

甜樱桃采后病害、贮藏期间品质变化及其防腐保鲜技术

孙小渊, 胡文忠*, 刘程惠, 陈晨, 宋鹵哲, 老莹, 管馨馨

(大连民族大学生命科学院, 生物技术与资源利用教育部重点实验室, 辽宁大连 116600)

摘要: 本文详述了甜樱桃在采后发生侵染性病害和生理性病害的原因、发病症状以及对果实产生危害的结果。并介绍了甜樱桃在不同温度贮藏期间感官品质及营养物质变化, 针对樱桃自身特性和采后病害分析结果, 对现有的适用于樱桃的保鲜技术进行分类总结。最后, 总结了目前制约樱桃产业发展的主要问题, 并对此提出对策。

关键词: 甜樱桃, 采后病害, 保鲜技术

Postharvest Disease of Sweet Cherry, Quality Change during Storage and Its Antisepsis and Preservation Technology

SUN Xiao-yuan, HU Wen-zhong*, LIU Cheng-hui, CHEN Chen, SONG Lu-zhe, LAO Ying, GUAN Qing-xin

(Key Laboratory of Biotechnology and Bioresources Utilization, Ministry of Education, College of Life Science, Dalian Minzu University, Dalian 116600, China)

Abstract: This article detailed the reasons for the occurrence of infectious diseases of sweet cherry and physiological diseases after picking, the onset of symptoms and the resulting harm to the fruit. The sensory quality and nutrient changes of sweet cherry during storage at different temperatures were introduced. According to the analysis of cherry characteristics and post-harvest disease analysis, the existing fresh-keeping techniques suitable for cherries were classified and summarized. Finally, it summarized the main issues currently restricting industrial development cherries, and proposed a solution to this.

Key words: sweet cherry; postharvest diseases; preservation technology

中图分类号: TS254.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2019)05-0338-05

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2019.05.058

引文格式: 孙小渊, 胡文忠, 刘程惠, 等. 甜樱桃采后病害、贮藏期间品质变化及其防腐保鲜技术[J]. 食品工业科技, 2019, 40(5): 338-342.

甜樱桃(*Prunus avium* L.) 别名大樱桃, 属蔷薇科李属樱亚属植物。其果实圆润, 色泽鲜艳, 品之酸甜可口, 肉嫩多汁, 且营养丰富, 因此深受消费者的喜爱^[1]。虽然甜樱桃成熟期早, 经济价值高, 但采收后品质下降迅速, 并且其本身皮薄汁多, 属于高度易腐水果, 不耐贮藏^[2]。在贮运及销售中易受到机械擦伤及致腐微生物的侵染, 最终造成果实皱缩、软化、腐烂变质而失去原有的口感及营养价值, 大大影响了樱桃的异地销售及货架期, 直接造成生产者及销售者的经济损失, 同时也限制了甜樱桃市场的发展^[3-4]。近年来, 国内外许多研究者对甜樱桃采后病害及采收后贮藏保鲜技术进行大量研究, 本文主要对甜樱桃采后病害进行介绍, 并对各保鲜处理后樱桃在贮藏期间各项品质指标变化以及其防腐保鲜技术进行综述, 以期未来为甜樱桃能够远销中国各地, 为进一步开发甜樱桃的保鲜新技术提供有益借鉴。

1 甜樱桃采后病害

甜樱桃自身水分含量较高, 含有丰富的营养物质, 适宜微生物的生长繁殖。其果皮较薄易受到损伤, 因此极易被致病菌侵染造成腐烂变质。而完好樱桃如果因贮藏不当, 会加速其衰老, 促使樱桃表皮发生褐变, 果梗及果实皱缩, 果肉质地变软, 最终失去其食用价值及商品价值。因此, 甜樱桃采后病害可分为两类: 侵染性病害与生理性病害^[5]。

1.1 侵染性病害

1.1.1 侵染性病害的分类 由微生物侵染而引起的病害称之为侵染性病害, 它是果蔬在采收后贮藏过程中腐败变质的重要原因之一。依据侵染源的不同, 又可以分为真菌性病害、细菌性病害和病毒性病害等, 樱桃的侵染性病害主要为真菌性病害。常常在田间病原真菌就已经附着在樱桃表面, 在樱桃采摘、运输及销售过程中伺机侵染。在贮藏期间逐渐显现

收稿日期: 2018-06-26

作者简介: 孙小渊(1994-), 女, 硕士, 研究方向: 食品加工与质量安全控制, E-mail: 1748027542@qq.com。

* 通讯作者: 胡文忠(1959-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品加工与质量安全控制, E-mail: hwz@dlmu.edu.cn。

出病斑,定殖生长产生孢子,进一步将病害扩展,使周围樱桃也受到侵染,因此即使在采前未受到侵染的樱桃也可能在采后染病^[6]。

1.1.2 真菌性病害病原菌 甜樱桃采后腐烂损失可高达25%~50%^[7],其果实常见的采后真菌性病害病原菌主要有扩展青霉菌(*Penicillium expansum*)、美澳型核果褐腐病菌(*Monilinia fructicola*)、葡萄孢霉菌(*Botrytis cinerea*)、根霉菌(*Rhizopus* sp.)、毛霉菌(*Mucor* sp.)、链格孢霉(*Alternaria alternata*)及炭疽菌(*Colletotrichum* sp.)、黑曲霉(*Aspergillus niger*)等^[8-9]。杜小琴等人对低温贮藏的甜樱桃病原菌进行分离纯化,分离出毛霉菌目毛霉菌科毛霉属(*Mucor* sp.)和胶孢炭疽菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)^[10]。张娜等则从大连、河北、山东三个不同产地的樱桃分离出4种病原真菌,分别为子囊菌亚门囊菌纲柔膜菌目链核盘菌属(*Monilinia Honey*)、炭疽病菌半知菌亚门黑盘孢目桃炭疽盘长孢菌(*Gloeosporium laeticolor* Berk.)、半知菌亚门丝孢纲丝孢目链格孢属(*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl)及半知菌亚门丛梗孢目葡萄孢属(*Botrytis cinerea* Pers.Ex Fr.)^[11]。

1.1.3 侵染性病害的危害 大多樱桃在采后易感染由*Penicillium expansum*引起的青霉病。青霉病最易侵染有伤口或者成熟度高的甜樱桃果实^[7],起初感染部位局部腐烂,极湿软,形成亮褐色圆斑后,病斑上生长出小瘤状白色霉块,后逐渐变为青绿色且附有粉末状物体,该物体即为病菌孢子及孢子梗,易随气流飘散,从而容易引起其他樱桃感染导致果实腐烂。

樱桃褐腐病在采前采后都会发生,在采前主要危害叶与果,多发生在展叶期叶片上,初期病斑并不明显,后扩及全叶,然后生成白色粉末状,致嫩果染病,最终扩及全果使果实收缩,成为僵果挂树不落,覆盖灰白色粉末状物,即为病菌分生孢子^[12]。该病菌可利用僵果及枝梢溃疡斑中越冬,来年产生分生孢子进行侵染,且在不同时期侵染叶花果^[13-14]。王卫芳等从美国进口樱桃中分离鉴定出*Monilinia fructicola*,发现其在侵染甜樱桃后,果实表面会出现微小圆褐色斑点,经4 d培养后形成灰白色绒状菌落,后霉菌菌落逐渐扩散遍至全果导致腐烂^[15-16]。

引起灰霉病的病原菌为*Botrytis cinerea*,该病原菌也可越冬存活。它首先危害的是即将脱落的花瓣,其次是叶片和幼果及果实。受侵染部位首先呈褐色油状斑点,后逐渐扩大成为大斑并伴随生长出灰色绒状霉块。被侵染的樱桃果实感染部位初始呈现出淡褐色的凹陷斑点,接着病斑部位生长出茂密的灰色霉层后迅速蔓延至全果导致腐烂^[17-18]。可见真菌性侵染病害对樱桃采后贮藏影响较大,且病害具有潜伏性,不易控制,是影响樱桃产业发展的主要因素之一。

1.2 生理性病害

植物生理性病害又称非侵染型病害,是由于不适宜的物理、化学等非生物因素直接或间接引起的植物病害,因其不能传染又称为非传染性病害。生理性病害可分为两类,一类是采前发生的田间逆境

所造成的病害,例如日照差异、水分多少、土壤条件、营养元素等^[6]。另一类是采后逆境所导致的病害,如运输贮藏中遇到的机械伤害、冷害等。虽然生理性病害一般并不传染,但是它会给病原菌的侵入制造条件,加重樱桃的腐烂损失。

对于樱桃,目前较为普遍的采前生理病害是裂果病,采后生理病害有冷害、机械伤害、二氧化碳伤害等。裂果病是由于果实接近成熟期,久旱降雨或者遭遇连续降雨所致,果实大量吸水迅速膨胀,造成一定的膨胀压,从而导致裂果。裂果的樱桃果实皮肉外翻,易招致病虫害^[19]。低温贮藏是延缓果蔬采后成熟,抑制微生物生长最常用的方法之一,它可以减缓果实呼吸速率,延缓果实褐变及硬度降低。贮藏温度越低,保鲜的效果也就越好,但是当温度低于一个临界值(-2.0℃),樱桃就会发生冷害,出现斑点表皮变褐等冷害症状,遭受冷害的甜樱桃抗病性有所降低,更易被病原菌侵染加重损失^[19]。

甜樱桃在运输中,难免会发生摩擦磕碰,由于其果皮薄软,不能很好的抵抗外界冲击,果实表面会出现破损,这种伤害会促使乙烯形成,加强呼吸强度^[20],且受伤部位会为侵染性病害提供生长繁殖条件,导致病原菌侵入加快腐败。樱桃在运输及贮藏过程中环境中二氧化碳浓度过高所造成的伤害,会导致出现樱桃果肉坏死、发生褐变等情况,该现象通常出现在气调贮藏或者限气贮藏中^[6]。樱桃的采前生理性病害可根据不同症状通过施肥、光照等方法对其进行处理,而采后生理性病害可通过控制温度、调节气体比例,尽可能降低生理性病害的发生。

2 甜樱桃在贮藏期间品质变化

樱桃品质指标主要有硬度、失重率、褐变指数、腐烂率、可溶性固形物、V_c含量等。樱桃在采后贮藏中,因其自身衰老或贮藏条件不同,影响果实中各营养物质指标变化。研究发现,樱桃在不同温度环境下贮藏,V_c含量均呈先上升后下降趋势,张鹏等研究在冷藏条件下贮藏60 d,甜樱桃(砂蜜豆)V_c含量先上升再下降^[21];甘瑾等人在常温贮藏甜樱桃10 d,其V_c含量也是先增加后降低,分析原因是因为樱桃在采摘后还有一个成熟的过程,在这个过程中V_c含量会上升,但若采摘成熟度较高的樱桃,其V_c含量则随着贮藏期的延长而下降^[22-23]。同时研究表明失重率、腐烂率、褐变指数、pH、可溶性固形物随着贮藏天数的增加呈上升趋势,但硬度、可滴定酸随天数逐渐下降^[21-23]。可滴定酸和V_c含量下降速度快于可溶性固形物含量,因此果实糖酸比失调,果实风味受到影响^[24]。罗枫等人还模拟贮后不同货架期5 d内,甜樱桃(砂蜜豆)各品质的变化,发现在13℃下货架3 d的樱桃,感官、可溶性固形物、V_c含量、黄酮都达到最大值,品质较好,其中货架期第3 d后,感官评定分数都迅速下降,是其樱桃新鲜品质与否的转折点^[25]。

3 甜樱桃防腐保鲜技术

近年来,对樱桃采后贮藏保鲜的研究较多,方法也很多样,从起初的化学保鲜和物理保鲜,到现在生物保鲜,随着消费者对健康的逐渐重视,保鲜方法

也越来越趋近于天然、健康和无害。对于樱桃的保鲜,多数方法或多或少都对微生物有一定的控制作用,抑制了微生物就会极大延长樱桃的保鲜期。此外,还有一些方法对樱桃采后衰老也有一定的控制作用。

3.1 物理保鲜

物理保鲜技术属于一种安全无毒害的保鲜技术,目前应用较多的是气调保鲜,其次是紫外照射保鲜、热处理等。气调保鲜是通过有效调节贮藏空间中气体成分从而达到保鲜的目的,紫外线照射可以杀灭微生物,热处理保鲜原因多数学者认为是高温诱导热激蛋白的产生,使植物细胞结构发生变化,从而提高抵抗力^[26-27]。Serradilla等^[28]采用气调来抑制樱桃贮藏期间微生物的生长,发现5% O₂ + 10% CO₂和8% O₂ + 10% CO₂在贮藏期15 d后能有效抑制霉菌、嗜温需氧型细菌、嗜冷菌、假单胞菌及酵母菌生长,延迟贮藏时腐败,延长货架期。王维海等利用气调包装微环境研究其对樱桃品质的影响,研究发现,7% O₂ + 20% CO₂的气调环境可以降低雷尼樱桃的腐烂率,延缓可溶性固形物和可滴定酸含量的下降,延长采后贮藏期^[29]。董维发现UV-C处理甜樱桃不仅可以推迟甜樱桃果实的成熟,还可促使其PAL、PPO活性的升高,减缓POD活性的下降,诱导果实自身抗病性,使经扩展青霉侵染的樱桃腐烂率降低^[30]。焦忠高等发现短波紫外线辐照处理提高了甜樱桃果实的总酚、黄酮以及抗氧化活性,但对可溶性固形物含量没有明显影响^[31]。热空气44℃处理樱桃114 min可抑制因扩展青霉引起的腐败^[32]。刘尊英等研究表明42℃热水处理甜樱桃10 min后贮藏,处理组的果实感官显著高于对照组,且明显抑制了各种酶活性的上升^[33]。热处理技术操作简单,成本低廉,但是过高的温度和处理时间过长会对樱桃果实品质造成影响,因此不同种类樱桃的处理温度和处理时间还需进一步研究。此外,通过去除乙烯也可以使樱桃保鲜,张立新等人发现用高效乙烯脱除剂处理可有效延长甜樱桃贮藏期,并且结合樱桃保鲜纸共同使用进一步提高采后甜樱桃好果率贮藏品质和货架期品质^[34]。可见,物理保鲜技术可减缓樱桃果实衰老速度,同时对病原菌有一定的抑制作用,从而延长甜樱桃的贮藏期。

3.2 化学保鲜

化学保鲜是应用较早的樱桃保鲜技术,其中1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 1-MCP)是近年来较受欢迎的一种新型乙烯受体抑制剂,它能不可逆地作用于乙烯受体,从而阻断与乙烯的正常结合^[34]。使用1-MCP处理甜樱桃可显著减缓可滴定酸含量的下降,抑制V_c含量下降,降低腐烂率,延缓樱桃果实衰老从而延长货架期^[35-36]。宋等人实验结果也与之相似,且结合复合气调处理樱桃后保鲜效果更佳^[37]。此外还有人研究采前对樱桃进行己醛喷雾处理,采后通过己醛和1-MCP处理,樱桃果实硬度、色泽、色度都变得更好,花青素及酚类物质在30 d贮藏期内都无下降,该处理可有效提高果实质

量及延长甜樱桃货架期^[38]。化学保鲜剂的安全性受到人们质疑,但其杀菌和保鲜效果比较稳定,目前还不能完全被替代。

常温条件下经肉桂精油处理后的樱桃腐烂率和失重率有明显的抑制作用,维持一定的果实硬度,保持了良好的品质,但是对可溶性固形物和可滴定酸没有明显作用效果,15 μL/L的防腐效果最佳,但浓度高于30 μL/L时,对果实会有伤害^[39]。刘光发等研究体积分数为2%的肉桂柠檬草复配精油抗菌膜可有效维持甜樱桃的品质,延长其贮藏期3~4 d^[40]。

3.3 生物保鲜

3.3.1 天然提取物保鲜 为了开发更加安全的天然保鲜剂,植源性保鲜杀菌剂成为樱桃保鲜的研究热点。王建清等人使用八角茴香提取物对甜樱桃进行处理,发现0.1%茴香提取物结合1%壳聚糖处理樱桃可有效减缓硬度与V_c含量的降低,降低其腐烂率、失重率^[41]。侯金丽等人使用不同质量浓度苦菜提取液对甜樱桃进行处理,结果表明,与对照组相比可减缓腐烂率、V_c含量降低等,有效延长樱桃贮藏期,其中用60 mg/L的处理效果最佳^[42]。董晓菊使用大黄、高良姜复合提取液对樱桃进行涂膜处理,发现比单一提取液处理效果要好,可使樱桃在常温(22±3)℃下贮藏期可达三周,与对照相比延长7 d^[23]。张倩等人使用天然肉桂精油对甜樱桃果实进行处理,结果表明,可有效降低常温保存腐烂率的上升,维持果实硬度,以及保持果实中花青素含量及果柄中叶绿素含量,以15 μL/L处理效果最佳^[39]。赵珊等利用苯乳酸-海藻酸钠涂膜保鲜剂对甜樱桃进行涂膜保鲜,较好地抑制甜樱桃的腐烂,减少水分散失,有利于降低甜樱桃代谢强度,甜樱桃的品质得到保持,使冷藏期延长^[43]。

3.3.2 生物拮抗保鲜 生物拮抗保鲜是近年来兴起的一种保鲜技术,逐渐被人接受重视并成为研究重点,拮抗菌可以为细菌、小型丝状真菌及酵母菌等,拮抗菌拮抗病原菌作用大致可分为三类:空间以及营养的竞争、诱导寄主抗性增强、重寄生作用^[44]。Wang等^[44]采用蜡样芽胞杆菌AR156控制甜樱桃采后因扩展青霉所引起的青霉病,结果表明,经过蜡样芽胞杆菌处理后樱桃的腐烂率,菌斑直径明显降低,该菌可能通过破坏真菌生存能力间接诱导樱桃产生抗病性^[45]。关于核果链核盘菌引起的樱桃褐腐病,ORO通过3种不同的酵母菌株进行拮抗实验,并进行樱桃实验及采前樱桃树处理实验,结果表明,使用美极梅奇酵母Disva267与异威克汉姆酵母Disva2处理樱桃果实表面后,在冷藏条件下2周后仍可存活,且可有效减少褐腐病发病率及严重程度,采前实验也表明该两种菌株有较好的生存及定殖能力,有望作为生物防治剂,应用于樱桃果树^[46]。除单独使用生物拮抗保鲜外,还可以与其他保鲜技术相结合,de Paiva将生物防治与气调保鲜包装相结合来抑制甜樱桃中扩展青霉引起的病害,结果表明使用M50微孔膜结合美极梅奇酵母菌处理防止扩展青霉菌效果最佳^[47]。静玮将热处理与生物拮抗相结合,

60℃热水喷淋20s,结合罗伦隐球酵母菌处理甜樱桃,对自然腐烂效果的抑制好于单独处理,且能有效降低有扩展青霉引起的伤口腐烂^[48]。生物拮抗保鲜主要作用于病原菌,通过对病原菌的抑制,从而延长樱桃的贮藏期。它可应用于采前也可应用于采后处理,亦可与其他保鲜方法相结合提高拮抗效率。

4 展望

樱桃货架期短,采收季节集中,价格相比其他水果而言不稳定,因此对樱桃产业发展带来阻碍。目前樱桃保鲜研究在物理、化学及生物保鲜方面,应用较多的是低温贮藏及气调保鲜。限制樱桃产业的发展可分为两类,一是采前樱桃产量问题,二是采后就樱桃贮藏问题。采前防病,樱桃产量才会增高,对于目前防病主要以喷洒农药为主,安全性未知,在未来可将生物拮抗应用于樱桃果树采前处理,目前在国内外已有研究者将拮抗菌用于田间实验^[46-49],国内研究还处于实验室阶段。生物拮抗在未来有望工厂化,制成生物拮抗剂,使果蔬保鲜不在局限于采后,而从采前处理入手,从根本上进行防治,未来还需重点研究筛选拮抗菌、优化采前施喷浓度、提高拮抗效率等,以达到最佳拮抗效果。对于采后樱桃贮藏,主要问题为运输中樱桃发生磕碰,加之运输时间过长,车内温度上升加快樱桃腐烂。因此运输过程中可将运输车改为冷链运输车或者气调类运输车,并结合天然保鲜剂处理延缓樱桃衰老。从采前和采后两个方面解决樱桃保鲜问题,以期樱桃产业更好发展。

参考文献

[1] Ginnal F, Tiziamal B, Alberto B, et al. Cherry antioxidants: From farm to table [J]. Research Gate, 2010, 15 (10): 6993-7005.

[2] Meheriuk M, Girard B, Moys L, et al. Modified atmosphere packaging of 'Lapins' cherry [J]. Research Gate, 1995, 28 (3): 239-244.

[3] 宋曰钦, 王建中, 吴迪, 等. 甜樱桃常温液藏保鲜的研究 [J]. 食品科技, 2005 (11): 77-79.

[4] Pasquariello M S, Patre D D, Mastrobuoni F, et al. Influence of postharvest chitosan treatment on enzymatic browning and antioxidant enzyme activity in sweet cherry fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2015, 109: 45-56.

[5] 洪静华, 侯玉婷, 吴效刚, 等. 大樱桃采后病害、生理及保鲜技术研究进展 [J]. 北方园艺, 2015 (23): 194-198.

[6] 朱文奇. 樱桃采摘后生理性病害与侵染性病害的控制 [J]. 农产品加工, 2013 (6): 40-41.

[7] 杨娟侠. 二氧化氯对甜樱桃“红灯”和“布鲁克斯”贮藏保鲜效果研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2011.

[8] 杜小琴, 何靖柳, 秦文, 等. 甜樱桃果实采后病原菌及植物精油对其抑制效果研究进展 [J]. 食品工业科技, 2015 (21): 368-371.

[9] Alique R, Zamorano J P, Martínez M A, et al. Effect of heat and cold treatments on respiratory metabolism and shelf-life of sweet cherry, type picota cv "Ambrunés" [J]. Postharvest Biology

and Technology, 2005, 35 (2): 153-165.

[10] 杜小琴, 何靖柳, 秦文, 等. 甜樱桃果实采后病原菌的分离鉴定及植物精油抑菌效果研究 [J]. 食品工业科技, 2015 (20): 339-343.

[11] 张娜, 关文强, 阎瑞香, 等. 甜樱桃果实采后致病菌的分离及定性分析 [J]. 中国农学通报, 2012 (13): 190-194.

[12] 杨小林, 张舒, 吕亮, 等. 樱桃主要病害及其防治措施探讨 [J]. 湖北农业科学, 2015 (8): 1797-1800.

[13] 孙杨, 孙玉刚, 魏国芹. 甜樱桃褐斑病研究进展 [J]. 湖北农业科学, 2014 (4): 750-752.

[14] Wharton P, Iezzoni A. Development of a protocol for screening cherry germplasm for resistance to cherry leaf spot [J]. Research Gate, 2005, 667: 509-514.

[15] 王卫芳, 章柱, 余辛, 等. 2010年广东口岸从进境美国水果中截获多种检疫性真菌有害生物 [J]. 植物检疫, 2011 (3): 34.

[16] 王卫芳, 章柱, 余辛. 从进境美国樱桃中首次截获美澳型核果褐腐病菌 [J]. 植物检疫, 2012 (5): 88-91.

[17] 邵雪. 大连市金州新区温室大樱桃主要病虫害的发生与防治 [J]. 现代农业科技, 2013 (21): 157-158.

[18] 张斌, 耿坤, 蒋平, 等. 贵阳地区樱桃常见主要病害及其为害现状 [J]. 中国植保导刊, 2015 (11): 25-28.

[19] 张平, 张鹏, 刘辉, 等. 不同低温处理对樱桃冷害发生的影响 [J]. 食品科学, 2012 (12): 303-308.

[20] 王艳颖, 胡文忠, 庞坤, 等. 机械伤害引起果蔬褐变机理的研究进展 [J]. 食品工业科技, 2007 (11): 230-233.

[21] 张鹏, 王云舒, 李江阔, 等. 3种气调方式对甜樱桃冷藏期贮藏品质和生理指标的影响 [J]. 食品科技, 2016 (9): 52-60.

[22] 甘瑾, 马李一, 张弘, 等. 漂白紫胶涂膜对甜樱桃常温贮藏品质的影响 [J]. 江苏农业学报, 2009 (3): 650-654.

[23] 董晓菊, 宿献贵, 李文香, 等. 中草药提取液对甜樱桃保鲜效果的影响 [J]. 北方园艺, 2008 (9): 202-204.

[24] 焦中高, 刘杰超, 王思新. 甜樱桃采后生理与贮藏保鲜 [J]. 果树学报, 2003 (6): 498-502.

[25] 罗枫, 鲁晓翔, 张鹏, 等. 砂蜜豆樱桃货架期品质及挥发性物质的分析 [J]. 现代食品科技, 2016 (2): 235-245.

[26] 杜国辉, 姜勇, 郭凤军. 果蔬保鲜技术研究进展 [J]. 食品安全导刊, 2016 (30): 61.

[27] 施俊凤, 薛梦林, 王春生, 等. 甜樱桃采后生理特性与保鲜技术的研究现状与进展 [J]. 保鲜与加工, 2009 (6): 7-10.

[28] Serradilla M J, Villalobos M del C, Hernández A, et al. Study of microbiological quality of controlled atmosphere packaged 'Ambrunés' sweet cherries and subsequent shelf-life [J]. International Journal of Food Microbiology, 2013, 166 (1): 85-92.

[29] 王维海, 李源钊, 吴先辉, 等. 气调包装微环境对樱桃品质的影响 [J]. 热带生物学报, 2018 (1): 101-108.

[30] 董维. UV-C对甜樱桃采后腐烂的控制 [D]. 北京: 中国农业大学, 2003.

[31] 焦忠高, 刘杰超, 刘慧, 等. 短波紫外线辐照处理对采后甜樱桃果实营养品质和抗氧化活性的影响 [J]. 中国食品学报, 2017 (1): 170-178.

[32] Wang L, Jin P, Wang J, et al. Hot air treatment induces resistance against blue mold decay caused by *Penicillium*

expansum in sweet cherry (*Prunus cerasus* L.) fruit [J]. *Scientia Horticulturae*, 2015, 189: 74-80.

[33] 刘尊英, 曾明勇, 董士远, 等. 热水结合维生素 C 处理对甜樱桃果实褐变的控制研究 [J]. *农业工程学报*, 2005 (7): 149-152.

[34] 张立新, 陈嘉, 冯志宏, 等. 樱桃保鲜纸和高效乙烯去除剂对甜樱桃低温贮藏品质和褐变控制的影响 [J]. *食品科学*, 2016, 37 (6): 226-230.

[35] 陈镠, 石玉刚, 王允祥, 等. 1-甲基环丙烯处理与气调贮藏应用于樱桃贮藏保鲜的研究进展 [J]. *食品与发酵工业*, 2017 (5): 285-294.

[36] 刘尊英, 董士远, 曾名勇, 等. 1-MCP 对甜樱桃采后腐烂与食用品质的影响 [J]. *食品科技*, 2006 (1): 117-119.

[37] 宋要强, 惠伟, 刘敏会, 等. 1-甲基环丙烯和复合气调对艳阳甜樱桃保鲜效果研究 [J]. *陕西师范大学学报 (自然科学版)*, 2010 (4): 84-87.

[38] Sharma M, Jacob J K, Subramanian J, et al. Hexanal and 1-MCP treatments for enhancing the shelf life and quality of sweet cherry (*Prunus avium* L.) [J]. *Scientia Horticulturae*, 2010, 125 (3): 239-247.

[39] 张倩, 辛力, 亓雪龙, 等. 肉桂精油对甜樱桃果实品质和货架期的影响 [J]. *核农学报*, 2015, 29 (9): 1737-1742.

[40] 刘光发, 司汶, 高文华, 等. 肉桂/柠檬草精油抗菌膜对甜樱桃的保鲜效果 [J]. *包装工程*, 2018 (7): 65-71.

[41] 王建清, 刘光发, 金政伟, 等. 八角茴香提取物对甜樱桃保鲜效果的研究 [J]. *食品科技*, 2010 (5): 186-190.

[42] 侯金丽, 侯小丽. 苦菜提取液对樱桃保鲜效果的影响 [J]

. *食品研究与开发*, 2015 (10): 126-128.

[43] 赵珊, 贡汉生, 田亚晨, 等. 苯乳酸-海藻酸钠涂膜保鲜剂的制备及其在甜樱桃保鲜中的应用 [J]. *食品科学*, 2018, 39 (11): 221-226.

[44] 王友升. 拮抗酵母菌与果蔬采后病害防治 [M]. 北京: 知识产品出版社, 2012: 54-90.

[45] Wang L, Jin P, Wang J, et al. *In vitro* inhibition and *in vivo* induction of defense response against *Penicillium expansum* in sweet cherry fruit by postharvest applications of *Bacillus cereus* AR156 [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2015, 101: 15-17.

[46] Oro L, Feliziani E, Ciani M, et al. Biocontrol of postharvest brown rot of sweet cherries by *Saccharomyces cerevisiae* Disva 599, *Metschnikowia pulcherrima* Disva 267 and *Wickerhamomyces anomalus* Disva 2 strains [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2014, 96: 64-68.

[47] De P E, Serradilla M J, Ruiz-moyano S, et al. Combined effect of antagonistic yeast and modified atmosphere to control *Penicillium expansum* infection in sweet cherries cv. Ambrunés [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2017, 241: 276-282.

[48] 静玮. 采后热水喷淋处理及与拮抗菌结合在甜樱桃贮藏保鲜上的应用 [D]. 南京: 南京农业大学, 2008.

[49] Boyd-wilson K S H, Butler R C, Alspach P A, et al. Compounds alone and in combination with yeasts to control *Colletotrichum acutatum* in apples [J]. *Research Gate*, 2014, 43 (6): 703-714.

(上接第 337 页)

[40] 石金娥, 翟玉娟, 李媛媛, 等. GC-MS 测定藻油中 DHA、DPA 及其他微量成分 [J]. *中国食物与营养*, 2015, 21 (8): 69-71.

[41] 胡爱军, 丘泰球, 梁汉华, 等. 海藻 EPA、DHA 含量及分离浓缩方法 [J]. *海洋通报*, 2002, 21 (2): 84-91.

[42] 荣辉. 几种海藻活性物质的分离纯化研究 [D]. 厦门: 厦门大学, 2012.

[43] 司华静, 黄巍峰, 李建平. DHA 藻油在花生油中的应用研究 [J]. *现代食品科技*, 2011, 27 (9): 1134-1136.

[44] 黄巍峰, 郑晓辉, 曾远平, 等. DHA 藻油对酸奶品质的影响 [J]. *现代食品科技*, 2013 (7): 1615-1619.

[45] Stordy B J. Dark adaptation, motor skills, docosahexaenoic acid and dyslexia [J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2000, 71 (1): 323.

[46] Nelson G J, Schmidt P C, Bartolini G L, et al. The effect of dietary docosahexaenoic acid on plasma lipoproteins and tissue fatty acid composition in humans [J]. *Lipids*, 1997, 32 (11): 1137-1146.

[47] 代荣阳, 陈润, 周志远. DHA 和 EPA 的抗炎及免疫调节功能 [J]. *西南医科大学学报*, 2004, 27 (1): 83-84.

[48] 刘敬华, 林彬, 曹景玉, 等. 二十碳五烯酸对人肝癌 HepG2 细胞生长作用的实验研究 [J]. *肝胆外科杂志*, 2009, 17 (3): 226-228.

[49] 代志凯, 李祥清, 马金萍, 等. 植物角鲨烯提取研究进展 [J]. *粮食与饲料工业*, 2017, 12 (6): 27-31.

[50] 石金娥, 王莹, 王庆峰, 等. GC-MS 测定藻油中角鲨烯含量 [J]. *中国油脂*, 2015, 40 (4): 90-94.

[51] 官波, 郑文诚. 角鲨烯提取纯化及其应用 [J]. *粮食与油脂*, 2010 (2): 44-46.

[52] Liu Y, Xu X, Bi D, et al. Influence of squalene feeding on plasma leptin, testosterone and blood pressure in rats [J]. *Indian Journal of Medical Research*, 2009, 129 (2): 150-153.

[53] 邱春媚, 殷光玲. 角鲨烯软胶囊提高缺氧耐受力的研究 [J]. *中国粮油学报*, 2013, 28 (2): 52-54.

[54] 鲍建氏. 多不饱和脂肪酸的生理功能及安全性 [J]. *中国食物与营养*, 2006 (1): 45-46.

[55] 张琦, 李明春, 孙红妍, 等. ω -6 脂肪酸脱氢酶的分子生物学研究进展 [J]. *生物工程学报*, 2004, 20 (3): 319-324.

[56] 江木兰, 黄凤洪. 油脂微藻的研究进展 [J]. *中国油料作物学报*, 2010, 32 (4): 571-576.