

# 新鲜蔬菜采后清洗、包装处理研究进展

## Progress on cleaning and packaging of postharvest fresh vegetables

雷昊 谢晶

LEI Hao XIE Jing

(上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

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

**摘要:**新鲜蔬菜以其丰富的维生素和矿物质等营养成分,已成为人们日常生活中不可或缺的重要食材之一。文章从清洗方式和包装方式入手,介绍了新鲜蔬菜采后物理清洗、化学清洗等多种清洗方式,薄膜包装、涂膜包装、气调包装和真空包装等多种包装方法,并对采后蔬菜处理的研究方向进行了预测,提出混合清洗和综合气调包装是今后关注的重点。

**关键词:**蔬菜;清洗;包装;保鲜

**Abstract:** For its rich nutrients vitamins and minerals, fresh vegetables have become one of the most important indispensable ingredients of daily life. Based on different cleaning and packaging methods, physical cleaning, chemical cleaning, film packaging, coating packaging, modified atmosphere packaging and vacuum packaging of fresh vegetables were introduced. The research direction of vegetables processing after harvest was forecasted, and mixing cleaning and comprehensive atmosphere package were proposed as the future research focuses.

**Keywords:** vegetables; cleaning; packaging; keeping fresh

随着生活水平的日益提高,人们对健康合理的饮食结构也越来越重视,蔬菜作为最常见的膳食原材料,以其丰富的维生素和矿物质含量,得到了大家的认可和青睐。加之许多蔬菜生食更能发挥营养作用,只需简单清洗并拌以调味品便可食用,这种便捷营养的方式越来越被广泛关注。因此,对蔬菜的品质及清洁提出了更高的要求。

据农业部数据统计<sup>[1]</sup>,2014年中国的蔬菜总种植面积超过 $2.0 \times 10^7$  hm<sup>2</sup>,蔬菜年产量超过7亿t,蔬菜已成为中国的第一大农产品。充足的蔬菜资源为加工业和饮食业提供了充沛的原料,同时也对蔬菜运输保藏提出了更高的要求。蔬菜采后容易出现萎蔫、褪色、变质等问题,这就要求在运

输、贮藏等过程中,应采取一些适当的保藏措施以降低蔬菜流通中的品质损失,延长蔬菜的货架期。据统计<sup>[2]</sup>,发达国家的蔬菜采后损失率很低,一般低于5%,而中国由于技术、设备等方面相对落后,蔬菜采后损失率高达30%左右,这给中国蔬菜业发展造成很大的影响,也不利于农户的增产增收。

在中国,蔬菜采摘期市场供过于求,而反季节时却供不应求。新鲜蔬菜在采后通常会受到切割损伤,失去原有外层保护组织会诱发一系列生理、生化反应,再加上微生物的侵害,不利于维持鲜切蔬菜的品质<sup>[3]</sup>,适当的清洗和包装能改善蔬菜周围环境,减少微生物数量,减缓呼吸、蒸腾以及酶促作用,从而延缓蔬菜品质变化,延长货架期<sup>[4]</sup>。为了减少蔬菜的季节性短缺和腐败浪费,就需要在蔬菜采后的清洗、包装、贮藏、运输等环节加以处理。本研究重点关注了蔬菜采后清洗和包装两个环节,分析了其方法和特点,并阐述了国内外蔬菜保鲜的研究现状,旨在为中国蔬菜采后技术的进步提供一定的参考。

### 1 蔬菜清洗技术

清洗处理是采后蔬菜商品化不可缺少的一个重要环节,目的是去除蔬菜表面及缝隙中的污垢、泥沙、农药残留等物质,便于蔬菜后续的加工、运输、贮藏并延长货架期,目前一般采用物理清洗和化学清洗两种方式。

#### 1.1 物理清洗技术

目前中国常见的果蔬清洗物理方式是利用水汽浴的原理,进行机械水力清洗<sup>[5]</sup>,相较于传统手工清洗,大大提高了效率和成本。中国常用的物理清洗技术有:滚筒式清洗、振动喷淋式清洗、超声波清洗以及超高压清洗等技术。

1.1.1 滚筒式清洗技术 袁巧霞等<sup>[6]</sup>早在1996年研制出GL-I型滚筒式蔬菜清洗机,主要针对于清洗蔬菜的根茎类,它的滚筒截面为六边形,滚筒在旋转的过程中与机器内的待洗物料发生摩擦,以达到清洗的目的,且在滚筒的长度方向设有自动喷水装置,使待洗物料充分得到冲洗,提高清洗效率,但这种方法仅适合于根茎类蔬菜,覆盖面较低,而且耗水

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

**作者简介:**雷昊,男,上海海洋大学在读硕士研究生。

**通讯作者:**谢晶(1968—),女,上海海洋大学教授,博士。

E-mail: jxie@shou.edu.cn

**收稿日期:**2016-02-19

量较大。乔永钦等<sup>[7]</sup>在此基础上,通过分析物料的受力情况,加以模拟,得出了装置结构参数,重新设计出 QXJ-150,在滚筒清洗设备上加上了毛刷、喷酒等装置,并提出待洗物料进入设备前进行一段时间的浸泡,大大提高了设备的清洗效率,降低了水量消耗,清洗效果显著。

1.1.2 振动喷淋式清洗技术 高英武等<sup>[8]</sup>研制了适用面更广的振动喷淋式蔬菜清洗设备,较之前的滚筒式清洗机,适用面更广,对蔬菜的表面损伤更小。由于喷淋式清洗机在清洗过程中会产生大量气泡<sup>[9]</sup>,虽然对蔬菜损伤较小,但是仅靠气泡带动水流对于蔬菜的作用力有限,清洗效率较低,清洗时间过长。因此,吴玉发等<sup>[10]</sup>研制出水气浴叶菜清洗机,在水下用气泵制造出大量气体,气体激烈向上翻腾冲击待洗蔬菜,利用气体冲击带动水流冲刷蔬菜表面及缝隙,由于是单向冲击,所以远离喷射口的蔬菜清洗效果不佳,清洗出的泥沙等需人工手动排除,且成本较高。赵长滨等<sup>[11]</sup>分析了该装置结构,提出了爆气扰水式蔬菜清洗设备,改良单方向水气冲击为上下同时冲击清洗,提高了清洗效果。

1.1.3 超声波清洗技术 杨红兵等<sup>[12]</sup>研发出以超声波配合气泡为清洗提供动力的新清洗技术,并做了正交试验,测定了清洗参数;这种方法适合于多种蔬菜,对蔬菜表面的损伤较小,不容易破坏物料。Mizrach<sup>[13]</sup>和 Patist 等<sup>[14]</sup>分别使用了超声波技术对不同种类的果蔬进行了清洗试验,也收到良好的效果。

1.1.4 超高压清洗技术 Butz 等<sup>[15]</sup>在清洗处理上增加了超高压技术,使用高压射流对果蔬进行全方位清洗,结果证明,超高压清洗对于果蔬几乎没有损伤。雷亚君等<sup>[16]</sup>对紫菜进行 600 MPa 处理,微生物杀灭效果良好,感官也没有较大影响,但是设备成本较高,维修较为复杂。

总而言之,物理清洗技术各有利弊:滚筒式清洗虽然清洗效果好,但是对物料损伤较大,效率较低,适用范围较窄,不适合大多数蔬菜;喷淋式清洗适用于大多数蔬菜,设备也较为便捷,对物料损伤低,但是清洗效果一般,设备清洗不便利;超声波和超高压清洗对物料损伤最小,并且适用范围广,可以连续工作,效率值高,但是设备成本较高,检修维护也较为复杂,因此还需要进一步完善和改进。

## 1.2 化学清洗技术

化学清洗即在清洗过程中加入化学试剂,以达到杀菌、保鲜、去除农药残留等效果,目前常用的杀菌剂有:含氯杀菌剂、电解水杀菌剂、二氧化氯杀菌剂以及臭氧杀菌剂<sup>[17]</sup>。

1.2.1 含氯杀菌剂 这一类杀菌剂以氯为主,配合水溶剂会形成次氯酸,在蔬菜杀菌中,次氯酸钠是最常用的杀菌剂<sup>[18]</sup>。虽然含氯杀菌剂的危害已众所周知,但是由于它使用方便、价格低廉,还是被广泛应用。向洋<sup>[19]</sup>发现,用 0.06% 的次氯酸钠溶液清洗处理山药,在贮藏第 12 天时,鲜切山药微生物总量、褐变度、丙二醛含量均低于空白对照组,由此可见,次氯酸钠对山药可以起到很好的清洗效果。Allende 等<sup>[20]</sup>用 300 mg/L 的次氯酸钠处理了新鲜香菜,发现香菜中的 *E.coli* O157:H7 的数量显著降低了 1.0~1.3 个对数值,说明次氯酸钠杀菌效果显著。

1.2.2 电解水杀菌剂 酸性电解水杀菌技术是一种被日本

率先发现和使用的杀菌技术,可有效代替传统含氯杀菌剂,在果蔬清洗杀菌方面有很好的效果<sup>[21]</sup>。Javier 等<sup>[22]</sup>用 100 mg/L 的酸性电解水、近中性电解水和次氯酸钠溶液分别处理鲜切花椰菜,在 5 °C 的条件下贮藏 19 d 后发现,酸性电解水、近中性电解水清洗处理过的样品菌落总数都明显少于次氯酸钠组。于晓霞<sup>[23]</sup>也得到了相同的结论:用酸性电解水、近中性电解水、次氯酸钠溶液清洗鲜切蔬菜,保鲜效果均优于普通自来水清洗,其中酸性电解水清洗的效果最佳,能够有效维持蔬菜的营养成分,抑制细菌的生长,有利于延长货架期。王丹等<sup>[24]</sup>也使用酸性电解水处理鲜切西兰花,有效地将货架期延长至 12 d。

1.2.3 二氧化氯杀菌剂 二氧化氯杀菌剂是一种新型杀菌剂,比次氯酸钠更高效,而且溶于水后不会产生氯胺类的致癌物,与微生物反应生成的残留物为氯化钠、水以及少量二氧化碳和有机糖,都对人体无害,已被美国食品药品监督管理局认定为安全高效的杀菌剂<sup>[25]</sup>。Chen 等<sup>[26]</sup>用 100 mg/L 的二氧化氯溶液对新鲜莴笋片做清洗处理,在 4 °C 的条件下贮藏 6 d 后,好氧菌、乳酸菌和酵母菌分别降低了 3.6, 1.2, 1.4 个对数值,而且对莴笋感官也无显著影响,延长了货架期。二氧化氯作为清洗杀菌剂,杀菌效果好、安全系数高,但是成本较高,且易造成叶菜的脱色,造成感官损害,对于大范围应用,还有待进一步验证。

1.2.4 臭氧杀菌剂 臭氧作为清洗杀菌剂也是一种新型杀菌剂,其氧化能力强,氧化产物安全无毒,但由于自身性质臭氧在水中溶解度小且极不稳定,因此使用臭氧作为清洗杀菌剂对清洗设备和操作方式要求较高。Hirneisen 等<sup>[27]</sup>用 6.25 mg/L 的臭氧水浸泡清洗洋葱和生菜,发现可明显降低诺瓦克病毒的数量;吴双桃等<sup>[28]</sup>在清洗油菜过程中持续通入臭氧,发现可去除油菜中的三氟氯氰菊酯、氯氰菊酯和对硫磷等农药残留,去除率分别为 72.9%, 77.8%, 34.8%,但是与此同时,臭氧易造成少量的 Vc 损失,因此提出 5 min 的臭氧清洗最为适宜。林永艳等<sup>[29]</sup>对鲜切生菜也做了对比试验,研究发现使用臭氧水对生菜进行清洗,叶绿素含量损耗得到明显延缓,感官也保持良好,效果明显优于次氯酸钠水和自来水清洗。

总之,含氯类的杀菌剂以其低廉的价格和使用的便捷,成为目前使用最为广泛的杀菌剂,但是使用过程会生成一些有害物质,因此适用范围较窄;二氧化氯和臭氧作为新型杀菌剂,在杀菌效果上并不比传统含氯杀菌剂逊色,而且反应产物无毒无害,且对人体危害最小,但是成本较高,容易造成脱色等蔬菜感官损伤,使用时要注意浓度、时间以及处理方式;电解水清洗是相较于其他方式最为温和的杀菌方法,安全系数较高,对蔬菜影响小,效果显著,但也由于成本较高,限制了其大规模使用。

## 2 蔬菜包装技术

包装也是蔬菜采后商品化不可或缺的一个环节,在保鲜过程中也起着至关重要的作用。通过适当合理的包装方式,可有效抑制蔬菜的蒸腾作用,保证其鲜度,也可抑制蔬菜的呼吸作用,延长蔬菜货架期,还可降低蔬菜营养物质的损失,

保证蔬菜品质等。目前,常见的蔬菜包装技术有:薄膜包装、涂膜包装、气调包装以及真空包装等。

### 2.1 薄膜包装技术

随着塑料薄膜被人们开发利用,薄膜包装技术便随之兴起,用来抑制草莓与空气间的水分交换,从而降低生理代谢速度,延长草莓鲜度的保持时间<sup>[30]</sup>。随着科技的发展,塑料薄膜日益丰富,最为常见的有聚乙烯薄膜(poly ethylene)、聚丙烯薄膜(propene polymer)、聚氯乙烯薄膜(polyvinyl chloride)<sup>[31]</sup>等,由于蔬菜种类繁多,蔬菜的代谢作用和生理特性也不同,因此不同的膜对于不同蔬菜有不同的保鲜效果。

曹非等<sup>[32]</sup>使用不同厚度的低密度聚乙烯(low-density polyethylene)薄膜、聚丙烯薄膜以及定向聚丙烯(oriented polypropylene)复合薄膜对青菜进行包装处理,结果表明,随着贮藏时间的增加,青菜 Vc 含量和感官有所下降,不同材料对抑制 Vc 的损失效果不同,但都明显优于无包装的空白组;空白组萎蔫、腐烂程度最高,薄膜包装有效地延长了青菜货架期 3~5 d。还有试验<sup>[33]</sup>发现,在-1℃条件下,芹菜用聚乙烯薄膜包装,可以有效减缓黄化,很大程度地延长其货架期。

### 2.2 涂膜包装技术

涂膜包装技术是将大分子物质作为成膜溶质配制成溶液或者乳状液,采用涂抹、浸泡或者喷洒的方式,使其附着在蔬菜表面,待其干燥并固化后,会在蔬菜表面形成一层半透性的薄膜<sup>[34]</sup>。这种薄膜可以紧密地包裹住蔬菜,堵塞其表面气孔,抑制蔬菜的呼吸作用和降低蒸腾作用,抵制微生物的入侵<sup>[35]</sup>,从而达到延长蔬菜贮藏期的目的。

2.2.1 单一材料涂膜 目前使用较为广泛的涂膜材料是壳聚糖,壳聚糖作为一种可食性多糖,包裹在蔬菜表面会形成一层隔氧性和隔水性的半透明膜,可调节蔬菜代谢作用,对蔬菜有良好的保鲜效果<sup>[36]</sup>。Hesham<sup>[37]</sup>使用 2% 的壳聚糖溶液对鲜切蘑菇进行涂膜处理后,置于 4℃ 环境下可以贮藏 15 d,经测定,蘑菇内微生物数量减少、褐变反应减缓、生物氧化酶活性降低。

2.2.2 复合材料涂膜 由于单一涂膜材料性质较为单一,适用范围较小,保鲜效果有限,因此,复合材料涂膜的研发也是热点。唐琳等<sup>[38]</sup>使用复合涂膜对茼蒿进行处理,发现以 1.0% 壳聚糖+0.04% 山梨酸钾+0.2% 卡拉胶为涂膜剂对茼蒿的保鲜效果最佳,能极大程度地降低水分和 Vc 损失率,能够在(4.0±0.5)℃ 的条件下贮藏 10 d。于有伟等<sup>[39]</sup>对鲜切莲藕进行复合材料涂膜时采用 1% 壳聚糖+1% 植酸组合,也得到相似的成果,发现复合涂膜处理能够降低鲜切莲藕的失重率和丙二醛含量,延缓藕片褐变,抑制酶活性,效果优于壳聚糖或植酸单一处理。

### 2.3 气调包装技术

气调包装技术主要是通过改变贮藏期中包装内的气体成分含量,来缓解蔬菜在物理、化学、生物等方面性质发生的变化,降低蔬菜呼吸作用,从而最大限度地延长货架期<sup>[40-41]</sup>。气调包装以其无毒、安全的特性被广泛使用,主要分为自发气调包装和控制气体包装。

2.3.1 自发气调包装 自发气调包装是利用蔬菜自身的呼

吸作用和塑料薄膜的选择透过性,在包装内达到一个低 O<sub>2</sub> 高 CO<sub>2</sub> 的气体平衡浓度,从而抑制蔬菜的呼吸作用,延长货架期<sup>[42]</sup>。高雪等<sup>[43]</sup>使用自发气调包装结合冰温贮藏处理鲜切西兰花,结果表明该包装能有效地延缓西兰花叶绿素分解和营养成分流失,抑制乙烯释放,效果优于普通保鲜膜。徐长妍等<sup>[44]</sup>还发现自发气调包装薄膜不宜过厚,否则不利于透湿换气,聚乙烯薄膜在 0.017 mm 时,对西兰花感官和水分保持更佳,同时能延缓西兰花的黄化和腐败。

自发气调包装操作简便,成本低,安全性高,但是也存在一些问题:① 建立自适应气调环境需要一定条件和时间,在这段时间对包装内的蔬菜损害较大;② 如果材料的通透性与蔬菜的呼吸速率不相匹配,容易引起包装内部蔬菜腐败<sup>[45]</sup>。而控制气体包装则能很好地解决这个问题。

2.3.2 控制气体包装 控制气体包装是通过人为动态调节包装内的 O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub> 等气体的比例,控制其在一个较小的范围内波动,以适合蔬菜生长的气体成分和压力替换包装内原有的气体,来达到延长蔬菜货架期的目的<sup>[46]</sup>。陈学红等<sup>[47]</sup>在试验中发现,用 60% O<sub>2</sub>+20% CO<sub>2</sub>+20% N<sub>2</sub> 的高氧气调包装,可以有效地抑制鲜切茼蒿的氧化。刘敏等<sup>[48]</sup>对菠菜进行了包装处理,在 2℃ 条件下贮藏 17 d 后,发现 10% O<sub>2</sub>+10% CO<sub>2</sub> 和 10% O<sub>2</sub>+5% CO<sub>2</sub> 两组保鲜效果最佳,叶绿素含量和感官品质也最好。余江涛等<sup>[49]</sup>也在生菜保鲜中发现,低浓度(5%~10%)O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 包装能有效延缓生菜的品质衰退,延长货架期。除此之外,在包装内加入惰性气体也能有效地保持蔬菜的新鲜度,Robles 等<sup>[50]</sup>在试验中发现,使用高 He 的气调包装能提高鲜切甜菜抵御微生物侵蚀的能力,并且是甜菜菜叶中保留更多的生物活性物质,有利于保鲜期的延长。

### 2.4 真空包装技术

真空包装又叫减压包装,是将包装内的空气抽出再密封,是包装内处于高度减压、低氧的状态,以达到蔬菜保鲜的目的。庄荣富等<sup>[51]</sup>研究了不同包装方式对金针菇的保鲜效果。结果表明:与聚乙烯气调包装相比,聚乙烯真空包装能更好地降低金针菇的呼吸作用和乙烯释放量,其营养物质也能较好地保留,保鲜效果更佳。张琪等<sup>[52]</sup>也得到了相同的结果:使用聚乳酸(poly lactic acid)真空包装的金针菇,在感官质量和品质上要优于气调包装和普通包装。但是真空包装氧气含量极度缺乏,蔬菜长时间无氧呼吸容易引发生理病害,因此还需要进一步研究和优化。

总之,薄膜包装以其低廉的价格和便捷的方式成为使用最广泛的蔬菜商品包装的形式,但是保藏效果还有待提高;涂膜包装和真空包装相比于普通薄膜包装保藏效果有明显的提升,但是涂膜技术成本相对较高,不适合大规模批量式包装,而真空包装可适用范围较窄,会使叶菜类蔬菜感官受到影响,同时可能会造成蔬菜的缺氧毒害,因此,目前气调包装是较为合理的包装方式,其操作便捷、成本适度,但是不同的蔬菜所需的气体组成不同,这还需要进一步开展相关研究。

## 3 展望

今后,中国蔬菜清洗和包装技术的研发可以重点关注以

下几个方面:① 目前已有的蔬菜清洗机对根茎类蔬菜清洗效果较好,而对叶菜类清洗效果还不理想,容易造成叶菜损伤,导致营养价值降低。因此,对于叶菜类蔬菜,在考虑水流和气泡综合清洗的基础上,通过建立模型,研究水流、气泡喷射角度、力度以及运动方式等对清洗效果的影响,使清洗不仅要满足蔬菜洁净标准,还要最大限度地保持其营养价值,同时加大对设备节电、节水的关注;② 现有的蔬菜包装技术能有效地延长蔬菜的货架期,但是针对不同品种的蔬菜及其生化特性的影响还有待深入,相比薄膜包装或真空包装,气调包装能更好地延长蔬菜货架期,在此基础上要着重研究综合型可控气调包装,不仅要提高包装的通透性、抑菌性等,还要增强包装的抗形变、高强度等特性,便于大规模批量贮藏和运输;此外研究新型绿色安全的包装材料也是可关注的重点。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 2014 中国统计年鉴[Z]. 北京: 中国统计出版社, 2015: 407-454.
- [2] 葛毅强, 胡小松, 陈颖, 等. 我国果蔬加工业发展之管见[J]. 食品科学, 2005, 26(7): 270-274.
- [3] 卢影. 鲜切果品保鲜技术研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2010: 82-84.
- [4] 刘程惠, 胡文忠, 王艳颖, 等. 国内鲜切果蔬包装的研究现状[J]. 食品工业科技, 2010, 31(12): 386-388, 392.
- [5] 黄丹枫. 叶菜类蔬菜生产机械化发展对策研究[J]. 长江蔬菜, 2012(2): 1-6.
- [6] 袁巧霞, 张华珍. GL-I 型根茎类蔬菜清洗机的研制[J]. 农机与食品机械, 1996(3): 25.
- [7] 乔永钦, 周全申. QXJ-150 型薯类清洗机[J]. 轻工机械, 2008, 26(2): 19-20.
- [8] 高英武, 刘毅君, 任述光, 等. 振动喷淋式蔬菜清洗机的研究[J]. 农业工程学报, 2000, 16(6): 92-95.
- [9] 李云飞, 张青, 钱丽丽, 等. 蔬菜清洗中气流强化作用研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(1): 101-104.
- [10] 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.
- [11] 赵长滨, 刘晓娟. 爆气扰水式蔬菜清洗机的研究设计[J]. 农机化研究, 2008(8): 119-120.
- [12] 杨红兵, 丁为民, 陈坤杰, 等. 新型蔬菜清洗机的研制[J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 92-96.
- [13] MIZRACH A. Ultrasonic technology for quality evaluation of fresh fruit and vegetables in pre- and postharvest processes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 48(3): 315-330.
- [14] PATIST A, BATES D. Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production[J]. Innovative food science & emerging technologies, 2008, 9(2): 147-154.
- [15] BUTZ P, GARCIA A F, Lindauer R, et al. Influence of ultra high pressure processing on fruit and vegetable products[J]. Journal of Food Engineering, 2003, 56(2): 233-236.
- [16] 雷亚君, 赵伟, 唐亚丽. 超高压处理对条斑紫菜品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(1): 114-116.
- [17] HÜLYA İmez, URSULA Kretzschmar. Potential alternative disinfection methods for organic freshcut industry for minimizing water consumption and environmental impact[J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42(3): 686-693.
- [18] MARIA I Gil, MARIA V Selma, FRANCISCO López Gálvez, et al. Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: Problems and solutions[J]. International Journal of Food Microbiology, 2009, 134(1): 37-45.
- [19] 向洋. 鲜切山药保鲜技术研究[D]. 重庆: 西南大学, 2009: 55-57.
- [20] ALLENDE A, JAMES M, YANG Tao, et al. Antimicrobial effect of acidified sodium chlorite, sodium chlorite, sodium hypochlorite, and citric acid on Escherichia coli O157: H7 and natural microflora of fresh-cut cilantro[J]. Food Control, 2009, 20(3): 230-234.
- [21] 林婷, 王敬敬, 潘迎捷, 等. 酸性电解水对纯培养及食品中食源性致病菌杀菌效果比较研究[J]. 食品科学, 2013, 34(15): 69-74.
- [22] JAVIER N R, FRANCISCO A H, PERLA A G, et al. Neutral and acidic electrolysed water kept microbial quality and health promoting compounds of fresh-cut broccoli throughout shelf life [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2014, 21: 74-81.
- [23] 于晓霞. 酸性电解水对鲜切果蔬杀菌和保鲜效果的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2015: 73-75.
- [24] 王丹, 李雪, 马越, 等. 不同清洗剂对鲜切西兰花贮藏期间品质的影响[J]. 食品与机械, 2013, 29(5): 190-193.
- [25] DONG Yan-xin, ZHANG Cui-yan, KANG Gui-ying, et al. Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on enzymatic browning and shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce(Lactuca sativa L)[J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 58(3): 232-238.
- [26] SY K V, MC Watters K H, BEUCHAT L R. Evaluation of gaseous chlorine dioxide as a sanitizers for killing, Salmonella and yeasts and molds on blueberries, strawberries, and raspberries[J]. Journal of Food Protection, 2005, 68(6): 1 165-1 175.
- [27] HIRNEISEN K A, MARKLAND S M, KNIEL K E. Ozone inactivation of norovirus surrogates on fresh produce[J]. Journal of Food Protection, 2011, 74(5): 836-839.
- [28] 吴双桃, 吴云影. 臭氧去除蔬菜表面残留农药及对蔬菜品质的影响[J]. 食品科学, 2015, 35(21): 124-128.
- [29] 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.
- [30] 李灿, 饶景萍, 李善菊. 薄膜包装在果蔬采后保鲜上的应用[J]. 北方园艺, 2010(3): 162-165.
- [31] 刘道春. 谈聚氯乙烯膜的功能特点及其应用领域[J]. 塑料包装, 2014, 24(2): 11-17.
- [32] 曹菲, 张蕾. 青菜薄膜包装的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2005: 61-63.
- [33] 朱军伟, 谢晶, 章佳君, 等. 薄膜包装芹菜品质分析及货架寿命研究[J]. 食品科学, 2013, 34(4): 272-276.
- [34] 叶云, 何英姿. 涂膜保鲜技术应用于果蔬保藏的研究[J]. 食品科技, 2009, 34(6): 243-246.
- [35] 彭丽桃, 蒋跃明, 杨书珍, 等. 可食性被膜研究进展及在园艺产品中的应用[J]. 西北农林科技大学学报, 2003, 31(1):

- 167-171.
- [36] 何余堂, 何婉莺, 刘贺, 等. 壳聚糖涂膜对鲜食玉米保鲜的技术研究[J]. 沈阳师范大学学报: 自然科学版, 2015, 33(4): 498-501.
- [37] EISSA H A A. Effect of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut mushroom[J]. Journal of Food Quality, 2007, 30(5): 623-645.
- [38] 唐琳, 刘树, 海张娜. 壳聚糖涂膜技术对 MP 莴苣保鲜效果的研究[J]. 山东师范大学学报: 自然科学版, 2003, 18(4): 79-81.
- [39] 于有伟, 李惠, 邸金花, 等. 壳聚糖植酸天然复合涂膜对鲜切莲藕保鲜效果的研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(3): 131-136.
- [40] 余江涛, 谢晶. 生菜保鲜技术研究现状[J]. 食品与机械, 2013, 29(5): 226-229.
- [41] 郭娟, 张进, 闫丹丹. 鲜切生菜联合保鲜技术研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(2): 199-202.
- [42] TECHAVUTHIPORN C, BOONYARITTHONGCHAI P. Effect of prestorage short-term Anoxia treatment and modified atmosphere packaging on the physical and chemical changes of green asparagus[J]. Postharvest Biology & Technology, 2016, 117: 64-70.
- [43] 高雪, 王然, 朱俊向, 等. 冰温结合自发气调包装贮藏对鲜切西兰花保鲜效果的影响[J]. 中国食品学报, 2013, 13(12): 122-128.
- [44] 徐长妍, 刘杰, 陈焕霓. 鲜切西兰花不同 PE 薄膜保鲜包装技术研究[J]. 食品科技, 2011, 36(7): 40-44.
- [45] RODOV V, HOREV B, GOLDMAN G. et al. Model-driven development of micro perforated active modified atmosphere packaging for fresh-cut produce[J]. Acta Horticulturae, 2007, 746(746): 83-88.
- [46] 孙炳新, 杨金玲, 赵宏侠, 等. 鲜切果蔬包装的研究现状与进展[J]. 食品工业科技, 2013, 34(7): 392-396, 400.
- [47] 陈学红, 秦卫东, 马利华, 等. 高氧气调包装对鲜切莴苣抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(8): 313-317.
- [48] 刘敏, 谢晶. 菠菜 MAP 保鲜及低温贮藏研究[J]. 湖北农业科学, 2008, 47(9): 1 073-1 076.
- [49] 余江涛, 谢晶. 臭氧水处理结合气调包装对鲜切生菜保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 111-115.
- [50] TOMAS-CALLEJAS A, BOLUDA M, ROBLES P A, et al. Innovative active modified atmosphere packaging improves overall quality of fresh-cut red chard baby leaves[J]. LWT- Food Science and Technology, 2011, 44(6): 1 422-1 428.
- [51] 庄荣福, 李金雨, 林光荣, 等. 金针菇的贮藏保鲜技术及其生理生化基础[J]. 福建农业大学学报, 2000, 29(3): 319-322.
- [52] 张琪, 张伟阳, 陈晓东, 等. 聚乳酸薄膜真空包装对金针菇保鲜效果的研究[J]. 食品工业, 2014, 35(3): 91-95.

(上接第 167 页)

- [3] 郭艳华, 胡思前. 马蹄皮提取物的抗氧化活性研究[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(10): 128-130.
- [4] 罗杨合. 马蹄皮资源化利用研究[J]. 应用化工, 2009, 38(9): 1 368-1 370.
- [5] 王颖, 曾霞, 周天, 等. 荸荠多糖提取条件研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(10): 49-51.
- [6] 王颖, 王国红, 曾霞, 等. 响应面法优化荸荠多糖的提取工艺[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(6): 112-116.
- [7] 王忠合, 王军, 黎建文. 荸荠多糖的提取及特性研究[J]. 食品科技, 2012, 37(7): 196-198, 205.

(上接第 170 页)

氧化活性的影响较大, 其中采用超临界 CO<sub>2</sub> 萃取后脱色脱胶制备的辣椒籽油体外抗氧化性最好。但是还需经过细胞试验等来确定其体内抗氧化活性。

### 参考文献

- [1] 王继榜. 我国辣椒产业现状及发展趋势综述[J]. 安徽农学通报, 2013, 19(19): 64-78.
- [2] 韩文杰, 张俊强, 袁新英, 等. 辣椒籽油的抗氧化性和生产方法的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(4): 149-152.
- [3] 张甫生, 宁娜, 肖丽, 等. 精炼辣椒籽油的品质分析研究[J]. 食品工业, 2013, 34(5): 163-167.
- [4] 朱姐. 辣椒籽综合开发利用前景分析[J]. 中国调味品, 2014, 39(1): 120-123.
- [5] 张军, 韩伟, 马寅斐, 等. 辣椒籽油抗氧化降血脂保健功能研究[J]. 农产品加工: 创新版, 2009(6): 32-34.
- [6] ZAMARIA N. Alteration of polyunsaturated fatty acid status

- [8] 扈瑞平, 张兴夫, 杜玲, 等. 沙葱多糖 Sevaige 法除蛋白工艺的研究[J]. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 2009, 50(6): 658-662.
- [9] 梁艳, 应苗苗, 吕英华, 等. 微波辅助提取仙人掌多糖的工艺研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(7): 159-162.
- [10] HU Chun, CAI Yi-zhong, LI Wen-de, et al. Anthocyanin characterization and bioactivity assessment of a dark blue grained wheat extract[J]. Food Chemistry, 2007, 104(3): 955-961.
- [11] 郭晓青, 陈晓靓, 杨春梅, 等. 紫苏叶活性成分及抗氧化性研究[J]. 食品与机械, 2014, 30(4): 179-181, 185.
- [12] 贾小丽, 程焯, 孙艳辉, 等. 牛蒡多糖的提取工艺及抗氧化性分析[J]. 粮食与食品工业, 2015, 22(6): 51-56.

and metabolism in health and disease[J]. Reprod Nutr. Dev., 2004, 44(3): 273-282.

- [7] 来伟旗, 张岭, 刘臻, 等. 多不饱和脂肪酸抗氧化功能的人体实验[J]. 职业与健康, 2011, 27(23): 2 707-2 708.
- [8] 黄明亚, 陈祥贵, 何宇新, 等. 加工工艺对石榴浓缩汁抗氧化能力的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 92-95.
- [9] 李加兴, 余娇, 黄诚, 等. 猕猴桃籽油的体外抗氧化活性[J]. 食品科学, 2012, 35(23): 51-54.
- [10] 杨宏志, 李静. 亚麻木酚素的抗氧化性能[J]. 食品科学, 2011, 32(3): 27-29.
- [11] 王静, 张京楼, 王铎喜, 等. 海参多肽的抗氧化性能研究[J]. 食品与机械, 2010, 26(2): 62-70.
- [12] 张乔会, 王建中, 逢锦慧, 等. 杜香多糖的抗氧化活性及物理性质研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(5): 206-209.
- [13] 刘光宪, 冯建雄, 王辉, 等. 不同纯化方法对花生多糖抗氧化活性的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(1): 189-191.
- [14] 李铨军, 崔胜云. 抗坏血酸清除 DPPH 自由基的作用机理[J]. 食品科学, 2011, 32(1): 86-90.