

不同气调包装对蕨菜保鲜效果的影响

郑权¹, 丁云闪¹, 崔琳琳², 马瑞博¹, 覃懿琴¹, 张佳俐¹, 何美杉¹, 陈钧浦¹, 张群利¹

(1. 东北林业大学工程技术学院, 黑龙江哈尔滨 150040) (2. 哈尔滨商业大学药学院, 黑龙江哈尔滨 150076)

摘要: 本文就气调处理对蕨菜保鲜的影响进行研究。以未处理状态下的蕨菜作为空白对照组, 6% CO₂+2% O₂, 6% CO₂+6% O₂, 6% CO₂+10% O₂ 不同比例的二氧化碳和氧气混合气体的气调包装作为实验组, 研究气调保鲜对蕨菜保鲜效果的影响。通过测试保鲜后蕨菜的失重率、可溶性固形物、Vc 含量、可滴定酸含量、硬度和叶绿素含量变化, 分析不同气体比例蕨菜保鲜的效果, 选择出最佳保鲜效果的气体比例。实验结果表明, 气调保鲜减缓了蕨菜品质的下降速率。气调保鲜延长了达到可溶性固形物和叶绿素 a 峰值含量的时间, 从原来的第 4 d 延长到第 8 d, 且可溶性固形物实验组峰值是对照组的 1.56 倍。14 d 时 6% CO₂+10% O₂ 可溶性固形物是对照组的 1.31 倍, 叶绿素 a 含量是对照组的 1.55 倍。气调保鲜减缓 Vc 的分解, 分别减缓了 5%、5%、10%, 其中 6% CO₂+10% O₂ 气体比例减缓效果更明显。分析得出 CO₂ 和 O₂ 含量为 6%、10% 时, 对蕨菜的保鲜效果最佳。

关键词: 蕨菜; 气调; 保鲜

文章编号: 1673-9078(2019)04-103-108

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.4.015

Effect of Different Atmosphere Packaging on the Preservation of Bracken

ZHENG Quan¹, DING Yun-shan¹, CUI Lin-lin², MA Rui-bo¹, QIN Yi-qin¹, ZHANG Jia-li¹, HE Mei-shan¹,
CHEN Jun-pu¹, ZHANG Qun-li¹

(1. Northeast Forestry University College of Engineering and Technology, Harbin 150040, China)

(2. Harbin University of Commerce School of Pharmacy, Harbin 150076, China)

Abstract: The effect of controlled atmosphere treatment on the fresh-keeping of Pteridophyte was studied in this paper. The effects of controlled atmosphere on the fresh-keeping of Pteridophyte were studied by using natural fern as blank control group and the modified atmosphere packaging of carbon dioxide and oxygen-mixed gases with different proportions of 6% CO₂+2% O₂, 6% CO₂+6% O₂ and 6% CO₂+10% O₂ as experimental groups. By testing the weight loss, soluble solids, Vc content, titratable acid content, hardness and chlorophyll content of fresh-keeping ferns, the effects of different gas ratios on fresh-keeping of ferns were analyzed, and the gas ratio with best fresh-keeping effect was selected. The experimental results showed that the modified atmosphere storage slowed down the decline rate of bracken quality. Modified atmosphere preservation prolong the time to reach the peak of soluble solids and chlorophyll a from the 4th day to the 8th day, and the peak of soluble solids in the experimental group was 1.56 times that of the control group. On the 14th day, the soluble solid content of 6% CO₂+10% O₂ was 1.31 times that of the control group, and the chlorophyll a content was 1.55 times that of the control group. Modified atmosphere preservation slowed down the decomposition of Vc by 5%, 5% and 10% respectively, and the slow-down effect for 6% CO₂+10% O₂ gas ratio was more obvious. The results showed that the fresh-keeping effect of *Pteridium aquilinum* was the best when the contents of CO₂ and O₂ were 6% and 10%, respectively.

Key words: bracken; controlled atmosphere; preservation

蕨菜 (*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*) 又名龙头菜、如意菜等, 属凤尾蕨科多年生草本植物。蕨菜营养丰富, 除含有人体所需蛋白质、糖类、纤维素以外, 还富含氨基酸、维生素和微量元素, 其含量是

收稿日期: 2018-11-19

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助 (2572016BB10); 东北林业大学工程技术学院大学生创新训练项目

作者简介: 郑权 (1978-), 男, 讲师, 研究方向: 包装设计与保鲜工艺

通讯作者: 张群利 (1978-), 男, 副教授, 研究方向: 功能性包装材料与保鲜工艺

一般蔬菜的数倍^[1-4], 另外含有多种功能性物质, 其中黄酮类化合物具有抑菌、降血脂、抗氧化及免疫调节等生物活性和药理作用、蕨菜乙醇提取物还具有降尿酸及肾保护的作用^[5-9]。使得人们对蕨菜的研究也一度成为热点。目前, 食用蕨菜来源主要集中在野生蕨菜上, 野生蕨菜的采摘地和市场距离较远, 在运输过程中保证蕨菜的新鲜度是保鲜主要意义。搞好蕨菜采后保鲜, 不仅可以丰富市场蔬菜供应, 为广大市民提供大量无公害的野生蔬菜, 还能增加农民经济收入, 具有重要的经济效益和社会意义^[10]。

随着科学技术的进步、生活水平的提高和消费者健康意识的增强,人们对蔬菜的新鲜度要求越高。蕨菜的食用部分是嫩茎,呼吸作用旺盛、含水量高、营养丰富,随着储存时间延长蕨菜组织中营养物质消耗,含水量降低,降低了蕨菜的经济和食用价值。目前蕨菜保鲜的研究大致可分为化学保鲜^[11]、干燥保鲜(真空干燥、微波干燥、真空微波干燥、真空冷冻干燥)^[12]、冷藏保鲜^[13]、气调保鲜^[14]四个方面。气调保鲜就是通过调节储藏果蔬周围环境的气体组成比例的等条件来延长果蔬储藏时间的一种技术,因在过程中不使用防腐剂等一些对人体和环境有伤害的物质,具有健康、绿色等优点,越来越受保鲜市场的欢迎。在我国气调保鲜技术研究起步较晚,但是随着我国经济和社会的发展,特别是近几年,我国气调保鲜技术在果蔬保鲜的应用取得了较好的效果^[15,16]。本文是研究不同气体比例对蕨菜保鲜效果的影响,通过测试保鲜后蕨菜失重率、可溶性固形物、Vc含量、可滴定酸含量、硬度和叶绿素含量等并分析,为选择蕨菜气调的最佳气体比例提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

蕨菜,购自鸡西市。

酚酞,天津市凯通化学试剂有限公司;抗坏血酸、2,6-二氯酚靛酚钠,天津市光复科技发展有限公司;石英砂,天津科密欧化学试剂有限公司;丙酮,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

高速台式离心机(TGL-20B),上海安亭科学仪器厂;电子天平(FA2004B),上海舜宇恒平科学仪器有限公司;紫外可见分光光度计(L5S),上海仪电分析仪器有限公司;手持式折光仪(FG-113),永康喜尚工贸有限公司;质构仪(CT3 10K),美国BROOKFIELD公司。

1.3 处理方法

表1 不同气体比例的蕨菜气调保鲜分组

Table 1 Groups of *Brassica napus* with different gas ratios

分组	空白对照	6% CO ₂ +2% O ₂	6% CO ₂ +6% O ₂	6% CO ₂ +10% O ₂
CO ₂ 比例/%	0.03	6	6	6
O ₂ 比例/%	21	2	6	10

在采购好的新鲜蕨菜中,挑选无损伤、无腐败变

质、颜色及成熟度基本一致的蕨菜进行实验。对保鲜试验进行分组,根据气调中气体比例不同,具体的分组如表1所示。将蕨菜放入真空袋中在,充入一定量的不同比例的气体,之后进行密封^[14];随后放入温度为4℃的冰箱中储藏。

1.4 指标及测试方法

1.4.1 蕨菜失重率的测定

计算蕨菜失重率的公式所示:

失重率(%) = (保鲜前质量-保鲜后质量)/保鲜前质量×100%

1.4.2 蕨菜可溶性固形物的含量测定

采用手持式折光仪进行测试,包括样品的制备、调零、测定和读数^[17]。

1.4.3 蕨菜维生素C的含量测定

采用2,6-二氯酚靛酚滴定法,按照顺序依次进行提取、滴定和计算^[18]。

1.4.4 蕨菜硬度测定

利用CT3质构仪进行穿刺测试,测试蕨菜硬度(N)^[19]。

1.4.5 蕨菜可滴定酸的含量测定

采用酸碱滴定的方法测定^[20]。去一定量的样品,研碎、萃取,用标准NaOH溶液滴定,计算蕨菜中可滴定酸的含量。

1.4.6 蕨菜叶绿素的含量测定

采用溶剂提取法^[21]。依次提取样品、测试及计算,利用紫外分光光度计进行测试,记录在波长663 nm、646 nm、470 nm处的吸光值,计算蕨菜叶绿素的含量。

1.5 数据统计分析

对实验数据进行统计,采用Origin 9.0软件作图,综合分析不同比例的保鲜纸对蕨菜保鲜的影响。

2 结果与讨论

2.1 蕨菜失重率的分析

蕨菜的失重主要是水分的流失,其次是蕨菜中营养成分的消耗。如图1所示,蕨菜的失重率随着时间的增加而增加,其中空白对照组的失重速率最快,在14 d时,失重率达到了33.78%。气调保鲜中三种不同的气体比例,对蕨菜的失重都有一定的抑制作用,其中6% CO₂+10% O₂的气体比例对蕨菜失重的抑制较为明显,失重率低于其它三组;当达到14 d时,蕨菜是失重率为25.68%,比空白对照降低了8.10%,其他比例分别降低了1.35%、2.00%。综合分析,气调保鲜

对蕨菜失重有一定的抑制作用,其中 6% CO₂+10% O₂ 的抑制作用最为显著,这种气体比例对减缓蕨菜的呼吸强度作用较为明显,减少了蕨菜组织内水分的流失和养分的消耗,从而蕨菜的失重率较低。

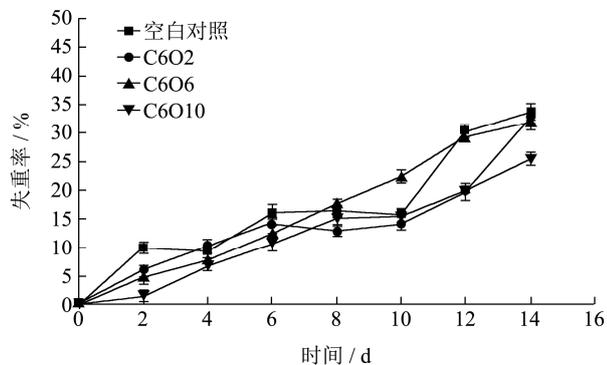


图1 蕨菜的失重率

Fig.1 Weight loss rate of bracken

2.2 蕨菜可溶性固形物含量的分析

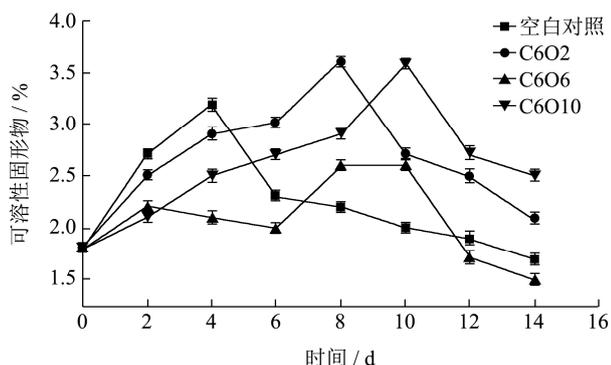


图2 蕨菜可溶性固形物的含量

Fig.2 Content of soluble solids in bracken

可溶性固形物的含量是检测果蔬保鲜效果的重要指标。如图2所示,不同气体比例的气调保鲜可溶性固形物的含量都是先增加后减小;储藏的前期是采摘的成熟期会生成可溶性固形物使得可溶性固形物的含量增加,后期是由于蕨菜的呼吸作用消耗的量大于积累的量使得可溶性固形物的含量降低^[22];由于 6% CO₂+10% O₂ 抑制蕨菜呼吸强度效果较好,使得达到可溶性固形物峰值消耗的时间较长,后期消耗的少,14 d时可溶性固性的含量较高是对照组的 1.56 倍;6% CO₂+6% O₂ 的气体比例对可溶性固形物的积累有影响,峰值只有 6% CO₂+10% O₂ 峰值的 72.22%;6% CO₂+2% O₂ 气体比例,有利于可溶性固形物的积累,但后期呼吸作用消耗量较大,14 d时是对照组的 1.31 倍。从可溶性固形物含量的变化来看,气调保鲜可延长蕨菜达到峰值的时间,延缓蕨菜的营养物质的消耗。6% CO₂+2% O₂、6% CO₂+10% O₂ 两种气体比例的气调保鲜较为合适,可用于蕨菜的保鲜。

2.3 蕨菜维生素 C 含量的分析

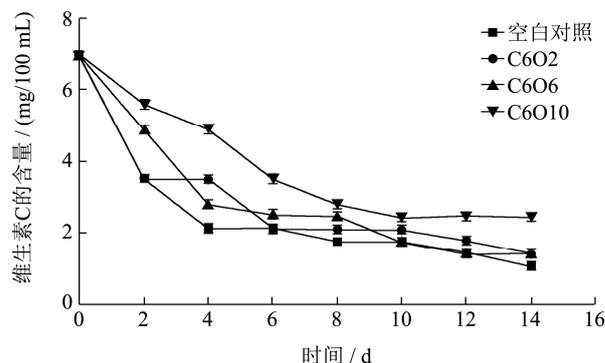


图3 蕨菜维生素 C 的含量

Fig.3 Vitamin C content of bracken

Vc 是果蔬中的重要营养成分,随储藏时间的增加果蔬中的 Vc 会被分解,合适的保鲜方法可抑制 Vc 的分解维持果蔬的营养成分含量。如图3所示,蕨菜中 Vc 的含量随着储藏时间的增加逐渐减少,保鲜的前 6 d Vc 含量下降较快,是因为前期蕨菜的细胞活性较强,Vc 的分解较快,随着时间的增加一部分酶失去活性,Vc 的分解速率减缓,Vc 含量的减少速率减缓^[23,24]。试验数据分析得出未进行保鲜的对照组,在 14 d 时蕨菜中 Vc 的损失率达到了 75.00%;6% CO₂+2% O₂ 实验组,在 14 d 时蕨菜中 Vc 的损失率达到了 70.00%;6% CO₂+6% O₂ 实验组,在 14 d 时蕨菜中 Vc 的损失率达到了 70.00%;6% CO₂+10% O₂ 实验组,在 14 d 时蕨菜中 Vc 的损失率达到了 65.00%。气调保鲜可轻微的抑制 Vc 的分解,减缓 Vc 减少的速率,6% CO₂+10% O₂ 气体比例对抑制 Vc 分解效果较明显。

2.4 蕨菜硬度的分析

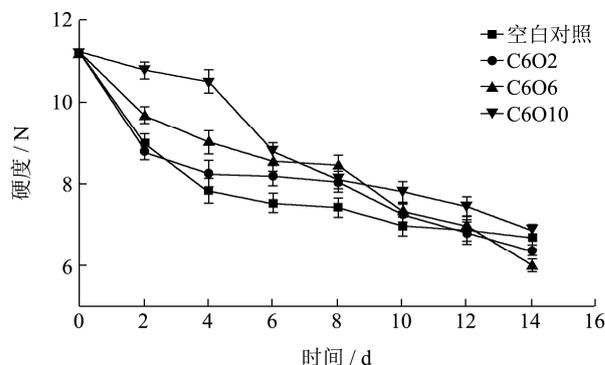


图4 蕨菜的硬度

Fig.4 Hardness of bracken

果蔬硬度是检测果蔬新鲜度的重要指标,硬度会随着果蔬细胞内水分的减少而降低;呼吸作用和蒸腾作用会使得水分减少,从而果蔬的硬度降低^[25]。如图4所示,蕨菜的硬度随着储藏时间的增加越来越小,

14 d 是硬度值变为原来的 2/5, 不同的气体比例对蕨菜的硬度影响没有比较明显的效果; 蕨菜的硬度减小率较为迅速, 后期较为平缓, 是由于储藏的前期, 蕨菜细胞中酶的活性较强呼吸作用较强, 水分流失较快, 硬度下降较快; 后期呼吸作用较为缓慢, 水分流失较为缓慢, 硬度减少的速率减缓。气调保鲜对蕨菜的硬度没有显著的影响, 实验组变化规律与空白对照组的变化规律一致。

2.5 蕨菜可滴定酸含量的分析

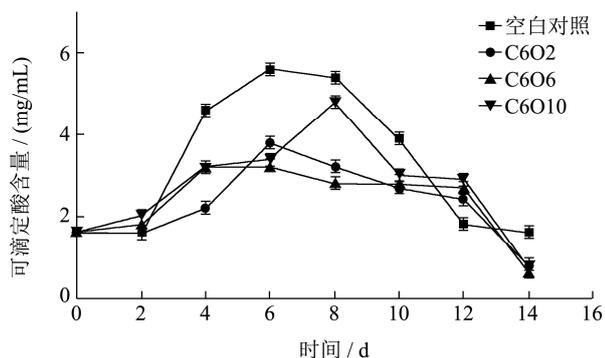


图5 蕨菜可滴定酸的含量

Fig.5 Titratable acid content of bracken

蕨菜可滴定酸含量变化如图 5 所示, 蕨菜可滴定酸的含量先增加后减少, 前期是由于水分损失速率较快单位质量内可滴定酸含量增加, 后期水分损失速率减缓, 且酸被分解使得可滴定酸的含量减少^[14]。对照组的曲线变化幅度较大, 是由于失重较大可滴定酸的浓度变化幅度较大; 气调保鲜实验组, 由于气调保鲜能有效地减缓失重率, 使得可滴定酸的浓度变化幅度不会很大; 气调组的峰值是 4.80 mg/mL 相对于对照组的峰值 5.60 mg/mL, 降低了 14.28%。结果表明: 气调保鲜抑制了蕨菜组织中水分的流失, 减缓了蕨菜中可滴定酸含量的变化幅度。

2.6 蕨菜叶绿素含量的分析

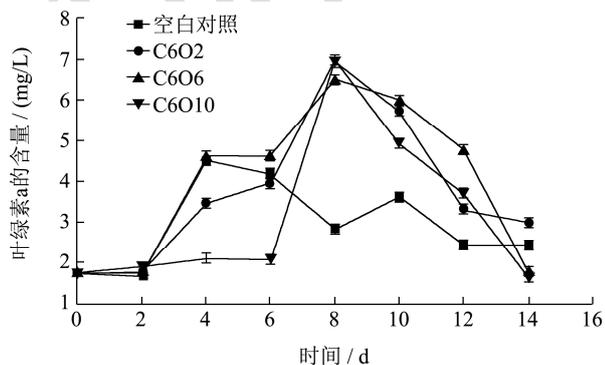


图6 蕨菜叶绿素 a 的含量

Fig.6 Chlorophyll a content of bracken

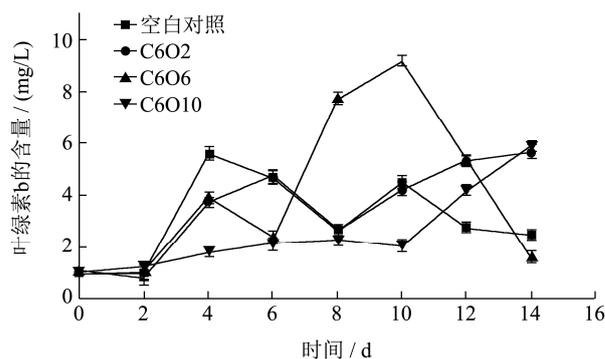


图7 蕨菜叶绿素 b 的含量

Fig.7 Chlorophyll b content of bracken

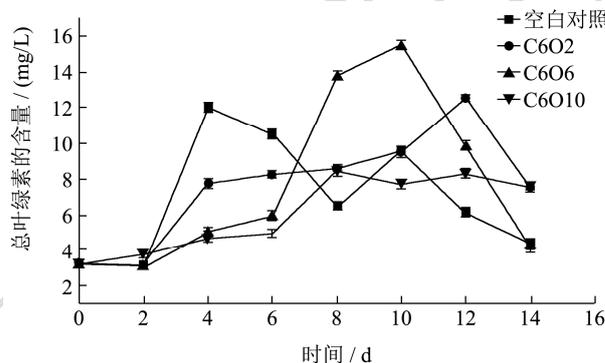


图8 蕨菜总叶绿素的含量

Fig.8 Total chlorophyll content of bracken

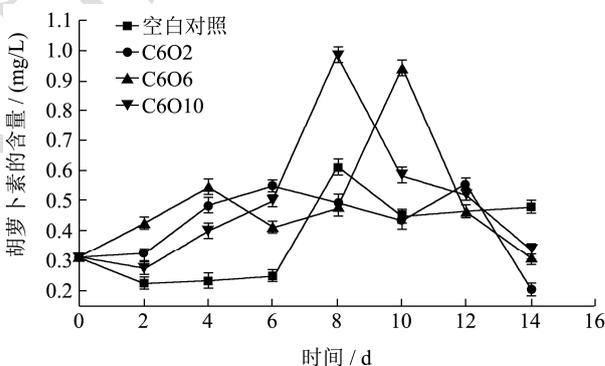


图9 蕨菜胡萝卜素的含量

Fig.9 Carotene content of bracken

蕨菜的叶绿素的含量在一定程度上可以反映蕨菜的新鲜度, 叶绿素 a 的含量变化如图 6 所示, 蕨菜得叶绿素含量先增加后减少, 是由于失去水分的速率大于叶绿素 a 分解的速率, 所以叶绿素 a 的含量显示先增加后减少的现象; 对照组在第 4 d 达到峰值, 实验组在第 8 d 时含量达到峰值, 延长了达到峰值的时间。叶绿素 a 峰值的含量分别是对照组的 1.53、1.44、1.55 倍, 之后随着叶绿素 a 的分解含量逐渐减少; 气调保鲜对叶绿素 a 的分解具有一定得抑制作用, 使得叶绿素 a 的含量高于对照组。不同比例的气调保鲜变化规律基本一致。叶绿素 b 的含量如图 7 所示, 气调保鲜对维持叶绿素 b 的含量没有显著的效果, 变化也没有

规律性。综合分析得出气调保鲜对蕨菜中叶绿素 *b* 的含量没有显著的影响。总的叶绿素含量如图 8 所示, 蕨菜中叶绿素的含量是少量的增加后减少的; 是由于脱水的速率较快使的总的叶绿素的含量有少量的增加。蕨菜中的胡萝卜素变化如图 9 所示, 在储藏的前期酶的活性比较强可合成胡萝卜素, 后期酶活性较弱合成速度减慢且有少量的分解, 所以图中显示胡萝卜素的含量先增加后减少, 胡萝卜素的性质较稳定, 分解速率较慢; 气调保鲜后的胡萝卜素的含量增加较多是未保鲜的 1.62 倍, 其中 6% CO₂+6% O₂、6% CO₂+10% O₂ 两种比例的胡萝卜素增加量较大。综合来看, 气调保鲜对叶绿素和胡萝卜素的含量有一定的影响, 气调保鲜延长了达到峰值的时间从第 4 d 延长到第 8 d, 减缓了蕨菜品质下降速率。从叶绿素 *a* 和胡萝卜素含量变化综合来看, 6% CO₂+10% O₂ 气体比例对蕨菜的保鲜效果最佳。

3 结论

本实验是研究了气调保鲜对蕨菜的影响, 设置不同气体比例作为实验组空白试验作为对照组, 通过测试保鲜后蕨菜失重率、可溶性固形物、V_C 含量、可滴定酸含量、硬度和叶绿素含量的变化, 分析不同气体比例的保鲜效果。实验结果得出, 气调保鲜可抑制蕨菜的水分蒸发和养分的消耗, 使得蕨菜的失重率减少, 6% CO₂+10% O₂ 的气体比例抑制效果较为显著, 与空白对照减轻了 31.54%; 6% CO₂+2% O₂、6% CO₂+10% O₂ 两种气体比例对蕨菜可溶性固形物的含量变化有较为显著的影响, 可溶性固形物前期有少量的增加; 气调保鲜对蕨菜中维生素 C 的分解有一定的抑制作用, 6% CO₂+10% O₂ 实验组保鲜后期是剩余维生素 C 含量是空白对照组的 1.40 倍; 气调保鲜可抑制蕨菜组织中水分的流失, 气调保鲜后的蕨菜硬度较空白对照组较强, 蕨菜可滴定酸的含量变化幅度较小; 6% CO₂+10% O₂ 气体比例对蕨菜的胡萝卜素和叶绿素 *a* 分解有一定的抑制作用, 使得胡萝卜素的峰值较高是空白对照组的 1.62 倍。综上所述, 气调保鲜对蕨菜有一定程度的保鲜作用, 其中 6% CO₂+10% O₂ 气体比例对蕨菜的保鲜效果最为明显。

参考文献

[1] 王清, 刘涛. 野生蕨菜的研究现状及其应用进展[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(15): 151-155
WANG Qing, LIU Tao. Research status and application progress of wild bracken [J]. Food Research and Development, 2015, 36(15): 151-155

[2] 黄劲松, 何竟旻, 刘廷国. 蕨菜研究进展综述[J]. 食品工业科技, 2011, 32(7): 455-457
HUANG Jin-song, HE Jing-min, LIU Ting-guo. Review of research progress of bracken [J]. Food Industry Science and Technology, 2011, 32(7): 455-457

[3] 姚玉霞, 蔡建培, 李泽鸿, 等. 四种山野菜营养成分分析[J]. 营养学报, 2003, 25(4): 441-442
YAO Yu-xia, CAI Jian-pei, LI Ze-hong, et al. Analysis of nutritional components of four wild vegetables [J]. Journal of Nutrition, 2003, 25(4): 441-442

[4] 李海燕, 王力川, 唐伟斌. 栽培蕨菜与野生蕨菜和常见栽培蔬菜营养成分的对比分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(14): 5868-5869
LI Hai-yan, WANG Li-chuan, TANG Wei-bin. Comparative analysis of nutritional components between cultivated bracken and wild bracken and common cultivated vegetables [J]. Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(14): 5868-5869

[5] 陈乃东, 陈乃富, 张莉, 等. 化学发光法测定蕨菜黄酮的抗氧化活性[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(6): 199-204
CHEN Nai-dong, CHEN Nai-fu, ZHANG Li, et al. Determination of antioxidant activity of *Pteridium aquilinum* flavonoids by chemiluminescence [J]. Food and Fermentation Industry, 2013, 39(6): 199-204

[6] 张晓娟, 胡选萍, 周建军, 等. 蕨菜化学成分及开发应用研究进展[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(3): 119-121
ZHANG Xiao-juan, HU Xuan-ping, ZHOU Jian-jun, et al. Research progress on chemical constituents and development and application of bracken [J]. Food Research and Development, 2014, 35(3): 119-121

[7] 宋广磊, 王奎武, 张虹, 等. 蕨菜多糖的分离纯化单糖组分及免疫调节活性研究[J]. 药物分析杂志, 2016, 36(12): 2107-2112
SONG Guang-lei, WANG Kui-wu, ZHANG Hong, et al. Isolation and purification of monosaccharide components and immunomodulatory activity of bracken polysaccharides [J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2016, 36(12): 2107-2112

[8] 谷仿丽, 韩邦兴, 陈乃富, 等. 蕨菜乙醇提取物降尿酸作用机理及肾保护作用研究[J]. 天然产物研究与开发, 2018, 30(4): 629-633
GU Fang-li, HAN Bang-xing, CHEN Nai-fu, et al. Study on the mechanism of lowering uric acid and renal protection of ethanol extract of *Potentilla anserina* [J]. Research and Development of Natural Products, 2018, 30(4): 629-633

[9] Cáceres-Peña Yamile C, Naya Marlene, Calcagno-Pissarelli

- María Pía, et al. Influence of bracken Fern (*Pteridium caudatum* L. Maxon) pre-treatment on extraction yield of illudane glycosides and pterins [J]. *Phytochemical Analysis*, 2012
- [10] 苏仕林. 蕨菜贮藏保鲜与产品开发研究现状[J]. *食品研究与开发*, 2012, 33(10): 216-219
- SU Shi-lin. Research status of bracken preservation and product development [J]. *Food Research and Development*, 2012, 33(10): 216-219
- [11] 杨月娥, 徐骏. 蕨菜保鲜贮藏技术研究[J]. *怀化学院学报*, 2013, 32(5): 37-39
- YANG Yue-e, XU Jun. Study on preservation and storage technology of bracken [J]. *Journal of Huaihua University*, 2013, 32(5): 37-39
- [12] 王清, 刘涛, 聂鹏程, 等. 野生蕨菜护色工艺及干燥方式研究[J]. *食品工业*, 2018, 39(3): 129-133
- WANG Qing, LIU Tao, NIE Peng-cheng, et al. Study on the color protection process and drying method of wild bracken [J]. *Food Industry*, 2018, 39(3): 129-133
- [13] 刘开华, 邢淑婕. 蕨菜冷冻贮藏品质变化的研究[J]. *长江蔬菜*, 2004, 7: 45-46
- LIU Kai-hua, XING Shu-jie. Study on the changes of frozen storage quality of bracken [J]. *Journal of Yangtze River Vegetables*, 2004, 7: 45-46
- [14] 郭衍银, 王相友, 章耀. 蕨菜的气调保鲜应用研究[J]. *农业机械学报*, 2010, 41(1): 117-121
- GUO Yan-yin, WANG Xiang-you, ZHANG Yao. Study on the application of modified atmosphere of bracken [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery*, 2010, 41(1): 117-121
- [15] 董朝贤. 船用混合蔬菜的气调低温贮藏研究[D]. 无锡: 江南大学, 2016
- DONG Chao-xian. Research on low-temperature Storage of marine mixed vegetables [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016
- [16] 黄良, 刘全祖, 沈祖广, 等. 果蔬气调保鲜技术的发展现状[J]. *农业与技术*, 2018, 38(3): 163-166
- HUANG Liang, LIU Quan-zu, SHEN Zu-guang, et al. Development status of controlled atmosphere preservation technology for fruits and vegetables [J]. *Agriculture and Technology*, 2018, 38(3): 163-166
- [17] 张偌瑜, 薛娜娜, 陈慧芝, 等. 果蔬保鲜指标测试新技术及研究进展[J]. *内蒙古科技与经济*, 2016, 17: 92-97
- ZHANG Ruo-yu, XUE Na-na, CHEN Hui-zhi, et al. New technology and research progress of fruit and vegetable preservation index testing [J]. *Inner Mongolia Science and Technology and Economy*, 2016, 17: 92-97
- [18] LU Jin-dong, WANG Dan-feng, QIAN Bing-jun, et al. Study on preservation of *pleurotus eryngii* by shortwave ultraviolet radiation [J]. *Zhejiang Agricultural Sciences*, 2014, 3: 348-351
- [19] KONG Fang, XUE Zheng-lian, YANG Chao-ying. Studies on the preservation effect of chitosan composite coating on *Pleurotus eryngii* [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(18): 215-220
- [20] 刘晓雪. LC-MS 法测定果蔬中的有机酸[D]. 哈尔滨: 黑龙江东方学院, 2015
- LIU Xiao-xue. LC - MS determination of organic acids in fruits and vegetables [D]. Harbin: Heilongjiang Oriental University, 2015
- [21] 郝再彬. 植物生理实验[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004
- HAO Zai-bin. Plant Physiology Experiment [M]. Harbin: Harbin Institute of Technology Press, 2004
- [22] 宫阁, 何梦雪, 于希良, 等. 羧甲基壳聚糖涂膜对山竹保鲜的研究[J]. *现代食品*, 2018, 5: 43-45
- GONG Ge, HE Meng-xue, YU Xi-liang, et al. Study on preservation of bamboo by carboxy methyl chitosan coating [J]. *Modern Food*, 2018, 5: 43-45
- [23] 胡顺爽, 刘瑞玲, 郜海燕, 等. 灰霉胞外分泌物对蓝莓果实贮藏品质的影响[J]. *中国食品学报*, 2018, 18(9): 217-225
- HU Shun-shuang, LIU Rui-ling, GAO Hai-yan, et al. Effects of extracellular secretion of botrytis cinerea on storage quality of blueberry fruit [J]. *Chinese Journal of Food Science*, 2018, 18(9): 217-225
- [24] 范雨航, 李少华, 许青莲, 等. 气调保鲜对采后柠檬贮藏品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(05): 324-328
- FAN Yu-hang, LI Shao-hua, XU Qing-lian, et al. Effects of modified atmosphere preservation on postharvest lemon storage quality [J]. *Food Industry Science and Technology*, 2017, 38(5): 324-328
- [25] 张淑杰, 胡婷婷, 刘红开, 等. 果蔬采后硬度变化研究进展[J]. *保鲜与加工*, 2018, 18(4): 141-146
- ZHANG Shu-jie, HU Ting-ting, LIU Hong-kai, et al. Research progress on postharvest hardness changes of fruits and vegetables [J]. *Preservation and Processing*, 2018, 18(4): 141-146