BADEJO A A, et al. Changes in postharvest qualities of stored fresh maize (*Zea mays* L.) at tropical ambient condition[J]. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, 2017, 11(1): 36−40.
[17] 巫梅婷, 王玲, 陈于陇, 等. 自发气调包装下不同品种韭菜贮藏品质对比分析[J]. 保鲜与加工, 2023, 23(4): 9−15. [WU Meiting, WANG Ling, CHEN Yulong, et al. Comparative analysis of storage qualities of different varieties of leeks under modified atmospheric package[J]. Storage and Process, 2023, 23(4): 9−15.]
[18] 陈敏惠, 陈于陇, 李佳鸿, 等. 气调包装对鲜切菠萝品质的影响分析[J]. 现代食品科技, 2023, 39(11): 135−142. [CHEN Minhui, CHEN Yulong, LI Jiahong, et al. Effect of modified atmosphere packaging on the quality of fresh-cut pineapple[J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(11): 135−142.]
[19] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007. [CAO Jiankang, JIANG Weibo, ZHAO Yumei. Experiment guidance of postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.]
[20] 黄方志, 沈玉华, 李士阔, 等. 果汁中维生素 C 荧光法测定的实验设计与教学探索[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(5): 97−99. [HUANG Fangzhi, SHEN Yuhua, LI Shikuo, et al. Experimental design and teaching of determination of vitamin C by fluorescence spectrophotometry[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2015, 34(5): 97−99.]
[21] 谭归, 孟新涛, 车凤斌, 等. 气调包装材料对厚皮甜瓜采后呼吸途径的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(14): 248−253,262. [TAN Gui, MENG Xintao, CHE Fengbin, et al. Effects of modified atmosphere package materials on respiratory pathway of *Cucumis melo* L.[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(14): 248−253,262.]
[22] CHUDHANGKURA A, TEANGPOOK C, SIKKHAMONDHOL C, et al. Effects of ultraviolet C, controlled atmosphere, and ultrasound pretreatment on free ferulic acid in canned sweet corn kernels[J]. Journal of Food Science and Technology, 2018, 55(10): 4167−4173.
[23] PATHARE P B, OPARA U L, AL-SAID F A. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review[J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(1): 36−60.
[24] 郭靖, 陈于陇, 王萍, 等. 不同调湿包装对荔枝贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(6): 169−175. [GUO Jing, CHEN Yulong, WANG Ping, et al. The effect of different packaging methodology on litchi quality during storage[J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(6): 169−175.]
[25] WANG Mingying, JIN Siyuan, DING Zhaoyang, et al. Effects of different freezing methods on physicochemical properties of sweet corn during storage[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2022, 24(1): 389.
[26] 刘辉, 李东立, 许文才, 等. 常温下功能集成包装袋在甜玉米保鲜中的应用[J]. 包装工程, 2020, 41(11): 53−58. [LIU Hui, LI Dongli, XU Wencai, et al. Application of functional integrated packaging bag in preservation of sweet corn at normal temperature[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(11): 53−58.]
[27] CALVO-BRENES P, O´HARE T. Effect of freezing and cool storage on carotenoid content and quality of zeaxanthin-biofortified and standard yellow sweet-corn (*Zea mays* L.)[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2020, 86: 103353.
[28] WANG Hao, LIU Jingsheng, MIN Weihong, et al. Changes of moisture distribution and migration in fresh ear corn during storage[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2019, 18(11): 2644−2651.
[29] BECERRA-SANCHEZ F, TAYLOR G. Reducing post-harvest losses and improving quality in sweet corn (*Zea mays* L.): Challenges and solutions for less food waste and improved food se-

curity[J]. Food and Energy Security, 2021, 10(3): e277.
[30] 尹天罡, 何余堂, 解玉梅, 等. 复合生物保鲜剂的研制及对鲜食玉米保鲜的初步研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(9): 57−60. [YIN Tiangang, HE Yutang, XIE Yumei, et al. Development of composite biological fresh- keeping agent and preliminary research of fresh corn preservation[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(9): 57−60.]
[31] BECKLES D M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 63(1): 129−140.
[32] ZHANG Cheng, LI Wenhui, ZHU Bifen, et al. The quality evaluation of postharvest strawberries stored in nano-Ag packages at refrigeration temperature[J]. Polymers, 2018, 10(8): 894.
[33] 王娟紫, 乔勇进, 王春芳, 等. 鲜食糯玉米采后生理与保鲜技术的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(16): 356−361. [WANG Juanzi, QIAO Yongjin, WANG Chunfang, et al. Research progress on postharvest physiological and preservation technology of fresh waxy corn[J]. Food and Fermentation Industries, 2023, 49(16): 356−361.]
[34] 解慧, 修琳, 郑明珠, 等. 玉米贮藏过程中营养成分的变化[J]. 食品工业, 2014, 35(12): 240−243. [XIE Hui, XIU Lin, ZHENG Mingzhu, et al. Change in maize of nutrient content during storage[J]. The Food Industry, 2014, 35(12): 240−243.]
[35] 徐瑞. 鲜糯玉米冻藏期间品质变化研究[D]. 重庆: 西南大学, 2019. [XU Rui. Study on quality change of fresh waxy corn during freezing storage[D]. Chongqing: Southwest University, 2019.]
[36] 弓雪, 刘亚利, 李高科, 等. 采后常温贮藏对南亚热带甜玉米品质的影响[J]. 南方农业学报, 2024, 55(9): 2754−2762. [GONG Xue, LIU Yali, LI Gaoke, et al. Effects of postharvest storage at room temperature on the quality of south subtropical sweet corn in China [J]. Journal of Southern Agriculture, 2024, 55(9): 2754−2762.]
[37] FENNEMA O. Loss of vitamins in fresh and frozen foods [J]. Food Technology, 1977, 31(12): 32−38.
[38] 李家政, 李晓旭, 王晓芸. 甜玉米微孔自发气调包装应用研究[J]. 包装工程, 2015, 36(3): 31−35,64. [LI Jiazheng, LI Xiaoxu, WANG Xiaoyun. Application of micro-perforated modified atmosphere packaging of sweet corn[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(3): 31−35,64.]
[39] PETRONI K, PILU R, TONELLI C. Anthocyanins in corn: A wealth of genes for human health[J]. Planta, 2014, 240(5): 901−911.
[40] CAI T Y, GE Z S, SONG M B. Anthocyanins in metabolites of purple corn[J]. Frontiers in Plant Science, 2023, 14: 1154535.
[41] GUILLÉN-SÁNCHEZ J, MORI-ARISMENDI S, PAUCAR-MENACHO L M. Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo[J]. Scientia Agropecuaria, 2010: 211−217.
[42] HONG H T, O'HARE T J. Postharvest storage of reddish-purple sweetcorn: Changes in anthocyanin, starch and sugar content during ambient and refrigerated storage[J]. Proceedings, 2020, 70 (1): 13.
[43] ENARU B, DREȚCANU G, POP T D, et al. Anthocyanins: Factors affecting their stability and degradation[J]. Antioxidants, 2021, 10(12): 1967.