

# 鲜切马铃薯加工及货架期品质控制的研究进展

王海艳, 田国奎, 王立春, 李凤云, 潘 阳, 庞 泽, 丁凯鑫, 郝智勇

(黑龙江省农业科学院克山分院/农业农村部马铃薯生物学与遗传育种重点实验室 黑龙江齐齐哈尔 161005)

**摘要:**过去马铃薯加工以淀粉、全粉为主,随着鲜切加工行业的快速发展,马铃薯的鲜切产品有了广阔的发展前景。加工过程中出现的酶促褐变现象,导致鲜切马铃薯品质下降,因此如何抑制褐变发生来保障货架期品质是一项很重要的研究课题。总结了从清洗、加工、包装到贮藏、保鲜各个环节延长鲜切马铃薯产品货架期的方法。在清洗环节可以采用安全的化学杀菌剂进行清洗;在加工环节可以使用化学、生物、天然保鲜剂、热处理、超声、超高压处理;在包装环节可以采用真空或气调包装;在贮藏环节可以进行短时的回温或者低温贮藏;在保鲜过程中,往往会进行复合处理,将多种保鲜技术进行综合应用,使其发挥出最佳的保鲜效果。对鲜切马铃薯加工的未来发展方向提出了展望,以期能为鲜切马铃薯货架期品质控制研究和应用提供参考。

**关键词:**鲜切马铃薯;加工;货架期;保鲜;品质

中图分类号:S532

文献标志码:A

文章编号:1637-2871(2023)10-010-06

## Research progress on processing and shelf-life quality control of fresh cut potatoes

WANG Haiyan, TIAN Guokui, WANG Lichun, LI Fengyun, PAN Yang, PANG Ze, DING Kaixin, HAO Zhiyong

(Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Potato Biology and Genetics Key Laboratory of Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, Qiqihaer 161005, Heilongjiang, China)

**Abstract:** In the past, potato processing was dominated by starch and potato granules. With the rapid development of fresh-cut processing industry, the development prospect of fresh-cut potato products was very broad. One of the main reasons for the quality decline of fresh-cut potatoes during processing was enzymatic browning. How to control browning to ensure shelf-life quality, which was a very important research topic. The article introduced the methods of cleaning, peeling, and slicing fresh cut potatoes before processing, and summarized the means of extending shelf life from cleaning, processing, packaging, storage. Safe chemical fungicides could be used in the cleaning process. Chemical, biological, and natural preservatives as well as heat treatment, ultrasound or ultra-high pressure treatment could be used during the processing. Vacuum or modified atmosphere packaging could be used in the packaging process. The storage process could be treated with short-term warming or low-temperature storage. During the preservation process, composite treatments were often carried out. The comprehensive application of multiple preservation technologies could achieve the best preservation effect, which was currently the most commonly used method for controlling shelf-life quality. The article provided prospects for the future development direction, hoping to provide a reference for the research and application of quality control of fresh cut potato shelf-life.

**Key words:** Fresh-cut potato; Processing; Shelf life; Preservation; Quality

马铃薯营养丰富,含有蛋白质、脂肪、粗纤维、糖类和各种维生素等营养成分,食用后有很强的饱腹感,可以作为日常的主粮食用<sup>[1]</sup>。鲜切马铃薯是一种在冷柜销售的即用型蔬菜制品,加工过程分为分级、清洗、薯皮去除、薯块的切分、产品的保鲜、包

装及低温运输<sup>[2]</sup>。鲜切马铃薯是一种新兴的快速消费食品,它完全保留马铃薯块茎原有的品质和风味,而且新鲜、卫生、食用方便<sup>[3]</sup>,可以节省烹饪时间,易于运输,越来越被广大的消费者和加工企业所青睐<sup>[4]</sup>。马铃薯中含有大量的多酚氧化酶,鲜切

收稿日期:2023-04-19;修回日期:2023-06-16

基金项目:黑龙江省农业科学院应用研发项目(2020YYF004);国家马铃薯产业技术体系齐齐哈尔综合试验站(CARS-09-ES37)

作者简介:王海艳,女,助理研究员,研究方向为马铃薯遗传育种及加工马铃薯品质研究。E-mail:shuangyu\_1986@126.com

通信作者:王立春,男,副研究员,研究方向为马铃薯遗传育种。E-mail:potato2008@126.com

马铃薯在制作过程中经过去皮切分极易发生酶促褐变<sup>[5]</sup>,这严重影响了它的外观品质和营养价值,因此要把握好鲜切制品的每个环节,避免褐变现象的发生。鲜切马铃薯制品的防褐变处理,一般是在薯块切分之后和包装环节进行,以此来延长鲜切马铃薯制品的货架期并保证其品质。笔者对鲜切马铃薯加工前处理方式、加工中各个环节延长货架期的方法进行了总结,并对控制鲜切马铃薯的加工品质提出了未来的发展方向。

## 1 酶促褐变的过程和机制

植物组织完整的细胞中含有大量的酚类物质,它可以作为呼吸传递物质,在酚和醌互变的氧化还原反应过程中保持动态平衡,但当植物组织受到破坏后,随着氧气的大量侵入,会打破这种平衡,使得氧化产物醌进行大量的积累和进一步的聚合、氧化,形成了黑色物质,这一现象称之为酶促褐变。酶促褐变需要多酚类物质、多酚氧化酶、氧气三者同时存在时才会发生<sup>[6]</sup>。多酚类物质主要存在于液泡中,多酚氧化酶一般存在于细胞质中,当植物组织处于异常环境或者受到机械损伤时,便会发生酶促褐变,反应比较迅速,在短时间内就可完成<sup>[7]</sup>。在马铃薯中,褐变的主要底物是酪氨酸<sup>[8]</sup>。酶促褐变对鲜切产品的感官品质和营养价值会产生严重的影响<sup>[9]</sup>。

## 2 马铃薯清洗方式

马铃薯从出苗到成熟的过程均需要在土壤中完成,收获后马铃薯块茎包裹着泥土,或者带有害虫和病菌,存在食品安全隐患,因此在加工之前必须进行有效的清洗才能进入下一道工序。清洗在农产品加工过程中是一个重要环节,清洗效果直接影响加工产品的品质。马铃薯的清洗方式按照加工的需求可以分为水洗和干洗2种<sup>[10]</sup>。

### 2.1 水洗

水洗是通过水的浸泡,结合高压喷淋完成清洗任务。水洗可以去除马铃薯表面的土壤、农药残留及微生物等,主要用于食用加工和精深加工领域,如加工薯的生产环节。马铃薯水洗方式可以分为喷淋刷辊式清洗、滚筒式清洗和鼠笼式清洗<sup>[11]</sup>。

### 2.2 干洗

干洗可以通过特定的装置和机构来完成清洗的任务,不需要水的参与,可以避免水分浸泡使清洗后马铃薯腐烂的现象发生。干洗可以去除收获

时马铃薯块茎表面的浮土和残留的土豆秧,以及混有的石块、土块等杂质。一般在初级加工领域,如商品薯的生产环节采用此种方式清洗。

## 3 鲜切马铃薯加工前处理方式

马铃薯在加工前,去皮是关键的一环,目的是除去马铃薯块茎中不适宜食用的部分<sup>[12]</sup>。鲜切马铃薯加工前处理包括去皮和切分(包括切片、切丁或切条)。

### 3.1 去皮

马铃薯去皮方式有3类,分别是机械式去皮、化学去皮和蒸汽式去皮<sup>[13]</sup>。

机械式去皮可以分为连续式和间歇式,主要是马铃薯随着转盘在滚筒内旋转,使其表皮与滚筒内壁产生摩擦,达到去皮的目的。这种方式去皮率高,成本低,对环境无污染,但是效率不高,原料损耗大,要求马铃薯块茎为卵圆形、芽眼不可过深<sup>[14]</sup>。

化学去皮是利用碱液对马铃薯块茎的腐蚀作用,加上果蔬脱皮机的刷动从而达到去皮的目的。这种方式去皮率比较高,去皮后马铃薯块茎表面比较光滑,薯块的硬度、色泽与营养无变化<sup>[15]</sup>。这种方式对马铃薯块茎的形状没有要求,需要加热(85~95℃)设备,缺点是原料损耗率高,成本高,影响食品安全,对环境有污染,薯皮不能再利用,因此这种去皮方式并不常用。

蒸汽式去皮需要一个密闭的容器,马铃薯放入容器后施加瞬间的高温高压使表皮脱落。这种去皮方式对马铃薯的形状没有要求,去皮率高,去皮后马铃薯表面光滑,无污染,缺点是设备的成本较高,能耗大,薯皮只能部分利用,需要加热(150~200℃)设备<sup>[16]</sup>。蒸汽式去皮原料的损耗率有4%~6%,加工500个马铃薯只需要1s即可完成,速度很快<sup>[17]</sup>。蒸汽式去皮设备和技术都比较成熟,目前应用比较广泛。

### 3.2 切片

马铃薯在鲜切过程中,往往要进行大量的切片工作,单纯靠人工切片效率非常低,这就需要专业的切片机械进行操作。马铃薯切片主要是以滚动轴承为支撑,利用刀头的旋转将马铃薯块茎切成片<sup>[18]</sup>。我国马铃薯切片方式有滑动式、推动式、摇动式、轮转式、冰冻式。

### 3.3 切丁

传统的切丁方式以人工为主,工作效率低下,人工难以承受高强度的工作,而且切出来的马铃薯

丁大小和尺寸难以保证。切丁方式已经从不能实现连续送料和切削的二维机械切割方式,发展为能够连续送料和切削的三维机械切割方式,切出的马铃薯丁规格为 20 mm×20 mm×20 mm,形状比较规则<sup>[19]</sup>。

### 3.4 切条

薯条加工的关键程序之一就是切条,它影响产品最终的形状和成品率。切出的薯条要满足 3 点要求:一是切制薯条时要沿着薯体最大长度方向,而且要有一定的长度;二是切出的薯条不能有明显的弯曲;三是切出的薯条截面要呈正方形,切面光滑,切出的薯条尺寸一定且规则<sup>[20]</sup>。目前马铃薯切条工作主要由机械操作完成。

## 4 鲜切马铃薯货架期品质控制方法

果蔬的货架期是指在特定的贮存条件下保持其最佳质量的可预期时间。特定时间内果蔬食用是安全的,营养成分与标注的相符合,而且具有消费者能接受的感官品质,同时理化和微生物指标都要达到标准。货架期受果蔬自身的呼吸作用、酶活性及微生物等因素影响,从清洗、加工、包装到贮藏的各个环节都会对货架期产生影响<sup>[21]</sup>。

### 4.1 清洗环节处理

马铃薯在进行鲜切之前要进行清洗消毒,清洗效果会对货架期产生影响。唐偲雨等<sup>[22]</sup>认为,用次氯酸钠清洗效果最佳,可使鲜切马铃薯货架期延长至 8~12 d,可以减少微生物数量,保持感官品质,而且残留的化学物质(三氯甲烷)浓度符合国家饮用水安全标准,对人体无害。李小卫等<sup>[23]</sup>研究认为,用过氧乙酸清洗效果最好,货架期可达 7 d,同时菌落数最少。过氧乙酸可以将果蔬表面的致病菌进行有效的清洗,防止加工中的交叉污染<sup>[24]</sup>。还有研究认为,次氯酸钠的水温为 5 °C、清洗时间为 10 min 时,对微生物的生长和繁殖的抑制效果最好,而且对营养品质无损害<sup>[25]</sup>。

### 4.2 加工环节处理

4.2.1 化学保鲜剂 化学保鲜剂可以起到防腐的作用,使鲜切马铃薯片保持原有的营养、色泽和硬度,同时抑制细菌和微生物的繁殖,抑制多酚氧化酶的活性。尽管化学保鲜剂对人体存在潜在的危害,但因为其使用剂量低,价格经济,而且保鲜时间长,所以得到了广泛的应用。常用的护色剂有柠檬酸、抗坏血酸、L-半胱氨酸、曲酸<sup>[26]</sup>。王定仙等<sup>[27]</sup>认为,用 0.3% 苯甲酸钠+0.3% 柠檬酸+1.5% 氯化钠+

1.0% 氯化钙进行护色,可以明显抑制褐变发生和淀粉含量的变化,配合真空包装,在 4 °C 的环境下鲜切马铃薯的货架期可以超过 8 d。程立君等<sup>[28]</sup>研究认为,最佳的护色剂配方是 0.28% L-半胱氨酸+0.47% 柠檬酸+0.54% 氯化钙+0.05% D-异抗坏血酸钠,此配方可以抑制 95.13% 的多酚氧化酶的活性。Tsouvaltzis 等<sup>[29]</sup>研究认为,柠檬酸抑制鲜切马铃薯褐变的效果最好,可以使多酚氧化酶和过氧化物酶的活性降低,从而保持鲜切产品的品质。

4.2.2 天然保鲜剂 天然保鲜剂因其来源天然,安全性高,因此越来越受到加工企业的青睐。王丽萍等<sup>[30]</sup>研制的复合抗氧化剂以香椿叶、葡萄籽、山楂叶提取物为原料,以海藻酸钠为助剂,可以有效抑制鲜切马铃薯片褐变的底物,降低组织内有害物质的数量,能使鲜切马铃薯片保持良好的色泽和营养,从而达到延长鲜切马铃薯货架期的目的。李长滨等<sup>[31]</sup>研究认为,用生姜提取液处理过的鲜切马铃薯,5 d 后其淀粉、粗蛋白、粗纤维的含量均在 80% 以上,可以减缓鲜切马铃薯贮藏期养分的损失。孟文博<sup>[32]</sup>研究认为,沙棘提取物有很强的抗氧化能力,用其浸泡鲜切马铃薯 5 min,褐变可以得到很好的抑制,低温贮藏 3 d 时褐化程度也较轻。天然保鲜剂虽然具有无毒无害的优点,但是其提取技术比较复杂,提取物有时含有特殊气味,因此限制了其应用。

4.2.3 生物保鲜剂 生物保鲜剂包括动物源、植物源和微生物源保鲜剂,具有天然、安全、高效的特点,可降解,对多种微生物具有抗菌的活性,还能起到护色和抗氧化的作用。生物保鲜技术是最具开发潜力的技术之一。目前生物保鲜剂主要有溶菌酶、乳酸链球菌素、聚赖氨酸、纳他霉素、茶多酚、壳聚糖等<sup>[33]</sup>。虽然生物保鲜是目前研究的热点,但受温度、pH 等因素的影响,其保鲜效果不稳定,因此,推广应用的范围并不广泛。

4.2.4 热处理 热处理是一种安全有效的鲜切果蔬保鲜的方式,它可以明显地抑制多酚氧化酶的活性,但要控制好处理的时间和温度,否则会对产品的品质产生影响。胡柏耿等<sup>[34]</sup>将马铃薯切成条放入水浴锅中进行热烫,发现多酚氧化酶的活性受到抑制,尤其在 85 °C 热烫 120 s、在 90 和 95 °C 热烫 90 s 时褐变度较小,热烫处理后的薯条颜色与鲜切时接近。张迎娟等<sup>[35]</sup>用 60 °C 热水对鲜切马铃薯片处理 1 min,用保鲜膜包好后,放置在 4 °C 条件下贮藏,货架期可以维持到 6 d,马铃薯的褐变受到抑制,薯片的色泽无变化,商品性好。



**4.2.5 超声处理** 超声波技术应用于食品加工中,主要用于生物活性物质的提取、食品干燥、杀菌提升品质、改善高分子的结构和功能性质及果蔬保鲜。果蔬保鲜主要是消灭微生物、降解农药的残留、提升果蔬中防御酶的活性、增强贮藏期的抗病性、抑制对品质有影响的酶的活性。王宁馨等<sup>[36]</sup>研究认为,在 25 °C 下 300 W 超声处理 8 min 鲜切马铃薯的货架期可长达 7 d,此处理可以降低总酚的含量,抑制多酚氧化酶的活性,保持鲜切马铃薯的亮度和色度。杨明冠等<sup>[37]</sup>认为,超声处理是通过抑制褐变相关酶的活性来达到抑制褐变的目的,在 600 W 超声处理 90 min 时,多酚氧化酶活性仅为原来的 54.21%。Zhu 等<sup>[38]</sup>研究表明,当超声时间为 10 min、马齿苋提取物的浓度为 0.02% 时,鲜切马铃薯中多酚氧化酶和过氧化物酶等与褐变相关酶的活性是最低的。

**4.2.6 超高压处理** 超高压处理是将鲜切果蔬放置于密封的容器内,超高压(100 MPa 以上)处理一段时间,在常温或低温条件下,使产品的营养及风味保持不变,抑制酶的活性和褐变。韩文娥<sup>[39]</sup>将鲜切马铃薯超高压处理后进行低温贮藏,结果表明,500 MPa 超高压处理 10 min,褐变度最低,多酚氧化酶的活性最低,货架期最长可达 10 d。

### 4.3 包装环节处理

包装处理可以减少鲜切马铃薯质量损失,保持原有的色泽,避免与外界微生物的接触,从而达到延长货架期的目的<sup>[40]</sup>。

**4.3.1 真空包装** 真空包装又称减压包装,操作比较简便,效率也较高,它是将包装内空气利用真空包装技术全部抽出,避免鲜切马铃薯与氧气的接触,防止其腐烂、失水、变质等现象发生,同时也能减慢微生物的繁殖速度。真空包装可以保证鲜切马铃薯原有的营养和品质,从而达到延长货架期的目的<sup>[41]</sup>。王定仙等<sup>[27]</sup>研究认为,真空包装可以抑制鲜切马铃薯片褐变和淀粉水解现象的发生,感官评价分数较高,货架期可以达到 8 d,使用浓度为 1.0% 的盐水进行包装虽然可以抑制褐变,但马铃薯片会变脆、品质差,而且出现异味,降低了其食用价值。王辉等<sup>[42]</sup>研究认为,真空包装结合冷藏处理,可以使贮藏期内马铃薯片保持原有的色度和硬度,避免失水过多影响品质,而且菌落数量得到控制,保证了食品的安全。

**4.3.2 气调包装** 气调包装是将包装袋内 O<sub>2</sub> 及 CO<sub>2</sub> 控制至适宜的浓度,从而使果蔬的呼吸作用减

弱,延长其货架期。鲜切马铃薯采用气调包装可以有效地抑制褐变相关酶的活性,原有的品质、色泽不发生改变,货架期延长。赵欣等<sup>[43]</sup>研究认为,鲜切马铃薯片经过气调包装处理(40% CO<sub>2</sub>+50% O<sub>2</sub>+10% N<sub>2</sub>)后,多酚氧化酶的活性得到抑制,褐变进程减缓,维生素 C 含量损失量少,且菌落数量增长缓慢,可保鲜至 16 d。马玉荣<sup>[44]</sup>采用气调包装处理(12% CO<sub>2</sub>+3% O<sub>2</sub>+85% N<sub>2</sub>)后,鲜切的马铃薯在贮藏 16 d 时仍然具有较好的商品性。

### 4.4 贮藏环节处理

**4.4.1 低温贮藏** 低温贮藏可以使果蔬的呼吸强度减弱,生物酶活性降低,生理生化反应速率降低,还能使病原菌的生长受到抑制,从而达到延长货架期的目的,是一种最常用的保鲜技术。关正萍<sup>[45]</sup>研究认为,1 °C 是最佳的贮藏温度,此温度下酶促褐变反应速率下降,微生物的繁殖速率减慢,贮藏 10 d 马铃薯切片依然具有最佳的感官品质,质地坚硬、口感酥脆。王杰等<sup>[46]</sup>研究表明,在 4 °C 条件下,可以明显抑制马铃薯的褐变和感官评分下降,还能减少表面微生物的数量,失重率上升和硬度下降的速率明显下降,能使鲜切马铃薯的货架期延长至 12 d。

鲜切制品加工前的贮藏期也会对货架期产生影响。徐超<sup>[47]</sup>发现在 4 °C 冷库贮藏 30 d 内的鲜切马铃薯的货架期为 3 d,味道以苦味、酸味为主,随着贮藏时间的延长,货架期缩短,贮藏 60 和 90 d 的马铃薯鲜切产品货架期为 1~2 d,味道以甜味和咸味为主,因此鲜切马铃薯加工前贮藏期不宜超过 30 d,否则会对货架期内的风味品质产生影响。

**4.4.2 短时回温** 回温处理是将低温贮藏后的马铃薯放置在 20~25 °C 的常温条件下,利用温度的变化来达到提高货架期鲜切制品品质的目的。张兵兵等<sup>[48]</sup>将低温贮藏的马铃薯块茎在 25 °C 回温处理 20、30 d 后,发现鲜切的马铃薯褐变受到抑制,多酚氧化酶的活性降低,货架期可保持 12 d,感官品质良好。徐鑫<sup>[49]</sup>研究认为,25 °C 回温 12 h 后再进行切片处理是最好的,鲜切马铃薯片货架期在 2~4 °C 下可维持 3 d。

### 4.5 复合处理

在鲜切马铃薯加工过程中,单纯靠一种保鲜技术不能达到高效、优质的目的,因此多种保鲜技术的综合应用,即复合处理,是目前发展的新方向。Putnik 等<sup>[50]</sup>研究认为,鲜切产品经抗坏血酸和柠檬酸处理,再结合气调包装(90.5% N<sub>2</sub>、7% O<sub>2</sub>、2.5% CO<sub>2</sub>),可使其货架期延长至 14 d。茶多酚是一种安

全、健康、无害的生物保鲜剂,超声处理属于非热物理加工技术,具有高效、节能、环保的优点。贾玉等<sup>[51]</sup>将2种技术结合在一起,研究其护色的效果,结果表明,茶多酚溶液浸泡的鲜切马铃薯片,用300 W超声处理6 min,可以降低多酚氧化酶和苯丙氨酸酶的活性,抑制丙二醛的产生,减缓褐变进程,延长鲜切马铃薯的货架期。胡丽莎等<sup>[52]</sup>研究表明,在常温(25℃)条件下,真空包装的鲜切马铃薯的货架期仅为3 d,而在4℃条件下为7 d,真空包装结合低温保存不仅抑制了鲜切马铃薯褐变,而且可以保持硬度和维生素C含量。鲜切马铃薯经过真空包装,通过隔绝氧气可以减少微生物的繁殖,抑制有氧代谢,进而使马铃薯制品保持良好的品质。但是鲜切马铃薯在贮藏后期会通过无氧呼吸产生酒精,而真空包装结合低温贮藏的方式,可以抑制其无氧呼吸,延后酒精产生的时间,从而达到延长鲜切马铃薯货架期的目的。

## 5 展望

马铃薯成为第四大主食后,其加工业得到了迅速的发展,加工制品层出不穷。但是加工过程中的酶促褐变现象、贮藏期间产品的品质问题、产品上架的时间都会对产品的销售和收益产生一定的影响。

针对鲜切马铃薯加工中存在的问题,今后重点的研究方向包括以下3个方面:

一是加大抗褐变的马铃薯加工品种的培育力度,将传统的杂交育种和分子生物学手段相结合进行遗传改良。有了抗褐变的品种,就可以大大减少加工中各种保鲜剂的使用,在保证产品品质的同时,避免对人体造成伤害。

二是将多种保鲜技术结合起来,充分利用物理、化学、生物保鲜方法的优点,取长补短,在现有基础上开发出新型的高效、安全的保鲜技术。新技术要求操作简单,经济适用,而且可以用于大规模的工业化生产中。

三是马铃薯清洗、去皮要能够实现机器一体化,减少人工的投入,切分时要满足不同的加工需求,在切分过程中尽量避免褐变现象的发生,以免对品质产生影响。

## 参考文献

- [1] 吴嫒. 马铃薯营养综合评价及肠道微生态调节作用的研究[D]. 北京:中国农业科学院,2019.
- [2] 许慧娇. 鲜切马铃薯保鲜技术研究进展[J]. 农产品加工,2021(5):70-72.
- [3] MAHAJAN P V, CALEB O J, GIL M I, et al. Quality and safety of fresh horticultural commodities: Recent advances and future perspectives[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2017, 14: 2-11.
- [4] GLICERINA V, TYLEWICZ U, CANALI G, et al. Influence of two different cocoa-based coatings on quality characteristics of fresh-cut fruits during storage[J]. LWT-Food Science and Technology, 2019, 101: 152-160.
- [5] DONG T T, CAO Y, LI G C, et al. A novel aspartic protease inhibitor inhibits the enzymatic browning of potatoes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2021, 172: 111353.
- [6] 许传兵, 宋丽廷. 鲜切果蔬褐变控制研究进展[J]. 食品安全导刊, 2022(33): 188-192.
- [7] 杨旭风, 贾晓东, 许梦洋, 等. 褐变机理及其防治技术研究进展[J]. 中国农学通报, 2023, 39(13): 137-145.
- [8] DONG T T, CAO Y, JIANG C Z, et al. Cysteine protease inhibitors reduce enzymatic browning of potato by lowering the accumulation of free amino acids[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2020, 68(8): 2467-2476.
- [9] 王海艳, 王立春, 田国奎, 等. 马铃薯加工中褐变的影响因素及其应对措施[J]. 黑龙江农业科学, 2014(11): 121-123.
- [10] 杨红光, 谢焕雄, 颜建春, 等. 马铃薯采后机械化清洗技术综述[J]. 中国农机化学报, 2020, 41(3): 115-120.
- [11] 张会娟, 吴峰, 谢焕雄, 等. 块根块茎类蔬菜清洗设备现状与展望[J]. 中国农机化学报, 2018, 39(9): 38-41.
- [12] 谭支成, 邓干然, 李玲, 等. 木薯去皮加工技术研究进展[J]. 现代农业装备, 2018(4): 32-38.
- [13] 马喜山, 王玺, 苑鹏, 等. 马铃薯全粉加工工艺及应用研究进展[J]. 现代食品, 2020, 12(24): 11-15.
- [14] 刘振亚, 曹晓虹, 张佳佳, 等. 马铃薯全粉加工关键工艺研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(8): 314-321.
- [15] 孟庆书, 黄键裕, 任伟平, 等. 马铃薯去皮技术研究进展[J]. 仲恺农业工程学院学报, 2016, 29(2): 67-71.
- [16] 杨嘉鹏, 徐立军. 马铃薯脱皮机试验[J]. 农村科技, 2017(7): 67-68.
- [17] 余德云. 马铃薯加工业的现状与发展[C]//中国作物学会马铃薯专业委员会会议论文集. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社, 2019.
- [18] 杨立超, 王妍玮, 王梁, 等. 马铃薯切片机设计[J]. 林业机械与木工设备, 2018, 46(9): 30-33.
- [19] 杨德勇, 胡建平, 许晓东, 等. 果蔬切丁机的优化设计[J]. 机械设计, 2012, 29(12): 50-53.
- [20] 景全荣. 离心式机械切条机的结构参数对马铃薯薯条加工质量的影响[C]//中国机械工程学会包装与食品工程分会第五届学术年会论文集. 贵阳:中国机械工程学会, 1998.
- [21] 柳青, 陈晓琪, 黄广学, 等. 鲜切果蔬品质控制技术研究进展[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(6): 217-224.
- [22] 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.
- [23] 李小卫, 李宜霖, 侯茂书, 等. 不同清洗剂对鲜切黄瓜杀菌效果和生理指标的影响[J]. 北京农学院学报, 2020, 35(3): 111-116.
- [24] SINGH P, HUNG Y C, QI H. Efficacy of peracetic acid in inacti-

- vating foodborne pathogens on fresh produce surface[J]. *Journal of Food Science*, 2018, 83(8):432-439.
- [25] 王福东,侯田莹,郑淑芳.不同加工用水温度对鲜切黄瓜贮藏品质的影响[J].*保鲜与加工*, 2019, 19(5):13-18.
- [26] 张婷婷,蒲云峰,王雷,等.曲酸、抗坏血酸及柠檬酸对鲜切苹果褐变的影响[J].*中国食品学报*, 2020, 20(3):188-194.
- [27] 王定仙,王春珍.鲜切马铃薯加工中护色剂和包装方式的筛选[J].*农业技术与装备*, 2021(11):33-36.
- [28] 程立君,王世敏,李周,等.西南冷凉高地鲜切马铃薯抗褐变研究[J].*保鲜与加工*, 2021, 21(10):8-14.
- [29] TSOUVALTZIS P, BRECHT J K. Inhibition of enzymatic browning of fresh-cut potato by immersion in citric acid is not solely due to pH reduction of the solution[J]. *Journal of Food Processing & Preservation*, 2017, 41(2):1-9.
- [30] 王丽萍,王杉,闫彦君,等.天然复合抗氧化剂对鲜切马铃薯的保鲜效果[J].*食品研究与开发*, 2022, 43(10):54-61.
- [31] 李长滨,吴迪,张昱航.生姜提取液对鲜切马铃薯贮藏品质的影响[J].*食品研究与开发*, 2021, 42(23):1-6.
- [32] 孟文博.沙棘提取物抑制鲜切马铃薯褐变技术及机理研究[D].山东泰安:山东农业大学, 2021.
- [33] 李光荣,刘欢,张文祥,等.生物保鲜剂结合物理技术在果蔬保鲜中应用的研究进展[J].*食品工业科技*, 2021, 42(12):383-388.
- [34] 胡柏耿,孙莎莎,姜启兴,等.热烫对希森6号马铃薯鲜切薯条色泽和质构的影响[J].*安徽农业科学*, 2021, 49(2):175-178.
- [35] 张迎娟,樊彩虹,张敏.热水处理对预包装鲜切马铃薯品质的影响[J].*包装工程*, 2014, 35(17):1-5.
- [36] 王宁馨,李坤,朱传合,等.超声处理对鲜切马铃薯褐变的影响[J].*农产品加工(学刊)*, 2014(11):1-4.
- [37] 杨明冠,朱传合.超声处理抑制鲜切马铃薯酶促褐变的机理研究[J].*农产品加工*, 2016(6):1-5.
- [38] ZHU Y X, DU X R, ZHENG J X, et al. The effect of ultrasonic on reducing anti-browning minimum effective concentration of purslane extract on fresh-cut potato slices during storage[J]. *Food Chemistry*, 2021, 343:128401.
- [39] 韩文娥.超高压处理对鲜切马铃薯品质影响的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学, 2016.
- [40] SHAPAWI Z I A, ARIFFIN S H, SHAMSUDIN R, et al. Modeling respiration rate of fresh-cut sweet potato (*Anggun*) stored in different packaging films[J]. *Food Packaging and Shelf Life*, 2021, 28:100657.
- [41] 彭润玲,谢元华,张志军,等.真空包装的现状与发展趋势[J].*真空*, 2019, 56(2):1-15.
- [42] 王辉,雷尊国,王梅,等.不同包装形式和贮藏方式对脱水马铃薯片品质的影响[J].*食品与发酵工业*, 2020, 46(10):203-208.
- [43] 赵欣,周婧,陈湘宁,等.OPP/CPP膜中不同气体比例对鲜切马铃薯片保鲜的影响[J].*食品工业科技*, 2017, 38(17):207-211.
- [44] 马云荣.鲜切马铃薯褐变控制技术[D].山东泰安:山东农业大学, 2010.
- [45] 关正萍,郭少珏,肖春玲,等.低温处理对鲜切马铃薯片保鲜的影响[J].*江苏农业科学*, 2020, 48(15):230-234.
- [46] 王杰,索慧敏,韩育梅.温度对鲜切马铃薯品质影响及货架期预测模型的建立[J].*中国粮油学报*, 2022, 37(8):94-101.
- [47] 徐超.不同贮藏期和草酸处理对马铃薯块茎鲜切产品货架期品质的影响[D].南宁:广西大学, 2022.
- [48] 张兵兵,王庆国.块茎回温对鲜切马铃薯褐变抑制的影响[J].*食品与发酵工业*, 2009, 35(7):192-196.
- [49] 徐鑫.短时空回温抑制鲜切马铃薯褐变机理的研究[D].山东泰安:山东农业大学, 2019.
- [50] PUTNIK P, KOVACEVIC D B, HERCEG K, et al. Effects of modified atmosphere, anti-browning treatments and ultrasound on the polyphenolic stability, antioxidant capacity and microbial growth in fresh-cut apples[J]. *Journal of Food Process Engineering*, 2017, 40(5):e12539.
- [51] 贾玉,张娟,宋小青,等.超声辅助茶多酚处理对贮藏期鲜切马铃薯的护色作用研究[J].*食品研究与开发*, 2022, 43(7):9-17.
- [52] 胡丽莎,王艳颖,蒋元元,等.不同温度下真空包装对鲜切马铃薯贮藏品质的影响[J].*现代园艺*, 2018, 4(21):24-26.

## (上接第9页)

- resistance locus cla in Gy14 cucumber[J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 2018, 131(7):1577-1587.
- [74] WANG Y H, TAN J Y, WU Z M, et al. STAYGREEN, STAY HEALTHY: A loss-of-susceptibility mutation in the STAYGREEN gene provides durable, broad-spectrum disease resistances for over 50 years of US cucumber production[J]. *New Phytologist*, 2019, 221(1):415-430.
- [75] ZHANG S P, LIU S L, MIAO H, et al. Inheritance and QTL mapping of resistance to gummy stem blight in cucumber stem[J]. *Molecular Breeding*, 2017, 37(4):49.
- [76] 孟淑春,徐秀苹,宋顺华.品种纯度检测助力蔬菜种业发展[J].*种子*, 2020, 39(4):161-164.
- [77] 李春,梁根云,蔡鹏,等.利用SSR分子标记鉴定华南型黄瓜‘川绿15号’杂交种子纯度[J].*西昌学院学报(自然科学版)*, 2022, 36(3):13-17.
- [78] 孟淑春,徐秀苹,刘立功,等.京研绿翡翠黄瓜品种纯度的SSR鉴定[J].*湖北农业科学*, 2022, 61(1):98-101.
- [79] 赵海燕,刘楠,房文文,等.黄瓜新品种‘科润99’种子纯度SSR鉴定[J].*农业科技通讯*, 2021(5):176-178.
- [80] 杨宏,刘小俊,梁根云,等.黄瓜品种‘川绿2号’SSR指纹图谱的构建和纯度鉴定[J].*西南农业学报*, 2016, 29(2):374-378.
- [81] 孟淑春,刘立功,宋晓玉,等.黄瓜新品种京研冬美9号的SSR纯度鉴定[J].*中国瓜菜*, 2023, 36(6):23-27.
- [82] 姚丹青,朱文莹,张微微,等.应用SNP标记高效鉴定黄瓜杂交种纯度[J].*西北农业学报*, 2016, 25(4):595-604.
- [83] 姚丹青,楼坚锋,朱文莹,等.基于SNP标记的黄瓜遗传多样性分析[J].*上海农业学报*, 2017, 33(1):21-30.
- [84] 刘何,周莹,常雪艳,等.黄瓜杂交品种鉴定SNP标记的初步分析研究[J].*天津农林科技*, 2019(3):1-4.