

王 丁,付瑞敏,刘春雷,等. 氢氧化钙对壶瓶枣果实营养品质及风味的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(21):196-200.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.21.032

氢氧化钙对壶瓶枣果实营养品质及风味的影响

王 丁¹,付瑞敏¹,刘春雷¹,杨 雪¹,邢文会¹,夏铁骑¹,郝艳平²

(1. 河南财政金融学院健康管理学院,河南郑州 450046; 2. 山西农业大学林学院,山西太谷 030801)

摘要:为了防治山西枣产区的壶瓶枣黑顶病,以及枣果营养加强、口感以及品质的提升,探寻 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液的最佳喷施浓度。以壶瓶枣为研究对象,分别喷施不同浓度梯度 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液,测定壶瓶枣果肉中蛋白质、维生素 C、膳食纤维、可溶性糖、有机酸含量以及糖酸比的变化情况。结果表明:(1)不同浓度 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液处理条件下,枣果中蛋白质含量随溶液浓度增大而减少,A1 处理最高,为 2.46%,相比对照增加 1.70%;(2)枣果肉中维生素 C 含量随 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液浓度升高呈降低趋势,A1 处理最高,为 399.01 mg/100 g,与对照相比增加 174.43 mg/100 g;(3)不同浓度 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液处理条件下,壶瓶枣果肉中总膳食纤维的含量随着处理浓度的增大呈先上升后下降的趋势,A4 处理最大,为 11.54%,较对照增加 5.76%;(4)不同浓度 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理条件下,壶瓶枣果肉中可溶性糖、有机酸含量均随 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理浓度的增大而增大,而糖酸比随 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理浓度的增大有下降趋势,其中可溶性糖含量 A6 处理最高,为 28.01%,有机酸含量 A8 处理最高,为 2.51%,糖酸比 A1 处理最大,为 13.10。综上所述, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和溶液稀释 300 倍浓度为最佳喷施浓度。

关键词:壶瓶枣;氢氧化钙;膳食营养;风味物质

中图分类号:S665.101

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2021)21-0196-05

大枣(*Zizyphus jujuba* Mill.)属于鼠李科枣属植物,是我国特有果树品种。枣果营养丰富,美味可口,

具有较高的保健和药用价值。另外,枣树抗逆性强、耐瘠薄,且产量丰富,具有显著的经济价值和生态效益。因此,枣树已经成为我国北方广泛发展和推广的热点经济树种^[1]。壶瓶枣是我国十大名枣之一,因其个大肉厚、汁液丰富,具有较高的经济价值。枣黑顶病于 2004 年在山西南部最先发现,严重时病果率高达 90%,表现为枣果顶部黑皱,味道苦涩,无法食用,使得枣果失去商品价值,对果农造成较大损失。刘贤谦教授首先将其命名为枣黑顶病,并证明枣黑顶病是由空气中的氟污染引起的,

收稿日期:2021-06-09

基金项目:河南省重点攻关项目(编号:172102110183);河南省教育厅科技项目(编号:15A210020);河南省高校青年骨干教师资助计划(编号:2015GGJS-216);山西省应用基础研究计划青年基金(编号:201601010399094)。

作者简介:王 丁(1980—),男,山西平陆人,博士,副教授,主要从事植物生理生态学研究。E-mail:406914234@qq.com。

通信作者:郝艳平,硕士,副教授,主要从事枣园病虫害防治工作。

E-mail:425013393@qq.com。

[17]王彦博,石 燕,袁毅君. 麦积山野生刺五加多酚与黄酮的超声辅助提取与体外抗氧化活性的研究[J]. 天然产物研究与开发,2019,31(12):2153-2162.

[18]李 月,纪乃茹,李 健,等. 红毛藻多酚提取工艺优化及抗氧化活性[J]. 食品工业科技,2021,42(7):156-161.

[19]Ghitecu R E, Volf I, Carausu C, et al. Optimization of ultrasound-assisted extraction of polyphenols from spruce wood bark[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2015, 22: 535-541.

[20]罗 兰,李欢欢,汪 芳,等. 响应面法和正交实验法优化天山岩黄芩多酚提取纯化工艺[J]. 食品安全质量检测学报,2020,11(10):3156-3163.

[21]王红玉,焦林宏,赵 芳,等. 超声辅助提取盐碱地苦菜多酚及其抗氧化活性研究[J]. 粮食与油脂,2020,33(7):74-78.

[22]贺银菊,张旋俊,杨再波,等. 响应面优化紫果西番莲叶多酚超

声辅助提取工艺及其抗氧化活性[J]. 食品工业科技,2021,42(1):211-216,226.

[23]Guo L, Tan D C, Bao R J, et al. Purification and antioxidant activities of polyphenols from *Boletus edulis* Bull. :Fr[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2020, 14(2): 649-657.

[24]张 蕊,仝媛媛,陈 龙,等. 天然来源的抗氧化剂的临床应用及研究进展[J]. 山东化工,2020,49(22):48-52.

[25]尹国利,赵 露,邹成梅,等. 超声波辅助提取苦丁茶多酚及其抗氧化与降糖活性研究[J]. 食品研究与开发,2020,41(17):48-55.

[26]袁 娟,卫 娜,徐 勇,等. 白豆提取物对 α -淀粉酶和 α -葡萄糖苷酶活性研究[J]. 食品与发酵科技,2014,50(3):12-15.

[27]刘杰超,张春岭,刘 慧,等. 超临界 CO_2 萃取枣核多酚工艺优化及其生物活性[J]. 食品科学,2013,34(22):64-69.

为生理性病害^[2]。前期研究发现,外源钙剂能有效抑制枣黑顶病的发病率,与 CaCl_2 相比, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 防治效果较好^[3]。

钙离子作为连接细胞内外生理生化反应的第二信使,是植物必需的微量元素之一。另外,钙离子还是植物细胞壁、细胞膜的组成物质之一,它对于植物细胞稳定性以及细胞内酶活性均具有重要的调控作用^[4]。卢桂宾等研究表明,对果实生长发育来说,钙素营养的影响比氮、磷、钾等大量元素要大,且与果实的品质口感以及微量元素关系密切^[5]。蛋白质是人类膳食营养中不可或缺的三大产能营养素之一,在人类饮食中有着举足轻重的作用。植物中的维生素 C 的作用不仅仅在于为人类提供了日常饮食所需维生素 C,同时也是植物体内重要的抗氧化物质,普遍存在于植物细胞中。膳食纤维是指不能被人体消化吸收的一类碳水化合物,主要包括纤维素、半纤维素、果胶、低聚糖及其亲水衍生物,对人体健康有重要意义。可溶性糖是植物果实甜味的基础,是影响果实风味的重要指标之一。有机酸是影响果实风味的重要指标,其分解代谢是水果的主要代谢过程。糖酸比是果实中可溶性糖与可滴定有机酸含量的比值,是衡量果实风味口感的重要指标。喷施外源钙对果树的生长发育、产量形成、果实的外观品质、风味口感、耐储藏性、矿物质元素以及抗病性均有着重要影响^[6-10]。然而,喷施 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 对壶瓶枣采后果实中蛋白质、维生素 C 等营养元素以及可溶性糖、有机酸等风味物质的影响尚未见系统研究。本试验以壶瓶枣为研究对象,探讨了不同浓度梯度 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液处理条件下,枣果肉中蛋白质、维生素 C、膳食纤维、可溶性糖、有机酸含量以及糖酸比的变化情况,目的在于能够基本防治山西枣产区的枣黑顶病的基础之上,寻找喷施 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液的最佳浓度,为壶瓶枣枣果营养加强、口感改善提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况及试验材料

试验地位于山西农业大学果树研究所枣种质资源圃内。试验地土壤为碳酸盐褐土,中等肥力,平均有机质含量为 1.43%,容重为 1.32 g/cm^3 ,弱碱性,pH 值为 7.68,腐殖质较少。试验选取枣树品种为壶瓶枣,树高及冠幅大致相同且生长良好,树龄约 10 年。

1.2 试验方法

试验共有 9 组处理,每个处理 3 株,共 27 株枣树。配制 8 种不同浓度梯度的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液,喷施时间为 2017 年 7 月 22 日开始,每 10 d 喷施 1 次,共喷 6 次,以清水作为对照^[3]。溶液配制方法为:先配制 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (0.165%) 饱和溶液,然后按照稀释 50 倍(A8)、100 倍(A7)、150 倍(A6)、200 倍(A5)、225 倍(A4)、250 倍(A3)、275 倍(A2)、300 倍(A1) 浓度配制 8 种不同浓度梯度的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液,对照为清水(CK)。于 9 月 20 日壶瓶枣成熟后开始采摘枣果,每株树随机采摘 10 颗大小相近的枣果,立即用事先准备好的冰盒冷藏,随后带回实验室进行相关指标测定。

1.3 测定方法

枣果中蛋白质含量采用考马斯亮蓝法测定;维生素 C 含量测定采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法;膳食纤维含量用酶质量法测定;可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定;有机酸含量采用酸碱中和滴定法测定^[11]。

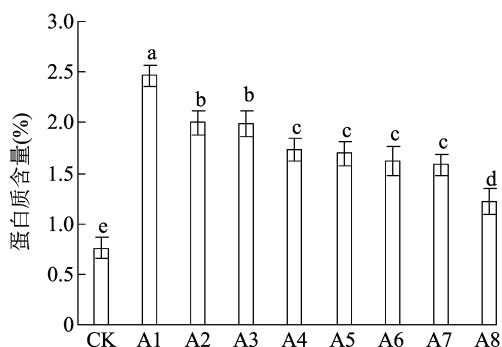
1.4 数据处理

采用 Excel 2019 软件绘制直方图,差异显著检验以及多重比较采用 DPS 14.0 软件进行分析比较。

2 结果与分析

2.1 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理对枣果中蛋白质含量的影响

由图 1 可知,不同浓度 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液处理条件下,枣果果肉中蛋白质含量均显著高于对照($P < 0.05$),且枣果中蛋白质含量随溶液浓度增大而减少。A1 处理枣果蛋白质含量最高,为 2.46%,相比对照增加 1.70 g/100 g,A2、A3 处理间差异不显著,A4、A5、A6、A7 处理间差异不显著,A8 处理枣果中蛋白质含量为 1.22%,较对照增加 0.46%。



柱上不同字母表示处理间差异达到显著水平($P < 0.05$)。下图同
图1 氢氧化钙浓度对壶瓶枣果肉蛋白质含量的影响

2.2 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理对枣果中维生素 C 含量的影响

由图 2 可知,A1、A2、A3、A4、A5 处理壶瓶枣果肉中维生素 C 含量显著高于对照 ($P < 0.05$),A6、A7、A8 处理与对照差异不显著。A1、A3 处理间差异不显著,A2、A3、A4 处理间差异不显著,A6、A7、A8 处理间差异不显著。说明 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和溶液稀释 200 ~ 300 倍处理可显著增加壶瓶枣果肉中维生素 C 含量,且枣果肉中维生素 C 含量随 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液浓度升高而减少。维生素 C 含量最高的为 A1 处理,其果肉中维生素 C 含量为 399.01 mg/100 g,与对照相比增加 174.43 mg/100 g,A8 处理最小,相比对照增量仅为 5.71 mg/100 g。

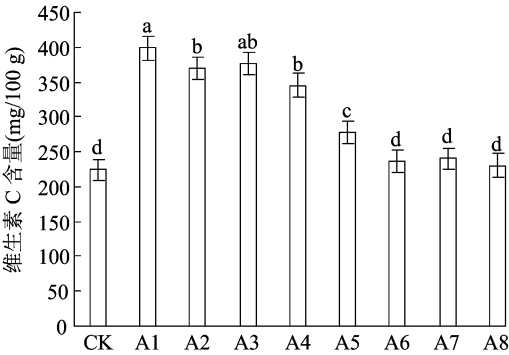


图2 氢氧化钙浓度对壶瓶枣果肉维生素 C 含量的影响

2.3 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理对枣果中膳食纤维含量的影响

由图 3 可知,不同浓度 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理条件下,壶瓶枣果肉中总膳食纤维的含量均显著高于对照 ($P < 0.05$),A1、A2、A7、A8 处理间差异不显著,A3、A5、A6 处理间差异不显著,且随着处理浓度的增大,果肉中膳食纤维含量先上升后下降,其中 A4 处理枣果中膳食纤维含量最大,为 11.54%,与对照相比增量为 5.76%,A2 处理最小,为 7.04%,与对照相比增量仅为 1.26%。

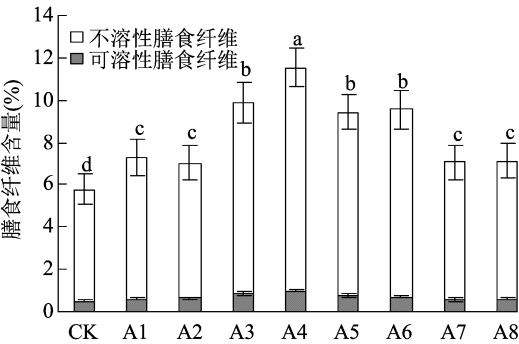


图3 氢氧化钙对壶瓶枣果肉膳食纤维含量的影响

2.4 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理对壶瓶枣枣果风味的影响

2.4.1 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理对壶瓶枣果肉可溶性糖含量

的影响 由图 4 可知,不同浓度 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理条件下,壶瓶枣果肉中可溶性糖含量均显著高于对照 ($P < 0.05$)。其中,A6 处理壶瓶枣果肉中可溶性糖含量最高,为 28.01%,最低为 A2 处理的 26.00%。经多重比较,A1、A2、A3、A4、A5 和 A8 处理间差异不显著,A5、A7 处理间差异不显著,A6、A7 处理间差异不显著。

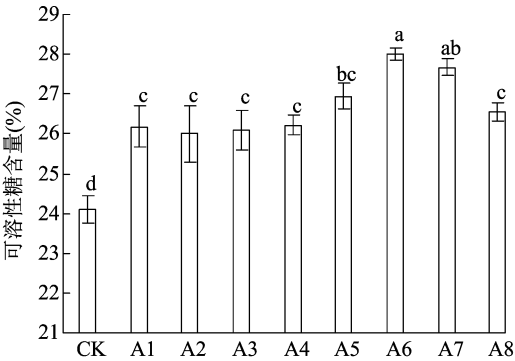


图4 氢氧化钙浓度对壶瓶枣果肉维可溶性糖含量的影响

2.4.2 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理对壶瓶枣果肉有机酸含量的影响

由图 5 可知,壶瓶枣果肉中有机酸含量与处理浓度呈正相关关系,即果肉中有机酸含量随 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理浓度的增大而增大。与对照相比,A1、A2 处理差异不显著,其余处理均与对照达到显著差异 ($P < 0.05$),A2、A3、A4、A5 处理间差异不显著,A7、A8 处理间差异不显著。有机酸含量最高为 A8 处理的 2.51%,与对照相比增加了 0.51%。

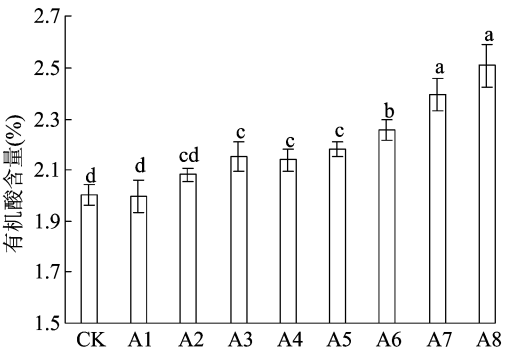


图5 氢氧化钙浓度对壶瓶枣果肉有机酸含量的影响

2.4.3 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理对壶瓶枣果肉糖酸比含量的影响

由图 6 可知,A1 处理枣果肉糖酸比为 13.10,极显著高于对照 ($P < 0.01$),而 A8 处理枣果肉中糖酸比为 10.57,极显著低于对照 ($P < 0.01$)。其余处理枣果肉中糖酸比在 11.55 ~ 12.49 之间,均与对照差异不显著。随着处理浓度的增大,枣果肉中糖酸比有下降趋势。

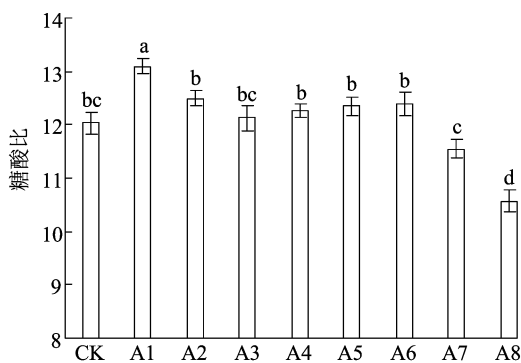


图6 氢氧化钙浓度对壶瓶枣果肉糖酸比的影响

3 讨论

蛋白质是基因表达的最终产物,生命功能的执行者,是生物生命活动最重要的物质之一。钙离子作为第二信使,必须与蛋白质结合才能把信号有效放大和传递^[12],这些蛋白质包括钙调蛋白(CaM)、钙调素样蛋白(CML)、钙调神经磷酸酶b样蛋白(CBL)和钙依赖性蛋白激酶(CDPK)等。植物细胞内钙离子浓度的增加能激活这些蛋白质的表达^[13]。上述蛋白属于钙离子信号转导蛋白,通过与下游结合蛋白结合调控植物细胞内各种酶类的活性,从而起到调控植物细胞生理活性的作用^[14]。陈虹研究发现,钙制剂能显著提高壶瓶枣果肉中蛋白质含量,且壶瓶枣果肉中蛋白质含量与枣裂果率呈极显著负相关^[15]。张丽秋等研究了外源钙对马铃薯贮藏品质的影响,结果发现特定浓度外援钙可增加马铃薯蛋白质含量,不施钙或者高浓度钙均不利于马铃薯蛋白质的积累^[16]。本研究发现,Ca(OH)₂溶液处理可极显著提高壶瓶枣果肉中蛋白质含量,其中Ca(OH)₂饱和溶液稀释300倍的低浓度溶液效果最好,且蛋白质含量随溶液浓度增大而减少,研究结果与张秋丽的研究结果^[16]类似。

众多学者研究表明,喷施外源钙能有效增加果实中维生素C含量^[17]。例如,黄鹏的研究表明,与对照相比,采前钙处理能显著提高无花果果实中维生素C含量^[18]。宋永令等用乳酸钙处理猕猴桃鲜果^[19]也得到了类似结果。本研究结果表明,喷施中低浓度Ca(OH)₂溶液可极显著增加壶瓶枣果肉维生素C含量,且含量随Ca(OH)₂溶液浓度升高而减少。其可能的原因是,钙处理能明显抑制抗坏血酸氧化酶和多酚氧化酶活性,从而降低采后枣果维生素C损失率^[20]。

红枣中含有丰富的膳食纤维,是枣重要的生物

活性物质之一^[21-22]。韩絮周^[23]和裴健翔^[24]的研究表明,与对照相比,钙处理能显著增加红树莓和苹果果实中可溶性果胶、原果胶、纤维素等膳食纤维的含量,其原因是外援钙能抑制多聚半乳糖醛酸酶(PG)、果胶甲基酯酶(PME)和纤维素酶(CX)的活性。陈见晖等研究了钙素对苹果果实 β -1,3-葡聚糖合成酶和 β -1,3-分解酶活性的影响,结果表明,钙处理能显著增加 β -1,3-葡聚糖合成酶活性而抑制 β -1,3-分解酶活性^[25]。本研究表明,喷施Ca(OH)₂能提高壶瓶枣果肉中总膳食纤维的含量,且效果极显著。随着喷施浓度的增大,果肉中膳食纤维含量先上升后下降,其中Ca(OH)₂饱和溶液稀释225倍浓度处理增加效果最明显。

果实在逐渐成熟的过程中,果实中的果胶类物质、纤维素、半纤维素、淀粉等多糖,在酶的作用下逐渐分解成单糖寡糖等可溶性糖,而可溶性糖是植物果实甜味的基础,是影响果实风味的重要指标之一^[26],同时糖也是果实呼吸的底物,对果实的风味、品质、营养价值和贮藏性能均有重要作用。适宜浓度的钙剂能够明显促进果实糖分的积累,从而改善果实风味^[27]。这是由于外源钙处理能显著抑制果实的呼吸强度和乙烯的生成^[28],从而减少葡萄糖等呼吸底物的消耗。本次研究表明,不同浓度Ca(OH)₂处理均显著提高壶瓶枣果肉可溶性糖含量,且Ca(OH)₂饱和溶液稀释150倍浓度处理效果最明显,当Ca(OH)₂浓度进一步提高时,壶瓶枣果实中可溶性糖的含量又会下降。这是因为高浓度的外源钙能显著抑制多聚半乳糖醛酸酶(PG)、果胶甲基酯酶(PME)、纤维素酶(CX)和淀粉酶(AM)的活性^[23-25],从而阻止这些多糖向可溶性糖的转化。本研究结果与韩絮舟等在红树莓上的研究结果^[28]一致。有机酸是影响果实风味的重要指标,主要包括苹果酸、琥珀酸、草酸等,其分解代谢是水果的主要代谢过程,也参与氨基酸和芳香挥发物的生物合成,进而影响水果的风味^[29]。另外,一定量的有机酸还会对微生物产生一定影响而影响果实的贮藏性能^[30]。本次研究表明,喷施Ca(OH)₂能有效提高壶瓶枣果肉中可滴定有机酸含量,果肉中有机酸含量随Ca(OH)₂浓度增大而增大。糖酸比是衡量果实口感品质的重要指标。糖酸比越高,说明果实越甜,口感也就越好,糖酸比越小则反之。本研究表明,低浓度Ca(OH)₂溶液可显著提高壶瓶枣果实糖酸比,而高浓度Ca(OH)₂溶液则降低壶瓶枣果

实糖酸比。这是由于高浓度外源钙抑制了可溶性糖进一步积累的同时增加了枣果中有机酸含量所致。

4 结论

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液处理可极显著提高枣果果肉中蛋白质含量,且蛋白质含量随溶液浓度增大而降低,其中 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和溶液稀释 300 倍的低浓度溶液效果最好; $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和溶液稀释 200 ~ 300 倍处理可极显著增加壶瓶枣果肉维生素 C 含量,且含量随 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液浓度升高而减少;喷施 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 能提高壶瓶枣果肉中总膳食纤维的含量,且效果极显著,其中稀释 225 倍浓度处理增加效果最明显;不同浓度 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 处理均极显著提高壶瓶枣果肉可溶性糖含量,且稀释 150 倍浓度处理效果最明显;喷施 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 能有效提高壶瓶枣果肉中可滴定有机酸含量,且随 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 浓度增大而增大; $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和溶液稀释 300 倍处理可极显著提高壶瓶枣果实糖酸比,而稀释 50 倍处理则极显著降低壶瓶枣果实糖酸比。

综合以上结果, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和溶液稀释 300 倍处理可极显著提高枣果果肉中蛋白质、维生素 C、膳食纤维、可溶性糖含量,且能极显著提高壶瓶枣果实糖酸比从而改善枣果口感。因此 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和溶液稀释 300 倍浓度为最佳喷施浓度。

参考文献:

- [1] 李 栋,薛瑞婷. 山西不同品种枣果品质特性及抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发,2020,41(19):46-50.
- [2] 刘贤谦,李盼盼,尹河龙,等. 大气氟含量与枣黑顶病的相关性[J]. 林业科学,2011,47(10):189-193.
- [3] 邓彩萍,刘贤谦,刘随存,等. 山西枣黑顶病致病因素分析[J]. 植物保护,2012,38(1):141-145.
- [4] 谢玉明,易干军,张秋明. 钙在果树生理代谢中的作用[J]. 果树学报,2003,20(5):369-373.
- [5] 卢桂宾,李春燕,郭晓东. 外源钙肥对枣果实矿质营养元素含量的影响[J]. 经济林研究,2010,28(3):69-74.
- [6] 杨 阳,韩晓梅,陈迎春,等. 叶面喷施硼钙对贵妃玫瑰葡萄产量、品质及硼、钙含量的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(7):144-147.
- [7] 贺红宇,朱永清,王自鹏,等. 采前喷钙对黄秋葵采后贮藏品质的影响[J]. 中国食物与营养,2019,25(5):20-23.
- [8] 高 丹,周晓超,苏 阳,等. 叶面喷施钾、钙和镁肥调节三月红荔枝果皮着色和果肉风味变化同步的效果[J]. 中国土壤与肥料,2016(1):112-118.
- [9] 黄虹心,杨昌鹏,刘柳姣. 采前喷钙对杨桃果实贮藏品质及相关

- 酶活的影响[J]. 湖北农业科学,2012,51(12):2546-2548.
- [10] 王智明,王敏欣,冀定磊,等. 钙、硼与早酥梨木栓化褐变的关系研究[J]. 陕西农业科学,2020,66(4):19-21,95.
- [11] 曹健康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007:34-35,60-61.
- [12] Gao Q Y, Tan Q Q, Song Z Y, et al. Calcium chloride postharvest treatment delays the ripening and softening of papaya fruit[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2020, 44(8):e14604.
- [13] Kamthan A, Kamthan M, Kumar A, et al. A calmodulin like EF hand protein positively regulates oxalate decarboxylase expression by interacting with E-box elements of the promoter[J]. Scientific Reports, 2015, 5:14578.
- [14] 毛国红,宋林霞,孙大业. 植物钙调素结合蛋白研究进展[J]. 植物生理与分子生物学报,2004,30(5):481-488.
- [15] 陈 虹. 3 种钙制剂对壶瓶枣蛋白质含量与蛋白组分的影响[D]. 太谷:山西农业大学,2018.
- [16] 张丽秋,辛建华,李天来. 外源钙对马铃薯贮藏品质的影响[J]. 长江蔬菜,2009(6):33-36.
- [17] Davey M W, Montagu M V, Inzé D, et al. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000, 80(7):825-860.
- [18] 黄 鹏. 采前钙和萘乙酸处理对无花果贮藏品质的影响[J]. 中南林业科技大学学报,2008,28(5):97-101.
- [19] 宋永令,王若兰,王翠翠. 乳酸钙处理对猕猴桃鲜果切片品质和生理效应的影响[J]. 食品科技,2014,39(2):51-54.
- [20] 吴彩娥,王文生,寇晓虹. CaCl_2 和 6-BA 处理对枣果呼吸强度及贮藏品质的影响[J]. 中国农业科学,2001,34(1):66-71.
- [21] 李建文,杨月欣. 膳食纤维定义及分析方法研究进展[J]. 食品科学,2007,28(2):350-355.
- [22] 薛晓芳,赵爱玲,任海燕,等. 枣生物活性物质鉴定评价研究进展[J]. 山西农业科学,2020,48(1):117-121.
- [23] 韩絮舟. 氯化钙处理对红树莓果实低温贮藏品质及软化的影响[D]. 锦州:渤海大学,2020.
- [24] 裴健翔. 外源钙对‘寒富’苹果果实钙代谢及果实品质影响的研究[D]. 北京:中国农业科学院,2019.
- [25] 陈见晖,周 卫. 钙对苹果果实过氧化物酶、 β -1,3-葡聚糖合成酶和 β -1,3-葡聚糖分解酶活性的影响[J]. 中国农业科学,2004,37(3):400-405.
- [26] 王文放,孙亚萍,李占文,等. 氮磷钾配方施肥对灵武长枣果实品质和产量的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(21):195-202.
- [27] 阚超楠,高 阳,陈 明,等. 不同采后处理对翠冠梨果实品质的影响[J]. 核农学报,2019,33(3):518-529.
- [28] 韩絮舟,吕静祎,白 琳,等. 采后氯化钙处理对红树莓保鲜的影响[J]. 食品工业科技,2020,41(6):233-238,243.
- [28] Chen M, Jiang Q A, Yin X R, et al. Effect of hot air treatment on organic acid- and sugar- metabolism in Ponkan (*Citrus reticulata*) fruit[J]. Scientia Horticulturae, 2012, 147:118-125.
- [30] 李宝江,林桂荣,崔 宽. 苹果糖酸含量与果实品质的关系[J]. 沈阳农业大学学报,1994,25(3):279-283.