

植物多酚对水果采后腐烂病防治研究进展

卞大伟¹, 张学敏^{1,2}, 刘鑫荣¹, 赵莹^{1,2}, 李宏^{1*}

¹吉林省林业科学研究院, 吉林 长春

²辽宁大学生命科学院, 辽宁 沈阳

Email: 543351917@qq.com, *247389905@qq.com

收稿日期: 2020年8月27日; 录用日期: 2020年9月10日; 发布日期: 2020年9月17日

摘要

水果是人们日常生活中不可缺少的一部分, 含有多种人体必需元素。但由于人为原因或病原微生物的侵染, 导致水果采后腐烂现象普遍存在。生物防治技术以其环保、健康等特点被人们广泛接受。植物多酚类以其抗菌、抗氧化等特点, 已成为防治水果采后腐烂病的一种重要举措, 日益为人们所关注。

关键词

水果采后腐烂病, 生物防治, 植物多酚

Study on the Control of Plant Polyphenols on Fruit Rot after Harvest

Dawei Bian¹, Xuemin Zhang^{1,2}, Xinrong Liu¹, Ying Zhao^{1,2}, Hong Li^{1*}

¹Jilin Provincial Academy of Forestry Science, Changchun Jilin

²School of life Science, Liaoning University, Shenyang Liaoning

Email: 543351917@qq.com, *247389905@qq.com

Received: Aug. 27th, 2020; accepted: Sep. 10th, 2020; published: Sep. 17th, 2020

Abstract

Fruits are an indispensable part of people's daily life and contain many essential elements. However, post-harvest rot of fruits is widespread due to human factors or infection of pathogenic microorganisms. Biological control technology is widely accepted by people because of its environmental protection and health characteristics. Plant polyphenols have the characteristics of antibacterial and anti-oxidation. It has become an important measure to prevent and control fruit rot after harvest, and it has attracted increasing attention.

*通讯作者。

文章引用: 卞大伟, 张学敏, 刘鑫荣, 赵莹, 李宏. 植物多酚对水果采后腐烂病防治研究进展[J]. 农业科学, 2020, 10(9): 718-723. DOI: 10.12677/hjas.2020.109108

Keywords

Postharvest Fruit Rot Disease, Biological Control, Plant Polyphenols

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水果内包含多种水分, 糖类, 矿物质, 累积纤维, 微量, 蛋白质和维生素等成分, 这些都是维持人体健康必不可少的[1]。困扰果农和果商的主要问题之一是果实采摘前、采摘后的腐烂问题, 而造成采后腐烂的主要原因是自然界中的真菌感染, 而这一问题被世界广泛关注。

利用传统的手段, 可采用化学合成杀菌剂来控制这些病原体。随着人们对赖以生存环境的重视以及收入水平的提升, 对于高质量、高品质的生活也越发的注重[2]。因此, 开发环境友好型、健康型、可持续型、低成本型的防治水果采后疾病的新方法正成为趋势。

2. 水果损失类型

在日常生活中, 人为的碰撞或者真菌感染会给水果产业不必要的、巨大的经济损失。在诸多的因素中, 空气中的含氧量、湿度、温度等都是影响水果存储时间长短的重要原因。

2.1. 果实本身的自发性衰老

果实采后时的存储温度、pH、光照强度、空气含水量、氧和二氧化碳的比值等外界非生物因素[3], 均能影响到果实内部抗性酶活性的变化, 呼吸系统产生(ROS)的多少, 从而造成代谢的紊乱。

2.2. 人为的接触碰撞

随着现在交通、物流运输业的发展, 包装采摘后的水果, 进行二次甚至多次的长短途运输。一旦对果实造成表面创伤, 果实自身所含有的水分、糖分及大量元素氮, 磷, 钾, 钙, 镁[4], 会迅速滋生病原真菌, 最终导致果实腐烂变质。

2.3. 病原微生物的侵染性腐烂病害

水果采后的疾病是指细菌和真菌等病原微生物所引起的病理性损失。真菌是水果采后腐烂病的主要致病菌, 如指状青霉菌(*Penicillium digitatum*)可造成柑橘类的绿霉病, 灰葡萄球菌(*Botrytis cinerea*)会导致葡萄、苹果等水果的灰霉病[5]。

3. 水果保鲜及采后防腐

随着果蔬产业的发展和农业技术的进步, 果实的采后储藏技术和病原性微生物防治技术也越加的趋向于多元化, 但大多数都围绕着农业防控、化学合成试剂防治、物理保鲜技术, 生物防治技术以其环保、健康、可持续等特点被人们日益重视。

3.1. 农业防控措施

农业防控措施是指通过优良育种或者改良自身基因, 培育出具有抗病抗虫特性的优质植株。它是使

用最早最普遍的一种方法，具有成本低廉、安全无污染、对自然界中的物种没有杀伤性，可以最大程度保证自然环境中生物链的安全。因地域节气的不同，实施效果不能得到很好掌控，所以该种措施只能起到提早预防的作用，对于已存在的病原性疾病，治疗效果并不明显。

3.2. 化学药物防治

目前对于真菌性疾病的防治，主要还是以化学合成药物来预防和治疗为主。截止目前， Ca^{2+} 处理是一种比较安全、成熟的化学保鲜方法，能够提高果蔬的硬度[6]，另外还可以调节宿主内部的酶活性，通过改变呼吸强度和乙烯的生成，诱导果实抗性的形成[7]。化学合成的杀菌剂，具有操作简便、快捷等特点，但其带来的农药残留问题也非常严重。因此，寻找更加安全型、环保型的果实保鲜剂替代化学合成试剂成为科研人员新的研究热点。

3.3. 物理保鲜技术

物理保鲜技术，主要是通过非生物因素来对采后的水果进行病原微生物的防治措施。可通过控制储藏环境的温度，使其保持在低温的环境，起到抑制病原微生物的目的[8] [9]。还可以通过控制湿度、空气中氧含量及紫外线的照射杀死或者减弱病原微生物的活性[10] [11]。

3.4. 生物防治技术

随着人们对于健康生活，环保理念的重视，开发新的果实环境友好型、健康型的杀菌试剂替代物是目前重要的研究领域。目前，国内外主要生物防治手段，大致分为了以下几种：

1) 利用天然抑菌剂

水杨酸(SA)、醋酸、蜂胶、壳聚糖[12] [13]等物质是自然界中存在的天然抗菌剂，经对不同时期的不同成熟度的果实进行预处理，果实自身抵御病原性真菌感染的能力有所提升，能够有效地避免了自然界中病原微生物感染所造成的腐烂问题。

2) 利用植物提取物

植物中提取的有效次生代谢产物，该物质可通过抑制水果中某些酶的活性和抑制果实表面采后腐烂真菌生物的生长，达到降低果实内部生理代谢反应强度[14]。研究发现黄皮果核的甲醇提取物可在一定程度上降低芒果炭疽病的发生[15]，黄芩中的丙酮提取物能够降低番茄和小麦的霉菌病害的发生[16]。因此寻找和开发新的植物提取物来抑制水果采后疾病的发生，是一条更加安全有效的途径。

3) 利用拮抗微生物

目前最具前景和开发价值的预防和治疗方法之一是采用较强抗逆性的拮抗菌来竞争性的去抑制有害病原微生物。其机理是通过释放次级代谢产物，如抗生素、溶菌素等具有杀菌抑菌活性的物质来限制病原性真菌的发生，或者拮抗菌本身在短时间内大量的生长繁殖，争夺病原性真菌的营养成分来限制有害微生物的生长。Sansone 从苹果果实表面分离出的酵母拮抗菌，发现该酵母能够有效地抑制由灰色葡萄球菌所引发的灰霉病[17]。

4) 利用转基因技术

植株通过插入外源基因序列，使原有植株具有抗性的能力，从而抵御疾病的发生。张智俊等将 ACC 脱氨酶基因片段转入到哈密瓜中，其保鲜时间被大大延长[18]。

4. 植物多酚概述

植物多酚是一种广泛存在于自然界中的杂环化合物，是植物的次级代谢的总称，因其拥有超强的抗氧化、抗病毒、抗炎、抗菌等多种生物学活性而得到广泛的关注。

4.1. 植物多酚类别

植物多酚主要包括：酚酸类、木脂素类、芪类、姜黄素、黄酮类化合物[19] [20] [21] [22]。酚酸类成分广泛存在于植物中，具有抗菌、抗炎和抗氧化等多种药理活性[23]。咖啡酸、丹参素等小分子酚酸类成分存在自氧化作用，一般光照、加热或自由基引发剂等可引发自由基的产生[24]。木脂素是植物雌激素的重要类别，广泛分布于高等植物界，其药理活性主要包括抗肿瘤、抗病毒、抗菌、抗氧化、抗炎、保肝、血小板活化因子拮抗活性和中枢神经系统保护作用等[25] [26]。芪氏物质既有抑菌作用，又有助于人体健康[27]。姜黄素不仅是天然的食品添加剂、着色剂和防腐剂，同时也具有抗肿瘤、抗炎、抗氧化、保护神经等药理学作用，因此备受科研和医药人员等的关注[28]。黄酮类化合物属植物次生代谢产物[29]，芦丁、异槲皮苷、紫云英苷是桑叶黄酮类物质的代表，具有降血压，抗氧化等药理活性，临床上用于高血压病及糖尿病的辅助治疗[30]。

4.2. 植物多酚抗氧化与抗菌机理

植物多酚大多数都具有安全、无毒、绿色的生物学特性，现已被应用到各个领域。其抗氧化、抗菌活性对于食品行业更是必不可少的，可以替代传统化学合成的食品防腐剂，延长商品的货架期。

4.2.1. 抗氧化机理

植物多酚的抗氧化功能来自于分子中的活性酚羟基，它可以通过释放 H^+ 来破坏细胞内部的氧化反应链，从而终止体内的氧化还原反应。另一方面，植物多酚能够快速的捕捉机体内部所产生的自由基，具有超强的还原力[31]。

4.2.2. 抗菌机理

自然界中多酚的种类繁多，结构复杂，多酚类型和结构也不尽相同，迄今为止，还没有能够涵盖所有抗菌机理的理论。

5. 植物多酚的应用

多酚类物质的功能和应用的研究已成为国内外研究热点。目前的多酚类物质多用于治疗动物及人体疾病如癌症，其大部分抗癌活性是通过调节肿瘤细胞的有丝分裂以及调节癌症的发生，发展和转移来实现的。Gatto 等研究表明，从植物中提取的马鞭草苷、槲皮素等多酚类物质可以作用于灰霉菌，控制甜樱桃采后腐烂疾病问题，降低了灰霉病发病率[32]。单宁酸可以抑制链格孢菌的生长，大大降低黑斑病的发生。同样，Santos 等研究发现用玉米醇蛋白和单宁酸交联以后对番石榴进行涂抹，可降低番石榴的代谢和 ROS 的产生，增强了番石榴的稳定性[33]。除此之外，黄酮类多酚能够减缓苹果失水的速度和褐变程度，延长苹果的保鲜时间[34]。综上所述，植物多酚类在水果防腐方面已做出了卓越贡献。

6. 研究展望

物理抑菌应用广泛，得益于其简单易行。虽然化学物质抑菌效果较天然提取物显著，但其副作用大，应用受到限制；而天然提取物安全无毒，抗菌活性强等特点，已成为取代化学合成剂的必然趋势，尤其是植物多酚的天然性和抑菌的广谱性，越来越多的学者致力于植物多酚抑菌的研究，并取得了一定的进展。但植物提取物如多酚类往往抑菌种类单一且使用量大，因此，合理开发复合型抑菌物质，不仅增强抑菌效果，还能满足食品、药品、化妆品等的防腐效果要求。此外，植物多酚对食品安全性、感官品质的影响，对人体健康的影响，也是我们应该考虑的一大问题。其安全性的使用和对水果感官品质的影响，值得我们进一步深入探究。

基金项目

吉林省科技厅技术攻关项目(20190301043NY); 2020 年吉林省创新创业人才资助项目(2020036); 林业科技创新平台运行补助项目(2020132032)。

参考文献

- [1] 靖丽, 周志钦. 论果品营养学[J]. 果树学报, 2011, 28(1): 114-123.
- [2] Prosapio, V. and Norton, I. (2017) Influence of Osmotic Dehydration Pre-Treatment on oven Drying and Freeze Drying Performance. *LWT—Food Science and Technology*, **80**, 401-408. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.012>
- [3] 赵立波, 胡增娟. 番茄常见的两种生理性病害[J]. 农业开发与装备, 2013(9): 114+99.
- [4] 聂继云. 苹果的营养与功能[J]. 保鲜与加工, 2013, 13(6): 56-59.
- [5] 韩青梅, 赵华, 成玉林, 姚娟妮, 黄丽丽, 康振生. 指状青霉 *Penicillium digitatum* 侵染柑橘果实的细胞学研究[J]. 菌物学报, 2013, 32(6): 967-977.
- [6] Chardonnet, C.O., Charron, C.S., Sams, C.E. and Conway, W.S. (2003) Chemical Changes in the Cortical Tissue and Cell Walls of Calcium-Infiltrated “Golden Delicious” Apples during Storage. *Postharvest Biology and Technology*, **28**, 97-111. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00139-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00139-4)
- [7] David, L., Raoul, R. and Alain, P. (2006) Calcium in Plant Defence-Signalling Pathways. *The New Phytologist*, **171**, 249-269. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01777.x>
- [8] 朱恩俊, 吕明珠, 曹德明, 李广玉. 不同贮藏条件对红提葡萄保鲜效果及部分品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(6): 2317-2322.
- [9] Allais, I. and Létang, G. (2009) Influence of Mist-Chilling on Post-Harvest Quality of Fresh Strawberries Cv. Mara des Bois and Gariguette. *International Journal of Refrigeration*, **32**, 1495-1504. <https://doi.org/10.1016/j.jirefrig.2009.01.002>
- [10] Guo, D.Q., Zhu, L.X. and Hou, X.J. (2015) Combination of UV-C Treatment and *Metschnikowia pulcherrimas* for Controlling *Alternaria* Rot in Postharvest Winter Jujube Fruit. *Journal of Food Science*, **80**, M137-M141. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12724>
- [11] 郑先波, 李晓东, 吴本宏, 王利军, 李绍华. UV-C 辐射对盆栽葡萄北丰叶片和邻近果穗果实白藜芦醇及其糖苷质量分数的影响[J]. 果树学报, 2009, 26(4): 461-465.
- [12] 方海峰, 薛伟. 常温下壳聚糖涂膜对蓝莓保鲜效果的研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(16): 5243-5245.
- [13] Chien, P.-J., Sheu, F. and Lin, H.-R. (2007) Quality Assessment of Low Molecular Weight Chitosan Coating on Sliced Red Pitayas. *Journal of Food Engineering*, **79**, 736-740. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.02.047>
- [14] 王林, 胡云, 胡秋辉. 食品的微生物保鲜技术[J]. 食品科学, 2005, 26(2): 242-244.
- [15] 刘艳霞, 巩自勇, 万树青. 黄皮酰胺类生物碱的提取及对 7 种水果病原真菌的抑菌活性[J]. 植物保护, 2009, 35(5): 53-56.
- [16] 朱立成, 王祥胜, 刘文, 张明浪, 刘信忠. 牡丹皮等 16 种中草药提取物抑制植物病原菌的研究[J]. 植物保护, 2007(03): 83-86.
- [17] Sansone, G., Rezza, I., Calvente, V., Benuzzi, D. and De Tosetti, M.I.S. (2004) Control of *Botrytis cinerea* Strains Resistant to Iprodione in Apple with Rhodotorulic Acid and Yeasts. *Postharvest Biology and Technology*, **35**, 245-251. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.09.005>
- [18] 张智俊, 罗淑萍, 廖康, 赵长生. 哈密瓜转 ACC 脱氨酶基因再生植株的获得[J]. 上海农业学报, 2002, 18(2): 10-14.
- [19] 张伟, 胡永杰, 武海英, 李行舟. 改善认知功能的植物多酚研究进展[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化, 2014, 16(11): 2454-2459.
- [20] Herrmann, K. and Nagel, C.W. (2009) Occurrence and Content of Hydroxycinnamic and Hydroxybenzoic Acid Compounds in Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **28**, 315-347. <https://doi.org/10.1080/10408398909527504>
- [21] 程建蕊, 王振月, 胡凤, 周晓慧, 赵海鹏. 白藜芦醇在植物中的分布及其生物活性研究进展[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2007, 9(5): 91-96.
- [22] 邬随焕, 王云山. 姜黄素研究进展[J]. 数理医药学杂志, 2013, 26(3): 359-360.

- [23] 王梦梦, 吉兰芳, 崔树娜. 丹参功效的物质基础研究进展[J]. 中医学报, 2019, 4(5): 944-949.
- [24] 伯斯坦·艾达尔, 李佳佳. 有机化学反应类型总结[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版), 2017, 36(4): 55-63.
- [25] 谢旭东, 穆淑珍, 沈晓华, 王道平, 杨付梅, 邓璐璐. 北五味子总木脂素的 GC-MS 分析及其生物活性[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(2): 33-37.
- [26] 胡竟一, 白筱璐, 雷玲, 余悦, 刘云华, 王李晋, 李东晓, 易进海, 张毅. 南五味子总木脂素的催眠作用及对脑单胺类神经递质的影响[J]. 中药药理与临床, 2016, 32(2): 110-113.
- [27] 李瑞民. 多组学分析中国野生毛葡萄芪类物质代谢调控机制[D]: [博士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2019.
- [28] 代德财, 闫浩, 徐雪峰. 姜黄素的提取工艺及其生物活性的研究[J]. 中国调味品, 2020, 45(8): 159-161+171.
- [29] 龙晓琴, 唐杰, 赵景芳, 曾凡坤. 红油椿老叶中黄酮的酶法 - 超声波提取及 HPLC 测定[J]. 食品科学, 2017, 38(22): 256-262.
- [30] Wu, C.-H., Chen, S.-C., Ou, T.-T., Chyau, C.-C., Chang, Y.-C. and Wang, C.-J. (2013) Mulberry Leaf Polyphenol Extracts Reduced Hepatic Lipid Accumulation Involving Regulation of Adenosine Monophosphate Activated Protein Kinase and Lipogenic Enzymes. *Journal of Functional Foods*, **5**, 1620-1632. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.07.004>
- [31] 符莎露, 吴甜甜, 吴春华, 胡亚芹, 杨志坚. 植物多酚的抗氧化和抗菌机理及其在食品中的应用[J]. 食品工业, 2016, 37(6): 242-246.
- [32] Gatto, M.A., Sergio, L., Ippolito, A. and Venere, D.D. (2016) Phenolic Extracts from Wild Edible Plants to Control Postharvest Diseases of Sweet Cherry Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, **120**, 180-187. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.06.010>
- [33] Talita M. Santos, Souza Filho, M.D.S.M., De O. Silva, E., Da Silveira, M.R.S., De Miranda, M.R.A., Lopes, M.M.A. and Azeredo, H.M.C. (2018) Enhancing Storage Stability of Guava with Tannic Acid-Crosslinked Zein Coatings. *Food Chemistry*, **257**, 252-258. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.021>
- [34] Perez-Vizcaino, F. and Fraga, C.G. (2018) Research Trends in Flavonoids and Health. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **646**, 107-112. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2018.03.022>