

研究进展

新鲜蔬菜清洗技术研究进展

乔永祥, 谢晶

(上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要: **目的** 综述不同清洗方式在蔬菜加工中的研究现状, 为今后的研究方向提供理论参考。**方法** 从清洗消毒剂和机械清洗两方面来介绍它们在蔬菜中的应用现状, 以及对蔬菜品质的影响, 其中清洗消毒剂包括次氯酸钠、二氧化氯、臭氧、过氧化氢、电解水等, 机械清洗技术包括水流式清洗、气泡式清洗、超声波气泡清洗技术。**结果** 蔬菜采后使用合适的加工处理尤为重要, 合理有效的清洗方式可以保持蔬菜的营养价值, 抑制微生物生长。**结论** 在今后的研究中可以侧重研究清洗消毒剂与机械清洗技术的结合, 以及复合清洗消毒剂对蔬菜保鲜效果的影响, 从而为延长新鲜蔬菜货架期、提高蔬菜的商品化率提供参考。

关键词: 蔬菜; 清洗方式; 保鲜技术; 货架期

中图分类号: TS255.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)03-0060-07

Advances in Cleaning Technologies of Fresh Vegetables

QIAO Yong-xiang, XIE Jing

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

ABSTRACT: The work aims to review the research status of different cleaning methods for vegetable processing, so as to provide references for further research. The application of cleaning technology in vegetables and its effect on vegetable quality were introduced from two aspects-cleaning disinfectants and mechanical cleaning. The cleaning disinfectants included sodium hypochlorite, chlorine dioxide, ozone, hydrogen peroxide, electrolyzed water; the mechanical cleaning included water-jet washing, air-bubble washing and ultrasonic bubble cleaning technology. It was particularly important to use suitable processing for the harvested vegetables. Reasonable and effective cleaning technology could keep the nutritional value of vegetables and inhibit the growth of microorganisms. In the future, the research can focus on the combination of cleaning disinfectant and mechanical cleaning technology, and the effects of compound cleaning disinfectant on the preservation of vegetables, thus providing references for the prolonging of fresh vegetables' shelf life and the improvement of vegetable commercialization rate.

KEY WORDS: vegetables; cleaning way; preservation technique; shelf life

新鲜蔬菜富含维生素、微量元素、纤维素等, 是人们日常生活中必不可少的食物来源。随着生活水平的提高和生活节奏的加快, 人们越来越重视生活品质, 方便卫生的小包装蔬菜也日益受到消费者的欢迎, 越来越多的消费者开始接受生食蔬菜的习惯, 因此对新鲜蔬菜的清洗、包装、保鲜等加工工艺提出了更高的要求^[1]。

目前我国已成为世界蔬菜第一生产大国, 总产量连续多年稳居世界首位, 2013 年我国蔬菜总产量高达 7.35 亿 t, 但由于我国蔬菜产业发展缓慢, 技术比较落后, 除发达城市外, 大部分地区仍采用原菜直接销售或初加工的方式^[2-3]。据统计, 我国蔬菜腐烂损耗率高达 30% 左右, 而发达国家采后蔬菜的利用率高达 97%^[4]。我国农产品产后的价值与采摘时的自然产

收稿日期: 2016-04-27

基金项目: 2015 年度国家星火计划 (2015GA680007); 上海市绿叶菜产业体系建设项目

作者简介: 乔永祥 (1992—), 男, 上海海洋大学硕士生, 主攻蔬菜保鲜。

通讯作者: 谢晶 (1968—), 女, 博士, 上海海洋大学教授, 主要研究方向为食品保鲜。

值比为 0.38 : 1, 而日本和美国分别达到了 2.2 : 1 和 3.7 : 1, 可见蔬菜在采收、贮藏和运输过程中存在大量的损耗和浪费, 造成我国蔬菜采后商品化率低^[5], 其主要原因是初加工及保鲜技术落后^[6]。新鲜蔬菜经过去皮、切分等初加工后容易被微生物侵染, 造成品质劣化, 直接影响蔬菜的货架期, 造成巨大的经济损失^[7]。清洗是新鲜蔬菜生产加工中的重要环节, 其目的是清除蔬菜表面污泥和采后残留的汁液, 同时结合清洗剂处理, 可抑止微生物生长繁殖, 减少微生物的数量, 控制由微生物引起的腐败变质, 延长微加工蔬菜的货架期^[8]。良好的清洗方式不仅可以减少病原微生物的数量, 而且可以保持蔬菜品质, 延长蔬菜货架期, 因此加工过程中清洗工艺至关重要^[9]。目前, 用于蔬菜清洗的清洗消毒剂主要有次氯酸钠、二氧化氯、过氧化氢、臭氧和电解水等^[10-11], 机械清洗方式主要包括水流式清洗技术、气泡式清洗技术和超声波气泡清洗技术等。

1 清洗剂和消毒剂

清洗和消毒一般是同时进行的, 蔬菜先通过含有消毒剂的水进行机械清洗, 再用饮用水冲洗。目前在蔬菜清洗中应用最广泛的是次氯酸钠、二氧化氯、过氧化氢等弱酸消毒剂以及臭氧和电解水, 这些消毒剂能够抑制微生物生长繁殖, 同时也可以改善新鲜蔬菜的感官品质和保持其营养价值^[12]。虽然弱酸类消毒剂可以减少并抑制微生物, 但也有人认为其对人体健康可能造成危害, 例如次氯酸钠清洗后会有三氯甲烷, 对人的健康造成潜在的危害^[13-14]。

1.1 含氯化合物

含氯杀菌剂是指能在水中产生次氯酸的一类杀菌剂的总称。目前在蔬菜产业中, 由于次氯酸钠杀菌迅速、价格低廉、应用范围广, 所以在世界范围内得到广泛应用^[15]。唐偲雨等^[16]研究清洗方式对马铃薯品质的影响, 发现经次氯酸钠和二氧化氯水溶液浸泡处理的马铃薯在贮藏 12 d 后, 细菌菌落总数 $\leq 10^6$ cfu/g, 符合我国其他食品微生物安全标准, 对于大肠杆菌, 次氯酸钠清洗效果优于二氧化氯, 其中经 100 mg/L 次氯酸钠水溶液浸泡 10 min 后杀菌效果最好。二氧化氯和次氯酸钠都有少量的三氯甲烷残留, 但次氯酸钠清洗后残留量低于同质量浓度二氧化氯清洗后的残留量。林永艳等^[17]以生菜为实验对象, 研究清洗方式对其保鲜效果的影响, 实验中用有效氯质量浓度为 100 mg/L 的次氯酸钠溶液清洗 5 min, 对微生物的抑制效果较好, 当生菜贮藏到第 8 天时, 其菌落总数仍然低于 10^6 cfu/g, 且具有良好的感官品质, 而自来水清洗 5 min 的样品, 贮藏 4 d 后其菌落总数就高

于 10^6 cfu/g。张立奎等^[18]的研究表明, 当细菌总数 $\leq 10^6$ cfu/g 时, 鲜切生菜的细胞组织不会腐烂。郑月^[19]研究了不同清洗消毒方法对鲜切生菜表面微生物的影响, 研究发现, 鲜切蔬菜的保鲜与抑制微生物的生长繁殖有着密切的关系, 其中采用质量浓度为 100 mg/L 的次氯酸钠溶液处理鲜切生菜可以很好地抑制微生物生长, 同时细菌菌落总数低于法国规定的新鲜蔬菜保持良好品质的微生物标准, 且可保持感官品质的优良达 6 d。侯田莹等^[20]研究发现次氯酸钠清洗效果较好, 但由于有余氯, 不仅会有残留的臭气, 还可能形成“三致(致癌、致畸、致突变)物质”, 对人体健康造成危害, 而且对蔬菜的保鲜效果不及臭氧。用含氯化物溶液清洗蔬菜可以达到抑菌效果, 使其微生物数量控制在我国食品微生物安全标准之内, 但含氯化物清洗最大的缺点就是会有三氯甲烷残留, 对消费者的健康可能造成危害^[21]。

1.2 二氧化氯

二氧化氯作为清洗消毒剂, 具有高效、应用范围广、无残留毒性的特点, 已被国际上作为含氯化物的有效代替物^[22]。Mahmoud 等^[23]以鲜切生菜为研究对象, 用不同质量浓度的二氧化氯水溶液处理 10 min, 研究表明, 用 5 mg/L 的二氧化氯处理可以明显降低生菜表面的致病菌, 沙门氏菌的 D 值(在一定的环境和一定的热力致死温度条件下, 某细菌数群中 90% 的原有残存活菌被杀死所需的时间)降低到 (3.8 ± 0.5) min。Hodges^[24]通过研究不同质量浓度二氧化氯对鲜切菠菜贮藏品质的影响, 结果表明 5 mg/L 的二氧化氯可以有效延缓菠菜中叶绿素、丙二醛、维生素 C 含量的降低。Vicente 等^[25]研究发现, 用低质量浓度的二氧化氯可以显著地抑制生菜的褐变, 但不能延长其货架期。与含氯化物相比, 二氧化氯的处理更安全有效, 是理想的含氯化物替代物。

1.3 过氧化氢

过氧化氢是一种强氧化剂, 可以破坏微生物的细胞, 抑制其生长和繁殖, 但其强氧化性对蔬菜的外观品质和营养成分都有很大的破坏, 例如强氧化性会破坏蔬菜中的维生素 C, 造成维生素 C 流失严重^[26]。周会玲等^[27]以生菜为研究对象, 观察其通过不同清洗剂处理后品质的变化, 结果表明经体积分数为 1% 的过氧化氢处理后, 可以将生菜表面的菌落总数控制在 10^6 cfu/g 以内, 比对照组的效果好, 虽然贮藏 8 d 后还可以食用, 但其感官品质较差。董雷等^[28]研究清洗方法对鲜切山药贮藏效果的影响发现, 随着过氧化氢体积分数的增加, 其表面的菌落总数呈下降趋势, 在第 9 天用体积分数为 1% 的过氧化氢处理的鲜切山药表面的菌落总数仍小于 10^6 cfu/g, 但感官品质较差,

失去了商品价值,抑菌效果和感官品质不如次氯酸钠。梁东妮等^[29]以大白菜为研究对象,研究不同清洗剂对其品质的影响,结果表明经过过氧化氢处理后,其菌落总数小于 10^6 cfu/g,但贮藏 7 d 后,对照组已经失去商业价值。相较于对照组,过氧化氢对微生物具有较好的抑制作用,但抑菌效果不如次氯酸钠,通过过氧化氢处理,蔬菜感官品质较差,维生素 C 的流失严重。

1.4 臭氧

臭氧作为一种新型清洗剂,因其具有很高的安全性,已经被广泛地应用在果蔬产业中^[30],其主要是通过臭氧发生器将臭氧溶解到清水中,制成高效杀菌液。经臭氧水的处理可以明显延长蔬菜的货架期,臭氧是一种理想的绿色保鲜剂^[31]。同时,臭氧水的处理还能够氧化乙烯、降低呼吸强度,延缓蔬菜后熟、有效降低质量损失率和营养物质的消耗^[32],此外还能有效降解蔬菜上残留的农药、化肥、洗涤剂等有机物^[33]。

富新华^[34]研究了不同质量浓度臭氧水及处理时间对鲜切西兰花表面微生物的影响,结果表明,臭氧水处理可以有效抑制西兰花表面微生物的生长,随着质量浓度的升高和处理时间的延长,菌落总数显著下降。与清水清洗处理相比,臭氧水处理可使其细菌菌落总数降低 2~3 个数量级。同时不同质量浓度臭氧水处理样品贮藏到第 8 天时,感官品质较好,未出现腐烂变质现象,但对照组此时已腐烂变质严重,失去商品价值。王肽等^[35]以新鲜茄子为研究对象,研究臭氧水处理对其保鲜效果的影响,研究发现臭氧水处理 5 min 后的杀菌效果较好,鲜切茄子在第 8 天时细菌菌落总数仍小于 10^6 cfu/g,但臭氧水质量浓度和处理时间不当,会导致其细胞内营养物质外渗,造成感官品质的下降。高翔^[36]在研究鲜切菜冷杀菌技术中发现利用臭氧水替代传统的消毒剂在新鲜蔬菜初加工行业中具有巨大的优越性,较低质量浓度的臭氧水对霉菌和细菌可以起到很好的抑制效果,用 0.3 mg/L 臭氧水处理样品 1 min 可以杀灭 90% 以上的大肠杆菌和金黄色葡萄球菌。林永艳等^[37]在研究鲜切生菜不同清洗方式中,发现对于细菌菌落总数,通过臭氧水处理的效果最好,贮藏 8 d 后,细菌总数仍低于 10^6 cfu/g,而对照组贮藏 4 d 后,细菌总数就已经高于 10^6 cfu/g,失去了商品价值;并且经臭氧处理后生菜中维生素 C 的损失速率明显慢于其他 4 种处理,对维生素 C 有很好的保护作用,感官品质也较好。

相对于次氯酸钠清洗方式,臭氧水清洗是一种较为安全的处理方式,没有余氯残留,还可以降低农药的残留,同时抑菌效果较好,使菌落总数控制在 10^6 cfu/g 以内,但臭氧质量浓度和处理时间不当,会降低其感官品质。将微生物数量控制在 10^6 cfu/g 以内

时,应重点研究臭氧水处理的理想质量浓度和处理时间,从而维持其感官品质。

1.5 电解水

电解水是电解质溶液通过特定电解槽电解后,取得具有氧化能力的酸性电解水作为杀菌液,其中包含高活性氧气、氯气、次氯酸及高含量的氢离子,可以有效地杀灭细菌,但电解水清洗也会有余氯残留,对人体健康存在潜在的危害。朱军伟等^[38]研究电解水处理对黄瓜品质的影响,结果表明,贮藏 12 d 后,对照组已经失去商业价值,而电解水处理组菌落总数仍小于 10^6 cfu/g,同时在维持感官品质、维生素 C 等方面效果也较好。何萌等^[39]研究不同清洗剂对鲜切马铃薯品质变化的影响,发现马铃薯通过电解水处理后,在贮藏 7 d 后,菌落总数仍控制在 10^6 cfu/g 以内,其抑菌效果不如次氯酸钠。Abadias 等^[40]用每千克中含有效氯约为 50 mg、pH 值为 8.6 的中性电解水来清洗新鲜莴苣,可以抑制其表面的微生物的生长,例如将大肠杆菌 O157:H7、沙门氏菌和欧文氏菌降低 1~2 个对数,抑菌效果相当于每千克中含有效氯 120 mg 的次氯酸钠。Koseki 等^[41]先用碱性电解水处理鲜切莴苣 5 min,然后再用酸性电解水处理 5 min,可使其细菌总数减少 1.8 个对数级,抑菌效果明显优于单一水处理。Liu 等^[42]以黄瓜为研究对象,通过电解水处理后,发现电解水可以很好地抑制微生物的生长,与对照组相比,更能维持黄瓜的感官品质。Li 等^[43]研究发现,用强电解水处理菠菜可以明显降低微生物数量,使其控制在 10^6 cfu/g 以内,同时还可以抑制亚硝酸盐的积累,在 5 °C 贮藏 9 d 仍可以维持菠菜的营养品质。

不同的电解水抑菌效果不同,但同时也会有余氯残留,对人体健康可能造成危害,因此在抑菌效果和余氯残留方面,今后的研究应该对电解水清洗方式进行优化。次氯酸钠是目前蔬菜产业广泛使用的清洗消毒剂,抑菌效果较好,但容易与蔬菜中的有机物反应生成氯化物残留,对人体健康造成危害;二氧化氯是次氯酸钠的有效替代物,高效安全;过氧化氢处理虽然有抑菌效果,但蔬菜感官品质较差;臭氧和电解水作为新型清洗剂,与次氯酸钠处理相比,电解水清洗虽然抑菌效果和感官品质较好,但通过电解水处理后蔬菜也会有余氯残留,对人体健康可能造成危害;臭氧水清洗不但可以杀死有害微生物,而且其分解产生的氧气可以维持蔬菜的新陈代谢,从而降低蔬菜中维生素 C 的损失,因此合理使用臭氧可以有效地保证新鲜蔬菜的清洗效果和维持其感官品质。

2 机械清洗

目前果蔬清洗的主流技术为水流式清洗和气泡

式清洗以及超声波气泡清洗技术,相较于传统手工清洗,大大提高了清洗效率。

2.1 水流式清洗技术

水流清洗主要是靠射流的冲击力来破坏蔬菜上的污物,使其脱离蔬菜表面。水流式清洗技术分为涡旋式和直线式,在生产实际中应用广泛。Ball等^[44]研究发现,与直线式相比,涡旋清洗通过射流冲击力对流场内的蔬菜进行作用,增强其在清洗过程中的摩擦作用,延长清洗时间,提高清洗效率。王莉等^[45]对淹没水射流方式对清洗蔬菜的种类、清洗能力、清洗效果等进行了研究,研究发现当长叶菜长度不超过200 mm,扁叶菜边长不超过120 mm,根茎类切割菜边长不超过40 mm时都可以用该方式清洗,且不会对组织造成损伤,但不适合整个马铃薯和卷心菜的整叶清洗。吴燕等^[46]对淹没水射流的涡旋式水流清洗进行了优化,并设计了具有U型清洗槽的单涡旋式水流清洗机,通过模拟得出宏观射流冲击力和微观摩擦力越佳,清洗效果越好。

2.2 气泡式清洗技术

气泡式清洗技术主要是通过气泡溃灭回弹时产生的瞬间压力将蔬菜表面的污垢和泥沙等随水流除去,该技术对叶菜类蔬菜损伤较小^[47]。吴玉发等^[48]研制的水气浴清洗机不仅解决了人工清洗叶菜工作强度大、效率低的难题,而且可以保证叶菜类蔬菜烂叶断茎少,外观漂亮。丁小明等^[49]研究发现,对于整棵蔬菜气泡清洗率较低,很难洗净,而散叶比较容易清洗,气泡清洗3 min可使净菜率达到70%。陈勤超^[50]以叶菜为研究对象,研究发现虽然气泡清洗工作量大,净菜率高,但除菌效果有限,甚至微生物有上升的趋势。

2.3 超声波气泡清洗技术

目前超声波是一种传统的技术,在工业上被广泛应用,并被人们所接受^[51]。超声波对浸入液体中的物体表面的清洗作用主要是通过“空化”作用来实现的。超声波空化作用会使吸附在表面的污物分散到清洗液中,从而达到清洗目的。与传统清洗方法相比,超声波在果蔬清洗中具有很大的优势,不仅清洗速度快、效率高且不易造成机械损伤,也不会影响其营养价值与感官品质,同时更加安全环保,但超声波清洗技术消毒不彻底,使得新鲜蔬菜的带菌数量较多^[52]。

张学杰等^[53]研究不同频率、功率、时间的超声波清洗对胡萝卜和普通白菜洁净度的影响,结果显示,26 kHz, 0.28 W/cm²的条件下清洗2 min,可以改善普通白菜的洁净度和外观品质。赵跃萍等^[54]研究30℃下用50 W功率超声波处理不同时间时对鲜切芹菜品质的影响,检测各样品中细菌和大肠杆菌的数量

变化,结果表明,超声波清洗处理10 min时,可以有效降低细菌菌落总数、大肠杆菌和真菌的数量,延长货架期,同时维持新鲜蔬菜的营养价值,不会对其造成机械损伤。尹晓婷等^[55]的研究表明,超声波清洗生菜10 min时抑菌效果显著,贮藏第9天时其表面总菌落数仍小于10⁶ cfu/g,并且可以很好地改善生菜的感官品质,也没有机械损伤。有研究^[56—57]表明,随着超声清洗时间的增加,超声波的杀菌效果也显著增加,但再继续延长超声时间,杀菌效果则不会明显增加,而是保持平稳,因此,一般杀菌时间都定在10 min内。

机械清洗技术大大提高了蔬菜的清洗效率,但各有利弊。水流式清洗技术应用广泛,适合大多数蔬菜,清洗效率较高;气泡清洗技术和超声波气泡清洗技术对蔬菜的机械损伤小,可以保证其漂亮的外观。机械清洗技术最大的弊端在于消毒杀菌不彻底,需要其他清洗消毒剂辅助才能达到清洗消毒的作用。

3 结语

清洗消毒处理对蔬菜加工至关重要,选择合理有效的清洗消毒剂可以减少蔬菜的微生物数量,延长其货架期。同时人们可以依据蔬菜的种类选择合适的机械清洗技术,从而提高蔬菜的清洗效率,减少机械损伤。目前我国清洗技术主要存在以下2个问题:传统清洗剂(次氯酸钠)清洗效果好但有余氯残留,对人体健康存在安全隐患;机械清洗技术大大提高了蔬菜的清洗效率,但对微生物的控制不够理想。在今后的研究中,应该着重于寻找一种不仅能够保证蔬菜在微生物学上的安全性,而且能有效抑制微生物生长、降低营养物质的损失、确保新鲜蔬菜的品质、延长其货架期的清洗技术。从目前的研究看,臭氧等清洗消毒剂不仅无氯残留而且有一定抑菌效果,因此可以作为辅助剂应用于机械清洗技术中,从而解决机械清洗技术消毒不彻底的难题。例如臭氧与超声波处理相结合的方式,不仅可以减少有害物质的残留,而且还可以弥补超声波气泡清洗技术杀菌不彻底的缺点;同时也可以深入研究清洗技术与保鲜技术的结合,从而为新鲜蔬菜延长货架期、保持良好的品质提供可行的技术方案。

参考文献:

- [1] 张瑜. 我国农产品深加工的现状和建议[J]. 福建农林, 2015(7): 19—20.
ZHANG Yu. Present Situation and Suggestion of Deep Processing of Agricultural Products in China[J]. Fujian Agriculture and Forestry, 2015(7): 19—20.
- [2] 石桂春. 蔬菜保鲜储藏的现状、趋势和对策[J]. 吉林

- 农业科学, 2001, 26(4): 49—53.
- SHI Gui-chun. Present Situation, Trend and Countermeasure of Vegetable Preservation[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 2001, 26(4): 49—53.
- [3] 李喜宏, 陈丽. 实用蔬菜保鲜技术[M]. 北京: 北京技术文献出版社, 2000.
- LI Xi-hong, CHEN Li. Practical Technology of Vegetable Preservation[M]. Beijing: Beijing Technical Literature Publishing House, 2000.
- [4] 刘蕾庆, 焦自高, 艾希珍, 等. 套袋技术对瓜果类蔬菜农药残留的影响研究进展[J]. 黄河蔬菜, 2010(12): 6—7.
- LIU Lei-qing, JIAO Zi-gao, AI Xi-zhen, et al. Research Progress in the Effects of Bagging Technology on Pesticide Residues in Fruits and Vegetables[J]. Yellow River Vegetable, 2010(12): 6—7.
- [5] 王亮. 我国蔬菜保鲜包装的发展现状[J]. 贮运保鲜, 2009(4): 50.
- WANG Liang. Development Status of Vegetable Packaging in China[J]. Ereservation Preservation and Distribution, 2009(4): 50.
- [6] 谢晶, 刘晓丹, 徐世琼. 蔬菜保鲜技术与冷藏链[J]. 制冷技术, 2005(1): 6—9.
- XIE Jing, LIU Xiao-dan, XU Shi-qiong. Method and Technology of Preserving Fresh Vegetables[J]. Refrigeration Technology, 2005(1): 6—9.
- [7] 刘程惠, 胡文忠, 何煜波, 等. 鲜切果蔬病原微生物侵染及其生物控制的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012(8): 362—366.
- LIU Cheng-hui, HU Wen-zhong, HE Yu-bo, et al. Research Progress in Biological Control and Microbial Pathogens Infection of Fresh-cut Fruits and Vegetables[J]. Science and Technology of Food Industry, 2012(8): 362—366.
- [8] 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, 2011(10): 36—40.
- YANG Bing-nan, LIU Bin, YANG Yan-chen, et al. Fresh-cut Processing Preservation Technology[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2011(10): 36—40.
- [9] 黄光荣. 切割果蔬保鲜[J]. 食品科技, 2000(3): 28—29.
- HUANG Guang-rong. The Preservation of Fresh-cut[J]. Food Science and Technology, 2000(3): 28—29.
- [10] 张云贵, 应铁进, 傅红霞. 净菜加工中常用的消毒杀菌剂[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(1): 85—88.
- ZHANG Yun-gui, YING Tie-jin, FU Hong-xia. The Commonly Used Sanitizers in the Processed Vegetable[J]. Food and Fermentation Industries, 2007, 33(1): 85—88.
- [11] 杜传来, 吴胜. 不同清洗剂对鲜荚毛豆低温贮藏过程中品质的影响[J]. 食品工业科技, 2009, 30(8): 296—299.
- DU Chuan-lai, WU Sheng. Effect of Different Washing Sanitizers on the Quality of Fresh Soybean Pods during Low-temperature Storage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2009, 30(8): 296—299.
- [12] 燕平梅, 樊文菊, 王青, 等. 不同清洗剂对鲜切豇豆品质的影响[J]. 食品工程, 2010(1): 40—44.
- YAN Ping-mei, FAN Wen-ju, WANG Qing, et al. Effects of Different Washing Agents on Quality of Fresh-cut Vigna Sinensis[J]. Food Engineering, 2010(1): 40—44.
- [13] LMEZ H, KRETZSCHMAR U. Potential Alternative Disinfection Methods for Organic Fresh Cut Industry for Minimizing Water Consumption and Environmental Impact[J]. LWT-Food Science and Technology, 2009 (2): 686—693.
- [14] GIL M, SELMA M, GÁLVEZ F, et al. Fresh-cut Product Sanitation and Wash Water Disinfection: Problems and Solutions[J]. International Journal of Food Microbiology, 2009(4): 37—45.
- [15] 王成, 陈于陇, 刘忠义, 等. 新型鲜切果蔬杀菌技术研究进展[J]. 农产品加工学刊, 2011(10): 7—13.
- WANG Cheng, CHEN Yu-long, LIU Zhong-yi, et al. Research Progress on New Sterilization Technology of Fresh-cut Fruits and Vegetables[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2011(10): 7—13.
- [16] 唐偲雨, 周金源, 张玲, 等. 不同清洗方式对鲜切马铃薯品质的影响[J]. 西南农业学报, 2015, 28(3): 1268—1272.
- TANG Si-yu, ZHOU Jin-yuan, ZHANG Ling, et al. Study of Fresh-cut Potato Quality by Different Cleaning Methods[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2015, 28(3): 1268—1272.
- [17] 林永艳, 谢晶, 朱军伟, 等. 清洗方式对鲜切生菜保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(1): 211—213.
- LIN Yong-yan, XIE Jing, ZHU Jun-wei, et al. Effects of Different Washing Agents on the Preservation of Fresh-cut Lettuce[J]. Food and Machinery, 2012, 28(1): 211—213.
- [18] 张立奎, 陆兆新, 汪宏喜. 鲜切生菜在贮藏期间的微生物生长模型[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(2): 107—110.
- ZHANG Li-kui, LU Zhao-xin, WANG Hong-xi. Microorganism Growth Model on Storage of Fresh-cut Lettuce[J]. Food and Fermentation Industries, 2004, 30(2): 107—110.
- [19] 郑月. 不同清洗消毒方法对鲜切生菜贮藏过程中微生物影响[J]. 农产品加工, 2014(11): 4—6.
- ZHENG Yue. Effects of Different Cleaning and Disinfection Methods on Bacteria Colony of Fresh-cut Lettuce in Preservation[J]. Farm Products Processing, 2014(11): 4—6.
- [20] 侯田莹, 赵园园, 郑淑芳. 次氯酸钠在蔬菜加工中循环利用的杀菌效果评价[J]. 食品科学, 2010, 31(13): 27—30.
- HOU Tian-ying, ZHAO Yuan-yuan, ZHENG Shu-fang.

- Bactericidal Efficacy Evaluation of Recycling Used Sodium Hypochlorite during Fresh-cut Vegetable Processing[J]. Food Science, 2010, 31(13): 27—30.
- [21] GALVEZ L F, RAGAERT P, PALERMO L A, et al. Effect of New Sanitizing Formulations on Quality of Fresh-cut Iceberg Lettuce[J]. Postharvest Biology & Technology, 2013, 85(4): 102—108.
- [22] 白莲. 二氧化氯的制备与应用[J]. 科技信息, 2006(5): 56—57.
BAI Lian. Preparation and Application of Chlorine Dioxide[J]. Science & Technology Information, 2006 (5): 56—57.
- [23] MAHMOUD B S M, LINTON R H. Inactivation Kinetics of Inoculated Escherichia Ccoli O157:H7 and Salmonella Enteric on Lettuce by Chlorine Dioxide Gas[J]. Food Microbiology, 2008(5): 244—252.
- [24] HODGES D M, FORNEY C F, WISMER W. Processing Line Effects on Storage Attributes of Fresh-cut Spinach Leaves[J]. Hort Science, 2000, 35(7): 1308—1311.
- [25] VICENTE M, PETER R, VISVALINGAM J, et al. Shelf-life of Minimally Processed Lettuce and Cabbage Treated with Gaseous Chlorine Dioxide and Cysteine [J]. International Journal of Food Microbiology, 2008(1): 74—83.
- [26] 燕平梅, 樊文菊, 王青, 等. 不同清洗剂对鲜切豇豆品质的影响[J]. 食品工程, 2010(1): 40—44.
YAN Ping-mei, FAN Wen-ju, WANG Qing, et al. Effects of Different Washing Agents on Quality of Fresh-cut Vigna Sinensis[J]. Food Engineering, 2010(1): 40—44.
- [27] 周会玲, 唐爱均, 王祥明. 不同清洗剂对切割生菜品质的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(11): 115—118.
ZHOU Hui-ling, TANG Ai-jun, WANG Xiang-ming. Effects of Different Washing Agents on the Quality of Fresh-cut Lettuce[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2010, 19(11): 115—118.
- [28] 董雷, 姚连芳, 高愿军. 清洗方法对鲜切山药贮藏效果的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(4): 182—185.
DONG Lei, YAO Lian-fang, GAO Yuan-jun. Study on Storage Effect of Fresh-cut Yam by Different Cleaning Methods[J]. Food and Machinery, 2012, 28(4): 182—185.
- [29] 梁东妮. 鲜切蔬菜清洗、护色和包装技术的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2003.
LIANG Dong-ni. Studies on the Rinsing, Browning Controlling and Packaging Techniques of Fresh-cut Vegetables[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2003.
- [30] MILLER F A, SILVA C L M, BRANDÃO T R S. A Review on Ozone-Based Treatments for Fruit and Vegetables Preservation[J]. Food Engineering Reviews, 2013, 5(2): 77—106.
- [31] 王宏延, 曾凯芳, 贾凝, 等. 不同质量浓度臭氧化水对鲜切西兰花贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2012(2): 267—271.
WANG Hong-yan, ZENG Kai-fang, JIA Ning, et al. Effect of Ozonated Water with Various Concentrations on Storage Quality of Fresh-cut Broccoli[J]. Food Science, 2012(2): 267—271.
- [32] JURADO-ALAMEDA E, GARCÍA-ROMÁN M, ALTMAJER-VAZ D, et al. Assessment of the Use of Ozone for Cleaning Fatty Soils in the Food Industry[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 110(1): 44—52.
- [33] 欧阳杰, 程裕东, 吴绪敏, 等. 不同清洗方法对鲜切豇豆贮藏期间品质和安全性的影响[J]. 食品科学, 2007, 28(10): 550.
OU Yang-jie, CHENG Yu-dong, WU Xu-min, et al. Effects of Different Washing Methods on Quality and Security of Fresh-cut Vigna Sinensis during Storage[J]. Food Science, 2007, 28(10): 550.
- [34] 富新华. 臭氧水对鲜切西兰花微生物污染的控制作用[J]. 北方园艺, 2012(21): 124—126.
FU Hua-xin. The Control Function of Ozone Water Treatment on Microbial Contamination of Fresh-cut Broccoli[J]. Northern Horticulture, 2012(21): 124—126.
- [35] 王肽, 谢晶. 臭氧水处理对鲜切茄子保鲜效果的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(3): 324—328.
WANG Tai, XIE Jing. Effect of Ozonated Water on Preservation of Fresh-cut Eggplant[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(3): 324—328.
- [36] 高翔. 鲜切菜冷杀菌技术的研究[J]. 微生物学杂志, 2003, 23(5): 56—59.
GAO Xiang. Study on the Nonthermal Sterilization of Fresh-cutting Vegetables[J]. Journal of Microbiology, 2003, 23(5): 56—59.
- [37] 林永艳, 谢晶, 朱军伟, 等. 清洗方式对鲜切生菜保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(1): 211—213.
LIN Yong-yan, XIE Jing, ZHU Jun-wei, et al. Effects of Different Washing Agents on the Preservation of Fresh-cut Lettuce[J]. Food and Machinery, 2012, 28(1): 211—213.
- [38] 朱军伟, 谢晶, 林永艳, 等. 清洗条件对切割黄瓜贮藏品质和安全性的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(20): 320—323.
ZHU Jun-wei, XIE Jing, LIN Yong-yan, et al. Effect of Washing Methods on Quality and Safety Keeping of Fresh-cut Cucumbers[J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(20): 320—323.
- [39] 何萌, 王丹, 马越. 不同清洗剂对鲜切马铃薯贮藏过程品质变化的影响[J]. 食品工业科技, 2013(15): 328—331.
HE Meng, WANG Dan, MA Yue. Effect of Fresh-cut Potatoes after Washing with Different Sanitizers on Storage Quality Change[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013(15): 328—331.
- [40] ABADIAS M, USALL J, OLIVEIRA M, et al. Efficacy of Neutral Electrolyzed Water for Reducing Microbial

- Contamination on Minimally-processed Vegetables[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008, 123(1): 151—158.
- [41] KOSEKI S, YOSHIDA K, KAMITANI Y, et al. Effect of Mild Heat Pretreatment with Alkaline Electrolyzed Water on the Efficacy of Acidic Electrolyzed Water Against Escherichia Coli O157: H7 and Salmonella on Lettuce[J]. Food Microbiology, 2004, 21(5): 559—566.
- [42] LIU Z, DONG Y, JIANG W. Decontamination Efficiency of Slightly Acidic Electrolyzed Water on Fresh-Cut Cucumbers[J]. International Journal of Food Engineering, 2011, 7(5): 1—12.
- [43] LI H Z, ZHENG S F, SONG S H, et al. Study on Sterilization and Preservation of Fruits and Vegetables Using Acidic Electrolyzed Oxidizing Water[J]. Modern Food Science and Technology, 2011, 27(3): 361—365.
- [44] BALL C G, FELLOUAH H, POLLARD A. The Flow Field in Turbulent Round Free Jets[J]. Progress in Aerospace Sciences, 2012(5): 1—26.
- [45] 王莉, 丁小明. 淹没水射流方式清洗蔬菜的探索研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(12): 124—130.
- WANG Li, DING Xiao-ming. Experimental Investigation Washing Vegetables with Submerged Jets of Water [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(12): 124—130.
- [46] 吴燕, 金光远, 崔政伟, 等. 一种果蔬清洗机数值和实验研究[J]. 食品与生物技术学报, 2015, 34(12): 1308—1314.
- WU Yan, JIN Guang-yuan, CUI Zheng-wei, et al. Study on Numerical and Experimental of Fruits and Vegetables Washer[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2015, 34(12): 1308—1314.
- [47] 杨红兵, 丁为民, 陈坤杰. 气泡对蔬菜的清洗作用及清洗参数模型的建立[J]. 江西农业学报, 2007, 19(6): 102—104.
- YANG Hong-bing, DING Wei-min, CHEN Kun-jie. Effect of Air Bubble on Vegetable Cleaning and Establishment of Model for Cleaning Parameters[J]. Journal of Jiangxi Agriculture, 2007, 19(6): 102—104.
- [48] 吴玉发, 梁健. 水气浴叶菜清洗机的应用研制[J]. 现代农业装备, 2004(4): 65—66.
- WANG Yu-fa, LIANG Jiang. Development and Application of Water Bath Leaf Cleaning Machine[J]. Modern Agricultural Equipment, 2004(4): 65—66.
- [49] 丁小明, 王莉. 气泡清洗方式清洗叶类蔬菜的试验研究[J]. 农机化研究, 2007(12): 119—123.
- DING Xiao-ming, WANG Li. Study on Washing Vegetables with Air Bubble Washer[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007(12): 119—123.
- [50] 陈勤超. 水流式与气泡式蔬菜清洗机清洗效果的比较与研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.
- CHEN Qin-chao. Study on the Cleaning Effects for Water Jets Washer and Air Bubble Washer of Vegetable by Comparison[D]. Wuhan: Central China Agricultural University, 2007.
- [51] MASON T J. Ultrasonic cleaning: An historical perspective[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2015(9): 519—523.
- [52] 高翔, 蒋荣荣. 鲜切菜危害分析及品质控制[J]. 食品科技, 2004(1): 29—34.
- GAO Xiang, JIANG Rong-rong. Analysis of the Hazard of Fresh-cut Vegetable and its Quality-control[J]. Food Science and Technology, 2004(1): 29—34.
- [53] 张学杰, 郭科, 李琨, 等. 超声波清洗对胡萝卜和普通白菜洁净度的影响[J]. 中国蔬菜, 2011(2): 89—91.
- ZHANG Xue-jie, GUO Ke, LI Kun, et al. Effect of Ultrasonic Washing Technology on Cleanliness of Carrot and Pakchoi[J]. Chinese Vegetables, 2011(2): 89—91.
- [54] 赵跃萍, 王晓斌, 杨天宇, 等. 超声波清洗对鲜切芹菜品质的影响[J]. 现代食品科技, 2011, 27(1): 32—35.
- ZHAO Yue-ping, WANG Xiao-bin, YANG Tian-yu, et al. Influence of Ultrasonic Cleaning on the Quality of Fresh Cut Celery[J]. Modern Food Science and Technology, 2011, 27(1): 32—35.
- [55] 尹晓婷, 赵葵儿, 蒋星仪, 等. 超声波处理结合纳米包装对鲜切生菜品质的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(2): 250—254.
- YIN Xiao-ting, ZHAO Kui-er, JIANG Xing-yi, et al. Effect of Ultrasonic Treatment Combined with Nano-Packaging on the Quality of Fresh-Cut Lettuce[J]. Food Science, 2015, 36(2): 250—254.
- [56] CHEN X N, JIN W B, DONG Y R, et al. Research Progress in Preservation of Postharvest Edible Fungi [J]. Advanced Materials Research, 2012(6): 614—619.
- [57] QIAN B L, HUANG X Y, HUI Y H, Research Progress of Electrolyzed Oxidizing Water Application in Food Industry[J]. Fisheries Information and Strategy, 2012, 27(1): 54—60.