

农产品贮藏加工

鲜切南瓜保鲜技术研究进展

袁宁, 王怡, 王佳宇, 胡文忠

(大连民族大学 生命科学学院, 辽宁 大连 116600)

摘要: **目的** 介绍鲜切南瓜保鲜技术的研究进展, 为进一步研究有效保持鲜切南瓜品质的方法提供理论基础和技术参考。**方法** 综述目前国内外鲜切南瓜的物理(如低温、气调包装、热处理、高静压、臭氧)、化学(如壳聚糖涂膜、茉莉酸甲酯、外源乙烯等)和生物(如枯草芽孢杆菌)保鲜技术的研究进展。**结果** 鲜切南瓜的物理保鲜技术具有成本低、处理条件易控制及对结构和营养风味影响较小等优点, 是较为常用的保鲜技术; 化学保鲜技术具有良好的保鲜效果, 但存在化学试剂残留、易改变果蔬风味等问题; 生物保鲜技术具有安全、无毒、高效等特点, 但目前关于生物保鲜技术对于鲜切南瓜的应用范围较窄, 技术不够成熟。**结论** 今后可将生物保鲜技术作为鲜切南瓜保鲜的研究重点, 同时与物理保鲜技术、化学保鲜技术配合处理, 达到相互协同效应, 从而更好地维持鲜切南瓜贮藏期间的品质。

关键词: 鲜切南瓜; 物理保鲜; 化学保鲜; 生物保鲜

中图分类号: TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)19-0143-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.19.016

Research Progress on Preservation Technology of Fresh-cut Pumpkin

YUAN Ning, WANG Yi, WANG Jia-yu, HU Wen-zhong

(College of Life Science, Dalian Minzu University, Liaoning Dalian 116600, China)

ABSTRACT: The work aims to introduce the research progress of fresh-cut pumpkin preservation technology, so as to provide a theoretical basis and technical reference for further research on the methods to effectively maintain the quality of fresh-cut pumpkin. The current research progress on the physical (low temperature, modified atmosphere packaging, heat treatment, high hydrostatic pressure, ozone), chemical (chitosan coating film, methyl jasmonate, exogenous ethylene, etc.), and biological (*Bacillus subtilis*) preservation techniques of fresh-cut pumpkins in domestic and foreign literature were reviewed. The physical preservation technology of fresh-cut pumpkin had the advantages of low cost, easy control of treatment conditions and little effect on structure and nutritional flavor, which was the most commonly used preservation technology. The chemical preservation technology had good preservation effect, but there were some problems such as chemical reagent residue and easy to change the flavor of fruits and vegetables. The biological preservation technology had the characteristics of safety, non-toxicity and high efficiency, but the application scope of biological preservation technology was narrow and the technology was not mature enough. In the future, biological preservation can be taken as the research focus of fresh-cut pumpkin preservation technology. At the same time, it can be treated with physical preservation technology and chemical preservation technology to achieve mutual synergistic effect and better maintain the quality of fresh-cut pumpkin during storage.

KEY WORDS: fresh-cut pumpkin; physical preservation; chemical preservation; biological preservation

收稿日期: 2022-01-10

基金项目: 国家自然科学基金(31471923, 31340038, 31172009)

作者简介: 袁宁(1998—), 女, 硕士生, 主攻食品科学与工程。

通信作者: 胡文忠(1959—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为食品科学。

南瓜 (*Cucurbita* spp. L.) 也称北瓜、金瓜、番瓜等^[1], 其口感软糯香甜, 含有南瓜多糖、氨基酸、无机盐、微量元素、维生素等营养物质, 其中胡萝卜素的含量可达到西瓜的 8~20 倍, 维生素 A 的含量与番茄相当。同时, 南瓜还是一种药食同源的蔬菜, 具有高钙、高锌、高铁、低钠、低脂等特点, 以及降血糖、降血脂、防治癌症、抗氧化等保健功效, 特别适合老年人和高血压患者食用, 因此受到了广大消费者的青睐^[2]。由于南瓜的体积较大, 不方便携带且处理步骤烦琐, 因此未食用完的南瓜容易腐烂, 会造成浪费。鲜切南瓜可以满足消费者的即食需求, 易于携带, 并且保证了南瓜的新鲜度和营养价值, 满足消费者追求健康、营养、快节奏生活等方面的需求。

鲜切南瓜指将新鲜南瓜经过分级、清洗、修整、去皮、切分、包装等加工程序制成的即用食品。由于南瓜在加工过程中特别容易引发颜色褪黄白化、微生物感染、营养成分快速流失等一系列品质变化, 导致其腐烂, 因此寻求能够维持鲜切南瓜的品质、延长货架期的保鲜技术成为鲜切南瓜加工技术的关键。文中重点综述目前国内外鲜切南瓜的物理、化学和生物保鲜技术等方面的研究进展, 以期为进一步研发有效保持鲜切南瓜品质的方法提供理论基础和技术参考。

1 物理保鲜技术

1.1 低温保鲜技术

温度是影响果蔬品质的重要因素, 低温不仅能减缓鲜切南瓜的呼吸强度、降低酶活性、减缓营养成分的流失速度等, 而且有利于抑制微生物的生长繁殖, 低温保鲜技术是果蔬中最常见的保鲜方法^[3]。樊会芬等^[4]比较了 5℃和 10℃贮藏温度对鲜切南瓜品质的影响, 结果表明, 相较于 10℃温度环境, 5℃温度环境能更有效地抑制多酚氧化酶 (PPO)、过氧化物酶 (POD) 等褐变相关酶的酶活性, 减少褐变底物酚类物质的积累, 有效降低褐变速率, 延缓切面白化的发生。同时, 5℃的贮藏条件更有利于减少鲜切南瓜的乙烯释放量, 减缓水分的流失, 进而降低其质量损失率, 更好地保证其在贮藏期间的品质。另外, 还有学者也得出了这一结论, 并发现在 4℃下比在 8℃下能更好地维持鲜切南瓜的维生素 C 和类胡萝卜素含量, 保证了其良好的营养品质^[5]。

1.2 气调包装保鲜技术

气调包装技术 (Modified Atmosphere Packaging, MAP) 利用果蔬的呼吸作用和包装透气性之间的气体交换, 形成一个稳定的低浓度氧气、高浓度二氧化碳的气体环境, 这可有效抑制鲜切南瓜的呼吸强度、微生物生长, 从而达到延缓衰老、减少营养损失等目的^[6-8]。贯云娜等^[9]分别用气调保鲜袋和聚乙烯

(PE) 保鲜袋包装鲜切南瓜, 在 4℃条件下贮藏至 12 d 时发现, 气调保鲜袋的袋内外气体交换和南瓜的呼吸作用能够形成一个较适宜的气调环境, 其保鲜效果更好, 可有效增加过氧化氢酶 (CAT) 和 POD 酶的活性, 抑制丙二醛 (MDA) 的积累, 消除自由基对机体的损害, 防止膜脂过氧化反应, 进而延缓鲜切南瓜的衰老进程。同时, 气调保鲜袋处理组的维生素 C、可溶性蛋白质、多糖和类胡萝卜素等含量分别是未包装组的 2.1、1.5、1.6、1.1 倍, 有效维持了鲜切南瓜的营养品质, 还可降低其质量损失率、乙烯释放速率和硬度, 减少水分的散失, 维持鲜切南瓜的鲜度。Nicola 等^[5]研究发现, 具有较高氧气渗透率 ($19\,900\text{ cm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d}\cdot\text{MPa})$) 的薄膜对鲜切南瓜的保鲜效果更佳。随着保鲜膜氧气渗透率的增加, 鲜切南瓜的质量损失率逐渐降低。在贮藏 8 d 时, 高氧气渗透率薄膜包装片状南瓜处理组表现出更高含量的叶绿素 b、维生素 C、类胡萝卜素, 以及更强的抗氧化能力, 而在包装块状南瓜处理组中发现以上物质含量减少、抗氧化能力下降。同时发现, 低氧气渗透率薄膜对块状南瓜的品质保持更有效, 因此在保鲜应用中需根据南瓜切割形状来确定包装保鲜膜的氧气渗透率。还有学者研究发现, 采用聚氯乙烯 (PVC) 薄膜包装鲜切南瓜, 不仅可有效保持其维生素 C 和可溶性固形物等含量, 维持其营养品质, 还可使其总酸度增加、pH 值下降, 有效地维持了鲜切南瓜的贮藏品质^[10]。

1.3 热处理保鲜技术

热处理方法不仅常应用于采后果蔬, 以提高其贮藏抗性, 而且在鲜切果蔬保鲜方面也逐渐得到应用。有研究表明, 鲜切果蔬经过适当的热处理后, 会通过激活机体信号通路来应对环境温度的变化, 进而增强机体的抗氧化酶稳态转录水平, 促进活性氧 (ROS) 的清除, 减少切割部位次生代谢物质的产生, 避免氧化反应的发生, 并且在热处理结束后, 果蔬在进入冷胁迫环境时仍处于高度防御氧化损伤的状态^[11-14], 进而有效地保持了鲜切果蔬的品质。茅林春等^[15]研究发现, 经过 55℃热处理后的鲜切南瓜表现出更好的品质, 有效降低了 1-氨基环丙烷-1-羧酸氧化酶 (ACO) 的活性, 减少了 1-氨基环丙烷-1-羧酸 (ACC) 生成乙烯的量, 进而推迟了乙烯的释放时间, 延迟了鲜切南瓜的衰老进程。热处理还可提高鲜切南瓜黄色素的稳定性, 减少氧化分解, 从而延缓切面的褪黄白化, 有效地保持了鲜切南瓜在贮藏期间的品质。

1.4 高静压保鲜技术

高静压 (High Hydrostatic Pressure, HHP) 技术又称高压加工 (High Pressure Processing, HPP) 技术、超高压 (Ultra-high Pressure, UHP) 技术, 是将果蔬放入密闭容器中, 在一定的温度条件下, 以水或油作为传压介质, 进行 100~1 000 MPa 加压处理的非热处

理加工技术,可有效抑制微生物的生长繁殖,抑制酶促褐变的发生,并对食物的色泽、质地、风味和营养成分的影响较小,可以延长果蔬的货架期^[16-18]。周春丽等^[19]发现,经 450 MPa 高静压处理后,鲜切南瓜中的细菌总数仅为 16 个/g,霉菌和酵母菌的数量几乎为零,低于商业无菌要求。在加压至 550 MPa 后,在鲜切南瓜中均未检测到细菌、霉菌和酵母菌,说明高静压处理有明显杀灭微生物的作用,保证了鲜切南瓜的安全性。此外,鲜切南瓜经高静压处理后,较好地保持了其 pH 值、可溶性固形物和汁水含量等,但会出现褪黄白化、硬度下降、维生素 C 含量降低等现象,因此在保留品质和微生物安全性的前提下,选择较低压力的高静压处理方式,可较好地保持鲜切南瓜的品质。此外,还有学者发现,经过 HHP 处理后样品具有较高的维生素 C 含量、总酚含量和抗氧化剂活性,且在 60 d 贮藏期内都有较好的微生物安全性,并保证了较高的营养价值^[20]。

1.5 臭氧保鲜技术

臭氧是一种具有杀菌作用的强氧化剂,能够抑制鲜切果蔬中微生物的生长繁殖,保持果蔬的感官和营养品质,有效延缓果蔬的衰老进程。采用臭氧处理果蔬后,臭氧可在空气中自然分解为氧,具有无残留的优点^[21-23]。富新华^[24]研究发现,鲜切南瓜经臭氧水(质量浓度分别为 2.0、4.0 mg/L)处理后,其细菌和霉菌总数、酵母菌总数在贮藏 8 d 时显著降低,分别下降了 2~3 个数量级和 1 个数量级,其大肠菌群总数在储藏期间一直保持在食用标准内,维持了较高的安全性。同时,采用臭氧水处理可抑制鲜切南瓜切口的褪黄白化,延缓其硬度的下降,使鲜切南瓜在贮藏期内具有良好的品质。

2 化学保鲜技术

2.1 壳聚糖涂膜保鲜技术

壳聚糖涂膜具有成膜性好、抑菌能力强等优点,可使鲜切果蔬处于高 CO₂、低 O₂ 的微气调环境中,有利于控制果蔬与外界的气体交换,减少水分散失和营养物质的消耗,同时还可减缓呼吸强度,有效延缓鲜切南瓜的衰老进程^[25-27]。张丹丹等^[28]采用质量分数分别为 0.5%、1.0%、1.5% 的壳聚糖涂膜液浸泡鲜切南瓜,结果表明,质量分数为 1.0% 的壳聚糖涂膜液的效果相对最佳,可有效增强苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性,增加总酚含量,进而提高鲜切南瓜的抗氧化能力。同时,采用壳聚糖涂膜处理还可延缓鲜切南瓜的硬度下降和乙烯释放量增加的进程,维持多糖和类胡萝卜素等含量,保持鲜切南瓜的质地和营养品质。此外,学者还研究了壳聚糖与海藻酸钠、丁香油复合涂膜的保鲜技术^[29],结果表明,该方法能有效延缓鲜切南瓜果实的硬度、弹性

和咀嚼性的下降,抑制乙烯释放量的增加,延缓鲜切南瓜的衰老。采用复合涂膜还可抑制 MDA 含量的积累,减少膜脂过氧化物的发生,从而保持鲜切南瓜的品质。这可能是因将海洋性多糖壳聚糖、海藻酸钠覆盖在南瓜表面,形成了高 CO₂、低 O₂ 的微气调环境,且丁香油抑制了微生物的生长繁殖,从而保持了鲜切南瓜贮藏期的品质。

2.2 茉莉酸甲酯保鲜技术

茉莉酸甲酯(Methyl Jasmonate, MeJA)是大量存在于植物体内的一种生长调节物质,具有调节果蔬次生代谢、增强抗氧化能力、抑制病原微生物生长繁殖、促进对非生物的胁迫抗性等功能,因此近年来已被广泛应用于果蔬保鲜方面^[30-32]。穆师洋等^[33]使用浓度为 10 μmol/L 的 MeJA 处理鲜切南瓜,结果表明,MeJA 有利于减缓鲜切南瓜的褪黄白化,能够降低其质量损失率。同时,在贮藏后期 MeJA 处理还可使 CAT 活性增强,MDA 和过氧化氢(H₂O₂)的含量减少,减缓膜脂过氧化,有效清除体内因切割伤害产生的活性氧,使鲜切南瓜在贮藏期间保持着较好的品质。

2.3 乙烯保鲜技术

乙烯是一种气体植物激素,它可通过产生信号分子刺激植物生长通路和调控植物 RNA 的生物合成来促进叶绿素的降解、组织软化、形成风味物质等,具有加快果蔬成熟、提高果实品质的作用。外源乙烯与乙烯的功能大致相同,被广泛应用于果蔬采后催熟和保鲜方面。乙烯利是外源乙烯种类中最常用的产品^[34-36]。穆师洋等^[34]研究发现,在 4 °C 贮藏条件下,使用 10 μmol/L 乙烯利处理鲜切南瓜后,可有效减缓其 CAT、超氧化物歧化酶(SOD)和抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性的下降,有利于减少 H₂O₂ 含量的积累,使 MDA 含量下降,减缓膜脂过氧化,对氧化损伤起到防御作用。此外,外源乙烯利还可有效抑制 PPO 和 POD 的活性,减少鲜切南瓜褪黄白化的发生,降低其质量损失率,从而达到延长鲜切南瓜贮藏保鲜期的目的。在催熟果蔬中应用外源乙烯时,采用喷洒或浸泡乙烯利的方法容易使其残留在果蔬表面,对人体存在安全隐患。近年来较为热门的乙烯气体释放熏蒸装置能够精准控制乙烯气体含量、CO₂ 气体含量、温度、湿度等参数,具有较好的食用安全性,因此更科学地进行果蔬催熟是未来值得广泛研究的方向^[36]。

2.4 其他化学保鲜技术

除上述提到的保鲜技术外,目前已有的鲜切南瓜化学保鲜技术还有 1-甲基环丙烯(1-MCP)、钙浸渍、水杨酸(SA)、硫化氢(H₂S)等。

1-MCP 是一种无毒、无污染的乙烯受体抑制剂,可与果蔬中的乙烯受体发生不可逆转的结合,阻碍乙烯

与受体结合,抑制由乙烯导致的机体成熟衰老生理生化反应^[36-37]。钙作为分子间结合剂,有助于维持果蔬机体细胞膜的稳定性,保持果蔬的感官品质,增强其抗氧化性,抑制微生物生长繁殖,延缓其衰老^[38-40]。Amodio 等^[41]使用质量分数为 0.000 05%的 1-MCP 处理鲜切南瓜,结果表明,该方法可降低鲜切南瓜在贮藏期间的呼吸速率,还可有效延缓其硬度的下降和褪黄白化的发生。使用质量分数为 2.5%的乳酸钙浸渍处理鲜切南瓜,结果表明,该方法在贮藏期 7~10 d 内可有效抑制鲜切南瓜硬度的下降和褪黄白化的发生。

SA 是广泛存在于果蔬中的酚类物质,作为重要的信号分子可应答外界的伤害,使果蔬机体产生抗病性、抗逆性,并保持较好的感官品质^[42]。H₂S 对维持果蔬的色泽、硬度、风味具有积极作用,通常采用硫化钠(NaHS)作为外源 H₂S 的供体处理果蔬^[43]。姜丹等^[44-45]使用 0.5 mmol/L 的 SA 处理鲜切南瓜,可有效抑制其褪黄白化现象的发生、硬度的下降和质量损失率的升高,同时提高 CAT 的活性,减少 H₂O₂ 含量的积累,增强其抗氧化能力,有效抑制机体受到的氧化损伤。此外,学者还使用 0.5 mmol/L 的 NaHS 处理鲜切南瓜,与对照组相比,可有效降低超氧阴离子的产生速率,提高抗氧化相关酶 SOD、APX、谷胱甘肽还原酶(GR)的活性,增强其抗氧化性。同时,还可提高鲜切南瓜中苯丙烷代谢的关键酶 PAL 的活性,从而进一步调控酚类物质的合成,提高其抗氧化能力,延长其贮藏期。

3 生物保鲜技术

生物保鲜技术指利用微生物菌体或其代谢产物、天然提取物中的抗菌物质、基因过程控制保鲜相关物质的合成进行果蔬保鲜,具有成本低、贮藏条件易控

制、绿色无污染等优点,是未来保鲜技术研究的主要趋势^[46-48]。

枯草芽孢杆菌是一种安全无毒、抗逆性强、代谢产物丰富的微生物,其菌体在生长过程中分泌的表面活性素、多黏菌素、短杆菌肽等活性物质对多种细菌具有明显的抑制作用。目前,枯草芽孢杆菌已在生物防治、医药卫生、食品保鲜等方面广泛应用,应用前景较好^[49-51]。乔惠田^[52]研究了枯草芽孢杆菌培养物的上清液(BC)和其上清液过滤后得到的低分子量滤液(LC,分子质量<1 000 u)对鲜切南瓜生理指标和抑菌效果的影响,发现枯草芽孢杆菌的肽类物质可有效抑制鲜切南瓜的呼吸作用和水分流失,减缓因色素类物质脱水和氧化分解导致的切面褪黄白化,同时还可延缓 TSS 含量、质量损失率的下降,抑制果胶酶(PE)和半乳糖醛酸酶(PG)活性的下降,避免其影响机体的软化程度,造成硬度的下降。同时,肽类物质还可降低细胞膜的损伤程度,延缓南瓜相对电导率的升高和 MDA 的积累,有效抑制 POD、PPO 活性,减少酶促褐变,进而延缓机体的衰老进程,保持鲜切南瓜在贮藏期间的感官品质和生理生化指标,提高其商业价值。相较于 BC 溶液,LC 溶液对保持鲜切南瓜的品质更加有效。此外,LC 溶液还可抑制鲜切南瓜表面产黄青霉菌和辣椒疫霉菌的生长,使 2 种菌的抑菌区直径均达到 0.01~0.015 m,这主要因为 LC 溶液可以降低 β -1,3-葡聚糖(GS)合成酶的活性(GS 是合成霉菌细胞壁 β -1,3-葡聚糖的关键酶),可将其降到 10 U/g 以下。综上所述,枯草芽孢杆菌分泌的低分子肽可有效抑制鲜切南瓜致腐微生物的生长,保持鲜切南瓜在贮藏期间的食用安全性。

关于鲜切南瓜目前所有保鲜技术的简要归类阐述见表 1。

表 1 鲜切南瓜的保鲜技术
Tab.1 Preservation technology of fresh-cut pumpkin

保鲜技术	保鲜方法	保鲜效果	参考文献
物理保鲜技术	低温	在 5、10 °C 环境下贮藏鲜切南瓜	[4]
		使用气调保鲜袋和 PE 保鲜袋分别包装鲜切南瓜,在 4 °C 条件下贮藏	[9]
	MAP	使用不同氧气渗透率(19 900、7 500、5 600 cm ³ /(m ² ·d·MPa))薄膜包装鲜切南瓜	[5]
		采用聚苯乙烯托盘包装南瓜块,托盘上覆盖聚氯乙稀薄膜或真空高密度聚乙稀袋	[10]

续表

保鲜技术	保鲜方法	保鲜效果	参考文献
热处理	在 35、45、55 °C 下处理鲜切南瓜	采用 55 °C 热处理能更有效地推迟鲜切南瓜的乙烯释放时间, 延缓切面的褪黄白化	[15]
高静压	将南瓜片装入聚乙烯塑料袋后, 分别在 150、250、350、450、550 MPa, 20 °C 条件下超高压处理 10 min	较高压力的高静压处理对鲜切南瓜有明显杀灭微生物的作用, 且能较好地保持其 pH 值、可溶性固形物和汁水含量等	[19]
臭氧	采用质量浓度分别为 1.0、2.0、4.0 mg/L 的臭氧水处理鲜切南瓜	采用 2.0、4.0 mg/L 臭氧水处理能使鲜切南瓜的安全性更高, 且抑制了其切口的褪黄白化, 延缓了硬度的下降	[24]
化学保鲜技术	壳聚糖涂膜	使用质量分数分别为 0.5%、1.0%、1.5% 的壳聚糖涂膜液对鲜切南瓜进行浸泡	[28]
		用 3 种不同保鲜膜 (壳聚糖+海藻酸钠复合保鲜膜, 壳聚糖+海藻酸钠+丁香油复合保鲜膜, 低密度聚乙烯保鲜膜) 密封南瓜块	[29]
	茉莉酸甲酯	将南瓜块用浓度为 10 μmol/L 茉莉酸甲酯溶液浸泡 10 min, 并置于 4 °C 下贮藏	[33]
	乙烯	将南瓜块用 10 μL/L 的乙烯利溶液浸泡 10 min, 并置于 4 °C 下贮藏	[34]
	1-MCP、钙浸渍	分别使用质量分数为 0.000 05% 1-MCP、2.5% 的乳酸钙浸渍处理鲜切南瓜	[41]
	SA、H ₂ S	在 10 L 密闭容器用 1 L 0.5 mmol/L 的 NaHS 水溶液释放的 H ₂ S 熏蒸处理鲜切南瓜 24 h; 用 0.5 mmol/L SA 浸泡鲜切南瓜 5 min	[44-45]
生物保鲜技术	枯草芽孢杆菌	将枯草芽孢杆菌培养物的 BC 和通过超滤膜过滤 BC 得到的 LC (分子质量<1 000 u) 均匀涂抹于鲜切南瓜表面	[52]

4 结语

鲜切南瓜具有方便、新鲜、营养、安全等优点, 广受消费者的欢迎。由于鲜切南瓜经过鲜切处理后, 容易出现颜色褪黄白化、营养成分快速流失、微生物侵染等问题, 使其外观品质、口感风味下降, 货架期缩短。目前, 国内外有关鲜切南瓜的保鲜技术主要包括低温保鲜、气调包装、热处理、高静压、臭氧等物理保鲜技术, 壳聚糖涂膜、茉莉酸甲酯、外源乙烯等

化学保鲜技术, 枯草芽孢杆菌低分子肽等生物保鲜技术。物理保鲜技术具有成本较低、处理条件容易控制、对结构和营养风味影响较小等优点, 是鲜切南瓜中最为常用的保鲜技术。化学保鲜技术具有良好的保鲜效果, 但存在化学试剂残留、易改变果蔬风味等问题, 因而限制了其在鲜切南瓜保鲜方面的应用。生物保鲜技术具有安全、无毒、高效等特点, 是国内外学者的研究重点, 目前关于生物保鲜技术对鲜切南瓜的应用范围较窄、技术不够成熟, 今后可将生物保鲜技术作

为鲜切南瓜保鲜的研究重点,同时将其与物理保鲜技术、化学保鲜技术配合处理,达到相互协同效应,使其更好地维持鲜切南瓜在贮藏期间的品质。

在关于鲜切南瓜保鲜技术的报道中,对蛋白质水平、基因表达水平等方面的保鲜调控机理研究较少,缺乏对鲜切南瓜致腐菌抑菌方面的研究。后续研究可进一步完善保鲜、抑菌的机理,为进一步研发保持鲜切南瓜贮藏期间品质的方法提供理论基础,以此来提高鲜切南瓜产业的经济效益。

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第42卷 第1分册)[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 262.
Flora of China Editorial Committee of Chinese Academy of Sciences. The Flora of China (Fascicule I, Vol.42)[M]. Beijing: Science Press, 1993: 262.
- [2] 黄黎慧, 黄群, 于美娟. 南瓜的营养保健价值及产品开发[J]. 现代食品科技, 2005, 21(3): 176-179.
HUANG Li-hui, HUANG Qun, YU Mei-juan. The Nutritive-Health Value and Development of Pumpkin[J]. Modern Food Science and Technology, 2005, 21(3): 176-179.
- [3] 纪懿芳, 胡文忠, 姜爱丽. 应用于鲜切果蔬中的保鲜技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(7): 2403-2408.
JI Yi-fang, HU Wen-zhong, JIANG Ai-li. Application of Preservation Technologies in Fresh-Cut Fruits and Vegetables[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2015, 6(7): 2403-2408.
- [4] 樊会芬, 胡文忠, 庞坤, 等. 鲜切南瓜贮藏过程中生理变化的研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(4): 303-306.
FAN Hui-fen, HU Wen-zhong, PANG Kun, et al. Study on the Physiological and Biochemical Changes of Fresh-Cut Winter Squash during Storage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2009, 30(4): 303-306.
- [5] NICOLA S, TIBALDI G, GAINO W, et al. Cutting Shape, Film and Storage Temperature Affect the Shelf-Life of Fresh-Cut Pumpkin[J]. Acta Horticulturae, 2018(1209): 399-408.
- [6] 梁洁玉, 朱丹实, 冯叙桥, 等. 果蔬气调贮藏保鲜技术研究现状与展望[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(6): 1617-1625.
LIANG Jie-yu, ZHU Dan-shi, FENG Xu-qiao, et al. Status and Prospects on Modified Atmosphere Storage Technology of Fruits and Vegetables[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2013, 4(6): 1617-1625.
- [7] 王璐瑶, 帕孜丽亚·托乎提, 戴煌. 气调保鲜技术在梨贮藏保鲜中的研究进展[J]. 中国果菜, 2021, 41(7): 15-19.
WANG Lu-yao, PAZILIYA Tuohuti, DAI Huang. Research Progress of Controlled Atmosphere Technology in Pear Storage[J]. China Fruit & Vegetable, 2021, 41(7): 15-19.
- [8] 陈庆华, 王欣. 气调包装(MAP)在果蔬保鲜方面的应用进展分析[J]. 黑龙江农业科学, 2012(1): 94-98.
CHEN Qing-hua, WANG Xin. Review and Analysis on the Application of Modified Atmosphere Packaging Technology in Fresh-Keeping of Fruits and Vegetables[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2012(1): 94-98.
- [9] 贯云娜, 张丹丹, 朱俊向, 等. 两种保鲜袋对鲜切南瓜低温贮藏下保鲜效果的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(2): 134-139.
GUAN Yun-na, ZHANG Dan-dan, ZHU Jun-xiang, et al. Effect of Two Fresh-Keeping Bags on Fresh-Cut Pumpkin of Low Temperature Storage[J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(2): 134-139.
- [10] SILVA A V, OLIVEIRA D, YAGUIU P, et al. Temperature and Packaging of Minimally Processed Pumpkin (Cucurbita Moschata)[J]. Food Science and Technology (Campinas), 2009, 29(2): 391-394.
- [11] LURIE S, PEDRESCHI R. Fundamental Aspects of Postharvest Heat Treatments[J]. Horticulture Research, 2014, 1: 14030.
- [12] 孔祥佳, 郑俊峰, 林河通, 等. 热处理对果蔬贮藏品质和采后生理的影响及应用[J]. 包装与食品机械, 2011, 29(3): 34-39.
KONG Xiang-jia, ZHENG Jun-feng, LIN He-tong, et al. Effects of Hot Treatment on Quality and Postharvest Physiology of Fruits and Vegetables during Storage and Its Application[J]. Packaging and Food Machinery, 2011, 29(3): 34-39.
- [13] 张丽华, 李顺峰, 李珍珠, 等. 热处理对鲜切果蔬品质影响的研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(7): 290-295.
ZHANG Li-hua, LI Shun-feng, LI Zhen-zhu, et al. Research Progress on the Effect of Heat Treatment on Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(7): 290-295.
- [14] 李健, 徐艳聪, 李丽萍, 等. 热处理对鲜切胡萝卜生理及品质的影响[J]. 食品科技, 2014, 39(10): 90-95.
LI Jian, XU Yan-cong, LI Li-ping, et al. Effect of Post-

- harvest Heat Shock Treatment on Physiology and Fruit Quality of Fresh-Cut Carrot[J]. Food Science and Technology, 2014, 39(10): 90-95.
- [15] 茅林春, 吴涛, 方雪花. 氯化钙和热处理对鲜切南瓜的保鲜作用[J]. 中国食品学报, 2007, 7(1): 115-119.
MAO Lin-chun, WU Tao, FANG Xue-hua. Effects of Calcium Chloride and Heat Treatment on Fresh-Keeping of Fresh-Cut Pumpkin[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2007, 7(1): 115-119.
- [16] 熊孜, 廖李, 乔宇, 等. 超高压处理对果蔬品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(9): 145-150.
XIONG Zi, LIAO Li, QIAO Yu, et al. Effect of Ultra-High Pressure Treatment on the Quality of Fruits and Vegetables[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2020, 59(9): 145-150.
- [17] 刘世献, 闫治成, 刘弘, 等. 高压加工技术在食品加工中的应用研究[J]. 食品科学, 2000, 21(12): 171-172.
LIU Shi-xian, YAN Zhi-cheng, LIU Hong, et al. Study on the Application of High-Pressure Food Processing Technology[J]. Food Science, 2000, 21(12): 171-172.
- [18] PACIULLI M, MEDINA-MEZA I G, CHIAVARO E, et al. Impact of Thermal and High Pressure Processing on Quality Parameters of Beetroot (*Beta Vulgaris* L)[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 68: 98-104.
- [19] 周春丽, 刘伟, 袁驰, 等. 高静压处理对鲜切南瓜杀菌效果与品质的影响[J]. 农业机械学报, 2014, 45(6): 227-236.
ZHOU Chun-li, LIU Wei, YUAN Chi, et al. Effects of High Hydrostatic Pressure Processing on Microbial Inactivation and Quality of Fresh-Cut Pumpkin[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(6): 227-236.
- [20] DONG Peng, KONG Min, YAO Jia, et al. The Effect of High Hydrostatic Pressure on the Microbiological Quality and Physicochemical Properties of Lotus Root during Refrigerated Storage[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2013, 19: 79-84.
- [21] 赵紫明, 徐伟民, 杨福馨. 基于臭氧及其酶钝化作用的果蔬保鲜包装试验研究[J]. 包装工程, 2007, 28(10): 4-6.
ZHAO Zi-ming, XU Wei-min, YANG Fu-xin. Experimental Research on the Fruits and Vegetable Fresh Keeping Based on Ozone and Its Enzyme Inactivation[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(10): 4-6.
- [22] 吉宁, 王瑞, 曹森, 等. 1-MCP 结合臭氧处理对水晶葡萄采收后贮藏品质的影响[J]. 包装工程, 2021, 42(9): 56-63.
JI Ning, WANG Rui, CAO Sen, et al. Effects of 1-MCP Combined with Ozone Treat on Postharvest Storage Quality of Crystal Grapes[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(9): 56-63.
- [23] BOTONDI R, BARONE M, GRASSO C. A Review into the Effectiveness of Ozone Technology for Improving the Safety and Preserving the Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables[J]. Foods (Basel, Switzerland), 2021, 10(4): 748.
- [24] 富新华. 鲜切南瓜的微生物污染及臭氧水杀菌效果研究[J]. 保鲜与加工, 2015, 15(1): 28-31.
FU Xin-hua. Microbial Contamination of Fresh-Cut Pumpkin and Sterilization Effect of Ozone Water[J]. Storage and Process, 2015, 15(1): 28-31.
- [25] 刘可, 高峰, 刘佳豪, 等. 壳聚糖在食品保鲜中的应用进展[J]. 食品安全导刊, 2021(8): 16-19.
LIU Ke, GAO Feng, LIU Jia-hao, et al. Research and Application Progress of Chitosan in Food Preservation[J]. China Food Safety Magazine, 2021(8): 16-19.
- [26] 齐昭京, 夏秀英. 壳聚糖复合涂膜对蓝莓贮藏品质及抗氧化系统的影响[J]. 北方园艺, 2020(24): 97-106.
QI Zhao-jing, XIA Xiu-ying. Effects of Chitosan Composite Coating on Storage Quality and Antioxidant System of Blueberry[J]. Northern Horticulture, 2020(24): 97-106.
- [27] 吕静祎, 白琳, 张良, 等. 壳聚糖复合涂膜对蓝莓保鲜效果的影响[J]. 渤海大学学报(自然科学版), 2020, 41(4): 296-302.
LYU Jing-yi, BAI Lin, ZHANG Liang, et al. Effect of Chitosan Composite Coating on Preservation of Blueberry[J]. Journal of Bohai University (Natural Science Edition), 2020, 41(4): 296-302.
- [28] 张丹丹, 杨绍兰, 吴昊, 等. 壳聚糖涂膜对鲜切南瓜贮藏品质的影响[J]. 中国食品学报, 2012, 12(11): 97-103.
ZHANG Dan-dan, YANG Shao-lan, WU Hao, et al. Effect of Chitosan Coating on the Quality of Fresh-Cut Pumpkin(*Cucurbita Moschata*) during Storage[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2012, 12(11): 97-103.
- [29] 张丹丹, 杨绍兰, 吴昊, 等. 不同保鲜膜处理对低温贮藏下鲜切南瓜保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(20): 313-317.
ZHANG Dan-dan, YANG Shao-lan, WU Hao, et al. Fresh-Keeping Effect of Different Films on Fresh-Cut Pumpkin during Storage at Low Temperature[J]. Food Science, 2012, 33(20): 313-317.

- [30] 赵曼如, 胡文忠, 于皎雪, 等. 茉莉酸甲酯对果蔬抗性、抗氧化活性及品质影响的研究进展[J]. 食品工业科技, 2020, 41(4): 328-332.
- ZHAO Man-ru, HU Wen-zhong, YU Jiao-xue, et al. Research Progress on Effects of Methyl Jasmonate on Resistance, Antioxidant Activity and Quality of Fruits and Vegetables[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(4): 328-332.
- [31] 崔席席, 李富军, 张新华, 等. 茉莉酸甲酯调控果蔬采后品质的机制及应用研究进展[J]. 食品科学, 2019, 40(13): 304-311.
- CUI Xi-xi, LI Fu-jun, ZHANG Xin-hua, et al. Recent Progress in Mechanism of Action and Application of Methyl Jasmonate in Postharvest Quality Regulation of Fruits and Vegetables[J]. Food Science, 2019, 40(13): 304-311.
- [32] WANG Su-yan, SHI Xin-chi, LIU Feng-quan, et al. Effects of Exogenous Methyl Jasmonate on Quality and Preservation of Postharvest Fruits: A Review[J]. Food Chemistry, 2021, 353: 129482.
- [33] 穆师洋, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 外源乙烯和茉莉酸甲酯对冷藏鲜切南瓜伤害生理效应的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(15): 312-315.
- MU Shi-yang, HU Wen-zhong, JIANG Ai-li, et al. Effect of Exogenous Ethylene and Methyl Jasmonate (MEJA) on the Wounding Physiological Reaction of Cold Storage Fresh-Cut Pumpkin[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(15): 312-315.
- [34] 穆师洋, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 乙烯的信号分子作用及其在采后果蔬生理代谢调控的研究进展[J]. 食品工业科技, 2015, 36(3): 375-378.
- MU Shi-yang, HU Wen-zhong, JIANG Ai-li, et al. Research Progress in the Role of Ethylene as Signal Molecule and Regulation of Physiological Metabolism in Postharvest Fruits and Vegetables[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(3): 375-378.
- [35] 严涵, 郝全洋, 艾祥, 等. 乙烯对果蔬成熟作用研究进展[J]. 中国果菜, 2020, 40(10): 1-8.
- YAN Han, HAO Quan-yang, AI Xiang, et al. Research Progress of Ethylene on Mature of Fruits and Vegetables[J]. China Fruit & Vegetable, 2020, 40(10): 1-8.
- [36] 焦旋, 冯志宏, 高振峰, 等. 外源乙烯熏蒸对 1-MCP 处理猕猴桃货架品质的影响[J]. 北方园艺, 2021(3): 107-113.
- JIAO Xuan, FENG Zhi-hong, GAO Zhen-feng, et al. Effects of Exogenous Ethylene Fumigation on Shelf Quality of Kiwifruit Treated by 1-Methylcyclopropylene[J]. Northern Horticulture, 2021(3): 107-113.
- [37] 陈飞, 丁成龙, 苏亚, 等. 1-MCP 和低温处理对酥瓜采后生理和品质的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2020, 47(6): 1017-1022.
- CHEN Fei, DING Cheng-long, SU Ya, et al. Effects of 1-MCP and Low Temperature Treatment on Postharvest Physiology and Quality of Crispy Melon[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2020, 47(6): 1017-1022.
- [38] 张盼盼, 张丽芬, 潘润森, 等. 超声协同钙浸渍对樱桃番茄贮藏过程中酚类物质的影响研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(7): 7-12.
- ZHANG Pan-pan, ZHANG Li-fen, PAN Run-sen, et al. Effect of Ultrasound Combined with Calcium Impregnation on Phenolic Compounds of Cherry Tomatoes during Postharvest Storage[J]. Food Research and Development, 2021, 42(7): 7-12.
- [39] 杨超. 水杨酸及钙盐对采后果蔬贮藏影响的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2013: 5.
- YANG Chao. Investigation on the Effect of Salicylic Acid and Calcium Salt on Fruit and Vegetable Storage[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2013: 5.
- [40] GAO Qi-yang, TAN Qin-qin, SONG Zun-yang, et al. Calcium Chloride Postharvest Treatment Delays the Ripening and Softening of Papaya Fruit[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2020, 44(8): 1-12.
- [41] AMODIO M L, RINALDI R, COLELLI G. Extending Shelf Life of Fresh-Cut Pumpkin (*Cucurbita Maxima*): Effect of Pre-Treatments and Storage Conditions[J]. Acta Horticulturae, 2010(876): 333-340.
- [42] 穆师洋, 胡文忠, 姜爱丽. 水杨酸的信号分子作用及其在鲜切果蔬中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(7): 2434-2438.
- MU Shi-yang, HU Wen-zhong, JIANG Ai-li. The Role of Salicylic Acid as Signal Molecule and Its Application in Fresh-Cut Fruits and Vegetables[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2015, 6(7): 2434-2438.
- [43] 刘思思, 胡文忠, 陈晨, 等. 硫化氢在采后果蔬贮藏保鲜中的应用[J]. 食品工业科技, 2020, 41(12): 318-323.
- LIU Si-si, HU Wen-zhong, CHEN Chen, et al. Application of Hydrogen Sulfide in Storage and Preservation of Postharvest Fruits and Vegetables[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(12): 318-323.
- [44] 姜丹, 胡文忠, 陈晨, 等. 水杨酸、硫化氢对鲜切南瓜苯丙烷代谢的调控作用[J]. 食品科技, 2016, 41(10): 42-46.

- JIANG Dan, HU Wen-zhong, CHEN Chen, et al. Regulation of Salicylic Acid and Hydrogen Sulfide on the Metabolism of Fresh-Cut Pumpkin[J]. Food Science and Technology, 2016, 41(10): 42-46.
- [45] 姜丹. 水杨酸、硫化氢调控鲜切南瓜保鲜信号的机制[D]. 大连: 大连工业大学, 2016: 6-32.
- JIANG Dan. Mechanism of Controlling Fresh-Cut Pumpkin with Salicylic Acid and Hydrogen Sulfide[D]. Dalian: Dalian Polytechnic University, 2016: 6-32.
- [46] 刘宇航, 陈影影, 曹玉婷, 等. 蓝莓鲜果采后病害类型及保鲜技术研究进展[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(11): 144-150.
- LIU Yu-hang, CHEN Ying-ying, CAO Yu-ting, et al. Research Progress on Postharvest Disease Types and Preservation Technology of Blueberry Fruit[J]. Storage and Process, 2021, 21(11): 144-150.
- [47] 张慙, 冯彦君. 果蔬生物保鲜新技术及其研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36(5): 449-455.
- ZHANG Min, FENG Yan-jun. New Bio-Preservation Technology of Fruits & Vegetables and Its Research Progress[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2017, 36(5): 449-455.
- [48] 滕林, 王泽彬, 集贤, 等. 葡萄采后生物保鲜技术研究进展[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(9): 144-150.
- TENG Lin, WANG Ze-bin, JI Xian, et al. Research Progress on Postharvest Biological Preservation Technology of Grape[J]. Storage and Process, 2021, 21(9): 144-150.
- [49] 周亚妮. 浅谈枯草杆菌的特性及其应用[J]. 黔南民族医专学报, 2010, 23(2): 84.
- ZHOU Ya-ni. Characteristics and Application of *Bacillus Subtilis*[J]. Journal of Qiannan Medical College for Nationalities, 2010, 23(2): 84.
- [50] 毕文慧, 姚健, 刘学俊, 等. 微生物在果蔬贮藏保鲜中的应用研究进展[J]. 食品工业科技, 2017, 38(20): 347-351.
- BI Wen-hui, YAO Jian, LIU Xue-jun, et al. Application and Research Progress of Microorganism in Fruit and Vegetable Storage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(20): 347-351.
- [51] 李怡洁, 杨佐忠. 枯草芽孢杆菌主要作用机制与应用研究进展[J]. 四川林业科技, 2019, 40(4): 126-130.
- LI Yi-jie, YANG Zuo-zhong. Advances in Researches on Main Action Mechanism and Application of *Bacillus Subtilis*[J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2019, 40(4): 126-130.
- [52] 乔惠田. 枯草芽孢杆菌的低分子肽对鲜切南瓜保鲜的研究[D]. 北京: 北京农学院, 2020: 15-37.
- QIAO Hui-tian. Short Peptides Secreted by *Bacillus Subtilis* Inhibit the Growth of Mould on Fresh-Cut Pumpkin(*Cucurbita Pepo*)[D]. Beijing: Beijing University of Agriculture, 2020: 15-37.

责任编辑: 彭颀