

脱水对鲜切黄瓜贮藏品质的影响

侯田莹¹,王福东²,吴雪阳³,赵园园¹,郑淑芳^{1,*}

(1.北京市农林科学院蔬菜研究中心,北京 100097 2.北京市农业技术推广站,北京 100029;
3.北京农学院,北京 102206)

摘要:采用两种脱水方式(自然沥干和离心脱水)处理鲜切黄瓜,通过电子鼻技术结合感官和品质分析对鲜切黄瓜贮藏期间的品质变化进行研究。结果表明,鲜切黄瓜在冷藏过程中稍有质量损失,果肉硬度下降,呼吸强度增加,离心脱水组黄瓜的品质整体劣于自然沥干组,菌落总数在贮藏6 d后大幅度增加,结合电子鼻PCA与LDA分析,自然沥干组在贮藏10 d、离心脱水组在贮藏6 d能够与其他贮藏时间有明显区别,可以推测自然沥干组的黄瓜切片货架期为8~9 d;而离心脱水组的切片货架期为4~5 d。

关键词:脱水方式,鲜切黄瓜,电子鼻,贮藏品质

Effect of Dehydration Ways on Storage Quality of Fresh-cut Cucumber

HOU Tian-ying¹, WANG Fu-dong², WU Xue-yang³, ZHAO Yuan-yuan¹, ZHENG Shu-fang^{1,*}

(1. Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 2. Beijing Agriculture Technology Extension Station, Beijing 100029, China; 3. Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China)

Abstract: Fresh-cut cucumbers were treated by two ways of dehydration(natural drying and centrifugal dehydration). The changes of quality of fresh-cut cucumbers during storage were studied by electronic nose technique coupled with sensory and quality analysis. The results showed that during cold storage, the weight of fresh cut cucumber lost slightly, the fruit firmness decreased and the respiration rate increased, and the quality of cucumbers in centrifugal dehydration group was worse than natural drying group, the total bacteria counts increased significantly after 6 days of storage. The signal PCA and LDA analysis results by using Aisense PEN3 electronic nose showed that there were significant differences between the cucumbers in the centrifugal dehydration group at 6 days, in the natural drying group at 10 days and the other different storage time. Which suggested that the shelf life of cucumber slices in the natural drying group and the centrifugal dehydration group was 8~9 days, and 4~5 days, respectively.

Key words: dehydration way; fresh-cut cucumber; electronic nose; storage quality

中图分类号:TS255.3

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2019.01.004

鲜切蔬菜是将新鲜蔬菜经过清洗、切分、消毒和包装等工艺处理后,供消费者直接食用的一种产品形

基金项目:现代农业产业技术体系北京市果类蔬菜创新团队,国家科技支撑计划项目(2013BAD06B00);

北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJCX20170206),北京市科技重大专项(D171100002017002)

作者简介:侯田莹(1982—),女,汉族,硕士,工程师,研究方向:农产品保鲜与加工。

*通讯作者:郑淑芳,硕士,研究员,研究方向:蔬菜采后保鲜与鲜切蔬菜加工。

式。由于鲜切蔬菜具有自然、新鲜、卫生、方便,尤其是安全和环保等特点,在国际上已成为蔬菜商品化的新形式,成为蔬菜消费的新趋势^[1-2]。随着中西式快餐业、团体饮食业、大都市营养配餐的发展,“中央厨房”模式已快速渗透,航空与高铁配餐、机关食堂配餐等产业的蔬菜供应已基本实现了鲜切供应,成为鲜切蔬菜产业发展的主要方向,这就对鲜切蔬菜的品质管理提出了更高的要求。

随着电子鼻技术的发展,用电子鼻来表征气味及检测品质更为可靠、合理,这一快速方法使实时监测的愿望可以真正得到实现。目前,国内外研究学者利用气味传感器技术对鲜切凤梨货架期^[3]、桃新鲜度^[4]、苹果低温贮藏品质^[5]和水蜜桃货架期^[6]等进行了研究,但电子鼻在鲜切蔬菜领域的应用研究甚少,因此将电子鼻技术引入鲜切蔬菜的品质管理迫在眉睫。

黄瓜作为一个可生食的蔬菜品类代表,在鲜切蔬菜领域应用广泛,如西式沙拉、中式配餐等都需要。鲜切黄瓜加工过程中,脱水是一项重要工艺,通过沥干、空气冷风吹干或用离心机去除清洗后蔬菜表面多余的水分,有利于其品质的保持^[7]。目前关于鲜切黄瓜的研究较多,如不同包装、保鲜剂保鲜等,但关于脱水方式对其贮藏期间品质的影响还未见报道。本研究以黄瓜为试材,结合电子鼻技术,研究不同脱水方式对鲜切黄瓜贮藏期间品质的影响,为电子鼻在鲜切产品贮藏货架期上的应用提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料与试剂

新鲜黄瓜,购于北京市顺义区绿奥蔬菜合作社。新鲜黄瓜采摘后采用PE保鲜袋(厚度为0.05 mm,大小为40 mm×50 mm)包装后运至北京市农林科学院蔬菜研究中心10℃冷库预冷后贮存备用。

次氯酸钠(NaClO),购于北京化学试剂公司。

1.1.2 仪器与设备

RG200型切菜机,BSA224S-CW型电子分析天平,家用脱水篮,TMS-Pro物性分析仪,PEN3型便携式电子鼻,GXH-3051型果蔬呼吸测定仪,BSP-150型生化培养箱,YXQ-LS-50SII型高压灭菌锅,DL-CJ-2N型超净工作台,G6型全自动菌落分析仪。

1.2 方法

1.2.1 处理方法

新鲜黄瓜清洗后去头去尾,采用切菜机将其切

分成8 mm厚的切片,然后浸泡于50 L质量浓度为100 mg/L的NaClO溶液中,10 min后取出,然后于质量浓度为10 mg/L的NaClO溶液中漂洗,将漂洗后的黄瓜平均分成以下两组:

自然沥干组(ND):将消毒后的黄瓜切片置于沥水篮中沥干,至黄瓜切片表面无多余水分,然后以100 g/袋保鲜袋分装后于(5±1)℃下贮藏。

离心脱水组(CD):将消毒后的黄瓜切片置于家用脱水篮中脱水30 s后(家用脱水篮转速约100 r/min),以100 g/袋保鲜袋分装后于(5±1)℃下贮藏。

贮藏期间每2 d测定一次相关品质指标。

1.2.2 测定项目与方法

1.2.2.1 失重率

参照徐莉莉等^[8]的方法。

失重率(%) =

$$\frac{\text{贮藏前黄瓜切片质量} - \text{贮藏后黄瓜切片质量}}{\text{贮藏前黄瓜切片质量}} \times 100$$

1.2.2.2 呼吸强度

使用果蔬呼吸测定仪,参照杨卫东等^[9]的气流法,设定气流量为0.5 L/min,在贮藏温度条件下测定,重复3次,取平均值作为该温度条件下鲜切黄瓜片的呼吸强度值。

1.2.2.3 硬度

参照罗述博等^[10]的方法。

黄瓜切片中心果肉硬度测定:采用TMS-Pro物性分析仪p/2圆柱型探头,穿透黄瓜切片的中心下压时的最大压力,即代表黄瓜切片中心果肉样品的硬度。

黄瓜切片边缘果肉硬度测定:采用TMS-Pro物性分析仪p/2圆柱型探头,穿透距离黄瓜表皮5 mm处的切片果肉下压时的最大压力,代表黄瓜切片边缘果肉样品的硬度。

1.2.2.4 电子鼻检测

使用PEN3型便携式电子鼻对黄瓜切片的挥发性气体进行检测。PEN3型电子鼻包含W1C(芳香苯类)、W5S(氮氧化物)、W3C(氨类)、W6S(氢气)、W5C(烷烃)、W1S(甲烷)、W1W(硫化氢)、W2S(乙醇)、W2W(硫化氢类)和W3S(芳香烷烃)10个金属氧化物传感器阵列。

参照Giovenzana等^[11]和江琳琳等^[6]的方法将100 g黄瓜切片置于500 mL烧杯中,并用封口膜封口,于室温(20±2)℃下静置1 h后采用顶空吸气法进行电子鼻检测分析。检测条件为:样品测试时间60 s,

准备时间 5 s, 自动调零时间 10 s, 传感器清洗时间 120 s, 内部流量 300 mL/min, 进样流量 300 mL/min, 样品测定间隔时间 10 s。选取检测过程中的第 41~50 s 处的 G/G_0 值, 各处理重复 3 次。

1.2.2.5 菌落总数

按照 GB/T 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》^[12], 以无菌操作将试样 50 g 放于含有 450 mL 灭菌生理盐水的广口瓶内, 经充分振摇制成均匀稀释液。再将其按 10 倍递增稀释, 选择 2~3 个适宜稀释度用移液管取 1 mL 稀释液于灭菌皿内, 每个稀释度作 3 个皿。及时将凉至 45 °C 营养琼脂注入平皿约 15 mL, 混匀, 同时做对照, 待琼脂凝固后, 翻转平板, 置于 (36 ± 1) °C 下恒温培养 (48 ± 2) h 后观察, 计算平板内菌落数, 再乘以稀释倍数, 即得每克样品所含菌落总数。每个稀释度 3 个平行, 结果取平均值。

1.2.3 数据处理

采用 Excel 进行数据处理, 使用 Origin pro 9.0 软件作图, 采用 SAS 8.2 的 Duncan 新复极差检验进行差异显著性分析, 电子鼻数据采用的主要分析方法为主成分分析法(PCA)和线性判别法(LDA)。

2 结果与分析

2.1 脱水方式对鲜切黄瓜 5 °C 贮藏期间失重率及表面感官品质的影响

由图 1 可以看出, 随着贮藏时间的延长, 鲜切黄瓜的失重率稍有增加, 贮藏 10 d, 失重率仅为 0.15% 左右。鲜切黄瓜消毒后自然沥干, 表面残存水分较多, 在贮藏期间, 质量损失较离心脱水组稍快, 但二者间无显著性差异。

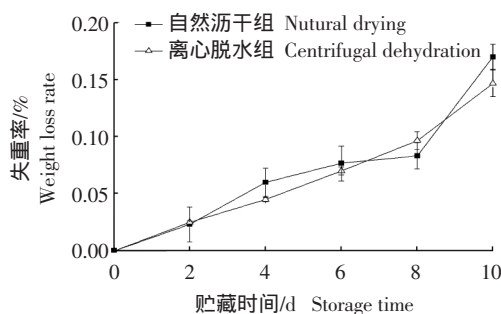


图 1 脱水方式对鲜切黄瓜 5 °C 贮藏期间失重率的影响
Fig.1 Effects of dehydration ways on weight loss rate of fresh-cut cucumber during storage at 5 °C

黄瓜切片 5 °C 贮藏 2 d, 表面即稍有干燥, 4 d 时较为明显, 同时会有少许的发白、裂纹等现象, 随着贮

藏时间的延长, 黄瓜切片有些许出水现象, 表现为切片表面返潮甚至渗水, 切片变软, 8 d 后包装袋中有明显的水珠, 初打开包装袋有明显的异味产生, 稍缓之后仍为正常的黄瓜味道; 离心脱水组现象更为明显, 整体品质劣于沥干组。

2.2 脱水方式对鲜切黄瓜 5 °C 贮藏期间呼吸强度的影响

由图 2 所示, 鲜切黄瓜经过自然沥干和离心脱水处理后, 呼吸强度即出现明显差异, 自然沥干组的鲜切黄瓜呼吸强度为 $33.86 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 而离心脱水处理组呼吸强度为 $42.42 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 比自然沥干组高约 25%, 在 5 °C 条件下贮藏, 呼吸强度整体出现逐渐上升的趋势, 至贮藏 4 d 时有一呼吸小高峰出现, 自然沥干组呼吸强度值为 $59.95 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 而离心脱水处理组呼吸强度达 $83.52 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 比自然沥干组高约 39.3%, 增加幅度明显, 随着贮藏时间的延长, 呼吸强度逐步加大, 比较自然沥干组和离心脱水组, 离心脱水组在贮藏期间呼吸强度均显著高于沥干组 ($P < 0.05$)。

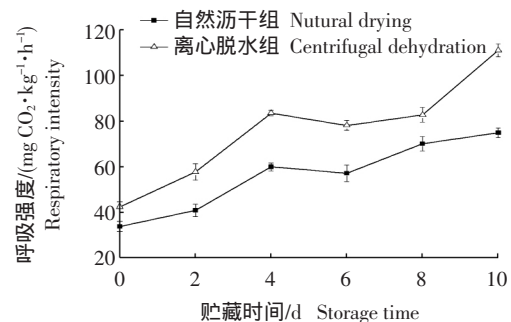


图 2 脱水方式对鲜切黄瓜 5 °C 贮藏期间呼吸强度的影响
Fig.2 Effects of dehydration ways on respiration intensity of Fresh-cut Cucumber during storage at 5 °C

2.3 脱水方式对鲜切黄瓜 5 °C 贮藏期间果肉硬度的影响

由图 3 所示, 不同部位黄瓜切片的硬度不同, 黄瓜中心主要为瓜瓢和种子, 水分含量较高, 硬度较小, 约为 4.0 kg/cm^2 , 边缘果肉硬度值较高, 约为 14.5 kg/cm^2 , 为中心果肉硬度的 3.6 倍之多。在整个贮藏期间, 黄瓜中心果肉和边缘果肉硬度均有不同程度的下降, 主要由于鲜切加工工艺使得组织细胞受到破坏, 营养物质的渗漏使组织更易受到微生物的侵染, 造成组织败坏, 导致软化^[2-3]。比较自然沥干组和离心脱水组, 贮藏初期, 离心脱水组的切片硬度略低于沥干组, 这与脱水加工工艺有关, 机械脱水不仅会造成黄瓜切片表面多余水分的散失, 脱水严重还会导致黄瓜内部水分

的损失^[13],进而导致组织软化;离心脱水组和自然沥干组在贮藏前6天硬度保持较好,6d后硬度下降速率增加。

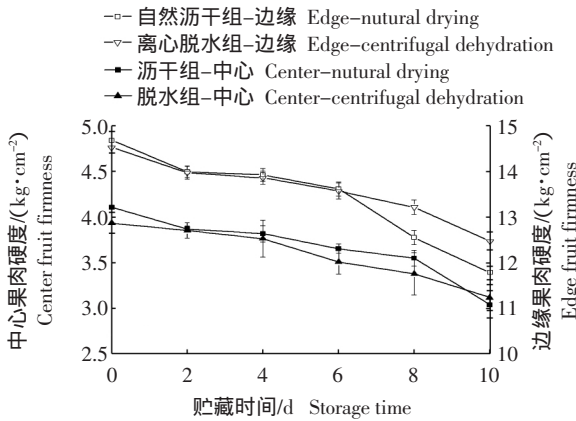


图3 脱水方式对鲜切黄瓜5℃贮藏期间果肉硬度的影响
Fig.3 Effects of dehydration ways on firmness of Fresh-cut Cucumber during storage at 5 °C

2.4 脱水方式对鲜切黄瓜5℃贮藏期间菌落总数和大肠菌群的影响

由图4所示,鲜切黄瓜片在贮藏前6天菌落总数保持在较稳定水平,6d后离心脱水组和自然沥干组均开始大幅度上升,10d后菌落总数上升了两个数量级,达到约3.78 lg(CFU/g FW)。将菌落总数与果肉硬度数据进行相关性分析发现,6d后离心脱水组的菌落总数与边缘果肉硬度呈极显著负相关($P < 0.01$)。由此充分说明,黄瓜切片的品质衰败与其贮藏期间的微生物增长密切相关,离心脱水处理在某种程度上破坏了植物组织结构,导致软化加速、汁液渗出、微生物滋生繁殖、品质劣变等一系列恶性循环反应变化^[14]。

贮藏期间,离心脱水组和自然沥干组的黄瓜切片均未检出大肠菌群。

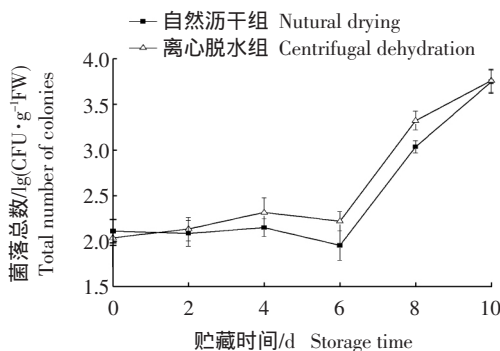


图4 脱水方式对鲜切黄瓜5℃贮藏期间菌落总数的影响
Fig.4 Effects of dehydration ways on total bacterial counts of Fresh-cut Cucumber during storage at 5 °C

2.5 脱水方式对鲜切黄瓜5℃贮藏期间货架期的影响

2.5.1 电子鼻对新鲜黄瓜切片芳香特征的响应

对新鲜切分未消毒的黄瓜进行电子鼻检测分析,测定黄瓜切片的芳香成分,获得电子鼻10个传感器的响应图(图5)。图中每一条曲线代表着一个传感器,曲线上的点代表黄瓜切片的芳香成分通过传感器通道时相对电阻率 G/G_0 随检测时间的变化情况。由图5可以看出,相对电阻率 G/G_0 刚开始较低,随着挥发物在传感器表面的富集,相对电阻率 G/G_0 不断增大并趋于平缓,30s后各传感器相对电阻率 G/G_0 基本上达到一个稳定的状态,因此本试验采用第41~50s作为分析数据;此外,传感器W5S(氨氧化物)、W1W(硫化氢)、W1S(甲烷)和W2W(硫化氢类)较其他传感器有更高的相对电阻值。

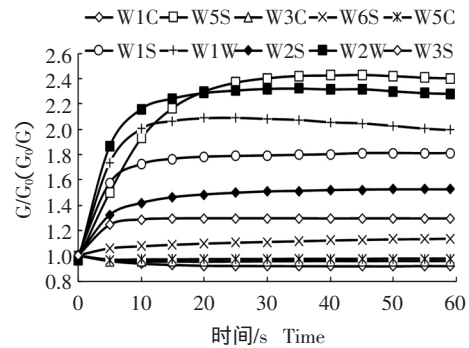


图5 10个传感器对新鲜黄瓜切片芳香成分的响应值
Fig.5 Response values of fresh-cut cucumber aroma compounds from 10 sensors

2.5.2 PCA分析和LDA分析

图6和图7显示了电子鼻检测和区分不同贮藏时间不同脱水处理黄瓜切片的PCA和LDA分析图。

由图6主成分分析PC1和PC2两个主轴上看,第一主成分PC1和第二主成分PC2的贡献率分别为98.66%和1.20%,总贡献率达到99.86%,说明不同贮藏时间的黄瓜切片能有较好的区分,且主要是第一主成分对货架期区分起作用;在图7的LDA分析中,线性判别函数LD1和LD2的贡献率分别为85.87%和9.26%,总贡献率达到95.13%。具体都表现如下:贮藏前4天,离心脱水组和自然沥干组区域集中重叠,不易区分,离心脱水组黄瓜切片贮藏6d即与其他组能有较好的区分,而自然沥干组在贮藏10d才与其他组得以区别。结合感官品质评价以及其他品质指标分析发现,这与离心脱水组贮藏6d时品质即开始劣变相吻合,由此充分说明电子鼻在评价鲜切黄瓜片的贮藏货架期上有一定的预测作用。

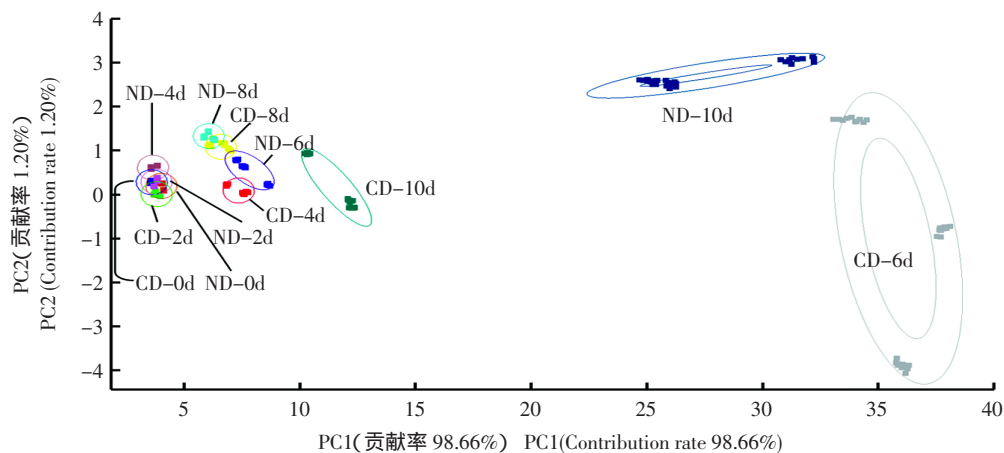


图 6 鲜切黄瓜 5 °C 贮藏不同时间的 PCA 分析

Fig.6 PCA analysis of fresh-cut cucumber at 5 °C for different storage time

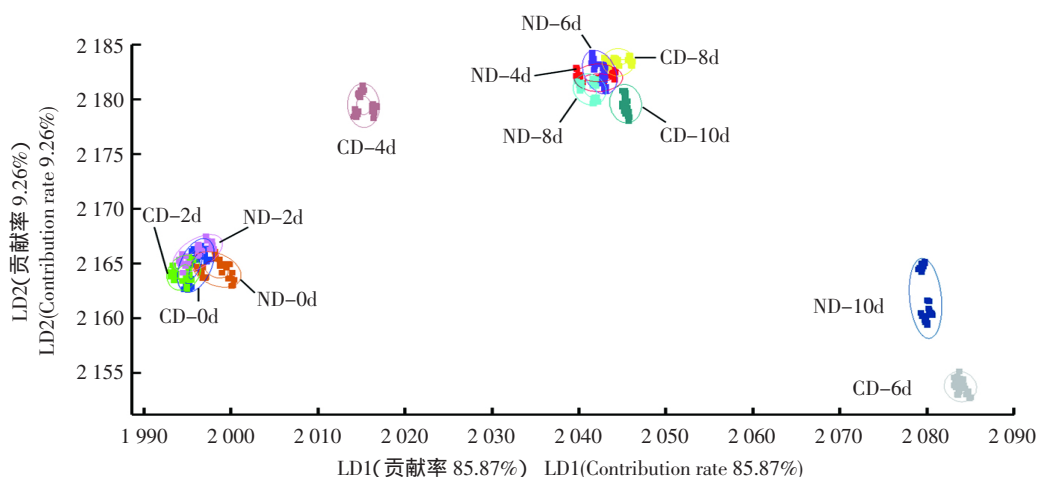


图 7 鲜切黄瓜 5 °C 贮藏不同时间的 LDA 分析

Fig.7 LDA analysis of fresh-cut cucumber at 5 °C for different storage time

3 讨论与结论

黄瓜在鲜切加工过程中,影响其品质变化的因素很多,如切割工序导致机械伤增多,原有组织被破坏,各种代谢与营养物质损失^[15-16],清洗过程也容易造成营养物质的溶出与损失^[7,15],同样脱水也会在某种程度上造成组织损伤,代谢加速,不利于后期的贮藏保鲜。本研究结果表明,鲜切黄瓜在冷藏过程中稍有质量损失,果肉硬度下降,呼吸强度增加,黄瓜切片在消毒后脱水甩干,某种程度上组织会有损伤,导致呼吸代谢加快,果肉硬度下降,不利于贮藏期间的品质保持。贮藏初期,脱水组的切片硬度即略低于沥干组,这充分说明了黄瓜切片的硬度品质与脱水加工工艺有关。机械脱水不仅会造成表面多余水分的散失,脱水严重会导致黄瓜内部水分的损失和组织机械伤,由此导致组织软化。结合电子鼻 PCA 与 LDA 分析,自然

沥干组在贮藏 10 d、离心脱水组在贮藏 6 d 时能够与其他贮藏时间有明显区别,可以推测自然沥干组的黄瓜切片货架期为 8~9 d;而离心脱水组的切片货架期为 4~5 d,离心脱水组的整体品质劣于自然沥干组。

随着餐饮业的发展,中西式餐馆的配餐模式由原有的作坊式、后厨式在不断改变为中央厨房式,航空、高铁、学校、机关食堂等的营养配餐需求也在不断增加,这就为鲜切蔬菜的加工以及专业化的鲜切蔬菜加工厂的发展提供了广阔的市场,同时也需要鲜切加工厂不断地更新换代成机械化程度高、流水线式的鲜切加工设备,使其适应市场的发展^[1,17]。目前在北京、上海等大城市的鲜切蔬菜加工厂中,大多数使用的是离心机甩干脱水模式,这不可避免对蔬菜组织造成损伤,不利于后期的贮藏保鲜。因此,加强研究振动筛沥干、风冷速干等新型的脱水方式来代替传统的离心机

甩干模式,将成为鲜切蔬菜加工脱水模式研究的一个热点。

参考文献:

- [1] 赵晓燕. 我国鲜切蔬菜产业中的问题与发展趋势[J]. 中国蔬菜, 2011,17(1): 1-3.
- [2] 孟令川,吕莹,陈湘宁. 鲜切菜贮藏保鲜技术研究进展[J]. 中国农学通报,2013,29(9):190-196. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6850.2013.09.034.
- [3] TORRI L, SINELLI N, LIMBO S. Shelf life evaluation of fresh-cut pineapple by using an electronic nose [J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 56 (3): 239-245. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2010.01.012.
- [4] HUI G H, WU Y L, YE D D, et al. Study of peach freshness predictive method based on electronic nose[J]. Food Control, 2012, 28(1): 25-32. DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.04.025.
- [5] 李莹,任亚梅,张爽,等. 基于电子鼻的苹果低温贮藏时间及品质预测[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2015,43(5): 183-191. DOI: 10.13207/j.cnki.jnwafu.2015.05.011.
- [6] 江琳琳,潘磊庆,屠康,等. 基于电子鼻对水蜜桃货架期评价的研究[J]. 食品科学,2010,31(12): 229-232.
- [7] 林永艳,谢晶. 鲜切蔬菜保鲜工艺的研究[J]. 吉林农业科学, 2012,37(1):61-64. DOI: 10.3969/j.issn.1003-8701.2012.01.019.
- [8] 徐莉莉,韩育梅,许心青,等. 1-甲基环丙烯(1-MCP)处理对河套蜜瓜在常温贮藏条件下品质的影响 [J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2008,29(2): 97-101.
- [9] 杨卫东,赵敬东,陈存坤. 臭氧处理对厚皮甜瓜采后生理及贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2009,30(12): 154-156. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6521.2009.12.045.
- [10] 罗述博,张超,侯田莹,等. 1-MCP 处理对鲜切哈密瓜贮藏品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2011,11(6): 23-26. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6221.2011.06.007.
- [11] GIOVENZANA V, BEGHI R, BURATTI S, et al. Monitoring of fresh-cut *Valerianella locusta* Laterr. shelf life by electronic nose and VIS-NIR spectroscopy[J]. Talanta, 2014, 120: 368-375. DOI: 10.1016/j.talanta.2013.12.014.
- [12] 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789.2—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [13] 杨炳南,刘斌,杨延辰,等. 国内外果蔬鲜切加工及保鲜技术研究现状[J]. 农产品加工(学刊),2011(10): 36-40. DOI: 10.3969/j.issn.1671-9646(X).2011.10.009.
- [14] BEGHI R, GIOVENZANA V, CIVELLI R, et al. Influence of packaging in the analysis of fresh-cut *Valerianella locusta* L. and *Golden Delicious* apple slices by visible-near infrared and near infrared spectroscopy[J]. Journal of Food Engineering, 2016, 171: 145-152. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2015.10.021.
- [15] OLIVEIRA M, ABADIAS M, USALL J, et al. Application of modified atmosphere packaging as a safety approach to fresh-cut fruits and vegetables—A review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2015,46(1): 13-26. DOI: 10.1016/j.tifs.2015.07.017.
- [16] 王宏延,曾凯芳,贾凝,等. 臭氧水在鲜切蔬菜贮藏保鲜中应用的研究进展[J]. 食品科学, 2012,33(21):355-358.
- [17] 杜春影,任宝强. 现代农业园区蔬菜鲜切加工技术[J]. 吉林蔬菜, 2012(11):37. DOI: 10.3969/j.issn.1672-0180.2012.11.026.

收稿日期 2018-03-06

(上接第 18 页)

- fractions of tomatoes[J]. Food Research International, 2005, 38(5):487-494. DOI:10.1016/j.foodres.2004.10.016.
- [17] 袁胜浩,卞金辉,谢珍,等. 大半边莲中酚酸类成分与抑菌活性研究[J]. 中成药, 2013, 35(1):170-172.
- [18] LATTANZIO V, CARDINALI A, VENERE D D, et al. Phenolics and postharvest diseases of fruits and vegetables[J]. Colloques De Linra,1995:389-390.
- [19] 张行荣,王小菁. 阿魏酸和草酸对豇豆枯萎病的抑制效果[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(13):3113-3114. DOI:10.3969/j.issn.0517-6611.2006.13.087.
- [20] 白雪娜,卜春亚,谷继成,等. 伞形花内酯对植物病原真菌的抑制作用[J]. 植物保护, 2012, 38(2):42-45. DOI:10.3969/j.issn.0529-1542.2012.02.008.
- [21] 王亚丽,李颖畅,马春颖,等. 蓝莓叶多酚提取物对 3 种细菌的抑菌活性[J]. 食品与发酵工业, 2015,41(3):163-167. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201503029.
- [22] 余璐璐,曹中权,朱春娇,等. 不同浓度水杨酸处理对草莓采后保鲜的影响[J]. 植物生理学报, 2015,51(11):2047-2053. DOI:10.13592/j.cnki.ppj.2015.0482.
- [23] 沈奇,金春雁,张卫明,等. 蒲公英绿原酸及其包合物对葡萄保鲜作用的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(6):332-335. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2007.06.081.
- [24] SANZANI S M, GIROLAMO A D, SCHENA L, et al. Control of *Penicillium expansum* and patulin accumulation on apples by quercetin and umbelliferone[J]. European Food Research & Technology, 2009, 228(3):381-389. DOI:10.1007/s00217-008-0944-5.

收稿日期 2018-02-28