

涩柿脱涩技术研究进展

张鹏¹, 韩双双², 李春媛¹, 李江阔¹, 薛友林²

(1.国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津) 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384; 2.辽宁大学 轻型产业学院, 沈阳 110036)

摘要: **目的** 为了减缓涩柿在脱涩后极易软化现象的发生, 综述涩柿脱涩技术, 以针对不同品种柿果选出合适的脱涩方法。**方法** 分析我国柿果实脱涩技术的研究现状, 以及脱涩技术的优缺点, 简要阐述柿果实的脱涩机理, 并总结脱涩方法在实际应用中存在的问题。**结论** 对脱涩方法在实际应用中的情况进行了基本总结。液体脱涩技术中温水脱涩和冷水脱涩等方法具有成本较低、操作简单等优点, 但易使柿果实的风味变淡, 不适合大规模处理; 石灰水脱涩方法会影响柿果实的外观, 乙醇、食盐和明矾溶液等脱涩方法较适合去除柿果的涩味。气体脱涩技术中 CO₂ 和 N₂ 常与 1-MCP 相结合来处理柿果, 柿果若在运输过程中则采用真空脱涩方法较适合。

关键词: 涩柿; 脱涩; 研究进展

中图分类号: S665.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)11-0009-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.11.002

Research Progress on De-astringent Technology of Persimmon

ZHANG Peng¹, HAN Shuang-shuang², LI Chun-yuan¹, LI Jiang-kuo¹, XUE You-lin²

(1.Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Tianjin 300384, China;

2.College of Light Industry, Liaoning University, Shenyang 110036, China)

ABSTRACT: Astringent persimmon is likely to be softened after de-astringency, in order to alleviate the occurrence of this phenomenon, the paper aims to review the de-astringency technology of persimmon and select suitable de-astringency method for different varieties of persimmon. The research status of de-astringency technology and its advantages and disadvantages were analyzed. The de-astringent mechanisms of persimmon were expounded briefly and the problems in the practical application of the de-astringency method were summarized. The application of the de-astringency method in the actual situation were summarized. The method of liquid de-astringency includes moderate temperature water and cold water de-astringency. It is low in cost and simple in operation, but it is likely to weaken the persimmon flavor, and is not suitable for large-scale treatment. The lime water de-astringency method may affect the appearance of persimmon. Ethanol, salt and alum solution de-astringency method is more suitable for the removal of the astringency of the persimmon. In the gas de-astringency, persimmon is usually treated with CO₂ and N₂ in combination with 1-MCP. If the persimmon is during

收稿日期: 2019-02-27

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0401303); 广西科技基地和人才专项(桂科 AD17129011)

作者简介: 张鹏(1981—), 女, 博士, 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)副研究员, 主要研究方向为农产品贮藏与加工。

通信作者: 李江阔(1974—), 男, 博士, 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)副研究员, 主要研究方向为农产品安全与果蔬贮运保鲜新技术。

transportation, it is suitable for vacuum de-astringency method.

KEY WORDS: persimmon; de-astringent; research progress

柿属柿科植物,为多年生落叶果树,原产于我国^[1],至今已有 1000 多年的历史。柿树是我国的特色果树之一^[2],其鲜果口味甜美、营养价值高,且含有多人体所需的营养物质,如蛋白质、维生素、矿物质等,还具有清热润肺、止痢解酒等功效^[3-4]。柿果实在医疗方面和人们生活中受到高度评价,被列为绿色保健食品。目前我国柿果实品种已有 800 多种,广泛分布在全国各地,至 2016 年我国柿果实年产量就达 396.9 万 t^[5],其中河北、河南、山西、陕西、山东等 5 个省份的柿产量占全国总产量的 80%~90%,江西、四川、重庆等南方地区的产量较小^[6]。近些年来,除中国、日本和韩国等传统产区外,有一些欧洲国家(如澳大利亚、意大利等)也在发展柿产业^[7]。

我国北方地区涩柿产量很高,对柿果实采后脱涩及如何较好地保持果实品质有一定的研究,但目前我国柿果实脱涩技术较为传统,未形成完整的脱涩保鲜体系,因此应该借鉴并结合国外相关研究成果,观察在脱涩过程中酚类物质的变化,进而研发出新型脱涩技术,如:蔓越莓在去除涩味时使用活性炭^[8],通过减少总酚的含量达到脱涩目的,所以柿果实在脱涩时也可以采用活性炭来去除涩味,但目前并没有相关研究证实活性炭可以去除柿果的涩味。KIM^[9]等认为利用超高压技术可诱导柿果实细胞内的可溶性单宁流入细胞间,导致单宁沉淀,使柿果实涩味消失。现今,这些果实脱涩技术在国内还未应用,因此这些研究对我国涩柿产业的发展具有借鉴意义。

依据成熟期果实是否能在树上自然脱涩,并结合果实性状,将柿品种分为涩柿和甜柿。若根据果实脱涩水平和果肉褐斑,又可将柿果实分为完全涩柿(Pollination-constant and Astringent, PCA)、不完全涩柿(Pollination-variant and Astringent, PVA)和完全甜柿(Pollination-constant and Non-astringent, PCNA)、不完全甜柿(Pollination-variant and Non-astringent, PVNA)等 4 种^[10-11]。目前,我国首要种植品种为完全涩柿,如磨盘柿、牛心柿、恭城月柿等,且完全涩柿必须经过人工脱涩后,使涩味降到其阈值之下时才可食用^[12],但是,柿果实在脱涩后又极易变软、腐烂褐变,会大大缩短贮藏时间,严重影响果实的生理品质及市场价值^[13]。由此,文中主要对柿果实的脱涩机理及方法进行综述,寻找最佳的脱涩保硬方法,以期为我国柿果实产业的可持续健康发展提供理论依据。

1 柿单宁的形成过程

使柿果实形成强烈的涩感是因为其含有大量的可溶性单宁,又称原花青素(Proanthocyanidin),是一种具有极高抗氧化作用的酚类低聚物^[14-15]。柿单宁生成的路径极其复杂,主要由 4 个连续的代谢路径构成:莽草酸途径、公共苯丙烷途径、类黄酮-花青素途径和原花青素特异途径^[16]。莽草酸途径是指由磷酸烯醇式丙酮酸和赤藓糖-4-磷酸经一系列反应合成莽草酸。常见的公共苯丙烷途径是指由苯丙氨酸经肉桂酸到香豆酸的合成途径。类黄酮-花青素途径是苯丙烷途径的一个关键分支,起点是柚苷配基查尔酮。原花青素特异途径为花青素和花翠素经还原酶的催化作用,生成表儿茶素、表没食子儿茶素等,其又经过跨膜运输到液泡,最终形成原花青素。

2 脱涩机理

柿果具有涩味,通过脱涩处理后,可将果实细胞中可溶性单宁转化为不溶性单宁,进而淡化柿果的涩味。目前关于柿果实脱涩机理有 2 种说法:柿果实去除涩味与乙醛直接相关,在脱涩过程中生成的乙醛可促使可溶性单宁转化为不溶性单宁,从而去除涩味^[17-18];涩味去除与柿果实细胞中一些其他物质有关,在脱涩过程中果肉中的果胶、原生质膜和细胞壁会与多糖发生凝胶反应,构成果胶和单宁复合体,使涩味消失^[19-20]。

3 脱涩方法

3.1 液体脱涩

3.1.1 温水脱涩

温水脱涩的原理是当水温在 40℃左右时,丙酮酸脱羧酶(PDC)和乙醇脱氢酶(ADH)的活性最高,此时柿果实生成的乙醛含量最多,大大缩短了脱涩所需的时间。林菲^[21]以福建永定‘红柿’为实验材料,将柿果实置于 35~40℃的温水中,维持水温恒定,浸泡 16~18 h 后,柿果实即可脱涩。结果表明,温水脱涩方式能够较好地保持果肉的硬度。张霁红等^[22]研究表明,温水脱涩处理方式的脱涩速度较石灰水脱涩、酒精脱涩、CO₂脱涩速度快,使用温水脱涩法可使柿果实的可溶性单宁含量在 48 h 内迅速降低至涩味阈值,且可溶性固形物含量变化小。温水脱涩技术虽成本

低、操作简单,但脱涩时应注意水温的控制,且脱涩时间过长或者温度过高,都会导致果皮胀裂,且柿果风味变淡,降低了果实商品价值。

3.1.2 冷水脱涩

冷水脱涩是将柿果在低温条件下进行无氧呼吸,然后生成乙醇、丙酮,最终转化为乙醛,从而使柿果的涩感消失。熊宇婷^[23]等以‘赣方1号’柿为实验材料,将柿果实放置于25℃的清水中处理48h,然后进行理化指标的测定,结果表明,柿果实脱涩后在0℃贮藏至第60d时,好果率仍为95.48%,果实软化速度也较慢,且清水脱涩方法较好保持了果实的水分含量。张桂霞等^[24]以‘磨盘柿’为实验材料,研究了不同脱涩处理方式对柿果品质的影响。实验中将柿果实置于装有室温水容器中,存放6d,每天换1次水,结果显示柿果实脱涩前后果皮颜色基本保持不变,仍呈橘黄色,且脱涩后柿果实硬度仍可达10.3 kg/cm²,并且较好地保持了果实中维生素C和可溶性固形物的含量。冷水脱涩可较好保持果实的色泽及硬度,且脱涩后的柿果脆性较温水脱涩后的柿果实脆性高,但冷水脱涩后会使得柿果实的酶活性降低,乙醛产生速率降低,脱涩时间延长且脱涩后果实口味变淡。温水和冷水脱涩技术具有成本低、操作简便等优点,但在贮藏期易产生褐变且变软,不适合大规模处理。

3.1.3 石灰水脱涩

石灰水脱涩使柿果实进行无氧呼吸,从而产生乙醛,促使可溶性单宁变为不溶性单宁,同时,石灰水中的钙离子与柿果中的可溶性单宁相结合,生成了不溶性盐类物质,从而达到脱涩目的。周瑞金等^[25]以‘牛心柿’为实验材料,将石灰稀释成溶液(5%),然后将柿果实浸入其中,6d后果实可完全脱涩,且Vc含量仍可达14.3 mg/kg,但单宁的质量分数为0.04%,较其他脱涩处理的单宁含量更高,同时结果表明,将乙烯利和石灰水脱涩相结合,脱涩时间为4d,果实的品质较单一采用石灰水脱涩品质更高。张超^[26]的研究表明,每100 kg柿果实,采用3~5 kg生石灰溶液,将柿果置于石灰水中,在室温下3~4d即可脱涩;或者将食盐、40~50℃的温水和生石灰按1:1:1的质量比配成混合溶液,然后把柿果浸泡其中,1~2d便可脱涩。石灰水脱涩技术较为传统、操作简单、成本低,但经该法脱涩后,果实表面会留有石灰粉末,从而降低了果实的外观品质,因此目前柿果实的脱涩不用该方法。

3.1.4 乙醇脱涩

乙醇脱涩技术是指将乙醇渗入柿果细胞内,在乙醇脱氢酶的作用下,乙醇转变为乙醛,促使可溶性单宁转变为不溶性单宁,从而达到脱涩的目的。金光

等^[27]研究发现,采用体积分数为40%的乙醇处理柿果实24h后,单宁含量可减少2.172 mg/g,当柿果实进行脱涩处理48h时,涩味消失;当采用体积分数为30%的乙醇处理柿果实时,可溶性单宁含量72h保持不变,且含量在涩味阈值之下。刘佳等^[28]以‘红柿’为实验材料,研究将乙醇脱涩与CO₂脱涩相结合的最佳条件,结果表明,当乙醇体积分数为31%,CO₂的体积分数为81%时,脱涩61h后的柿果实涩味消失,且较好地保持了果实硬度。LIU等^[29]也有相似的研究成果。马君岭等^[30]的研究表明,将柿果放于容器中,均匀地喷洒一定量的乙醇(75%),在18~20℃环境下,密闭保存柿果3~8d即可使涩味消失。乙醇脱涩法虽经常用于大批量涩柿的脱涩,但脱涩时间长,果实易软化,导致果肉品质降低,因此乙醇脱涩技术经常与其他脱涩技术相结合,这样在脱涩的同时还保证了果实的品质。

3.1.5 食盐、明矾溶液脱涩

食盐、明矾溶液脱涩是利用其含有的Na⁺, Al³⁺等渗入到柿果实细胞中,再与可溶性单宁结合生成沉淀,从而达到脱涩的目的。王辉等^[31]以‘磨盘柿’为实验材料,研究食盐与明矾的质量比、脱涩温度、脱涩时间对柿果实单宁含量和硬度的影响,结果发现,当食盐与明矾质量比为3:1,脱涩时间为24h,温度为33.7℃时,可溶性单宁的质量分数可降到0.1430%,在涩味阈值之下,此时柿果的硬度值为0.3719 MPa。该法不仅能有效去除涩味,还可保持较好的果实硬度,适合于大批量柿果的脱涩处理。

3.2 气体脱涩

3.2.1 CO₂脱涩

CO₂脱涩的机理是使柿果实进行无氧呼吸,从而产生乙醇,再经乙醇脱氢酶催化生成乙醛,从而促使可溶性单宁变为不溶性单宁,达到去除柿果实涩味的目的。程青^[32]以‘磨盘柿’为实验材料,对柿果进行CO₂处理和CO₂+0.5 μL/L 1-甲基环丙烯(1-MCP)组合处理,研究结果表明,CO₂+0.5 μL/L 1-MCP处理组不但使柿果实涩味消失,还减少了果实硬度的下降速率,同时降低了乙烯生成速率,降低了呼吸强度,延缓了柿果实的衰老软化,从而延长了果实货架期。冷平等^[33]研究了不同浓度CO₂处理‘磨盘柿’果实单宁含量的变化,结果显示,当CO₂的体积分数为95%,脱涩时间为20h时,柿果可以完全脱涩,而且脱涩后的果实可以在室温下保持硬脆状态7d,说明高浓度CO₂处理柿果实的脱涩速度较较低浓度CO₂处理柿果实脱涩速度快。李爽等^[34]采用高浓度CO₂和1-MCP双重处理柿果,观察室温条件下的脱涩和保脆效果,结果表明当温度为20℃,CO₂的体积分数为80%~85%,脱涩时间为48h时,‘磨盘柿’的涩味不能

完全消失,但当 CO_2 的体积分数为90%~95%时,‘磨盘柿’的可溶性单宁含量在涩味阈值之下,同时1-MCP处理还有效地抑制了呼吸作用、可溶性单宁含量的变化和丙二醛(MDA)含量的上涨,减缓了硬度的降低,从而延缓了脱涩后果实的成熟衰老。目前,国外应用 CO_2 去除柿果涩味的研究较多^[35-36],且 CO_2 已经广泛应用于柿果涩味的去除。由于 CO_2 浓度不便于控制,脱涩过程中若 CO_2 浓度过高或柿果脱涩时间过长,果肉都会产生褐变^[37],从而影响商品价值,因此在柿果实脱涩过程中通常将1-MCP与 CO_2 结合使用。

3.2.2 N_2 脱涩

将涩柿密闭于 N_2 中,由于高浓度的 N_2 形成了无氧环境,柿果经无氧呼吸作用积累乙醇和乙醛,从而使柿果涩味消失。Arnal等^[38]以‘Rojo Brillante’为实验材料,在温度25℃,相对湿度80%的环境中用体积分数为98%的 N_2 处理柿果实18h和27h后,测定脱涩程度,结果显示脱涩时间越久脱涩效果越好,但长时间脱涩也会降低果实的硬度。Arnal^[39]等用 N_2 (体积分数为90%)+ CO_2 (体积分数为10%)和 N_2 (体积分数为97%)+空气等2种气调方式对柿果实进行处理,结果表明, N_2 (体积分数为97%)+空气处理组在15℃贮藏‘Rojo Brillante’30d后,仍能保证果实的品质,之后将柿果实置于20℃存放5d,涩味即达到阈值,不需要再进行额外的处理来去除柿果的涩味。Pesis等^[40]研究表明,涩柿在-1℃、 N_2 (体积分数为100%)环境下贮藏,完全脱涩需要27d,虽然脱涩时间较长,但果实内部无褐变发生。目前, N_2 脱涩技术已经广泛用于柿果的脱涩,且脱涩后果实脆度保持得较好,果皮表面没有褐斑,但是不同品种的柿果用该脱涩方法的处理结果差异较大,因此该法还需要科研人员进行进一步的研究。

在气体脱涩时,也会将高浓度的 CO_2 和低浓度的 N_2 混合处理柿果,高浓度的 CO_2 形成了无氧环境,从而产生乙醛,促进果实脱涩。低浓度的 N_2 能延缓果实的软化和褐变,采用 CO_2 和 N_2 混合处理柿果实不仅可以脱涩,还可以较好地保持果实的品质,但是该法操作成本高,只适合于较大规模的生产。

3.3 其他脱涩技术

3.3.1 真空脱涩

真空脱涩是指在贮藏过程中通过真空包装柿果实,使柿果实处于一个低 O_2 、高 CO_2 ,并能维持一定湿度的环境中,这样的贮藏环境可以减少果实乙烯的生成和营养物质的消耗,并且可以去除涩味。张鹏等^[41]以‘磨盘柿’为实验材料,研究表明当柿果实处于18~20℃、真空度为0.08MPa的条件时,果实要完全脱涩需要10d,此时果实硬度为15.85 kg/cm³。

赵斌等^[42]研究表明,通过用0.1mm的聚乙烯膜(PE)单果真空包装柿果实,果实在室温下7d涩味即可完全消失,且在贮藏50d时,果实的风味、V_C含量、果皮色泽几乎没有变化,说明真空包装不仅可以去除柿果的涩味,还具有保脆的作用。李江阔等^[43]研究了1-MCP结合真空包装对冰温贮藏柿果的品质、软化酶系以及生理代谢的影响,结果表明,1-MCP结合真空包装不单可以使可溶性单宁向不溶性单宁转化,还有效减缓了柿果实硬度的下降,在贮藏60d时,柿果涩味可完全消失,可溶性单宁质量分数为0.03%,在涩味阈值之下,硬度值为17.58 kg/cm³,贮藏期可达到90d,但当贮藏时间超过75d时,真空包装袋内乙醇含量很高,导致柿果出现中毒的现象,从而降低了商品价值。真空脱涩时间虽长,但柿果实在真空包装后,能够有效保持果实的营养价值和品质,还可以减小机械损伤,有利于长途运输和销售。

3.3.2 乙烯利脱涩

乙烯利是一种植物生长调节剂,进入植物体内能释放出植物激素乙烯,从而促进果实脱涩。郭发定^[44]研究表明,用250~500 mg/kg的乙烯利处理柿果实后,在温度为18~25℃、湿度为85%的环境中贮存,柿果实2~3d即可脱涩。张家年等^[45]以‘磨盘柿’为试验材料,用50,100,250 mg/kg乙烯利水溶液在室温下浸泡柿果实10min,然后置于敞口纸箱中于室温19~23℃下脱涩处理24,48,72h,结果显示当乙烯利浓度为100~250 mg/kg,脱涩时间为24~48h时,柿果实可以较好地脱涩,品质也较高。该法简单方便、高效经济。对猕猴桃^[46]进行脱涩处理时也会用到该法,但脱涩后的果实极易发生软化腐烂等现象,同时值得注意的是,乙烯利的浓度不能过高,否则会导致果实的污染,从而降低商品的价值,因此目前较少使用乙烯利来处理柿果实。

3.3.3 冻融脱涩

冻融脱涩技术可使单宁细胞破裂,使可溶性单宁向不溶性单宁转化,从而去除涩味。余轩^[47]研究了‘磨盘柿’在经过冻融处理后,其硬度、可溶性固形物等一些基本指标的变化情况,结果发现,柿果实在-18℃条件下贮藏40d,果实硬度极大,可溶性固形物的质量分数先降低后保持在17.33%,当果实在20℃恒温解冻48h后,果实迅速软化且脱涩。Taira等^[48]研究发现,缓慢冷冻的柿果实在解冻后,柿单宁含量变化明显,几乎无涩味,然而经液氮快速冷冻的柿果实,冻融后涩味仍很明显。用显微观察显示,涩味消失与解冻期间单宁细胞释放的可溶性单宁与细胞壁和质膜的碎片接触变成不溶性单宁有关。冻融技术是较为传统的脱涩技术,操作简单方便、成本低,但脱涩后柿果实极易软化,导致商品价值降低。

3.3.4 保鲜剂脱涩

保鲜剂脱涩是通过吸收果实的乙烯含量和降低环境中的 O_2 含量,使果实贮藏环境达到无氧的条件,从而使乙醇转化为乙醛,来抑制果实的成熟和脱涩。文宪章等^[49]用高锰酸钾作为保鲜剂来处理成熟度为基本成熟或完全成熟的柿果实,以观察其脱涩效果,结果表明,保鲜剂处理后的柿果实对温度要求较低,可以运输到香港等地,果实软烂率为8%,没有酒味。MATSUO 等^[50]研究表明,用质量分数为0.1%的二硝基苯酚和1.0%的三氧化二砷等2种化学物质作为保鲜剂,可以抑制柿果实的有氧呼吸,结果显示,2种保鲜剂处理柿果实均可积累乙醇和乙醛,从而达到脱涩的目的,并且柿果未表现出明显的软化。由于采用保鲜剂进行脱涩的成本较高,且食用安全性较低,因此不提倡采用该法脱涩。

4 结语

从文中可以得出,液体脱涩中温水脱涩和冷水脱涩方法具有成本低、操作简单等优点,但应注意的是柿果在水中长时间浸泡后,会使果实的风味变淡,或者出现胀裂现象,不适合大规模处理。石灰水脱涩方法处理柿果后会影响柿果实的外观,降低商品价值。乙醇脱涩方法处理果实后易出现软化现象,常与其他脱涩方法相结合处理柿果。采用食盐和明矾溶液的脱涩方法较适合于去除柿果涩味,且适合大批量处理柿果。气体脱涩中 CO_2 和 N_2 常与1-MCP结合处理柿果。其他脱涩方法中,真空脱涩方法因脱涩所用时间较长,所以适合于柿果的长途运输,且在脱涩中尽量避免使用保鲜剂(如高锰酸钾、三氧化二砷等会降低食用安全性的化学保鲜剂)。随着大量研究工作的进行,我国也会引进、学习新型脱涩技术。

另外,我国在寻求最佳保鲜脱涩技术的同时,也要保证柿果生产规模与经济效益的最大化。关于柿果脱涩保鲜的研发和优化是一项系统而复杂的长期任务,文中所提到的脱涩技术均各有优缺点,均不可避免地会对柿果实产生一定的副作用,因此要达到最佳的脱涩保鲜状态,就要从果实采摘到整个技术研发全过程进行不断探索,以寻求最佳脱涩保鲜方法。

参考文献:

- [1] NOVILLO P, SALVADOR A, CRISOSTO C, et al. Influence of Persimmon Astringency Type on Physicochemical Changes from the Green Stage to Commercial harvest[J]. *Scientia Horticulturae*, 2016, 206: 7—14.
- [2] 柴雄, 江锡兵, 龚榜初. 柿果实脱涩及贮藏方法研究进展[J]. *湖北农业科学*, 2012, 51(7): 1297—1302.
- [3] CHAI Xiong, JIANG Xi-bing, GONG Bang-chu. Research Advances on De-astringent and Storage Methods of Persimmon Fruit[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2012, 51(7): 1297—1302.
- [4] PÉREZ-BURILLO S, OLIVERAS M J, QUESADA J, et al. Relationship between Composition and Bioactivity of Persimmon and Kiwifruit[J]. *Food Research International*, 2018, 105: 461—472.
- [5] 王从从, 石磊, 万守朋, 等. 百香柿子果醋饮料的研制[J]. *食品研究与开发*, 2018, 39(12): 87—93.
- [6] WANG Cong-cong, SHI Lei, WAN Shou-peng, et al. A Blending Fruit Vinegar Beverage Prepared with Persimmon and Passion Fruit[J]. *Food Research and Development*, 2018, 39(12): 87—93.
- [7] 观研天下. 2016 年我国柿子产量分析[DB/OL]. <http://www.chinabaogao.com>. 2018-04-02/2018-08-29. Viewing the World. Analysis of China's Persimmon Yield in 2016[DB/OL]. <http://www.chinabaogao.com>. 2018-04-02 /2018-08-29.
- [8] 吕永来. 2013 年全国各省(区、市)核桃、板栗、枣、柿子产量完成情况分析[J]. *中国林业产业*, 2014(12): 34—36.
- [9] LYU Yong-lai. Analysis on the Completion of Walnut, Chestnut, Jujube and Persimmon Production in all Provinces (Autonomous Regions and Municipalities) in 2013[J]. *China Forestry Industry*, 2014(12): 34—36.
- [10] 徐君驰, 张青林, 徐莉清, 等. 柿果脱涩机理研究新进展[J]. *园艺学报*, 2016, 43(9): 1653—1664.
- [11] XU Jun-chi, ZHANG Qing-lin, XU Li-qing, et al. Recent Developments in Deastringency Mechanism of Persimmon Fruit[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2016, 43(9): 1653—1664.
- [12] SEDAT V Y, LUTFIYE E, POYRAZOGLU E S. Phenolic Composition of European Cranberrybush (*Viburnum opulus* L) Berries and Astringency Removal of its Commercial Juice[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2010, 41(9): 1011—1015.
- [13] KIM Gi-Chang, KIM Sang-Bum, KIM Jin-Sook, et al. Changes in Microbial Growth, Carotenoids, and Water-soluble Tannin Content of Ripe Persimmon Beverage after Ultra-high Pressure Treatment. *Food Science and Technology International*, 2018, 24(4): 351—360.
- [14] 张雪丹, 杨娟侠, 木志杰, 等. 减压和 CO_2 处理对金瓶柿脱涩保脆效果的影响[J]. *北方农业学报*, 2018, 46(3): 118—124.
- [15] ZHANG Xue-dan, YANG Juan-xia, MU Zhi-jie, et al. Study on Deastringency and Crispness-keeping of Jinping Persimmon of Hypobaric Impact[J]. *Inner Mongolia Agricultural Science and Technology*, 2018, 46(3): 118—124.

- [11] 夏宏义, 杨勇, 杨婷婷, 等. 柿果实单宁细胞特征与总酚和缩合单宁含量的关系[J]. 林业科学, 2014, 50(10): 164—172.
XIA Hong-yi, YANG Yong, YANG Ting-ting, et al. Correlation between Characteristics of Tannin Cells and Total Phenolics and Condensed Tannins Contents in Persimmon Fruits[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2014, 50(10): 164—172.
- [12] 李莹, 臧永琪. 柿果实采后果实软化机理研究进展[J]. 河北林业科技, 2016(1): 69—71.
LI Ying, ZANG Yong-qi. Research Advances on Mechanism of Persimmon Fruit Softening after Harvest[J]. The Journal of Hebei Forestry Science and Technology, 2016(1): 69—71.
- [13] ZHU Q, ZHANG Z, RAO J, et al. Identification of Xyloglucan Endotransglucosylase/Hydrolase Genes (XTHs) and Their Expression in Persimmon Fruit as Influenced by 1-Methylcyclopropene and Gibberellic Acid during Storage at Ambient Temperature[J]. Food Chemistry, 2013, 138(1): 471—477.
- [14] 曾丹, 孔慧, 刘滔, 等. 微胶囊化柿单宁的制备及性质分析[J]. 现代食品科技, 2017, 33(4): 168—175.
ZENG Dan, KONG Hui, LIU Tao, et al. Preparation and Property Analysis of Microencapsulated Persimmon Tannin[J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 33(4): 168—175.
- [15] TESSMER MA, DA GLÓRIA BA, KLUGE RA. Astringency Reduction Using Ethanol-associated to the Storing under Refrigeration at 5 °C Promotes Physiological and Structural Alterations in 'Giombo' Persimmons. Comunicata Scientiae, 2018, 9(3): 449—456.
- [16] AKAGI T, IKEGAMI A, SUZUKI Y, et al. Expression Balances of Structural Genes in Shikimate and Flavonoid Biosynthesis Cause a Difference in Proanthocyanidin Accumulation in Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb) Fruit[J]. Planta, 2009, 230(5): 899—915.
- [17] LUO C, ZHANG Q, LUO Z. Genome-wide Transcriptome Analysis of Chinese Pollination-constant Non-astringent Persimmon Fruit Treated with Ethanol[J]. BMC Genomics, 2014, 15(1): 112—112.
- [18] CHEN Wen-xing, XIONG Ya-lou, XU Li-qing, et al. An Integrated Analysis Based on Transcriptome and Proteome Reveals Deastringency-related Genes in CPCNA Persimmon. Scientific Reports, 2017, 7: 44671.
- [19] TAIRA S, ONO M, MATSUMOTO N. Reduction of Persimmon Astringency by Complex Formation between Pectin and Tannins[J]. Postharvest Biology & Technology, 1997, 12(3): 265—271.
- [20] GUAN Chang-fei, CHEN Wen-xing, MO Rong-li, et al. Isolation and Characterization of DkPK Genes Associated with Natural Deastringency in C-PCNA Persimmon[J]. Frontiers in Plant Science, 2016, 7: 156.
- [21] 林菲. 柿子保鲜及脱涩技术研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
LIN Fei. Studies on Fresh-keeping and Postharvest Deastringency Handles of Persimmon Fruits[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2013.
- [22] 张霁红, 郑娅, 康三江, 等. 不同脱涩处理方法对磨盘柿品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(22): 125—128.
ZHANG Ji-hong, ZHENG Ya, KANG San-jiang, et al. Influence of Different Deastringent Method on the Quality of the Millstone Persimmon[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(22): 125—128.
- [23] 熊宇婷, 曾明, 王璠, 等. 不同脱涩方法对“赣方1号”柿低温贮藏及果实品质的影响[J]. 中国南方果树, 2014, 43(6): 90—93.
XIONG Yu-ting, ZENG Ming, WANG Fan, et al. Effects of Different Methods of Persimmon Deastringency on Low Temperature Storage and Quality of "Ganfang No.1"[J]. South China Fruits, 2014, 43(6): 90—93.
- [24] 张桂霞, 王巍, 龚无缺, 等. 不同脱涩方法对磨盘柿果实品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(8): 37—40.
ZHANG Gui-xia, WANG Wei, GONG Wu-que, et al. Effect of Different Methods of Persimmon Deastringency on Quality of Mopan[J]. Food Research and Development, 2016, 37(8): 37—40.
- [25] 周瑞金, 扈惠灵, 苗卫东, 等. 脱涩方法对牛心柿品质的影响[J]. 中国果树, 2010(2): 24—26.
ZHOU Rui-jin, HU Hui-ling, MIAO Wei-dong, et al. Effect of Deastringency Method on the Quality of Niu Xin Persimmon. [J]. China Fruits, 2010(2): 24—26.
- [26] 张超. 柿子脱涩技术[J]. 河北果树, 2012(6): 31—32.
ZHANG Chao. The Technology of Persimmon Deastringency[J]. Hebei Fruits, 2012(6): 31—32.
- [27] 金光, 郭瑞, 廖汝玉, 等. 二氧化碳和乙醇脱涩对早红柿果实品质及叶绿体色素含量的影响[J]. 福建农业学报, 2011, 26(5): 842—846.
JIN Guang, GUO Rui, LIAO Ru-yu, et al. Effects of Deastringency with Carbon Dioxide and Alcohol on Fruit Quality and Chloroplast Pigment Content of Persimmon cv 'Zaohong' [J]. Fuzhou: Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2011, 26(5): 842—846.
- [28] 刘佳, 李喜宏, 张姣姣, 等. 响应面法优化红柿协同脱涩工艺研究[J]. 食品工业, 2016(12): 112—117.
LIU Jia, LI Xi-hong, ZHANG Jiao-jiao, et al. Optimization of the Synergy De-astringency Conditions for Persimmon by Response Surface Analysis[J]. The Food Industry, 2016(12): 112—117.

- [29] LIU Jia, QIAO Li-ping, REN Xiao-lin, et al. Persimmon Peel Deastringency by CO₂ and Ethanol Combination: Product Quality and Polyphenols Bioavailability[J]. Food Processing and Preservation, 2018, 42(7): E13665.
- [30] 马君岭, 白相林. 柿子脱涩技术[J]. 农业知识: 瓜果菜, 2010(10): 50—51.
MA Jun-ling, BAI Xiang-lin. The Technology of Persimmon Deastringency[J]. Agricultural Knowledge, 2010(10): 50—51.
- [31] 王辉, 王丽, 句荣辉, 等. BBD 响应面法优化食盐、明矾溶液对柿子脱涩工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(9): 262—266.
WANG Hui, WANG Li, JU Rong-hui, et al. Optimization of Salt, Alum Solution on Persimmon Deastringency Process by BBD Response Surface Methodology[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(9): 262—266.
- [32] 程青, 梁平卓, 李莹, 等. 1-甲基环丙烯和 CO₂ 组合处理抑制柿果实脱涩软化的效应及其细胞壁成分的变化[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(4): 92—99.
CHENG Qing, LIANG Ping-zhuo, LI Ying, et al. Effects of 1-MCP on Fruit Softening and Cell Wall Component Variation of Persimmon Variety Treated with CO₂[J]. Journal of China Agricultural University, 2015, 20(4): 92—99.
- [33] 冷平, 李宝, 张文, 等. 磨盘柿的二氧化碳脱涩技术研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(11): 1333—1336.
LENG Ping, LI Bao, ZHANG Wen, et al. Study on De-astringent of Mopan Persimmon by Carbon Dioxide[J]. Scientia Agricultural Sinica, 2003, 36(11): 1333—1336.
- [34] 李爽, 张平, 李江阔, 等. 高浓度 CO₂ 和 1-MCP 处理对磨盘柿脱涩和保脆效果的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(7): 2082—2083.
LI Shuang, ZHANG Ping, LI Jiang-kuo, et al. Studies on De-astringent and Crispness-keeping for Mopan Persimmon Treated by High Concentration CO₂ and 1-MCP[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2007, 35(7): 2082—2083.
- [35] NOVILLO P, SALVADOR A, MAGALHAES T, et al. Deastringency Treatment with CO₂ Induces Oxidative Stress in Persimmon Fruit[J]. Postharvest Biology & Technology, 2014, 92: 16—22.
- [36] SALVADOR A, ARNAL L, BESADA C, et al. Physiological and Structural Changes during Ripening and Deastringency Treatment of Persimmon Fruit cv 'Rojo Brillante'[J]. Postharvest Biology & Technology, 2007, 46(2): 181—188.
- [37] NOVILLO P, SALVADOR A, LLORCA E, et al. Effect of CO₂ Deastringency Treatment on Flesh Disorders Induced by Mechanical Damage in Persimmon. Biochemical and Microstructural Studies[J]. Food Chemistry, 2014, 145(4): 454—463.
- [38] ARNAL L, MAD R. Removing Astringency by Carbon Dioxide and Nitrogen-enriched Atmospheres in Persimmon Fruit cv 'Rojo brillante' [J]. Journal of Food Science, 2010, 68(4): 1516—1518.
- [39] ARNAL L, BESADA C, NAVARRO P, et al. Effect of Controlled Atmospheres on Maintaining Quality of Persimmon Fruit cv "Rojo Brillante"[J]. Journal of Food Science, 2010, 73(1): S26—S30.
- [40] PESIS E, LEVI A, BEN-ARIE R. Role of Acetaldehyde Production in the Removal of Astringency from Persimmon Fruits under Various Modified Atmospheres[J]. Journal of Food Science, 2010, 53(1): 153—156.
- [41] 张鹏, 李江阔, 陈绍慧, 等. 磨盘柿脱涩优化条件筛选[J]. 食品科技, 2012, 37(10): 53—57.
ZHANG Peng, LI Jiang-kuo, CHEN Shao-hui, et al. Screen the De-astringent Optimal Condition of Mopan Persimmon[J]. Food Science and Technology, 2012, 37(10): 53—57.
- [42] 赵斌, 谢阳青. 真空包装技术在柿果脱涩保鲜中的应用[J]. 农产品加工, 2003(4): 39.
ZHAO Bin, XIE Yang-qing. Application of Vacuum Packaging Technology in Deastringency and Preservation of Persimmon [J]. Farm Products Processing, 2003(4): 39.
- [43] 李江阔, 张鹏, 寇文丽, 等. 1-MCP 和真空包装对冰温贮藏磨盘柿品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(7): 201—205.
LI Jiang-kuo, ZHANG Peng, KOU Wen-li, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene and Vacuum Packaging on Physiology and Quality of Mopan Persimmon during Controlled Freezing Point Storage[J]. Food and Fermentation Industries, 2012, 38(7): 201—205.
- [44] 郭发定. 柿子人工脱涩法[J]. 小康生活, 2004(10): 36.
GUO Fa-ding. Persimmon Artificial Deastringency Method[J]. Xiaokang Life, 2004(10): 36.
- [45] 张家年, 刘冬. 柿饼加工过程中乙烯利对脱涩和干燥的影响[J]. 中国果树, 1997(4): 24—25.
ZHANG Jia-nian, LIU Dong. Effect of Ethephon on Deastringency and Drying during Processing of Dried Persimmon[J]. China Fruits, 1997(4): 24—25.
- [46] 王雅, 霍佩钰, 郭涛, 等. 猕猴桃落果脱涩开发应用初探[J]. 中国食品工业, 2014(12): 52—53.
WANG Ya, HUO Pei-yu, GUO Tao, et al. Preliminary Study on the Development and Application of Kiwifruit [J]. Food and Beverage Industry, 2014(12): 52—53.
- [47] 余轩. ‘磨盘柿’果实乙醇和冻融脱涩技术的研究

- [D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- YU Xuan. Ethanol and Frozen-thawing Treatments for 'Damopan' Persimmon Astringency Removal[D]. Wuhan; Huazhong Agricultural University, 2010.
- [48] TAIRA S, ONO M, OTSUKI M. Effects of Freezing Rate on Astringency Reduction in Persimmon during and after Thawing[J]. Postharvest Biol Technol, 1998, 14(3): 317—324.
- [49] 文宪章, 蔡述炫, 贺迎秋, 等. 保鲜剂脱涩保鲜柿子[J]. 食品科学, 1983, 4(12): 40—43.
- WEN Xian-zhang, CAI Shu-xuan, HE Ying-qiu, et al. Preservative Deastringency and Preservation of Persimmon[J]. Food Science, 1983, 4(12): 40—43.
- [50] MATSUO T, ITOO S, BEN-ARIE R. A Model Experiment for Elucidating the Mechanism of Astringency Removal in Persimmon Fruit Using Respiratin Inhibitors[J]. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 1991, 60(2): 437—442.