

二氧化氯、过氧乙酸处理对色拉生菜品质的影响研究

蒋巧俊¹, 雷大峰², 董正沈², 朱素珍², 范可地², 黄益面², 金微微^{1*}

(1.温州市农业科学研究院食品科学研究所, 浙江温州 325006;

2.温州万科农业开发有限公司, 浙江温州 325200)

摘要: 为了筛选出次氯酸钠(NaClO)的替代消毒剂, 选用100 mg/L二氧化氯(ClO₂)、100 mg/L过氧乙酸(PAA)和100 mg/L NaClO对整叶色拉生菜进行一次浸泡5 min的消毒处理后置于5~8 °C货架, 并测试其微生物指标、感官评价及电子鼻响应值。结果显示: 比较消毒后色拉生菜残留的菌落总数、大肠菌群数量, 3种消毒剂杀菌效果排序是ClO₂>PAA>NaClO, 其中100 mg/L ClO₂能提供6 d的保质期。比较消毒后色拉生菜的照片、商品性及第10天的菜梗褐变度, 货架6 d后100 mg/L ClO₂处理有伤害生菜菜叶的迹象; 100 mg/L PAA则对生菜菜叶及菜梗等有保护作用。第8天的电子鼻数据结果表明, LDA统计方法能很好地区分消毒剂处理后色拉生菜的气味差异; 其中ClO₂传感器响应值高于PAA及NaClO, 提示其可能产生了一定的异味。结论: 在生产实践中可选用ClO₂替代NaClO消毒处理色拉生菜; PAA因其对感官品质保护较好, 值得进一步研究。

关键词: 二氧化氯; 过氧乙酸; 次氯酸钠; 色拉生菜; 消毒剂

中图分类号: TS 255.3

文献标志码: A

文章编号: 1005-9989(2021)04-0030-07

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2021.04.005

Effect of Chlorine Dioxide and Peracetic Acid Treatment on Quality of Salad Lettuce

JIANG Qiaojun¹, LEI Dafeng², DONG Zhengshen², ZHU Suzhen², FAN Kedi², HUANG Yimian², JIN Weiwei^{1*}

(1.College of Agriculture and Biotechnology, Wenzhou Vocational College of Science and Technology, Wenzhou 325006, China; 2.Wenzhou Vanke Agricultural Development Co., Ltd., Wenzhou 325200, China)

Abstract: In order to screen out an alternative disinfectant for hypochlorite (NaClO), 100 mg/L chlorine dioxide (ClO₂), 100 mg/L peracetic acid (PAA) and 100 mg/L NaClO were used to soak the whole salad lettuce for 5 minutes and put it on the shelf at 5~8 °C, and their microbial indexes, sensory evaluation indexes and electronic nose response values were tested. The results showed that: Compare the total number of colonies and coliforms left after disinfection of salad lettuce, the order of the sterilization effect of the three disinfectants is ClO₂>PAA>NaClO, and 100 mg/L ClO₂ sterilization can provide a 6 d shelf life.

收稿日期: 2020-12-02

*通信作者

基金项目: 温州市重大科技创新攻关项目(ZN2020001)。

作者简介: 蒋巧俊(1981—), 男, 浙江仙居人, 讲师, 研究方向为果蔬贮运保鲜。

©1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Compare the appearance photos, commercial properties and the browning degree of the stem after 10 d of the salad lettuce after disinfection, 100 mg/L ClO_2 treatment may injure lettuce leaves after 6 d shelf life, at the same time, 100 mg/L PAA had a protective effect on lettuce leaves and stalks. The results of electronic nose data on the 8th day showed that LDA statistical method could well distinguish the smell difference of salad lettuce after treating with ClO_2 , PAA and NaClO disinfectants. Compared with the response value of electronic nose sensor, ClO_2 is higher than PAA and NaClO, which suggests that it may produce some peculiar smell. Conclusion: ClO_2 can be used instead of NaClO to disinfect salad lettuce in production practice. PAA is worthy of further study because of its better protection of sensory quality.

Key words: chlorine dioxide (ClO_2); peracetic acid (PAA); sodium hypochlorite (NaClO); salad lettuce; disinfectant

净菜通常是指经过修整、去皮或切割处理,制成100%能利用的新鲜方便即用或即食蔬菜产品。净菜比一般新鲜蔬菜更易遭受微生物污染而存在安全隐患^[1]。曹娜等^[2]以南京某超市销售的21种鲜切蔬菜为材料,结果显示销售期间大部分鲜切蔬菜菌落总数及大肠菌群数超标,部分鲜切果蔬还检测出致病菌,说明净菜生产中微生物超标问题不容乐观。目前在净菜行业中,次氯酸钠(NaClO)是鲜切果蔬工业化生产中应用最为广泛的消毒剂,有较强的杀菌效力,采用较低的有效氯浓度即可达到满意的杀菌效果。但是含氯消毒剂也有很多缺点,容易形成致癌化合物以及对环境有毒性等。因此用氯清洗的果蔬需要用清水再次漂洗,以降低氯含量。

因氯消毒存在安全隐患,研究者们一直在寻找可代替的消毒剂。MEIRELES A等^[3]综述了在鲜切工业中使用氯消毒的替代方法,其介绍二氧化氯(ClO_2)是一种强氧化剂,它对细胞壁有较强的吸附和穿透能力,可有效地氧化细胞内含巯基的酶,还可以快速地抑制微生物蛋白质的合成以破坏微生物。 ClO_2 具有极高的快速杀菌能力,灭菌效果是氯气的2.5倍,且它不会产生三卤甲烷之类的致癌物,是一种绿色消毒剂^[4]。目前 ClO_2 被联合国卫生组织(WHO)列为A1级,已被发达国家广泛应用,且应用范围越来越广。GB 2760—2014亦将稳定态二氧化氯列入食品添加剂目录中。目前 ClO_2 在净菜消毒方面已有较多研究,其使用浓度大多为50~200 mg/L^[5-6]。过氧乙酸(PAA)被认为是弱有机酸类^[3],其属于过氧化物类,是一种高效消毒剂,对各种微生物均有高效的灭杀效果,其主要依靠强大的氧化能力破坏菌体蛋白质而杀灭微生物。同时PAA具有使用安全、价格低廉等特性,它在高效杀死微生物的同时,还无任何毒

副作用残留,其原因在于PAA的最终分解产物是乙酸、水、氧气^[7]。PAA在净菜加工方面已有应用报道,其使用浓度大多不超过250 mg/L^[8-10];王祖莲等^[11]研究了4种常用蔬菜清洗剂对韭黄清洗后常温货架品质的影响,结果显示100 mg/L PAA效果最好。

生菜是叶用莴苣的俗称,其在西方各国是蔬菜沙拉中必不可少的一种配菜,常在切割后单独或同其他蔬菜包装在一起,即开即食。因此色拉生菜的品质要求比传统的炒食方式更严格,需进行消毒处理方可达到即食标准。鉴于 ClO_2 及PAA的高效杀菌且无安全隐患的特性,本论文以生菜为研究对象,参考瑞安万科农业公司即食生菜采购方的微生物控制及感官评价要求,选用清水、100 mg/L ClO_2 、100 mg/L PAA以及100 mg/L NaClO等对色拉生菜进行一次浸泡杀菌处理,分析不同消毒剂处理后色拉生菜在5~8 °C货架条件下的保质期,并初步探讨其气味的差异,以期为进一步应用研究及生产实践提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

瑞安万科农业有限公司自产的新鲜生菜,选择大小一致、色泽淡绿色、无明显缺陷(包括黄叶、机械伤、霉烂、冻害和病虫害)的生菜。

PE热封袋(规格:26 cm×32 cm, 500 g):瑞安万科农业有限公司;二氧化氯消毒剂、过氧乙酸消毒剂、次氯酸钠消毒剂:陕西三桥精细化工有限公司;平板计数琼脂培养基(PCA)、结晶紫中性红胆盐琼脂(VRBA):杭州微生物试剂有限公司。

PEN3电子鼻:德国AIRSENSE公司;货架冷柜:宁波赛福实验仪器有限公司;恒温培养箱(36±1)°C;恒温水浴锅(46±1)°C;天平;均质器;

超净工作台；高压灭菌锅；实验室微生物常规仪器。

1.2 实验方法

1.2.1 色拉生菜的生产 色拉生菜的生产在万科农业有限公司洁净车间内进行，进行生产前洁净车间按照HACCP的要求进行杀菌处理。生产工艺流程：生菜初洗、摘叶→消毒剂浸泡清洗→离心脱水→包装→货架贮藏。

(1)生菜初洗、摘叶：将整个生菜放入清水中清洗，以洗去泥土等杂质，并适当控干；按照色拉生菜的要求，去除原料生菜最外2~3片烂叶，流水冲洗生菜外叶根部，并将生菜叶片摘下(最里的菜芯除外)。

(2)消毒剂浸泡：将摘下来的生菜放入不同种类消毒剂中进行浸泡清洗杀菌，具体消毒剂种类及浓度见表1，浸泡时间均为5 min。

表1 不同消毒剂处理浓度和时间

消毒剂名称	消毒剂浓度	处理时间
清水	/	5 min
PAA	100 mg/L	5 min
ClO ₂	100 mg/L	5 min
NaClO	100 mg/L	5 min

(3)离心脱水：采用离心脱水的方法，离心机转速为1000 r/min。

(4)包装：选用PE包装袋包装，贴标签，随后立即运往温州科技职业学院实验室。

(5)货架贮藏：在5~8℃货架温度贮存10 d，每隔1 d测试一次数据。

1.2.2 色拉生菜贮藏期间微生物及品质指标测定方法

1.2.2.1 菌落总数 将经杀菌并脱水后的色拉生菜按照GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》的方法进行检测，结果以lg cfu/g表示。

1.2.2.2 大肠菌群测定 将经杀菌并脱水后的色拉生菜按照GB 4789.3—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数》中第二法大肠菌群平板计数法进行检测，结果以lg MPN/g表示。

1.2.2.3 商品率 本文所规定的商品率主要基于有无软腐叶片及叶片软腐的严重程度进行判断，认为无软腐叶片或有软腐叶片但症状较轻且占所选生菜整体叶片比例不超过5%的，均视为新鲜合格

的色拉生菜。

商品率(%)=(新鲜色拉生菜质量/总色拉生菜质量)×100

1.2.2.4 菜梗褐变程度 色拉生菜在贮藏后期会出现菜梗褐变。首先根据菜梗褐变长度对于所选生菜菜梗整体长度的比例分级：0级，菜梗没有褐变情况；1级，菜梗褐变情况小于所选生菜菜梗整体长度的20%；2级，菜梗褐变情况大于所选生菜菜梗整体长度的20%。然后计算菜梗褐变指数：

褐变指数(%)=∑褐变级别×该级别中褐变叶片数量×100/(3×测定叶片数量)

1.2.2.5 电子鼻测定 选用PEN3便携式电子鼻进行分析处理。将色拉生菜约70 g，放置于500 mL烧杯，用3层保鲜膜封口，于室温(20℃)静止30 min后测定。挥发性气体以600 mL/min流速通过采集管吸到电子鼻的传感器通道里。为保证数据稳定性和准确度，检测时间设定为60 s，取50~52 s稳定状态下的信号进行分析，清洗时间设置为80 s。

1.3 统计分析

实验数据使用Excel软件处理，电子鼻PCA分析、LDA分析选用SPSS 25.0统计软件分析处理，图像绘制采用Origin 2018软件。

2 结果与分析

2.1 不同消毒剂处理对生菜微生物指标的影响

色拉生菜是否能即食的核心评价指标为微生物指标。图1为色拉生菜分别经100 mg/L NaClO、100 mg/L PAA、100 mg/L ClO₂浸泡杀菌，于5~8℃冷藏货架条件下所测得的菌落总数、大肠菌群数量变化情况。

色拉生菜经过清水清洗后原始菌落总数为10^{4.3} cfu/g。按即食色拉生菜要求菌落总数≤10⁴ cfu/g的标准，仅通过清水清洗的生菜不符合即食色拉生菜的质量要求。由图1A可知，根据总体趋势，在浓度均为100 mg/L条件下，实验所选的3种消毒剂杀菌效果排序是ClO₂>PAA>NaClO。在5~8℃贮藏条件下，按照菌落总数≤10⁴ cfu/g的标准，ClO₂处理的色拉生菜能贮藏8 d，PAA处理的色拉生菜能贮藏4 d，而NaClO处理的生菜则在2 d内符合要求。

由图1B可知，不同消毒剂处理后的色拉生菜在2 d内均无大肠杆菌生长，从第4天开始各消毒剂处理后的色拉生菜大肠菌群数量均有所增加。根据总体趋势，在浓度均为100 mg/L条件下，实

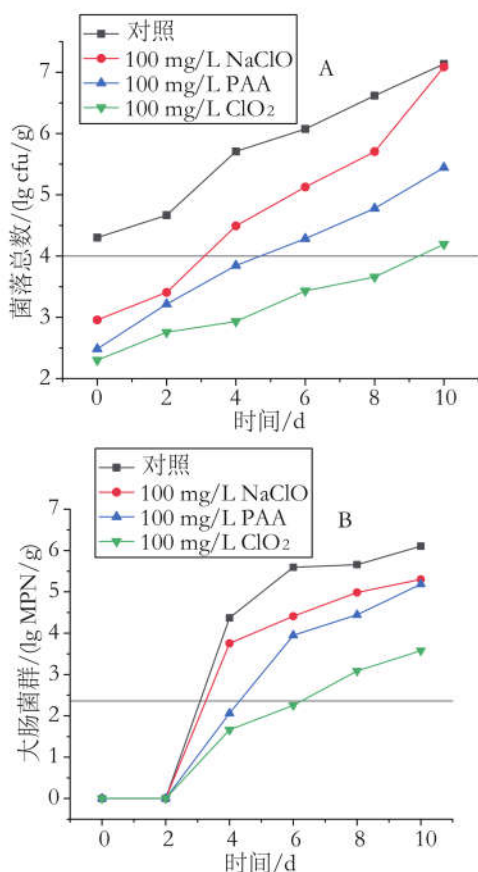


图1 不同消毒剂处理对色拉生菜微生物数量的影响

验所选的3种消毒剂大肠菌群杀菌效果排序是ClO₂ > PAA > NaClO。目前在生产实践上即食色拉生菜大肠菌群的要求是≤230 MPN/g; 按照该标准在5~8 °C贮藏条件下, ClO₂处理的色拉生菜能贮藏6 d, PAA处理的色拉生菜能贮藏4 d, 而NaClO处理的生菜则在2 d内符合要求。

CHUNG C等^[6]以菌落总数、大肠菌群为检测指标, 结果显示100 mg/L ClO₂处理生菜、胡萝卜和番茄后, 其杀菌效果均高于NaClO。从本文研究结果与其一致, 这提示ClO₂处理有替代NaClO成为工厂色拉生菜生产所用消毒剂的可能。

2.2 不同消毒剂处理对色拉生菜感官的影响

即食色拉生菜属于生食的菜肴, 从商品属性角度要求其新鲜、无损, 不能有腐烂菜叶或菜梗褐变等情况。不同消毒剂处理对色拉生菜感官的影响结果见图2。

色拉生菜商品性评价主要是以菜叶是否有软腐情况为标准, 菜叶没有软腐或有轻微软腐均属于商品色拉生菜, 可正常销售。由图3结果可知, 若以80%的商品性为衡量标准, 所有色拉生菜在6 d以内均属于合格产品; 但到了第8天差异开始

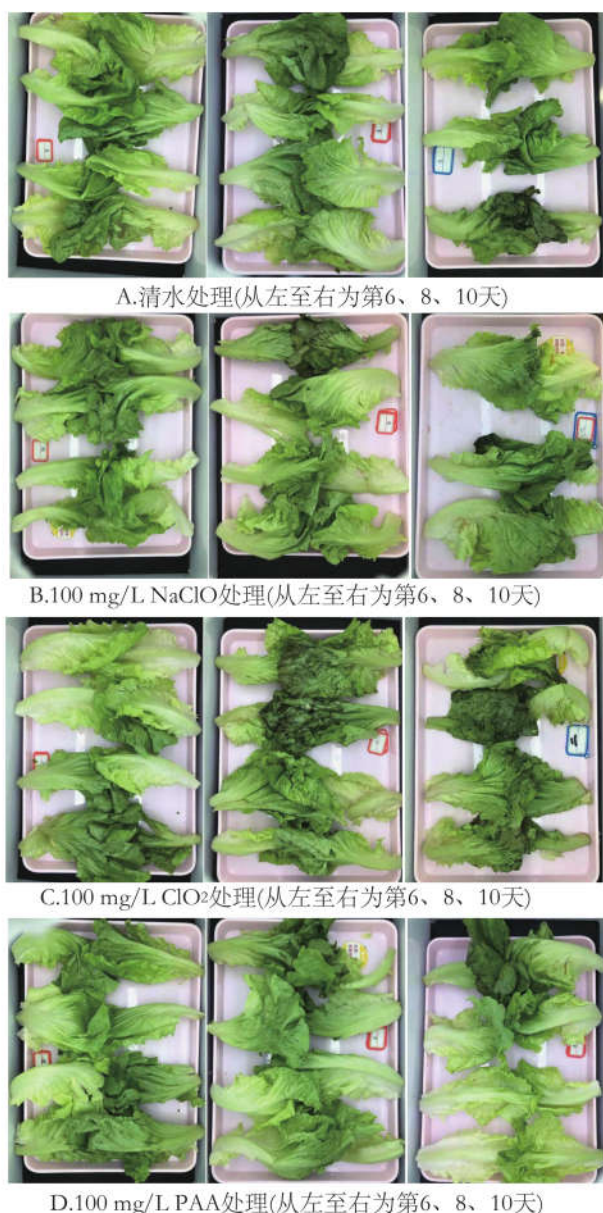


图2 不同消毒剂处理对色拉生菜外观变化的影响

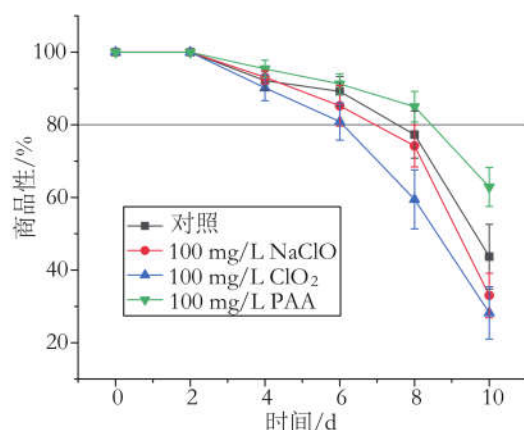


图3 不同消毒剂处理对色拉生菜商品性的影响

显现, ClO₂处理的商品性最差, 而PAA处理的商

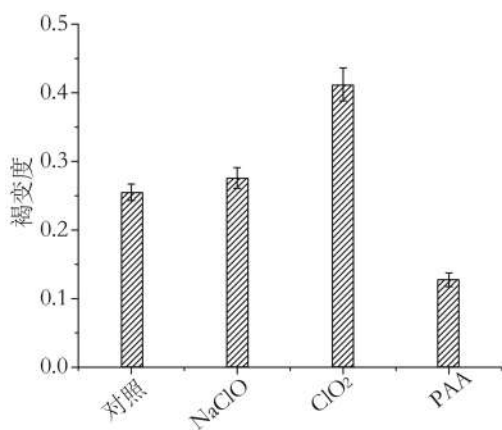


图4 不同消毒剂处理对第10天色拉生菜菜梗褐变程度的影响

品性还能达到85%的标准。色拉生菜的感官变化除了上述菜叶的软腐情况外,还包括菜梗的褐变情况,其茎部比叶部更易发生褐变^[12]。董学临等^[13]认为经过切割处理的鲜切生菜,这种褐变现象更为明显,其将褐变部位面积与样品总面积比衡量菜梗的褐变程度。本文的色拉生菜属于整叶生菜,只有菜梗处有机械损伤情况,而且该褐变情况到第8天才开始显现,第10天才差异比较显著,因此本文仅统计第10天的菜梗处褐变情况。由图4可知,100 mg/L ClO₂的褐变程度最高,而100 mg/L PAA的褐变程度最低。

综合商品性评价和菜梗褐变程度结果,说明100 mg/L ClO₂在货架后期(>6 d)可能会导致色拉生菜感官品质劣变,而100 mg/L PAA则较好地维持色拉生菜的感官品质。CHUNG C等^[6]研究发现,50 mg/L ClO₂溶液处理的苹果片表现出抗褐变效果,而200 mg/L ClO₂溶液处理的胡萝卜片则表现出褪色效果,说明高浓度ClO₂溶液处理可能对净菜有一定的伤害作用。结果提示在生产中,净菜若是需较长时间贮藏(>6 d),应当适当降低ClO₂处理浓度,并配以多道清洗的方式处理。

2.3 不同消毒剂处理色拉生菜经电子鼻测定结果

电子鼻是一种依靠人工智能系统获得与人体感官相吻合的“嗅觉”并根据气味识别物质类别和成分的气味分析设备,因其不需进行样品前处理,操作简单,能客观、准确、快捷、全面地评价气味,从而在食品工业中应用广泛^[14]。电子鼻在鲜切果蔬的新鲜度检测方面也有研究报道,如CHEN H Z等^[15]采用电子鼻对鲜切青椒进行新鲜度评价,结果显示电子鼻数据与菌落总数结果关联性较好,可采用电子鼻数据快速判断鲜切青椒新

鲜度。

据菌落总数、大肠菌群及感官评价结果可判断,色差生菜在5~8℃货架温度下,其保质期在4~8 d(不同消毒剂处理保鲜效果差异不一),到第10天则所有处理都出现了品质急剧降低的情况,因此分析第8天电子鼻数据可以较好地比较出不同消毒剂处理对色拉生菜气味品质的影响。

主成分分析(PCA)、线性判别分析(LDA)是电子鼻数据的主要分类方法,可以将多维数据降维到二~三维进行统计分析^[16]。图5是不同消毒剂处理后第8天色拉生菜气味差异的PCA及LDA分析图。从图5可看出,PCA并不能很好区分4种处理的差异,LDA区分效果较好。根据LDA的统计结果,对照组和100 mg/L NaClO处理的气味接近;100 mg/L ClO₂和100 mg/L PAA处理与对照组有所差异,其中PAA处理的LD1数值位于对照组的左侧,而LD2数值则与对照组相当;ClO₂的LD1值比PAA更接近对照组,而LD2却远离其他处理组。结合商品率及褐变度等感官评价,可以判断LD1应能反映色拉生菜的新鲜程度,其中LD1负轴方向属于品质向好方向;LD2轴则能反映色拉生菜可能出现的叶片腐烂程度,其负轴方向属于品质劣变方向。由图5可知,电子鼻测定色拉生菜的气

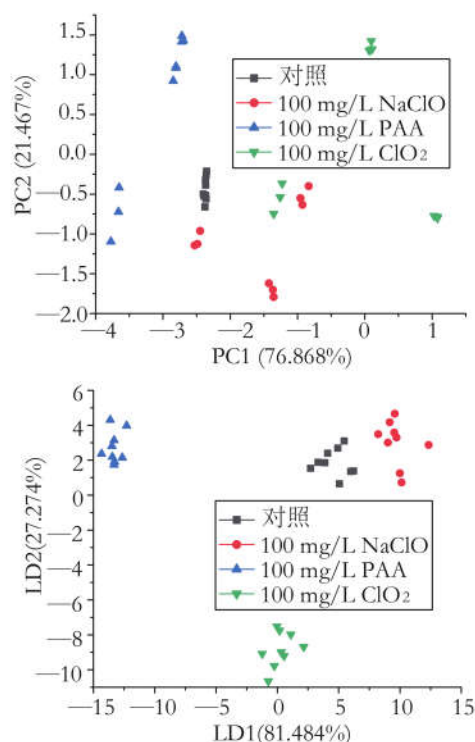


图5 不同消毒剂处理后第8天色拉生菜气味差异的PCA及LDA分析图



味与其商品率评价、菜梗褐变度评价等有一定的相关性,具有潜在的客观评价色拉生菜贮藏品质的能力。

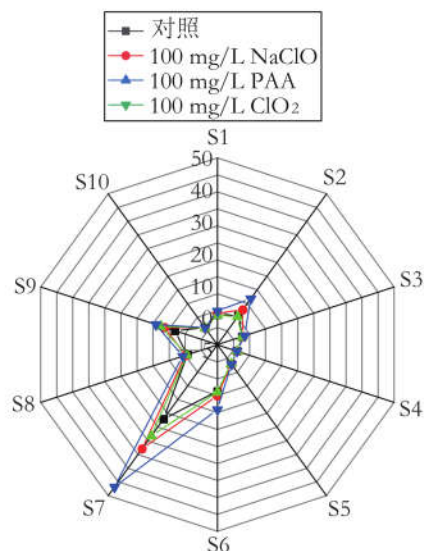


图6 不同消毒剂处理后第8天色拉生菜气味的传感器响应图

图5中LDA统计结果可以反映出不同消毒剂处理对第8天色拉生菜气味有一定的差异。为进一步分析其差异情况,图6给出了不同消毒剂处理后第8天色拉生菜气味的传感器响应图。从图6可以看出,100 mg/L ClO₂杀菌后的10个电子鼻传感器响应值总体高于其他杀菌处理,特别是S2、S6和S7 3个传感器。电子鼻的10个传感器中,S2传感器对氮氧化物很灵敏,S6传感器对对甲烷(甲基类)灵敏,S7传感器对硫化物(无机硫化物)灵敏^[17]。黄和升等^[18]认为ClO₂处理浓度过高对蒲菜有漂白、黄化影响,浓度在45~70 mg/L的ClO₂处理抑菌效果最佳。由电子鼻传感器响应值可知,100 mg/L ClO₂处理可能会导致少许异味的产生,结合其商品率评价结果,这可能是因ClO₂处理浓度偏高,导致其对生菜叶片有一定的致腐作用,进而导致异味的产生。

3 结论

目前净菜生产普遍采用多道清洗杀菌的方式进行产品减菌化处理,本文采用同为100 mg/L ClO₂、PAA、NaClO杀菌剂仅一次浸泡杀菌处理色拉生菜的目的在于比较上述3种杀菌剂效果优劣,为筛选NaClO替代杀菌剂提供技术参考。实验结果显示:综合微生物指标、感官评价结果,对色拉生菜杀菌效果最佳的杀菌剂为100 mg/L

ClO₂,其一次浸泡5 min即能提供6 d的保质期。但是根据6 d后色拉生菜的商品性、菜梗褐变程度及电子鼻响应值结果,100 mg/L ClO₂处理在贮藏后期生菜菜叶的感官质量不如对照处理。高佳等^[19]研究结果显示浓度为25 mg/L的ClO₂水溶液即可替代有效氯浓度为100 mg/L的酸化NaClO溶液。因此在生产上,若净菜需较长时间贮藏(≥6 d),ClO₂消毒处理时可考虑多道清洗的方式,以降低其一次性使用浓度。

100 mg/L PAA处理的杀菌效果仅次于ClO₂,且对生菜菜叶及菜梗等均有很好的保护作用。VANDEKINDEREN I等^[20]研究认为PAA的杀菌效果依赖于产品类型,在其研究中PAA对胡萝卜、白菜杀菌效果较好,而生菜相对较差。虽然在本文研究中PAA在生菜杀菌效果上不如用ClO₂,但应用其消毒处理后有保护生菜感官品质作用,值得进行浓度筛选及工艺优化的深入研究。电子鼻测试结果显示,LDA统计方法能很好地区分ClO₂、PAA、NaClO这3种消毒剂处理色拉生菜的气味差异;其中ClO₂在S2、S6和S7 3个传感器响应值明显高于PAA、NaClO,提示ClO₂处理的色差生菜在贮藏后期可能会产生一定异味。该结果与ClO₂处理的感官评价关联性较好,显示电子鼻可能具有潜在的快速判断色拉生菜新鲜度的能力。

参考文献:

- [1] 姜爱丽,胡文忠.果蔬鲜切产品在生产加工、消费过程中的安全问题及对策[J].食品科学技术学报,2014,32(1):12-16.
- [2] 曹娜,张心怡,姜丽,等.销售期间鲜切蔬菜的安全性评价[J].食品工业科技,2016,37(13):314-318,322.
- [3] MEIRELES A, GIAOURIS E, SIMÕES M. Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry[J]. Food research international,2016,82:71-85.
- [4] 韦明肯,赖洁玲,詹萍.二氧化氯杀菌机制研究进展[J].微生物学报,2012,52(4):429-434.
- [5] 郑雯,周伟,李汗生,等.ClO₂消毒处理对色拉生菜品质影响的研究[J].农产品加工(学刊),2013,(9):13-17.
- [6] CHUNG C, HUANG T, YU C, et al. Bactericidal Effects of Fresh-Cut Vegetables and Fruits after Subsequent Washing with Chlorine Dioxide: International Conference on Food Engineering and Biotechnology(ICFEB 2011)[C]. Bangkok,Thailand,2011.
- [7] 沈伟,朱仁义.过氧乙酸与过氧化氢消毒剂及其研究进展[J].中国消毒学杂志,2010,27(4):456-457.

- [8] MÉNDEZ-GALARRAGA M P, SALSÍ M S, PIAGENTINI A M, et al. Spray Washing Disinfection with Peracetic Acid in the Processing of Fresh-Cut Strawberries: An Alternative for Dipping Techniques[J]. *International Journal of Fruit Science*, 2019, 19(3): 258-275.
- [9] VANDEKINDEREN I, DEVLIEGHERE F, VAN C J, et al. Impact of a decontamination step with peroxyacetic acid on the shelf-life, sensory quality and nutrient content of grated carrots packed under equilibrium modified atmosphere and stored at 7 °C[J]. *Postharvest biology and technology*, 2009, 54(3): 141-152.
- [10] VANDEKINDEREN I, DEVLIEGHERE F, DE MEULENAER B, et al. Optimization and evaluation of a decontamination step with peroxyacetic acid for fresh-cut produce[J]. *Food Microbiology*, 2009, 26(8): 882-888.
- [11] 王祖莲, 陈晴, 罗芳耀, 等. 4种常用蔬菜清洗剂对韭黄清洗后常温货架品质的影响[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 11(12): 3847-3853.
- [12] 詹丽娟, 胡金强. 生菜(*Lactuca sativa* L.)多酚氧化酶特性研究[J]. *食品研究与开发*, 2014, 35(14): 103-106.
- [13] 董雪临, 张超, 马越, 等. 运输振动对鲜切生菜品质的影响[J]. *食品科学*, 2016, 37(8): 255-259.
- [14] LOUTFI A, CORADESCHI S, MANI G K, et al. Electronic noses for food quality: A review[J]. *Journal of Food Engineering*, 2015, 144: 103-111.
- [15] CHEN H Z, ZHANG M, GUO Z M, et al. Evaluation of the freshness of fresh-cut green bell pepper (*Capsicum annuum* var. *grossum*) using electronic nose[J]. *Lwt Food Science & Technology*, 2018.
- [16] XU L, YU X, LIU L, et al. A novel method for qualitative analysis of edible oil oxidation using an electronic nose[J]. *Food Chemistry*, 2016, 202: 229-235.
- [17] 张井, 张维一, 徐静, 等. 电子鼻技术在芝麻油品牌识别及掺假鉴别中的应用[J]. *食品与发酵工业*, 2017, (6): 239-243.
- [18] 黄和升, 王海平, 张珊. 稳定态二氧化氯对鲜切蒲菜的抑菌保鲜作用[J]. *江苏农业科学*, 2015, 43(6): 245-247.
- [19] 高佳, 斯跃洲, 朱永清, 等. 二氧化氯水溶液清洗对鲜切西兰花冷藏品质的影响[J]. *保鲜与加工*, 2019, 19(3): 24-30.
- [20] VANDEKINDEREN I, DE VLIEGHERE F, DE MEULENAER B, et al. Optimization and evaluation of a decontamination step with peroxyacetic acid for fresh-cut produce[J]. *Food micro-biology*, 2009, 26(8): 882-888.

食品科技采编平台: <http://www.e-foodtech.cn/>

食品科技认证博客:

<http://blog.sina.com.cn/shipinkj>

食品科技认证微博: <http://weibo.com/shipinkj/>

食品科技微信账号: shipinkj