

主成分分析法在李果实贮藏特性分析中的应用

李鹏霞,胡花丽,王 炜,王毓宁
(江苏省农业科学院农产品加工研究所,南京 210014)

摘要:旨在利用主成分分析法,明确李果实采后贮藏的特点及该方法的应用特性。以‘安哥诺’李果实为试验材料,进行常温贮藏,测定贮藏过程果实生理和品质指标的变化特点。原始的指标可划分为4个主成分因子。第一、二、三和四主成分因子的贡献率分别为52.774%、23.154%、15.025%、7.987%,累计贡献率为98.941%。硬度、可滴定酸和Vc含量与果实的耐贮性呈正相关,SSC、总糖、腐烂指数、呼吸速率及乙烯释放量与果实的耐贮性呈负相关。构建的综合评价模型表明,贮藏0~4天期间,李果实进行的是后熟过程,这一期间果实的品质较好;贮藏4~10天期间,果实进入衰老阶段,贮藏至10天时,果实失去价值。可见,主成分分析法可用于评判采后李果实的贮藏特性及最佳贮藏寿命。

关键词:主成分分析;贮藏特性;李果实

中图分类号:S662.1;TS255.3 **文献标识码:**A

Application of Principle Component Analysis on Plum Storage Characteristic

Li Pengxia, Hu Huali, Wang Wei, Wang Yuning

(Institute of Agricultural Products Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014)

Abstract:The objective of this paper is to clear the storage characteristic of plum fruit through the method of principle component analysis(PCA) and the applicable characteristic of this method;The postharvest physiology and quality of ‘Angeleno’ plum fruit, which was stored at ambient temperature, were investigated;The results showed that the original indice were separated into four principal component factors. The dedication from the first to fourth principal component was 52.774%, 23.154%, 15.025% and 7.987%, respectively, and the accumulative dedication was 98.941%. It existed positive correlation between the storage characteristic and firmness, total acid, vitamin C of plum fruit, while the correlation between soluble solid content, total sugar, rot index, respiration intensity, the produce of ethylene and the storage characteristic was negative. The integrated evaluate model on these basics showed that plum fruit matured during 0–4 d of storage and the quality of fruit was better in this period. The plum fruit appeared senescent during 4–10 d of storage, and the fruit lost value at the 10th day;It was clear that the method of principle component analysis could be used for judging the storage characteristic and life of plum fruit.

Key words: PCA, storage characteristic, plum fruit

0 引言

主成分分析是设法将原来众多具有一定相关性(譬如 p 个)指标,重新组合成一组新的互相无关的综合指标来代替原来的指标。通常数学上的处理就是将原来 p 个指标作线性组合,作为新的综合指标^[1]。在果

实的贮藏过程中,随着相关生理生化过程的发生,果实的营养成分丧失,导致果实失去食用价值,特别是在果实低温贮藏过程中,除了要考虑果实贮藏的期限外,果实的贮藏品质是备受关注的一个问题。因此,通过主成分分析法分析果实采后贮藏特性可在一定程度上明

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划“农产品产后综合保鲜技术研究”(2006BAD22B04)。

第一作者简介:李鹏霞,女,1976年出生,陕西西安人,助研,主要从事果蔬保鲜与加工研究。通信地址:210014 江苏省南京市江苏省农科院农产品加工研究所, Tel: 025-84392062, E-mail: pengxiali@126.com。

收稿日期:2008-12-19, 修回日期:2009-02-26。

确实的适宜贮藏时间,以免不必要的经济损失,通过主成分分析明确常温贮藏李果实贮藏特性,旨在为确定采后果实合理的贮藏期限提供一个科学的方法;近年来,主成分分析在生物性状分析和产品品质分析中已广泛应用^[2-6]。刘敏等将主成分分析法用于评判不同气调处理对菠菜保鲜效果的研究^[7]。

张振文等将此方法应用与芒果贮藏特性的分析,结果表明该方法可用于明确芒果的贮藏特性^[8]。李果实采后贮藏的品质研究一直受到人们的关注,然而如何正确评价果实采后贮藏的品质就成为这一需要解决的问题,而未见这方面的报道;为此,以‘安哥诺’李为材料,应用主成分分析法对影响李果实采后品质的各指标进行综合分析评价,为明确李果实贮藏品质的变化提供较为科学评价体系。

1 材料与方法

1.1 材料与处理

试验材料‘安哥诺’李果实于2007年10月9日采

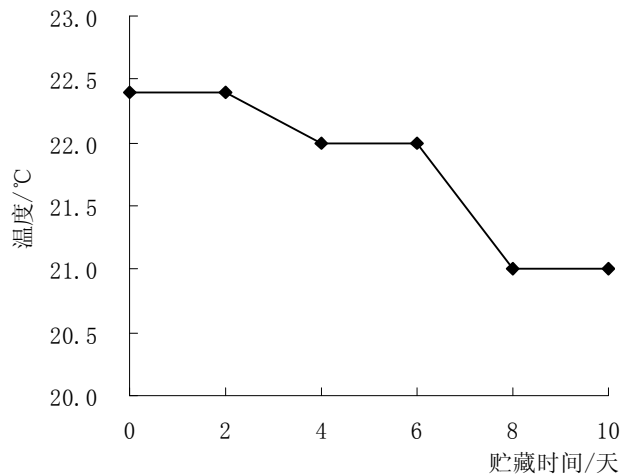


图1 室温温度的变化情况

1.2.2 可溶性固形物含量(SSC)的测定 用手持折光仪测定,每次测定10个果实,在果实最大横径处取样测定,去掉最大值和最小值后取平均值。

1.2.3 总糖的测定 蒽酮比色法^[9]。

1.2.4 可滴定酸(TA)的测定 NaOH滴定法^[9](按苹果酸计)。

1.2.5 维生素C(Vc)含量的测定 钼蓝比色法^[10]。

1.2.6 呼吸速率和乙烯释放量的测定 取4个果实称重后置于6.14 L真空干燥器中,设3组重复,于室温下密闭2 h后用注射器取样气,抽取1 ml样气用气相色谱(北京瑞利分析仪器厂生产的SQ-206型气相色谱,色谱条件:FID检测器,柱温80 °C,汽化室温度150 °C,转化炉温度380 °C;N₂压力0.05 MPa,H₂压力0.04 MPa,空气压力0.05 MPa)测定,重复3次。外标

自北京延庆县果园。选择大小均匀、九成熟、无病虫害、无机械伤的健康果,室温贮藏,每隔2天测定各指标1次。室温的温度变化见图1。

1.2 指标测定

1.2.1 硬度的测定 用质构仪(TAXT2i Texture Analyser,Stable Micro System Ltd,UK)测定。探头直径5 mm,穿刺速度1 mm/s,穿刺距离15 mm。从各处理随机抽取10个果实,在每个果实最大横径处选取对应2个部位,带皮测定,去掉最大值和最小值后取其平均值。图1是质构仪测出的黑宝石李果实的质地情况,呈单峰曲线,峰值表示质构仪探针穿透果皮时所用的力,即表示果实硬度;由坐标原点到峰值顶点间直线斜率表示果实的脆度,斜率越大表示脆度越高。峰值过后变化较平缓的部分表示穿透果皮后果肉的硬度。用此图表示果实质地比较直观,从每次测出的图中,选择峰值做成折线图,以表示李果实硬度的变化(图2)。

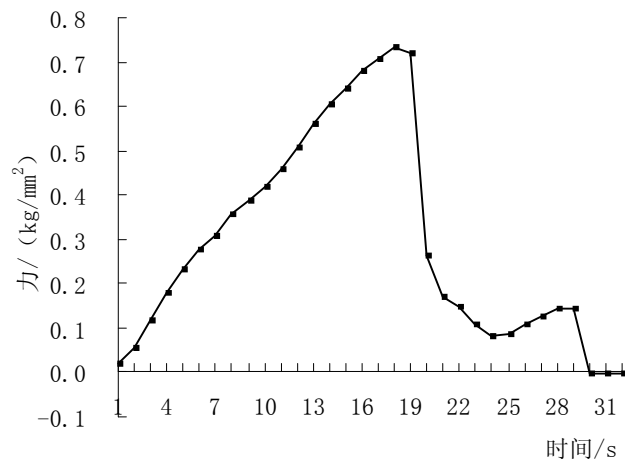


图2 黑宝石李果实硬度的变化

法定量。

1.2.7 腐烂指数 腐烂指数表示腐烂的严重程度,按照果实腐烂面积的大小进行分级。

腐烂指数 = $\sum(\text{腐烂级数} \times \text{果实个数}) \times 100 / (\text{最高级数} \times \text{果实总个数})$

0级—果实无腐烂;1级—果实腐烂面积(0~1/4);2级—果实腐烂面积(1/4~1/2);3级—果实腐烂面积(1/2~3/4);4级—果实腐烂面积(3/4~4/4)。

1.3 数据分析

所有数据用spss软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 各指标的标准化处理

由于各指标具有不同的量纲,在数量级上也有很大差异,在应用主成分分析研究时,不同的量纲和数量级会

产生新的问题。数据标准化主要功能就是消除变量间的量纲关系,从而使数据具有可比性,标准化处理公式^[11]为:

$$X_{ij} = \frac{y_{ij} - \bar{y}_j}{S_j}$$

其中 \bar{y}_j 和 S_j 分别是第 j 指标数据的平均值和标准差。为了方便,经标准化后的数据仍然用 $X_1 \sim X_8$ 表示。各指标原始数据为表1,经标准化的数据见表2。

表1 各指标的原始数据

时间/ 天	硬度/(kg/mm ²) X_1	SSC /% X_2	总糖/% X_3	TA /% X_4	Vc / (mg/100g) X_5	呼吸/(mg/(kg·h)) X_6	乙烯/(μ l/(kg·h)) X_7	腐烂/% X_8
0	2.434	15.283	8.285	0.906	3.038	13.280	2.188	0.000
2	2.625	14.594	7.404	0.920	3.307	10.669	0.829	0.000
4	2.362	14.550	7.500	0.924	3.088	9.870	0.732	0.000
6	2.444	15.661	7.082	0.880	3.288	11.084	0.815	2.083
8	2.266	15.139	7.633	0.948	3.422	11.330	4.610	3.349
10	1.869	15.650	6.849	0.960	3.314	11.765	5.179	6.001

表2 标准化处理结果

时间/ 天	硬度/(kg/mm ²) X_1	SSC/% X_2	总糖/% X_3	TA/% X_4	Vc/(mg/100g) X_5	呼吸/(mg/(kg·h)) X_6	乙烯/(μ l/(kg·h)) X_7	腐烂/% X_8
0	0.393	0.280	1.665	-0.586	-1.385	1.692	-0.101	-0.781
2	1.139	-1.128	-0.110	-0.101	0.435	-0.577	-0.774	-0.781
4	0.110	-1.218	0.083	0.039	-1.048	-1.271	-0.822	-0.781
6	0.432	1.052	-0.759	-1.500	0.305	-0.217	-0.781	0.073
8	-0.262	-0.015	0.350	0.862	1.211	-0.003	1.098	0.592
10	-1.811	1.029	-1.229	1.286	0.483	0.376	1.379	1.678

表3 spss主成分分析得到的特征值

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	4.222	52.774	52.774
2	1.852	23.154	75.928
3	1.202	15.025	90.953
4	0.639	7.987	98.941
5	0.085	1.059	100.000
6	0.000	0.000	100.000
7	0.000	0.000	100.000
8	0.000	0.000	100.000

2.2 用 spss 进行主成分分析

利用 spss 软件的 Analyze 菜单中的 Factor 过程进行主成分分析得到特征值和特征向量于表3、表5。由表3可看出,第1成分的贡献率为52.774%,第2成分的贡献率为23.154%,第3成分的贡献率为15.025%,第4个成分的贡献率为7.987%,前4个成分的累计贡献率已经达到98.941%,可见前4个成分足以说明该数据的变化趋势,完全符合主成分分析的要求,故取前四个主成分作为数据分析的有效成分。

从表4看出, X_1 (硬度)系数在主成分1和4中较大,

且为正值,说明其分量越大,果实越耐贮藏; X_2 (SSC)系数在前4个主成分中均为负值, X_3 (总糖)系数在第1、3、4主成分中为正值,在第2主成分中为负值,且这个值的绝对值最大,说明 X_2 和 X_3 的分量与果实的耐贮性呈负相关; X_4 (TA)系数在主成分3中为最大,且为正值, X_5 (Vc)系数在主成分4中为最大,亦为正值,可以看出 X_4 和 X_5 这2个指标的分量越大,果实越耐贮藏。 X_6 (呼吸速率)和 X_7 系数的最大值均为负值,说明这两个分量值越大果实越不耐贮藏。 X_8 (腐烂指数)系数的最大值亦为负值,说明腐烂症状影响了果实的贮藏特性。

表4 spss主成分分析得到的特征向量

分量	Prin1	Prin2	Prin3	Prin4	Prin5	Prin6	Prin7	Prin8
X_1	0.440	0.078	-0.110	0.490	0.226	0.523	0.352	-0.315
X_2	-0.299	-0.343	-0.576	-0.030	-0.240	0.093	-0.203	-0.594
X_3	0.275	-0.471	0.396	0.285	-0.588	0.162	-0.289	0.097
X_4	-0.345	0.110	0.624	-0.028	0.308	0.238	-0.330	-0.468
X_5	-0.299	0.343	-0.137	0.775	-0.039	-0.265	-0.297	0.121
X_6	-0.087	-0.700	-0.041	0.202	0.626	-0.114	-0.060	0.228
X_7	-0.440	-0.186	0.274	0.186	-0.226	-0.205	0.741	-0.141
X_8	-0.482	0.020	-0.121	-0.037	-0.083	0.714	0.037	0.483

2.3 主成分选取及综合评价模型构建

由上述可知,第1、2、3、4主成分已经基本保留了所有指标的原有信息,可以用4个变量 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 和 Z_4 代替原来的8个指标,则得出线性组合(其中 X_1 和 X_8 均为标准化的变量)分别为:

$$Z_1=0.440X_1-0.299X_2+0.275X_3-0.345X_4-0.299X_5-0.087X_6-0.440X_7-0.482X_8$$

$$Z_2=0.078X_1-0.343X_2-0.471X_3+0.110X_4+0.343X_5-0.700X_6-0.186X_7+0.020X_8$$

$$Z_3=-0.110X_1-0.576X_2+0.396X_3+0.624X_4-0.137X_5-0.041X_6+0.274X_7-0.121X_8$$

$$Z_4=0.490X_1-0.030X_2+0.285X_3-0.028X_4+0.775X_5+0.202X_6+0.186X_7-0.037X_8$$

同时,以所选取的第1、2、3、4主成分的方差贡献率 α_1 、 α_2 、 α_3 和 α_4 作为权数,构建综合评价模型 $F=\alpha_1Z_1+\alpha_2Z_2+\alpha_3Z_3+\alpha_4Z_4$ 。其中 F 为综合评价指数,分别代入,各得出6个综合评价 F 值(表5)。

表5 综合评价变量及F值

天数	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	F值
0	75.836	-59.513	4.153	-0.371	20.106
2	78.116	27.736	3.971	5.343	115.166
4	83.594	24.522	12.194	-8.625	111.686
6	22.186	6.219	-32.241	0.403	-3.433
8	-76.111	3.237	11.680	8.529	-52.664
10	-183.590	-2.186	0.233	-5.270	-190.813

从表5可看出,采后李果实的综合品质随着贮藏时间的延长而呈下降趋势。在贮藏的0~2天期间, F 值增加,说明这一阶段果实主要发生的是后熟过程;贮藏2~4天期间, F 值变化不大,可见,这一段时间果实已经完熟。贮藏4天后,果实 F 值快速下降,说明果实进入了衰老期,生理开始失调,品质迅速下降,这也与实际情况相一致。

3 讨论

通过主成分分析得出的结果与李果实贮藏过程中的品质变化情况基本一致。主成分分析法在李果实上的应用结果与张振文在芒果上的结果一致。虽然单项指标也可以简单地说明采后李果实品质的优劣,但存在片面性,甚至得出不正确的结论。例如,试验中,贮藏10天时,果实的SSC含量高于贮藏初期,但这并不能说明这些果实的品质比贮藏前期好,因为此时果实已经出现了明显的腐烂症状,且硬度出现了

大幅度的下降,此时综合评价指数 F 值很小,也正说明了此时的果实已经基本失去了食用品质。可见,主成分分析法通过分析事物的内在关系,抓住主要矛盾,找出主要因素,使所研究的问题简单化。通过分析可以看出常温贮藏条件下,能较好保持‘安哥诺’李果实品质的期限为4天。此外,在果实低温贮藏的过程中,不但需要考虑果实的贮藏期限,且果实品质的优劣是人们关心的问题,更是影响其贮藏后销售的一个重要因素。因此,可通过这一方法分析低温贮藏果实品质的变化情况,明确其合理的贮藏期限,以免不必要的经济损失。

4 结论

(1) F 值在贮藏的前4天为正值,之后变为负值,至贮藏10天时,达到最大负值。说明‘安哥诺’李果实在常温下的最长贮藏期限为4天,之后,果实的贮藏品质开始下降,至贮藏10天时,果实失去食用价值。

(2)主成分分析法可通过多个指标综合评判‘安哥诺’李果实的贮藏特性。

参考文献

- [1] 张玉荣,张秀华,周显青,等.主成分分析法综合评价大米的食味品质.河南工业大学学报,2008,29(5):1-5.
- [2] 詹秋文,江媛媛,张守栋,等.苏丹草与栽培高粱群体生物学性状的相关和主成分分析.热带作物学报,2003,24(4):67-73.
- [3] 谢军民,杜奇石,王树青,等.氨基酸主成分分析法及在蛋白质结构预测中的应用.天津师范大学学报,2005,25(1):1-5.
- [4] 林金成,强胜,吴海荣.外来入侵杂草空心莲子草对植物多样性的影响.农村生态环境,2005,21(2):28-32.
- [5] 鲍江峰,夏仁学,邓秀新,等.用主成分分析法选择组荷尔脐橙品质的评价因素.华中农业大学学报,2004,23(6):663-666.
- [6] 张剑,李梦琴,李林叶,等.主成分分析法在面条品质综合评价中的应用研究.浙江农业科学,2007,5:603-606.
- [7] 刘敏,谢晶.菠菜MAP保鲜及低温贮藏.湖北农业科学,2008,47(9):1073-1076.
- [8] 张振文,姚庆群.主成分分析法在芒果贮藏特性分析中的应用.亚热带植物科学,2005,34(2):25-28.
- [9] 黄伟坤.食品检验与分析.北京:中国轻工业出版社,1995:29-30,98-99.
- [10] 林桂荣,郭泳,付压文.新鲜果蔬Vc测定方法研究.北方园艺,1995,2:7.
- [11] 徐克学.生物数学.北京:科学出版社,1999:78.