

基于主成分分析验证气调对番茄品质的影响

虞新新¹, 吕恩利^{1,2}, 陆华忠^{1,2}, 王广海¹, 黄浩¹

(1. 华南农业大学工程学院, 广东广州 510642)

(2. 华南农业大学南方农业机械与装备关键技术教育部重点实验室, 广东广州 510642)

摘要: 研究低温环境下不同体积分数的混合气体对番茄感官品质、营养价值的影响。以番茄作为试验研究对象, 通过预冷处理, 选择开孔率 5% 的聚乙烯食品包装袋包装, 放在温度为 8 °C CO₂ 体积分数为 6% 的气调箱内, 用 N₂ 调节 O₂ 体积分数为 2%、4%、6%、8% 和 10%。每隔 2 d 检测一次番茄品质 (质量损失率、色差 L* 值、TSS、TA 及主观评价) 之后对 6 个评价指标进行标准化处理, 采用主成分分析法建立得分函数, 并用传统感官评价验证得分模型。试验研究表明: 4% O₂+6% CO₂ 气调环境下番茄各项指标可以维持较好的水平。综合函数评价得分显示在长期气调保鲜过程中, 低氧环境有利于番茄保持较高品质。传统感官评价方式与综合函数有一致性。主成分分析法表明 4% O₂+6% CO₂ 的气调环境下具有较高的得分水平, 可以显著维持保鲜过程中番茄的营养价值, 并延长气调保鲜周期。

关键词: 番茄; 气调; 主成分分析法; 气体浓度; 品质

文章编号: 1673-9078(2017)7-254-260

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.7.036

Impact of Air on the Quality of Tomato Based on Principal Component Analysis and Validation

YU Xin-xin¹, LV En-li^{1,2}, LU Hua-zhong^{1,2}, WANG Guang-hai¹, HUANG Hao¹

(1. College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China) (2. Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The effects of mixed gases with different volume fractions in the low temperature environment on the sensory quality and nutritional value of tomato were studied. Tomato was used as the experimental model, and the samples were processed by precooling treatment, packed in polyethylene food packaging bags with an open cell content of 5%, and placed in a controlled atmospheric chamber at 8 °C with the carbon dioxide volume fraction of 6%. Nitrogen was used to adjust the oxygen volume fraction at 2, 4, 6, 8, or 10%. After the quality indexes of tomato (weight loss rate, color difference L* value, total soluble solids (TSS) content, titratable acidity (TA), and subjective evaluation) were measured every two days, the data of six evaluation indexes were processed by a standardized method, principal component analysis (PCA) method was used to establish the score function, and the traditional sensory evaluation was performed to validate the score model. The experimental results showed that the indexes of tomato could be maintained at a good level under 6% carbon dioxide+4% oxygen controlled atmospheric environment. The comprehensive function evaluation score indicated that in the process of long-term preservation under controlled atmosphere, the low oxygen environment was conducive for the maintenance of the high quality of tomato. The results from the traditional sensory evaluation method were consistent with those from the comprehensive function analysis. The PCA method indicated that the 6% carbon dioxide+4% oxygen controlled atmospheric environment had a relatively high score level, and could maintain the nutritional value of the tomato during the preservation and thereby improve the preservation quality.

Key words: tomato; controlled atmosphere; principal component analysis (PCA); gas concentration; quality

收稿日期: 2016-12-03

基金项目: 国家科技支撑计划课题 (2015BAD18B0301); 国家自然科学基金项目 (31571561); 现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-33-13)

作者简介: 虞新新 (1992-), 男, 在读硕士, 从事果蔬冷链物流技术与装备研究

通讯作者: 吕恩利 (1979-), 男, 博士, 教授, 从事冷链物流技术与装备研究

番茄又名西红柿, 原产南美洲等西部太平洋一带, 重要的蔬菜作物之一^[1], 因其较高的营养价值较高、价格低廉、商品性状和风味口感较优, 深受消费者青睐^[2], 番茄的这一特点要求其在贮藏和运输过程中必须采取适当的措施, 延长其保鲜品质和货架期, 对于番茄保鲜品质的研究还在不断深化中; 目前, 国内外学者针对番茄品质的研究做了大量工作, 通过不同的

手段、方法以期延长货架期品质；其中史孟凡^[3]通过研究二氧化氯溶液清洗对覆膜包装樱桃番茄货架品质的影响，提出使用 20 mg/L ClO_2 溶液清洗 5 min 延长番茄货架期及品质；高恩元^[4]对比三种番茄运输方式得出运输时间与番茄品质的关系；张静^[5]研究了 60 个品种番茄品质与形状之间的关系；吴雪^[6]采用模糊数学隶属函数法对不同品种番茄品质进行了综合分析。张传伟^[7]通过对番茄预冷和运输研究了相关评价指标，针对不同品种之间的番茄通过主成分分析法^[8]分析了各番茄品种之间的相关性，对品种改良有一定的参考价值。以上文献对于番茄保鲜品质的研究，主要集中在采后销售环节化学处理、保鲜运输方式、品种与品质关系，而对于气调过程中气体组分变化对番茄保鲜品质影响研究相对缺乏。气调保鲜是目前最先进的保鲜方式之一，气调保鲜工作原理主要是通过控温、控湿、调节气体组分来维持较长时间内果蔬保持一个较佳的风味品质，本试验研究气调期不同体积分数气体浓度对番茄品质的影响，通过调节不同的气体组分，采用主成分分析法分析不同气调阶段番茄各评价指标之间的关系，建立综合评价函数探讨验证气调环境气体浓度对番茄品质的影响^[9]。为指导番茄气调保鲜仓储提供参考价值，以期提高番茄气调期保鲜品质^[10]，延长番茄贮藏周期。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验番茄果实成熟度为 8~9 成。购买于果蔬批发市场，立即运回试验室，去除伤果、病果，采用冰块调制而成的冷水（温度 6~8 °C）将番茄浸泡 10~15 min（彻底预冷）；然后再用 500 $\mu\text{L/L}$ 体积分数的施保克冷水浸泡 2 min（灭菌处理），晾干后备用^[16]。试验包装袋采用 5% 开孔率、大小相同的包装袋，对番茄进行袋装处理（每袋 12 颗 130 g 左右，大小均匀，色泽明亮）。

1.2 试验平台

试验平台为液氮充注式气调保鲜平台，其结构见图 1（长×宽×高：2.38 m×1.28 m×1.40 m）。厢体由聚氨酯泡沫夹芯板拼接而成，厢体壁厚 100 mm^[11]。可编程控制器（SIMENS S7-300 型 PLC）根据传感器系统采集的厢体环境信息，控制执行机构的开启与关闭，调节运输厢体内的温度、相对湿度、氧气体积分数在所需要的范围内，气调厢内放置有大小规格相同的玻璃罐（容积 10 L），玻璃罐用橡胶塞密封。

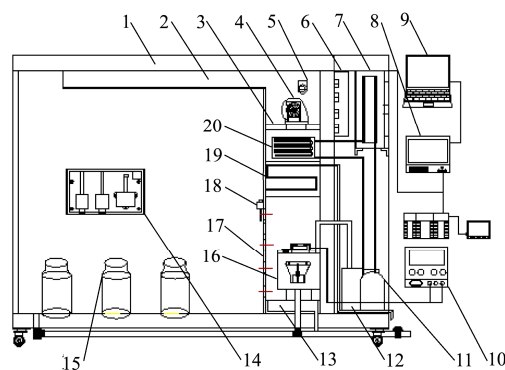


图 1 气调保鲜平台结构图

Fig.1 Schematic diagram of the modified atmosphere platform structure

注：1.箱体；2.回风道；3.风机安装版；4.风机；5.进气阀；6.继电器盒；7.冷凝器；8.控制面板；9.计算机；10.记录仪；11.压缩机；12.补水箱；13.积水槽；14.传感器盒；15.气调瓶；16.加湿器；17.开孔隔板；18.加水槽；19.蒸发器；20.气化盘管。

1.3 试验设计

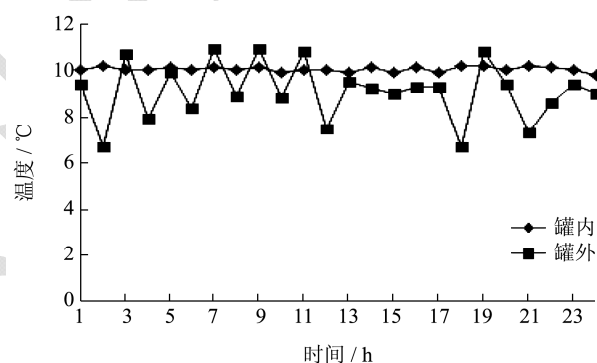


图 2 罐内外温度变化

Fig.2 Temperature changes recorded both inside and outside the jars

在温度为 8 °C 环境下，气调厢内放置配有不同体积分数气体的玻璃罐，在保证气密性良好前提下玻璃罐采用橡胶塞密封，在橡胶塞上插有配有单向阀的导管，便于向罐内充注气体；将做好标记的袋装的番茄分别放在对应的玻璃罐内，气体经过混合配比器通过导管进入罐内，试验采用 checkpoint 气体分析仪定期检测罐内气体浓度，实时微调，气体调节好后及时关闭橡胶塞上配有的单向阀，放入气调厢控温贮藏，确保整个保鲜周期罐内气体体积分数保持相对稳定。试验设计在 5 种不同气体浓度下进行，分别为 6% CO_2 与 2%、4%、6%、8% 和 10% O_2 一一搭配；试验过程中气体体积分数调节采用 N_2 来调节罐内 O_2 浓度，通过充入 N_2 把 O_2 体积分数降低^[12]；调节 CO_2 浓度则通过充入高浓度的 CO_2 气体^[14]。试验共进行 14 d，每隔

2 d 从罐内取出番茄进行指标检测,并观察罐内温度与气调箱内温度变化(图2记录了24 h 温度变化)。

1.4 指标检测

对比参考文献中介绍的番茄品质检测指标^[17],选取最具有代表性的几个项目作为评价品质优劣,分别是:质量损失率、色差L*值、主观评价得分、可溶性固形物(TSS)、硬度、可滴定酸(TA)。其中质量损失率:采用电子称对番茄果实进行称重,失重率(%)=(原始果重-检测时果重)/原始果重×100;果皮色差:采用色差计测定荔枝果皮的L*、a*和b*值。试验采用CR-400型全自动测色差仪;硬度:采用FHM-1手持式硬度计测定;可溶性固形物(TSS)含量:随机选取3颗番茄,挤压果肉取汁,采用折射计测定待测果汁中的可溶性固形物含量。试验采用PrR-32α型数字式折射计(测量范围0~32%,最小刻度0.1%,日本爱拓中国分公司);可滴定酸(TA)含量:检测样本为可溶性固形物检测后剩余的果汁,采用碱滴定法测定待测果汁中的可滴定酸含;主观评价得分:采用打分制,标准选取5,打分表见1。

表1 番茄主观评分标准

Table 1 Sensory evaluation standard for tomato

得分	价值	评定指标
5	优秀	外观红润颜色鲜艳, 硬度适中
4	良好	颜色轻微变深, 硬度下降, 色泽一般
3	有商品性	局部变软, 表皮稍有萎蔫, 颜色较深
2	无商品性	色泽暗淡, 深褐色, 进一步变软
1	不可食用	完全萎蔫, 出现斑点

1.5 番茄品质评价模型建立

在研究食品品质综合评价模型时,为不遗漏品质信息往往尽可能多的考虑品质指标,品质指标数量的增加加大了评价体系建模难度,主成分分析法采用降维思想,有效的简化了评价函数建立的复杂性。

将n种不同气体浓度气调环境的p个番茄品质评价指标组成番茄气调保鲜品质评价指标^[18]矩阵X

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix}$$

其中 x_{ij} 为对相应指标原始数据数值。

由于果蔬评价指标多而量纲不同,为了能够进行不同品质之间进行比较,必须对原始数据进行极差化转化,转换成没有量纲的数据,方便不同变量之间进行比较。通过对原始数据标准化处理得到相关矩阵Z,

通过计算可以得到关于矩阵Z的相关系数矩阵表达式R,求解 $|R-\lambda I|=0$ 可得到P个特征根,分别为 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$, a_1, a_2, \dots, a_p 为每个特征根所对应的特征向量, Y_i 可以表示成为:

$$Y_1 = a_{11}Z_1 + a_{21}Z_2 + \dots + a_{p1}Z_p$$

$$Y_2 = a_{12}Z_1 + a_{22}Z_2 + \dots + a_{p2}Z_p$$

$$Y_p = a_{1p}Z_1 + a_{2p}Z_2 + \dots + a_{pp}Z_p$$

在主成分分析中,有p个主成分,选取m(累积方差贡献率 $\geq 85\%$)个,一般 $m < P$ 。累积方差贡献率 b_i 表达式:

$$b_i = \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i}$$

综合评价函数^[19]的构建是以方差贡献率 b_i 为权重系数构建的一个得分模型F,按照F值的大小对各种不同气调环境下番茄保鲜品质进行综合评价^[20]。综合评价函数F:

$$F = b_1Y_1 + b_2Y_2 + \dots + b_mY_m$$

1.6 试验数据处理

采用主成分分析法^[21]对试验结果研究,利用SPSS 19.0、Excle 2010对数据处理,通过综合评价函数对品质进行评分。

2 结果与讨论

2.1 数据处理

试验进行14 d气调,每隔2 d检测1次番茄相关品质。在番茄的6个评价指标中,质量损失率越大,则番茄品质越差;而其他5个指标则恰恰相反,测定值越大表明番茄的品质越好。因此,在进行主成分分析时必须对番茄指标中的质量损失率取倒数,然后再进行极差标准化处理^[22]按照累积方差贡献率大于85%的原则,利用SPSS 19.0对相关数据标准化处理后计算相关系数矩阵、特征值、方差贡献率。利用累积方差贡献率 $\geq 85\%$ 的原则提取主成分并计算相关主成分系数,其中特征值和累计方差贡献率如表2,主成分系数如表3。

从表2可以看出,对于不同气体浓度气调保鲜环境下2 d后,主成分1的累计方差贡献率达到了90.188%;对于气调4 d后主成分1的方差贡献率为94.129%;气调6 d后主成分1方差贡献率94.302%;气调8 d后主成分1方差贡献率85.453%;气调10 d后主成分1方差贡献率87.618%;气调14 d后主成分1的方差贡献率95.923%,几乎包含了番茄所有品质

指标的信息。

表 2 不同气调时间下番茄品质的主成分特征值和累计方差贡献率

Table 2 Principal component eigen values and cumulative variance contribution rate of tomato quality after different periods of controlled atmosphere treatment

时间/d	主成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
2	1	5.411	90.188	90.188
4	1	5.653	94.219	94.219
6	1	5.238	87.296	87.296
8	1	5.658	94.302	94.302
10	1	5.127	85.453	85.453
12	1	5.257	87.618	87.618
14	1	5.755	95.923	95.923

表 3 不同气调时间下番茄品质指标的主成分系数

Table 3 Principal component factor of tomato quality after different days of controlled atmosphere treatment

时间/d	主成分	质量损失率	色差 L*值	TSS 含量	TA 含量	硬度	主观评价
2	1	0.173	0.162	-0.179	0.176	0.179	0.182
4	1	-0.177	0.175	0.167	-0.161	0.177	0.174
6	1	-0.178	0.180	0.183	0.161	0.181	0.186
8	1	0.172	0.176	0.168	0.176	0.162	0.175
10	1	0.192	0.185	0.186	0.179	0.190	0.147
12	1	0.164	0.187	0.179	0.184	0.162	0.189
14	1	0.173	0.173	0.173	0.172	0.163	0.167

表 4 不同气调时间下番茄保鲜品质的综合评价结果及验证

Table 4 Evaluation results of quality fresh tomato and verification

时间	O ₂ 体积分数	综合得分	感官评价	时间	O ₂ 体积分数	综合得分	感官评价
2	2	1.053	4.83	10	2	0.807	3.92
	4	0.926	4.80		4	1.213	4.13
	6	-0.136	4.71		6	-0.124	3.83
	8	-0.522	4.67		8	-0.768	3.79
	10	-1.32	4.60		10	-1.128	3.68
4	2	0.889	4.70	12	2	0.896	3.70
	4	1.02	4.80		4	1.085	3.82
	6	0.045	4.62		6	-0.061	3.51
	8	-0.617	4.56		8	-0.665	3.31
	10	-1.337	4.50		10	-1.255	3.23
6	2	0.808	4.60	14	2	0.887	3.53
	4	1.077	4.65		4	1.179	3.64
	6	0.053	4.56		6	-0.242	3.21
	8	-0.577	4.45		8	-0.686	3.12
	10	-1.361	4.40		10	-1.138	3.03
8	2	0.844	4.30				
	4	1.197	4.34				
	6	-0.215	4.13				
	8	-0.647	4.02				
	10	-1.179	3.91				

2.2 综合评价函数

根据计算所得的主成分系数与对应评价指标标准化后的结果乘积,可得到不同气调时间下1个主成分相关评价函数^[23]。

(1) 对于气调 2 d 后, 1 个主成分线性表达式为:
 $Y_1=0.173 \times Z(\text{质量损失率})+0.162 \times Z(\text{色差 } L^* \text{ 值})-0.179 \times Z(\text{TSS 含量})+0.176 \times Z(\text{TA 含量})+0.179 \times Z(\text{硬度})+0.182 \times Z(\text{主观评价});$

(2) 对于气调 4 d 后, 1 个主成分线性表达式为:
 $Y_2=-0.177 \times Z(\text{质量损失率})+0.175 \times Z(\text{色差 } L^* \text{ 值})+0.167 \times Z(\text{TSS 含量})-0.161 \times Z(\text{TA 含量})+0.177 \times Z(\text{硬度})+0.174 \times Z(\text{主观评价}).$

(3) 对于气调 6 d 后, 1 个主成分线性表达式为:
 $Y_3=-0.178 \times Z(\text{质量损失率})+0.180 \times Z(\text{色差 } L^* \text{ 值})+0.183 \times Z(\text{TSS 含量})+0.161 \times Z(\text{TA 含量})+0.177 \times Z(\text{硬度})+0.174 \times Z(\text{主观评价});$

(4) 对于气调 8 d 后, 1 个主成分线性表达式为:
 $Y_4=0.172 \times Z(\text{质量损失率})+0.176 \times Z(\text{色差 } L^* \text{ 值})+0.168 \times Z(\text{TSS 含量})+0.176 \times Z(\text{TA 含量})+0.162 \times Z(\text{硬度})+0.175 \times Z(\text{主观评价});$

(5) 对于气调 10 d 后, 1 个主成分线性表达式为:
 $Y_5=0.192 \times Z(\text{质量损失率})+0.185 \times Z(\text{色差 } L^* \text{ 值})+0.186 \times Z(\text{TSS 含量})+0.179 \times Z(\text{TA 含量})+0.190 \times Z(\text{硬度})+0.147 \times Z(\text{主观评价});$

(6) 对于气调 12 d 后, 1 个主成分线性表达式为:
 $Y_6=0.164 \times Z(\text{质量损失率})+0.187 \times Z(\text{色差 } L^* \text{ 值})+0.179 \times Z(\text{TSS 含量})+0.184 \times Z(\text{TA 含量})+0.162 \times Z(\text{硬度})+0.189 \times Z(\text{主观评价});$

(7) 对于气调 14 d 后, 1 个主成分线性表达式为:
 $Y_7=0.173 \times Z(\text{质量损失率})+0.173 \times Z(\text{色差 } L^* \text{ 值})+0.173 \times Z(\text{TSS 含量})+0.172 \times Z(\text{TA 含量})+0.163 \times Z(\text{硬度})+0.167 \times Z(\text{主观评价}).$

将标准化处理过后的数据代入对应的综合评价函数 F 中, 计算出番茄在不同阶段不同气调环境的保鲜品质得分, 具体得分见表 4。

番茄综合评价得分与传统感官评价得分变化趋势具有高度的一致性。

2.3 讨论与分析

本试验通过建立不同试验天数下番茄气调保鲜品质评价模型, 分析在气调过程中气体组分对番茄保鲜品质的影响比较各天的的气调综合评价得分, 可以发现不同气调环境下气体体积分数的改变对番茄的保鲜品质有一定的影响, 低氧气调环境下更加有利于番茄

各项指标维持相对较好的水平。出现这种现象的原因是因为在低氧环境下番茄体内的呼吸作用得到了有效的抑制作用, 蒸腾作用减弱有利于番茄保持较好的硬度和较小的质量损失率; 呼吸作用被抑制后相关酶的活性降低, 番茄体内相关物质沉淀分解量减少, 可溶性固形物和可滴定酸维持相对较高的水平; 番茄品质和营养价值能够长时间保持较好的水平, 结合传统感官评价得分与综合函数得分进行对比^[24], 在低氧环境下综合评价得分高, 感官评价得分大, 不同时期得分有效的验证了这种得分趋势的正确性, 显示番茄具有较高的品质水平和商品价值。

3 结论

3.1 番茄不同评价指标之间存在一定的相关性。在不同气体浓度气调保鲜环境下, 通过主成分分析法, 按照累计方差贡献率 $\geq 85\%$ 原则, 可以抽取到主成分个数是 1 个, 综合评价函数显示气调期各阶段评价得分波动较小。

3.2 综合评价得分显示, 低 O_2 调明显好于高 O_2 气调环境, 符合番茄生理特点, 与前人研究的结果保持着一致性。但是对于长期气调保鲜来说, 并不是 O_2 越低越好, 长时间抑制番茄生理特性不利于番茄相关品质的保持。4%左右的 O_2 浓度表现出较高的营养价值和品质评价得分。

3.3 采用主成分分析法, 快速便捷的将多指标问题转化成简单的数学模型, 直观详细的为气调环境决策提供参考意见。

3.4 比较综合评价函数计算出的得分结果与感官评价得分, 所得结果具有高度的一致性, 所反映的趋势总体是一样的。

3.5 鉴于番茄相关品质指标变化幅度不大, 为更好地研究番茄在整个保鲜过程中经济性, 本试验应该添加计算相关能耗, 建立品质与能耗之间关系, 探究在品质变化接受范围内成本最小化, 对保鲜过程中提供参考意见。

参考文献

- [1] 高铭, 纪淑娟, 程顺昌, 等. 不同浓度 CO_2 对箱式气调贮藏树莓保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技 2012, 33(12): 341-343
GAO Ming, JI Shu-juan, CHENG Shun-chang, et al. Effects of different concentrations of CO_2 on the box type gas storage fresh-keeping effect of raspberry [J]. Food Industry Science and Technology, 2012, 33(12): 341-343
- [2] 王晓静, 梁燕, 徐加新, 等. 番茄品质性状的多元统计分析[J]. 西北农业学报, 2010, 19(9): 103-108

- WANG Xiao-jing, LIANG Yan, XU Jia-xin, et al. Multivariate statistical analysis of quality characters of tomato [J]. Journal of Northwest Agriculture, 2010, 19(9): 103-108
- [3] 史孟凡,尹明安,沈建鹏,等.二氧化氯溶液清洗对覆膜包装樱桃番茄货架品质的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(11):105-112
SHI Meng-fan, YIN Ming-an, SHEN Jian-peng, et al. Effect of chlorine dioxide solution cleaning on shelf quality of cherry tomato with plastic film packaging [J]. Journal of Northwest Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition), 2013, 41(11): 105-112
- [4] 高恩元,荆华乾.番茄冷链运输保鲜技术研究[J].制冷技术,2014,5:49-53
GAO En-yuan, JING Hua-qian. Study on the technology of cold chain transportation of tomato [J]. Journal of Refrigeration Technology, 2014, 5: 49-53
- [5] 张静,常培培,梁燕,等.樱桃番茄主要品质性状的主成分分析与综合评价[J].北方园艺,2014,21:1-7
ZHANG Jing, CHANG Pei-pe, LIANG Yan, et al. Principal component analysis and comprehensive evaluation of main quality characters of cherry tomato [J]. North Garden, 2014, 21: 1-7
- [6] 吴雪,王坤元,牛晓丽,等.番茄综合营养品质指标构建及其对水肥供应的响应[J].农业工程学报,2014,30(7):119-127
WU Xue, WANG Kun-yuan, NIU Xiao-li, et al. Comprehensive nutritional quality index for tomato construction and its response to water and fertilizer supply [J]. Journal of Agricultural Engineering, 2014, 30(7): 119-127
- [7] 张伟伟,宋述尧,赵春波,等.不同品种番茄营养品质分析与评价[J].中国蔬菜,2011,1(18):68-73
ZHANG Chuan-wei, SONG Shu-yao, ZHAO Chun-bo, et al. Analysis and evaluation of nutritional quality of different varieties of tomato [J]. Journal of Chinese Vegetables, 2011, 1(18): 68-73
- [8] 林海明,杜子芳.主成分分析综合评价应该注意的问题[J].统计研究,2013,30(8):25-31
LIN Hai-ming, DU Zhi-fang. A comprehensive evaluation of principal component analysis of the problems should be paid attention to [J]. Statistical Study, 2013, 30(8): 25-31
- [9] 赵迎丽,王春生,王亮,等.不同气调贮藏方式对大久保桃冷藏后品质的影响[J].华北农学报,2010,25(5): 234-238
ZHAO Ying-li, WANG Chun-sheng, WANG Liang, et al. Effects of different gas storage methods on the quality of Okubo Momoreikura [J]. North China Agriculture, 2010, 25(5): 234-238
- [10] 刘晓丹,谢晶.番茄的质量因子分析及货架寿命预测[J].食品科技,2006,31(9):65-68
LIU Xiao-dan, XIE Jing. Tomato quality factor analysis and shelf life prediction [J]. Journal of Food Science and Technology, 2006, 31(9): 65-68
- [11] 吕恩利,陆华忠,罗锡文,等.果蔬气调保鲜运输车的设计与试验[J].农业工程学报,2012,28(19): 9-16
LV En-li, LU Hua-zhong, LUO Xi-wen, et al. Design and experiment of modified atmosphere storage transport vehicle for fruits and vegetables [J]. Journal of Agricultural Engineering, 2012, 28(19): 9-16
- [12] 王广海,吕恩利,陆华忠,等.基于 PLC 的果蔬气调保鲜环境自动调控系统的设计[J].江苏农业科学,2015,43(3):368-372
WANG Guang-hai, LV En-li, LU Hua-zhong, et al. Design of automatic control system of air conditioning and fresh keeping of fruits and vegetables based on PLC [J]. Journal of Jiangsu Agricultural Science, 2015, 43(3): 368-372
- [13] 韩小孩,张耀辉,孙福军,等.基于主成分分析的指标权重确定方法[J].四川兵工学报,2012,33(10):124-126
HAN Xiao-hai, ZHANG Yao-hui, SUN Fu-jun, et al. Based on the principal component analysis method to determine index weight [J]. Journal of Sichuan Armaments Factories, 2012, 33(10): 124-126
- [14] 杨信廷,钱建平,孙传恒,等.农产品及食品质量安全追溯系统关键技术研究进展[J].农业机械学报,2014,45(11):212-222
YANG Xin-ting, QIAN Jian-ping, SUN Chuan-heng, et al. Research progress on key technologies of agricultural products and food quality safety traceability system [J]. Journal of Agricultural Machinery, 2014, 45(11): 212-222
- [15] 王相友,李霞,王娟,等.气调包装下果蔬呼吸速率研究进展[J].农业机械学报,2008,39(8): 94-100
WANG Xiang-you, LI Xia, WANG Juan, et al. Research progress on respiration rate of fruits and vegetables under modified atmosphere packaging [J]. Journal of Agricultural Machinery, 2008, 39(8): 94-100
- [16] 王宝刚,侯玉茹,李文生,等.自动自发气调箱贮藏对甜樱桃品质及抗氧化酶的影响[J].农业机械学报,2013,44(1):137-141
WANG Bao-gang, HOU Yu-ru, LI Wen-sheng, et al. Effect of storage on quality and antioxidant enzymes of sweet cherry by automatic gas tank storage [J]. Journal of Agricultural Machinery, 2013, 44(1): 137-141
- [17] 余定浪,王玮琪,孙昊,等.不同处理对番茄货架期品质变化

- 的影响[J].食品科技,2014,4:32-36
- YU Ding-lang, WANG Wei-qi, SUN Hao, et al. Effects of different treatments on the quality of Tomato during shelf life [J]. Journal of Food Science and Technology, 2014, 4: 32-36
- [18] 公丽艳,孟宪军,刘乃侨,等.基于主成分与聚类分析的苹果加工品质评价[J].农业工程学报,2014,30(13):276-285
- GONG Li-yan, MENG Xian-jun, LIU Nai-qiao, et al. Based on the principal components and cluster analysis of apple processing quality evaluation [J]. Journal of Agricultural Engineering, 2014, 30(13): 276-285
- [19] 何亮.主成分分析在 SPSS 中的应用[J].山西农业大学学报,2007,6(S1):20-22
- HE Liang. The application of principal component analysis in SPSS [J]. Journal of Shanxi Agricultural University, 2007, 6(S1): 20-22
- [20] 陈贤,吴兴恩,杨德,等.主成分权重法在番茄果实商品性综合评价上的应用探讨[J].吉林农业科学,2008,33(4):49-52
- CHEN Xian, WU Xing-en, YANG De, et al. Application of the principle of decentralization in the comprehensive evaluation of tomato fruits [J]. Journal of Jilin Agricultural Science, 2008, 33(4): 49-52
- [21] 公丽艳,孟宪军,刘乃侨,等.基于主成分与聚类分析的苹果加工品质评价[J].农业工程学报,2014,30(13):276-285
- GONG Li-yan, MENG Xian-jun, LIU Nai-qiao, et al. Based on the principal components and cluster analysis of apple processing quality evaluation [J]. Journal of Agricultural Engineering, 2014, 30(13): 276-285
- [22] 傅隆生,宋思哲,等.基于主成分分析和聚类分析的海沃德猕猴桃品质指标综合评价[J].食品科学,2014,35(19):6-10
- FU Long-sheng, SONG Si-zhe. Based on principal component analysis and cluster analysis of hayward kiwi fruit quality index comprehensive evaluation [J]. Journal of Food Science, 2014, 35(19): 6-10
- [23] 张传伟,宋述尧,赵春波,等.不同品种番茄营养品质分析与评价[J].中国蔬菜,2011,1(18):68-73
- ZHANG Chuan-wei, SONG Shu-yao, ZHAO Chun-bo, et al. Analysis and evaluation of nutritional quality of different varieties of tomato [J]. Journal of Chinese Vegetables, 2011, 1(18): 68-73
- [24] 裴娇艳.番茄果实采后品质特性变化及预测模型研究[D].南京:南京农业大学,2010
- PEI Jiao-yan. Tomato postharvest quality characteristics change and forecast model research [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010
- [25] Buttery R G, Seifert R M, Guadagni D G, et al. Characterization of additional volatile components of tomato [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1979, 19(19): 524-529

(上接第 288 页)

- [19] 陈若恒,谭志熹,张秋丽.荔湾区茶叶批发市场普洱茶中黄曲霉毒素 B₁ 污染调查[J].中国卫生检验杂志,2014,24(14): 2088-2093
- CHEN Ruo-heng, TAN Zhi-xi, ZHANG Qiu-li. Contamination of aflatoxin B₁ in Pu'er tea from tea wholesale market of Liwan district [J]. Chin. J. Health Lab. Tec., 2014, 24(14): 2088-2093
- [20] 刘慧妍,王华,罗达龙,等.高效液相色谱-串联质谱法测定六堡茶中黄曲霉毒素 B₁ 的研究[J].蛇志,2015,27(4):350-351
- LIU Hui-yan, WANG Hua, LUO Da-Long. Determination of aflatoxin B₁ in Liubao tea by HPLC-tandem mass spectrometry [J]. Journal of Snake, 2015, 27(4): 350-351
- [21] 刘妍,谭贵良,刘子雄,等.发酵茶中多种真菌毒素超高效液相色谱-串联质谱法的测定[J].现代食品科技,2016,32(8): 322-327
- LIU Yan, TAN Gui-liang, LIU Zi-xiong, et al. Determination of various mycotoxins in fermented tea by ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(8): 322-327
- [22] 莫瑾,龚强,周慧平,等.高效液相色谱-串联质谱法检测茶叶中的赭曲霉毒素 A[J].食品安全质量检测学报,2016,7(1): 182-187
- MO Jin, GONG Qiang, ZHOU Hui-Ping, et al. Determination of ochratoxin A in tea by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2016, 7(1): 182-187
- [23] Huang Y J, Cheng M M, Li W H, et al. Simultaneous extraction of four classes of antibiotics in soil, manure and sewage sludge and analysis by liquid chromatography-tandem mass spectrometry with the isotope-labelled internal standard method [J]. Anal. Methods, 2013, 5(15): 3721-3731
- [24] Anastassiades M, Lehotay S J, Stajnbaher D, et al. Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and "dispersive solid-phase extraction" for the determination of pesticide residues in produce [J]. J. AOAC Int., 2003, 86(2): 412-431

现代食品科技