

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.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.13.052

不同自发气调包装袋对毕节白萝卜的保鲜效果

吉 宁¹, 王 瑞¹, 余慧明², 徐乾坤¹, 曹 森¹, 马 超¹, 马立志¹

(1. 贵阳学院食品与制药工程学院/贵州省果品加工技术研究中心, 贵州贵阳 550005;

2. 七星关区碧秀佳蔬菜种植专业合作社, 贵州毕节 551700)

摘要:为筛选适合于毕节白萝卜采后贮藏保鲜的自发气调包装袋,以微孔袋和不同厚度的聚乙烯(PE)保鲜袋为包装材料(微孔袋、PE20、PE30、PE40),研究在 (1.0 ± 0.3) ℃保鲜库冷藏 120 d,通过对不同时期呼吸强度、腐烂率、丙二醛含量、糠心率、含水率、粗纤维含量、维生素 C 含量、硬度等指标进行测定,探讨贮藏期间白萝卜的生理及品质变化。结果表明,贮藏到 120 d 时,微孔袋内的白萝卜腐烂率仅有 7.9%,分别比 PE20、PE30、PE40 保鲜袋低 2.3%、6.8% 和 12.8%,而营养物质维生素 C 含量分别高出 0.9%、23.6% 和 26.4%,硬度分别高出 12.3%、12.9% 和 19.2%,粗纤维比 PE40 低 18.9%,由此表明,微孔袋自发气调保鲜效果好于 PE 保鲜袋。

关键词:白萝卜;自发气调包装;低温;贮藏;微孔袋;PE 保鲜袋

中图分类号: TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)13-0213-04

贵州省毕节地区从 20 世纪 80 年代引种的丰翹一代和丰光一代白萝卜,在独特的气候条件下栽种呈现出须根少而短,表面光滑,萝卜从缨根部往下有 $1/3 \sim 1/2$ 呈鲜绿状,鲜果质脆、汁多、味甜,民间均称其为“水果白萝卜”,且素有“萝卜胜水果”的美誉,是享誉贵州省内外的名特优地方农产品^[1-2]。白萝卜内含多种营养物质,如粗纤维、芥子油苷具有助胃肠蠕动、抗癌、助消化等功效^[3-6]。然而,毕节白萝卜由于含水量高,在贮藏过程中极易出现失水萎焉、腐烂和糠心,严重影响白萝卜的营养及食用价值。

自发气调包装是通过气调包装袋对 CO_2 和 O_2 具有不同的透性,从而自发调控袋内微环境中气体比率达到增强果蔬保鲜的目的^[7]。由于其无毒、操作简单、效果好、成本低等特点,现已大量用于各种果蔬保鲜领域^[8-11]。然而,不同果蔬的生理贮藏特征存在差异,部分果蔬能耐受较高的 CO_2 浓度^[12-14],部分果蔬易造成 CO_2 伤害^[15-17]。因此,只有选用适合的自发气调包装袋,才能有效延长果蔬的保质期。目前,自发气调包装已广泛应用于各种果蔬保鲜中,如核桃青果^[18]、豇豆^[19]、西洋梨^[20]、西兰花^[21]等,但在白萝卜保鲜方面尚未见报道,因此,本研究通过对比不同透性的自发气调保鲜袋对毕节白萝卜在 (1.0 ± 0.3) ℃贮藏过程中的生理特性,以期对毕节白萝卜高效无毒、成本低廉的保鲜途径提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料仪器及时间地点

收稿日期:2018-04-19

基金项目:贵州省毕节市科学技术局创新能力培育项目(编号:毕科合字[2015]21号);贵州省教育厅大学生创新创业训练计划重点项目(编号:201610976052);贵州省普通高等学校产学研合作示范基地建设项目(编号:黔教合 KY 字[2015]347)。

作者简介:吉 宁(1984—),男,贵州毕节人,硕士,副教授,主要从事农产品贮藏与加工方面的研究。E-mail:jining552100@163.com。

1.1.1 试验原料 丰光一代白萝卜于 2015 年 12 月 23 日采自贵州省毕节市魏家屯村七星关区碧秀佳蔬菜种植专业合作社白萝卜种植基地。采挖当天就地选取无机械损伤、无病虫害、未抽薹、外观整齐、成熟度与大小相对一致的白萝卜,装车后由栽种基地运回实验室,预冷 12 h。微孔袋、PE20 袋、PE30 袋、PE40 袋均购于国家农产品保鲜工程技术研究中心,其中微孔袋厚度 0.025 mm, O_2 渗透系数 248 000 mL/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$), CO_2 渗透系数 256 000 mL/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$),透湿率 13.4 g/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$); PE20 袋厚度 0.02 mm, O_2 渗透系数 6 571 mL/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$), CO_2 渗透系数 21 880 mL/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$),透湿率 4.82 g/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$); PE30 袋厚度 0.03 mm, O_2 渗透系数 4 967 mL/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$), CO_2 渗透系数 16 267 mL/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$),透湿率 3.69 g/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$); PE40 袋厚度 0.04 mm, O_2 渗透系数 3 248 mL/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$), CO_2 渗透系数 11 528 mL/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$),透湿率 2.668 g/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$)。碳酸氢钠、磷酸钠、氢氧化钠、三氯乙酸、硫代巴比妥酸、2,6-二萘酚钠盐、乙酸、浓盐酸等试剂购自国药集团化学试剂有限公司,均为国产分析纯。

1.1.2 试验仪器 精准控温保鲜库 $[(-5 \sim 20) \pm 0.3$ ℃、 $(90 \pm 5)\%$ 相对湿度]国家农产品保鲜工程技术研究中心监制;6 600 O_2/CO_2 顶空分析仪,美国 ILLINOIS 公司生产;UV-2550 型紫外可见分光光度计,日本适马住公司生产;TA.XT.Plus 物性测定仪,英国 Stable Micro Systems 公司生产;PAL-1 型迷你数显折射计,日本 ATAGO 公司生产;A11 型分析用研磨机,德国 IKA 公司生产。

1.1.3 试验时间 于 2015 年 12 月 23 日实施 0 d 试验,2016 年 1 月 22 日实施 30 d 试验,2016 年 2 月 21 日实施 60 d 试验,2016 年 3 月 22 日实施 90 d 试验,2016 年 4 月 21 日实施 120 d 试验。

1.1.4 试验地点 试验于贵阳学院食品与制药工程学院下属的贵州省果品加工技术研究中心果蔬保鲜实验室实施。

1.2 试验方法

1.2.1 原料处理 试验选择 4 种不同的保鲜袋:微孔袋、

PE20 袋、PE30 袋、PE40 袋,留下缨部 7~10 cm,削去根尖 3~6 cm,每个处理 3 个平行,每个平行随机取样 5.0~5.5 kg 进行装袋,存放于 $(1.0 \pm 0.3)^\circ\text{C}$ 保鲜库内,贮藏时间为 120 d。期间,每隔 30 d 测定各袋内顶空气体并随机取样检测各项生理生化指标,贮藏期间相对湿度为 85%~95%。

1.2.2 指标测定方法 顶空气体使用顶空分析仪进行测定;呼吸强度参照 Sivakumar 等的方法^[22]进行测定;腐烂率和糠心率采用个数法进行分析^[23],将 3 个平行的每袋 5 kg (10~15 个)分别进行计算,最后取平均值,公式为腐烂率(糠心率) = 腐烂(糠心)个数/总个数 $\times 100\%$;丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸比色法^[24]进行测定;含水率按曹建康法^[25]测定;粗纤维采用 GB/T 5009.10—2003《植物类食品中粗纤维的测定》测定;硬度测定:随机取 3 个白萝卜,去皮,横向放于质构仪上,采用 P/2N 探头对其进行穿刺测试,每个白萝卜上、中、下分别测试 5 个不同的点,测试参数为穿刺深度 6 mm,测前速度 3.0 mm/s,测中速度 2.0 mm/s,测后速度 3.0 mm/s,触发力 5.0 g;脆度测定参照胡璇等报道的方法^[26],略有改动,随机取 3 个白萝卜,去皮,将白萝卜切成 1 m^3 小块,每次将 4 个小块放于质构仪上,采用 P/100 探头对其进行脆度测试,每个白萝卜重复测定 5 次,测试参数为测前速度 2.0 mm/s,测中速度 1.0 mm/s,测后速度 5.0 mm/s,形变量 80%,触发力 5.0 g;白萝卜脆度测定见图 1。可溶性固形物含量采用数显折射计进行测定;维生素 C 含量参照 GB/T 6195—1986《水果、蔬菜维生素 C 含量测定法》中 2,6-二氯酚酚滴定法进行测定;总酚参照 Moyer 等报道的方法^[27]测定。

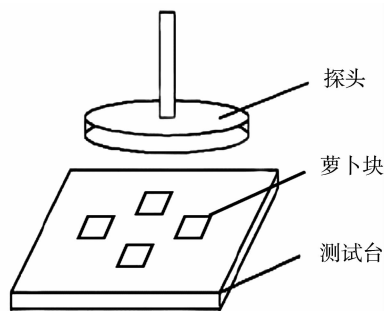


图1 白萝卜脆度测定示意

1.3 数据处理

以平均值 \pm 标准差表示结果;采用 Origin Lab 9.0 对数据进行作图,SPSS 19.0 对数据进行 Duncan 氏新复极差法数据差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 贮藏期间不同保鲜袋内顶空气体的变化

呼吸作用使贮藏环境中 O_2 和 CO_2 浓度发生变化。当 O_2 浓度过低或 CO_2 浓度过高时,都可能导致果蔬发生采后生理病害。因此,对贮藏环境中 O_2 和 CO_2 浓度的变化进行测量,结合果蔬各项生理指标,以期获取最佳贮藏 O_2 和 CO_2 浓度。从图 2 可以看出,整个贮藏期间微孔袋内的气体表现较稳定,均保持与外界相当,而 PE 袋在 90 d 以后袋内气体成分含量趋于稳定,其中 PE30 袋与 PE40 袋在整个贮藏期间,袋内气体含量差异不显著 ($P > 0.05$),整个贮藏期,与外界的气体交

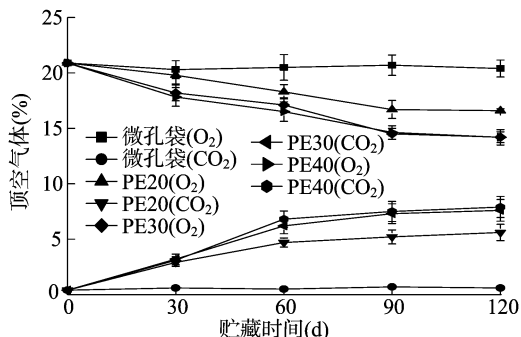


图2 贮藏期间不同保鲜袋内顶空气体的变化

换能力强弱分别为微孔袋 $>$ PE20 袋 $>$ PE30 袋和 PE40 袋。

2.2 不同保鲜袋对白萝卜呼吸强度的影响

呼吸强度可以衡量果蔬呼吸作用的强弱,能反映果蔬在贮藏期间的生命活动状态。从图 3 可以看出,随着贮藏时间的延长,各组的呼吸强度逐渐增加。30 d 后,微孔袋内贮藏的白萝卜呼吸强度均显著高于 PE30 袋和 PE40 袋 ($P < 0.05$),说明高浓度 CO_2 能抑制白萝卜的呼吸,而 PE20 袋、PE30 袋和 PE40 袋间整个贮藏期的呼吸强度差异均不显著 ($P > 0.05$)。

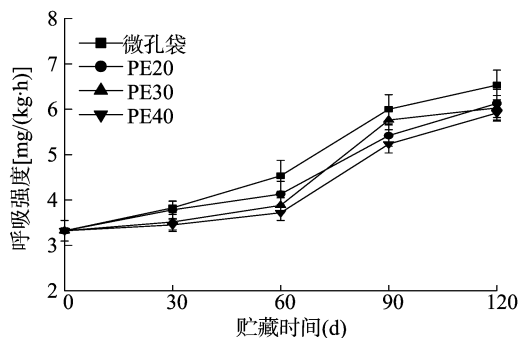


图3 不同保鲜袋对白萝卜呼吸强度的影响

2.3 不同保鲜袋对白萝卜腐烂率的影响

腐烂率能直观地反映果蔬的贮藏效果。从图 4 可以看出,在贮藏前 60 d,白萝卜均没有腐烂现象发生。60 d 以后,萝卜开始腐烂,90 d 时,各组之间白萝卜腐烂率差异不显著 ($P > 0.05$),到 120 d,使用 PE40 袋贮藏的白萝卜腐烂率最高,可能是由于袋内持续的高 CO_2 浓度,造成了 CO_2 伤害,而使用微孔袋贮藏的白萝卜腐烂率最低,说明低 CO_2 浓度环境更有利于白萝卜的贮藏保鲜。贮藏到 120 d 时,微孔袋内的白萝卜腐烂率仅为 7.9%,分别比 PE20、PE30、PE40 保鲜袋低 2.3%、6.8%、12.8%。

2.4 不同保鲜袋对白萝卜丙二醛含量的影响

丙二醛是膜脂过氧化作用的主要产物,能反映细胞膜脂过氧化程度,从而反映果蔬细胞受到伤害的程度。从图 5 可以看出,随着贮藏时间的延长各组间的丙二醛含量均呈上升趋势,在贮藏前 60 d,各组间的白萝卜丙二醛含量差异不显著 ($P > 0.05$),贮藏到 90 d,PE40 袋中白萝卜丙二醛含量最高,微孔袋和 PE20 袋客户丙二醛含量最低,对比图 4 可以看出,贮藏到 90 d 时,白萝卜丙二醛含量开始上升,腐烂率也相应上升,贮藏到 120 d 时,微孔袋丙二醛含量最低,腐烂率也最低。

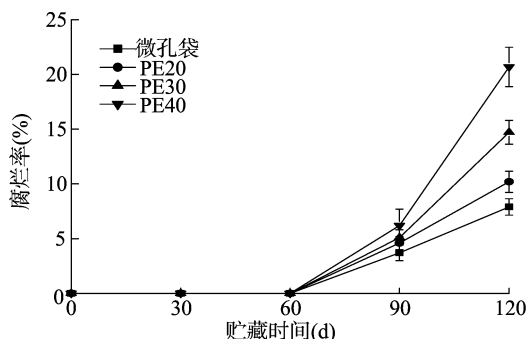


图4 不同保鲜袋对白萝卜腐烂率的影响

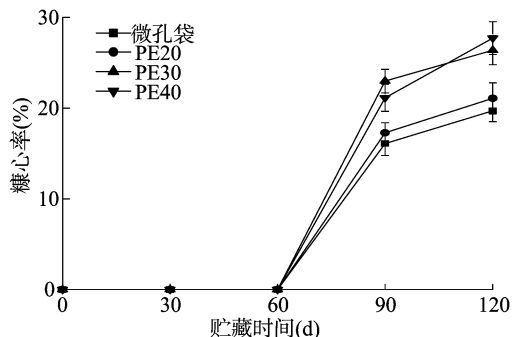


图6 不同保鲜袋对白萝卜糠心率的影响

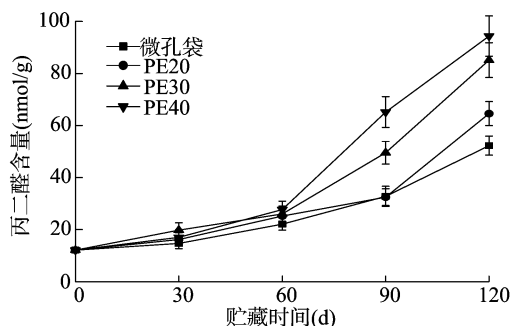


图5 不同保鲜袋对白萝卜丙二醛含量的影响

2.5 不同保鲜袋对白萝卜糠心率的影响

白萝卜在贮藏后期容易出现糠心现象,糠心会导致白萝卜组织绵软,风味变淡,食用价值降低,因此,测定白萝卜的糠心率,能直接反映贮藏效果的好坏。对比图 4 和图 6 可以发现,白萝卜糠心率与腐烂率成对应关系,在贮藏前 60 d,白萝卜均未有糠心,到 90 d 时,白萝卜糠心率骤然上升,其中以 PE30 袋和 PE40 袋的糠心率最高,两者之间差异不显著 ($P > 0.05$),贮藏到 120 d,糠心率继续上升,仍然是 PE30 袋和 PE40 袋的糠心率最高。

2.6 不同保鲜袋对白萝卜含水率的影响

果蔬在贮藏期间会逐渐失水,出现萎蔫、皱缩,品质下降,商品价值降低,因此,测定果蔬含水率能直观反映果蔬品质。从图 7 可以看出,整个贮藏期间,各种袋子贮藏的白萝卜含水

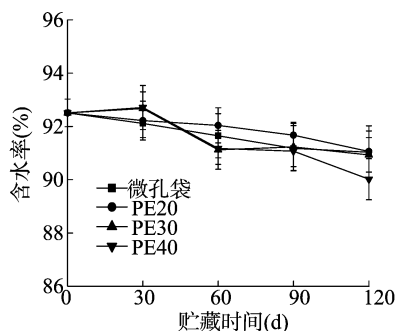


图7 不同保鲜袋对白萝卜含水率的影响

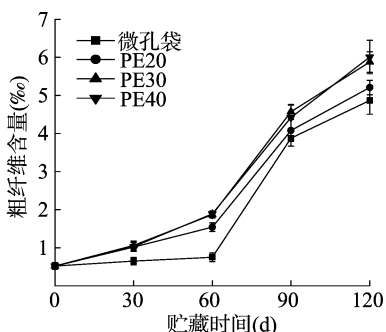


图8 不同保鲜袋对白萝卜粗纤维的影响

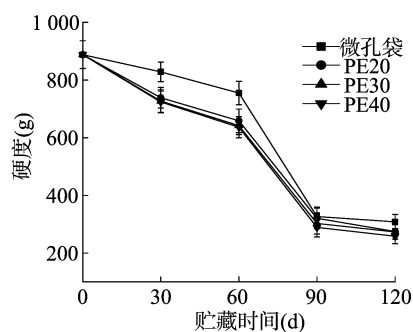


图9 不同保鲜袋对白萝卜硬度的影响

2.9 不同保鲜袋对白萝卜脆度的影响

脆度能反映贮藏期间白萝卜的品质好坏,对白萝卜的口感有着至关重要的作用。从图 10 可以看出,白萝卜在整个贮藏期间变化趋势跟硬度相似,均呈下降趋势,在 30 d 时,PE30 袋白萝卜的脆度最低,而其余 3 组间的差异不显著 ($P >$

率差异均不显著 ($P > 0.05$),120 d 时的含水率相对于 0 d 时的含水率,下降幅度极小,由此可见,使用保鲜袋均能有效保持白萝卜贮藏期间的含水量。

2.7 不同保鲜袋对白萝卜粗纤维含量的影响

粗纤维含量对贮藏期间果蔬品质变化有重要影响,随着贮藏时间的增加,纤维化程度往往增加,导致组织间隙变化,果蔬品质变劣。因此,测定其粗纤维含量,能直观反映产品保鲜效果的好坏。由图 8 可以看出,在贮藏前 60 d,白萝卜粗纤维含量缓慢上升,微孔袋 0 d 与 60 d 时白萝卜粗纤维含量基本持平,且 60 d 时均显著低于其他组 ($P < 0.05$);从 60 d 以后,各组间的粗纤维含量急剧上升,到 90 d 时,各组间粗纤维含量差异不显著 ($P > 0.05$),但到 120 d 时,微孔袋和 PE20 袋的粗纤维含量要明显低于 PE30 袋和 PE40 袋 ($P < 0.05$)。其中微孔袋内粗纤维含量比 PE40 低 18.9%。

2.8 不同保鲜袋对白萝卜硬度的影响

果实在衰老过程中硬度逐渐降低,通过测定果实的硬度,可以了解果实的衰老程度,从而确定果实的品质变化特点。从图 9 可以看出,整个贮藏期间,各组之间的白萝卜硬度呈下降趋势,在 30、60 d 时微孔袋组的硬度均比其他各组高,且差异显著 ($P < 0.05$);60 d 后,各组间的硬度继续下降,到 90 d 后各组间的硬度差异不显著 ($P > 0.05$)。贮藏到 120 d 时,微孔袋内萝卜的硬度分别比 PE20、PE30、PE40 袋高出 12.3%、12.9%、19.2%。

0.05),到 90 d 以后,微孔袋中白萝卜的脆度显著高于其余 3 组 ($P < 0.05$)。

2.10 不同保鲜袋对白萝卜可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物不仅能反映果实的口感,还能表征其成熟程度,因此,测定可溶性固形物含量对果蔬贮藏过程中的品质

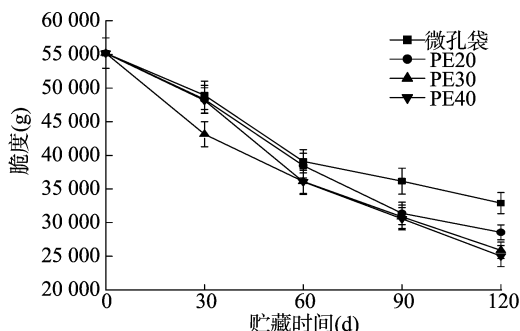


图10 不同保鲜袋对白萝卜脆度的影响

评价具有重要意义。从图 11 可以看出,在 30 d 之前,各组贮藏的白萝卜可溶性固形物含量均略微上升,30 d 以后,PE30 袋和 PE40 袋中白萝卜可溶性固形物含量继续上升,而微孔袋和 PE20 袋可溶性固形物含量开始下降,从 60 d 以后,各组的可溶性固形物含量均下降,其中 PE30 袋和 PE40 袋在第 90 天时含量比微孔袋和 PE20 袋要高,PE30 袋和 PE40 袋两者之间差异不显著 ($P > 0.05$),而与微孔袋和 PE20 袋差异显著 ($P <$

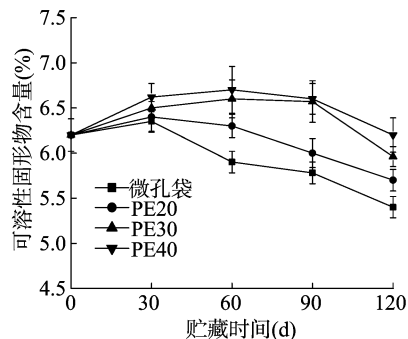


图11 不同保鲜袋对白萝卜可溶性固形物的影响

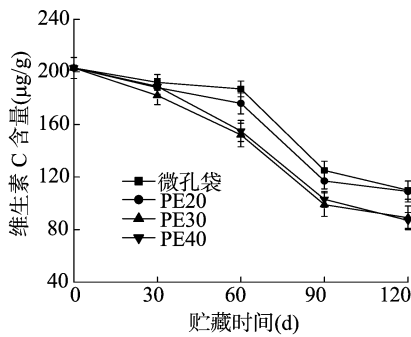


图12 不同保鲜袋对白萝卜维生素C的影响

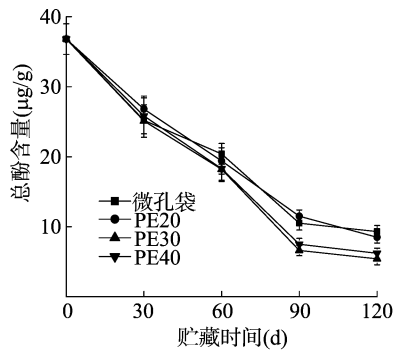


图13 不同保鲜袋对白萝卜总酚的影响

3 结论

本试验研究发现,使用 PE30 袋、PE40 袋进行毕节白萝卜包装,其微环境内产生的 CO_2 气体交换率较低, CO_2 体积分数升高,高浓度 CO_2 对白萝卜造成了伤害,导致腐烂率、丙二醛含量相应升高。贮藏后期,粗纤维含量上升,抗氧化物质(维生素 C、总酚)含量降低,同时,可溶性固形物含量逐渐升高,硬度和脆度下降,萝卜糠心率逐渐上升。相比于 PE 袋,微孔袋能有效地进行气体交换,避免了高浓度 CO_2 对白萝卜造成伤害,从而保证了白萝卜的品质。4 种保鲜袋都具有低透水性,能较好地保持白萝卜的含水量。综上,低温下微孔保鲜袋更适合于毕节白萝卜的长期贮藏保鲜。

参考文献:

- [1] 余慧明,余莉,葛梦雪. 大白萝卜优质高产栽培技术[J]. 现代农业科技,2011(6):137,146.
- [2] 徐俐. 贵州毕节白萝卜栽培技术探讨[J]. 园艺与种苗,2015(12):38-40.
- [3] Vitaglione P, Napolitano A, Fogliano V. Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut[J]. Trends in Food Science & Technology, 2008, 19(9):451-463.

0.05),贮藏到 120 d 时,微孔袋中白萝卜的可溶性固形物含量最低,为 5.42%,且与其余各组之间差异显著 ($P < 0.05$)。

2.11 不同保鲜袋对白萝卜维生素 C 含量的影响

维生素 C 是白萝卜的一项重要营养指标,其含量的高低直接反映贮藏效果。从图 12 可以看出,整个贮藏期间,白萝卜的维生素 C 含量均呈下降趋势,贮藏到 30 d 时,各组之间的维生素 C 含量差异不显著 ($P > 0.05$),贮藏 60 d 以后,微孔袋和 PE20 袋贮藏条件下维生素 C 含量始终高于 PE30 袋和 PE40 袋,且差异显著 ($P < 0.05$),而微孔袋和 PE20 之间袋在整个贮藏期间维生素 C 含量差异不显著 ($P > 0.05$)。贮藏到 120 d 时,微孔袋内的白萝卜维生素 C 含量分别比 PE20、PE30、PE40 高 0.9%、23.6%、26.4%。

2.12 不同保鲜袋对白萝卜总酚含量的影响

果蔬总酚有较强的抗氧化能力,能降低胆固醇,减少动脉硬化,是白萝卜的重要营养物质。对比图 12 和图 13 可知,多酚含量与维生素 C 含量有相同的变化趋势。贮藏到 60 d 时,各组之间的差异均不显著,90 d 以后,微孔袋和 PE20 袋总酚含量最高,与 PE30 袋和 PE40 袋差异显著 ($P < 0.05$)。

- [4] 李秋云,戴绍军,陈思学,等. 萝卜芥子油苷组分及含量的分析[J]. 园艺学报,2008,35(8):1205-1208.

- [5] 腊贵晓,方萍. 芥子油苷分解研究进展[J]. 食品科学,2008,29(1):350-354.
- [6] 任喜波,戴希尧,张俊花,等. 不同萝卜品种淀粉酶活性的差异研究[J]. 北方园艺,2012(22):21-23.
- [7] 崔立华,黄俊彦. 气调保鲜包装技术在食品包装中的应用[J]. 食品与发酵工业,2007,33(6):100-103.
- [8] 杨胜平,谢晶,钱韵芳,等. 壳聚糖复合保鲜剂涂膜与 MAP 保鲜妃子笑荔枝[J]. 食品科学,2013,34(8):279-283.
- [9] 朱永清,袁怀瑜,高佳,等. 不同商品包装材料对红香椿 MAP 保鲜效果的影响[J]. 西南农业学报,2014,27(4):1695-1699.
- [10] 陈欢欢,邓玉璞,冯建华,等. 青椒 MAP 保鲜效果研究[J]. 食品科技,2013(10):36-39.
- [11] 刘伟,卢立新. 1-MCP 和 MAP 对水蜜桃低温储藏保鲜效果的影响[J]. 包装工程,2015,36(1):57-60.
- [12] 曹慧娟,农绍庄,张平,等. 不同包装方式及气调贮藏对绿芦笋保鲜效果的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2007,38(6):860-863.
- [13] 刘璐,李喜宏,邵重晓,等. 有机红提葡萄高二氧化碳防腐保鲜研究[J]. 食品科技,2013(2):22-25.
- [14] 朱志强,李丽秀,张平,等. 高二氧化碳气体包装处理对葡萄

张丽霞,魏照辉,赵婉晴. 响应面优化超声波辅助酶法提取桑叶总黄酮的工艺[J]. 江苏农业科学,2019,47(13):217-221.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.13.053

响应面优化超声波辅助酶法提取桑叶总黄酮的工艺

张丽霞,魏照辉,赵婉晴

(江苏省农业科学院农产品加工研究所,江苏南京 210014)

摘要:利用响应面法对超声波辅助酶法提取桑叶总黄酮的条件进行优化,在单因素试验的基础上,选取料液比、提取温度和提取时间 3 个因素为自变量,以桑叶总黄酮提取率为响应值,进行 Box - Behnken 中心组合试验设计,进行响应面分析。结果表明,当加酶量为 0.8%,超声功率为 200 W,超声时间为 10 min 时,提取桑叶总黄酮的最佳工艺条件为料液比 1:18(g/mL),提取温度 51℃,提取时间 3.6 h,在此条件下总黄酮提取率为 5.55%,总黄酮产量理论与试验平均值相对标准误差为 0.89%,表明 Box - Behnken 模型优化可用于桑叶总黄酮提取条件优化,所得参数准确可靠,具有实用价值。

关键词:桑叶;总黄酮;超声波辅助酶法提取;响应面法;提取率

中图分类号:R284.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)13-0217-05

桑叶为桑科植物桑(*Morus alba* L.)的干燥叶。近年来随着健康饮食的价值回归,桑叶已经被广泛应用于食品工业、医药、美容护肤等方面,呈现出古树新花的局面。桑叶含有矿物质、维生素、食物纤维、氨基酸、植物甾醇、黄酮类等多种功能性成分,具有降血糖、降血压、降低胆固醇、抗衰老、维持消化系统和排泄系统健康、防癌抗癌、提高免疫力等功效^[1-4]。

桑叶具有上述功效,是因为其含有黄酮类、生物碱类、糖类,以及甾类、挥发油、氨基酸类、维生素和微量元素等有效成分,而黄酮类化合物和生物碱为主要功效成分,其中黄酮类化合物占桑叶干质量的 1%~3%,具有降血脂、清除自由基、抗炎和抗癌等作用^[5-8]。桑叶黄酮类化合物具有显著的抗癌、

抗氧化作用,受到人们的广泛关注,其抗肿瘤作用主要表现在抗癌细胞增殖、诱导癌细胞凋亡和增强抑癌基因活性及抑制癌基因表达等方面^[9-10]。因此,考虑到桑叶黄酮具有上述特殊功效,有必要对其提取工艺研究。

国内外对黄酮提取的研究较多,目前提取桑叶黄酮主要采用水、乙醇等溶剂进行提取,但该方法有提取率低、生产周期长的缺点。也有研究采用超声法、微波法和超临界 CO₂ 提取法提取桑叶黄酮。但从桑叶中超声波辅助酶法提取总黄酮的报道却并不多见。其中超声波辅助提取法是一种从植物中提取活性成分的重要方法^[11-12],近年来被广泛应用于植物活性成分的提取研究。超声提取相对于微波法提取和超临界 CO₂ 提取具有提取率高、速率快、能耗低的优点^[13-14]。本研究采用超声波辅助酶法,在单因素试验的基础上,采用了 Box - behnken 中心组合设计,使用响应面分析法对桑叶总黄酮超声波辅助提取条件进行了优化。为更好地开发利用桑叶的药用食用价值提供合理的依据和参考。

收稿日期:2018-04-10

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金(编号:31401489)。

作者简介:张丽霞(1979—),女,河南驻马店人,博士,副研究员,研究方向为食品生物技术与果蔬加工。E-mail:zlx5885@163.com。

果实贮藏品质的影响[J]. 北方园艺,2012(13):159-162.

[15]康明丽,张平,马岩松,等. 气体成分对冬枣细胞膜和贮藏品质的影响[J]. 果树学报,2003,20(2):112-115.

[16]李家政,毕大鹏. 微孔膜包装对鸭梨贮藏品质的影响[J]. 果树学报,2010,27(1):57-62.

[17]佟伟,王文辉,王志华,等. 不同气体贮藏条件对寒富苹果采后果实品质的影响[J]. 保鲜与加工,2014(1):15-18.

[18]马惠玲,宋淑亚,马艳萍,等. 自发气调包装对核桃青果的保鲜效应[J]. 农业工程学报,2012,28(2):262-267.

[19]罗银泳,陈东康,姚詹武,等. 自发气调包装对豇豆耐藏性及品质的影响[J]. 广东农业科学,2006,33(8):67-69.

[20]佟伟,贾晓辉,王文辉,等. 自发气调包装对 3 个西洋梨品种保鲜效果的研究[J]. 浙江农业科学,2009,1(1):117-119.

[21]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):77-81,88,193.

[22]Sivakumar D, Korsten L. Fruit quality and physiological responses of

litchi cultivar McLean's Red to 1-methylcyclopropene pre-treatment and controlled atmosphere storage conditions[J]. LWT - Food Science and Technology, 2010, 43(6): 942-948.

[23]彭自挥. 黄州萝卜保鲜方法的研究及霉烂原因分析[D]. 武汉:华中农业大学,2009:9-10.

[24]Rao M V, Paliyath G, Ormrod D P. Ultraviolet - B - and ozone - induced biochemical changes in antioxidant enzymes of Arabidopsis thaliana[J]. Plant Physiology, 1996, 110(1): 125-136.

[25]曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化试验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007:31-32.

[26]胡璇,夏延斌,邓后勤. 利用质构仪测定剁椒椒度方法的研究[J]. 辣椒杂志,2010,8(3):39-43.

[27]Moyer R A, Hummer K E, Finn C E, et al. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium*, *Rubus*, and *Ribes*[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(3): 519-525.