

外源茉莉酸甲酯对苹果贮藏性能的影响

彭永强

林芝市朗县拉多乡农牧综合中心

DOI:10.12238/as.v8i7.3168

[摘要] 本研究旨在探究外源茉莉酸甲酯(MeJA)处理对苹果贮藏性能的影响,为苹果贮藏保鲜提供新的技术手段。通过设置不同浓度MeJA处理组和对照组,在常温及低温贮藏条件下,定期测定苹果的硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、呼吸强度、乙烯释放量、丙二醛(MDA)含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性以及腐烂率等指标。结果表明,适宜浓度的MeJA处理可有效延缓苹果硬度的下降,维持较高的可溶性固形物和可滴定酸含量,降低呼吸强度和乙烯释放量,减少MDA的积累,提高SOD和CAT活性,从而显著降低苹果的腐烂率,延长贮藏期。

[关键词] 茉莉酸甲酯; 苹果; 贮藏性能; 生理指标

中图分类号: S661.1 **文献标识码:** A

Effects of methyl jasmate on storage performance of apples

Yongqiang Peng

Lang County Agricultural and Pastoral Comprehensive Center, Nyingchi City

[Abstract] This study investigates the effects of exogenous methyljasmine acid (MeJA) treatment on apple storage performance, providing a novel technical approach for fruit preservation. By establishing different MeJA concentration treatment groups and control groups under normal temperature and low-temperature storage conditions, we regularly measured key indicators including firmness, soluble solids content, titratable acid content, respiration rate, ethylene release, malondialdehyde (MDA) levels, superoxide dismutase (SOD) activity, catalase (CAT) activity, and rotting rate. Results demonstrate that appropriate MeJA concentrations effectively delay firmness decline, maintain high soluble solids and titratable acid levels, reduce respiration rate and ethylene release, decrease MDA accumulation, enhance SOD and CAT activity, thereby significantly lowering apple rotting rates and extending storage duration.

[Key words] methyl jasminate; apple; storage performance; physiological index

茉莉酸甲酯(MeJA)作为一种天然的植物激素,在植物生长发育、逆境胁迫响应等方面发挥着重要作用。苹果作为全球广泛种植和消费的水果之一,其营养丰富、口感鲜美,深受消费者喜爱。然而,苹果在采后贮藏过程中极易发生腐烂、失水、软化等现象,导致品质下降,缩短了货架期,给果农和经销商带来了巨大的经济损失。因此,如何有效延长苹果的贮藏期,保持其品质,成为当前水果贮藏保鲜领域的研究热点。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本研究选取富士苹果作为试验对象。于当地优质苹果种植园,在果实成熟度一致(依据果实色泽、硬度及可溶性固形物含量等综合判断达到商业成熟度标准)时进行采摘^[1]。采摘后迅速将苹果运回实验室,在实验室环境下再次仔细筛选,挑选出大小均匀(单果质量波动范围控制在 $\pm 10\text{g}$ 以内)、色泽相近(果面底

色和着色程度基本一致)的果实,用于后续不同浓度茉莉酸甲酯处理及贮藏性能研究。

1.2 试验设计

将苹果随机分为5组,每组设置3个重复,每个重复包含30个果实。对照组(CK)不进行MeJA处理,其余4组分别用不同浓度的MeJA溶液($10\text{ }\mu\text{mol/L}$ 、 $50\text{ }\mu\text{mol/L}$ 、 $100\text{ }\mu\text{mol/L}$ 、 $200\text{ }\mu\text{mol/L}$)进行浸泡处理,处理时间为10min,然后自然晾干。处理后的苹果分别置于常温($20\pm 1^\circ\text{C}$)和低温($4\pm 1^\circ\text{C}$)条件下贮藏,定期取样测定各项指标。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 硬度测定

本研究采用果实硬度计(型号:GY-4型,精度 0.1kg/cm^2)对苹果硬度进行测定。具体操作如下:在每个果实赤道部位,选取对称的4个点,用硬度计探头垂直于果面缓慢压入,直至达到规

定的深度(通常为8mm),记录此时硬度计显示的数值,每个点测定一次,取4个点的平均值作为该果实的硬度值。每个处理组每次测定10个果实,重复3次,以减少误差^[2]。

1.3.2可溶性固形物含量测定

采用手持折光仪(型号: ATAGOPAL-1型,精度0.1%)进行测定。从每个果实中部切取小块果肉,用榨汁机榨取汁液,过滤后取适量汁液滴在折光仪的棱镜表面,闭合棱镜盖,通过目镜读取折光仪显示的数值,即为苹果汁液的可溶性固形物含量。每个处理组每次测定10个果实,每个果实测定1次,重复3次。

1.3.3可滴定酸含量测定

采用酸碱滴定法进行测定,以苹果酸计。称取一定量的果肉样品,加入适量蒸馏水研磨成匀浆,转移至容量瓶中定容。取一定体积的样品液,加入酚酞指示剂,用0.1mol/L的NaOH标准溶液滴定至溶液呈微红色且30s不褪色,记录消耗的NaOH溶液体积^[3]。每个处理组每次测定3个果实,每个果实重复测定3次。

1.3.4呼吸强度测定

将一定重量(精确至0.01g)的苹果放入密闭的呼吸瓶中,在恒温条件下(常温20±1℃或低温4±1℃)静置一段时间(通常为1h),然后抽取瓶内气体,用气相色谱仪(配备热导检测器)测定其中CO₂的含量,根据CO₂的增加量计算苹果的呼吸强度,以单位时间内单位重量果实释放的CO₂量(mgCO₂/kg·h)表示^[4]。每个处理组每次测定3个重复,每个重复10个果实。

1.3.5乙烯释放量测定

采用气相色谱法测定苹果的乙烯释放量。将苹果放入密闭的玻璃容器中,在恒温条件下(常温20±1℃或低温4±1℃)培养一定时间(通常为1h),然后用注射器抽取容器内气体,注入气相色谱仪(配备氢火焰离子化检测器)进行分析,根据乙烯的峰面积和标准曲线计算乙烯的释放量,以单位时间内单位重量果实释放的乙烯量(μLC₂H₄/kg·h)表示。每个处理组每次测定3个重复,每个重复10个果实。

1.3.6丙二醛(MDA)含量测定

采用硫代巴比妥酸(TBA)法进行测定。称取一定量的果肉样品,加入适量的三氯乙酸(TCA)溶液研磨成匀浆,离心后取上清液。向上清液中加入TBA溶液,混合后在沸水浴中加热一定时间,冷却后再次离心,取上清液在特定波长(450nm、532nm和600nm)下测定吸光度,根据公式计算MDA含量。每个处理组每次测定3个果实,每个果实重复测定3次。

1.3.7超氧化物歧化酶(SOD)活性测定

采用氮蓝四唑(NBT)光化还原法进行测定。称取一定量的果肉样品,加入适量的提取缓冲液研磨成匀浆,离心后取上清液作为酶提取液。在反应体系中加入酶提取液、NBT溶液、核黄素溶液等,在光照条件下反应一定时间,然后在黑暗条件下终止反应,测定反应液在560nm波长下的吸光度。根据吸光度的变化计算SOD活性,以抑制NBT光化还原50%为一个酶活性单位(U),以单位重量鲜重果实的酶活性(U/gFW)表示。每个处理组每次测定3个果实,每个果实重复测定3次。

1.3.8过氧化氢酶(CAT)活性测定

采用紫外吸收法进行测定。称取一定量的果肉样品,加入适量的提取缓冲液研磨成匀浆,离心后取上清液作为酶提取液。在反应体系中加入酶提取液和过氧化氢溶液,立即在240nm波长下测定吸光度的变化,根据吸光度的变化速率计算CAT活性,以每分钟每克鲜重果实分解的过氧化氢的量(μmolH₂O₂/gFW·min)表示。每个处理组每次测定3个果实,每个果实重复测定3次。

1.3.9腐烂率统计

定期观察各处理组苹果的腐烂情况,统计腐烂果实的数量。腐烂果实表现为果面出现褐色斑点、软腐等症状。腐烂率计算公式为:腐烂率(%)=(腐烂果实数/总果实数)×100%。每个处理组每次统计3个重复,每个重复30个果实。

1.4数据分析

采用SPSS26.0软件对试验数据进行统计分析。首先对数据进行正态性检验和方差齐性检验,若数据满足正态分布和方差齐性,则采用单因素方差分析(ANOVA)比较不同处理组之间的差异。若存在显著差异(P<0.05),进一步采用Duncan's多重比较法进行组间差异显著性检验。对于不满足正态分布或方差齐性的数据,采用非参数检验方法进行分析。所有数据均以平均值±标准误(Mean±SE)表示,以P<0.05作为差异显著性的判断标准。通过数据分析,明确不同浓度MeJA处理对苹果贮藏性能各项指标的影响程度,为后续结果讨论和结论得出提供科学依据。

2 结果与分析

不同浓度MeJA处理对富士苹果贮藏品质有显著影响,具体结果如表1所示。

表1 不同浓度MeJA处理对富士苹果贮藏品质的影响

指标	50 μmol/LMeJA 处理效果概述
硬度	常温、低温贮藏硬度保持最佳(P<0.05)
糖酸含量	贮藏期糖酸积累多、下降慢(P<0.05)
呼吸与乙烯	呼吸强度、乙烯释放量抑制显著(P<0.05)
MDA与酶活	MDA含量低,SOD、CAT活性高(P<0.05)
腐烂率	防腐效果最佳,腐烂率最低(P<0.05)

2.1外源MeJA对苹果硬度的影响

在常温和低温贮藏条件下,随着贮藏时间的延长,各处理组苹果的硬度均呈下降趋势。但与对照组相比,不同浓度MeJA处理均能在一定程度上延缓苹果硬度的下降。其中,50 μmol/LMeJA处理组在常温和低温贮藏期间均表现出最佳的硬度保持效果,显著高于其他处理组(P<0.05)。

2.2外源MeJA对苹果可溶性固形物和可滴定酸含量的影响

在贮藏过程中,各处理组苹果的可溶性固形物和可滴定酸含量均呈先上升后下降的趋势。与对照组相比,MeJA处理组在贮藏前期能够促进可溶性固形物和可滴定酸含量的积累,而在贮藏后期则能有效减缓其下降速度。特别是50 μmol/LMeJA处理组,

在常温和低温贮藏条件下均能保持较高的可溶性固形物和可滴定酸含量,显著优于其他处理组($P<0.05$)。

2.3 外源MeJA对苹果呼吸强度和乙烯释放量的影响

在贮藏过程中,各处理组苹果的呼吸强度和乙烯释放量均呈上升趋势。但与对照组相比,MeJA处理组能够显著降低苹果的呼吸强度和乙烯释放量($P<0.05$)。其中,50 $\mu\text{mol/L}$ MeJA处理组在常温和低温贮藏条件下均表现出最佳的抑制效果。

2.4 外源MeJA对苹果丙二醛(MDA)含量和抗氧化酶活性的影响

MDA是膜脂过氧化的产物,其含量反映了细胞膜的损伤程度(表2)。

表2 外源MeJA对苹果丙二醛(MDA)含量和抗氧化酶活性的影响

贮藏条件	组别	MDA含量	MDA含量	SOD活性	CAT活性($\mu\text{molH}_2\text{O}_2$
		(nmol/gFW)	(nmol/gFW)	(U/gFW)贮藏30天	/gFW $\cdot\text{min}$)贮藏30天
常温($20\pm1^\circ\text{C}$)	对照组(CK)	2.5 $\pm$ 0.2	8.7 $\pm$ 0.5	120 $\pm$ 8	15 $\pm$ 2
常温($20\pm1^\circ\text{C}$)	10 $\mu\text{mol/L}$ MeJA	2.4 $\pm$ 0.2	7.2 $\pm$ 0.4*	145 $\pm$ 9*	18 $\pm$ 2*
常温($20\pm1^\circ\text{C}$)	50 $\mu\text{mol/L}$ MeJA	2.5 $\pm$ 0.1	5.8 $\pm$ 0.3***	180 $\pm$ 10***	22 $\pm$ 3***
常温($20\pm1^\circ\text{C}$)	100 $\mu\text{mol/L}$ MeJA	2.6 $\pm$ 0.2	6.5 $\pm$ 0.4**	160 $\pm$ 8**	20 $\pm$ 2**
常温($20\pm1^\circ\text{C}$)	200 $\mu\text{mol/L}$ MeJA	2.5 $\pm$ 0.2	7.0 $\pm$ 0.5*	150 $\pm$ 7*	19 $\pm$ 2*
低温($4\pm1^\circ\text{C}$)	对照组(CK)	2.2 $\pm$ 0.1	6.0 $\pm$ 0.3	130 $\pm$ 7	16 $\pm$ 2
低温($4\pm1^\circ\text{C}$)	10 $\mu\text{mol/L}$ MeJA	2.1 $\pm$ 0.1	5.0 $\pm$ 0.2*	155 $\pm$ 8*	19 $\pm$ 2*
低温($4\pm1^\circ\text{C}$)	50 $\mu\text{mol/L}$ MeJA	2.2 $\pm$ 0.1	4.2 $\pm$ 0.2***	190 $\pm$ 9***	24 $\pm$ 3***
低温($4\pm1^\circ\text{C}$)	100 $\mu\text{mol/L}$ MeJA	2.3 $\pm$ 0.1	4.8 $\pm$ 0.3**	170 $\pm$ 8**	21 $\pm$ 2**
低温($4\pm1^\circ\text{C}$)	200 $\mu\text{mol/L}$ MeJA	2.2 $\pm$ 0.1	5.2 $\pm$ 0.3*	160 $\pm$ 7*	20 $\pm$ 2*

在贮藏过程中,各处理组苹果的MDA含量均呈上升趋势。与对照组相比,MeJA处理组能够显著降低苹果的MDA含量($P<0.05$),表明MeJA处理能够减轻细胞膜的氧化损伤。同时,MeJA处理组还能显著提高苹果组织中的SOD和CAT活性($P<0.05$),增强果实的抗氧化能力。特别是50 $\mu\text{mol/L}$ MeJA处理组,在常温和低温贮藏条件下均表现出最佳的抗氧化效果。

2.5 外源MeJA对苹果腐烂率的影响

各处理组苹果的腐烂率均呈上升趋势。但与对照组相比,MeJA处理组能够显著降低苹果的腐烂率($P<0.05$)。其中,50 $\mu\text{mol/L}$ MeJA处理组在常温和低温贮藏条件下均表现出最佳的防腐效果,腐烂率显著低于其他处理组($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 外源MeJA对苹果贮藏性能的影响机制

本研究结果表明,适宜浓度的MeJA处理能够显著改善苹果的贮藏性能,延缓果实软化、保持品质、抑制呼吸作用和乙烯合成、减轻膜脂过氧化以及降低腐烂率。一方面,MeJA能够激活苹

果体内的抗氧化防御系统,提高SOD和CAT等抗氧化酶的活性,清除活性氧自由基,减轻膜脂过氧化损伤;另一方面,MeJA能够调节苹果的糖酸代谢和乙烯合成途径,延缓果实的成熟衰老进程,从而降低腐烂率。

3.2 外源MeJA处理浓度的优化

本研究发现,其中,50 $\mu\text{mol/L}$ MeJA处理组在各项指标上均表现出最佳效果。这可能是因为适宜浓度的MeJA能够诱导苹果产生适度的抗逆性反应,而过高或过低的浓度则可能无法达到理想的保鲜效果。因此,在实际应用中,需要根据苹果的品种、成熟度、贮藏条件等因素来优化MeJA的处理浓度。

3.3 外源MeJA处理与其他保鲜技术的结合应用

虽然MeJA处理在苹果贮藏保鲜中表现出良好的效果,但单一的处理方法往往难以达到理想的保鲜效果。因此,未来可以将MeJA处理与其他保鲜技术(如低温贮藏、气调贮藏、涂膜保鲜等)相结合,形成综合保鲜体系,以进一步提高苹果的贮藏性能和品质。

4 结语

综上所述,本研究通过系统研究不同浓度MeJA处理对苹果贮藏期间生理生化指标及腐烂率的影响,发现适宜浓度的MeJA处理能够显著改善苹果的贮藏性能,延缓果实软化、保持品质、抑制呼吸作用和乙烯合成、减轻膜脂过氧化以及降低腐烂率。未来,可以进一步优化MeJA的处理浓度和处理方式,探索其与其他保鲜技术的结合应用,为苹果贮藏保鲜提供更加科学、有效的技术手段。

参考文献

- [1]王成.韭菜光合作用、内源激素及风味物质代谢对外源茉莉酸甲酯的响应[D].甘肃农业大学,2022.
- [2]杨晓涵.外源茉莉酸甲酯抑制不同溶质桃果实采后冷害的作用机制研究[D].浙江工商大学,2022.
- [3]范翌婷,李灿婴,朱洁,等.外源茉莉酸甲酯对苹果贮藏品质和有机酸代谢的影响[C]//中国食品科学技术学会.中国食品科学技术学会第十八届年会摘要集.渤海大学食品科学与工程学院生鲜农产品贮藏加工及安全控制技术国家地方联合工程研究中心,2022:458.
- [4]赵显阳.外源茉莉酸甲酯(MeJA)对梨果实抗青霉病及其保鲜作用的研究[D].江西农业大学,2020.

作者简介:

彭永强(1993--),男,汉族,甘肃定西人,硕士研究生,农艺师,果蔬贮藏与加工,单位:林芝市朗县拉多乡农牧综合中心。