

# 不同包装方式对鲜食甘栗贮藏品质的影响

吴家秀<sup>1,2</sup>, 赵玉华<sup>1,2,3</sup>

- (1. 河北科技师范学院食品科技学院, 河北昌黎 066600;  
2. 板栗产业技术教育部工程研究中心, 河北秦皇岛 066004;  
3. 河北省板栗产业协同创新中心, 河北秦皇岛 066004)

**摘要:** 采用自发气调包装(MAP)袋和尼龙聚乙烯(PA/PE)袋分别对鲜食甘栗进行真空包装和充空气包装, 比较不同包装方式下鲜食甘栗贮藏期间袋内气体成分、呼吸速率、失重率、色泽、硬度、挥发性风味物质的差异, 确定最佳包装方式。结果表明: MAP袋结合真空包装是最适合鲜食甘栗的包装方式, 能有效抑制鲜食甘栗的呼吸强度, 避免鲜食甘栗无氧呼吸产生不良风味的同时, 保持了良好的色泽和硬度, 对鲜食甘栗的贮藏效果最好。

**关键词:** 鲜食甘栗; 包装方式; 贮藏品质; 挥发性有机物质

## Effect of different packaging methods on storage quality of fresh sweet chestnut

WU Jia-xiu<sup>1,2</sup>, ZHAO Yu-hua<sup>1,2,3</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Hebei Normal University of Science and Technology, Changli 066600, Hebei, China;

2. Engineering Research Center of Chestnut Industry Technology, Ministry of Education, Qinhuangdao 066004, Hebei, China;

3. Hebei Collaborative Innovation Center of Chestnut Industry, Qinhuangdao 066004, Hebei, China)

**Abstract:** Fresh sweet chestnuts were vacuum packaged and air filled packaged using modified atmosphere (MAP) bags and nylon polyethylene (PA/PE) bags, respectively. The differences in gas composition, respiration rate, weight loss rate, color, hardness, and volatile flavor substances in the bags during storage of fresh sweet chestnuts under different packaging methods were compared to determine the optimal packaging method. The results showed that MAP bag combined with vacuum packaging was the most suitable packaging method for fresh sweet chestnuts, which could effectively suppress the respiratory intensity of fresh sweet chestnuts, avoid anaerobic respiration of fresh sweet chestnuts to produce bad flavor, maintain good color and hardness, and had the best storage effect on fresh sweet chestnuts.

**Key words:** fresh sweet chestnut; packaging method; storage quality; volatile organic compound

中图分类号: TS206.6 文献标志码: A 文章编号: 1008-9578(2024)03-0057-06

鲜食甘栗口感甘甜, 富含淀粉、蛋白质、人体必需氨基酸等营养物质<sup>[1-2]</sup>。然而, 鲜食甘栗呼吸强度高、易被病原真菌感染并发生酶促褐变<sup>[3]</sup>, 导致其货架期十分有限。因此, 开发适合鲜食甘栗的包装方式以延长其贮藏品质显得尤为重要。目前, 鲜食甘栗多采用尼龙聚乙烯(PA/PE)袋抽真空包装, 然后置于低温条件下进行贮藏。此种包装方式所

形成的真空环境抑制了鲜食甘栗机体的褐变和微生物繁殖, 保持了鲜食甘栗良好的色泽, 是实现低温短期贮藏鲜食甘栗行之有效的保鲜方式。但随着贮藏时间的延长, 真空包装袋内形成的高CO<sub>2</sub>、低O<sub>2</sub>环境易引发无氧呼吸, 导致袋内产生不良风味<sup>[4]</sup>。而气调包装材料可以利用果蔬的呼吸作用和包装材料的气体透过率建立适宜的微环境以抑

收稿日期: 2023-09-03

基金项目: 河北省重大科技成果转化专项(20287101Z)

作者简介: 吴家秀(1997—), 女, 研究生, 研究方向为食品加工与安全。

通信作者: 赵玉华(1978—), 女, 硕士, 副教授, 研究方向为果蔬贮藏与加工。

制果蔬的呼吸活动、降低水分蒸发以及延缓生理代谢,延长货架期<sup>[5]</sup>。已有研究<sup>[6-8]</sup>表明,自发气调包装(MAP)袋可以有效延缓芥蓝叶片黄化,减缓菜心茎木质化,保持玉露香梨表皮色泽并维持其贮藏品质。本研究以鲜食甘栗为试验对象,利用 PA/PE 袋和 MAP 袋 2 种材料分别对其进行充空气和真空包装,探究低温贮藏条件下不同的包装方式对鲜食甘栗呼吸速率、失重率、色泽、风味等品质的影响,系统地评价各包装方式对鲜食甘栗保鲜效果的影响,为鲜食甘栗包装方式的选择提供有益参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

“燕龙”鲜食甘栗,河北迁西县;PA/PE 袋[ $O_2$  透过率  $46 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot 0.1 \text{ MPa})$ ,水蒸气透过率  $3.12 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ],河北网世包装有限公司;MAP 袋[ $O_2$  透过率  $16\,940 \text{ cm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot 0.1 \text{ MPa})$ ,水蒸气透过率  $25.23 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ],西安海宏保鲜科技有限责任公司。

### 1.2 仪器与设备

ST-70 分光测色仪,深圳市三恩时科技有限公司;Gas Alert Micro 5 气体检测仪,美国 Honeywell 公司;G-2000CS 高压电场低温等离子体设备,南京苏曼等离子体科技有限公司;ME104E 万分之一天平,梅特勒-托利多公司;SXP-450F 生化培养箱,上海丙林电子科技有限公司;PEN3 电子鼻,德国 Airsense 公司;TMS-Pro 质构仪,北京市盈盛恒泰科技有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 鲜食甘栗的包装与贮藏

手工剥除鲜食甘栗的内外种皮,置于密封盒中,对其进行冷等离子体杀菌处理,然后用紫外灭菌后的 MAP 袋和 PA/PE 袋分别进行充空气和真空包装。共包括 4 种包装方式:PA/PE 袋抽真空包装;MAP 袋抽真空包装;PA/PE 袋内充入 150 mL 空气并热封封口;MAP 袋内充入 150 mL 空气并热封封口。每个包装袋内装约 50 g 鲜食甘栗样品,置于恒温恒湿培养箱(温度  $0 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ,相对湿度  $70\% \pm 5\%$ )中贮藏 8 d,每隔 2 d 进行取样检测。

#### 1.3.2 包装袋内气体成分的测定

用气体检测仪测定不同包装袋内  $O_2$  和  $CO_2$  的体积分数,测定前在包装袋上粘 1 个硅胶密封垫,测

定时探针从密封垫扎入,以确保良好的气密性。由于真空包装抽走了袋内气体,使包装袋与鲜食甘栗紧贴,不能测得袋内的气体成分,因此只对充空气的 MAP 袋和 PA/PE 袋内的气体成分进行测定。

#### 1.3.3 呼吸速率的测定

每次选取 4 个鲜食甘栗置于 3.0 L 的密封盒中,密封,先用气体检测仪测定密封盒内的初始  $CO_2$  体积分数,然后在室温环境中静置 1 h 后,再次测定密封盒内的  $CO_2$  体积分数,呼吸速率按照式(1)计算。

$$X = \frac{(W_2 - W_1) \times V}{100 \times m \times t} \quad (1)$$

式中: $X$  为呼吸速率,  $\text{mL}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ ;  $W_1$  为密封盒中初始  $CO_2$  含量,%;  $W_2$  为静置 1 h 密封盒中的  $CO_2$  含量,%;  $V$  为密封盒总体积,  $\text{mL}$ ;  $m$  为鲜食甘栗质量,  $\text{kg}$ ;  $t$  为密闭时间,  $\text{h}$ 。

#### 1.3.4 失重率的测定

采用称重法测量鲜食甘栗的失重率,计算公式见式(2)。

$$Y = \frac{m_0 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $Y$  为失重率,%;  $m_0$  为贮藏前鲜食甘栗的初始质量,  $\text{g}$ ;  $m_1$  为贮藏期间鲜食甘栗的质量,  $\text{g}$ 。

#### 1.3.5 色泽的测定

采用分光测色仪测定鲜食甘栗的  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值。每个样品随机取不同的位置测量 6 次,取 6 次的平均值作为一次重复结果。

#### 1.3.6 硬度的测定

采用质构仪测定鲜食甘栗果实硬度,将鲜食甘栗置于载物台上,对鲜食甘栗赤道部进行穿刺试验,选用探头直径为 2 mm 的柱形探头,测试前、中、后速度均为  $40 \text{ mm}/\text{min}$ ,最小感应力 0.2 N,穿刺深度为 6 mm。

#### 1.3.7 挥发性风味物质的测定

所有样品均需打碎至  $2 \text{ mm}^3$  左右的颗粒状,于  $-80 \text{ }^\circ\text{C}$  储存,供后续分析检测。

##### 1.3.7.1 电子鼻测定

电子鼻传感元件对应的主要敏感物质如表 1 所示。称取 6 g 鲜食甘栗样品于 40 mL 样品瓶中,置于  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  水浴中加热平衡 10 min 后进样。参数设置:清洗时间 40 s;载气流速  $400 \text{ mL}/\text{min}$ ;样品测定时间 65 s。取稳定平衡时间点(60 s)的数据用 E-nose 软件系统进行线性判别分析(LDA)。

表1 PEN3 电子鼻传感器阵列及其对应的敏感物质类型

传感器序号	传感器名称	敏感挥发性成分
S1	W1C	芳香类化合物
S2	W5S	氮氧化物
S3	W3C	氨类、芳香类化合物
S4	W6S	氢类
S5	W5C	烷烃、芳香类化合物
S6	W1S	甲基类
S7	W1W	无机硫化物和萜烯类
S8	W2S	醇类和部分芳香类化合物
S9	W2W	芳香类化合物、有机硫化物
S10	W3S	烷烃

1.3.7.2 气相色谱-离子迁移谱(GC-IMS)测定

顶空进样条件:称取 3 g 鲜食甘栗样品,置于 20 mL顶空瓶中;顶空孵化温度 40 ;孵化时间 30 min;孵化转速 500 r/min;进样体积 1 mL;进样针温度 85 ℃。

GC 条件:MXT-5 色谱柱(15 m × 0.53 mm, 1.0 μm);柱温 60 ℃;运行时间 30 min;载气为高纯氮气;载气初始流速 1.0 mL/min,10 min 内线性增至 10 mL/min,20 min 内线性增至 100 mL/min,30 min 内线性增至 150 mL/min。

IMS 条件:漂移管长度 5 cm;漂移管温度 45 ℃;漂移气为高纯氮气;流速为 150 mL/min;探测器温度 45 。

1.3.8 感官品质的测定

根据感官评分标准(表 2),对鲜食甘栗的表观状态、气味、质地和口感进行评分。

表2 鲜食甘栗感官评分表

评分项目	评分细则	分值
表观状态	色泽鲜亮,有光泽,无褐变	8~10
	色泽稍暗,局部轻微褐变	5~7
	色泽暗淡,褐变严重	1~4
气味	无异味,有鲜食甘栗的清香味	8~10
	无异味,鲜食甘栗清香味较弱	5~7
	典型的酒精发酵味	1~4
质地	栗仁硬度大,脆性好	8~10
	质地略微变软	5~7
	软化现象严重	1~4
口感	咀嚼有丰富的白色汁液,口感甘甜	8~10
	咀嚼有较多白色汁液,口感微甜	5~7
	咀嚼时白色汁液较少,有渣滓感,口感微苦	1~4

1.4 数据分析

采用 SPSS 26 软件进行显著性分析,采用 Origin 2021 软件绘图,每组试验重复 3 次,结果以平均值

± 标准差表示。

2 结果与分析

2.1 不同包装对鲜食甘栗贮藏期间袋内气体成分的影响

由图 1 可知:随着贮藏时间延长,2 种包装袋内 O<sub>2</sub> 体积分数总体呈下降趋势,PA/PE 袋内的 CO<sub>2</sub> 体积分数始终呈增长趋势,MAP 袋内的 CO<sub>2</sub> 体积分数先升高,在贮藏 4 d 后逐渐降低,且贮藏期间 PA/PE 袋内的 CO<sub>2</sub> 体积分数明显高于 MAP 袋。这可能是因为 PA/PE 袋的气体透过率较小,其内部气体的体积分数在鲜食甘栗的呼吸作用下变化幅度较大;而 MAP 袋则具有较高的气体透过率,其与鲜食甘栗的呼吸作用相结合,自发调节包装内气体成分,使包装内的气体比例达到动态平衡。

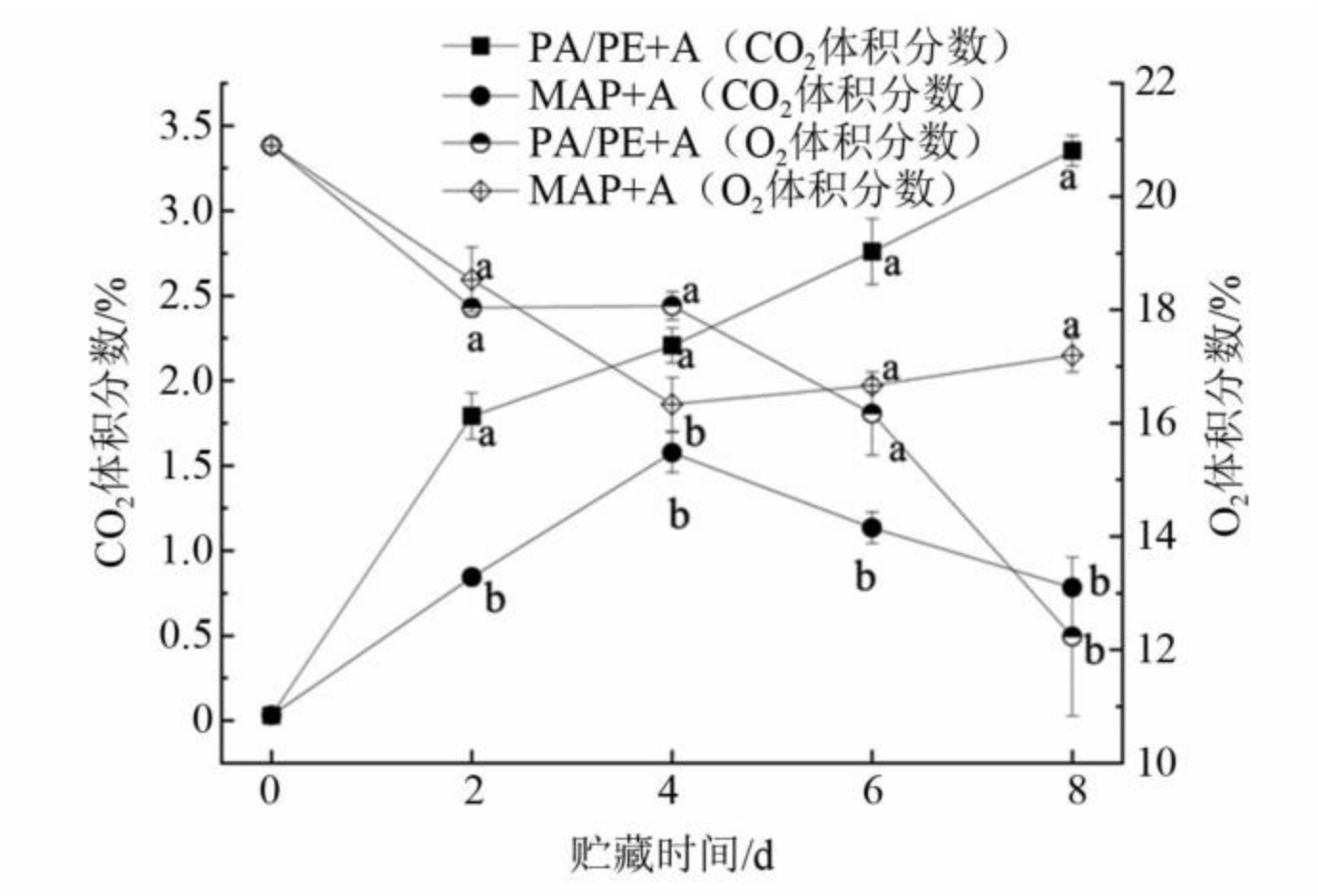


图1 不同包装袋中 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 体积分数的变化  
注:PA/PE + A 为 PA/PE 袋充空气包装,MAP + A 为 MAP 袋充空气包装;同一贮藏时间不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ),下同。

2.2 不同包装对鲜食甘栗贮藏期间呼吸速率的影响

由图 2 可知:在整个贮藏期间,PA/PE 袋真空包

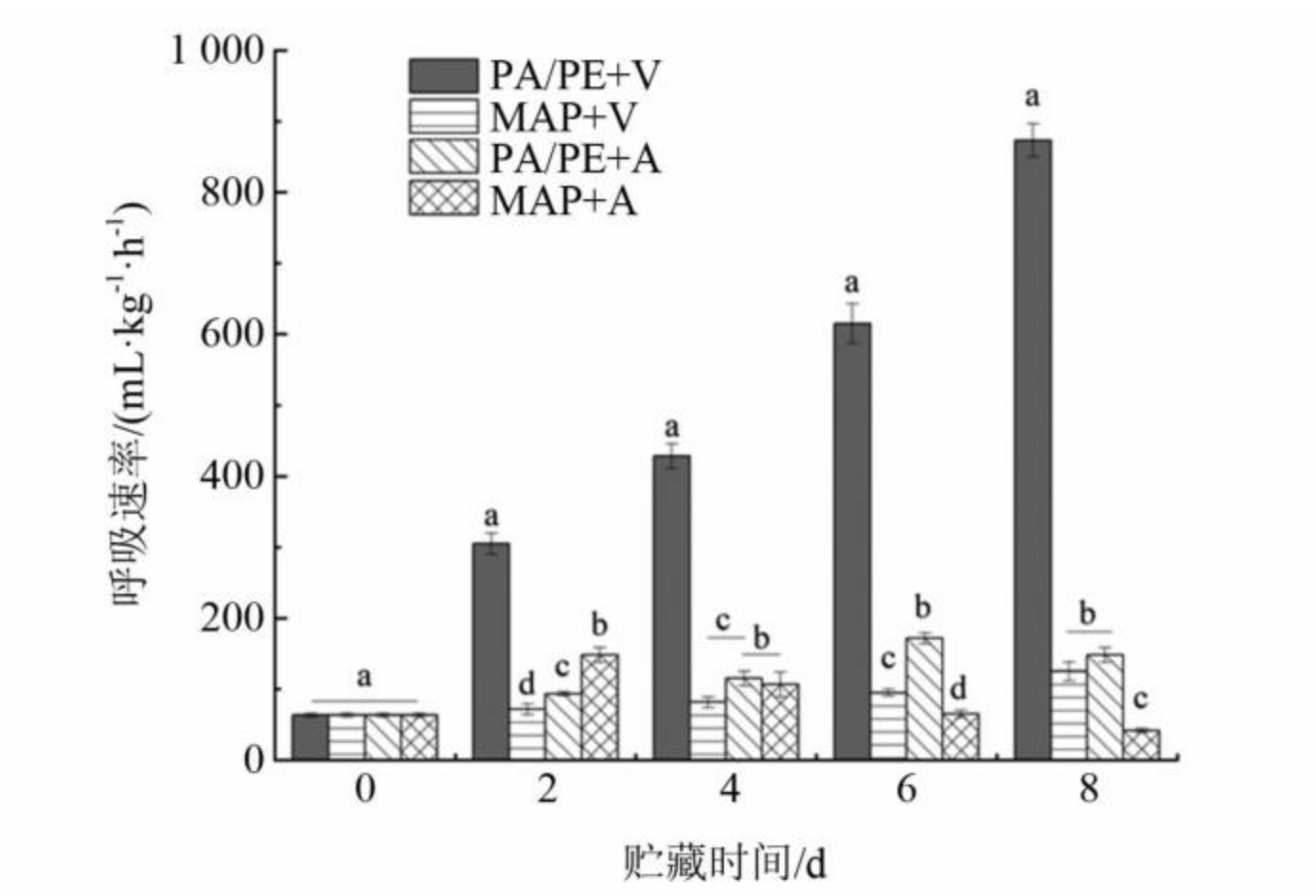


图2 不同包装对鲜食甘栗贮藏期间呼吸速率的影响  
注:PA/PE + V 为 PA/PE 袋抽真空包装,MAP + V 为 MAP 袋抽真空包装,下同。

装的鲜食甘栗的呼吸速率明显高于其他 3 种包装。这是因为 PA/PE 袋气体透过率较低,加之真空包装后袋内形成了低  $O_2$ 、高  $CO_2$  的状态,从而促使鲜食甘栗无氧呼吸加剧。此外,PA/PE 袋充空气包装的鲜食甘栗在贮藏 4~8 d 时呼吸速率均高于 2 种 MAP 包装方式。

2.3 不同包装对鲜食甘栗贮藏期间失重率的影响

由图 3 可知:在贮藏期间,不同包装方式下的鲜食甘栗的失重率均呈上升趋势。在贮藏 0~4 d 时,经 PA/PE 充空气包装的鲜食甘栗失重率显著低于其他 3 个处理组,而在贮藏 6~8 d 时,MAP 包装的鲜食甘栗的失重率显著高于 PA/PE 包装的鲜食甘栗。结果表明,PA/PE 包装材料能够更好地抑制鲜食甘栗水分散失,降低鲜食甘栗的失重率,这可能与 PA/PE 包装材料水蒸气透过率较低、阻隔性较强有关。

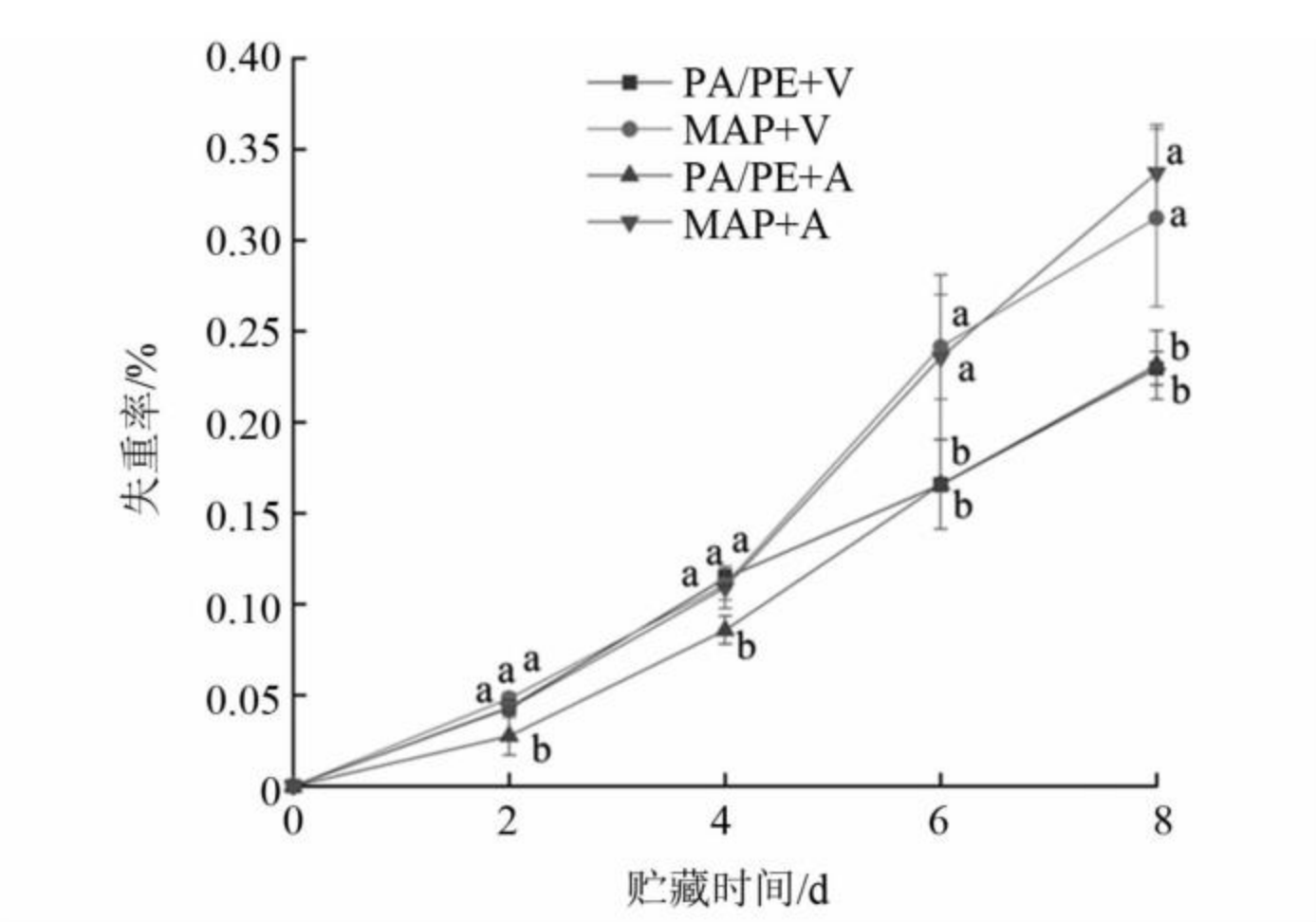


图 3 不同包装对鲜食甘栗贮藏期间失重率的影响

2.4 不同包装对鲜食甘栗贮藏期间色泽的影响

鲜食甘栗剥壳后若不及时进行一定的包装与处理,栗仁中的酚酶会催化酚类物质生成醌及其聚合物,最终导致栗仁机体褐变<sup>[9]</sup>。由图 4 可知:随着贮藏时间的延长,不同包装中的鲜食甘栗的  $L^*$  值总体均呈下降趋势, $a^*$  值总体呈上升趋势,而  $b^*$  值呈波动变化,这说明在贮藏过程中栗仁发生了褐变,亮度逐渐变暗,有红褐色出现。其中采用 PA/PE 袋真空包装的鲜食甘栗在贮藏期间  $L^*$ 、 $a^*$  值变化幅度均较小,MAP 袋真空包装次之,这说明真空包装可以有效维持鲜食甘栗的亮度,延缓鲜食甘栗褐变速率。

2.5 不同包装对鲜食甘栗贮藏期间硬度的影响

由图 5 可知:不同包装中的鲜食甘栗在贮藏过程中硬度均有所下降。其中贮藏至第 2 天时,MAP

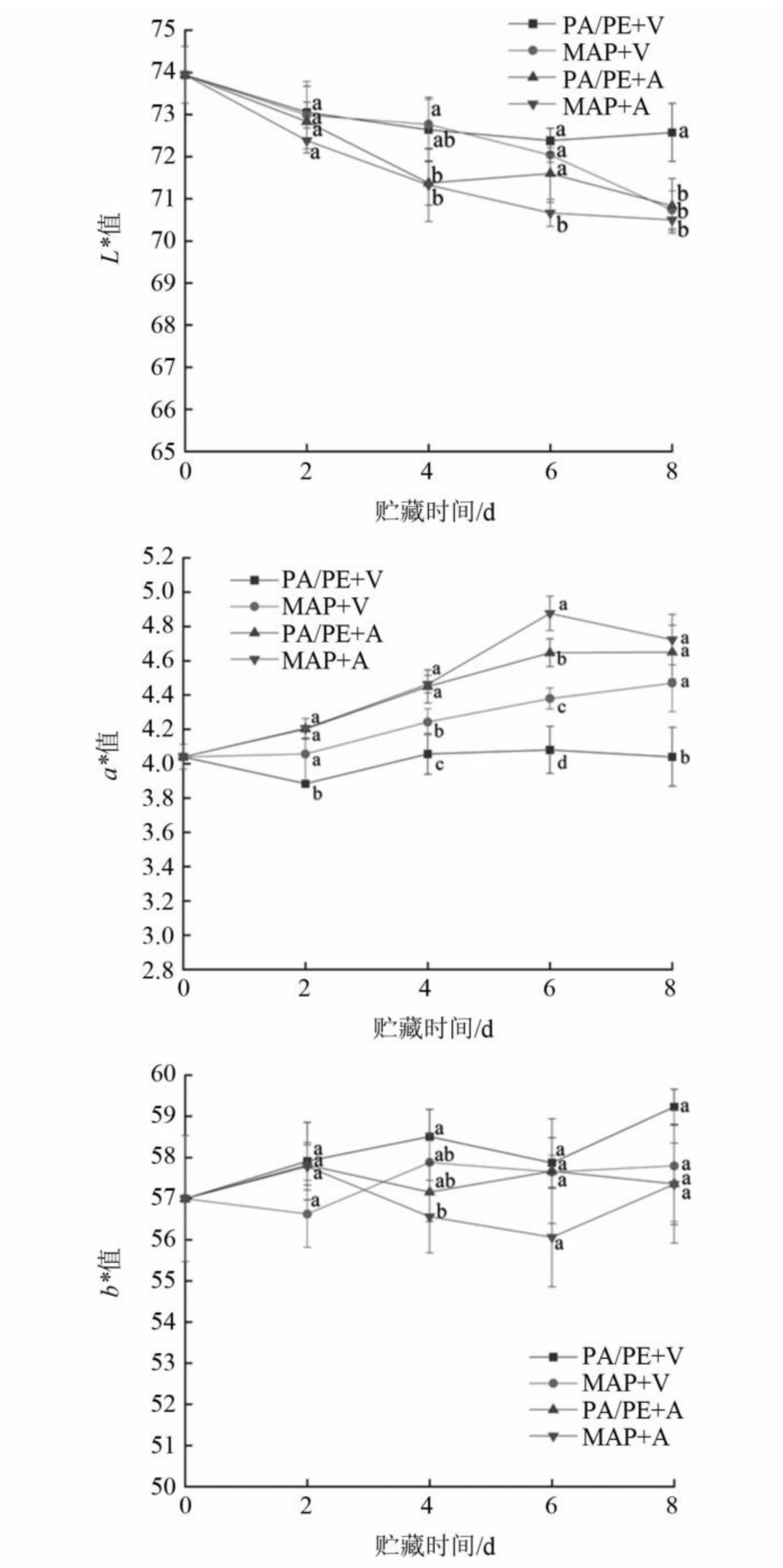


图 4 不同包装对鲜食甘栗贮藏期间色泽的影响

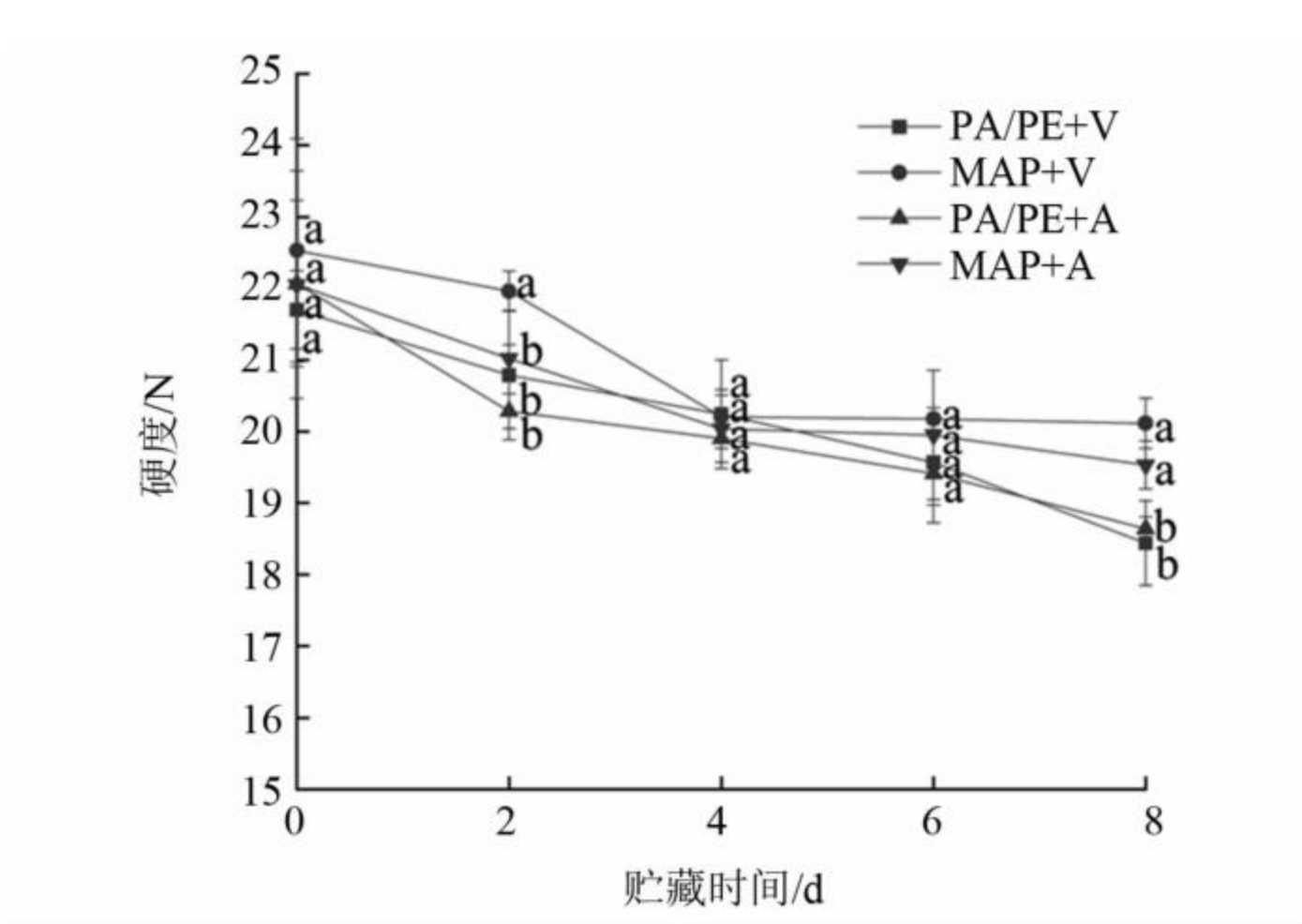


图 5 不同包装对鲜食甘栗贮藏期间硬度的影响

袋真空包装的鲜食甘栗的硬度显著高于其他 3 个处

理;在贮藏 4~6 d 时,不同包装方式对鲜食甘栗硬度总体无显著影响;而在贮藏 8 d 时,MAP 材料包装的鲜食甘栗的硬度显著高于 PA/PE 材料包装的鲜食甘栗。由于鲜食甘栗相比于其他果蔬产品质地较硬,贮藏短期内不易发生果体软化现象,故不同的包装方式对鲜食甘栗的硬度变化影响相对较小,但 MAP 包装更有利于维持鲜食甘栗的硬度,避免栗仁软化现象的发生。

2.6 不同包装对鲜食甘栗贮藏期间挥发性风味物质的影响

2.6.1 电子鼻雷达图分析

由图 6 可知:不同包装的鲜食甘栗的风味物质主要以氮氧化物、甲基类、无机硫化物、萜烯类、醇类、有机硫化物和部分芳香类化合物为主,且不同包装方式的鲜食甘栗之间存在明显差异。

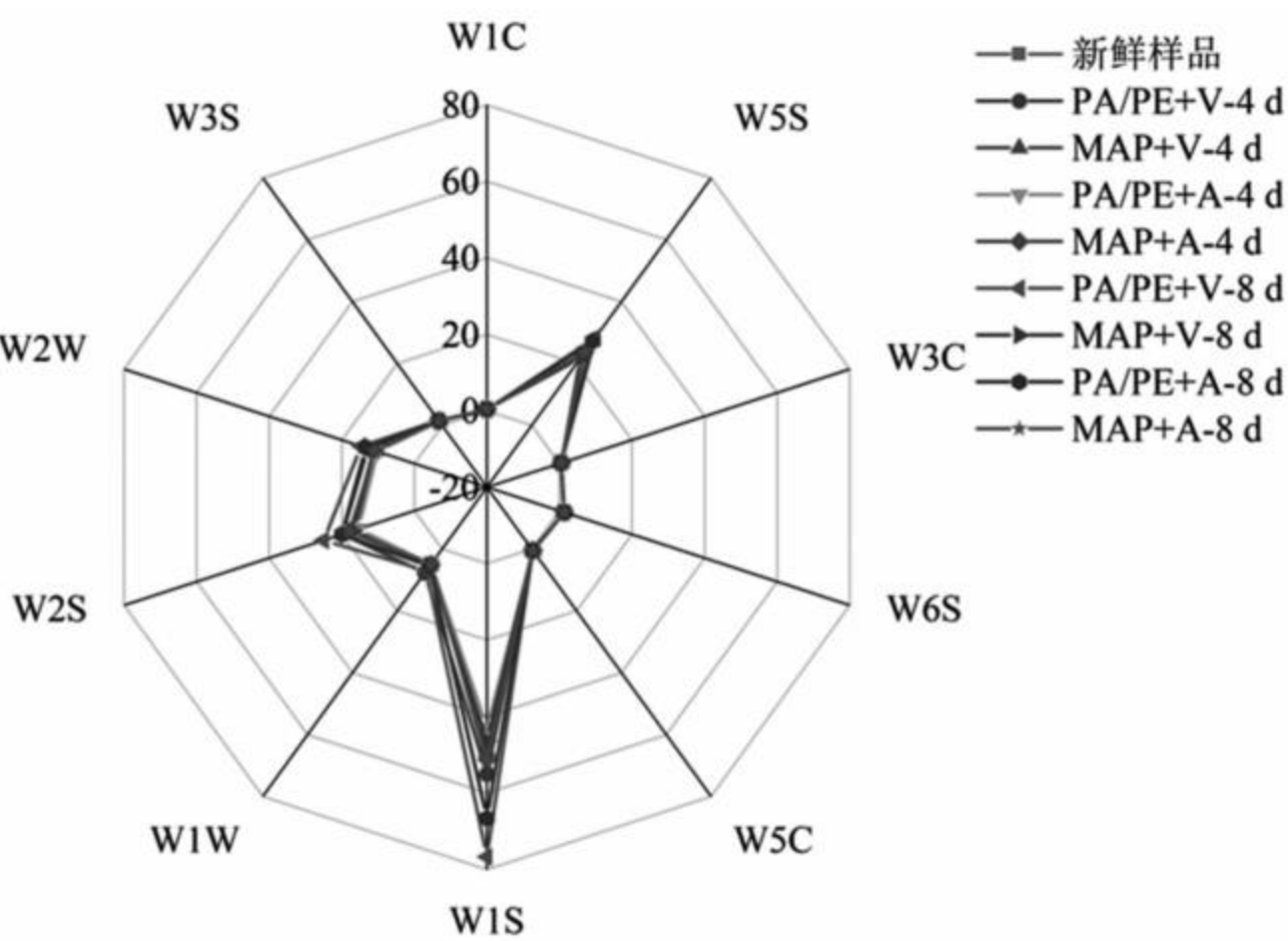


图 6 贮藏期间不同包装鲜食甘栗的电子鼻雷达图谱

2.6.2 基于电子鼻方法的线性判别分析

由图 7 可知:PA/PE 袋真空包装贮藏 4 d 和 8 d 的样品及 PA/PE 袋充空气包装贮藏 8 d 的样品与新鲜样品距离较远,说明 PA/PE 袋真空包装和充空气包装的鲜食甘栗在贮藏期间挥发性风味物质变化较大,不能较好地保持鲜食甘栗的新鲜风味。而 MAP 袋真空包装贮藏 4 d 和 8 d 的样品及 MAP 袋充空气包装贮藏 4 d 和 8 d 的样品,与新鲜样品距离较近,挥发性成分相似,说明 MAP 袋真空包装和充空气包装能够较好地保持鲜食甘栗贮藏期间的风味。这是因为 PA/PE 材料氧透过率较低,易导致栗仁发生无氧呼吸,产生醇类等不良风味物质。而 MAP 材料有较高的氧透过率,能够对膜内外 CO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 的交换量进行调节,实现自主气调,避免了鲜食甘栗的无氧呼吸,从而保持了较好的风味品质。

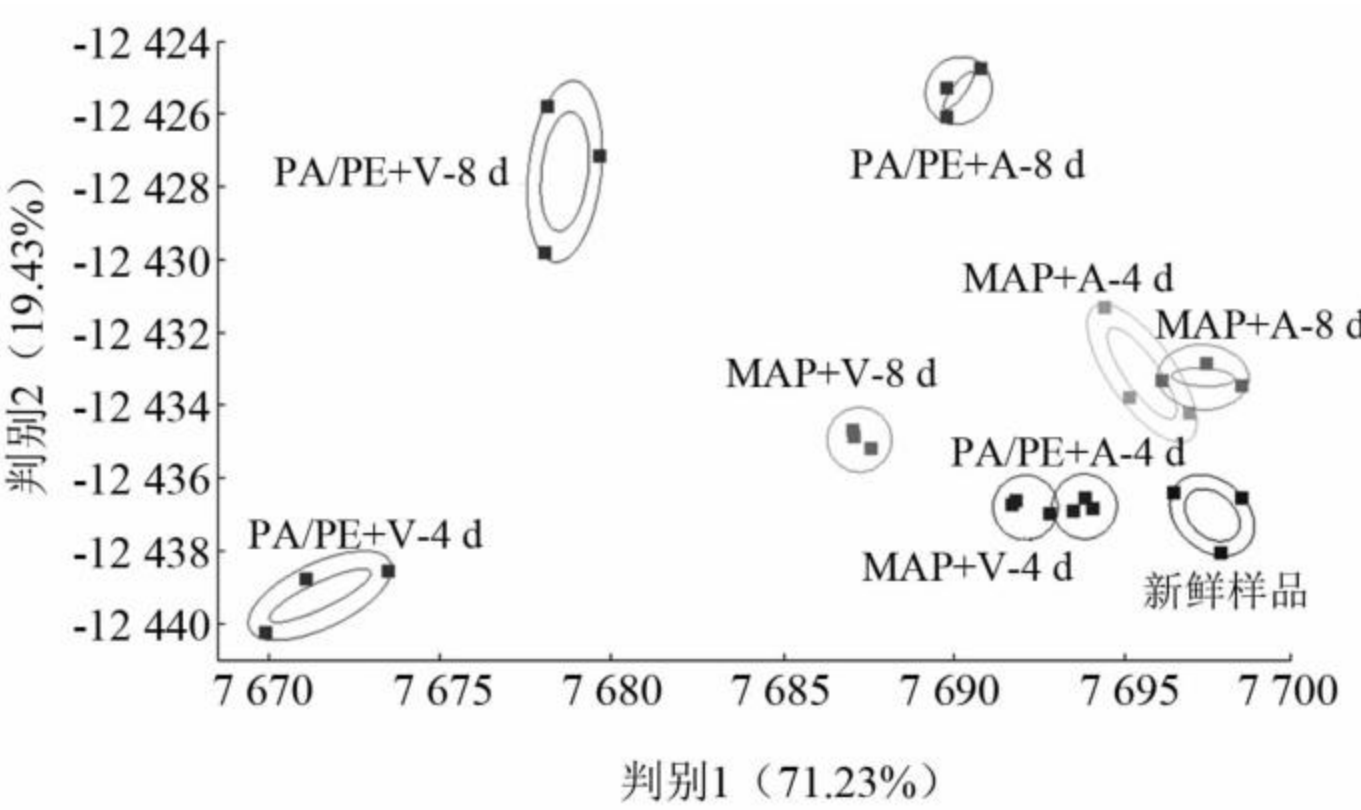


图 7 贮藏期间不同包装鲜食甘栗的 LDA 图

2.6.3 GC-IMS 分析

利用 GC-IMS 技术对不同包装鲜食甘栗样品贮藏期间的挥发性成分进行分析,共检测出 54 种挥发性风味物质,其中包括 12 种醇类、14 种酮类、10 种醛类、9 种酯类、3 种酸类、2 种醚类以及其他 4 种。通过分析发现,经 PA/PE 袋真空包装、PA/PE 袋充空气包装和 MAP 袋充空气包装的鲜食甘栗在贮藏第 8 天时的香气品质较新鲜甘栗有所劣变,产生了异戊酸(酸败气味)、糠醛(苦杏仁气味)、3-甲基-1-戊醇(辛辣、溶剂、生青味)等具有不良气味的物质<sup>[10-12]</sup>,而 MAP 袋真空包装组则几乎未产生此类物质,较好地维持了鲜食甘栗贮藏初期的风味特征。此外,通过对不同包装鲜食甘栗样品的挥发性物质进行主成分分析(PCA)可知,不同包装鲜食甘栗样品之间可以明显区分开来,其中新鲜样品与 MAP 袋真空包装组样品距离相对较近,两者气味相似,说明 MAP 袋真空包装能够最好地维持鲜食甘栗的风味品质,此结果与电子鼻分析结果一致。

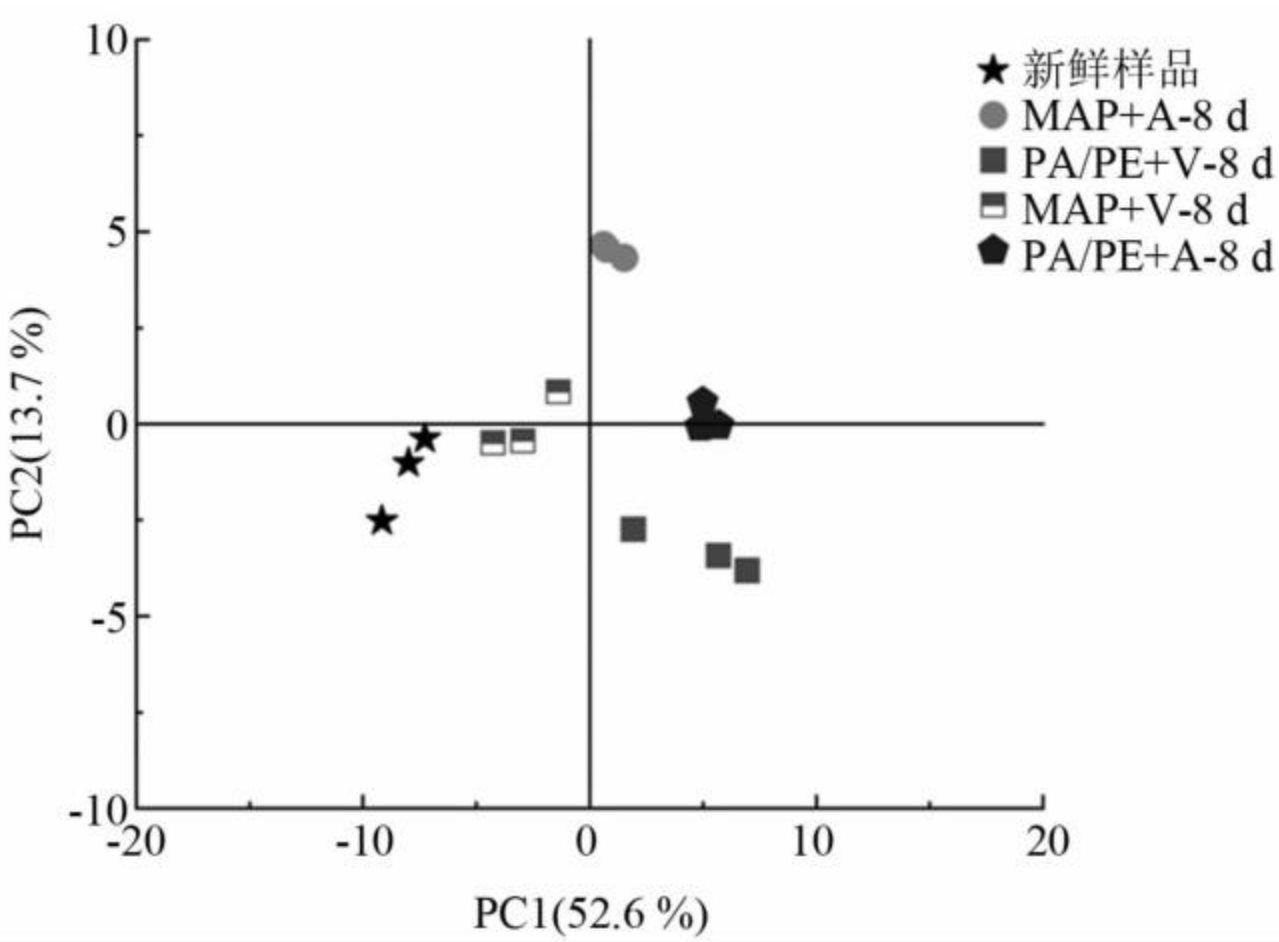


图 8 不同包装鲜食甘栗贮藏期间挥发性风味物质的 PCA 图

2.7 不同包装对鲜食甘栗贮藏期间感官评价的影响

由图 9 可知:采用 MAP 袋真空包装的鲜食甘栗

在贮藏期间感官品质保持最好,MAP 袋充空气包装次之。而 PA/PE 袋真空包装和充空气包装的鲜食甘栗感官评分下降速率均较快,在贮藏中后期会产生令人不愉悦的酒精发酵气味,导致品尝时口感较差。综合考虑各方面因素,认为 MAP 袋真空包装能够很好地保持鲜食甘栗的色泽、气味、质地和口感,是最适合鲜食甘栗的包装方式。

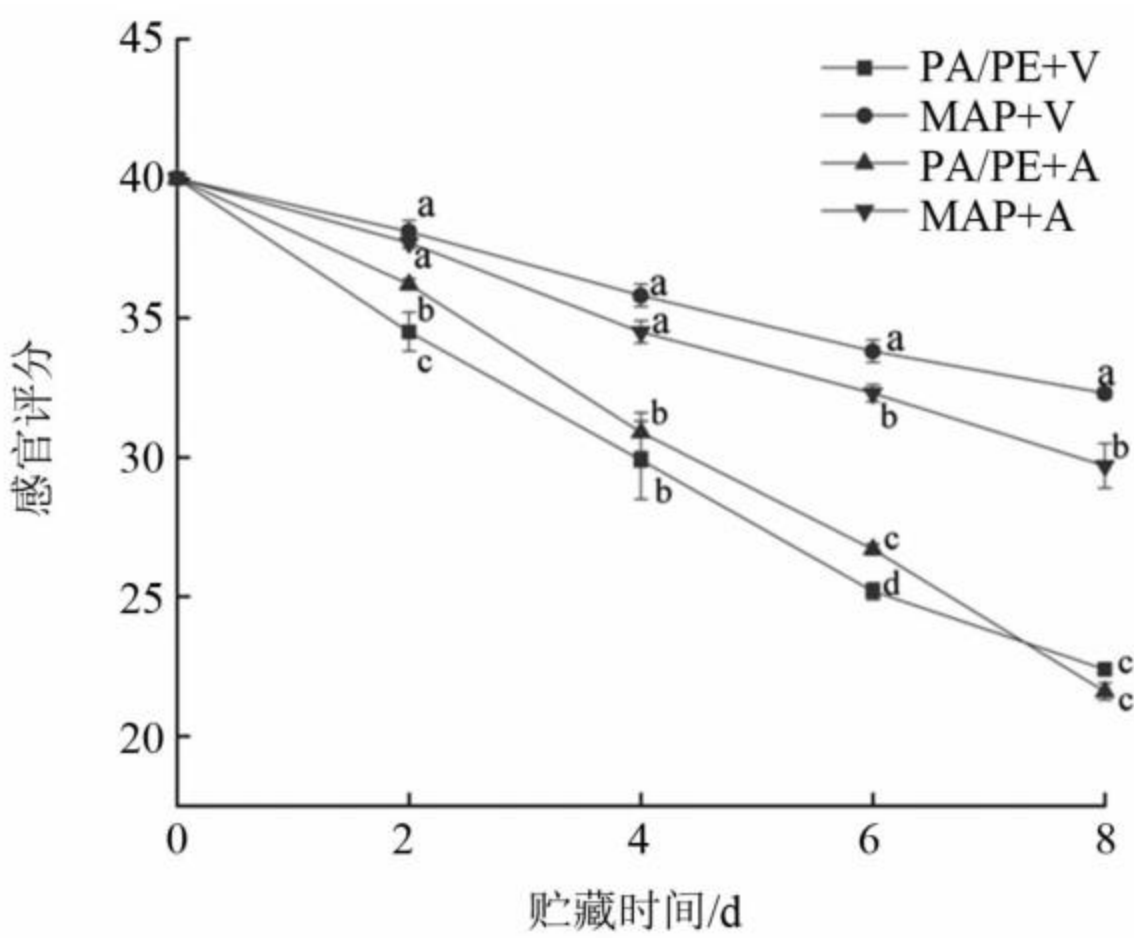


图 9 不同包装鲜食甘栗贮藏期间的感官评分

3 结论

本研究以鲜食甘栗为原料,分析了低温贮藏过程中的 4 种不同包装方式对鲜食甘栗贮藏品质的影响。结果发现:利用水蒸气透过率较低的 PA/PE 材料包装鲜食甘栗可以有效抑制水分散失;PA/PE 袋真空包装可以保持鲜食甘栗良好的色泽,但会加速无氧呼吸导致不良气味产生;而 MAP 材料具有较高的氧气透过率和水蒸气透过率,能够有效抑制鲜食甘栗的呼吸速率,且保持了板栗良好的风味和硬度。经综合分析发现,相比于其他 3 种包装方式,MAP 真空包装能够最好地保持鲜食甘栗的贮藏品质,保持良好的风味品质,更适合于低温下鲜食甘栗的贮藏保鲜。

[参考文献]

[ 1 ] 葛祎楠,李斌,范晓燕,等. 板栗的功能性成分及加工利用研究进展[J]. 河北科技师范学院学报, 2018, 32 (4): 18 – 23.

[ 2 ] 李德茂,陈利梅. 迁西板栗贮藏过程中致腐微生物的分离鉴定研究[J]. 食品研究与开发, 2008(11): 146 – 148.

[ 3 ] 赵玉华,吴家秀,张希希,等. 真空包装鲜食甘栗贮藏温度与品质的相关性研究[J]. 保鲜与加工, 2023, 23 (1): 24 – 31.

[ 4 ] 徐冬颖,周福慧,蒋海峰,等. 真空包装结合避光处理对鲜切马铃薯的品质影响[J]. 食品科学, 2020, 41 (13): 184 – 192.

[ 5 ] 王淋靓,刘帅民,冯春梅,等. 不同厚度 PE 袋对冷链物流过程中荔枝褐变的影响[J]. 食品工业科技, 2022, 43(15): 314 – 320.

[ 6 ] 王玲,戴凡炜,吴继军,等. 自发气调包装对芥蓝采后叶绿素降解及品质保持的影响[J]. 食品科学技术学报, 2023, 41(1): 163 – 174.

[ 7 ] 巫梅婷,王玲,刘海,等. 不同自发气调包装袋对菜心茎木质化的影响[J/OL]. 南方农业学报(2023 – 06 – 15) [2023 – 07 – 25]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/45.1381.S.20230614.1639.002.html>.

[ 8 ] 刘佰霖,王文辉,马风丽,等. 自发气调包装和乙烯吸收剂对‘玉露香’梨果实品质及耐贮性的影响[J]. 果树学报, 2019, 36(7): 911 – 921.

[ 9 ] 曾顺德,漆巨容,张迎君. 板栗制品褐变发生的机理及控制措施[J]. 中国果菜, 2001(5): 23.

[ 10 ] 吴江娜. 乳酸菌发酵梨汁的品质变化及其代谢途径分析[D]. 保定: 河北农业大学, 2022.

[ 11 ] 杨颖,邢建荣,徐晓丹,等. 塘栖枇杷果茶营养成分与风味物质分析[J]. 浙江农业科学, 2022, 63 (10): 2302 – 2306.

[ 12 ] 李斌斌. 冷浸渍处理对梅鹿辄干红葡萄酒品质影响的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2020.