

农产品贮藏专题

不同采收成熟度盖县李果实贮藏品质的综合评价

侯庆英,王姣,范新光,曹建康

(中国农业大学,北京 100083)

摘要:目的 探讨不同成熟度盖县李果实的低温(温度 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度80%~90%)贮藏品质,以及各指标与李果实贮藏品质关系的综合评价方法。方法 以盖县李果实为材料,采用多变量分析方法研究贮藏过程中李果实硬度、可溶性固形物(SSC)、pH值、可滴定酸、失重率、出汁率、褐变度、总酚等指标的变化规律。利用主成分分析法等多变量分析方法,综合评价各指标间的相互关系,以及对李果实贮藏品质的影响。结果 褐变是影响李果实低温贮藏品质较大的劣变因子,它与果实pH值存在显著正相关关系;其次是SSC和可滴定酸,它们作为内在品质因子对果实食用品质和风味特征起着重要作用。通过主成分分析构建的综合评价模型可知,高熟李果实综合得分在采收时最大;低熟、中熟盖县李果实采后品质均呈现先上升后下降的趋势,在贮藏2~4周时综合品质达到最佳,在贮藏10周时果实失水及褐变严重,失去食用价值。结论 通过多变量分析方法综合分析了不同成熟度盖县李果实低温贮藏品质的变化情况及其影响因素,明确了其合理的贮藏期限。

关键词: 盖县李;成熟度;贮藏品质;主成分分析;相关性分析

中图分类号: TS206.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)09-0001-06

Comprehensive Evaluation of Storage Quality of Beauty Plum Fruit with Different Harvest Maturity

HOU Qing-ying, WANG Jiao, FAN Xin-guang, CAO Jian-kang

(China Agricultural University, Beijing 100083, China)

ABSTRACT: The aim of this work was to investigate the comprehensive evaluation method for the low-temperature storage ($\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, relative humidity 80%~90%) quality of Beauty plum fruit with different maturity, and the relationship between different indexes and fruit storage quality. Using the Beauty plum fruit as the experimental material, the changes in fruit firmness, soluble solid content (SSC), pH value, content of titratable acid, weight loss rate, juice yield, browning degree and total phenolics during the storage were investigated by multivariate analysis. Multivariate analysis methods such as principle component analysis method was used to comprehensively evaluate the relationship among different indexes and the their influences on the storage quality of plum fruit. The results showed that browning was an important deterioration factor that badly affected the storage quality, and it had significant positive correlation with the pH value of the fruit. As the internal factors, SSC and titratable acid played an important role in the edible quality and flavor characteristics of the fruit. The comprehensive evaluation model built by principal component analysis (PCA) revealed that the high-maturity Beauty plum had the highest score when harvested, while the postharvest quality of low- and middle-maturity fruit showed a declining trend after rising, and reached the best stage after stored for 2~4 weeks. Serious water loss and browning occurred after 10 weeks storage, and the fruit lost the edible value. In conclusion, this study used multivariate analysis method to comprehensively evaluate the changes and influencing factors of the low-temperature storage quality of plum fruit with

收稿日期: 2015-02-01

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201303075)

作者简介: 侯庆英(1992—),女,天津人,中国农业大学硕士生,主攻酿酒葡萄果实发育与分子生物学。

通讯作者: 曹建康(1976—),男,甘肃宁县人,中国农业大学副教授,主要研究方向为果蔬采后生理与贮运保鲜。

different maturity, and clarified the reasonable storage life.

KEY WORDS: Beauty plum; maturity; storage quality; principle component analysis (PCA); correlation analysis

李果实柔软多汁,酸甜可口,深受消费者喜爱。由于李果实成熟于高温季节,生理活动旺盛,采摘后易过快发生后熟软化,难以保持果实良好风味和品质。利用低温贮藏^[1]、气调贮藏^[2]、1-MCP处理^[3]、涂膜处理^[4]等措施可有效延缓李果实后熟软化,从而改善果实的贮藏品质。尽管果实贮藏品质是通过很多方面的指标体现的,但是这些指标之间都很分散、孤立,难以系统分析各指标对果实采后综合品质和贮藏特性的贡献率,从而影响果实品质和贮藏特性的综合评价。近年来的研究表明,利用主成分分析法可以构建果实品质综合评价模型,分析不同因素或变量对果实综合品质的影响。如郭晓敏等^[5]通过主成分分析法构建的综合评价模型,综合评价了李果实1-MCP处理的保鲜效果。王友升等^[6]利用单因素方差分析、相关性分析、偏最小二乘法与通径分析等多变量分析方法综合分析了4种采后熏蒸处理对李果实品质及抗氧化活性的影响。

采收成熟度能显著影响果实的后熟软化,进而影响果实甜度、酸度、贮藏特性、货架寿命等^[7]。目前尚未见到关于不同采收成熟度李果实贮藏品质的系统分析与综合评价的报道。文中拟以低、中、高等3个采收成熟度盖县李果实为材料,通过测定不同采收成熟度李果实在低温贮藏过程中相关品质指标的变化,应用多变量分析法对李果实不同采收成熟度与品质指标之间的联系进行研究,旨在为李果实采后品质和贮藏特性的系统分析与综合评价提供理论依据与实践指导。

1 实验

1.1 材料

实验材料为盖县李果实,于2013年7月18日、24日、30日分批采自北京市密云区东邵渠镇果园,以硬度为主要判别指标,将果实分为3种成熟度:低成熟度,果实硬度为9~11 kg/cm²,果面全部呈绿色;中成熟度,果实硬度为5~7 kg/cm²,约1/2~2/3果面呈绿色;高成熟度,果实硬度为3~5 kg/cm²,果面全部转黄。采摘当天运回实验室,于5℃下预冷24 h。挑选大小相近、成熟度一致、无机械损伤和病虫害的果实,随机装入塑料筐,每筐200个果实,每种成熟度装4筐,用厚度

为0.02 mm的聚乙烯塑料薄膜保鲜袋挽口包装,置于温度为±0.5℃,相对湿度为80%~90%的条件下贮藏。实验重复3次。

1.2 仪器与设备

实验仪器和设备:GY-3果实硬度计,爱德堡仪器有限公司;PAL-1数显糖度计,日本ATAGO(爱岩)公司;PB-10 pH计,德国Sartorius(赛多利斯)公司;GL-20G-II高速冷冻离心机,上海安亭科学仪器厂;SE1501F电子天平,西杰天平(北京)仪器有限公司;GC7890F气相色谱仪,上海天美科学仪器有限公司。

1.3 方法

1) 果实硬度、可溶性固形物含量(SSC)和出汁率的测定。随机选取10个果实,在每个果实表面中部、缝合线两边各削去直径8 mm、厚1 mm的果皮,用果实硬度计测定果肉硬度。取果肉部分,挤压出果汁,测定SSC含量;用称重法测定出汁率,以果汁质量占果肉质量的百分数作为果实出汁率。

2) 果实可滴定酸含量及pH值的测定。称取5 g果肉组织,冰浴条件下研磨匀浆后,于12 000 g,4℃离心30 min,测定上清液pH值;可滴定酸含量参照文献方法^[8]测定,以苹果酸的平均当量计算可滴定酸含量。重复3次。

3) 失重率的测定。失重率测定采用称量法。取20个果实,分别测定果实质量,计算果实失重率。

4) 总酚含量与褐变度的测定。总酚含量测定采用Folin-酚法^[9],褐变度测定参照Coseteng^[10]的方法。

5) 统计分析。对原始数据进行标准化或归一化处理,用SPSS 19.0软件进行单因素方差分析、Pearson相关性分析、主成分分析。

2 结果与分析

2.1 单因素方差分析

对3种采收成熟度李果实在低温贮藏过程中同一指标进行单因素方差分析,结果反映了不同成熟度李果实在不同贮藏期间该指标变化在 $P<0.05$ 水平上的显著程度。如表1所示,低温贮藏过程中,不同采收成熟度盖县李果实硬度、出汁率、可滴定酸含量

等都逐步降低,且随成熟度的升高而显著降低,pH值、褐变度、失重率等均呈上升趋势,且随采收成熟度的升高而显著增加;不同成熟度盖县李果实低温贮藏期间SSC总体上呈现下降的趋势,且高成熟度李果实SSC显著高于其他成熟度,与及华等^[11]的研究结果基本一致。

表1 不同成熟度盖县李果实低温贮藏品质的评价指标
Tab.1 Evaluation indexes of low-temperature storage quality of Beauty plums with different maturity

成熟度	时间/周	硬度/(kg·cm ⁻²)	出汁率/%	可滴定酸含量/%	总酚含量/(mg·g ⁻¹)	SSC/%	失重率/%	pH值	褐变度(OD值)
低成熟度	0	10.69 ± 0.20 ^a	54 ± 0.1 ^{ab}	1.02 ± 0.02 ^a	26.6 ± 0.48 ^f	8.9 ± 0.09 ^{bc}	0.0 ± 0.0 ^b	3.16 ± 0.01 ^j	0.28 ± 0.01 ⁱ
	2	8.70 ± 0.34 ^b	64 ± 0.4 ^a	0.87 ± 0.03 ^b	29.5 ± 2.29 ^f	8.4 ± 0.22 ^{cde}	2.7 ± 0.15 ^g	3.21 ± 0.01 ^j	0.31 ± 0.01 ^h
	4	6.43 ± 0.19 ^{ef}	53 ± 0.2 ^{ab}	0.82 ± 0.04 ^b	28.8 ± 4.47 ^f	9.3 ± 0.27 ^{cdef}	6.0 ± 0.33 ^{cde}	3.23 ± 0.01 ⁱ	0.30 ± 0.01 ^{gh}
	6	6.06 ± 0.17 ^e	44 ± 0.1 ^{bedef}	0.84 ± 0.02 ^b	30.5 ± 4.80 ^f	9.4 ± 0.22 ^{ab}	6.9 ± 0.38 ^{cdef}	3.28 ± 0.01 ^h	0.31 ± 0.01 ^e
	8	7.04 ± 0.15 ^{bc}	46 ± 0.1 ^{bede}	0.78 ± 0.02 ^{bc}	31.0 ± 2.52 ^f	8.7 ± 0.22 ^{bcd}	7.6 ± 0.41 ^{bed}	3.32 ± 0.01 ^f	0.32 ± 0.01 ^f
	10	6.84 ± 0.23 ^{cd}	42 ± 0.3 ^{cdef}	0.77 ± 0.05 ^{bc}	29.7 ± 2.62 ^f	8.6 ± 0.31 ^{bcd}	8.3 ± 0.43 ^{bc}	3.35 ± 0.01 ^e	0.40 ± 0.01 ^e
	12	5.64 ± 0.25 ^{ef}	41 ± 0.1 ^{cdef}	0.70 ± 0.01 ^{cd}	29.4 ± 1.16 ^f	7.5 ± 0.45 ^{efg}	8.6 ± 0.44 ^b	3.44 ± 0.01 ^e	0.47 ± 0.01 ^g
中成熟度	0	7.61 ± 0.12 ^{bc}	47 ± 1.6 ^{bed}	1.11 ± 0.04 ^a	28.6 ± 0.43 ^{cd}	9.2 ± 0.09 ^{abc}	0.0 ± 0.00 ^b	3.15 ± 0.01 ^k	0.33 ± 0.01 ^j
	2	6.29 ± 0.13 ^{de}	54 ± 0.7 ^{ab}	0.66 ± 0.06 ^{de}	33.6 ± 1.15 ^b	8.9 ± 0.17 ^{bc}	2.4 ± 0.24 ^e	3.30 ± 0.01 ^g	0.40 ± 0.01 ^h
	4	5.54 ± 0.15 ^{efg}	47 ± 0.2 ^{bed}	0.61 ± 0.04 ^{def}	27.7 ± 3.31 ^{cde}	8.6 ± 0.29 ^{efg}	4.7 ± 0.40 ^{ef}	3.31 ± 0.01 ^{fg}	0.42 ± 0.01 ^{gh}
	6	4.55 ± 0.12 ^{gh}	41 ± 1.0 ^{cdef}	0.63 ± 0.03 ^{def}	27.7 ± 3.20 ^{cde}	9.1 ± 0.30 ^{abc}	5.8 ± 0.46 ^{de}	3.30 ± 0.02 ^g	0.61 ± 0.01 ^e
	8	5.93 ± 0.14 ^{de}	39 ± 3.0 ^{def}	0.60 ± 0.07 ^{def}	27.5 ± 2.77 ^{cde}	7.8 ± 0.30 ^g	6.4 ± 0.48 ^{bede}	3.34 ± 0.01 ^e	0.55 ± 0.01 ^f
	10	4.72 ± 0.29 ^{fgh}	44 ± 0.7 ^{bedef}	0.56 ± 0.03 ^{ef}	25.3 ± 1.62 ^{de}	8.0 ± 0.37 ^{defg}	7.0 ± 0.50 ^{bed}	3.39 ± 0.01 ^d	0.62 ± 0.01 ^e
	12	4.60 ± 0.33 ^{gh}	35 ± 2.7 ^f	0.52 ± 0.06 ^f	25.4 ± 2.93 ^{de}	7.3 ± 0.44 ^{fg}	7.5 ± 0.51 ^{bed}	3.46 ± 0.01 ^b	1.19 ± 0.01 ^a
高成熟度	0	4.14 ± 0.14 ^b	51 ± 2.6 ^{abc}	0.53 ± 0.02 ^f	30.7 ± 0.37 ^{bc}	9.8 ± 0.38 ^{abc}	0.0 ± 0.00 ^b	3.39 ± 0.01 ^d	0.41 ± 0.00 ^{hi}
	2	3.76 ± 0.12 ^{hi}	48 ± 1.9 ^{bcd}	0.54 ± 0.01 ^f	37.7 ± 1.16 ^a	9.7 ± 0.40 ^a	3.8 ± 1.47 ^a	3.40 ± 0.01 ^d	0.44 ± 0.01 ^g
	4	4.02 ± 0.16 ^b	35.6 ± 1.4 ^f	0.52 ± 0.01 ^f	26.6 ± 3.39 ^{de}	9.4 ± 0.16 ^{ab}	5.3 ± 1.52 ^a	3.44 ± 0.01 ^e	0.79 ± 0.02 ^d
	6	2.93 ± 0.10 ⁱ	36.8 ± 2.3 ^{bcd}	0.55 ± 0.01 ^{ef}	24.9 ± 3.20 ^{de}	9.2 ± 0.47 ^{bcd}	5.6 ± 1.51 ^a	3.42 ± 0.01 ^f	0.84 ± 0.01 ^e
	8	2.88 ± 0.14 ⁱ	35.9 ± 2.2 ^{ef}	0.39 ± 0.01 ^g	24.1 ± 1.908 ^e	9.1 ± 0.30 ^{abc}	6.2 ± 1.50 ^a	3.52 ± 0.02 ^a	1.03 ± 0.01 ^b

注:测定结果表示为平均值±标准误;同一列不同字母表示差异显著(P<0.05)。

2.2 相关性分析

相关性分析可以衡量2个变量因素的相关密切程度。从表2可知,不同成熟度李果实各指标间存在多组显著或极显著相关关系。低熟与中熟李果实的硬度与失重率均呈显著负相关,相关系数达0.9以上,且可滴定酸含量与失重率、pH值也呈现显著负相关;高熟李果实的出汁率与失重率、褐变度显著负相关,与SSC显著正相关,同时SSC与褐变度极显著负相关,相关系数高达0.97。低、中、高熟盖县李果实的硬度与失重率均存在比较显著的负相关关系,而与可滴定酸呈正相关关系。另一方面,3种成熟度盖县李的pH值与褐变度也存在正相关性,说明果实褐变反应在一定程度上受自身酸度影响。

2.3 主成分分析

2.3.1 主成分的选取和各指标贡献率分析

主成分分析是一种针对多变量的影响因子分析

方法,旨在利用降维的思想,把多指标转化为少数几个综合指标,降低观测空间的维数,以获取最主要的信息。主成分的数目可以根据相关系数矩阵的特征根来判定,通常用方差表达。各主成分的特征值和方差贡献率见表3。一般地,各成分的累计贡献率在80%~85%以上就足以说明该数据的变化趋势^[12]。由表3可以看出,对低、中、高熟盖县李果实而言,各自的前2个成分的累计贡献率分别达到87.661%,87.567%,88.117%,符合主成分分析的要求,可用各自的这2个主成分较好地代替上述8个指标来评价与判断不同成熟度盖县李果实的品质。由此,取各自的前2个主成分(PC1,PC2)作为数据分析的有效成分。

根据各指标与主成分PC1和PC2的相关系数作图,利用SPSS软件计算得到图1。第1主成分在低熟盖县李贮藏品质的贡献率为70.292%(见表3),且由图1a可知,褐变度、失重率、pH在PC1的负方向有较高的载荷,可滴定酸、硬度在PC1的正坐标处有较高的载荷,说明低熟李果实品质劣变、经济损失及软化等商

表2 盖县李果实低温贮藏期间各品质指标之间的相关性分析

Tab.2 Correlation analysis among quality indexes of Beauty plum fruit with different maturity during storage at low temperature

指标	成熟度	硬度	出汁率	可滴定酸	总酚	SSC	失重率	pH 值	褐变度
硬度	L	1							
	M	1							
	H	1							
出汁率	L	0.65	1						
	M	0.57	1						
	H	0.614	1						
可滴定酸	L	0.890**	0.606	1					
	M	0.857*	0.403	1					
	H	0.485	0.397	1					
总酚	L	0.727	0.367	0.73	1				
	M	0.55	0.790*	0.293	1				
	H	0.564	0.788	0.482	1				
SSC	L	-0.305	-0.065	-0.553	0.045	1			
	M	0.516	0.723	0.632	0.627	1			
	H	0.831	0.925*	0.497	0.873	1			
失重率	L	-0.931**	-0.780*	-0.936**	-0.763	0.277	1		
	M	-0.903**	-0.726	-0.888**	-0.666	-0.777*	1		
	H	-0.711	-0.905*	-0.378	-0.506	-0.834	1		
pH 值	L	-0.762*	-0.808*	-0.909**	-0.547	0.525	0.883**	1	
	M	-0.822*	-0.589	-0.910**	-0.485	-0.861*	0.910**	1	
	H	-0.641	-0.694	-0.933*	-0.642	-0.742	0.674	1	
褐变度	L	-0.595	-0.696	-0.778*	-0.256	0.674	0.693	0.928**	1
	M	-0.679	-0.811*	-0.566	-0.585	-0.802*	0.721	0.812*	1
	H	-0.763	-0.935*	-0.655	-0.856	-0.970**	0.846	0.869	1

注:*表示差异显著($P<0.05$),**表示差异极显著($P<0.01$);“L”表示低熟,“M”表示中熟,“H”表示高熟。

表3 主成分分析得到的方差贡献率

Tab.3 The variance contribution calculated by Principal Components Analysis

成分排序	低成熟度			中成熟度			高成熟度		
	初始特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%	初始特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%	初始特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%
1	5.623	70.292	70.292	5.908	73.848	73.848	6.069	75.868	75.868
2	1.390	17.369	87.661	1.098	13.719	87.567	0.980	12.249	88.117
3	0.537	6.712	94.374	0.529	6.618	94.185	0.543	6.794	94.911
4	0.390	4.869	99.243	0.307	3.842	98.028	0.407	5.089	100.00
5	0.051	0.636	99.878	0.148	1.849	99.876	0.000	0.000	100.00
6	0.010	0.122	100.00	0.010	0.124	100.00	0.000	0.000	100.00

品性状在贮藏期间发生了较大变化。第2主成分在低熟盖县李贮藏品质的贡献率为17.369%(见表3),SSC在PC2的负坐标处载荷较高,而总酚与褐变度在PC2的正方向具有较高的载荷,说明SSC、总酚、褐变度对低熟李果实的内在食用品质产生了显著影响。其中,

褐变度在第1和第2主成分中均占有较大比例,说明褐变在一定程度上影响着低熟盖县李的低温贮藏品质。同样地,由图1b可知,在中熟盖县李低温贮藏过程中,失重率、pH值、褐变度、SSC、硬度分别在PC1具有较大的载荷,总酚与出汁率则在PC2上载荷较高,

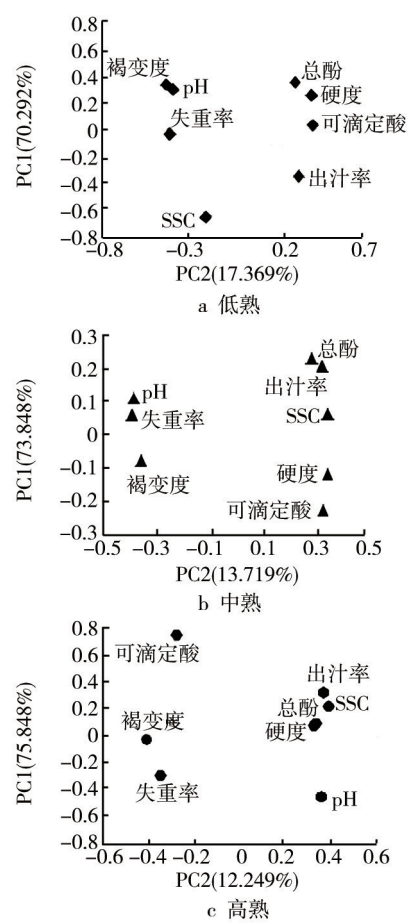


图1 盖县李低温贮藏各指标的因子载荷与样本得分的双标图
Fig.1 Loadings and scores of PC1 vs. PC2 from PCA for Beauty plums with different maturity during storage at low temperature

说明这些指标对于中熟李果实的品质有较大影响。由图1c可知,高熟盖县李的褐变度、SSC、出汁率在主成分1中绝对值较大;可滴定酸在主成分2中绝对值最大,达0.742,其次是pH值和出汁率。

由以上分析可见,各指标在不同成熟度盖县李果实低温贮藏品质综合评价中的重要性并不一致,这与前人在其他果实上的研究结果一致^[13],因此非常有必要基于一定的数学分析方法对果实贮藏品质进行综合评价。综合分析各成熟度李果实的主要成分因子,可以看到,褐变是影响较大的品质劣变因子,这可能是由于李果实属于冷敏性水果,在低温贮藏过程中易出现果肉褐变,严重影响果实的贮藏品质和商品性状^[14]。其次,SSC和可滴定酸作为内在品质因子对果实食用品质和风味特征具有重要作用,这与不同品种桃果实品质的综合评价结果基本一致^[15]。再次,失重率、出汁率等指标既与果实内在品质、加工性能相关,又与其商品性状密切相关,也在李果实综合品质评价中具有一定的作用。然而与低熟相比,硬度

作为衡量果实后熟软化的重要指标却没有对中熟和高熟李果实品质综合评价产生较大贡献,可能与这两种成熟度果实采收硬度较小、在贮藏期间下降幅度不大,而且在贮藏中后期保持基本稳定有关(见表1)。

2.3.2 主成分得分及综合评价模型的构建

由于第1、第2主成分已基本保留了所有指标的原有信息,可用2个变量 Z_1, Z_2 代替原来的2个指标,因此得出相应的线性组合。同时以所选取的第1、第2主成分的方差贡献率 a_1, a_2 作为权数,构建综合评价模型 $F = a_1Z_1 + a_2Z_2$,即综合得分 F 值越高,综合品质表现越好。

高熟李果实综合品质得分 F 值在采收时最大(见图2),具有最佳的食用品质和商品性状,但在低温贮藏期间大幅度下降,在贮藏4周时 F 出现负值,结合贮藏实践,发现此时高熟度果实已进入衰老期,品质急剧下降;到贮藏6周时, F 值进一步降低(见图2),此时果实风味淡薄、果肉组织明显褐变,丧失了商品价值(见表1);到贮藏8周时高熟李果实失去了食用价值。相比较而言,低熟、中熟盖县李果实 F 值均呈现先上升后下降的趋势,在贮藏2~4周时 F 值处于最高水平,在实际测定中也发现果实硬度、出汁率、可滴定酸、SSC、总酚含量均较高(见表1),适宜鲜食,可见较低采收成熟度李果实经采后后熟,达到最佳食用品质具有极大的商品价值。低熟、中熟李果实分别在贮藏8,6周时 F 出现负值,此时果实品质开始明显下降,但仍具有较好的食用价值和一定的商品价值;在贮藏10周时, F 值进一步降低,果实逐渐丧失了商品价值,此后低熟、中熟果实的失水及褐变严重,失去食用价值。类似的贮藏品质综合评价也在“安哥诺”^[16]和“黑宝石”^[11]李果实上得到证实。

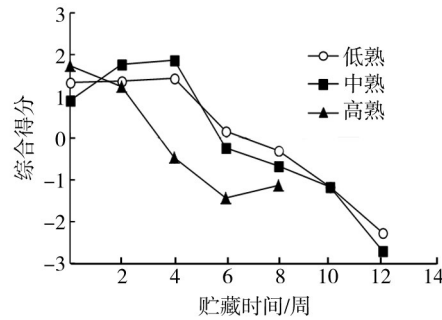


图2 不同成熟度盖县李低温贮藏品质的综合得分
Fig.2 Comprehensive scores of Beauty plums with different maturity during storage at low temperature.

3 结语

通过各品质指标的测定及其相关性分析可知,在

低温贮藏过程中,不同成熟度盖县李果实各品质指标间存在着多组显著或极显著相关关系。对3个成熟度盖县李果实而言,褐变度与果实pH值显著正相关,硬度与失重率均存在比较显著的负相关关系,而与可滴定酸呈正相关关系。

经主成分因子分析可知,褐变是影响较大的品质劣变因子,其次是SSC和可滴定酸,它们作为内在品质因子对果实食用品质和风味特征起重要作用。再次,失重率、出汁率等指标与果实内在品质、加工性能及商品性状密切相关,在李果实综合品质评价中具有一定的作用;硬度作为衡量果实后熟软化的重要指标,没有对中熟和高熟李果实品质综合评价产生贡献。

由主成分分析与构建综合评价模型,综合评价可知,高熟李果实综合品质得分在采收时最大,但在低温贮藏期间大幅度下降,在贮藏4周时 F 出现负值,表明果实进入衰老期;低熟、中熟盖县李果实 F 值均呈现先上升后下降的趋势,在贮藏2~4周时 F 值处于最高水平,即综合品质达到最佳,低温贮藏6~8周后果实品质开始明显下降,在贮藏10周时果实失水及褐变严重,失去食用价值。

参考文献:

- [1] OZTURK B, KUCUKER E, KARAMAN S, et al. The Effects of Cold Storage and Aminoethoxyvinylglycine (AVG) on Bioactive Compounds of Plum Fruit (*Prunus Salicina* Lindell cv Black Amber) [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2012, 72: 35—41.
- [2] DIAZ-MULA H M, ZAPATA P J, GUILL N F, et al. Modified Atmosphere Packaging of Yellow and Purple Plum Cultivars Effect on Bioactive Compounds and Antioxidant Activity[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2011, 61(2): 110—116.
- [3] MINAS I S, CRISOSTO G M, HOLCROFT D, et al. Postharvest Handling of Plums (*Prunus Salicina* Lindl.) at 10 °C to Save Energy and Preserve Fruit Quality Using an Innovative Application System of 1-MCP[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2013, 76: 1—9.
- [4] VALERO D, DIAZ-MULA H M, ZAPATA P J, et al. Effects of Alginate Edible Coating on Preserving Fruit Quality in Four Plum Cultivars during Postharvest Storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2013, 77: 1—6.
- [5] 郭晓敏, 安琳, 王友升, 等. 不同温度下1-MCP与水杨酸处理对“安哥诺”李果实品质影响的主成分分析[J]. *食品科学*, 2010(18): 416—422.
GUO Xiao-min, AN Lin, WANG You-sheng, et al. Principal Components Analysis of the Influence of 1-MCP and Salicylic Acid Treatment on Fruit Quality of Angeleno Plum[J]. *Food Science*, 2010(18): 416—422.
- [6] 王友升, 郭晓敏, 王郅媛, 等. 四种采后熏蒸处理对“安哥诺”李果实贮藏效果影响的多变量分析[J]. *食品科学*, 2012, 33(12): 318—323.
WANG You-sheng, GUO Xiao-min, WANG Zhi-yuan, et al. Multivariate Analysis of Fruit Quality of "Angeleno" Plum Fumigated with Four Volatile Compounds[J]. *Food Science*, 2012, 33(12): 318—323.
- [7] GIN BORDONABA J, CANTIN C M, LARRIGAUDI RE C, et al. Suitability of Nectarine Cultivars for Minimal Processing: the Role of Genotype, Harvest Season and Maturity at Harvest on Quality and Sensory Attributes[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2014, 93: 49—60.
- [8] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化试验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. *Fruits and Vegetables Postharvest Physiological and Biochemical Experiment Instruction*[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.
- [9] 卜彦花, 周娜娜, 王春悦. 福林酚试剂法和紫外分光光度法测定冬枣多酚含量的比较研究[J]. *中国农学通报*, 2012, 28(1): 212—217.
BU Yan-hua, ZHOU Na-na, WANG Chun-yue, et al. Comparative Study on Determination of Total Phenolics Content of Jujube Fruit with FC and UV-spectrophotometric Method[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, 28(1): 212—217.
- [10] COSETENG M Y, LEE C Y. Changes in Apple Polyphenoloxidase and Polyphenol Concentrations in Relation to Degree of Browning[J]. *Journal of Food Science*, 1987, 52(4): 985—989.
- [11] 及华, 关军锋, 孙玉龙, 等. 不同采收成熟度黑宝石李冷藏期间品质变化的研究[J]. *保鲜与加工*, 2010(3): 22—25.
JI Hua, GUAN Jun-feng, SUN Yu-long, et al. Research of Quality Change for Black Diamond Plums of Different Maturity During Cold Storage[J]. *Storage and Process*, 2010(3): 22—25.
- [12] 李靖华, 郭耀煌. 主成分分析用于多指标评价的方法研究——主成分评价[J]. *管理工程学报*, 2002, 16(1): 39—43.
LI Jing-hua, GUO Yao-huang. Study on the Method of Multi-index Evaluation with Principal Component Analysis——Principal Component Evaluation[J]. *Journal of Industrial Engineering/Engineering Management*, 2002, 16(1): 39—43.
- [13] 王友升, 谷祖臣, 张帆. 不同品种和成熟度树莓和黑莓果实的氧化和抗氧化活性比较[J]. *食品科学*, 2012, 33(9): 81—86.
WANG You-sheng, GU Zu-chen, ZHANG Fan. Multivariate Analysis of Pro- and Anti-Oxidant Properties of Raspberry and Blackberry from Different Varieties at Different Maturity

(下转第37页)

- 质的影响[J]. 农业机械学报, 2012, 43(1): 141—145.
- WANG Xiang-you, YAN Cong-cong, LIU Zhan-li. Effect of Edible Coatings on Physiology and Quality of Mushrooms (*Agaricus bisporus*) [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(1): 141—145.
- [3] 张瑞颖, 胡丹丹, 左雪梅, 等. 平菇和双孢蘑菇细菌性褐斑病研究进展[J]. 植物保护学报, 2007, 34(5): 549—554.
- ZHANG Rui-ying, HU Dan-dan, ZUO Xue-mei, et al. Research Advancement on Brown Blotch Disease of Oyster Mushroom and Button Mushroom [J]. Acta Phytophylacica Sinica, 2007, 34(5): 549—554.
- [4] SOLER-RIVAS C, ARPIN N, OLIVIER J M, et al. The Effects of Tolaasin, the Toxin Produced by *Pseudomonas tolaasii* on Tyrosinase Activities and the Induction of Browning in *Agaricus Bisporus* Fruiting Bodies [J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 1999, 55: 21—28.
- [5] GAO Meng-sha, FENG Li-fang, JIANG Tian-jia. Browning Inhibition and Quality Preservation of Button Mushroom (*Agaricus Bisporus*) by Essential Oils Fumigation Treatment [J]. Food Chemistry, 2014, 149(15): 107—113.
- [6] 赵东方, 魏丹, 周晓庆, 等. 复合吸湿剂对高氧气调包装香菇品质的影响[J]. 包装工程, 2012, 33(23): 14—19.
- ZHAO Dong-fang, WEI Dan, ZHOU Xiao-qing, et al. Effect of Mixed Moisture Absorbers on Quality of Stored Mushrooms in High Oxygen Modified Atmosphere [J]. Packaging Engineering, 2012, 33(23): 14—19.
- [7] 赵春霞, 李大虎, 程玉娇, 等. 高氧气调包装对双孢蘑菇品质的影响[J]. 包装工程, 2014, 35(15): 5—10.
- ZHAO Chun-xia, LI Da-hu, CHENG Yu-jiao, et al. Effects of Modified Atmosphere Packaging with O_2 on the Qualities of *Agaricus Bisporus* [J]. Packaging Engineering, 2014, 35(15): 5—10.
- [8] VILLAESCUSA R, GIL M I. Quality Improvement of Pleurotus Mushrooms by Modified Atmosphere Packaging and Moisture Absorbers [J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 28: 169—179.
- [9] 王萍. 易腐烂果蔬物流气调包装中若干关键技术的研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2009.
- WANG Ping. Research on Several Key Technologies of Modified Atmosphere Packaging for Perishable Fruits and Vegetables [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2009.
- [10] LI Yan-jie, ISHIKAWA Y, SATAKE T, et al. Effect of Active Modified Atmosphere Packaging with Different Initial Gas Compositions on Nutritional Compounds of Shiitake Mushrooms (*Lentinus Edodes*) [J]. Postharvest Biology and Technology, 2014, 92: 107—113.
- [11] 朱继英, 王相友, 许英超. 贮藏温度对双孢蘑菇采后生理和品质的影响[J]. 农业机械学报, 2005, 36(11): 98—100.
- ZHU Ji-ying, WANG Xiang-you, XU Ying-chao. Effects of Storage Temperature on the Postharvest Physiology and Quality of *Agaricus Bisporus* [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(11): 98—100.
- [12] 李军. 钼蓝比色法测定还原型维生素C [J]. 食品科学, 2000, 21(8): 42—45.
- LI Jun. Molybdenum Blue Colorimetric Method to Detect Ascorbic Acid [J]. Food Science, 2000, 21(8): 42—45.
- [13] OLIVEIRA F, SOUSA-GALLAGHER M J, MAHAJAN P V, et al. Evaluation of MAP Engineering Design Parameters on Quality of Fresh-sliced Mushrooms [J]. Journal of Food Engineering, 2012, 108: 507—514.
- [14] 车东, 卢立新. 高氧气调对鲜切莲藕包装质量的影响[J]. 包装工程, 2007, 28(8): 87—89.
- CHE Dong, LU Li-xin. Effect of High Oxygen Modified Atmosphere on Quality of Fresh-cut Lotus Roots [J]. Packaging Engineering, 2007, 28(8): 87—89.
- [15] 杜传来, 郁志芳, 韩玲玲. 气调保鲜包装对双孢菇贮藏效果的影响[J]. 包装工程, 2010, 31(23): 17—21.
- DU Chuan-lai, YU Zhi-fang, HAN Ling-ling. Effect of Fresh-keeping Modified Atmosphere Packaging on Storage Effect of *Agaricus Bisporus* [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(23): 17—21.
- [16] MAGDALENA W, KARIM B, CRISTINA N. A Novel Active Packaging for Extending the Shelf-life of Fresh Mushrooms (*Agaricus Bisporus*) [J]. Food Control, 2015, 54: 200—207.
- [17] HU Yong-hua, CHEN Chi-min, XU Lian, et al. Postharvest Application of 4-methoxy Cinnamic Acid for Extending the Shelf Life of Mushroom (*Agaricus Bisporus*) [J]. Postharvest Biology and Technology, 2015, 104: 33—41.

(上接第6页)

- Stages [J]. Food Science, 2012, 33(9): 81—86.
- [14] 徐臣善, 高东升. 基于主成分分析的设施桃果实品质综合评价[J]. 食品工业科技, 2014, 23: 84—94.
- XU Chen-shan, GAO Dong-sheng. Comprehensive Evaluation on Fruit Quality of Peach Cultivars Ingreenhouse Based on Principal Component Analysis [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 23: 84—94.
- [15] 李鹏霞, 胡花丽, 王伟, 等. 主成分分析法在李果实贮藏特性分析中的应用[J]. 中国农学通报, 2009, 25(7): 77—81.
- LI Peng-xia, HU Hua-li, WANG Wei, et al. Application of Principal Component Analysis on Plum Storage Characteristic [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(7): 77—81.