

DOI: 10.16861/j.cnki.zggc.2024.0177

茶多酚在鲜切脆山药块加工中的应用效果

郑丽静¹, 岳焕芳¹, 赵立群¹, 满杰¹, 钱井¹,
韦强¹, 晋彭辉¹, 秦晨光², 雷喜红¹

(1.北京市农业技术推广站 北京 100029; 2.北京天安农业发展有限公司 北京 102211)

摘要:为明确茶多酚(白色)对鲜切脆山药的护色、抑菌效果,配制5种不同浓度的茶多酚溶液对脆山药块进行浸泡5 min处理,以清水和生产上的常规处理(次氯酸钠)为对照,定期检测失重率、褐变度、菌落总数、大肠埃希氏菌MPN值,并进行感官评价。结果表明,与对照相比,4℃条件下,5种不同浓度茶多酚处理均能延缓脆山药块的氧化褐变,降低褐变度,保持良好的外观品质和商品性,延长产品货架期至7 d以上。其中,以0.2%茶多酚对脆山药块的保鲜效果最好,感官品质佳,保鲜期11 d,抑菌期12 d,褐变度为5.46%,菌落总数为 2.17×10^4 CFU·g⁻¹,大肠埃希氏菌MPN值<0.3。在实际生产中,可根据货架期要求,选择不同浓度的茶多酚处理。研究结果为生产企业采用天然保鲜剂替代化学保鲜剂用于鲜切山药的抗氧化、抑菌等加工保鲜提供了有效指导。

关键词:脆山药块;茶多酚;鲜切;抗氧化;抑菌;保鲜

中图分类号:S632.1

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2024)10-156-07

Effects of tea polyphenols on the processing of fresh-cut crisp yam cubes

ZHENG Lijing¹, YUE Huanfang¹, ZHAO Liquan¹, MAN Jie¹, QIAN Jing¹, WEI Qiang¹, JIN Penghui¹,
QIN Chenguang², LEI Xihong¹

(1. Beijing Agricultural Technology Extension Station, Beijing 100029, China; 2. Beijing Tian'an Agricultural Development Company Limited, Beijing 102211, China)

Abstract: To clarify the color protection and antibacterial effects of tea polyphenols (white) on fresh-cut crisp yam, five different concentrations of tea polyphenols solutions were prepared and soaked for 5 min on crisp yam, with water and conventional treatments (sodium hypochlorite) as controls. The weight loss rate, browning degree, aerobic plate count and *Escherichia coli* MPN value of fresh-cut crisp yam cubes were detected regularly, and the sensory quality was scored. The results showed that compared with the control, under 4℃ condition, all the five different concentrations of tea polyphenols could delay the oxidative browning of crisp yam, reduce the browning degree, maintain good appearance quality and commerciality, and extend the shelf life to more than 7 days. Among them, 0.20% tea polyphenol had the best preservation effect on fresh-cut crisp yam, with good sensory quality, the preservation of 11 d, the bacteriostasis period of 12 d, the browning degree of 5.46%, the total number of colonies of 2.17×10^4 CFU·g⁻¹ and the MPN value of *Escherichia coli* less than 3.0. In actual production, different concentrations of tea polyphenols can be selected according to the requirements of shelf life. The results provide manufacturers an option to use natural preservatives instead of chemical preservatives in the processing of fresh-cut crisp yam.

Key words: Crispy yam cubes; Tea polyphenols; Fresh-cut; Antioxidant; Bacteriostatic; Preservation

山药属于药食兼用型蔬菜,含有丰富的淀粉酶和多酚氧化酶等物质,有助于脾胃消化吸收,还能补充维生素和微量元素,具有健脾补气、益肺止咳、延年益寿等功效^[1-4]。鲜切脆山药具有口感脆嫩、新

鲜营养、健康卫生、食用方便等特点,深受消费者的喜爱。但脆山药因去皮、切分等加工产生机械伤,易引发氧化褐变和微生物滋生,加剧腐败变质,组织软化,大大降低山药的外观品质,改变原有营养

收稿日期:2024-03-19;修回日期:2024-06-06

基金项目:北京市农业农村局科技新星计划项目(PXM202003620400004800391389FCG);现代农业产业技术体系北京市设施蔬菜创新团队科技项目(BAIC01-2023);北京市农业农村局蔬菜作物生产检测及高产高效创建(2024)

作者简介:郑丽静,女,高级农艺师,研究方向为农产品贮藏与加工。E-mail:ljz20171018@yeah.net

通信作者:雷喜红,男,正高级农艺师,主要从事农业技术研究、示范与推广工作。E-mail:5781563@qq.com

风味,严重影响其食用价值和商品价值^[5-7]。

目前,关于鲜切果蔬的品质控制和保鲜的理论研究较多,主要有低温保鲜、气调保鲜、热处理、辐照、臭氧、超高压、水触媒、脉冲强光处理等物理保鲜技术^[8-9]及采用次氯酸钠、1-甲基环丙烯、氯化钙等化学保鲜技术^[10]。其中,化学保鲜剂成本低、效果显著,但涉及食用安全问题,消费者往往会有所顾虑。目前,生产上主要采用次氯酸钠并结合低温与真空包装等方法保证鲜切脆山药的品质和货架期,也有生产企业通过多次清水冲洗来缓解山药的褐变,但保鲜期很短,仅维持 24~48 h。此外,因次氯酸钠、二氧化氯等存在致癌隐患,一些发达国家已禁止将次氯酸钠用于鲜切生产^[11]。相对于化学保鲜剂,天然保鲜剂来源于动物、植物、微生物等,具有天然、安全、高效、卫生,易降解、不易残留、抗菌性强、作用范围广、热稳定性好、易被消费者接受等特点,已成为鲜切果蔬保鲜与贮藏技术的发展趋势^[12-14]。茶多酚是一种纯天然多酚类物质,作为茶叶中的主要活性物质,具有广谱抗菌活性^[15-18]和抗氧化作用^[19]。美国、日本等发达国家已将茶多酚广泛应用于食品工业中^[20]。国内关于茶多酚在水产品^[21]、肉类及肉制品^[22]、功能食品^[23]、油脂^[24]以及新鲜果蔬^[19]上的应用研究较多,但在鲜切山药上的应用研究较少,且所采用的茶多酚性质亦不同,作用的山药种类也较为单一。郑丽萍等^[25]研究表明,棕色茶多酚对鲜切铁棍山药的保鲜效果不显著,且浓度稍高,山药原色将被覆盖变黄,而短期内(4 d)采用 0.1%棕色茶多酚、1.0%壳聚糖和 1.8%柠檬酸进行复配处理,能够有效延缓鲜切铁棍山药的感官品质下降和氧化速度。笔者研究了长期内(12 d)白色茶多酚对鲜切脆山药块的感官品质影响、防褐变效果以及抑菌保鲜作用,且有效避免山药原色被覆盖,以期在实际生产中采用简单易行的有效手段保持鲜切山药的品质和延长货架期提供有效参考。

1 材料与方法

1.1 材料

脆山药由北京天安农业发展有限公司生产基地提供;天然茶多酚[绿茶提取物,白色,食品级,其中多酚含量(w,后同)98.1%,儿茶素含量 75.4%,表没食子儿茶素没食子酸酯含量 42.3%],购自河南三化生物科技有限公司;氯化钠,购自天津市光复科技发展有限公司;月桂基硫酸盐胰蛋白胨肉汤、结晶紫中性红胆盐琼脂、平板计数琼脂等生物试剂,

均购自北京奥博星生物技术有限责任公司。

1.2 试验设计

试验于 2020 年 5—11 月在北京市农业技术推广站农产品贮藏加工研发中心实验室进行。配制浓度分别为 0.05%、0.10%、0.20%、0.40%、0.80%的茶多酚溶液待用。选取新鲜完整、粗细均匀、无病虫害的脆山药进行试验。首先用去皮刀去除山药表皮,并用自来水快速清除山药表面污泥、表皮残渣等;然后采用快刀将脆山药切块,厚度 1.5~2.0 cm,并立即用自来水洗去表面黏液;再用配制好的 5 种浓度的茶多酚溶液分别对山药块浸泡,时间 5 min;最后采用果蔬沥水篮振动除去山药块表面水分,并用 PET 鲜切果蔬专用包装盒密封包装,放入 4 °C 保鲜库贮存。设清水对照和次氯酸钠常规处理(参考企业实际生产情况,先采用 100 mg·L⁻¹的次氯酸钠溶液浸泡 5 min,然后采用 30 mg·L⁻¹的次氯酸钠溶液浸泡 5 min),每个处理 3 次重复。

1.3 指标测定与方法

1.3.1 感官评价 参考王梅^[7]、董雷^[26]的方法,并结合京郊鲜切山药加工生产主体反馈的脆山药块销售商品品质的实际情况,制定该评分方法和标准。评分标准如表 1 所示。采用数字化评分方法对不同处理组的脆山药块进行判别打分,每天由 3 名专业人员根据脆山药块的外观、颜色、质地、气味、食用性等进行感官评价。根据实际生产和销售情况,当感官评价低于 5.5 分时,则易被消费者拒绝。

1.3.2 失重率的计算 采用 YH-M50002 英衡电子天平称山药块质量,每个处理 3 次重复,取平均值,不同处理脆山药块的失重率按照下列公式进行。

失重率/%=(脆山药块初始质量-脆山药块实际质量)/脆山药块初始质量×100。 (1)

1.3.3 褐变度的计算 参考胡婷等^[27]的方法并加以改进,采用 NS810 型分光测色仪对脆山药块多面多点定点测量,记录 L^* 值, a^* 值, b^* 值,取平均值进行分析。褐变度在一定程度上可以反映山药的新鲜度^[28],采用总色差 ΔE 表示褐变度, ΔE 值越小,则褐变度越小,抗氧化效果越好,按照下列公式进行计算:

$$\Delta E=[(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2]^{0.5}。 (2)$$

式中, ΔL^* 表示山药表面的明度差; Δa^* 、 Δb^* 为色品坐标差。

1.3.4 菌落总数和大肠埃希氏菌计数检测 每个处理随机抽取 3 盒,按照 GB 4789.2—2016 的方法进行菌落总数的测定^[29],每隔 1~2 d 检测 1 次;按照

表1 脆山药块感官评分标准
Table 1 Sensory evaluation standards for crisp yam cubes

分值 Point	评分标准 Evaluation standard
9	新鲜,具有山药特有的白色,有光泽,无褐变,无腐烂,质地硬脆、鲜嫩,山药气味浓郁,品质完好,可食用。 Fresh, with yam unique white, shiny, no browning, no rot, hard crisp texture, fresh and tender, yam smell, good quality, edible.
7	整体颜色为白色,但光泽度有所下降,无褐变,无腐烂,质地较为硬脆,山药气味变淡,品质较好,可食用。 The overall color is white, but the gloss has decreased, there is no browning, no decay, the texture is relatively hard and brittle, the smell of yam becomes lighter, the quality is better, and it is edible.
5	整体颜色不均匀,暗淡、无光泽,50%的山药切块出现局部发黄,少量个体局部出现褐色斑点,褐变面积小于1/3,无腐烂,山药气味很淡,质地较脆,不具商品性,但可食用。 The overall color is uneven, dull and lustrous, 50% of the yam slices appear local yellow, a small number of individuals appear local brown spots, the browning area is less than 1/3, no rot, the smell of yam is very light, the texture is brittle, not commercial, but edible.
3	整体呈黄褐色,褐变面积1/3~1/2,褐色斑块加重加深,质地变软,出现腐烂、异味,不可食用。 The whole is yellowish-brown, the browning area is 1/3~1/2, the brown plaque is aggravated and deepened, the texture becomes soft, and the smell is abnormal and inedible.
1	整体呈深红褐色,褐变面积>1/2,组织软化,腐烂,异味重,不可食用。 The whole is deep reddish-brown, the browning area is >1/2, the tissue is softened, rotten, the odor is heavy, and it is not edible.

GB 4789.38—2012 的方法^[30],进行大肠埃希氏菌计数,每隔1~2 d检测1次。

1.4 数据处理及分析

采用 Excel 2021 进行基础数据处理、分析、作图,采用 SPSS 21.0 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理脆山药块的感官品质变化

感官品质是判断脆山药块货架期的主要标准,直接影响消费者的购买意愿^[31]。由表2可知,随着贮存时间的延长,脆山药块的感官品质呈下降趋势,且前期下降速度较后期稍缓。其中,贮存第0天,对照组清水处理和次氯酸钠处理的脆山药块中有个体出现局部轻微发黄现象,但各处理间的感官得分无显著差异。贮存第1天,清水和次氯酸钠处理与茶多酚处理的山药块感官得分呈显著差异,其中,不同浓度茶多酚处理的山药块外观品质良好,新鲜、洁白、有光泽、无褐变、山药气味较浓,感官得分均在8.3分以上,且无显著差异;而清水和次氯酸钠处理的山药块光泽度明显下降,个别个体局部黄斑程度加深,次氯酸钠处理的个别山药块有轻微失水、发干迹象。清水和次氯酸钠处理的山药块分别在贮存第5天和第6天降至5.3分,均失去商品性。贮存第7天,不同茶多酚处理的脆山药块平均感官得分均在6.0分以上,由高到低依次为0.20%处理>0.10%处理=0.05%处理>0.40%处理=0.80%处理;其中,0.20%茶多酚处理的山药块外观品质整体较好(6.7分),质地较脆、无黄化、无褐变、无异味发生,但光泽度有所下降,与清水(4.3分)和次氯

酸钠处理(5.0分)呈显著差异;清水处理的山药块整体呈黄褐色,组织出现软化,有异味,失去食用价值;次氯酸钠处理的脆山药块整体呈现出组织失水、皱缩发干、无光泽现象,且发黄部分面积增大、颜色加深,表明次氯酸钠处理对山药块新鲜度的维持以及抗氧化效果不佳。贮存第8天,茶多酚处理中仅0.05%浓度处理的山药块失去商品价值,但感官评分依然显著高于清水和次氯酸钠处理;以0.10%、0.20%茶多酚处理的山药块感官品质最好,显著优于0.05%的茶多酚处理、清水和次氯酸钠处理,与其他处理差异不显著。贮存第9天,仅0.10%和0.20%茶多酚处理的山药块得分较高(均为6.3分),其次是0.40%的茶多酚处理(5.5分),其他处理的山药块均失去商品性。贮存第10天和第11天,仅0.20%茶多酚处理的山药块仍具商品性,感官得分分别为5.7、5.5分。此外,0.80%茶多酚处理的山药块表面更容易失水、发干,光泽度下降较快。因此,茶多酚对鲜切山药感官品质的保持与浓度有关,浓度过高反而不利于山药块保鲜。综上,5种不同浓度茶多酚处理均能有效维持脆山药块感官品质和新鲜度7~11 d,优于清水和次氯酸钠处理,其中以0.20%茶多酚处理表现最佳,为11 d;0.10%处理次之,为9 d。在抗氧化褐变方面,茶多酚的表现显著优于次氯酸钠。

2.2 不同处理脆山药块的失重率变化

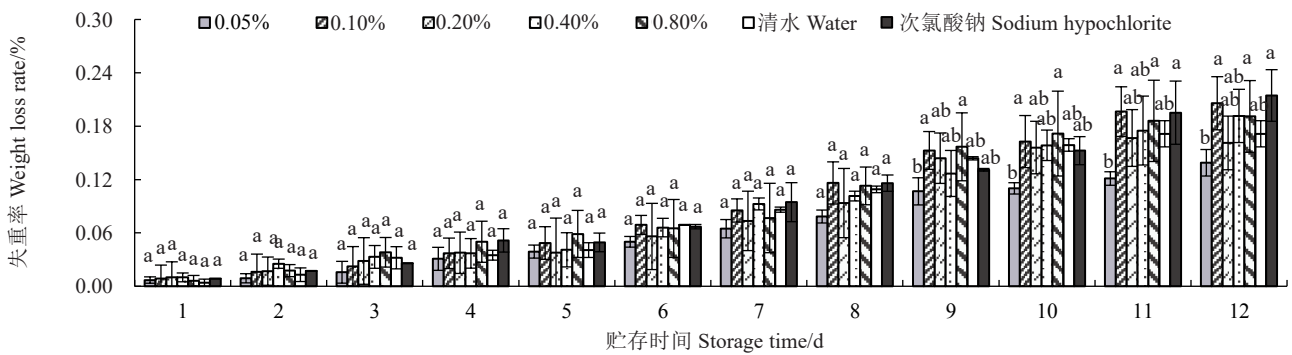
由图1可知,不同处理脆山药块的失重率随贮存时间的延长而逐步增大,但整体降幅较小,贮存至第12天,不同处理山药块失重率平均降幅仅0.18%,且不同处理间前、中期(贮存1~8 d)均无显

表2 不同处理脆山药块的感官评分结果
Table 2 Sensory scoring result of fresh-cut crisp yam cubes under different treatments

处理 Treatment	贮存时间 Storage time /d												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.05%茶多酚 0.05% tea polyphenols	9.0 a	8.3 a	8.3 ab	7.3 ab	7.3 ab	7.0 ab	6.7 a	6.3 a	5.3 b	4.0 b	3.7 b	3.0 c	2.3 cd
0.10%茶多酚 0.10% tea polyphenols	9.0 a	8.7 a	8.7 a	8.0 a	8.0 a	7.7 a	6.7 a	6.3 a	6.3 a	6.3 a	5.3 a	5.3 a	4.0 ab
0.20%茶多酚 0.20% tea polyphenols	9.0 a	8.3 a	8.0 abc	8.0 a	7.3 ab	7.0 ab	7.0 a	6.7 a	6.3 a	6.3 a	5.7 a	5.5 a	4.3 a
0.40%茶多酚 0.40% tea polyphenols	9.0 a	8.3 a	7.3 bcd	7.0 ab	6.5 bc	6.5 b	6.0 ab	6.0 ab	6.0 ab	5.5 a	5.0 a	4.3 b	4.0 ab
0.80%茶多酚 0.80% tea polyphenols	9.0 a	8.3 a	7.0 cd	7.0 ab	6.5 bc	6.0 bc	6.0 ab	6.0 ab	6.0 ab	4.3 b	4.0 b	3.3 c	2.7 c
清水 Water	8.0 a	7.0 b	6.7 d	6.0 b	5.7 c	5.3 c	5.0 b	4.3 c	4.0 c	2.7 c	2.0 c	2.0 d	1.3 d
次氯酸钠 Sodium hypochlorite	8.0 a	7.0 b	7.0 cd	6.7 ab	6.0 c	6.0 bc	5.3 b	5.0 bc	4.3 c	4.0 b	3.3 b	3.0 c	3.0 bc

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.



注:不同小写字母表示同一贮存时间的不同处理在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters indicates significant difference among different treatments of the same storage time at 0.05 level. The same below.

图1 不同处理脆山药块的失重率变化

Fig. 1 Changes in weight loss rate of crisp yam cubes of different treatments

著差异,后期(贮存 9~12 d)逐步显现差异。贮存第 9 天和第 10 天,0.05%茶多酚处理的脆山药块失重率最小,与失重率较高的 0.10%、0.80%茶多酚处理均呈显著差异,但三者与其他处理差异均不显著;从第 11 天开始,0.05%茶多酚处理与次氯酸钠处理呈显著差异,其他处理间差异不显著。整体来看,茶多酚处理对脆山药块失重率的影响较小。

2.3 不同处理脆山药块的褐变度变化

褐变度能直接反映山药块的褐变程度,并影响其感官品质和商品价值^[32]。由图 2 可知,脆山药块的褐变度随贮存时间的延长逐步升高,表明其褐变程度逐步加深。前、中期各处理的脆山药块褐变发展速度较慢,后期逐步加快。贮存 12 d 内,均以清

水处理的山药块的褐变度最高(仅第 9 天,与 0.05%茶多酚处理的山药块褐变程度相同且最高),前期(贮存 1~5 d)以 0.10%茶多酚或次氯酸钠处理的褐变度最低,两者无显著差异,仅在第 4 天均显著低于清水处理;中期(贮存 6~8 d)以次氯酸钠或 0.20%茶多酚处理褐变度最低,两者无显著差异,仅在第 5 天均显著低于清水处理,在第 8 天仅次氯酸钠与清水处理呈显著差异;后期(贮存 9~12 d)以 0.20%茶多酚处理的山药块褐变度最低,在第 9 天和第 12 天均显著低于清水处理。整体来看,适宜浓度茶多酚处理对山药块的褐变抑制效果优于清水或次氯酸钠处理,但不同浓度的茶多酚对脆山药块的褐变抑制效果存在差异,以 0.20%茶多酚处理表现最好,贮存 12 d 时,褐变度仅为 5.64%。

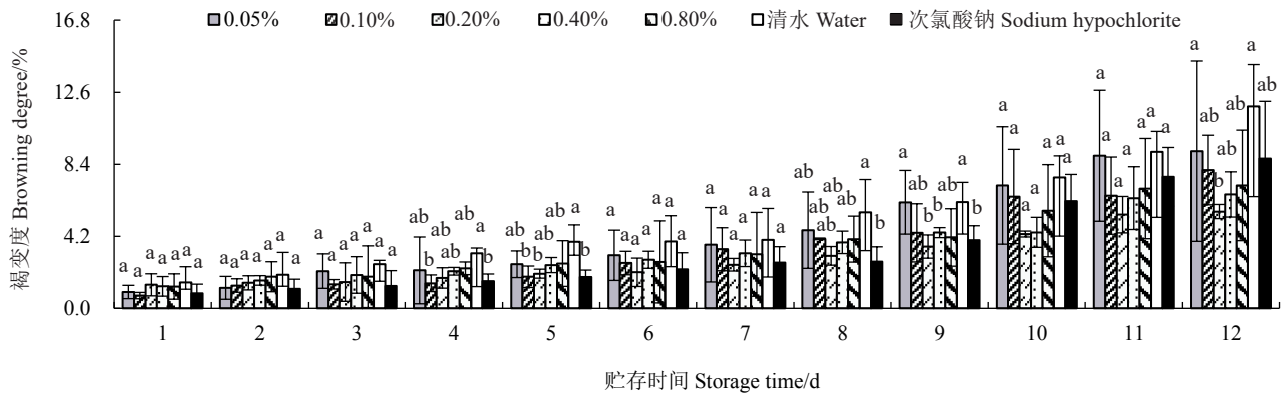


图2 不同处理脆山药块的褐变度变化

Fig. 2 Changes in browning degree of crisp yam cubes of different treatments

2.4 不同处理脆山药块的菌落总数变化

山药经去皮、切分加工,引发营养汁液外流,为微生物的生长创造了极为有利的条件。由表3可知,不同处理脆山药块的菌落总数随贮存时间延长呈上升趋势,且大部分处理从第5天或第8天开始大幅增加。部分浓度茶多酚处理对脆山药块菌落总数的抑制效果与次氯酸钠处理效果相当,后期甚至优于次氯酸钠。目前,针对鲜切果蔬菌落总数国内尚无统一规定,仅一些鲜切企业规定菌落总数不超过 10^5 CFU·g⁻¹,欧洲国家规定鲜切果蔬菌落总数不超过 $10^{5.1}$ CFU·g⁻¹[33],以前者作为标准要求,前5 d,各处理脆山药块菌落总数均符合要求,且以次氯酸钠处理菌落总数最低,其次是0.20%茶多酚处理,两者差异不显著。处理后第8天,仅0.05%茶多酚处理和清水处理的脆山药块的菌落总数超出安全限值,失去商品性;0.10%、0.20%和0.40%茶多酚

处理的脆山药块的菌落总数均低于次氯酸钠处理;0.80%处理稍高于次氯酸钠处理,但差异不显著。处理后第12天,仅0.10%、0.20%、0.40%茶多酚处理的脆山药块菌落总数未超出安全限值,其他处理均严重超出安全限值,失去商品性。在整个贮藏期,0.10%、0.20%、0.40%茶多酚处理的山药块的菌落总数的增加幅度相对比较缓和(仅0.40%处理的菌落总数第3天到第5天的增幅较大),而清水和次氯酸钠处理的山药块菌落总数前期增加幅度比较缓和,后期则以10倍或20倍数量的跳跃式增加,这可能与样品检测取样的随机性有关,因此下一步将加强重复试验验证。综上,0.10%、0.20%、0.40%茶多酚处理能有效减缓微生物的繁殖积累,抑菌效果较好,且相对于次氯酸钠这种化学保鲜物质,更具天然性、环保性、安全性、可接受性,因此可以替代次氯酸钠用于鲜切山药对微生物菌落总数的抑制。

表3 不同处理脆山药块的菌落总数检测结果

Table 3 Total viable count of ready-to-eat fresh-cut crispy yam cubes under different treatments (CFU·g⁻¹)

处理 Treatment	贮存时间 Storage time /d					
	1	3	5	8	10	12
0.05%茶多酚 0.05% tea polyphenols	250	1567	13 333 a	113 333 b	416 667 b	多至不可计 Too many to count
0.10%茶多酚 0.10% tea polyphenols	<100	1150	3467 b	8633 c	10 000 c	21 333
0.20%茶多酚 0.20% tea polyphenols	100	283	250 c	1133 c	9267 c	21 667
0.40%茶多酚 0.40% tea polyphenols	<100	110	3067 bc	7167 c	12 000 c	16 000
0.80%茶多酚 0.80% tea polyphenols	<100	2900	3300 bc	11 933 c	18 667 c	216 667
清水 Water	183	833	5833 b	183 333 a	493 333 a	多至不可计 Too many to count
次氯酸钠 Sodium hypochlorite	<100	<100	130 c	11 333 c	21 667 c	443 333

注:菌落总数超出 10^6 CFU·g⁻¹,则标为多不可计。

Note: When the total viable count passes 10^6 CFU·g⁻¹, which indicates too many to count.

2.5 不同处理脆山药块的大肠埃希氏菌计数结果

按照现行鲜切加工企业要求,鲜切蔬菜产品中大肠埃希氏菌不得检出。由表4可知,整个贮藏期12 d,0.05%、0.10%、0.20%、0.40%茶多酚和次氯酸钠处理山药块的大肠菌MPN值均低于0.30,表明未有大肠埃希氏菌检出。0.80%茶多酚处理的脆山药块自第3天开始,大肠埃希氏菌MPN值高于0.30且逐步增大;清水处理自第8天开始,大肠埃希氏菌MPN值高于0.30,且稳定在0.36。经重复试验验证,结果一致。由此表明,茶多酚对山药块中大肠埃希氏菌群的抑制效果与其浓度有关,浓度过高,抑制效果反而不佳。综上,0.05%、0.10%、0.20%、0.40%茶多酚处理对大肠埃希氏菌的抑制效果同次氯酸钠相当,可替代次氯酸钠用于鲜切山药对埃希氏菌群的抑制。

表4 不同处理脆山药块的大肠埃希氏菌MPN值检测结果

Table 4 Result of *Escherichia coli* MPN value in different treatments of crisp yam cubes

处理 Treatment	贮存时间 Storage time /d					
	1	3	5	8	10	12
0.05%茶多酚 0.05% tea polyphenols	<0.30	<0.30	<0.30	<0.3	<0.30	<0.30
0.10%茶多酚 0.10% tea polyphenols	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
0.20%茶多酚 0.20% tea polyphenols	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
0.40%茶多酚 0.40% tea polyphenols	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
0.80%茶多酚 0.80% tea polyphenols	<0.30	0.36	0.36	0.92	2.30	2.30
清水 Water	<0.30	<0.30	<0.30	0.36	0.36	0.36
次氯酸钠 Sodium hypochlorite	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30

3 讨论与结论

鲜切山药作为鲜切蔬菜的重要品类,因其具有药食同源的特性,备受消费者喜爱,有着良好的市场发展^[34]。山药切分后组织结构完整性被破坏,引发一系列生理生化反应,如组织软化、失水、无氧呼吸等,不利于山药品质保持;同时酚类物质与氧气接触,在多酚氧化酶、过氧化物酶等酶类物质的作用下,产生酶促褐变反应,影响山药外观品质和商品价值;营养汁液的外流,增强了微生物的入侵敏感性,利于微生物的繁殖积累,加快山药的腐败变质,丧失食用价值^[7]。

关于鲜切产品的保鲜,化学保鲜剂如次氯酸钠

虽然成本相对较低,但存在潜在的安全隐患^[1],其应用浓度越高,杀菌效果越好,但随之产生的刺激性气味越浓,容易影响净菜原有气味,且抗氧化效果不佳^[35]。而消费者更为关注的往往也是保鲜手段的安全性。因此,天然提取物的保鲜应用更易被消费者接受。茶多酚作为植物天然成分,因其具有独特的化学结构和良好的抗氧化性,对人们的健康具有良好的促进作用。茶多酚具有多羟基结构,主要抗氧化成分是儿茶素,抗菌活性高,抑菌范围广,应用浓度低,性价比高^[23]。但茶多酚的保鲜效果与其浓度相关,且不同鲜切果蔬所适用的茶多酚浓度存在差异,因此在实际生产应用过程中,需要明确不同果蔬应用茶多酚保鲜抑菌的适宜浓度范围。如用于鲜切苹果保鲜的毛茶茶多酚浓度为0.4%^[36]、用于鲜切青椒和鲜切黄瓜的茶多酚浓度为2%^[37]。本研究中茶多酚对山药块中大肠埃希氏菌的抑制效果与其浓度有关,浓度过高抑制效果反而不佳。这与李柯欣^[34]的试验结果一致。后续将通过致病菌接种试验,进一步明确茶多酚对鲜切果蔬致病菌的抑制和杀灭作用。笔者在本研究中率先明确了白色茶多酚对鲜切脆山药的保鲜作用,结果表明,在4℃条件下,以0.20%茶多酚处理对脆山药块的护色、抑菌效果最佳,优于清水和次氯酸钠处理,其次为0.10%茶多酚处理。这与郑丽萍等^[25]的研究有所出入,其研究得出0.1%、0.2%和0.3%的棕色茶多酚浸泡15 min,对鲜切铁棍山药有一定程度的保鲜作用,但效果不显著。原因可能有以下3个:一是与茶多酚的浓度有关,前人采用的是浓度比较低的棕色茶多酚,且浸泡时间长,浓度稍高容易使鲜切山药浸染变黄,所以效果不显著,而本试验采用的是白色茶多酚,且浸泡时间短,仅5 min,山药不会被浸染变黄;二是可能与山药种类有关,前人采用的是铁棍山药,本试验采用的脆山药,铁棍山药属于不易褐变的山药品种,因此应用保鲜剂前后效果不显著,而脆山药属于非常容易发生褐变的品种,氧化褐变速度更快,褐变度更高,采用茶多酚进行保鲜处理,防褐变效果比较显著;三是可能与山药处理后所采用的包装方式、贮存温度等有关。下一步将开展对比应用试验,进一步明确相关结果。

综上所述,相比化学保鲜剂,茶多酚作为植物天然成分,用于解决鲜切脆山药在加工生产中出现的氧化褐变问题,改善商品品质,延长货架期等,更安全、可靠。结合4℃贮存条件,0.20%茶多酚处理对脆山药块抗氧化效果、抑菌作用显著,保鲜期

11 d, 抑菌期 12 d, 感官品质佳, 褐变度低。在实际生产中, 综合考虑应用成本和应用浓度越低越好的原则, 可根据货架期的长短需求, 选择适宜的浓度。即结合 0~4 °C 低温冷链, 货架期要求 4 d 以内, 可选择采用清水连续冲洗; 货架期要求 4~7 d, 可采用 0.05% 茶多酚处理; 货架期要求 7~9 d, 可采用 0.10% 茶多酚处理; 货架期要求 9~11 d, 可采用 0.20% 茶多酚处理。

参考文献

- [1] 梁杉, 王琨, 刘佩瑶, 等. 山药多糖结构、生物活性及其机制研究进展[J]. 食品科学, 2022, 43(23): 296-304.
- [2] LI Q, LI X J, REN Z Y, et al. Physicochemical properties and antioxidant activity of Maillard reaction products derived from *Dioscorea opposita* polysaccharides[J]. LWT-Food Science and Technology, 2021, 149: 111833.
- [3] 杨雁, 孙羽灵, 孙建梅, 等. 山药活性成分药理作用研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2022, 41(12): 55-60.
- [4] 田贤, 韩宝银. 山药药食保健功能及开发利用研究进展[J]. 中医药导报, 2023, 29(1): 108-111.
- [5] JIANG J, JIANG L, LUO H B, et al. Establishment of a statistical model for browning of fresh-cut lotus root during storage[J]. Postharvest Biology and Technology, 2014, 92: 164-171.
- [6] ZHANG G J, GU L B, LU Z F, et al. Browning control of fresh-cut Chinese yam by edible coatings enriched with an inclusion complex containing star anise essential oil[J]. RSC Advances, 2019, 9(9): 5002-5008.
- [7] 王梅. 鲜切山药天然保鲜技术研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2017.
- [8] 李超, 冯志宏, 陈会燕, 等. 鲜切果蔬保鲜技术的研究进展[J]. 保鲜与加工, 2010, 10(1): 3-6.
- [9] 吴昌术, 王凯杰. 物理保鲜技术在鲜切果蔬保鲜加工中应用的研究进展[J]. 农产品加工, 2017(13): 55-58.
- [10] 郭衍银. 化学保鲜在国外鲜切果蔬上的应用进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(6): 403-408.
- [11] BULL R J, CROOK J, WHITTAKER M, et al. Therapeutic dose as the point of departure in assessing potential health hazards from drugs in drinking water and recycled municipal wastewater[J]. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2011, 60(1): 1-19.
- [12] BILEK S E, TURANTAS F. Decontamination efficiency of high power ultrasound in the fruit and vegetable industry a review[J]. International Journal of Food Microbiology, 2013, 166(1): 155-162.
- [13] 董妍, 胡文忠, 姜爱丽. 鲜切果蔬中生物保鲜剂的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(7): 2409-2414.
- [14] 李柳冰, 刘巧瑜, 陈海光, 等. 天然保鲜剂的研究进展[J]. 广州化工, 2018, 46(15): 32-34.
- [15] LIU S Y, ZHANG Q Q, LI H, et al. Comparative assessment of the antibacterial efficacies and mechanisms of different tea extracts[J]. Foods, 2022, 11(4): 620.
- [16] WU M S, BROWN A C. Applications of catechins in the treatment of bacterial infections[J]. Pathogens, 2021, 10(5): 546.
- [17] MOHAMMADI T N, MAUNG A T, SATO J, et al. Mechanism for antibacterial action of epigallocatechin gallate and theaflavin-3, 3'-digallate on *Clostridium perfringens*[J]. Journal of Applied Microbiology, 2019, 126(2): 633-640.
- [18] HENGGE R. Targeting bacterial biofilms by the green tea polyphenol EGCG[J]. Molecules, 2019, 24(13): 2403.
- [19] 王伟伟, 陈琳, 张建勇, 等. 茶多酚的特性及其在食品中的应用[J]. 中国茶叶, 2020, 42(11): 1-7.
- [20] 孙华林. 天然抗氧化剂: 茶多酚在食品行业应用前景[J]. 化工中间体, 2003(1): 24-25.
- [21] 潘俊娴, 刘均, 吕杨俊, 等. 茶多酚对水产品保鲜作用的研究进展[J]. 中国茶叶加工, 2018(3): 10-14.
- [22] 彭乃才. 茶多酚对肉品保鲜的机理及其应用研究[J]. 肉类工业, 2015(5): 47-50.
- [23] 张冠亚, 吴西芝, 刘英语. 茶多酚在食品工业中的应用及其市场前景[J]. 食品安全导刊, 2023(3): 184-186.
- [24] 叶绮云, 宋思园, 全育集, 等. 天然抗氧化剂在食用油脂中抗氧化作用的研究[J]. 现代食品, 2022, 28(11): 177-180.
- [25] 郑丽萍, 王皓, 李玉玲. 鲜切山药保鲜剂开发及应用效果研究[J]. 中州大学学报, 2020, 37(4): 120-124.
- [26] 董雷. 鲜切山药保鲜加工关键技术研究[D]. 河南新乡: 河南科技学院, 2012.
- [27] 胡婷, 谈叶, 吴鹏, 等. 鲜切佛手山药的护色条件优化[J]. 黄冈师范学院学报, 2020, 40(6): 20-24.
- [28] 杨福馨, 王金鑫, 朱惠, 等. 鲜切山药的抗菌处理及保鲜包装研究[J]. 包装学报, 2018, 10(2): 62-67.
- [29] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789.2-2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [30] 中华人民共和国卫生部, 食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠埃希氏菌计数: GB 4789.38-2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [31] 胡文忠. 鲜切果蔬科学与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [32] 唐金蕾, 陈媛媛, 程代, 等. 复合保鲜液对鲜切山药的护色保鲜作用[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(3): 212-220.
- [33] NGUYEN T C, CARLIN F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables[J]. Food Science and Nutrition, 1994, 34(4): 371-401.
- [34] 李柯欣. 茶多酚的提取、抑菌作用与抑菌机理研究[D]. 成都: 西华大学, 2017.
- [35] 郑丽静, 叶孟亮, 李红琴, 等. 绿芥末对即食鲜切生菜的保鲜效果[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(5): 156-161.
- [36] 管馨馨, 胡文忠, 李婉莹, 等. 毛茶茶多酚提取工艺优化及其对鲜切苹果品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(23): 124-129.
- [37] 李晶莹, 王筠婷, 葛婷, 等. 2 种天然食品防腐剂在鲜切蔬菜保鲜中的应用研究[J]. 食品工程, 2015(4): 29-32.