

赵 奇,陈 刚,杨玉珍,等. 青椒生理指标与保鲜的灰色关联分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(7):314-316.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.07.092

青椒生理指标与保鲜的灰色关联分析

赵 奇,陈 刚,杨玉珍,雷志华,李玉华

(郑州师范学院生命科学系,河南郑州 450044)

摘要:使用丹皮液处理青椒,采用灰色关联分析法研究青椒质量损失率、果实硬度、可溶性固形物含量、相对电导率、叶绿素、维生素 C、可滴定酸、MDA、SOD、POD、CAT 等指标与保鲜感官评价的关联程度,并进行生理指标间的相对关联分析。结果发现,11 个指标与保鲜的关联度依次为:可溶性固形物含量(0.934 7) > SOD(0.907 4) > 叶绿素含量(0.903 5) > 硬度(0.894 6) > CAT(0.869 4) > 相对电导率(0.847 4) > MDA(0.810 6) > 可滴定酸(0.803 8) > 维生素 C(0.783 4) > 质量损失率(0.716 4) > POD(0.672 8)。此外,,电导率、硬度和质量损失率 3 个指标关系密切,营养品质指标中的可滴定酸与维生素 C 的关系密切。结果表明,进行青椒保鲜研究时,应加强强关联度指标的研究,适当舍弃弱关联指标,以提高研究效率。

关键词:青椒;保鲜;生理指标;灰色关联分析

中图分类号: S641.301 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)07-0314-03

青椒果实维生素 C 含量高,营养丰富^[1],是消费者餐桌常见的食材。青椒生产的季节性较强,地域差异明显,为了协调淡旺季、不同地域间供求矛盾,王淑琴等分别尝试了保鲜袋、保鲜剂、冷藏处理青椒,测定生理指标,依此来判断处理对青椒的保鲜效果^[2-4]。这些保鲜研究中常测的生理指标主要是抗氧化酶类、营养品质指标和商品外观形态指标,有 10 多个指标,在一定程度上体现了果实衰老的进程,但并非所有指标和果实保鲜都有密切关系。如果样品量大、处理较多时,完成所有指标检测的工作量很大或者试验周期内完成不了所有指标的测定。因此,有必要就生理指标对果实新鲜度影响力

进行排序,找出重要指标进行重点研究来提高研究的针对性。实际研究中,生理指标对果实新鲜度影响力方面却少有人涉及。本试验选用 1 种保鲜方法,用丹皮液来处理青椒,测定常规的生理指标,应用灰色系统理论研究生理指标与果实新鲜度的关系,对生理指标的影响力进行排序,为青椒和其他果蔬的保鲜研究提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

青椒:采购于毛庄蔬菜市场;丹皮:郑州师范学院实验基地移植的二年生丹凤的根;丹皮液:借鉴赵奇等的试验结果^[1,5],按照 1 g : 10 mL 的料液比分别用蒸馏、水煮、超声波处理丹皮粉制备提取液。

1.2 试验方法及测定项目

挑选同批次、均匀的青椒好果,根据赵奇等^[5]相关试验

收稿日期:2015-12-07

基金项目:河南省科技攻关支撑项目(编号:142102110178);河南省郑州市科技计划(编号:141PPTGG426)。

作者简介:赵 奇(1979—),女,河南西平人,硕士,讲师,主要从事生理生化与生物技术方面研究。E-mail:zhq_612@163.com。

他工艺的条件下,改变均质工艺,能很好地改善产品品质,提高产品合格率。经过多次检测,工艺改进后的产品在保质期第 7 天即最后 1 d,口感、组织状态、色泽、粒度仍比原工艺产品具有明显优势,酵母、霉菌数量十分相近。本研究中改进均质工序,只须增加 1 台均质机,费用不高,占地面积也不大,其他工序全部按原来参数进行,流水线延时不长。南阳农业职业学院绿白乳制品厂凝固型酸乳生产线在 2009 年就使用了上述改进后的工艺流程,效果很理想,工艺流程顺畅、成熟。

参考文献:

- [1]余 飞,陈云霞. 凝固型酸奶的发酵制作工艺研究[J]. 粮油食品科技,2013,21(1):71-75.
- [2]王桂桢,蔡花真,田 辉,等. 乳品加工技术[M]. 北京:中国质检出版社,2012:107-154.
- [3]黄 强,俞 琳,赵广生,等. 发酵条件对凝固型酸奶奶质地影响的研究[J]. 浙江科技学院学报,2013(6):441-446.

- [4]陆志春. 凝固型酸乳的加工及质量控制[J]. 中国乳业,2010(1):39-41.
- [5]李丽华,王红叶,贾军燕,等. 凝固型酸奶的制备和质量评价[J]. 中国乳品工业,2010,38(12):49-51.
- [6]朱俊平,王玉良,刘江海,等. 乳及乳制品质量检验[M]. 北京:中国计量出版社,2011:131-148.
- [7]吴祖兴,申晓琳,岳燕霞,等. 乳制品加工技术[M]. 北京:化学工业出版社,2010:56-70.
- [8]马汉军,秦 文,邓放明,等. 食品工艺学试验技术[M]. 北京:中国计量出版社,2009:89-110.
- [9]苏东海,苏东民,罗红霞,等. 乳制品加工技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,2010:124-149.
- [10]张志胜,李灿鹏,毛学英,等. 乳与乳制品工艺学[M]. 北京:中国质检出版社,2014:98-132.
- [11]农业职业技能培训教材编审委员会. 乳品检验员[M]. 北京:中国农业出版社,2004:36-58.

丹皮的蒸馏液、水煮液、超声波处理液分别浸泡青椒 10 min, 晾干后, 装入保鲜袋内, 每袋打 5 个通气孔, 储藏在 8 ℃ 的冰箱, 每个处理设置 3 个重复, 每个重复 30 个果, 12 d 时测定指标。

每处理随机抽取果实, 从上、中、下部取样, 用手持折光仪法^[6]测定可溶性固形物含量; 用 GY-1 型果实硬度计测定硬度; 用分光光度计法^[7]测定叶绿素含量; 用称质量法测定果实质量损失率; 用 2,6-二氯酚靛酚滴定法^[8]测定维生素 C 含量; 用邹琦的方法^[6]测定电导率; 用氮蓝四唑方法^[9]测定 SOD 活性; 用愈创木酚方法^[10]测定 POD 活性; 参照赵世杰等的方法^[11]测定 MDA; 用紫外吸收法^[12]测定 CAT 活性。

抽取郑州师范学院食品专业背景教师和学生共 8 人组成评分小组, 借鉴感官评价标准^[13], 分别对外观、色泽、腐变等感官品质进行打分, 每项 1~9 分, 商品品相越好, 得分越高。9 分: 果实饱满, 鲜嫩, 鲜绿色, 无脱水, 无腐烂褐变; 7 分: 果实较饱满, 较鲜嫩, 深绿至浅绿, 无明显脱水, 无明显腐烂褐变; 5 分: 果实有皱缩, 浅绿至浅黄, 稍瘪, 稍腐烂褐变; 3 分: 果实有皱缩, 浅黄, 有失水现象, 有 1 级腐烂; 1 分: 形态皱缩, 深黄, 腐烂褐变达 2 级以上。腐烂级别, 无腐烂为 0 级; 0~1/3 面积腐烂为 1 级; >1/3~2/3 面积腐烂为 2 级; >2/3~3/3 面积腐烂为 3 级。

1.3 分析方法

用 Excel 初步整理数据, 依据刘思峰等的灰色关联度分析要求^[14]将感官评价和 10 个指标视为 1 个灰色系统, 每个指标作为灰色系统中的 1 个因素。分析步骤如下:

(1) 确定参考序列(感官评价)为 $X_0^{(k)}$, $X_0^{(k)} = \{x_0^{(1)},$

$x_0^{(2)}, x_0^{(3)}, \dots, x_0^{(k)}\}$, 其余指标为比较序列 $X_i^{(k)}, X_i^{(k)} = \{x_i^{(1)}, x_i^{(2)}, x_i^{(3)}, \dots, x_i^{(k)}\}$ 。

(2) 初值化处理。原始数据的量纲(或单位)转换为可比较的数据序列。

$$X_i^{(k)} = X_i^{(k)} / \bar{X}_i \tag{1}$$

(3) 求差序列、最小差和最大差, 差序列:

$$\Delta i^{(k)} = |x_0^{(k)} - x_i^{(k)}| \tag{2}$$

$$\text{最小差为: } \min_k |x_0^{(k)} - x_i^{(k)}| \tag{3}$$

$$\text{最大差为: } \max_k |x_0^{(k)} - x_i^{(k)}| \tag{4}$$

(4) 计算关联系数和关联度:

$$\xi_{oi}(k) = \frac{\min_k |x_0^{(k)} - x_i^{(k)}| + \delta \max_k |x_0^{(k)} - x_i^{(k)}|}{|x_0^{(k)} - x_i^{(k)}| + \delta \max_k |x_0^{(k)} - x_i^{(k)}|} \tag{5}$$

式中: $\xi_{oi}(k)$ 是第 k 个时刻参考数据列与比较数据列的关联系数, δ 为灰数白化值。

$$\text{关联度: } r_{oi} = \frac{1}{n} \sum_k \xi_{oi}(k) \tag{6}$$

(5) 关联排序, 依据关联度数值大小进行排序。

2 结果与分析

2.1 青椒的生理指标对感官评价的影响

青椒的感官评价是在储藏期对青椒外部品质的评价, 反映了储藏期间青椒的保鲜效果。青椒的感官评价和生理指标数据见表 1。

表 1 青椒感官评价及生理指标

| 处理 | 感官评价 | 质量损失率 (%) | 硬度 (kg/cm ²) | 可溶性固形物 含量(%) | 相对电导率 (%) | 叶绿素含量 (mg/g) |
|-------|-------------|--------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|
| 超声波处理 | 52.8 ± 4.02 | 3.59 ± 0.05 | 4.38 ± 0.14 | 4.9 ± 0.06 | 25.95 ± 0.51 | 0.136 ± 0.006 |
| 水煮处理 | 53.2 ± 3.82 | 3.99 ± 0.03 | 4.4 ± 0.03 | 4.78 ± 0.2 | 26.98 ± 0.88 | 0.144 ± 0.005 |
| 蒸馏处理 | 52.9 ± 6.78 | 3.27 ± 0.04 | 4.63 ± 0.05 | 4.82 ± 0.08 | 24.4 ± 0.89 | 0.147 ± 0.004 |
| 空白对照 | 46.5 ± 3.81 | 5.45 ± 0.11 | 4.36 ± 0.08 | 4.52 ± 0.08 | 27.44 ± 1.03 | 0.122 ± 0.002 |

| 处理 | 维生素 C 含量 (mg/100 g) | 可滴定酸含量 (mmol/100 g) | MDA 含量 (μmol/g) | SOD 活性 (U/g) | POD 活性 [U/(g·min)] | CAT 活性 [U/(g·min)] |
|-------|------------------------|------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| 超声波处理 | 45.97 ± 1.08 | 0.91 ± 0.03 | 4.97 ± 0.11 | 3.26 ± 0.08 | 117.4 ± 1.85 | 9.89 ± 0.16 |
| 水煮处理 | 41.98 ± 1.41 | 0.86 ± 0.03 | 5.02 ± 0.13 | 3.36 ± 0.12 | 96.2 ± 1.97 | 9.36 ± 0.13 |
| 蒸馏处理 | 57.12 ± 0.39 | 1.23 ± 0.04 | 4.28 ± 0.08 | 3.68 ± 0.10 | 90.5 ± 1.54 | 11.01 ± 0.14 |
| 空白对照 | 44.33 ± 1.64 | 0.77 ± 0.07 | 5.64 ± 0.11 | 2.89 ± 0.13 | 63.3 ± 1.91 | 9.07 ± 0.14 |

以感官评价作为参考数列, 其他生理指标作为比较序列, 根据灰色系统理论公式(1)计算出初始项。再利用公式(2)计算出差序列, 依据公式(3)和公式(4)找出最小差和最大差, 代入公式(5)中计算出关联系数, 关联系数代入公式(6)中算出各指标与商品品相的关联度并进行排序(表 2)。

依据灰色关联分析理论, 关联度体现了各生理指标与参考数列的关系密切程度。关联度大的数列与参考数列关系密切, 关联度小的数列与参考数列关系不密切。各测定指标与商品品相感官评价的关联度值从大到小依次为: 可溶性固形物、SOD、叶绿素含量、硬度、CAT、电导率、MDA、可滴定酸含量、维生素 C 含量、质量损失率、POD(表 2)。

说明在本试验设置条件下, 对青椒商品品相的影响以可溶性固形物影响最大, 抗氧化酶 SOD 影响力紧随其后, 叶绿

表 2 青椒生理指标的关联度及关联排序

| 指指标 | 关联度 | 关联排序 |
|----------|--------|------|
| 质量损失率 | 0.7164 | 10 |
| 硬度 | 0.8946 | 4 |
| 可溶性固形物 | 0.9347 | 1 |
| 相对电导率 | 0.8474 | 6 |
| 叶绿素含量 | 0.9035 | 3 |
| 维生素 C 含量 | 0.7834 | 9 |
| 可滴定酸含量 | 0.8038 | 8 |
| MDA | 0.8106 | 7 |
| SOD | 0.9074 | 2 |
| POD | 0.6728 | 11 |
| CAT | 0.8694 | 5 |

素含量、硬度、CAT、电导率、MDA、可滴定酸含量、维生素 C 含

量、质量损失率、抗氧化酶 POD 的影响力依次减小。在对青椒的商品属性进行评价时,要加强关联度密切的生理指标的研究,根据研究的实际情况划分指标的主次,能显著提高评价的效率。试验结果表明,可溶性固形物、SOD、叶绿素含量、硬度、CAT、电导率、MDA、可滴定酸含量、维生素 C 含量与感官评价的关联度数值较大,关联度值大于 0.7,属于强关联,在评价时应重点研究。POD 酶关联度值小于 0.7,属于中等关联,可根据具体情况做兼顾或者舍弃。

2.2 青椒生理指标间的相互影响

2.2.1 商品外观形态指标和营养指标间的相对关联 将营

表 3 营养与形态指标的关联矩阵

| 指标 | 质量损失率 | 硬度 | 可溶性固形物 | 电导率 | 叶绿素含量 | 维生素 C | 可滴定酸 |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 质量损失率 | 1.000 0 | 0.858 0 | 0.870 9 | 0.825 5 | 0.876 4 | 0.908 2 | 0.960 6 |
| 硬度 | 0.858 0 | 1.000 0 | 0.982 6 | 0.954 7 | 0.975 5 | 0.938 5 | 0.888 6 |
| 可溶性固形物 | 0.870 9 | 0.982 6 | 1.000 0 | 0.938 8 | 0.992 6 | 0.954 3 | 0.902 6 |
| 电导率 | 0.825 5 | 0.954 7 | 0.938 8 | 1.000 0 | 0.932 4 | 0.898 8 | 0.853 4 |
| 叶绿素含量 | 0.876 4 | 0.975 5 | 0.992 6 | 0.932 4 | 1.000 0 | 0.961 1 | 0.908 6 |
| 维生素 C | 0.908 2 | 0.938 5 | 0.954 3 | 0.898 8 | 0.961 1 | 1.000 0 | 0.943 1 |
| 可滴定酸 | 0.960 6 | 0.888 6 | 0.902 6 | 0.853 4 | 0.908 6 | 0.943 1 | 1.000 0 |

2.2.2 抗氧化酶间的相对关联 与抗氧化酶 MDA 关系最密切的为 SOD 酶。与 CAT 酶关系最密切的酶为 MDA。故进行抗氧化酶系统研究时,MDA、SOD、CAT 这三者要做整体研究,对 POD 可作适当兼顾(表 4)。

表 4 抗氧化酶指标的关联矩阵

| 指标 | MDA | SOD | POD | CAT |
|-----|---------|---------|---------|---------|
| MDA | 1.000 0 | 0.965 6 | 0.746 2 | 0.961 6 |
| SOD | 0.965 6 | 1.000 0 | 0.764 3 | 0.929 8 |
| POD | 0.746 2 | 0.764 3 | 1.000 0 | 0.727 2 |
| CAT | 0.961 6 | 0.929 8 | 0.727 2 | 1.000 0 |

3 结论与讨论

青椒保鲜研究的测定指标一般包括:商品品相相关指标、营养品质方面的指标、内在生理指标。从 3 类指标中挑选最常用的 11 个指标进行感官评价影响力的分析,结果表明,归类为营养品质指标的可溶性固形物对青椒感官影响力最大,影响力最小的是抗氧化酶 POD,属于内在生理指标。综合 3 类中 11 个具体指标的影响力表现,可知营养品质指标和商品品相相关指标对感官评分影响较大,氧化酶类的总体影响力相对较弱。由此可以看出,在进行青椒商品属性评价时,应尽量选择关联度密切的营养品质指标和品相指标进行研究。对商品评价影响力弱的指标可视具体情况做兼顾或者舍弃。

生理指标间的相对关联结果体现了指标间的关联密切程度。青椒商品外观生理指标与营养指标表现出极强的关联度数值,表明研究任一类指标时都要兼顾到另一类指标的检测。如果单独研究青椒商品外观生理指标时,要考虑到关系密切的电导率、硬度、质量损失率,做到三者兼顾。如果单独研究营养指标时,要选择维生素 C 和可滴定酸共同研究。单独研究抗氧化酶类时,要进行 MDA、SOD 和 CAT 的整体研究,关

养指标和与商品外观相关的形态指标放在一起,分别作为参考数列,其他生理指标作为比较数列,计算各指标之间的关联度,构建关联度矩阵(表 3)。与质量损失率关系密切的指标为可滴定酸和维生素 C。与硬度关系密切的指标为可溶性固形物和叶绿素含量。与电导率关系密切的指标为硬度和可溶性固形物。与叶绿素含量关系密切指标为可溶性固形物和硬度。与维生素 C 关系密切的指标有叶绿素含量、可滴定酸和可溶性固形物(表 3)。关联度矩阵的数值均大于 0.7,属于强关联关系,进一步说明了此类生理指标彼此间影响较大,研究时要整体考虑,不能轻易舍弃某个指标。

注此 3 个指标间的相互影响。

参考文献:

[1]赵 奇,李玉华,杨玉珍,等. 油用牡丹皮液对青椒丙二醛含量及抗氧化酶活性的影响[J]. 北方园艺,2015(5):144-147.

[2]王淑琴,张庆芳,赵春艳,等. 不同保鲜袋对尖椒储藏效果的影响[J]. 储藏与加工,2001(3):18-19.

[3]吕建国. 保鲜剂和储藏温度对青椒果实采后生理和储藏品质的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2009.

[4]赵迎丽. 辣椒果实采后生理及冷害机理的研究[D]. 太原:山西大学,2002.

[5]赵 奇,杨玉珍,郭运宏,等. 油用牡丹皮提取液对青椒的保鲜效应[J]. 食品工业科技,2015,36(2):339-342.

[6]邹 琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000:11-15,94-96.

[7]陈发河,张维一,吴光斌. 甜椒果实冷藏方法的研究[J]. 食品科学,2000,21(8):53-56.

[8]高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 北京:世界图书出版公司,2000:99-101.

[9]吕建国. 保鲜剂和储藏温度对青椒果实采后生理和储藏品质的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2009:28.

[10]李 玲. 植物生理学模块实验指导[M]. 北京:科学出版社,2009:97-98.

[11]赵世杰,许长成,邹 琦,等. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯,1994,30(3):207-210.

[12]李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:168-169.

[13]Xing Y,Li X,Xu Q,et al. Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper(*Capsicum annuum* L.)[J]. Food Chemistry,2011,124(4):1443-1450.

[14]刘思峰,杨英杰,吴利丰,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 开封:河南大学出版社,1991.