

雷超,吴明松,魏雪宁,等. 二氧化氯对巨峰葡萄的保鲜效果及品质影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(1):184-188.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.01.035

二氧化氯对巨峰葡萄的保鲜效果及品质影响

雷超¹, 吴明松^{1,2,3}, 魏雪宁¹, 陈圣治¹, 刘博¹

(1. 东北大学秦皇岛分校资源与材料学院,河北秦皇岛 066004; 2. 东北大学资源与土木工程学院,辽宁沈阳 110819;
3. 秦皇岛市节水治污与生态修复重点实验室,河北秦皇岛 066004)

摘要:探讨液体二氧化氯保鲜剂对巨峰葡萄采后保鲜效果及对品质的影响。在(25±1)℃、相对湿度为70%的恒温恒湿保鲜箱中,以不同浓度的二氧化氯溶液浸泡处理巨峰葡萄,研究不同处理对其生理生化品质的影响。结果显示,4种二氧化氯保鲜剂均能减缓贮藏条件下葡萄好果率的下降,100 mg/L 保鲜剂处理组好果率最高;但25、50、75 mg/L 处理组对于呼吸强度上升、可滴定酸含量、可溶性固形物含量、维生素C(VC)含量和还原糖含量下降趋势的抑制作用以及对果皮花色苷的保留效果更强;且各组二氧化氯残留量在试验开始后第1天已低于检出限,符合标准。50 mg/L 二氧化氯保鲜剂在25℃、70%湿度条件下对于巨峰葡萄的综合保鲜效果最好,可提高其在运贮过程中的保存质量、提高商品价值。

关键词:二氧化氯;巨峰葡萄;保鲜;品质

中图分类号: S663.109+.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)01-0184-05

葡萄是世界上十大水果之一,巨峰葡萄于20世纪60年代引入栽培,是我国目前主要的鲜食葡萄品种之一。2014—2016年我国葡萄栽培面积及产量分别以年均3.16%、7.72%的速率递增,面积连续3年位居世界第2,产量连续3年排名世界第1^[1]。但由于巨峰葡萄皮薄肉嫩、多汁易腐、柔软且果穗松散等特点,其耐贮性较差、极易脱落、破皮^[2-5]。

巨峰葡萄保鲜技术可主要分为物理、生物以及化学保鲜技术。以二氧化硫保鲜技术应用最广^[6],但由于其对葡萄果粒具有漂白作用、易产生有害物质,许多国家已禁止使用SO₂熏蒸^[7],因此出现了许多降硫或非硫技术。物理方法中有辐射保鲜技术^[8]、气调保鲜技术^[9]、热激保鲜技术^[10]等。真空^[11]和低氧、高二氧化碳环境^[12]可提高葡萄的保存质量。生物保鲜技术则以微生物拮抗保鲜技术^[13]和利用生物提取物的天然活性物质保鲜技术^[14]为代表。化学方法中有以壳聚糖等为代表的涂抹保鲜技术^[15]和以二氧化氯(ClO₂)、臭氧^[16]等为代表的化学保鲜剂保鲜技术。

二氧化氯是目前国际上公认的性能优良的消

毒剂。从20世纪80年代开始,许多国家已批准将其用于食品加工行业^[17],可用于蔬菜或水果的消毒、保鲜等^[18-20]。我国于1996年将稳定性ClO₂列入食品添加剂作防腐剂^[17,21]等。在果蔬贮运过程中,葡萄果实中的蛋氨酸被氧化分解为乙烯、二氧化碳等,这样造成了果蔬成熟和衰老。而ClO₂可以有效阻止蛋氨酸的分解^[22],同时不与脂肪酸发生反应,不会影响水果品质。谭伟等用ClO₂溶液浸泡已接种匍枝根霉孢子的巨峰葡萄,结果显示ClO₂浓度是影响杀菌效果的重要因素,60 mg/L ClO₂可使孢子减少4.7 log^[23];顾宁等探究了气体ClO₂对巨峰葡萄表面的灰葡萄霉菌、青霉和交链孢霉菌的杀菌效果,在气体ClO₂浓度为10 mg/m³,杀菌时间为40 min 条件下,灰葡萄霉菌、青霉及交链孢霉菌均减少了3.23 log·CFU/g 以上^[24]。二氧化氯还可以与高锰酸钾及氧化钙复配,在25℃保存条件下20 d后腐烂率仅为8.31%^[25]。本研究将在上述研究基础上,确证二氧化氯对巨峰葡萄保鲜效果的同时,进一步全面考察二氧化氯保鲜处理对葡萄表观指标、营养成分及内容物等指标的影响,以期在二氧化氯在该领域的应用提供科学依据和理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

巨峰葡萄采自河北省秦皇岛市抚宁区种植基

收稿日期:2018-10-08

基金项目:河北省自然科学基金(编号:E2015501080)。

作者简介:雷超(1997—),男,山西朔州人,主要从事二氧化氯应用研究。E-mail:m13903498567_1@163.com。

地,颗粒饱满、果粒大小均匀、成熟度一致、无腐烂、无损伤、无落粒。二氧化氯采用蔗糖发生法制备,质量浓度为 525 mg/L,纯度为 98.5%。使用前稀释为 25、50、75、100 mg/L,并通过五步碘量法^[26]标定。

所用的主要设备有:pHS-25 型 pH 计(上海仪电科学仪器股份有限公司)、万分之一电子天平[赛多利斯科学仪器(北京)有限公司]、T6 紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司)、WYT-1 便携折光仪(泉州中友光学仪器有限公司)。

1.2 试验方法

每组取 132 颗葡萄置于 2 个 1 L 干净烧杯中,分别向其中加入 750 mL 质量浓度为 25、50、75、100 mg/L 的 ClO_2 溶液,以等量蒸馏水为空白对照,完全浸没 10 min 后立即放入 25 ℃、相对湿度为 70% 的恒温恒湿箱中。每隔 24 h 测定好果率、可滴定酸含量、可溶性固形物含量、果皮花色苷含量、褐变度、呼吸强度、维生素 C 含量和还原性糖含量。

腐烂、发霉的果实记为坏果,好果率 = $(66 - \text{坏果数}) / 66 \times 100\%$ 。可滴定酸含量采用酸碱滴定法进行测定,以酒石酸含量表示^[27]。可溶性固形物含量以折光仪法^[28]测定。褐变度采用消光值法^[29]测定、呼吸强度采用静置碱液滴定法^[30]测定。维生素 C 含量采用 2-6-二氯酚法^[17]测定。还原性糖含量采用碘量法^[31]测定。果皮花色苷含量的测定采用改进 pH 值差示法^[8,32-33]:取 2.5 g 果皮,用 25 mL 1.5 mol/L HCl-乙醇溶液(pH 值为 1.06)研磨,在 40 ℃ 水浴条件下浸提 2 h 至果皮褪至无红色,随即在 3 000 r/min 条件下离心 20 min,取 2 个 1 mL 上清液样品,分别用 0.4 mol/L pH 值为 1.0 的 KCl-HCl 缓冲液和 0.4 mol/L pH 值为 4.4 的柠檬酸/磷酸二氢钠缓冲液稀释至 5 mL,以蒸馏水作对照,在 510 nm 下测定 2 个样品的吸光度 D_1 和 D_2 ,按照 $(D_1 - D_2) \times 5 \times 25 \times 445.2 / 29\ 600 \times 2.5$ 计算果皮花色苷含量。

每次试验每组共选取 12 颗葡萄,进行平行试验,用于研究葡萄个体差异对于试验结果的影响。

2 结果与讨论

2.1 二氧化氯处理对好果率的影响

ClO_2 可以明显减少水果病原菌。由图 1 可知,各浓度 ClO_2 处理后均可延长葡萄的保存时间,在相同贮藏时间下,处理用的 ClO_2 浓度越高效果越好。8 d 后,对照组好果率已下降 46.9%,而 100 mg/L

ClO_2 处理组仅下降 28.1%,75、50、25 mg/L ClO_2 处理组分别下降 34.4%、39.1%、42.2%。在常温运输过程中葡萄主要致病菌为黑曲霉与根霉^[34],而巨峰葡萄的优势致病菌主要是青霉、灰霉、链格孢菌等 3 个属^[35],而 ClO_2 对上述微生物均有良好的抑制作用^[23-24,36]。

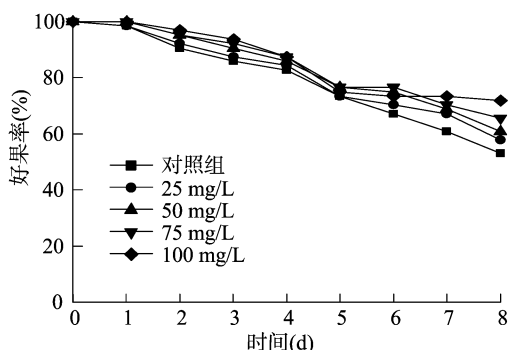


图1 二氧化氯处理对巨峰葡萄好果率的影响

2.2 对葡萄果实呼吸强度的影响

贮藏期间,对照组和各处理组呼吸强度均有不同程度的上升(图2)。4 d 后,在外界环境胁迫作用下,果实通过增强呼吸作用来提高能量释放,提升果实自身抵抗力,因此各组数值大幅上升,但未出现峰值,这与葡萄为非呼吸跃变果品的事实^[37]相符。8 d 后,对照组呼吸强度为 24.9 mg/(kg·h);各处理组呼吸强度均弱于对照组,且 50 mg/L ClO_2 处理组呼吸强度最弱,为 23.4 mg/(kg·h)。病原微生物自身的呼吸作用和寄主呼吸加快都会提高果实呼吸强度^[38],二氧化氯通过抑制微生物降低呼吸强度。

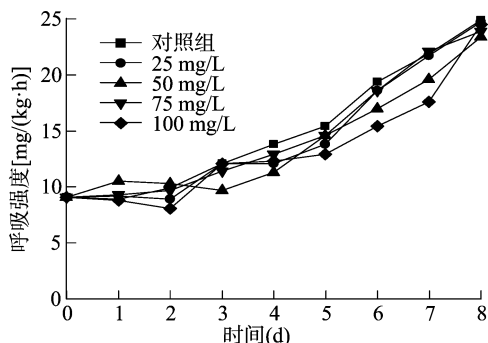


图2 二氧化氯处理对巨峰葡萄呼吸强度的影响

2.3 二氧化氯处理对可溶性固形物含量的影响

水果中的可溶性固形物包括可溶性的糖、酸等物质^[39]。由图 3 可知, ClO_2 浸泡处理可使固形物含量保持在较高水平,这可能同 ClO_2 可降低果实呼吸强度有关。处理组和对照组可溶性固形物含量均呈现先升后降的变化趋势,是由于贮藏前期果实未

完全成熟、果实中的淀粉可转化为可溶性固性物质,使可溶性固形物含量有所上升;而后期由于外界环境胁迫、呼吸作用加强使可溶性固形物含量下降,这与周慧娟^[28]、许萍^[21]等的研究结果相一致。8 d 后,对照组可溶性固形物含量最少,50 mg/L ClO_2 处理组对可溶性固形物的保存率最高。

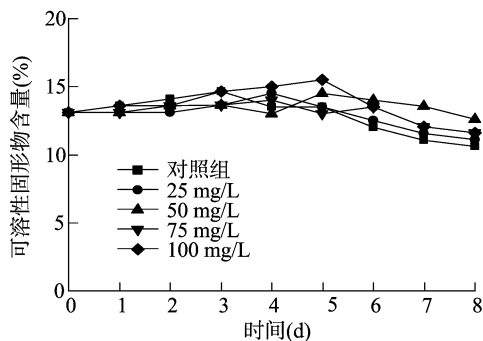


图3 二氧化氯处理对巨峰葡萄可溶性固形物含量的影响

2.4 二氧化氯处理对可滴定酸含量的影响

滴定酸含量直接反映果实的品质和成熟度,是品质的重要评价指标之一。葡萄在贮藏过程中,酸的含量通过呼吸作用不断消耗。由图4可知, ClO_2 浸泡处理可有效提高葡萄果实中可滴定酸的保留率,8 d 后,50 mg/L ClO_2 处理组的滴定酸保留效果最好,略高于 75、100 mg/L ClO_2 处理组。这可能是由于 ClO_2 处理可减弱由于外界环境胁迫而导致加快代谢进程。

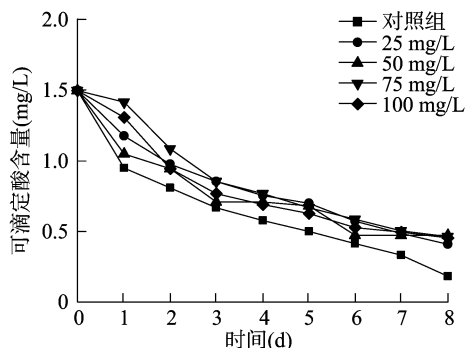


图4 二氧化氯处理对巨峰葡萄可滴定酸含量的影响

2.5 二氧化氯处理对葡萄果实维生素 C 含量的影响

由图5可知,在果实体内酶的作用下,在贮藏期间各组维生素 C 含量均呈现不同程度的下降,5 d 后,100 mg/L ClO_2 处理组对于维生素 C 的保留效果最好,优于其他浓度处理组和对照组。从 6 d 后开始,100 mg/L ClO_2 处理组维生素 C 含量大幅度下降。 ClO_2 可诱导抗坏血酸过氧化物酶(APX)活

性的增加^[40],而 APX 可催化维生素 C 与 H_2O_2 的反应^[41],进而造成维生素 C 含量的下降。从较长时间(6~8 d)来看,50 mg/L ClO_2 处理组维生素 C 含量较高;但 5 d 以内,100 mg/L ClO_2 处理组效果更好。

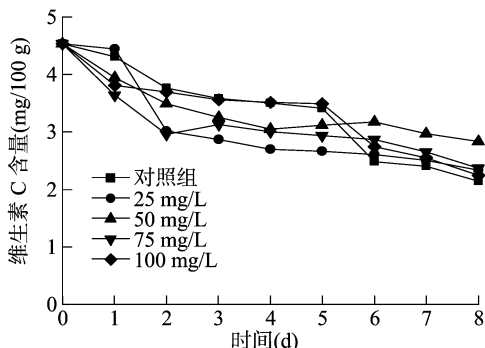


图5 二氧化氯处理对巨峰葡萄维生素 C 含量的影响

2.6 二氧化氯处理对葡萄果实还原性糖含量的影响

葡萄内含的还原性糖包括葡萄糖、果糖等,是决定葡萄营养价值和口感的一个重要因素。从图6可知,对照组和各处理组的还原性糖含量在贮藏期间均逐渐下降。8 d 后,对照组还原性糖含量最低(为 15%);50 mg/L ClO_2 处理组还原性糖含量最高,为 15.9%。25 mg/L ClO_2 处理组还原性糖含量为处理组中最低,为 15.2%,但各组差别不大。

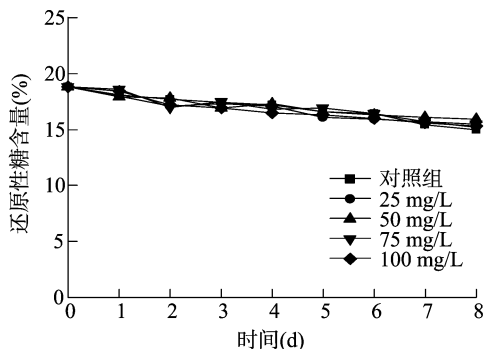


图6 二氧化氯处理对巨峰葡萄还原性糖含量的影响

2.7 二氧化氯处理对葡萄果皮花色苷含量的影响

葡萄果色是果实外观品质的重要指标,直接影响葡萄的商品价值。花色苷存在于细胞液中,由糖转化而来,所以有利于葡萄果实中糖分积累的因素都有利于花色苷的积累。由图7可知,在贮藏期间,对照组与各处理组花色苷含量变化趋势均为先升后降,这可能同参与花色苷合成与降解的 3 种酶活性的变化情况相关^[42]。经 ClO_2 溶液处理可减慢果实花色苷的转变过程,8 d 后,对照组花色苷含量最低,仅为 8.625 mg/g; 经 ≥ 50 mg/L 的 ClO_2 溶液处

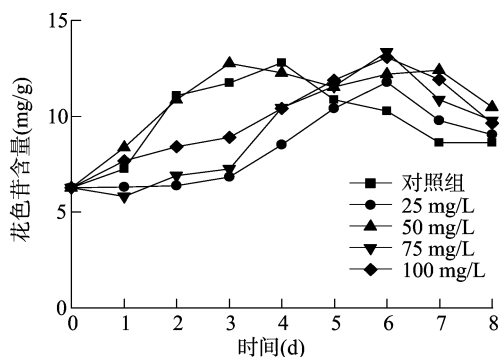


图7 二氧化氯处理对巨峰葡萄花色苷含量的影响

理,果皮中花色苷的含量增幅 $\geq 67.48\%$ 。

2.8 二氧化氯处理对葡萄果实褐变度影响

果实褐变在贮藏过程中变化较快,易缩短贮藏时间而影响保鲜品质。葡萄果肉褐变度随贮藏时间的增长呈现不同程度的上升趋势,8 d 后,对照组褐变度最高,为 0.169,其余处理组以 50 mg/L ClO_2 处理组处理效果最佳、100 mg/L ClO_2 处理组效果最差(图 8),这可能是由于二氧化氯浓度过大,使葡萄果实细胞结构受到破坏而促进了多酚氧化酶活性的升高^[16],影响褐变相关的酶类的作用^[43-44]。

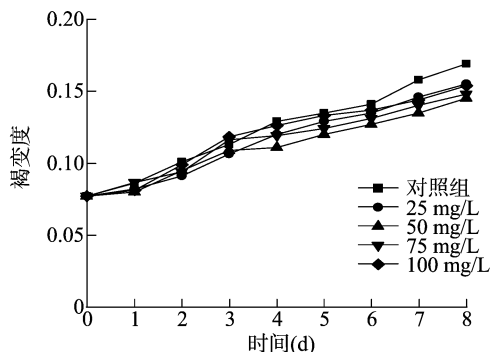


图8 二氧化氯处理对巨峰葡萄褐变度的影响

3 结论

液体二氧化氯处理可明显降低葡萄果实腐烂率和褐变度的上升,延长巨峰葡萄在室温下的保存期,且不对品质产生明显的影响,综合试验结果,50 mg/L ClO_2 处理对于巨峰葡萄整体的保鲜效果最好。

液体二氧化氯处理可有效降低果实的呼吸强度、提高花色苷含量的保留率,并且对可滴定酸含量、可溶性固形物含量及还原性糖含量的下降起到较强的抑制作用。

参考文献:

[1] 田淑芬. 中国葡萄产业与科技发展[J]. 农学学报,2018,8(1):

135-139.

- [2] Ishimaru M, Smith D L, Gross K C, et al. Expression of three expansin genes during development and maturation of Kyoho grape berries[J]. Journal of Plant Physiology, 2007, 164 (12): 1675 - 1682.
- [3] Li Y, Ma R J, Xu Z Z, et al. Identification and quantification of anthocyanins in Kyoho grape juice - making pomace, Cabernet Sauvignon grape winemaking pomace and their fresh skin [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2013, 93 (6): 1404 - 1411.
- [4] 陶诗雨, 李忠明, 李蓓蓓. 巨峰葡萄采后贮藏保鲜技术研究进展[J]. 食品工业, 2016(11): 240 - 243.
- [5] 黄晨, 雷成军, 朱建兰, 等. 壳聚糖处理对采后红地球葡萄低温贮藏保鲜效果的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2012(1): 21 - 25.
- [6] Li D L, Xu W C, Liu Z Z, et al. The influence of flexible film with releasing sulfur dioxide on quality of 'Vitis labruscana Kyoho' table grapes [J]. Applied Mechanics & Materials, 2012, 200: 305 - 311.
- [7] Sanzani S M, Schena L, De Cicco V A. Early detection of Botrytis cinerea latent infections as a tool to improve postharvest quality of table grapes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 68(2): 64 - 71.
- [8] 王秋芳. 高能电子束和臭氧对巨峰葡萄贮藏品质的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2010.
- [9] 张昆明. 葡萄气调包装和高 CO_2 气体冰温保鲜机理与技术的研究[D]. 大连: 大连工业大学, 2011.
- [10] 王庆国, 刘进, 樊梅娜, 等. 热激结合其他处理对巨峰葡萄贮藏保鲜的效果[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(5): 219 - 223.
- [11] Mao J Q, Zhang L F, Chen F S, et al. Effect of vacuum impregnation combined with calcium lactate on the firmness and polysaccharide morphology of Kyoho grapes (Vitis vinifera x V. labrusca) [J]. Food and Bioprocess Technology, 2017, 10(4): 699 - 709.
- [12] Chen S J, Zhang M, Wang S J. Effect of initial hermetic sealing on quality of 'Kyoho' grapes during storage[J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 59(2): 194 - 199.
- [13] 许皎皎. 拮抗酵母菌的筛选、鉴定及对葡萄冷藏品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
- [14] 刘光发. 八角茴香等植物提取物对果蔬保鲜效果的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2010.
- [15] 盛玮, 薛建平, 张爱民, 等. 二氧化氯在葡萄保鲜中的应用研究[J]. 生物学杂志, 2005, 22(2): 43 - 44.
- [16] 王秋芳, 乔勇进, 乔旭光, 等. 臭氧处理对巨峰葡萄品质与生理生化的影响[J]. 果树学报, 2010, 27(1): 63 - 68.
- [17] 傅茂润. 二氧化氯 (ClO_2) 对果蔬的贮藏效果及其机理研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2005.
- [18] Bang J, Kim H, Kim H, et al. Combined effects of chlorine dioxide, drying, and dry heat treatments in inactivating microorganisms on radish seeds[J]. Food Microbiology, 2011, 28(1): 114 - 118.
- [19] Gómez-López V M. Decontamination of fresh and minimally processed produce[M]. Blackwell Publishing, 2012.

- [20] Wu B, Li X E, Hu H G, et al. Effect of chlorine dioxide on the control of postharvest diseases and quality of litchi fruit[J]. African Journal of Biotechnology, 2011, 10(32): 6030–6039.
- [21] 许萍, 乔勇进, 周慧娟, 等. 固体二氧化氯保鲜剂对夏黑葡萄保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(10): 282–286.
- [22] 彭楨, 侣丽莎, 郭蕊. 二氧化氯消毒剂在食品企业的应用[J]. 工业 B, 2015(38): 203–203.
- [23] 谭伟, 杜金华. 二氧化氯在巨峰葡萄表面杀灭匍枝根霉效果的研究[J]. 现代食品科技, 2006, 22(2): 64–66.
- [24] 顾宁, 胡双启, 池致超, 等. 气体 ClO_2 对葡萄致腐菌的杀菌及保鲜效果研究[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(10): 148–151.
- [25] 宋慧波, 师邱毅, 孙志栋. 一种复合保鲜剂对巨峰葡萄保鲜的影响[J]. 食品科技, 2015(11): 251–254.
- [26] 王岙, 方赤光, 董青, 等. 五步碘量法测定二氧化氯的含量[J]. 中国公共卫生, 2003, 19(1): 117–118.
- [27] 张志良, 瞿伟菁, 李小方. 植物生理学实验指导[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [28] 周慧娟, 乔勇进, 王海宏, 等. 臭氧处理对宫川柑橘保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2010, 10(3): 12–16.
- [29] 王静, 徐为民, 诸永志, 等. 贮藏温度对鲜切牛蒡褐变的影响[J]. 江苏农业学报, 2008, 24(4): 492–496.
- [30] 张桂. 果蔬采后呼吸强度的测定方法[J]. 理化检验—化学分册, 2005, 41(8): 596–597.
- [31] 黄伟坤. 食品检验与分析[M]. 北京: 轻工业出版社, 1989.
- [32] 张昭其, 庞学群, 段学武, 等. 荔枝采后果皮花色苷的降解与花色苷酶活性变化[J]. 中国农业科学, 2003, 36(8): 945–949.
- [33] 庞学群, 张昭其, 段学武, 等. pH 值和温度对荔枝果皮花色苷稳定性的影响[J]. 园艺学报, 2001, 28(1): 25–30.
- [34] 李宁, 关文强, 段双科. 葡萄采后致病病原菌鉴定及侵染规律[J]. 保鲜与加工, 2005, 5(3): 37–39.
- [35] 宋开艳. 葡萄采后病害病原菌致病特点及拮抗菌的筛选[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2011.
- [36] 顾宁, 胡双启, 晋日亚, 等. 气体二氧化氯对葡萄表面青霉的杀菌效果及营养成分的变化规律[J]. 食品科技, 2010(11): 67–70.
- [37] 曾柏全, 邓子牛, 熊兴耀, 等. 二氧化氯对藤稔葡萄保鲜及贮藏品质的影响[J]. 经济林研究, 2007, 25(1): 49–51.
- [38] 马李一. 漂白紫胶水果保鲜剂的研制与应用研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2004.
- [39] 聂继云. 果品质量安全分析技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [40] 李艳红, 郭芹, 吴斌, 等. NO 和 ClO_2 处理对采后伽师瓜抗氧化酶活性的影响[J]. 保鲜与加工, 2015(6): 13–16, 22.
- [41] 张维静, 陆海, 杜希华. 抗坏血酸过氧化物酶在植物抵抗氧化胁迫中的作用[J]. 山东师范大学学报(自然科学版), 2008, 23(4): 113–115.
- [42] 邢庆振, 郁松林, 于坤, 等. 壳聚糖对葡萄冷藏期间果皮色素及相关酶活性的影响[J]. 北方园艺, 2010(16): 181–183.
- [43] 陈钊. 二氧化氯对真菌杀灭机理及果蔬保鲜效果的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2011.
- [44] 付聿成. 二氧化氯对果蔬酶促褐变抑制的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.

(上接第 183 页)

- [9] Lenquist S A, Batista A G, Marineli R D S, et al. Freeze-dried jaboticaba peel added to high-fat diet increases HDL-cholesterol and improves insulin resistance in obese rats[J]. Food Research International, 2012, 49(1): 153–160.
- [10] Machado G H A, Marques T R, Carvalho T C L D, et al. Antibacterial activity and *in vivo* wound healing potential of phenolic extracts from jaboticaba skin[J]. Chemical Biology and Drug Design, 2018, 92(1): 1333–1343.
- [11] Wang Z H, Wang C Z, Zhang C W, et al. Ultrasound-assisted enzyme catalyzed hydrolysis of olive waste and recovery of antioxidant phenolic compounds[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2017, 44: 224–234.
- [12] Tang W, Xing Z, Li C, et al. Molecular mechanisms and *in vitro* antioxidant effects of *Lactobacillus plantarum* MA2[J]. Food Chemistry, 2017, 221(15): 1642–1649.
- [13] Seczyk L, Swieca M, Dzik D, et al. Antioxidant, nutritional and functional characteristics of wheat bread enriched with ground flaxseed hulls[J]. Food Chemistry, 2017, 214: 32–38.
- [14] 刘晓飞, 王鑫, 孟庆虹, 等. 发芽糙米多糖双水相萃取工艺优化及其抗氧化活性[J]. 食品与机械, 2017, 33(7): 149–154.
- [15] 陈红艳, 李雨浩, 岑浩彬. 黑茶茶多酚类物质的提取及其抗氧化性能研究[J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(9): 101–107.
- [16] Jakus V. The role of free radicals, oxidative stress and antioxidant systems in diabetic vascular disease[J]. Bratislavske Lekarske Listy, 2000, 101(10): 541–551.
- [17] Dholia N, Ramteke P, Varghese J F, et al. Oxidative stress-induced molecular and genetic mechanisms in human health and diseases[J]. Free Radicals in Human Health and Disease, 2014(6): 91–103.
- [18] 李怡. 柑橘果皮醇提取物不同极性部位抗氧化、抗炎活性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2015: 27–35.
- [19] 任婧, 杨官娥, 柴秋彦, 等. 黄刺玫果提取物体外抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(18): 11–15.
- [20] 吴峰华, 刘相真, 杨虎清, 等. 覆盆子醇提取物及其不同极性部位抗氧化活性研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(2): 24–29.
- [21] 张京芳, 王冬梅, 周丽, 等. 香椿叶提取物不同极性部位体外抗氧化活性研究[J]. 中国食品学报, 2007, 7(5): 12–17.
- [22] 皮建辉, 胡朝曦, 蔡婧, 等. 金樱子提取物不同极性部位体外抗氧化活性分析[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(3): 285–288.
- [23] 薛雅荣, 薛海波, 郝丽琴, 等. 菠萝皮渣醇提取物不同极性部位抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(20): 8–11.
- [24] 潘乔丹, 熊圆圆, 陈文东, 等. 扁担藤不同极性成分抗氧化活性研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(1): 232–235.
- [25] 周中流, 石任兵, 刘斌, 等. 卷丹乙醇提取物及其不同极性部位抗氧化活性的比较研究[J]. 食品科学, 2011, 32(9): 55–58.
- [26] 李伟青, 王颀, 孙剑锋, 等. 拐枣抗氧化活性的研究[J]. 食品工业, 2011(11): 50–52.