

1-MCP处理对甜柿贮藏品质的影响和电子鼻分析

周斌¹, 张鹏^{2,*}, 李江阔², 陈绍慧²

(1.浙江新银象生物工程有限公司, 浙江天台 317200;

2.国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津), 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

摘要:在常温货架期、低温贮藏期和贮后货架期, 研究不同处理对甜柿贮藏品质的影响, 并利用电子鼻对不同处理甜柿挥发性成分进行判别分析。结果表明, LDA方法有效区分不同常温货架期和贮后货架期的甜柿, 对低温贮藏期间的甜柿区分效果稍差。1-MCP处理可以延缓果皮 L^* 和 b^* 、果实质地(果皮强度、果皮脆性和果肉平均硬度)的下降, 在贮后货架期间作用效果更为明显。在常温货架期和低温贮藏期, 1-MCP处理组和对照组甜柿挥发性成分差异较小, 在贮后货架期间差异较大, 电子鼻可以有效区分贮后货架期间1-MCP处理组和对照组。

关键词:电子鼻, 甜柿, 1-甲基环丙烯, 贮藏品质, 贮藏/货架期

Effect of 1-MCP treatment on storage quality of sweet persimmons and discriminant analysis by electronic nose

ZHOU Bin¹, ZHANG Peng^{2,*}, LI Jiang-kuo², CHEN Shao-hui²

(1.Zhejiang Silver-Elephant Bio-engineering Co., Ltd, Tiantai 317200, China;

2.National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, Tianjin 300384, China)

Abstract: Effect of different treatments on storage quality of sweet persimmons during ambient shelf life, cold storage and shelf life after cold storage respectively was studied, and discriminant analysis of volatile constituent in sweet persimmons with different treatments by electronic nose. The results showed that electronic nose could identify sweet persimmons during ambient shelf life after postharvest and cold storage by LDA, but electronic nose could not completely identify sweet persimmons during cold storage by LDA. 1-MCP could postpone the decrease of pericarp L^* and b^* value and fruit tissue (pericarp break force, pericarp brittleness and flesh average firmness), especially during shelf life after cold storage. Volatile constituent discrepancy between 1-MCP treatment group and control group during ambient shelf life and cold storage was lesser, and volatile constituent discrepancy between 1-MCP treatment group and control group during shelf life after cold storage was more. So electronic nose should effectively distinguish sweet persimmons with 1-MCP treatment and control during shelf life after cold storage.

Key words: electronic nose; sweet persimmon; 1-MCP; storage quality; storage time/shelf life

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)18-0350-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.18.062

甜柿果实颜色艳丽、口感甜脆、营养价值丰富, 深受消费者的青睐。甜柿属于呼吸跃变型果实, 对乙烯敏感, 采后常温下易软化, 不耐贮藏; 在低温下能够有效抑制甜柿果实的软化, 但其对低温敏感, 易受冷害, 表现为果皮颜色发暗, 果实内部凝聚化。甜柿发生冷害后低温下不易察觉, 当从冷库拿出后货架

期间会出现严重的冷害症状, 导致果实失去其商品价值^[1-3]。1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 1-MCP)是一种新型乙烯作用抑制剂, 能够与果实组织中的乙烯受体发生不可逆性结合而阻断乙烯与受体结合, 抑制乙烯诱导的成熟与衰老, 还可以延缓果实的成熟软化^[4-5]。资料表明, 1-MCP能够减轻菠萝^[6]、油

收稿日期: 2014-12-16

作者简介: 周斌(1966-), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向: 微生物源防腐剂, E-mail: zhoub1968@163.com。

* 通讯作者: 张鹏(1981-), 女, 博士, 助理研究员, 研究方向: 果蔬贮藏保鲜及无损检测研究, E-mail: zhangpeng811202@163.com。

基金项目: 天津市青年基金项目(15JCQNJC15000); “十二五”国家科技支撑项目(2012BAD38B01)。

梨^[7]、柑橘^[8]、桃^[9]和柿^[10]等果实冷害现象。

电子鼻是一种模仿生物嗅觉的电子系统,是20世纪90年代发展起来的一种新颖的分析、识别和检测复杂风味及大多数挥发性成分的仪器。果蔬的气味是评价其品质的重要手段,也是影响消费者购买的主要因素之一。不同果蔬各自都具有不同的香味,这是由它们自身所含的挥发性物质所决定的。果蔬随着成熟度的改变、贮藏/货架过程中呼吸强度的变化其挥发性特性也会发生改变,进而使得电子鼻检测其挥发物来判断其品质提供了可能。目前国内外研究者开展了电子鼻对果蔬的成熟度^[11-13]、品种^[14-15]、贮藏/货架期^[16-17]的鉴别研究,而在电子鼻区分柿果实贮藏/货架期的研究报道较少,且利用电子鼻区分不同处理柿果实未见相关报道。本文以阳丰甜柿为试材,研究常温贮藏期、低温贮藏期和贮后货架期间1-MCP处理对果实贮藏品质的影响,通过电子鼻表征不同贮藏/货架期、不同处理甜柿挥发性成分差异并进行判别分析,探讨电子鼻区分不同贮藏/货架期、不同处理甜柿的可能性,并结合甜柿贮藏品质变化分析原因,为电子鼻在甜柿物流中应用提供技术参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

甜柿 于2012年10月16日采自北京市平谷县,品种为“阳丰”,果实呈扁圆形,果面橙红色,果肉为橙红色,采收时要求果形端正、着色均匀、大小相对一致、无病虫害和机械损伤的果实,采收当天运至实验室进行如下处理:1-MCP药剂 由国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)提供。

PEN3型便携式电子鼻 德国Airsense公司;冷库 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津);CM-700d分光测色计 柯尼卡美能达(中国)投资有限公司;PAL-1便携式手持折光仪 日本Atago公司;TA.XT.Plus质构仪 英国SMS公司。

1.2 实验方法

1.2.1 实验处理 将阳丰甜柿置于浓度为1.0 $\mu\text{L/L}$ ^[18]的1-MCP密闭塑料帐内,常温(18~20 $^{\circ}\text{C}$)下处理18 h,以未做处理的果实作为对照组(CK)。

1.2.1.1 常温货架实验 将处理组和对照组果实,用微孔袋(厚度0.02 mm)包装置于常温(18~20 $^{\circ}\text{C}$)下存放,每个处理果实为20个,然后每隔7 d对每个处理的10个果实进行电子鼻检测。

1.2.1.2 贮藏期实验 将处理组和对照组果实,预冷后用微孔袋(厚度0.02 mm)包装置于在冷库(0 \pm 0.5 $^{\circ}\text{C}$)贮藏,每个处理果实120个,然后每隔10 d对每个处理的10个果实置于常温下24 h后进行电子鼻检测。

1.2.1.3 贮后货架实验 将带微孔袋(厚度0.02 mm)包装的处理组和对照组果实在(0 \pm 0.5 $^{\circ}\text{C}$)冷藏40 d后置于常温下(18~20 $^{\circ}\text{C}$)存放,每个处理果实为20个,然后每隔5 d对每个处理的10个果实进行电子鼻检测。

1.2.2 电子鼻的测定方法 将阳丰甜柿样品分别放入600 mL烧杯中用保鲜膜封口,在常温下放置30 min后进行电子鼻检测分析,采用顶空吸气法直接将进样针头插入烧杯,测定条件为:传感器清洗时间100 s,

自动调零时间10 s,样品准备时间5 s,样品测试时间40 s,样品测定间隔时间1 s,自动稀释0,内部流量300 mL/min,进样流量300 mL/min。为了消除漂移现象,更好地保证测量数据的稳定性和精确度,要求每次测量前后,传感器都要进行清洗和标准化。统计分析10个不同选择性传感器的G/G₀值;通过电子鼻Winmuster分析软件对采集到数据进行分析。

1.2.3 理化指标的测定方法

1.2.3.1 果实外观颜色采用分光测定仪测定 L^* 表示光泽明亮度, L^* 值越大,亮度越高; b^* 表示色度中黄蓝色差指标,正值代表黄色程度,正值越大,黄色越深;负值代表蓝色程度,负值越小,蓝色越深。从果皮颜色来看, L^* 代表果皮的明暗度, b^* 代表果皮蓝黄值,可以反映果实冷害程度,即 b^* 越低果实冷害症状越重。

1.2.3.2 果实质地采用质构仪测定 采用P/2柱头(2 mm ϕ),测试速度2.0 mm/s,测试深度10.0 mm,触发力5.0 g,每次取10个果实在阴阳面测定,从得到的力值与时间曲线上可以得到果皮强度、果皮脆性和果肉平均硬度。

1.2.3.3 可溶性固形物(TSS) 采用折光仪测定。用蒸馏水校正调零,将果实不同部位果肉挤压出汁于折光棱镜的镜面上直接测量。

1.3 数据处理

利用仪器自带的Winmuster分析软件,对数据进行线性判别分析(LDA)分析。采用SPSS 12.0.1软件中的Duncan法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 1-MCP处理对常温货架期间甜柿贮藏品质的影响和电子鼻分析

2.1.1 基于电子鼻判别分析常温货架期间不同处理的甜柿 电子鼻可以表征常温货架期间不同处理甜柿挥发性成分的变化。图1为不同处理甜柿常温货架期间LDA分析图,如图1所示判别式LD1和判别式LD2的贡献率分别为77.59%和15.06%,总贡献率为92.65%。从LDA分析中可以看出,不同常温货架期的甜柿挥发性成分区域没有发生交叉或重叠,说明电子鼻可以有效区分不同货架期的甜柿。而对不同处理的甜柿而言,在常温货架0、7、14、21、28和35 d时对照组和1-MCP处理组挥发性成分区域均有交叉,在货架42 d时对照组和1-MCP处理组挥发性成分区域没有交叉或重

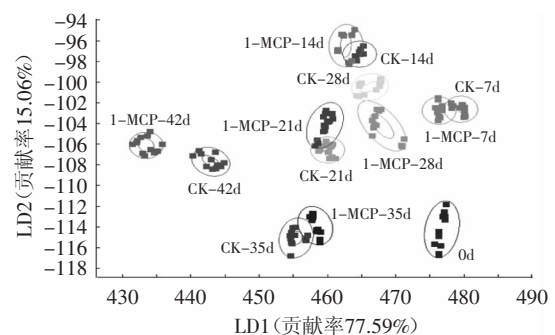


图1 甜柿在常温货架期间的LDA分析图

Fig.1 LDA score plot of sweet persimmon in shelf life during ambient shelf life after postharvest

叠,说明在常温货架0~35 d对照组和1-MCP处理组挥发性成分差异不大,而在货架42 d时两者差异明显。因此,1-MCP处理在延缓贮藏后期果实软化的同时,也有效抑制果实芳香成分的减弱。

2.1.2 不同处理对常温货架期间甜柿贮藏品质的影响 甜柿采后常温货架期间贮藏品质发生了变化,由表1所示,在常温货架0~35 d对照组和1-MCP处理组的果皮 L^* 和 b^* 变化不显著($p>0.05$);货架42 d时1-MCP处理组果皮 L^* 和 b^* 分别为57.74和52.71,对照组果皮 L^* 和 b^* 为55.45和49.76,1-MCP处理组果皮 L^* 和 b^* 均高于对照组,延缓了果实亮度的下降和褐变的发生。而随着常温货架期的延长,不同处理甜柿果皮强度、果皮脆性和果肉平均硬度均呈下降趋势,在常温货架7~28 d对照组和1-MCP处理组果皮强度差异不显著($p>0.05$),货架35 d和42 d时1-MCP处理组果皮强度高于对照组,达显著性差异水平($p<0.05$);货架14、35和42 d时1-MCP处理组果皮脆性显著高于对照组($p<0.05$),而货架7、21、35和42 d时1-MCP处理组果肉平均硬度显著高于对照组($p<0.05$),表明1-MCP处理可以有效延缓果实质地的下降。整个常温货架期间,不同处理甜柿可溶性固形物含量变化规律不强,仅在货架42 d时可溶性固形物含量有所下降,其中1-MCP处理果实可溶性固形物含量略低于对照组,差异不显著($p>0.05$)。

2.2 1-MCP处理对低温贮藏期间甜柿贮藏品质的影响和电子鼻分析

2.2.1 基于电子鼻判别分析低温贮藏期间不同处理的甜柿 图2为不同处理甜柿低温贮藏期间LDA分析图,从图2可以看出,判别式LD1和LD2的贡献率分别为89.34%和6.26%,总贡献率为95.60%。在低温贮藏前30 d,通过LDA分析可以清晰地看到4个不同处理甜柿挥发性成分区域,但贮藏40~60 d不同甜柿挥发性成分区域较为接近,有的发生交叉或重叠,说明在贮藏前期甜柿芳香成分相差较大,在贮藏40 d后甜柿的芳香成分差异较小。而在不同低温贮藏时间

内,对照组和1-MCP处理组甜柿挥发性成分区域均较为接近,有点发生交叉,表明1-MCP处理甜柿芳香成分

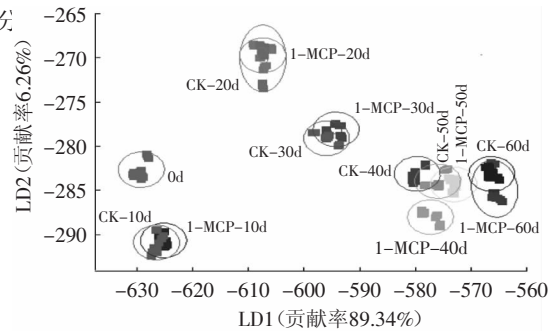


图2 甜柿在低温贮藏期间的LDA分析图

Fig.2 LDA score plot of sweet persimmon in shelf life during cold storage

2.2.2 不同处理对低温贮藏期间甜柿贮藏品质的影响 由表2所示,低温贮藏期间不同处理甜柿果皮 L^* 和 b^* 整体呈下降趋势,在低温贮藏0~30 d对照组和1-MCP处理组的果皮 L^* 和 b^* 变化不显著($p>0.05$),在低温贮藏40 d后对照组甜柿果皮 L^* 和 b^* 开始明显下降,而1-MCP处理组甜柿果皮 L^* 和 b^* 在低温贮藏50 d后开始明显下降,在低温贮藏60 d时1-MCP处理组果皮 L^* 和 b^* 分别为49.58和45.44,对照组果皮 L^* 和 b^* 为42.91和40.06,1-MCP处理组果皮 L^* 和 b^* 均显著高于对照组($p<0.05$),有效保持果皮的亮度和黄值。而随着低温贮藏期的延长,不同处理甜柿果皮强度、果皮脆性和果肉平均硬度均呈下降趋势,在贮藏0~20 d不同处理果皮强度、果皮脆性和果肉平均硬度差异不明显,贮藏30 d后1-MCP处理组果皮强度、果皮脆性和果肉平均硬度显著高于对照组($p<0.05$),且随着贮藏期的延长,两个处理差异逐渐增大,表明1-MCP能够有效抑制冷藏后期果实质地的下降。整个低温贮藏期间不同处理甜柿可溶性固形物含量呈

表1 不同处理对常温货架期间甜柿贮藏品质的影响

Table 1 Effect of different treatments on storage quality of sweet persimmon during ambient shelf life after postharvest

常温货架期(d)	处理	L^*	b^*	果皮强度(N)	果皮脆性(N/s)	果肉平均硬度(N)	TSS(%)
0	初值	58.26±1.89 ^a	58.22±2.14 ^a	12.50±0.41 ^a	21.13±0.85 ^a	5.03±0.13 ^a	14.71±0.25 ^{ab}
7	CK	58.93±2.06 ^a	58.81±1.58 ^a	12.07±0.69 ^a	18.34±0.96 ^b	4.87±0.20 ^a	14.61±0.34 ^{ab}
	1-MCP	59.03±1.54 ^a	58.06±1.95 ^a	12.35±0.52 ^a	18.40±0.77 ^b	4.52±0.15 ^b	14.40±0.25 ^{abc}
14	CK	58.61±1.85 ^a	60.78±1.78 ^a	11.11±0.48 ^{bc}	15.17±0.69 ^d	4.07±0.22 ^{cd}	14.46±0.45 ^{abc}
	1-MCP	59.11±2.01 ^a	60.82±1.51 ^a	11.64±0.61 ^{ab}	16.39±0.81 ^c	4.36±0.36 ^{bc}	14.60±0.36 ^{ab}
21	CK	58.76±1.21 ^a	59.14±2.47 ^a	9.91±0.38 ^{bc}	13.53±0.63 ^{ef}	3.36±0.11 ^e	14.18±0.41 ^{bc}
	1-MCP	59.11±1.42 ^a	59.80±1.95 ^a	10.61±0.55 ^{cd}	14.02±0.88 ^{bc}	3.95±0.19 ^d	14.37±0.22 ^{abc}
28	CK	58.77±1.29 ^a	59.42±1.28 ^a	9.87±0.39 ^{bc}	13.12±0.92 ^{ef}	3.29±0.09 ^e	14.58±0.18 ^{abc}
	1-MCP	58.39±0.85 ^a	58.89±1.56 ^a	9.76±0.54 ^{bc}	12.73±0.71 ^{efg}	3.14±0.14 ^e	14.51±0.30 ^{abc}
35	CK	57.29±0.89 ^{ab}	58.31±1.25 ^a	8.00±0.45 ^f	10.29±0.55 ^h	1.86±0.08 ^g	14.65±0.29 ^{abc}
	1-MCP	58.08±1.78 ^{ab}	57.89±1.77 ^a	9.20±0.52 ^e	11.54±0.63 ^g	2.62±0.10 ^f	14.79±0.35 ^a
42	CK	55.45±1.25 ^b	49.76±1.86 ^b	6.47±0.64 ^g	7.91±0.44 ⁱ	1.27±0.07 ^h	14.00±0.22 ^{cd}
	1-MCP	57.74±1.36 ^{ab}	52.71±2.24 ^b	9.57±0.58 ^e	12.65±0.58 ^{fg}	2.69±0.19 ^f	13.63±0.37 ^c

注:同一列不同字母表示差异显著($p<0.05$);表2~表3同。

先下降后上升趋势,而对照组和1-MCP处理组果实可溶性固形物含量差异不显著($p>0.05$)。

2.3 1-MCP处理对贮后货架期间甜柿贮藏品质的影响和电子鼻分析

2.3.1 基于电子鼻判别分析贮后货架期间不同处理的甜柿 图3为不同处理甜柿贮后货架期间LDA分析图,从图3可以看出,判别式LD1和LD2的贡献率分别为76.51%和16.69%,总贡献率为93.20%。从图3可以看出,对照组和1-MCP处理组在货架0 d时甜柿挥发性成分区域有交叉,而在货架5、10、15 d时不同处理甜柿挥发性成分区域分布明显,同时对对照组和1-MCP

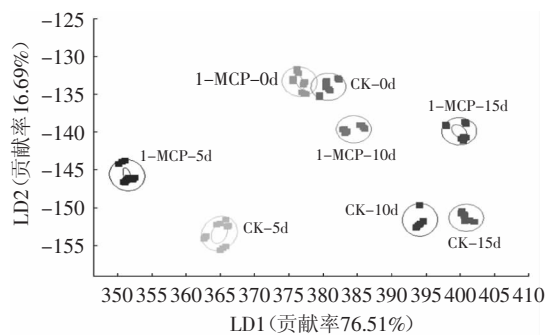


图3 甜柿在贮后货架期间的LDA分析图

Fig.3 LDA score plot of sweet persimmon in shelf life during shelf life after cold storage

处理组甜柿挥发性成分也未发生交叉或重叠,说明1-MCP处理甜柿在贮后货架期间其芳香成分与未经1-MCP处理组差异较大,间接说明1-MCP处理抑制了贮后货架期间甜柿芳香成分的劣变。综上表明,电子鼻可以有效区分不同贮后货架期和不同处理的甜柿。

2.3.2 不同处理对贮后货架期间甜柿贮藏品质的影响 由表3所示,贮后货架期间不同处理甜柿果皮 L^* 和 b^* 、果皮强度、果皮脆性和果肉平均硬度呈显著下降趋势,在贮后0 d 1-MCP处理组甜柿果皮 L^* 和 b^* 、果皮强度、果皮脆性和果肉平均硬度均显著高于对照组($p<0.05$),且随着货架期的延长差异逐渐增大。而1-MCP处理组甜柿可溶性固形物含量在贮后货架期间变化不大,而对照组甜柿可溶性固形物含量在货架10 d前变化不大,在货架15 d显著下降,货架15 d时对照组甜柿可溶性固形物含量为13.25%,而1-MCP甜柿可溶性固形物含量为14.79%,两者差异显著($p<0.05$)。甜柿贮后货架期间容易出现冷害现象,而1-MCP处理可以有效延缓果实软化^[19]和冷害现象的发生^[10],而本文的研究结果也说明,1-MCP可以有效延缓果皮 L^* 和 b^* 的下降,减轻果实冷害症状,同时抑制果实质地的下降,维持果实的质地。

3 结论

1-MCP处理可以延缓常温货架期、低温贮藏期和贮后货架期甜柿果实质地(果皮强度、果皮脆性和

表2 不同处理对低温贮藏期间甜柿贮藏品质的影响

Table 2 Effect of different treatments on storage quality of sweet persimmon during cold storage

低温贮藏期(d)	处理	L^*	b^*	果皮强度(N)	果皮脆性(N/s)	果肉平均硬度(N)	TSS(%)
0	初值	58.26±1.89 ^{abc}	58.22±2.14 ^a	12.50±0.41 ^{abc}	21.13±0.85 ^a	5.03±0.13 ^{de}	14.71±0.25 ^{ab}
	CK	59.72±2.05 ^a	56.09±1.05 ^{ab}	11.03±0.22 ^d	19.85±0.74 ^b	5.25±0.08 ^{bc}	14.55±0.33 ^{ab}
10	1-MCP	57.18±1.73 ^{abc}	57.40±1.25 ^{ab}	12.23±0.45 ^{bc}	19.55±0.76 ^b	5.82±0.11 ^a	14.50±0.18 ^{ab}
	CK	58.93±1.27 ^{ab}	56.76±1.47 ^{ab}	11.04±0.30 ^d	18.81±0.65 ^b	5.38±0.09 ^b	13.16±0.30 ^c
20	1-MCP	59.35±1.55 ^a	57.67±1.01 ^{ab}	12.92±0.33 ^a	18.83±0.93 ^b	5.09±0.18 ^{cd}	13.06±0.22 ^c
	CK	57.51±2.47 ^{abc}	54.97±1.26 ^{bc}	10.97±0.42 ^d	13.34±0.58 ^d	4.76±0.10 ^f	13.38±0.19 ^{de}
30	1-MCP	59.43±1.35 ^a	55.85±1.38 ^{ab}	12.84±0.25 ^{ab}	14.95±0.47 ^c	5.36±0.06 ^b	13.41±0.28 ^{de}
	CK	55.24±1.59 ^{cd}	48.01±1.47 ^{de}	10.36±0.32 ^e	9.51±0.66 ^f	3.97±0.09 ^g	14.26±0.42 ^{bc}
40	1-MCP	58.19±1.78 ^{abc}	53.08±1.69 ^c	12.35±0.19 ^{abc}	12.21±0.71 ^{de}	4.88±0.14 ^{cf}	13.86±0.39 ^{cd}
	CK	53.64±1.96 ^d	45.67±1.25 ^{ef}	9.08±0.28 ^f	7.50±0.59 ^{gh}	3.61±0.05 ^h	14.35±0.32 ^{abc}
50	1-MCP	55.90±1.71 ^{bcd}	49.18±1.65 ^d	11.90±0.38 ^c	11.20±0.82 ^c	4.83±0.16 ^{cf}	14.27±0.35 ^{bc}
	CK	42.91±1.55 ^f	40.06±1.33 ^g	8.13±0.44 ^g	6.68±0.37 ^h	2.50±0.11 ⁱ	14.88±0.26 ^a
60	1-MCP	49.58±1.99 ^e	45.44±1.45 ^f	10.10±0.28 ^c	8.49±0.72 ^g	4.10±0.08 ^g	14.77±0.33 ^{ab}

表3 不同处理对贮后货架期间甜柿贮藏品质的影响

Table 3 Effect of different treatments on storage quality of sweet persimmon during shelf life after cold storage

低温贮藏期(d)	处理	L^*	b^*	果皮强度(N)	果皮脆性(N/s)	果肉平均硬度(N)	TSS(%)
0	CK	55.24±1.59 ^b	48.01±1.47 ^b	10.36±0.32 ^b	9.51±0.66 ^b	3.97±0.09 ^b	14.26±0.42 ^{ab}
	1-MCP	58.19±1.78 ^a	53.08±1.69 ^a	12.35±0.19 ^a	12.21±0.71 ^a	4.88±0.14 ^a	13.86±0.39 ^{bc}
5	CK	42.82±1.38 ^d	26.86±0.95 ^e	3.35±0.08 ^e	1.88±0.21 ^e	0.32±0.08 ^f	14.61±0.36 ^{ab}
	1-MCP	47.10±1.50 ^c	34.25±1.58 ^d	10.57±0.18 ^b	7.93±0.35 ^c	3.79±0.11 ^c	14.32±0.25 ^{ab}
10	CK	40.20±1.05 ^e	22.44±1.39 ^f	2.24±0.12 ^f	1.43±0.57 ^{ef}	0.20±0.05 ^g	14.84±0.47 ^a
	1-MCP	47.97±1.20 ^c	37.24±1.55 ^c	9.28±0.14 ^c	8.18±0.41 ^c	3.31±0.11 ^d	14.81±0.25 ^a
15	CK	30.55±1.36 ^f	15.25±1.37 ^g	0.98±0.09 ^g	0.98±0.17 ^f	0.10±0.01 ^g	13.25±0.48 ^c
	1-MCP	47.22±1.65 ^c	35.67±1.57 ^{cd}	6.10±0.17 ^d	5.23±0.36 ^d	1.49±0.16 ^c	14.79±0.55 ^a

果肉平均硬度)的下降,抑制贮藏/货架后期果实亮度的下降,以及冷藏中后期和贮后货架期甜柿冷害症状的加重。而在贮藏/货架期间不同处理甜柿可溶性固形物含量变化规律不明显。电子鼻可以有效区分不同贮藏/货架期间的甜柿,但电子鼻仅能对贮后货架期的不同处理甜柿进行区分,对常温货架期和低温贮藏期的不同处理甜柿区分效果不理想,这与甜柿果实质地和果皮颜色变化相吻合。

参考文献

- [1] Collins R J, Tisdell J G. Predicting the storability of 'Suruga' persimmons[J]. *Postharvest Biol Technol*, 1996, 7:351-357.
- [2] Amal L, Del M A. Removing astringency by carbon dioxide and nitrogen-enriched atmospheres in persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante' [J]. *Food Sci*, 2003, 68: 1516-1518.
- [3] Sargent S A, Grocker T E, Zoellner J J. Storage characteristics of 'Fuyu' persimmons[J]. *Proc Fla State Hort Soc*, 1993, 106:131-134.
- [4] Sisler E C, Serek M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments[J]. *Physiol Plant*, 1997, 100:577-582.
- [5] Woolf A B, Requejo-Tapia C, Cox K A, et al. 1-MCP reduces physiological storage disorder of 'Hass' avocados[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2005, 35:43-60.
- [6] Selvarajah S, Bauchot A D, John P. Internal browning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2001, 23:167-170.
- [7] Pesis E, Ackerman M, Ben-Arie R, et al. Ethylene involvement in chilling injury symptoms of avocado during cold storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2002, 24:171-181.
- [8] Dou H, Jones S, Ritenour M. Influence of 1-MCP application

- and concentration on post-harvest peel disorders and incidence of decay in citrus fruit[J]. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2005, 80:786-792.
- [9] 李富军, 翟衡, 杨洪强, 等. 1-MCP和AVG对肥城桃果实采后衰老的影响[J]. *果树学报*, 2004, 21(3):272-274.
- [10] 张宇, 饶景萍, 孙允静, 等. 1-甲基环丙烯对甜柿贮藏中冷害的控制作用[J]. *园艺学报*, 2010, 37(4):547-552.
- [11] Benedetti S, Buratti S, Spinardi A, et al. Electronic nose as a non-destructive tool to characterize peach cultivars and to monitor their ripening stage during shelf-life[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2008, 47(2):181-188.
- [12] Li Jiangkuo, Zhang Peng, Xue Youlin, et al. Discrimination of Maturity and Storage Life for 'Mopan' Persimmon by Electronic Nose Technique[J]. *Acta Hort (ISHS)*, 2013, 996:385-390.
- [13] 周亦斌, 王俊. 基于电子鼻的番茄成熟度及贮藏时间评价的研究[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(4):113-117.
- [14] 邹小波, 赵杰文. 支持向量机在电子鼻区分不同品种苹果的应用[J]. *农业工程学报*, 2007, 23(1):146-149.
- [15] Parpinello G P, Fabbri A, Domenichelli S, et al. Discrimination of apricot cultivars by gas multisensor array using an artificial neural network[J]. *Biosystems Engineering*, 2007, 97(3):371-378.
- [16] Gomez A H, Wang J, Hu G X, et al. Monitoring storage shelf life of tomato using electronic nose technique[J]. *Journal of Food Engineering*, 2008, 85(4):625-631.
- [17] 纪淑娟, 张丽萍, 卜庆状, 等. 基于电子鼻技术对冷藏后南果梨货架期间气味的变化分析[J]. *食品科学*, 2012, 33(7):123-126.
- [18] 马冲, 苏晶, 刘凤娟, 等. 不同浓度1-MCP处理对柿果贮藏品质的影响[J]. *佳木斯大学学报:自然科学版*, 2008, 26(3):421-427.
- [19] 胡芳. 甜柿采后生理特性及对1-MCP处理效应的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2006:30.

(上接第349页)

- harvest stress and harvest method on the stress response, rigor onset, muscle pH and drip loss in Barramundi (*Lates calcarifer*) [J]. *Aquaculture*, 2008, 282(1-4):26-32.
- [14] 缪函霖, 包海蓉, 赵路漫. 金枪鱼肉冷藏过程中理化特性的变化[J]. *江苏农业科学*, 2013, 41(8):248-251.
- [15] 刘大松. 草鱼肉在微冻和冰藏保鲜中的品质变化及其机理[D]. 无锡:江南大学, 2012.
- [16] 俞裕明, 李汴生, 朱志伟, 等. 不同冻结速率对南方鲇冷冻鱼片理化和感官品质的影响[J]. *上海水产大学学报*, 2008, 17(3):350-356.
- [17] Tironi V, Lamballerie M D, Lebaill A. Quality changes during the frozen storage of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) muscle after pressure shift freezing and pressure assisted thawing[J]. *Innovative Food Science and Engineering Technologies*, 2010(11):565-573.
- [18] 沈月新. 水产食品学[M]. 北京:中国农业出版社, 2000.
- [19] SC/T3108-2011鲜活青鱼、草鱼、鲢、鳙、鲤[S].
- [20] İsmail Y G, Eduardo E. Effects of chilled storage on quality of vacuum packed meagre fillets[J]. *Journal of Food Engineering*, 2013, 115(4):486-494.
- [21] 郭园园, 孔保华, 夏秀芳, 等. 冷冻-解冻循环对鲤鱼肉物

- 理化学特性的影响[J]. *食品科学*, 2011, 32(13):125-130.
- [22] 刘兴余. 猪肉嫩度与肌内脂肪的关系及嫩度测定方法的改良[D]. 南京:南京师范大学, 2007.
- [23] Martinez O, Salmeron J, Guillen M D, et al. Textural and physicochemical changes in salmon (*Salmo salar*) treated with commercial liquid smoke flavourings[J]. *Food Chemistry*, 2007, 100(2):498-503.
- [24] Lagerstedt Å, Enfält L, Johansson L, et al. Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef *M. longissimus dorsi*[J]. *Meat science*, 2008, 80(2):457-461.
- [25] Mi H B, Qian C L, Zhao Y Y, et al. Comparison of super chilling and freezing on the microstructure, muscle quality and protein denaturation of grass carp[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2013, 37(5):546-554.
- [26] Ming H G, Huang F, Ma H J, et al. Preliminary study on the effect of caspase-6 and calpain inhibitors on postmortem proteolysis of myofibrillar proteins in chicken breast muscle[J]. *Meat Science*, 2012, 90(3):536-542.
- [27] Taylor R G, Fjaera S O, Skjervold P O. Salmon fillet texture is determined by myofiber-myofiber and myofiber-myocommata attachment[J]. *Journal of Food Science*, 2002, 67(6):2067-2071.