

夏黑葡萄电商物流品质评价及影响因素分析

魏婧怡¹, 梁欣², 赵通¹, 韦婉琪¹, 姚刚², 朱志强³, 兰义宾³, 阎瑞香^{1*}

(1.天津科技大学,轻工科学与工程学院,天津 300457; 2.深圳顺丰泰森控股(集团)有限公司,深圳 518000; 3.国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津),农业农村部农产品贮藏保鲜重点实验室,天津市农产品采后生理与贮藏重点实验室,天津 300384)

摘要: **目的** 对不同电商物流包装,不同产区夏黑葡萄的运输品质构建规范化评分模型,进一步完善运输过程中葡萄的品质评价体系,同时为不同运输包装的组合利用提供理论依据。**方法** 以云南、江苏、天津等地的 5 个产区的夏黑葡萄为研究对象,采用 4 种典型电商包装进行 48 h 实物寄递试验。运用相关性和主成分分析,对夏黑葡萄的电商物流品质进行综合评价,筛选出适宜的电商包装方式,并进一步分析运输过程中造成品质差异的环境影响因素。**结果** 主成分分析提取了 3 个主成分,累计贡献率达 89.096%,对 3 个主成分得分进行权重相加和建立果实品质评分(Y)模型: $Y=0.562Y_1+0.186Y_2+0.143Y_3$ 。结果表明处理组 1(瓦楞纸箱/泡沫箱/冰袋/袋中袋)内夏黑运输品质最优且更稳定,其他 3 个处理组品质波动较大。通过分析运输过程中环境温度及振动的变化,发现 EPS 泡沫箱保温性能最好,冰袋辅助降温可以有效降低包装箱内温度,提高葡萄商品性;提高包装量是削弱 Z 轴振动对产品影响的有效手段。**结论** 本研究建立了一套综合性的果实品质评分模型,利用该模型能够较为客观、准确地反映出夏黑果实的物流品质,对促进生鲜商品的电商物流快速发展具有重要意义。

关键词: 夏黑葡萄; 品质评价; 主成分分析; 温度; 振动

中图分类号: TB485.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3563(2024)01-0174-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.01.020

Quality Evaluation and Affecting Factors Analysis of E-commerce Logistics for Summer Black Grapes

WEI Jingyi¹, LIANG Xin², ZHAO Tong¹, WEI Wanqi¹, YAO Gang²,
ZHU Zhiqiang³, LAN Yibin³, YAN Ruixiang^{1*}

(1. College of Light Industry Science and Engineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China; 2. Shenzhen SF Taisen Holding (Group) Co., Ltd., Shenzhen 518000, China; 3. Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, Key Laboratory of Agricultural Products Storage and Preservation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Tianjin 300384, China)

ABSTRACT: The work aims to construct a standardized quality scoring model for the transportation quality of Summer Black Grapes in different e-commerce logistics packages and different production areas, so as to further improve the quality evaluation system of grapes during transportation, and provide a theoretical basis for the combination and

收稿日期: 2023-08-03

基金项目: 国家葡萄产业技术体系(CARS-29); 农业农村部农产品贮藏保鲜重点实验室开放课题(Kf2021008); 顺丰横向合作项目(90202205240357)

*通信作者

utilization of different transportation packages. Taking Summer Black Grapes from five production areas of Yunnan, Jiangsu and Tianjin as the research object, four typical e-commerce packages were used for 48 h physical delivery test. By using correlation and principal component analysis, the e-commerce logistics quality of Summer Black Grapes was comprehensively evaluated, the suitable e-commerce packaging method was screened out, and the environmental impact factors causing quality differences in the transportation process were further analyzed. Three principal components were extracted by principal component analysis, and the cumulative contribution rate was 89.096%. The fruit quality score (Y) model was established by adding the weight of the three principal component scores: $Y=0.562Y_1+0.186Y_2+0.143Y_3$. The results showed that the transportation quality of Summer Black Grapes in treatment group 1 (corrugated box/foam box/ice bag/bag in bag) was the best and more stable, and the quality of the other three treatment groups fluctuated greatly. By analyzing the changes of ambient temperature and vibration during transportation, it was found that the EPS foam box had the best thermal insulation performance, and the ice bag assisted cooling could effectively reduce the temperature in the packaging box and improve the commodity of grapes. Increasing the amount of packaging was an effective means to weaken the effect of Z-axis vibration on products. In this study, a comprehensive fruit quality scoring model is established. The model can objectively and accurately reflect the logistics quality of Summer Black Grapes, which is of great significance to promote the rapid development of e-commerce logistics of fresh goods.

KEY WORDS: Summer Black Grape; quality evaluation; principal component analysis; temperature; vibration

夏黑葡萄 (*Vitis Vinifera* 'Summer Black') 属于欧美杂交品种, 原产于日本, 具有无核、早熟、含糖高、抗逆性、丰产性强等优点, 是鲜食与加工兼用的品种, 深受消费者的喜爱^[1]。据统计, 目前国内夏黑种植面积约为 2 万公顷, 主要分布于云南、广西、江苏、安徽等地^[2]。夏黑果刷短小、果穗松散, 且采收时适逢高温高湿, 在储运过程中极易发生挤压、碰撞而出现落粒、损伤现象, 造成严重的经济损失和食品浪费^[3]。

“互联网+现代农业”的快速发展使生鲜类商品的电商销售需求激增, 传统的批发模式不再满足人民日益增长的消费需求。全程冷链可以有效减少果蔬在贮运环节的损耗, 保持良好品质^[4], 同时冷链运输也是传统物流保质保鲜的主要手段之一。然而冷链配送成本高且不宜终端分散、快递直达且寄递时间不确定的电商销售模式^[5-6]。为减缓葡萄在电商物流过程中的品质劣变, 葡萄的物流包装技术受到广泛关注。张昭等^[7]采用气调熏蒸微孔包装技术 ($500\ \mu\text{L/L}\ \text{SO}_2+5\%\text{O}_2+8\%\text{CO}_2$) 在室温条件下延长了葡萄采收后储运过程中的感官品质和商品性。王玉清等^[8]采用电解式臭氧水 ($19\ \text{mg/L}$ 处理果实 $11\ \text{min}$) 结合其他物理保鲜方法, 实现了葡萄在我国常温电商物流平均周期 ($3\sim 5\ \text{d}$) 内的良好品质。但关于典型电商包装方式对葡萄储运过程中品质的研究鲜有报道。

主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA) 是一种客观的, 通过降维实现的多元统计分析方法^[9-10]。前人采用主成分法对蓝莓果^[11]、蓝莓^[12]、番茄^[13]等水果的品质进行综合评价。虽然主成分分析已被广泛应用于农产品品质差异方面的研究^[14-15], 但农产品在不同运输条件下品质差异评价方面仍鲜有研究。

本研究根据 5 个不同产区夏黑葡萄采用 4 种典型

电商包装方式历时 48 h 物流后的表现指标和理化指标, 利用主成分分析法建立一套葡萄果实品质综合评价方法。明确各产区及包装方式导致的果实品质差异, 筛选出最适合的电商运输包装, 同时通过对运输过程中微环境温度及振动的变化规律分析, 解释不同运输包装方式优劣的可能原因。为葡萄的电商物流提供一定的技术参考, 对不同运输包装的组合利用提供一定的理论依据。

1 实验

1.1 材料

主要材料: 夏黑葡萄, 分别产自云南省开远市、建水市 (2023 年 6 月采摘), 江苏省南京市 (2023 年 7 月采摘) 和天津市北辰区 (葡萄园 I、II, 2023 年 8 月采摘, 文中记做天津 I、天津 II), 在果园选取无虫害、无脱粒、无机械伤, 果实颜色、大小基本一致, 含糖量在 $12\%\sim 18\%$, 穗质量在 $600\sim 750\ \text{g}$ 的夏黑葡萄, 单穗装入袋中袋 ($25\ \text{cm}\times 30\ \text{cm}$) 并充气, 温度记录仪和振动记录仪安装完毕后统一装箱; 瓦楞纸箱 (BC 楞, 内尺寸为 $380\ \text{mm}\times 280\ \text{mm}\times 170\ \text{mm}$), 聚苯乙烯 (Polystyrene, EPE) 包装箱 (外尺寸为 $380\ \text{mm}\times 80\ \text{mm}\times 170\ \text{mm}$, 厚度为 $20\ \text{mm}$), 保温袋, 冰袋 ($250\ \text{g}$), 充气袋 ($300\times 245\ \text{mm}$ 和 $350\times 245\ \text{mm}$)。

1.2 仪器与设备

主要仪器与设备: ACS-AE 型电子秤 (上海英展机电企业有限公司)、HTP-312 型精密型电子天平 (上海花潮电器有限公司)、MapScan O_2/CO_2 型包装气体分析仪 (上海锦川机电技术有限公司)、PAL-BXIACID F5 型数显折光仪 (日本 ATAGO 公

司)、HP-20 型数显式推拉力计(乐清市艾德堡仪器有限公司)、RC-4 型温度记录仪(江苏省精创电气股份有限公司)、TA-XT Plus 型物性测定仪(英国 SMS 公司)、DT-178A 振动记录仪(深圳市华盛昌科技实业股份有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 果实采后处理方法

实验共设 4 种包装方式,分别为瓦楞纸箱/EPS 泡沫箱/冰袋/袋中袋(处理组 1)、EPS 泡沫箱/袋中袋(处理组 2)、瓦楞纸箱/保温袋/冰袋/袋中袋(处理组 3)、瓦楞纸箱/袋中袋(处理组 4),具体方式见图 1,每组设 3 箱重复。封箱后,常温运输,快递发至天津科技大学,48 h 后开箱调查相关品质指标。

1.3.2 测定指标和方法

1.3.2.1 好果率和落粒率

好果率和落粒率按式(1)~(2)计算。

$$H = \frac{m - (m_s + m_l + m_m)}{m} \times 100\% \quad (1)$$

$$L = \frac{M_l}{M} \times 100\% \quad (2)$$

式中: H 为好果率^[16],%; m 为果实总质量, kg; m_s 为损伤果质量, kg; m_l 为落粒果质量, kg; m_m 为霉变果质量, kg; L 为落粒率^[16],%。

1.3.2.2 果梗褐变指数

参照张婷婷等^[17]的方法分级调查。

1.3.2.3 呼吸强度

参照程赤云等^[18]的测定方法测定呼吸强度,单位为 $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 。

1.3.2.4 可滴定酸、可溶性固形物含量、固酸比

可滴定酸(Titratable Acid, TA)和可溶性固形物(Total Soluble Solid, TSS)含量采用 PAL-BXIACID F5 折光仪测试,每箱随机取 20 个果粒打浆,2 次纱布挤出出汁测试。固酸比为可溶性固形物含量与总酸含量的比值,取平均值。

1.3.2.5 果柄拉力测定

从穗轴上、中、下部分别随机取样,每串取 12 粒样果,将果实竖直固定(果柄朝上),用拉力计沿竖直方向向上拉果柄,拉断时记录示数,测定拉力。

1.3.2.6 运输包装内微环境

于处理组各包装中心位置分别放置温度记录仪(精创 RC-4HA),记录运输过程中包装箱内的温度变化;放置三维振动记录仪(CEM 华盛昌 DT 178A)记录运输过程中的振动情况,以 2 s/次的采样速率检测 48 h 的运输振动(振动记录共计 8 万余次),其中 X、Y、Z 3 轴向振动数据分别表示运输过程前后、左右、上下方向的振动加速度,计算各个加速度分布区间的频数。

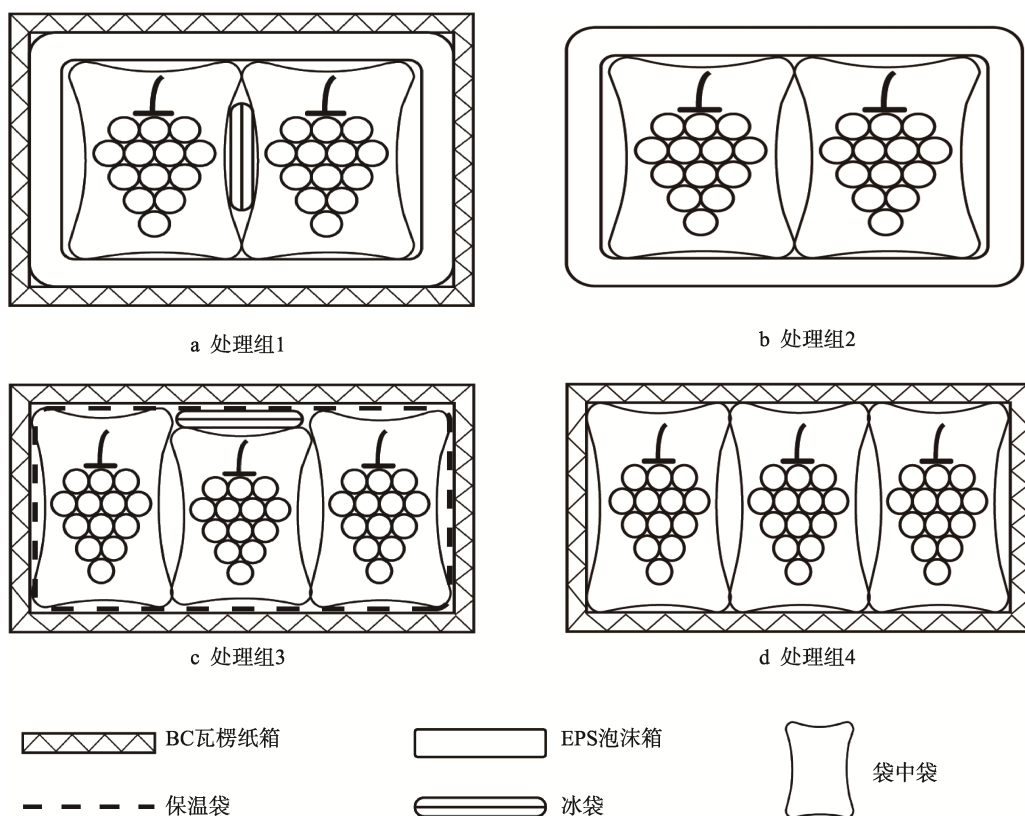


图 1 夏黑葡萄 4 种不同电商包装方式

Fig.1 Four different e-commerce packaging methods for Summer Black Grapes

1.4 数据处理

采用 Excel 2016 进行数据统计, 采用 SPSS 27 对测定数据进行相关性分析和主成分分析, 采用 Origin 2021 作图。

2 结果与分析

2.1 不同产区不同包装方式葡萄品质比较

5 个不同产区的夏黑葡萄采用 4 种典型电商包装方式经历 48 h 运输后的表观指标、理化指标测定结果见表 1。开远、南京及天津I产区不同电商包装的好果率、落粒率差异不显著 ($P>0.05$), 相同电商包装不同产区之间的各个指标存在显著差异 ($P<0.05$)。由于鲜食葡萄在电商运输过程中常出现落粒问题, 影响葡萄果实品质和商品销售^[19-20]。因此好果率和落粒率常被选作果实品质评价的主要指标。综合 5 个产区, 处理组 1、2 果实品质与处理组 3、4 无明显差异 ($P>0.05$) 或显著优于其他处理组 ($P<0.05$), 可能

的原因是这 2 种包装方式的包装量更低, 或 EPS 泡沫箱的缓冲性能优于瓦楞纸箱的。

通过不同果实性状间的相关性分析可知 (图 2), 好果率与果柄拉力呈极显著正相关 ($P<0.01$), 与 TSS、固酸比呈极显著负相关 ($P<0.01$)。落粒率与 TSS、固酸比呈极显著正相关 ($P<0.01$), 与果柄拉力呈极显著负相关 ($P<0.01$)。果柄拉力表示果实与果柄之间连接的紧密程度, 固酸比和 TSS 表示了果实的成熟度, 随着果实成熟度的提高, 果柄与果实间离区细胞发生分化和分离, 拉力下降, 受到振动碰撞后表现为落粒率上升, 好果率下降^[21]。果梗褐变指数和呼吸强度与好果率和落粒率之间的相关性不显著 ($P>0.05$)。结果表明, 多数果实品质性状与好果率、落粒率具有极显著相关性。其中可溶性固形物含量、固酸比和果柄拉力都可以从侧面反映好果率、落粒率情况, 同时其他果实性状间也存在错综复杂的相关性。因此, 仅依靠好果率或落粒率指标对果实品质进行评分不够准确, 应将各果实性状综合考虑评判果实质量。

表 1 不同产区不同电商包装方式的夏黑果实品质指标

Tab.1 Quality indexes of Summer Black Grapes with different e-commerce packaging methods in different production areas									
产区	包装方式	好果率/%	落粒率/%	果梗褐变指数	可溶性固形物含量/%	可滴定酸含量/%	固酸比	呼吸强度/(mg·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	果柄拉力/N
开远市	处理组 1	57.06±0.03 ^{aBC}	38.52±0.04 ^{aA}	62.50±0.05 ^{bA}	19.67±0.05 ^{bB}	0.96±0.01 ^{aC}	20.56	83.80±4.28 ^{bB}	1.90±0.76 ^{bB}
	处理组 2	71.01±0.10 ^{aB}	24.29±0.06 ^{aAB}	58.33±0.02 ^{bA}	20.00±0.01 ^{aA}	0.94±0.01 ^{aB}	21.20	96.02±2.47 ^{aB}	3.24±0.77 ^{aC}
	处理组 3	63.69±0.09 ^{aB}	34.67±0.04 ^{aAB}	52.78±0.01 ^{bA}	19.20±0.02 ^{cC}	0.95±0.01 ^{aB}	20.14	87.29±2.47 ^{bC}	2.47±0.84 ^{aBC}
	处理组 4	49.06±0.20 ^{aB}	50.03±0.04 ^{aA}	97.22±0.01 ^{aA}	19.70±0.01 ^{bAB}	0.94±0.02 ^{aB}	21.04	69.83±2.47 ^{cB}	2.35±0.82 ^{abBC}
建水市	处理组 1	90.41±0.03 ^{abA}	6.78±0.01 ^{bC}	20.83±0.06 ^{aB}	14.97±0.05 ^{bcD}	0.90±0.02 ^{aD}	16.71	89.03±0.12 ^{bA}	4.21±0.61 ^{aA}
	处理组 2	93.79±0.01 ^{aA}	4.44±0.01 ^{bD}	25.00±0.00 ^{aB}	14.40±0.14 ^{cD}	0.90±0.03 ^{aD}	15.96	108.24±2.47 ^{aA}	4.64±1.59 ^{aB}
	处理组 3	77.40±0.12 ^{bAB}	20.65±0.11 ^{aBC}	25.00±0.00 ^{aB}	16.17±0.47 ^{aE}	0.96±0.02 ^{aB}	16.90	111.73±2.47 ^{aA}	3.85±1.79 ^{aB}
	处理组 4	83.12±0.03 ^{abA}	14.82±0.02 ^{abB}	37.50±0.18 ^{aB}	15.53±0.45 ^{abD}	0.92±0.03 ^{aB}	16.89	89.03±0.12 ^{bA}	3.13±1.30 ^{aB}
南京市	处理组 1	94.05±0.03 ^{aA}	2.96±0.01 ^{bC}	25.00±0.00 ^{aB}	16.90±0.08 ^{aC}	1.11±0.01 ^{aA}	15.18	55.86±2.47 ^{cC}	5.23±1.91 ^{aA}
	处理组 2	88.89±0.05 ^{aA}	10.77±0.02 ^{aCD}	25.00±0.00 ^{aB}	17.10±0.14 ^{aC}	1.10±0.04 ^{aD}	15.56	68.09±4.28 ^{bC}	7.20±1.78 ^{aA}
	处理组 3	91.30±0.03 ^{aA}	5.50±0.01 ^{bC}	25.00±0.00 ^{aB}	17.43±0.45 ^{aD}	1.07±0.07 ^{aA}	16.40	78.56±0.12 ^{aD}	7.32±2.01 ^{aA}
	处理组 4	93.18±0.02 ^{aA}	4.00±0.01 ^{bB}	33.33±0.12 ^{aB}	17.27±0.40 ^{aC}	1.05±0.01 ^{aA}	16.45	54.12±2.47 ^{cC}	5.15±2.03 ^{aA}
天津市I	处理组 1	49.66±0.06 ^{aC}	40.72±0.04 ^{aA}	25.00±0.00 ^{aB}	20.37±0.05 ^{aA}	0.91±0.02 ^{aD}	22.47	47.14±1.26 ^{bD}	1.49±0.83 ^{aB}
	处理组 2	51.90±0.03 ^{aC}	36.73±0.04 ^{aA}	25.00±0.00 ^{aB}	19.33±0.09 ^{bB}	0.84±0.03 ^{bA}	22.95	49.75±0.13 ^{bD}	1.57±0.75 ^{aD}
	处理组 3	45.11±0.05 ^{aC}	42.62±0.07 ^{aA}	25.00±0.00 ^{aB}	20.27±0.05 ^{aB}	0.87±0.02 ^{abC}	23.30	57.61±0.38 ^{aE}	1.01±0.23 ^{aD}
	处理组 4	53.93±0.01 ^{aB}	38.17±0.02 ^{aA}	25.00±0.00 ^{aB}	19.53±0.17 ^{bB}	0.86±0.02 ^{abC}	22.81	52.37±0.12 ^{abC}	1.54±0.55 ^{aC}
天津市II	处理组 1	67.11±0.10 ^{aB}	15.84±0.03 ^{bB}	25.00±0.00 ^{bB}	20.47±0.05 ^{bA}	1.03±0.01 ^{aB}	19.81	52.37±0.24 ^{dC}	1.82±0.31 ^{aB}
	处理组 2	58.98±0.07 ^{aBC}	21.64±0.09 ^{bBC}	29.17±0.06 ^{bB}	20.10±0.08 ^{cA}	1.05±0.02 ^{aC}	19.09	62.85±0.12 ^{cC}	1.35±0.25 ^{bD}
	处理组 3	19.79±0.04 ^{bD}	19.79±0.04 ^{bBC}	57.74±0.07 ^{aA}	21.27±0.12 ^{aA}	1.06±0.01 ^{aA}	20.07	104.75±0.24 ^{aB}	1.91±0.73 ^{aCD}
	处理组 4	50.02±0.07 ^{aB}	50.02±0.07 ^{aA}	32.72±0.09 ^{bB}	20.23±0.09 ^{cA}	0.95±0.03 ^{bB}	21.25	68.09±0.12 ^{bB}	1.53±0.53 ^{bC}

注: 同列数据英文小写字母不同表示相同产区不同处理间差异显著 ($P<0.05$); 同列数据英文大写字母表示相同处理不同产区间差异显著 ($P<0.05$)。

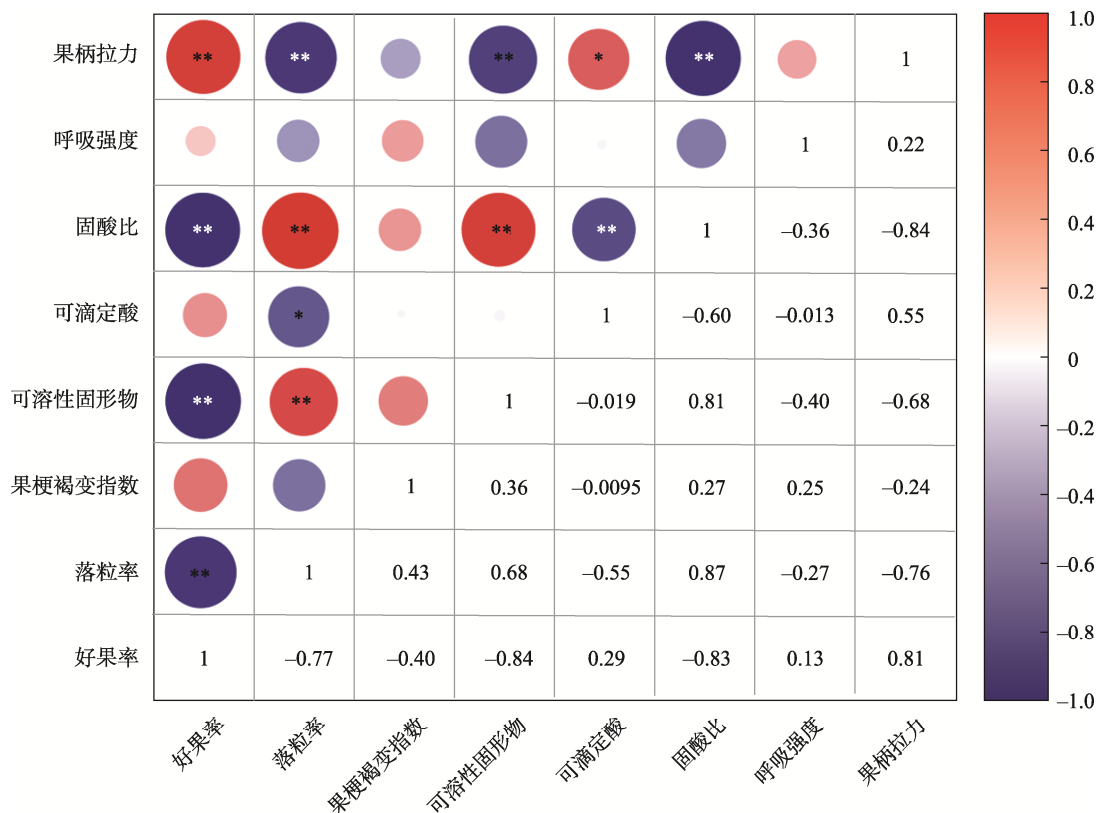


图2 果实品质性状的相关性矩阵

Fig.2 Correlation matrix of fruit quality traits

注：*和**分别表示在5%和1%水平差异显著，红色越深，正相关程度越高；橙色越深，负相关程度越高。

2.2 果实品质主成分分析

对各品质指标原始数据采用标准化处理以消除不同单位和数据维度的影响，对落粒率、果梗褐变指数等逆指标进行正则化处理。针对8个品质指标进行主成分分析和综合评价，提取出3个主成分，累计贡献率为89.096%，表明这3个主成分能够很好地反映夏黑葡萄的品质（表2）。第一主成分的贡献率为56.242%，主要由好果率、落粒率、可溶性固形物、固酸比和果梗拉力这5个因子决定，主要反映果实落粒情况和甜味。第二主成分的贡献率为18.581%，代表果梗褐变指数和呼吸强度这2个性状的原始信息，葡萄果梗为呼吸跃变型，主要反映葡萄果梗品质。第3个主成分的贡献率为14.272%，表示可滴定酸这一性状的基本信息，反映果实酸度。

根据表2对3个主因子构建得分模型，公式如下：

$$Y_1 = 0.43X_1 + 0.40X_2 + 0.18X_3 + 0.40X_4 - 0.23X_5 - 0.45X_6 - 0.13X_7 + 0.43X_8 \quad (3)$$

$$Y_2 = 0.12X_1 + 0.12X_2 + 0.67X_3 - 0.08X_4 + 0.33X_5 + 0.15X_6 + 0.62X_7 - 0.08X_8 \quad (4)$$

$$Y_3 = -0.11X_1 + 0.22X_2 - 0.06X_3 + 0.45X_4 - 0.69X_5 - 0.04X_6 + 0.49X_7 + 0.10X_8 \quad (5)$$

式中： $Y_1 \sim Y_3$ 表示不同产区、不同处理组夏黑葡萄各主成分得分； $X_1 \sim X_8$ 表示夏黑葡萄的好果率、落

粒率等8个指标的标准化数据。通过主成分分析进行综合评价，将每个主成分对应特征根的贡献率计为该主成分的权重，对3个主成分得分进行权重加和建立果实品质综合得分（Y）的数学模型：

$$Y = 0.562Y_1 + 0.186Y_2 + 0.143Y_3 \quad (6)$$

利用该模型计算不同产区、不同处理组夏黑葡萄的品质综合得分Y（表3），Y值越大，果实的综合品质越好。综合得分排名前4的分别是南京市的处理组1、3、4、2，表明南京市果实品质整体较优。根据综合得分排名，南京市、天津市I、II产区均为处理组1内果实品质最优，开远市和建水市的最高排名分别为处理组3和处理组2。综合3个主因子及综合评价分析，产区间果实品质差异相较不同电商包装导致的差异更显著，同时5个产区采用4种典型电商包装方式运输后的品质得分呈现出较为一致的规律：经过48 h电商物流后，处理组1的果实综合品质更优。

从第1、2主成分分值图（图3）中能直观地看出，相同产区的果实得分具有良好的聚集性，存在很强的相似性，故葡萄果实品质得分差异主要受产区差异影响。基于第1、2主成分，南京产区处理组1、4和建水产区的处理组1、2品质最好。南京产区处理组2、3的PC1得分较高、PC2得分较低，但PC1对综合得分的贡献率更大，因此南京产区的果实综合得分高。

表 2 葡萄果实品质评价因子主成分分析
Tab.2 Principal component analysis of evaluation factors to grape quality

主成分	特征根	贡献率/%	累计 贡献率/%	权重因子							
				好果率	落粒率	果梗褐变 指数	可溶性 固形物	可滴定酸	固酸比	呼吸强度	果梗拉力
PC1	4.499	56.242	56.242	0.921*	0.843*	0.392	-0.851*	-0.488	-0.960*	-0.284	0.906*
PC2	1.487	18.581	74.824	0.151	0.145	0.816*	-0.101	0.4	0.178	0.752*	-0.096
PC3	1.142	14.272	89.096	-0.117	0.233	-0.061	0.481	-0.742*	-0.039	0.526	0.105

注: *表示某指标在各因子中的较大绝对值。

表 3 葡萄果实主成分得分及综合得分
Tab.3 Principal component score and comprehensive score of grapes

产区	包装方式	PC1		PC2		PC3		综合评价	
		得分	排序	得分	排序	得分	排序	得分	排序
开远市	处理组 1	-1.4	13	-1.46	18	-0.16	11	-1.08	17
	处理组 2	-0.9	11	-1.48	19	-0.44	15	-0.85	13
	处理组 3	-0.93	12	-1.31	16	-0.42	13	-0.82	12
	处理组 4	-1.8	15	-1.4	17	0.04	10	-1.27	19
建水市	处理组 1	2.24	6	0.88	6	-1.7	19	1.18	6
	处理组 2	2.91	3	0.16	9	-1.83	20	1.41	5
	处理组 3	1.32	7	-0.46	14	-1.32	17	0.47	7
	处理组 4	1.08	8	-0.64	15	-1.49	18	0.27	8
南京市	处理组 1	3.46	1	0.7	7	1.76	1	2.33	1
	处理组 2	2.71	4	-0.19	12	0.88	6	1.61	4
	处理组 3	2.97	2	-0.24	13	0.7	7	1.72	2
	处理组 4	2.44	5	0.33	8	1.34	3	1.62	3
天津市I	处理组 1	-2.16	18	1.73	2	0.54	8	-0.81	11
	处理组 2	-2.17	19	1.99	1	-0.56	16	-0.93	15
	处理组 3	-2.49	20	1.36	4	-0.38	12	-1.2	18
	处理组 4	-2.04	17	1.72	3	-0.43	14	-0.89	14
天津市II	处理组 1	-0.73	9	0.9	5	1.37	2	-0.05	9
	处理组 2	-0.83	10	-0.09	10	1.06	4	-0.33	10
	处理组 3	-1.92	16	-2.4	20	0.92	5	-1.4	20
	处理组 4	-1.75	14	-0.11	11	0.13	9	-0.99	16

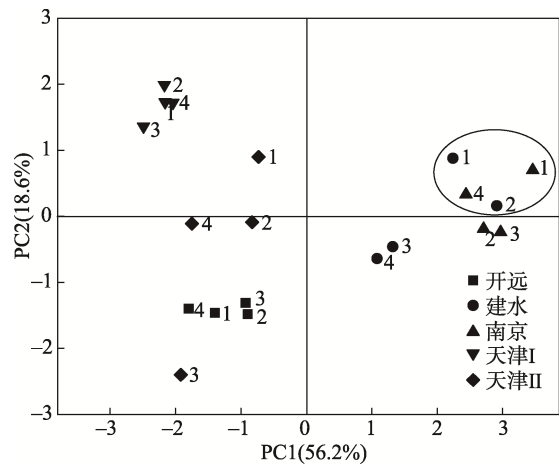


图 3 不同产区不同电商包装葡萄第 1、2 主成分分值图
Fig.3 First and second principal component scores of grapes in different e-commerce packages and different production areas
注: 分别用 1、2、3、4 表示处理组 1、2、3、4。

2.3 包装内环境对果实品质的影响

2.3.1 运输过程中包装箱内温度变化

果实的品质与果实储运温度密切相关, 高温下果实极易被微生物感染, 发生褐变, 且容易失水老化, 影响整体品质^[22]。运输过程中处理组 1、3 的温度变化可分为 3 个阶段, 处理组 2、4 可分为 2 个阶段(图 4)。对比处理组 1、3, 第 1 阶段冰袋熔化, 快速降温, 处理组 1 包装内降温速率、最低降温温度及冰袋时效均更优。可能的原因是处理组 3 的包装量大于处理组 1 的包装量, 果穗呼吸散热更多, 在一定程度上限制了冰袋的降温效果或 EPS 泡沫箱保温效果优于保温袋。第 2 阶段冰袋失效, 受环境昼夜温度及果穗呼吸影响, 处理组 1 的升温幅度 (0.9 ℃) 小于处理组 2 的升温幅度 (2.5 ℃), 表明 EPS 泡沫箱的保温性能更好。第 3 阶段由果穗呼吸放热主导, 由于处理组 3 中的包装量更大, 其包装内温度始终高于处理组

1, 2种处理趋势一致。对比处理组2、4, 第1阶段由于EPS泡沫箱的保温性能优于纸箱, 呈现出处理组4快速降温响应环境温度, 处理组2下降响应缓慢的现象。在第2阶段, 2种处理趋势基本一致, 纸箱具有更好的透气性, 内部呼吸产生的热能扩散速率更大, 处理组1的温度低于处理组2的温度。

综合对比4种电商包装方式, 冰袋在20 h的物流过程中具有良好的蓄冷能力, 可以有效降低包装箱内环境温度; 20 h以后冰袋失效, 包装箱内温度受昼夜温差以及果穗呼吸作用产热影响较大, 4种电商包装内的温度差异逐渐缩小。根据运输过程中包装箱内微环境温度变化, 推测不同产区P1包装下的果实品质均较好, 可能是由于该包装内环境温度较低, 可以有效抑制果穗呼吸, 减少水分蒸发以及在一定程度上抑制微生物的生长繁殖。

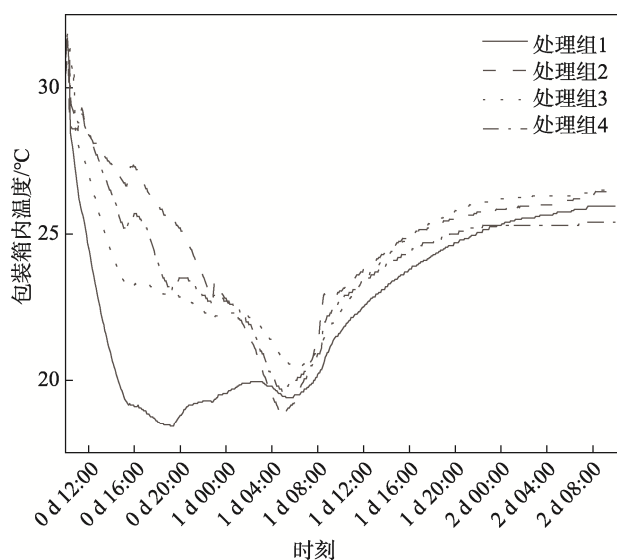


图4 4种包装处理在运输期间对包装箱内微环境温度变化的影响(天津I)

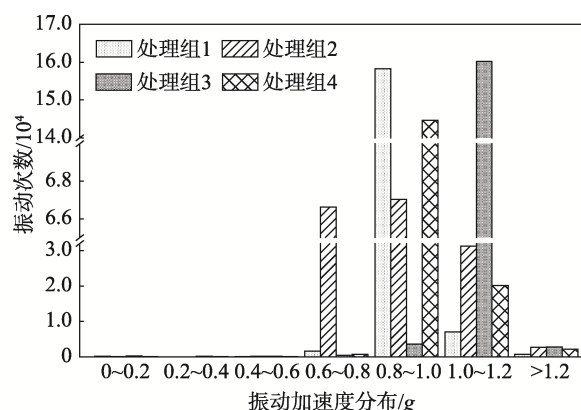
Fig.4 Effects of four packaging treatments on microenvironment temperature changes in packaging boxes during transportation (Tianjin I)

2.3.2 运输过程中包装箱内振动变化

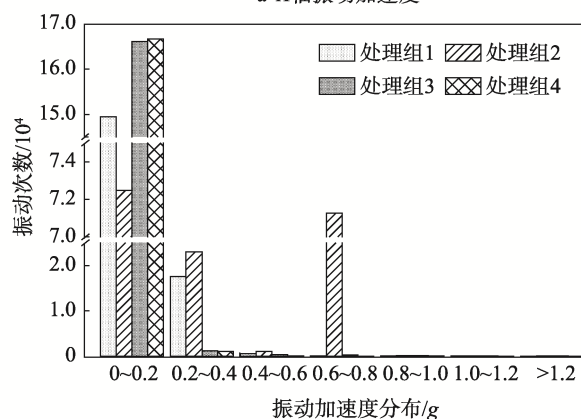
振动胁迫会导致果实持续经历摩擦、冲击、挤压等作用, 产生弹性变形和塑性变形, 果实机体组织软化, 呼吸速率增加, 细胞膜通透性增加, 引发感官品质劣变和营养成分流失。对比4种电商包装方式对夏黑葡萄果实振动强度的影响(图4), 在电商运输过程中振动影响主要来自于X轴方向, 可能是由于车辆在运输过程中加减速引起的。天津I产区4种电商包装在X轴上的振动加速度分别为0.91g、0.92g、1.04g和0.98g, 振动频数最高的区域分别集中在0.8g~1.0g、0.6g~1.0g、1.0g~1.2g和0.8g~1.0g; 在Y轴上的振动加速度分别为0.16g、0.33g、0.02g和0.08g, 振动频率最高的区域分别集中在0~0.2g、0~0.8g、0~0.2g和0~0.2g。瓦楞纸箱可以有效降低车辆变速导致的水平

方向的振动加速度, 同时改变包装量对水平方向振动加速度的影响不大, 因此可以选择包装量更高的包装方式, 以提高包装空间利用率。

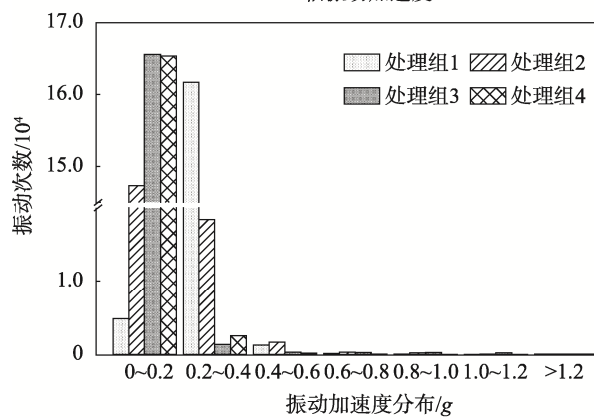
Z轴方向的加速度主要反映物流过程中由于路况等因素产生的上下颠簸情况。4种电商包装在Z轴上的振动加速度平均值分别为0.22g、0.18g、0.02g和0.04g, 振动频率最高的区域分别集中在0.2g~0.4g、0~0.4g、0~0.2g和0~0.2g。增加包装量, 提高包装空间利用率及包装质量可以有效减少垂直方向的振动加速度。



a X轴振动加速度



b Y轴振动加速度



c Z轴振动加速度

图5 4种包装处理在运输期间对葡萄果实振动强度的影响(天津I)

Fig.5 Effects of four packaging treatments on vibration intensity of grapes during transportation (Tianjin I)

3 结语

对5个不同产区夏黑葡萄采用4种典型电商包装运输的品质进行测定。运用相关性和主成分分析,提取了3个主成分,得到累计贡献率达到89.096%。分析确定了好果率、落粒率、可溶性固形物含量、固酸比和果梗拉力为评价葡萄运后品质的关键指标,并建立果实品质综合得分模型。对比5个产区不同包装的得分情况,处理组1在48 h电商寄递中表现最优,其他处理组针对不同产区品质存在差异。通过对比包装内微环境,研究发现包装材料中EPS泡沫箱的保温性能最佳,保温袋次之。同时增加冰袋作为蓄冷剂辅助包装可有效减缓果实品质劣变。运输过程中的振动激励主要来自于X轴方向,受车辆加减速影响。瓦楞纸箱可以有效缓冲X轴方向的振动,减弱振动产生的不利影响。

参考文献:

- [1] 李朝霞. 中国食材辞典[M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2012.
LI C X. Chinese Food Dictionary[M]. Taiyuan: Shanxi Scientific & Technical Publishers, 2012.
- [2] 杨治元, 王其松, 应霄. 彩图版夏黑葡萄[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014.
YANG Z Y, WANG Q S, YING X. Coloring Version of Summer Black Grapes[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2014.
- [3] GONG D K, YANG F, HAN Y T, et al. Development of Vitamin C/Polyurethane Composite Films for Efficient Preservation of Grapes with Controllable Respiration[J]. LWT, 2023, 184(12): 115086.
- [4] QI T T, JI J, ZHANG X L, et al. Research Progress of Cold Chain Transport Technology for Storage Fruits and Vegetables[J]. Journal of Energy Storage, 2022, 56(6): 105958.
- [5] 王剑功, 褚伟雄, 吴剑. 葡萄电商运输工艺关键技术研究[J]. 食品科技, 2020, 45(1): 62-68.
WANG J G, CHU W X, WU J. Research on Key Technologies of Grape E-Commerce Transportation Process[J]. Food Science and Technology, 2020, 45(1): 62-68.
- [6] LI Y T, TAN C Q, IP W H, et al. Dynamic Blockchain Adoption for Freshness-Keeping in the Fresh Agricultural Product Supply Chain[J]. Expert Systems with Applications, 2023, 217(2): 119494.
- [7] 张昭, 许耀辉, 魏佳, 等. 气调熏蒸微孔包装技术在葡萄采后贮运中的应用[J]. 现代食品科技, 2021, 37(11): 195-203.
- [8] ZHANG Z, XU Y H, WEI J, et al. Application of Modified Atmosphere Fumigation Microporous Packaging Technology in the Storage and Transportation of Grapes[J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(11): 195-203.
- [8] 王玉清, 陈羽尚, 房若彤, 等. 电解式臭氧水在“巨峰”葡萄电商物流中的应用研究[J]. 中国南方果树, 2022, 51(4): 133-139.
WANG Y Q, CHEN Y S, FANG R T, et al. Research on Application of Electrolytic Ozone Water to Kyoho Grapes in E-Commerce Logistics[J]. South China Fruits, 2022, 51(4): 133-139.
- [9] GEWERS F L, FERREIRA G R, ARRUDA H F D, et al. Principal Component Analysis: A Natural Approach to Data Exploration[J]. ACM Comput Surv, 2021, 54(4): 70.
- [10] PANG T, ZHANG H T, WEN L L, et al. Quantitative Analysis of a Weak Correlation between Complicated Data on the Basis of Principal Component Analysis[J]. Journal of Analytical Methods in Chemistry, 2021, 2021: 8874827.
- [11] 姜璐, 包怡红, 贾雨彤, 等. 18个品种蓝靛果营养成分分析及综合品质评价[J]. 农业工程学报, 2022, 38(7): 326-335.
JIANG L, BAO Y H, JIA Y T, et al. Nutritional Component Analysis and Comprehensive Quality Evaluation of 18 Different Varieties of Lonicera Caerulea[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2022, 38(7): 326-335.
- [12] BECKER PERTUZATTI P, TEIXEIRA BARCIA M, GÓMEZ-ALONSO S, et al. Phenolics Profiling by HPLC-DAD-ESI-MS(n) Aided by Principal Component Analysis to Classify Rabbiteye and Highbush Blueberries[J]. Food Chemistry, 2021, 340: 127958.
- [13] WANG X K, XING Y Y. Evaluation of the Effects of Irrigation and Fertilization on Tomato Fruit Yield and Quality: A Principal Component Analysis[J]. Scientific Reports, 2017, 7: 350.
- [14] SUAREZ A, KUCHERYAVSKIY S, CHRISTENSEN B, et al. Limitation of Multi-Elemental Fingerprinting of Wheat Grains: Effect of Cultivar, Sowing Date, and Nutrient Management[J]. Journal of Cereal Science, 2017, 76: 76-84.
- [15] 陶兴林, 朱惠霞, 王晓巍, 等. 5个不同产区地理标志辣椒营养成分分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2023,

- 14(3): 303-310.
- TAO X L, ZHU H X, WANG X W, et al. Nutrient Composition Analysis of Different Geographical Indications Peppers in 5 Different Production Areas[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2023, 14(3): 303-310.
- [16] 谢林君, 成果, 周咏梅, 等. 贮藏温度对阳光玫瑰葡萄采后贮藏品质的影响[J]. *中国果菜*, 2020, 40(11): 1-7.
- XIE L J, CHENG G, ZHOU Y M, et al. Effect of Storage Temperature on Postharvest Storage Quality of Shine Muscat Grape[J]. *China Fruit & Vegetable*, 2020, 40(11): 1-7.
- [17] 张婷婷, 凡婷婷, 彭舒, 等. 不同包装材料对'紫秋'葡萄贮藏理化指标的影响[J]. *包装工程*, 2020, 41(15): 25-33.
- ZHANG T T, FAN T T, PENG S, et al. Effect of Different Packaging Materials on Storage Physicochemical Indexes of Ziqiu Vitis Daviaii Grape[J]. *Packaging Engineering*, 2020, 41(15): 25-33.
- [18] 程赤云, 梁欣, 石伟伟, 等. 电商包装方式对水蜜桃运输缓冲防震及货架品质的影响[J]. *包装工程*, 2023, 44(3): 114-121.
- CHENG C Y, LIANG X, SHI W W, et al. Effects of E-Commerce Packaging on Transportation Cushioning and Shelf Quality of Honey Peach[J]. *Packaging Engineering*, 2023, 44(3): 114-121.
- [19] LI Y M, SUN X R, YOU J L, et al. Transcriptional Analysis of the Early Ripening of 'Summer Black' grape in Response to Abscissic Acid Treatment[J]. *Scientia Horticulturae*, 2022, 299(1): 111054.
- [20] 陶慧慧, 邱家洪, 曾明, 等. 采前喷施不同试剂对“夏黑”葡萄采后落粒的影响[J]. *安徽农业科学*, 2022, 50(3): 46-52.
- TAO H H, QIU J H, ZENG M, et al. Effects of Pre-Harvest Application of Different Reagents on Reducing "Summer Black" Grape Berries Abscission in Storage[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2022, 50(3): 46-52.
- [21] 李明娟, 游向荣, 文仁德, 等. 葡萄冷藏过程中落粒果实品质及生理生化研究[J]. *南方农业学报*, 2013, 44(11): 1883-1889.
- LI M J, YOU X R, WEN R D, et al. Preservation Quality and Physiological Biochemical Characteristics of Abscission Fruit of Grape during Cold Storage[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2013, 44(11): 1883-1889.
- [22] FATCHURRAHMAN D, AMODIO M L, COLELLI G. Quality of Goji Berry Fruit (*Lycium Barbarum* L.) Stored at Different Temperatures[J]. *Foods*, 2022, 11(22): 3700.