

林炎娟,周丹蓉,姜翠翠,等. 不同薄膜包装对芙蓉李采后贮藏品质的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(17):210-214.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.17.042

不同薄膜包装对芙蓉李采后贮藏品质的影响

林炎娟,周丹蓉,姜翠翠,梁华伟,方智振,潘少霖,叶新福

(福建省农业科学院果树研究所,福建福州 350013)

摘要:为探讨不同薄膜包装对芙蓉李采后贮藏品质的影响,进行 3 种薄膜(厚度为 0.006 mm 保鲜袋、厚度为 0.06 mm 密实袋和厚度为 0.04 mm 气调袋)的包装和不包装处理,4 ℃低温贮藏 60 d,分析贮藏期间果实、果肉硬度以及可溶性固形物、可溶性糖、可滴定酸、丙二醛含量和总抗氧化能力变化情况。结果表明,与对照相比,密实袋可有效抑制芙蓉李整果果实和果肉的硬度下降,3 种薄膜包装处理降低了果实可溶性固形物和可滴定酸含量,提高了果实总抗氧化能力,对可溶性糖含量无显著影响,仅密实袋和气调袋可在贮藏后期减缓丙二醛含量的积累。

关键词:芙蓉李;采后;薄膜包装;低温;贮藏品质

中图分类号: TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)17-0210-05

芙蓉李是福建省李树主栽品种,果实成熟时口味酸甜,色泽艳丽,且营养丰富,富含有多种氨基酸、维生素、矿物质和蛋白质等,具有生津开胃、醒酒解渴、增进食欲等功效^[1-2],可供鲜食与加工,深受消费者青睐。但芙蓉李属呼吸跃变型果实,采收时又值高温季节,采后生理代谢旺盛,极易软化,常温下会很快腐烂变质,较不耐贮运^[3],且采收期短,上市时间短,亦不宜远距离销售,进一步制约着鲜食市场的推广和发展。为了延缓果实采后品质劣变,采取适当的采后处理方法,可有效维持果实新鲜品质,降低采后损失。自发气调包装(modified atmosphere packaged, MAP)是一种有效的采后保鲜处理手段,利用果实自身呼吸特性及薄膜的选择性

气体渗透改变袋内气体比例,实现高二氧化碳和低氧气的袋内微环境,从而降低果实呼吸速率,延迟果实成熟衰老,有效抑制乙烯释放和延缓果实软化等^[4-6];同时能在袋内产生高湿环境,降低水分损失^[7],进而提高水果贮藏保鲜期和货架期;另外包装材料方便易得、操作简便、无毒害、成本低,还可防止果实交叉感染,具有广泛的市场应用基础和优势。目前,对苹果^[8]、梨^[9]、香蕉^[10]、李^[11]和西番莲^[12]等均有较多的相关应用研究。自发气调包装技术的成功应用关键在于袋内气体渗透平衡时果实能进行正常有氧呼吸,不发生二氧化碳伤害^[13],但不同包装材料对气体的选择渗透特性不同,不同果实的呼吸特性和贮藏特性亦有所差异,所以针对不同果实的具体品种和贮藏条件需挑选合适的薄膜包装材料。此外,温度是影响贮藏保鲜的第一要素,有研究发现,低温与薄膜包装之间具有较好的协同作用^[14],可有效提高果实保鲜效果。因此,本试验研究不同薄膜包装结合低温处理对芙蓉李采后贮藏品质的影响,以期为芙蓉李果实采后自发气调包装的生产应用提供理论依据和技术参考。

收稿日期:2019-11-12

基金项目:福建省属公益类科研院所基本科研专项(编号:2018R1013-4)。

作者简介:林炎娟(1990—),女,福建漳州人,硕士,研究实习员,主要从事果品保鲜与加工研究。E-mail:linyanjuan916@126.com。

通信作者:叶新福,博士,研究员,主要从事品质遗传育种研究。E-mail:yexinfu@126.com。

[11] Núñez O, Gallart - Ayala H, Ferrer I, et al. Strategies for the multi - residue analysis of 100 pesticides by liquid chromatography - triple quadrupole mass spectrometry [J]. Journal of Chromatography A, 2012, 1249(1): 164 - 180.

[12] 陈士恒, 史晓梅, 吕岳文, 等. QuEChERS - 超高效液相色谱 - 串联四级杆质谱法快速检测番茄酱中 19 种常见农药残留量 [J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(4): 1128 - 1136.

[13] 尹 怡, 赵 城, 余 权, 等. 改良 QuEChERS 法与 LC - MS/MS

联用测定水产品中 13 种农药残留 [J]. 中国食品学报, 2019, 19(11): 255 - 260.

[14] 张爱娟, 梁 林, 马新刚, 等. 高效液相色谱串联质谱法快速检测大白菜中氟霜唑及其代谢物和氟啶胺的残留 [J]. 农药科学与管理, 2018, 39(11): 48 - 53.

[15] 赵民娟, 郭虹娜, 邵 华, 等. 高效液相色谱 - 串联质谱法测定黄瓜与土壤中烯酰吗啉和氟霜唑及其代谢物的残留量 [J]. 分析测试学报, 2018, 37(11): 1316 - 1321.

1 材料与方法

1.1 试验材料 with 处理

于 2018 年在福建省福州市晋安区果树所内开展试验,芙蓉李采自福建省古田县芙蓉李果园,采摘后 24 h 内运回实验室,于 0~8 ℃ 冷库预冷 12 h,去除田间热后,选取八成成熟度、色泽基本一致、大小均匀、无病虫害和无机械损伤的芙蓉李果实为试验材料。设置 1 个对照和 3 种包装处理,对照不进行包装,3 种包装处理分别采用保鲜袋扎口、密实袋密封和气调袋扎口包装果实,均置于 4 ℃ 条件下贮藏,每 15 d 进行随机取样,测定各项贮藏相关理化指标。其中,保鲜袋的材质为食品级高密度聚乙烯,厚度为 0.006 mm;密实袋的材质为食品级高密度聚乙烯,厚度为 0.06 mm;气调袋的材质为食品级低密度聚乙烯,厚度为 0.04 mm。

1.2 仪器与设备

TMS-PRO 食物物性分析仪(质构仪),购自美国 FTC 公司;PAL-1 型数显折射仪,购自日本 ATAGO 公司;H1850 型台式高速离心机,购自湖南湘仪离心机仪器有限公司;B-220 型恒温水浴锅,购自上海亚荣生化仪器厂;TU-1900 型双光束紫外可见分光光度计,购自北京普析通用仪器有限责任公司。

1.3 指标测定方法

采用 TMS-PRO 食物物性分析仪(质构仪)测定整果果实和果肉硬度:采用穿刺程序和 P/2 探头进行测定,测试速度为 200 mm/min,起始力为 0.750 N,穿刺距离为 5.00 mm,果实硬度直接整果测试 2 次,果肉硬度是在果实赤道部位间隔等距离的 2 个位置各削去一小块薄薄的果皮(厚约 1 mm)后测试;采用 PAL-1 型数显折射仪测定可溶性固形物含量;可滴定酸含量的测定参照 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》进行,结果以苹果酸计;

可溶性糖、丙二醛含量和总抗氧化能力均采用苏州科铭生物技术有限公司试剂盒测定,其中,可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法,丙二醛含量测定采用硫代巴比妥酸法,果实总抗氧化能力以在酸性环境下还原 Fe^{3+} -三吡啶三吡嗪(Fe^{3+} -TPTZ)产生蓝色的 Fe^{2+} -TPTZ 的能力作为测定结果。

1.4 数据处理

数据运用 SPSS 24.0 软件进行差异显著性检验,利用 Excel 软件进行数据统计及作图。

2 结果与分析

2.1 不同薄膜包装对芙蓉李采后硬度的影响

硬度是果实重要的品质指标,同时可反映果实的耐贮性。由图 1-a 和图 1-b 可知,4 个不同处理的芙蓉李果实硬度和果肉硬度在贮藏过程中均总体呈下降趋势,其中,密实袋包装处理的芙蓉李果实硬度和果肉硬度下降速度最缓慢。贮藏 30 d 时,密实袋包装处理的果实硬度显著高于其他 3 组($P < 0.05$,差异显著性分析结果未列出),保鲜袋和密实袋包装处理的果实硬度和果肉硬度均显著高于对照和气调袋,而对照与气调袋包装处理之间无显著差异;至 60 d 贮藏结束时,仅密实袋包装处理果实硬度和果肉硬度显著高于对照。由此说明,保鲜袋抑制果实和果肉硬度下降的作用不显著,密实袋对抑制贮藏期果实硬度和果肉硬度下降有一定效果。

2.2 不同薄膜包装对芙蓉李采后可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物主要包括糖、酸、维生素、矿物质等,其含量可反映果实营养和风味品质。由图 2 可知,对照、保鲜袋包装处理的可溶性固形物含量在贮藏期间和气调袋包装处理的可溶性固形物含量在贮藏期间均呈先上升后下降趋势,而密实袋的可溶性固形物含量在贮藏期间呈先下降后上升趋势。

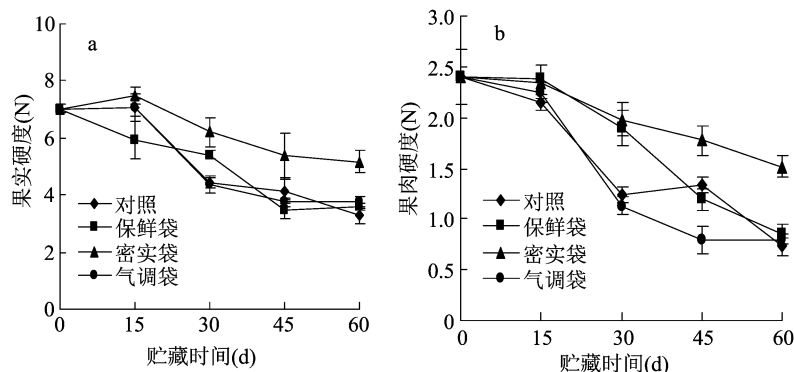


图1 不同薄膜包装对芙蓉李采后果实和果肉硬度的影响

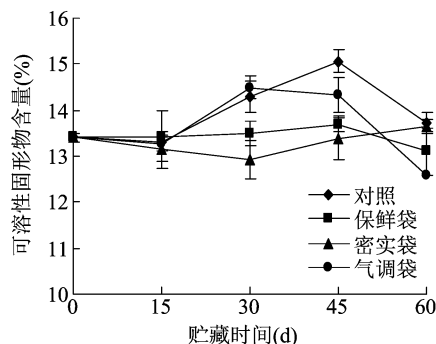


图2 不同薄膜包装对芙蓉李采后可溶性固形物含量的影响

贮藏至 30 d 时,对照和气调袋包装处理的芙蓉李果实可溶性固形物含量显著高于保鲜袋、密实袋包装处理;贮藏至 45 d 时,对照的可溶性固形物含量显著高于 3 个薄膜包装处理,这可能是由薄膜包装处理可减少果实水分损失,对照果实失水较多果汁浓缩引起的^[15];贮藏至 60 d 时,气调袋包装处理的可溶性固形物含量显著低于其他 3 组,其他 3 组之间差异不显著。由此推断,保鲜袋和密实袋在贮藏中期减缓了可溶性固形物含量的增加,而气调袋则在贮藏后期降低了可溶性固形物含量。

2.3 不同薄膜包装对芙蓉李采后糖酸含量的影响

可溶性糖主要包括葡萄糖、果糖、麦芽糖和蔗糖等,参与果蔬采后呼吸作用等生理代谢调控^[12],它与可滴定酸含量直接影响果实感官品质,其含量可反映果实的营养品质。由图 3-a 可知,随着贮藏

时间延长,对照芙蓉李果实可溶性糖含量呈先下降后上升再下降趋势,而 3 个不同薄膜包装处理均呈先上升后下降再上升趋势。贮藏至 60 d 时,3 个薄膜包装处理与对照的可溶性糖含量差异不显著。由图 3-b 可知,4 个处理的芙蓉李果实可滴定酸含量在贮藏期均总体呈下降趋势。贮藏至 30 d 时,密实袋和气调袋包装处理的可滴定酸含量显著高于对照和保鲜袋处理,其中,对照和保鲜袋包装处理差异不显著;而贮藏至 60 d 时,保鲜袋和密实袋包装处理的可滴定酸含量显著低于对照和气调袋包装处理。由此可见,薄膜包装处理对可溶性糖含量变化影响不明显,仅密实袋和气调袋包装处理在贮藏中期可减缓可滴定酸含量下降,贮藏后期保鲜袋和密实袋包装处理反而加速了可滴定酸含量的下降。

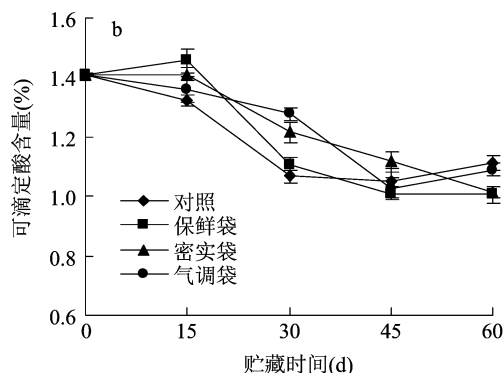
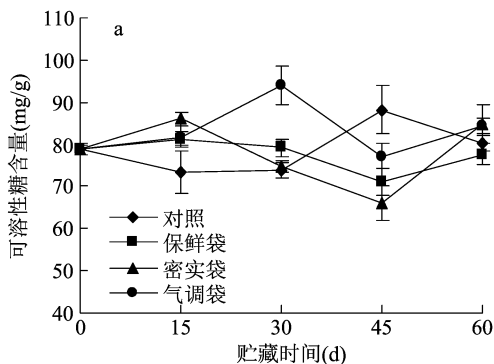


图3 不同薄膜包装对芙蓉李采后可溶性糖和可滴定酸含量的影响

2.4 不同薄膜包装对芙蓉李采后抗氧化能力的影响

抗氧化能力是果实生物活性功能的重要评价指标,总抗氧化能力是指果实中所有抗氧化物质和抗氧化酶等形成的总抗氧化水平,可以反映果实成熟衰老情况。由图 4 可知,对照和气调袋包装处理的芙蓉李果实总抗氧化能力总体呈先上升后下降趋势,保鲜袋和密实袋包装处理则呈先上升后下降再上升趋势。贮藏至 45 d 时,保鲜袋、密实袋和气调袋包装处理的果实总抗氧化能力显著低于对照;贮藏至 60 d 时,保鲜袋、密实袋和气调袋包装处理的芙蓉李果实总抗氧化能力均显著高于对照。由此推断,保鲜袋、密实袋和气调袋包装处理均可提高贮藏后期果实总抗氧化能力,从而提高果实清除自由基能力。

2.5 不同薄膜包装对芙蓉李采后丙二醛含量的影响

丙二醛是脂质过氧化产物,其含量可反映细胞

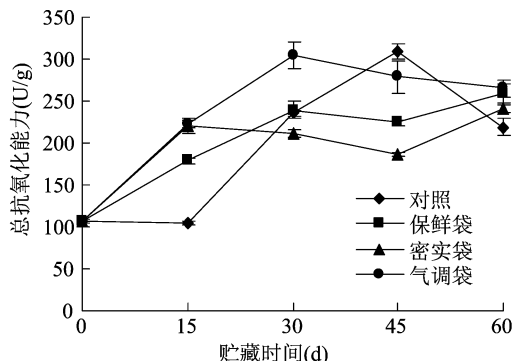


图4 不同薄膜包装对芙蓉李采后总抗氧化能力的影响

膜的损伤程度和果实成熟与衰老程度^[16]。由图 5 可知,4 个不同处理的芙蓉李果实在贮藏过程中丙二醛含量均总体呈上升趋势。贮藏前期,不进行包装处理的芙蓉李果实丙二醛含量显著低于其他 3 组;而贮藏至 45 d 时,保鲜袋、密实袋和气调袋包装处理的果实丙二醛含量显著低于对照;贮藏至 60 d 时,密实袋和气调袋包装处理的果实丙二醛含量显

著低于对照和保鲜袋包装处理,而对照与保鲜袋包装处理之间无显著差异。由此说明,密实袋和气调袋包装处理可显著降低贮藏后期果实丙二醛含量。

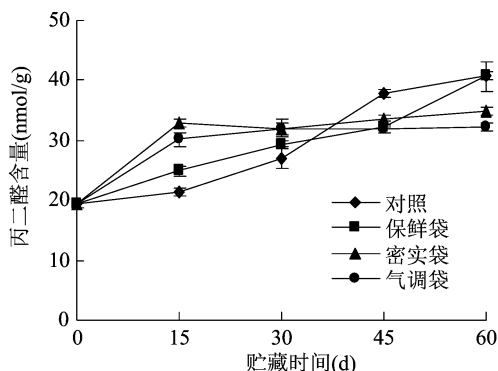


图5 不同薄膜包装对芙蓉李采后丙二醛含量的影响

3 讨论与结论

芙蓉李是呼吸跃变型果实,采后呼吸代谢旺盛,成熟衰老进程快,极易发生腐烂变质。薄膜材料中高分子链间由于热振动随机形成的小于1 nm的空隙可作为气体的进出通道^[17],薄膜包装保鲜正是利用此特性对不同气体的选择透过性及不同材料的透水性,再结合果实自身呼吸作用,使袋内气体成分达到一个适宜贮藏果实的比例,通常是提高二氧化碳含量,降低氧气含量及提高湿度^[18],从而延缓果蔬衰老进程,保持果实贮藏品质^[19]。薄膜包装是一种简便、安全且成本低廉的保鲜处理方式,适宜的薄膜包装有良好的保鲜效果,还可将果实与外界环境隔离,既可保护袋内果实不受环境侵染,又可有效隔离不同袋内果实的交叉感染。但袋内二氧化碳浓度过高会造成二氧化碳伤害,且密封冷藏容易在袋内形成水珠,加重腐烂发生^[20],所以挑选适宜的薄膜包装极为关键。

薄膜包装在果蔬采后保鲜上的应用已有较多研究。朱雁青等研究发现,32.70、15.55 μm 聚乙烯袋包装对石榴采后品质均有一定保鲜效果,且前者总体效果较优^[21]。刘丹等研究发现,0.01、0.03 mm 的薄膜袋包装处理可显著抑制枇杷失质量率上升,延缓果实可溶性固形物、可滴定酸及维生素C含量下降,且后者处理效果较佳^[22]。胡花丽等研究了0.03 mm 聚氯乙烯(PVC)、0.04 mm PVC和0.03 mm PE包装处理对黑宝石李和安哥诺李的影响,结果发现,0.03 mm 聚乙烯(PE)适宜黑宝石李的贮藏保鲜,而这3种薄膜包装均不适合安哥诺李的贮藏保鲜^[23]。本试验采用0.006 mm 保鲜袋、

0.06 mm 密实袋和0.04 mm 气调袋包装处理芙蓉李果实,结果表明,与对照相比,密实袋可同时有效抑制芙蓉李采后果实和果肉硬度下降,贮藏60 d时,3种薄膜包装处理均降低了果实可溶性固形物、可滴定酸含量,对可溶性糖含量无显著影响。这与孙玉龙等分析的聚氯乙烯包装处理对黑宝石李硬度、可溶性固形物含量和可滴定酸含量影响^[24]的结论类似。与刘更森等利用0.013 mm PE保鲜袋处理黄金梨^[25]和朱向东等利用0.025 mm PE和硅窗膜包装澳李14延缓了果实硬度下降^[26]的结论类似。总抗氧化能力是指果实对活性氧自由基的清除能力,主要是维生素C、总酚、类黄酮等抗氧化物质和超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)等保护酶对自由基起清除作用^[27]。果实内自由基的积累会诱导果实衰老,发生脂质过氧化,进一步破坏细胞膜,加速果实衰老,因而提高果实自由基的清除能力可延缓果实衰老^[28]。本试验结果表明,试验结束时,3种薄膜包装处理均提高了果实采后总抗氧化能力,仅密实袋和气调袋可在贮藏后期显著减缓丙二醛含量积累。王亚楠等研究认为,薄膜包装处理可减缓果实抗氧化能力下降,这可能与薄膜包装处理可保持较高的总酚含量有关^[28]。贾晓辉等研究认为,自发气调包装可维持抗坏血酸和其他抗氧化物水平,以减少氧化反应,从而延缓果实抗氧化能力下降^[9]。由此推断,0.06 mm 密实袋和0.04 mm 气调袋包装处理可较好地维持芙蓉李果实采后生物活性,延缓果实衰老进程。

本试验主要从果实生理和品质层面来分析不同薄膜包装对芙蓉李低温贮藏保鲜效果的影响。综上所述,贮藏至60 d时,密实袋可维持芙蓉李果实采后硬度、较高的可溶性固形物含量和总抗氧化能力,而气调袋可较好地维持较高可滴定酸含量和总抗氧化能力及减缓丙二醛含量积累。本试验可为薄膜包装在芙蓉李果实采后保鲜生产应用上提供理论依据及技术参考,对芙蓉李果实鲜食市场的发展有积极意义。

参考文献:

- [1] 陈清西,李松刚,陈泳,等. 芙蓉李低温贮藏过程保护酶活性变化的研究[J]. 中国食品学报,2005,5(4):64-69.
- [2] 曾洪挺. 发展芙蓉李提升永泰李产业[J]. 中国果业信息,2006,23(9):7-9.
- [3] 林炎娟,周丹蓉,叶新福,等. 乙烯利、1-MCP处理对芙蓉李果实采后品质及生理的影响[J]. 食品研究与开发,2018,39(20):

- 204–209.
- [4] Özkaya O, Yildirim D, Dündar Ö, et al. Effects of 1-methylecyclopropene (1-MCP) and modified atmosphere packaging on postharvest storage quality of nectarine fruit [J]. *Scientia Horticulturae*, 2016, 198(1): 454–461.
- [5] Díaz-Mula H M, Zapata P J, Guillén F, et al. Modified atmosphere packaging of yellow and purple plum cultivars. 2. Effect on bioactive compounds and antioxidant activity [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2011, 61(2/3): 110–116.
- [6] Wang Y, Sugar D. Internal browning disorder and fruit quality in modified atmosphere packaged ‘Bartlett’ pears during storage and transit [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2013, 83(1): 72–82.
- [7] Sandhya. Modified atmosphere packaging of fresh produce: current status and future needs [J]. *LWT – Food Science and Technology*, 2010, 43(3): 381–392.
- [8] 何近刚, 冯云霄, 程玉豆, 等. 采后 1-MCP 和 MAP 处理对红富士苹果冷藏和货架期品质的影响 [J]. *食品科学*, 2016, 37(22): 301–306.
- [9] 贾晓辉, 王文辉, 佟伟, 等. 自发气调包装对库尔勒香梨采后生理及贮藏品质的影响 [J]. *中国农业科学*, 2016, 49(24): 4785–4796.
- [10] 徐步前, 余小林. 几种机理性薄膜包装对香蕉贮藏效果的影响 [J]. *园艺学报*, 2002, 29(2): 168–170.
- [11] 及华, 关军锋, 冯云霄, 等. 薄膜包装和乙烯吸收剂对黑宝石李贮藏品质和褐变的影响 [J]. *中国食品学报*, 2010, 10(6): 138–144.
- [12] 滕峥, 杨翠凤, 马雅甜, 等. 不同包装材料对西番莲采后贮藏品质的影响 [J]. *中国南方果树*, 2018, 47(3): 94–97.
- [13] Soliva-Fortuny R C, Martín-Belloso O. Microbiological and biochemical changes in minimally processed fresh-cut conference pears [J]. *European Food Research and Technology*, 2003, 217(1): 4–9.
- [14] 冯志宏, 李建华, 张立新, 等. 贮藏温度和包装对青脆李保鲜效果的影响 [J]. *保鲜与加工*, 2010, 10(4): 25–27.
- [15] 张福平, 陈蔚辉, 刘燕湘, 等. 自发气调袋包装对黄皮采后保鲜效果的研究 [J]. *中国南方果树*, 2016, 45(1): 49–52.
- [16] 苗博英, 张鹏, 翟宏伟, 等. 1-MCP 处理结合冰温贮藏对磨盘柿果实软化衰老的影响 [J]. *保鲜与加工*, 2013, 13(1): 21–24.
- [17] 郭园园, 鲁晓翔, 李江阔, 等. 自发气调包装对青皮核桃采后生理及品质的影响 [J]. *食品科学*, 2014, 35(4): 205–209.
- [18] 敖静, 张昭其, 黄雪梅. 不同薄膜自发气调包装对西兰花的保鲜效果 [J]. *广东农业科学*, 2015, 42(2): 77–81.
- [19] 吉宁, 王瑞, 余慧明, 等. 不同自发气调包装袋对毕节白萝卜的保鲜效果 [J]. *江苏农业科学*, 2019, 47(13): 213–217.
- [20] 曲雪艳, 周庆红, 宋宇, 等. 不同薄膜包装方式对青花菜贮藏品质的影响 [J]. *中国农学通报*, 2010, 26(18): 251–254.
- [21] 朱雁青, 胡花丽, 胡博然, 等. 薄膜包装对石榴采后生理及营养物质含量的影响 [J]. *江苏农业学报*, 2015, 31(5): 1154–1160.
- [22] 刘丹, 聂青玉, 林俊杰, 等. 不同厚度聚乙烯薄膜包装对枇杷贮藏品质的影响 [J]. *保鲜与加工*, 2012, 12(4): 14–16.
- [23] 胡花丽, 李鹏霞, 王毓宁, 等. 薄膜包装限气贮藏对李果实上的保鲜效果 [J]. *西北农业学报*, 2011, 20(3): 138–143.
- [24] 孙玉龙, 李丽梅, 冯云霄, 等. 薄膜包装对黑宝石李冷藏期间品质的影响 [J]. *河北农业科学*, 2009, 13(9): 18–19.
- [25] 刘更生, 林殿科, 樊连梅, 等. 气调贮藏条件下不同包装方式对黄金梨果实采后生理指标的影响 [J]. *植物生理学报*, 2013, 49(8): 771–777.
- [26] 朱向东, 刘倩叶, 刘粉粉. 不同包装对李果实贮藏品质的影响 [J]. *陕西林业科技*, 2007(1): 5–7.
- [27] 魏云潇, 叶兴乾. 果蔬采后成熟衰老酶与保护酶类系统的研究进展 [J]. *食品工业科技*, 2009, 30(12): 427–431.
- [28] 王亚楠, 胡花丽, 古荣鑫, 等. 不同薄膜包装对桑葚采后品质的影响 [J]. *食品科学*, 2014, 35(18): 224–229.

(上接第 205 页)

参考文献:

- [1] 晏小云, 殷晓静, 王国凯, 等. 南苜蓿的化学成分研究 [J]. *中国药学杂志*, 2012, 47(6): 415–418.
- [2] 鄂有祥, 张备. 秧草播种期试验研究 [J]. *中国园艺文摘*, 2013, 29(3): 30, 29.
- [3] Ngamukote S, Mäkinen K, Thilawech T, et al. Cholesterol-lowering activity of the major polyphenols in grape seed [J]. *Molecules*, 2011, 16(12): 5054–5061.
- [4] 刘国志. 金花菜种质资源评价及遗传多样性研究 [D]. 扬州: 扬州大学, 2016.
- [5] 于林清. 苜蓿种质资源系统评价与遗传多样性分析 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009.
- [6] 程静, 吴涛, 宋红萍, 等. 南苜蓿总皂苷对 2 型糖尿病大鼠胰腺功能保护作用的研究 [J]. *中药药理与临床*, 2017, 33(4): 53–56.
- [7] 程静, 程仁丽, 刘忠, 等. 南苜蓿总皂苷对麻醉犬脑血流动力学的研究 [J]. *中国医院药学杂志*, 2015, 35(16): 1478–1481.
- [8] 余勇, 郭磊, 吴明晖, 等. 香榧假种皮总黄酮提取及抗氧化活性研究 [J]. *食品工业*, 2014, 35(12): 23–26.
- [9] 康宏玲, 杨玉红, 康宗利. 昆仑雪菊总黄酮的提取及抑菌和抗氧化分析 [J]. *食品科技*, 2018, 43(6): 236–241.
- [10] Cai H, Xie Z Y, Liu G H, et al. Isolation, identification and activities of natural antioxidants from *Callicarpa kwangtungensis* Chun [J]. *PLoS One*, 2014, 9(3): 113–120.
- [11] 许建本, 苏秀芳, 莫耀芳. 超声波辅助法提取假苹婆树叶总黄酮及其清除羟自由基能力 [J]. *食品工业科技*, 2018, 39(23): 199–202, 209.
- [12] 王晖, 刘佳佳. 银杏黄酮的酶法提取工艺研究 [J]. *林产化工通讯*, 2004, 26(1): 887–888.
- [13] 李佩艳, 王锋, 尹飞, 等. 响应面法优化酶法提取红薯叶总黄酮的工艺 [J]. *食品工业科技*, 2012, 33(1): 275–277, 281.
- [14] Kong K W, Ismail A R, Tan S T, et al. Response surface optimization for the extraction of phenolics and flavonoids from a pink guava puree industrial by-product [J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2010, 45(8): 1739–1745.