

# 苹果采后处理与贮藏保鲜技术研究进展

高习习, 廖梓懿, 刘洪冲, 周会玲\*

(西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 本文主要介绍了通过物理化学或无损检测等方法, 确定苹果成熟度, 以保证在最适宜的采收期进行采收, 分析了苹果入库贮藏前预冷处理、钙处理、臭氧处理、1-MCP处理和热处理等对苹果贮藏保鲜效果的影响, 总结了苹果不同贮藏技术如机械冷藏、气调贮藏等, 并对国内苹果贮藏保鲜产业发展进行了展望。

**关键词:** 苹果; 贮藏保鲜; 1-MCP; 热处理; 动态气调贮藏

## Research Progress on Postharvest Treatment and Storage Technology of Apple

GAO Xi-xi, LIAO Zi-yi, LIU Hong-chong, ZHOU Hui-ling\*

(College of Horticulture, Northwest University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China)

**Abstract:** This article mainly introduced methods such as physical chemistry or non-destructive testing to determine the ripeness of apples to ensure that they are harvested at the optimal harvest period. Pre-treatment technologies before the storage, such as pre-cooling treatment, calcium treatment, ozone treatment, and 1-MCP were analyzed along with their effects on apple storage and fresh-keeping. Various storage technologies of apples, such as mechanical refrigeration, controlled atmosphere storage, etc., were summarized. In addition, insights to the development of domestic apple storage and fresh-keeping industry were foreseen in this article.

**Key words:** apple; storage; 1-MCP; heat treatment; dynamic atmosphere storage

中图分类号: S661.1

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6221.2021.06.022

苹果(*Malus domestica* Borkh)是世界上产量和销量最大的新鲜水果之一。我国是苹果生产和出口大国, 但苹果出口量占产量的比重并不高, 不足总产量的5%。主要原因是我国苹果的品质距离发达国家还有差距<sup>[1]</sup>。而采收技术不成熟和采后贮藏保鲜技术水平较低一直是限制苹果生产、销售和出口的瓶颈。采收时苹果成熟度会影响苹果贮藏品质, 采收后的果实品质随着贮存时间的延长而下降。降低果实整体代谢和蒸腾速率的贮藏环境是保持苹果品质的根本条件,

是向市场供应高品质苹果的重要保证<sup>[2]</sup>。近年来, 随着采后预处理和动态气调研究的不断发展, 苹果贮藏保鲜技术、生理变化及成熟衰老机理研究不断深入, 苹果贮藏品质越来越高。本文从采收成熟度、采后处理、贮藏技术3个方面综述了苹果贮藏保鲜技术的研究进展并展望了苹果贮藏保鲜产业发展的前景。

### 1 苹果采收成熟度的确定

苹果成熟度是确定适宜采收期的关键性指标, 而

基金项目: 西北农林科技大学试验示范站基地科技创新与成果转化项目(Z2220220035)

作者简介: 高习习(1996—), 女, 汉族, 硕士在读, 研究方向: 果品采后贮藏保鲜。

\*通信作者: 周会玲, 博士, 副教授, 研究方向: 果品蔬菜采后生理贮藏保鲜。

适宜的采收期是影响苹果品质及贮藏性能的重要因素之一。适时采收的果实内外品质均较优,贮藏病害发生率低,贮藏期及货架期较长。过早采收的果实,果个小,单果质量不达标,果实着色差,鲜销及贮藏品质都差。过晚采收的果实,口感差,果皮较粗糙不光洁,一般不受消费者喜爱。采收成熟度检测方法很多,可以归为两大类,即物理化学检测法和无损检测法。一般情况下,没有一个单一成熟度指标可以用来衡量所有品种,生产中往往采用多种成熟度指标来综合判断果实的成熟度。

## 1.1 物理化学检测法

### 1.1.1 淀粉染色指数

用碘-淀粉染色法直接观察染色面积的大小,是一种简便有效判断苹果成熟度的方法<sup>[3]</sup>。根据采后实际用途,对照淀粉-碘-碘化钾染色图谱,来确定苹果相应采收期。通常用于鲜食的果实应在达到生理成熟期后1周左右采收,用于气调贮藏的果实采收应早于冷库贮藏的果实1周左右。何婉茹等<sup>[4]</sup>以千阳地区适宜冷库长期贮藏的苹果品种为例研究认为,“金冠”应在淀粉染色等级为4时采收;“乔纳金”应在淀粉染色等级接近4时采收;“富士”淀粉染色等级为6时采收;“澳洲青苹”淀粉染色等级为3时采收。

### 1.1.2 果面颜色或底色

果色是一个有价值的成熟度指标,生产上可按照果皮色泽这一明显特征确定果实采收期。果实成熟的主要标志是果面达到本品种固有的色泽。绿色品种的底色由绿变黄,果面已呈现出本品种特有的色彩,且果心、种子由白色变成褐色,即可采收,如“金冠”由绿变白绿、浅绿,“新红星”果面由淡红转为浓红或紫红,“红富士”由绿变淡红、深红,“乔纳金”果皮底色透黄时便可采收<sup>[5]</sup>。

### 1.1.3 果实硬度

果肉硬度不但影响鲜食的口感味觉,与果实贮藏和加工性状也密切相关。一般情况下,果实硬度大是果实品质高,耐贮藏的标志。所以可以根据苹果硬度适时采收,如“红富士”和“秦冠”在硬度达到8~9 kg/cm<sup>2</sup>时采收最为合适。

### 1.1.4 果实发育时间

在同一地区、相同条件下,每个品种果实从盛花至成熟的发育时间历年差别不大,基本相近。早熟品种为60~100 d,中熟品种100~140 d,中晚熟品种为140~160 d,晚熟品种为160~190 d<sup>[6]</sup>。各地根据多年生产经验,总结出从开花到采收的时间,以陕西地区为例,“富士”为170 d,元帅系为150 d,“祝光”为120 d。

## 1.2 无损检测

无损检测技术利用检测对象本身的光、声、力和电磁学等特性,得到大量能反映被检测对象品质的特性信息,从而进行品质检测<sup>[7]</sup>。光学无损检测技术由于其不破坏样品、检测速度快、实时高通量、预测精度高等优点,已成为现代发展果业果品检测的重要方法和发展趋势<sup>[8]</sup>。这给我们探索新的果实成熟度评价体系提供了新思路。

目前无损检测已在苹果硬度、可溶性固形物、色泽参数和可滴定酸含量等品质参数中得到广泛研究,分析产品各参数以确定最适宜的采摘期和货架期<sup>[9]</sup>。李磊<sup>[10]</sup>利用可见近红外光谱技术对苹果的成熟度综合评价指数(IQI)和因子分析得到的成熟度参数(I)进行了评估,通过综合评价指数得出预测结果较好。未来伴随着这项技术的不断发展深化,其可作为质量保证体系的一部分集成到苹果成熟度检测生产线中。

目前,制造便携式光谱仪的核心技术被国外公司掌握,且已经有了商品化的便携式近红外光谱仪,便携式仪器的研究和生产在国内也已经出现。在国内便携式近红外光谱仪在水果品质检测中应用并不多,陈明林等<sup>[11]</sup>使用商业化的仪器K-BA100R型蔬果品质检测仪采集苹果光谱,研究表明,该仪器可以对水果内部品质进行无损检测,结果较好。

## 2 苹果的采后处理技术

苹果采收后贮藏前等一系列处理措施,不但可以增强保鲜效果,还可以延长贮藏期限,减少病虫害发生。采后保鲜技术种类多样,以下是目前实践生产应用较多的采后处理技术。

### 2.1 预冷处理

苹果贮运前往往要进行预冷处理,旨在散去田间热,延长贮藏寿命<sup>[12]</sup>。预冷可以提高果实对低温的耐性,减轻或推迟冷害发生。果蔬预冷采用的主要方式有真空预冷、冷水预冷、加冰预冷和通风预冷等,比较而言,通风预冷可适用于苹果,投资和运转费用比较少,易于在生产上推广应用,是较为实用、有效的预冷方法<sup>[13]</sup>。

杨培志等<sup>[14]</sup>研究表明,在苹果预冷过程中,送风温度过低易使果品发生冷害,通过过低的送风温度来达到快速降温有一定的限制,因此送风温度不宜低于2℃。

### 2.2 钙处理

早期苹果防腐主要用次氯酸钙,因为其对于沙门氏菌和大肠杆菌等都具有较好的杀灭作用,生产实践中

180 d 低温贮藏期内采用 0.15 g/L 次氯酸钙处理红富士苹果,该浓度下次氯酸钙处理能有效降低红富士苹果呼吸速率,减少总酸和总糖的损失,且不产生药剂伤害,但对减少腐烂、保持硬度和可溶性固形物的效应不明显<sup>[15]</sup>。

氨基酸钙溶液处理能够提高苹果贮藏期间果实硬度,延长贮藏期。有研究表明<sup>[16]</sup>,Ca<sup>2+</sup>可以抑制乙烯合成酶的活性,从而减少乙烯的生物合成。樊海莉<sup>[17]</sup>研究发现,苹果采后以 4%氨基酸钙溶液浸泡处理,可降低果实贮藏期间乙烯释放量,有效降低了苦痘病发病率,显著提高苹果的耐藏性。

### 2.3 热处理

热处理可以延缓果实衰老,降低果实软化速度,减轻果实的灰霉病、青霉病等病害。研究表明升温至 35~38 ℃会引起苹果内大量乙酰辅酶 A 羧化酶(Acetyl-CoA carboxylase, ACC)的增加,以及乙烯的减少。热处理能使植物适应低温,降低苹果等果蔬的冷敏性,还可以加速伤口愈合,从而减少病原菌感染的机会。热处理结合钙处理对虎皮病的作用效果明显<sup>[18]</sup>。Klein 等<sup>[19]</sup>对“澳洲青苹”进行热处理,研究表明,热处理能部分抑制  $\alpha$ -法尼烯的合成及其氧化所需的酶,减少贮藏期间  $\alpha$ -法尼烯和共轭三烯的积累量,从而抑制虎皮病的发生。

### 2.4 臭氧处理

臭氧通过生物氧化破坏微生物的膜结构和病毒的多肽链来进行杀菌和灭毒<sup>[20]</sup>。随着贮藏时间的延长,臭氧处理可以保持果实的风味和品质,延缓贮藏期间果实硬度、可滴定酸含量、可溶性固形物含量的下降<sup>[21]</sup>。

高瑞霞等<sup>[21]</sup>用浓度 1.2 mg/L 的臭氧水对红富士苹果清洗处理结合低温的贮藏试验结果显示:臭氧水处理对红富士苹果具有较好的保鲜效果,更有利于红富士苹果贮藏品质的保持。乔彩云等<sup>[22]</sup>研究表明浓度为 1.2 mg/L 的臭氧水对苹果轮纹菌作用 5 min 后的杀菌率可达 80.96%。

### 2.5 1-甲基环丙烯(1-MCP)处理

1-MCP 是近年来用于果蔬保鲜中的一种绿色保鲜剂。1-MCP 与乙烯受体蛋白的亲合力是乙烯的十倍,通过与乙烯竞争受体蛋白阻断乙烯的结合,从而抑制或延缓成熟生理生化反应<sup>[23]</sup>。

1-MCP 不仅能够显著缓解果蔬的呼吸强度,同时还可以延迟果蔬呼吸高峰的出现,降低其呼吸速率峰值。1-MCP 处理能够诱导果实中多酚氧化酶(PPO)、苯丙氨酸解氨酶(PAL)等抗性物质的增多,从而提高

果实的抗病性,显著降低苹果灰霉病、苹果虎皮病。何近刚等<sup>[24]</sup>用 1.0  $\mu$ L/L 1-甲基环丙烯对红富士苹果进行处理,然后进行低温贮藏和常温货架贮藏。结果表明 1-MCP 处理能较好维持冷藏期间红富士果实硬度和内在品质。同时,1-MCP 处理显著抑制了果皮  $\alpha$ -法尼烯及共轭三烯的生成,明显降低了冷藏期间果心褐变指数、果柄端果肉褐变率以及虎皮病发病指数。但是,1-MCP 处理抑制了不同成熟度果实挥发性酯类物质生成,使果实香气变淡,风味降低。1-MCP 浓度过高还会加剧冷害与腐烂状态的形成<sup>[25]</sup>。

## 3 苹果的贮藏技术

苹果贮藏主要有 3 种方式,即常温贮藏、低温贮藏和气调贮藏。目前,我国苹果的总贮藏能力约占总产量的 25%。贮藏方式中,机械冷藏约占 45%,气调贮藏约占 5%。常温贮藏方式因其成本低廉和使用简便,深受果农欢迎,但贮藏期短,品质不佳是常温贮藏的短板。我国每年因贮藏保鲜技术落后而导致的苹果浪费超过产量的 30%,为了增加经济收益和减少资源浪费,深度开发和推广使用苹果的贮藏技术成为重中之重<sup>[26]</sup>。

### 3.1 机械冷藏

机械冷藏是在有良好隔热性能的库房中借助机械冷凝系统,使库内温度降低并保持在适合水果长期贮藏的范围内<sup>[27]</sup>。低温显著减缓呼吸速率,以及与苹果成熟和衰老相关的过程,从而显著减少营养成分的降解,延长苹果贮藏后的寿命。但是如果库内温度长期低于果品冰点温度,将会造成冷害、冻害,引发果品的生理失调,降低果品品质,反而缩短了果品的贮藏寿命<sup>[26]</sup>。

目前一些冷库中为了监测和记录库温变化,安装了微机系统,可以根据对温度的监测自动控制制冷机组运转的启动或停止<sup>[27]</sup>,从而保持冷库内贮藏苹果的适宜温度。冷藏库中温度和相对湿度是影响苹果贮藏品质的两大重要参数,0~2 ℃是大多数苹果品种最适宜的贮藏温度,0 ℃上下贮藏效果最好,但不能长期低于-2 ℃,超过 5 ℃将会降低贮藏效果。相对湿度一般要求在 80%~95%。不同品种有差异,晚熟品种如富士,黄元帅和国光等适宜贮藏温度为-1~0 ℃,相对湿度 90%~95%。中熟品种如嘎啦、乔纳金和布瑞本等适宜温度为 0~1 ℃。李倩倩等<sup>[28]</sup>研究表明,对低温敏感品种蜜脆在贮藏温度为 3 ℃时,不但能较好地保持果实色泽,推迟呼吸、乙烯高峰的出现,而且可以延缓货架期品质的下降,表现出较好的贮藏效果。王春生等<sup>[29]</sup>

研究发现,( $0\pm 0.5$ ) $^{\circ}\text{C}$ 冷藏的富士苹果贮藏6个月后硬度降到 $6.0\text{ kg/cm}^2$ 左右,果实变软,酸度和甜度下降,香味减少,风味变差,再往后会出现果肉褐变,失去经济价值。

冰温贮藏是将果实贮藏在温度为 $0^{\circ}\text{C}$ 以下,果实生物冰点温度以上的一种贮藏技术<sup>[30]</sup>。冰温贮藏可以在果实细胞组织不受损伤的前提下,大幅降低果实的呼吸强度、保持果实良好的品质、延长贮藏期,近年来被广泛应用研究<sup>[31]</sup>。赵孟等<sup>[32]</sup>对红富士进行冰温贮藏,研究得出可溶性固形物含量与汁液冰点温度呈线性关系,可以指导果实冰温贮藏,与 $-1^{\circ}\text{C}$ 相比, $-1.4^{\circ}\text{C}$ 对红富士苹果贮藏效果更佳,贮藏8个月后的果实仍保持了良好的质地、风味与品质。舒畅<sup>[33]</sup>对金冠苹果进行近冰温贮藏,研究得出金冠苹果的近冰温为( $-1.7\pm 0.2$ ) $^{\circ}\text{C}$ ,在贮藏240d后果实色泽鲜亮,失水率低。苹果冰温贮藏温度带较窄,苹果易受到冷害。目前冰温贮藏的研究重点,一是研究开发高精密度的冰温库控温系统;二是加大对冰温冷链配套设施的研究<sup>[34]</sup>。

苹果贮藏期内应及时通风换气,防止二氧化碳和乙烯气体积累,引起苹果后熟衰老,果肉变色,品质下降,缩短贮藏期。出库时应逐步升温,避免因骤然升温使果面凝结水珠,色泽变暗,果肉变软<sup>[35]</sup>。近年来,随着人们消费水平的不断提高,市场对苹果品质的要求也越来越高,由于苹果在机械冷藏的条件下货架期短,贮藏时间不能满足市场要求,使气调贮藏普及率越来越高<sup>[36]</sup>。

### 3.2 气调贮藏

气调贮藏始创于20世纪70年代初,是基于冷藏的基础上,增加调气结构,在维持果实正常呼吸代谢的前提下,尽量降低贮藏环境的 $\text{O}_2$ 浓度,并适当提高 $\text{CO}_2$ 浓度,以降低果实的呼吸代谢、减少乙烯生成,抑制微生物繁殖,从而减少营养消耗,延缓衰老,达到延长果品贮藏期的一种贮藏方法<sup>[37]</sup>。随着气调贮藏的研究发展,除了传统气调贮藏,超低氧贮藏,动态气调贮藏等贮藏方式也应用于生产。

#### 3.2.1 传统气调贮藏

与传统的冷库贮藏系统相比,气调贮藏显著延长了苹果的贮藏寿命。富士苹果在 $0^{\circ}\text{C}$ 冷藏6个月后,硬度下降到 $6.0\text{ kg/cm}^2$ 左右,在气调贮藏8个月,果实硬度均保持在 $6.0\text{ kg/cm}^2$ 以上。氧气含量控制在2%~5%、二氧化碳含量控制在3%~5%时适宜大多数苹果品种,而温度可以较一般冷藏高 $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ 。不同苹果品种对气体敏感度不同,元帅系苹果在 $\text{O}_2$ 浓度

低于2%的条件下贮藏,容易发生低 $\text{O}_2$ 伤害,形成酒精发酵<sup>[38]</sup>。与元帅系苹果对气调贮藏的反应相比,富士苹果对环境 $\text{CO}_2$ 更敏感,贮藏环境 $\text{CO}_2$ 超过4%,贮藏2~3个月,果实即会产生 $\text{CO}_2$ 伤害,王春生等<sup>[29]</sup>研究发现,富士苹果长期贮藏的理想气体指标是2% $\text{CO}_2$ +5% $\text{O}_2$ 。在苹果气调贮藏中要经常检查贮藏环境中氧气和二氧化碳的浓度变化,及时进行调整,防止二氧化碳伤害或氧气伤害发生<sup>[39]</sup>。

#### 3.2.2 自发气调(MA)贮藏

MA贮藏是指在开始时在包装内充气建立合适的气体环境或者使果实在密闭薄膜包装内,利用自身的呼吸作用,降低贮藏环境中的氧气浓度和提高二氧化碳浓度,从而调节果实的代谢,延长果实寿命<sup>[40]</sup>,又称为自发气调包装(Modified atmosphere package, MAP)。因大型气调库昂贵,MA贮藏由于成本低、操作简单、保鲜效果好越来越受重视。

MA贮藏时,不同苹果品种对环境中气体成分和含量的要求和耐受性不同,薄膜选择不当果实易发生无氧呼吸和受到气体伤害,所以在选择包装薄膜时要综合考虑温度、薄膜类型、微孔数量等影响薄膜透过性的因素<sup>[41]</sup>。目前聚氯乙烯(PVC)和聚乙烯(PE)保鲜膜在我国的应用最为广泛,功能性保鲜膜的发展更延长了果实的贮藏寿命<sup>[42]</sup>。随着保鲜剂如1-MCP、乙烯吸收剂(EA)、 $\text{CO}_2$ 吸收剂等的应用,现已从单一的MA贮藏向复合保鲜贮藏发展,并取得良好效果。何近刚等<sup>[43]</sup>研究得出,1-MCP+EA+MAP处理能较好维持新红星苹果冷藏和货架期间的品质,并能显著控制果实虎皮病的发生。

#### 3.2.3 超低氧贮藏

超低氧贮藏(Ultralow oxygen, ULO)一般被认为是氧气含量小于1%的气体贮藏环境<sup>[44]</sup>。在超低氧环境下,大部分需氧微生物因氧气不足而难以生存,从而降低水果的腐烂率和延迟水果的腐烂。Zanella<sup>[45]</sup>将澳洲青苹置于低氧条件(0.7%)下长期贮藏或经初期超低氧(0.4%)处理然后再在1.0% $\text{O}_2$ 下贮藏4~6个月能够很好地抑制虎皮病的发生。Wang等<sup>[46]</sup>也发现,苹果经0.25% $\text{O}_2$ 和0.5% $\text{O}_2$ 处理两个星期后再用CA(3% $\text{O}_2$ ,0% $\text{CO}_2$ )贮藏,对苹果虎皮病有很好的抑制作用;0.25% $\text{O}_2$ 处理两个星期,贮藏两个月后再经低氧处理两个星期,效果更佳;低氧处理后于1.5% $\text{O}_2$ 条件下贮藏能完全控制虎皮病的发生。该研究还认为低氧胁迫处理能够抑制 $\alpha$ -法尼烯及其氧化产物6-甲基-5-庚烯-2-酮(MHO)的生成,而MHO的积累被认为是与苹果虎皮病发生直接相关。

在实际的苹果贮藏实践中,创造一个氧气含量小于1%的气体贮藏环境存在着很多的困难,其中最大的困难是如何保持贮藏容器的良好密封性。目前,利用高阻隔性材料制成的小型包装容器或塑料袋能够满足超低氧贮藏的需要。包装内气体成分的调节,可以通过控制气体调节和自充气调包装等方法实现<sup>[47]</sup>。但新鲜的苹果不适合长期处于超低氧环境中,因为长时间处于超低氧条件下会导致组织褐变,无氧代谢产物乙醇和乙醛会大量积累<sup>[48]</sup>。

#### 3.2.4 动态气调贮藏

动态气调贮藏(Dynamic controlled atmosphere, DCA)是指在不同的贮藏时期控制不同的气体指标,以适应果实从健康向衰老不断变化的过程中对气体成分的适应性也在不断变化的特点,从而达到有效延缓代谢过程、保持更好的食用品质的效果<sup>[36]</sup>。

DCA技术利用传感器监测动态受控大气中气体浓度的规律性变化。目前,DCA技术中使用的传感器有三种:叶绿素荧光(CF)、呼吸商(RQ)和乙醇(ET)。然而,对RQ和乙醇的研究很少,因此,CF是仁果行业中最常用的传感器<sup>[49]</sup>。叶绿素荧光传感技术是基于水果在冷藏期间可接受的最低氧气水平进行调节。基本上, $O_2$ 水平的变化取决于果实的生理反应。这是通过传感器对 $O_2$ 胁迫高度敏感的最小CF进行非破坏性监测来实现的<sup>[50]</sup>。通过传感器自动增加氧气含量,减轻了不可逆氧损伤的风险。

HarvestWatch™是监测苹果贮藏期间叶绿素荧光的常用传感器。最近的研究表明,DCA-CF在保持苹果采后品质方面非常有效。例如,Zanella等<sup>[51]</sup>比较了DCA-CF和1-MCP对澳洲青苹的采后表现。在冷藏6个月和货架期14d后,两种处理的结果是相似的。Weber等<sup>[52]</sup>对皇家嘎拉苹果的研究表明,与ULO或CA相比,DCA-CF在保持品质方面更有效。

文献证据表明,虽然DCA技术已被证明能有效控制大多数苹果生理病害,但DCA技术降低苦痘病发病率的潜力还有待研究。虽然多年来DCA在技术上有所改进,但与这项技术相关的挑战仍然存在。DCA贮藏水果中 $O_2$ 和 $CO_2$ 伤害的发展仍然是一个很大的问题。因此,未来有必要进行旨在改进DCA技术以确保避免此类伤害的研究。虽然已经研究了DCA对香气和风味挥发物的影响,但在仪器分析和化学分析方面的相关研究还不多。

## 4 总结与展望

通过检测苹果成熟度控制采收期,根据不同市场

需求,确定适宜采收时间,以获得高质量苹果,实现果农利益最大化。但我国现有苹果成熟度检测技术滞后,不能满足实际的果品检测需求,无法实现大批量的苹果筛选,因此面向密集苹果种植产区、大规模的现代果业发展需求,开展以无损、快速、实时近红外光谱检测技术的方法研究,解决对于苹果成熟度检测的若干关键问题,是大力提升苹果产业采收管理水平、科学发展现代苹果产业的必然需求。

采后处理方法及理论已得到较为细致的研究,不但可以增强保鲜效果,还可以延长贮藏期限,减少病虫害发生,但是由于采后处理对操作技术的要求较高,采后处理技术还较难普遍推广。此外,苹果在采后处理前后分子及生化变化的过程等需要深入研究,以达到有效保持产品品质,并获得商业应用的目的。

贮藏设施单一,贮藏保鲜技术落后是阻碍我国苹果贮藏产业发展的重要因素。机械冷藏和气调贮藏较简易贮藏可有效延长苹果贮藏时间,保持苹果品质。气调贮藏在贮藏效果上显著优于机械冷藏。但机械冷藏仍是国内苹果主要的贮藏方式。动态气调库因其造价高,操作管理专业程度高,只有大型合作社和水果商品交易所建设管理。但随着我国苹果行业商业化和国际化的发展,动态气调贮藏因其智能化、自动化、贮藏效果好、低能耗等优点,在实际应用中,比例会逐渐增加。随着我国苹果贮藏产业的发展,在气调贮藏、机械冷藏等多种贮藏方式的基础上,与预冷处理、1-MCP处理和透气薄膜包装等多种保鲜措施结合的苹果综合保鲜技术,越来越受到重视和推广应用。

#### 参考文献:

- [1] 杨杰. 我国苹果产业的格局和发展建议[J]. 中国果菜, 2015,35(6):1-6. DOI:10.3969/j.issn.1008-1038.2015.06.001.
- [2] SAQUET A A. Storage of pears[J]. Scientia Horticulturae, 2019, 246:1009-1016. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.091.
- [3] TRAVERS I, JACQUET A, BRISSET A, et al. Relationship between the enzymatic determination of starch and the starch iodine index in two varieties of cider apple[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2002, 82(9): 983-989. DOI: 10.1002/jsfa.1145.
- [4] 何婉茹,王俊峰,李高潮,等. 不同苹果品种成熟期淀粉染色图谱的建立[J]. 北方园艺,2018(2):52-58. DOI:10.11937/bfy.20171515.
- [5] 史会茹. 苹果采收期确定方法[J]. 河北果树,2015(4):21,23. DOI:10.3969/j.issn.1006-9402.2015.04.011.
- [6] 杨雪萍. 如何确定苹果最佳采收期[J]. 河北果树,2011(5): 36. DOI:10.3969/j.issn.1006-9402.2011.05.023.
- [7] 赵杰文,呼怀平,邹小波. 支持向量机在苹果分类的近红外

- 光谱模型中的应用[J]. 农业工程学报,2007,23(4):149-152. DOI:10.3321/j.issn:1002-6819.2007.04.029.
- [8] 张海辉,陈克涛,苏东,等. 基于特征光谱的苹果霉心病无损检测设备设计[J]. 农业工程学报,2016,32(18):255-262. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.18.035.
- [9] 郭志明. 基于近红外光谱及成像的苹果品质无损检测方法和装置研究[D]. 北京:中国农业大学,2015.
- [10] 李磊. 苹果成熟度与品质关联因子无损检测方法研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2018.
- [11] 陈明林. 基于便携式近红外光谱仪的水果内部品质无损检测研究[D]. 杭州:浙江大学,2010.
- [12] 周山涛. 果蔬贮运学[M]. 北京:化学工业出版社,1998.
- [13] 杨洲,黄燕娟,赵春娥. 果蔬通风预冷技术研究进展[J]. 中国农学通报,2006,22(9):471. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6850.2006.09.115.
- [14] 杨培志,胡霞,廖刚. 送风温度对苹果差压预冷降温效果的影响[J]. 热科学与技术,2017,16(5):381-386. DOI:10.13738/j.issn.1671-8097.2017.05.007.
- [15] 王伟,李鹏霞,胡花丽,等. 次氯酸钙对红富士苹果常温贮藏生理变化与品质的影响[J]. 保鲜与加工,2009,9(3):20-23. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6221.2009.03.006.
- [16] 关军锋,束怀瑞,黄天栋. 钙对‘新红星’苹果乙烯生成的作用[J]. 园艺学报,1991(3):205-209.
- [17] 樊海莉. 采后钙处理对苹果贮藏品质的影响[J]. 中国果菜,2016,36(9):1-4. DOI:10.3969/j.issn.1008-1038.2016.09.001.
- [18] FALLIK E, GRINBERG S, GAMBOURG M, et al. Prestorage heat treatment reduces pathogenicity of *Penicillium expansum* in apple fruit[J]. Plant Pathology, 1996, 45(1): 92-97. DOI: 10.1046/j.1365-3059.1996.d01-99.x.
- [19] KLEIN J K, LURIE S. Prestorage Heat treatment as a means of improving poststorage quality of apples[J]. Journal of the American Society of Horticultural Science, 1990, 115 (2): 265-269. DOI: 10.21273/jashs.115.2.265.
- [20] 乔彩云. 臭氧水对红富士苹果贮藏品质及其杀菌效果的研究与应用[D]. 西安:陕西师范大学,2012.
- [21] 高瑞霞,张平,吴震,等. 臭氧处理果蔬提高贮效的初步试验[J]. 辽宁农业科学,1993(5):38-40.
- [22] 乔彩云,梁俊,李建科,等. 不同浓度臭氧水对苹果轮纹菌的杀灭效果[J]. 食品与发酵工业,2012,38(3):185-189.
- [23] BLANKENSHIP S M, DOLE J M. 1-Methylcyclopropene: a review[J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 28(1): 1-25. DOI: 10.1016/S0925-5214(02)00246-6.
- [24] 何近刚,冯云霄,程玉豆,等. 采后 1-MCP 和 MAP 处理对‘红富士’苹果冷藏和货架期品质的影响[J]. 食品科学,2016, 37(22):301-306. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-201622046.
- [25] 张艺馨,尚玉臣,张晓丽,等. 1-MCP 在果蔬应用上的研究进展[J]. 中国瓜菜,2016,29(11):1-6. DOI:10.3969/j.issn.1673-2871.2016.11.002.
- [26] 赵君. 苹果贮藏保鲜技术[J]. 现代农业科技,2013(8):80-81. DOI:10.3969/j.issn.1007-5739.2013.08.050.
- [27] 冯双庆. 水果和蔬菜的机械冷藏[J]. 农村农业农民,2001(6): 23.
- [28] 李倩倩,任小林. 不同冷藏温度对蜜脆苹果采后生理的影响[J]. 食品科学,2013,34(2):288-292.
- [29] 王春生,石建新,赵猛,等. 红富士苹果气调贮藏参数的研究[J]. 华北农学报,2002,17(4):100-103. DOI:10.3321/j.issn:1000-7091.2002.04.022.
- [30] 黎冬明. 冰温技术在食品工业中的应用[J]. 江西食品工业,2006(1):32-34. DOI:10.3969/j.issn.1674-2435.2006.01.011.
- [31] 胡位荣,张昭其,蒋跃明,等. 采后荔枝冰温贮藏的适宜参数研究[J]. 中国农业科学,2005,38(4):797-802. DOI:10.3321/j.issn:0578-1752.2005.04.024.
- [32] 赵猛,冯志宏,李建华,等. 红富士苹果冰温贮藏的研究[J]. 保鲜与加工,2010,10(5):26-29. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2010.05.007.
- [33] 舒畅. 近冰温冷藏对‘金冠’苹果贮藏品质的影响[J]. 食品科学,2020, 41(1):244-251. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181202-011.
- [34] 鲁晓翔,张平,王世军. 果蔬冰温贮藏及其关键技术研究进展[J]. 保鲜与加工,2010,10(6):1-5. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2010.06.002.
- [35] 李茂松. 苹果冷库贮藏技术要点[J]. 落叶果树,2012,44(1): 34.
- [36] 任小林,李倩倩. 苹果贮藏保鲜关键技术[J]. 保鲜与加工,2013,13(1):1-8. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2013.01.001.
- [37] 潘仙鹏. 果品的气调贮藏[J]. 广西园艺,2005,16(2):57-59. DOI:10.3969/j.issn.1674-5868.2005.02.034.
- [38] 王春生,安秀章,李建华,等. 苹果双变气调贮藏中气体指标参数的确定[J]. 山西农业科学,1992(8):12-15.
- [39] 黄海. 苹果贮藏与保鲜技术[J]. 河北果树,2018 (1):11-12. DOI:10.19440/j.cnki.1006-9402.2018.01.008.
- [40] LI X L, TIAN J W, RITENOUR M A, et al. Quality and physiological responses of Fuji apple to modified atmosphere packaging during cold storage[J]. Journal of Applied Horticulture, 2010, 12(2): 135-139. DOI:10.37855/jah.2010.v12i02.28.
- [41] 关文强,胡云峰,李喜宏. 果蔬气调贮藏研究与应用进展[J]. 保鲜与加工,2003,3(6):3-5. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2003.06.002.
- [42] WOO H, DONGMAN P. Effect of functional MA packaging film on freshness extension of ‘Fuji’ apples[J]. Journal of the Korean Society of Food Science & Nutrition, 2000,29(1): 80-84.
- [43] 何近刚,冯云霄,程玉豆,等. 1-MCP,乙烯吸收剂以及 MAP 处理对“新红星”苹果冷藏和货架期品质的影响[J]. 保鲜与加工,2018,18(6):39-43. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.

# 《保鲜与加工》杂志 2021 年征订启事

《保鲜与加工》杂志是由国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)主办的农产品采后技术研究领域的科技期刊,为中文核心期刊、中国科技核心期刊、RCCSE 中国核心学术期刊、中国农业核心期刊和中国北方优秀期刊,本刊已被中国学术期刊(光盘版)杂志、美国《化学文摘》(CA)、英国《食品科技文摘》(FSTA)和英国《国际农业与生物科学研究中心》(CABI)收录。另据中国知网的最新统计结果,《保鲜与加工》杂志的复合影响因子为 1.429。本刊主要报道农产品保鲜与加工相关领域基础理论、新技术、新工艺、新设备、新材料的研究成果及国内外相关行业的动态与信息,设置专家论坛、保鲜研究、加工研究、检测分析、信息与物流、专题论述、技术指南、行业资讯、科普沙龙、科技前沿、政策法规等栏目。适于科技人员、农业技术推广人员、相关企业管理和技术人员、大专院校师生及广大从事保鲜与加工技术研发领域的人士参阅。

本刊为月刊,大 16 开本,150 页,每月 20 日出版,国内外公开发售,每期定价 20 元,全年 240 元,国内统一连续出版物号:CN12-1330/S,国际标准连续出版物号:ISSN1009-6221,邮发代号:6-146。

欢迎在全国各地邮局(所)或本编辑部订阅,欢迎广大读者踊跃投稿,并诚邀刊登各类公益性广告。

通讯地址:天津市西青区津静公路 17 公里处,国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)《保鲜与加工》编辑部。邮编:300384

电话(传真):022-27948711,联系邮箱:bxyjg@163.com,投稿平台:www.bxyjg.com

- 2018.06.007.
- [44] WRIGHT A H, DELONG J M, ARUL J, et al. The trend toward lower oxygen levels during apple (*Malus × domestica* Borkh) storage[J]. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2015, 90(1): 1-13. DOI: 10.1080/14620316.2015.11513146.
- [45] ZANELLA A. Control of apple superficial scald and ripening—a comparison between 1-methylcyclopropene and diphenylamine postharvest treatments, initial low oxygen stress and ultra low oxygen storage[J]. Postharvest Biology & Technology, 2003, 27 (1): 69-78. DOI: 10.1016/S0925-5214(02)00187-4.
- [46] WANG Z Y, DILLEY D R. Initial low oxygen stress controls superficial scald of apples[J]. Postharvest Biology & Technology, 2000, 18(3): 201-213. DOI:10.1016/S0925-5214(00)00067-3.
- [47] 陈守江. 果蔬采后超低氧保鲜技术研究进展[J]. 南京晓庄学院学报, 2012, 28(6): 1-4. DOI: 10.3969/j.issn.1009-7902.2012.06.001.
- [48] DANGYANG K, KADER A A. External and Internal factors influence fruit tolerance to low-oxygen atmospheres[J]. American Society for Horticultural Science, 1992, 117(6): 913-918. DOI: 10.21273/JASHS.117.6.913.
- [49] MDITSHWA A, FAWOLE O A, OPARA U L. Recent developments on dynamic controlled atmosphere storage of apples—A review[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2018(16):59-68. DOI: 10.1016/j.fpsl.2018.01.011.
- [50] PRANGE R K, WRIGHT A H, DELONG J M, et al. A review on the successful adoption of dynamic controlled-atmosphere (DCA) storage as a replacement for diphenylamine (DPA), the chemical used for control of superficial scald in apples and pears[J]. Acta Horticulturae, 2015, 1071: 389-396. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1071.50.
- [51] ZANELLA A, CAZZANELLI P, PANARESE A, et al. Fruit fluorescence response to low oxygen stress: modern storage technologies compared to 1-MCP treatment of apple[J]. Acta Horticulturae, 2005, 3(682): 1535-1542. DOI:10.17660/ActaHortic.2005.682.204.
- [52] WEBER A, BREACKMANN A, BOTH V, et al. Respiratory quotient: innovative method for monitoring 'Royal Gala' apple storage in a dynamic controlled atmosphere[J]. Scientia Agricola, 2015, 72(1): 28-33. DOI: 10.1590/0103-9016-2013-0429.

收稿日期:2020-11-23