

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.01.023

蕨菜的气调保鲜应用研究^{*}

郭衍银 王相友 章 耀

(山东理工大学农业工程与食品科学学院, 淄博 255049)

【摘要】 为研究气调对蕨菜贮藏期间保鲜效果的影响,设置不同 CO₂ 和 O₂ 的体积分数,对蕨菜采后 SOD 活性、POD 活性、呼吸强度、乙烯释放量、蕨菜干鲜重以及丙二醛、叶绿素、可溶性糖、VC 含量进行了研究。结果表明:适宜的 CO₂ 和 O₂ 组合有利于采后蕨菜维持较高的 SOD 和 POD 活性,减少了 MDA 的积累,维持恰当的呼吸强度和乙烯释放速率,减少蕨菜干鲜重的损失,利于蕨菜采后叶绿素、可溶性糖、VC 的保存。试验得出了最好的气体组合,即 CO₂ 和 O₂ 体积分数为 2% 和 6%,其次为 6% 和 10%,这些组合能很好地保持蕨菜贮藏中的品质,可使蕨菜保鲜期达 15 d 以上。

关键词: 蕨菜 气调 保鲜 品质

中图分类号: Q949.36⁺5; TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)01-0117-05

Effects of Modified Atmosphere on the Preservation of *Pteridium aquilinum*

Guo Yanyin Wang Xiangyou Zhang Yao

(School of Agricultural & Food Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China)

Abstract

In order to research the effects of modified atmosphere on the preservation of *Pteridium aquilinum* during storage period, the SOD and POD activity, respiration rate and ethylene release, fresh and dry weight, MDA, chlorophyll, soluble sugar and VC content were studied by setting different CO₂ and O₂ proportion. Results showed that, proper CO₂ and O₂ proportion can maintain the higher SOD and POD activity, decrease the content of MDA, keep the respiration rate and ethylene release appropriately, reduce the loss of dry and fresh weight, eventually avail to the preservation of chlorophyll, soluble sugar and VC content. In this experiment, the optimal CO₂ and O₂ proportion is 2% and 6%, second is 6% and 10%. The combination could commendably retain the quality of *Pteridium aquilinum* up to above 15 d.

Key words *Pteridium aquilinum*, Modified atmosphere, Preservation, Quality

引言

蕨菜(*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*)是我国暖温带及亚热带常见的一种野生蔬菜,每 100 g 食用茎含蛋白质 1.6 g,脂肪 0.4 g,碳水化合物 10.0 g,纤维素 1.3 g,钙 24.0 mg,磷 29 mg,铁 1.6 mg,VC 35.0 mg,胡萝卜素 1.68 mg^[1],并含有多种药理成分,具有药用价值^[2]。

作为食用部分的嫩茎处于生长旺盛期,呼吸强

度大,含水率高,采后营养物质大量消耗,粗纤维增加,从而导致嫩茎品质变劣,降低了经济和食用价值。目前,多数学者对蕨菜的研究,主要集中在野生蕨菜与环境的关系^[3~4]、驯化栽培^[5]、初级加工^[6~7]和营养成分提取^[8~9]等几个方面,。气调保鲜技术在很多果蔬上应用并取得很好的效果^[10~11],但蕨菜的气调保鲜技术研究鲜有报道,本文通过气调处理,研究蕨菜在贮藏过程中的生理生化及品质变化,为蕨菜的气体保鲜技术提供参考依据。

收稿日期: 2008-10-29 修回日期: 2009-02-18
^{*} 山东省农业良种工程资助重点项目(鲁科农字[2006]90号)
作者简介: 郭衍银,副教授,主要从事果蔬贮藏与加工技术研究,E-mail: guoyy@sdut.edu.cn
通讯作者: 王相友,教授,博士生导师,主要从事农产品加工与贮藏工程研究,E-mail: wxy@sdut.edu.cn

1 材料与方法

1.1 试验材料

蕨菜取自山东省淄博市临淄区南卧石村蕨菜试验基地,品种是半岛鳞毛蕨,上午8~9时采摘长20 cm左右长的食用茎,置于冷藏保温箱,中午运回实验室,清洗晾干后置于3℃冷库预冷4 h。

1.2 试验设计

预处理后的蕨菜150 g装至保鲜袋内(保鲜袋规格为20 cm×30 cm,均匀打0.5 cm²孔8个),封口。然后放入可控气调库内贮藏,按表1设计O₂和CO₂成分,剩余气体用N₂补充,每个处理设置20次重复。所有处理均于(0±0.5)℃,相对湿度95%条件下贮藏,定期取样分析。同时,以同样条件下不加气体控制为对照(CK)。

表1 气调贮藏中各处理的CO₂和O₂组成
Tab.1 CO₂ and O₂ proportion in different treatments

编码	气体体积分数/%		编码	气体体积分数/%	
	CO ₂	O ₂		CO ₂	O ₂
C ₂ O ₆	2	6	C ₆ O ₂	6	2
C ₆ O ₆	6	6	C ₆ O ₁₀	6	10
C ₁₀ C ₆	10	6	C ₆ O ₁₄	6	14
C ₁₄ O ₆	14	6			

1.3 指标测定

过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)活性以及丙二醛(MDA)和叶绿素含量测定参照赵世杰^[12]的方法,其中SOD活性单位以抑制NBT光化还原的50%为一个酶活性单位,POD活性测定是在波长470 nm处测量OD值,以每分钟OD值变化来表示酶活性大小。VC含量采用2,6-二氯酚滴定法测定,干鲜重采用干燥法测定,可溶性糖采用蒽酮比色法进行测定。

乙烯释放速率用GC22010型气相色谱仪(日本岛津公司)测定,呼吸强度用ADC2250型远红外

CO₂分析仪(ADC bioscientific Ltd.)测定。具体操作方法如下:取各处理蕨菜各150 g(同时测定其体积),放入体积为1L的广口玻璃瓶中,置于(0±0.5)℃的培养箱中,于测定前2 h封口,到时间后进行CO₂和乙烯含量的测定。

2 结果与讨论

2.1 气调对蕨菜采后保护酶的影响

2.1.1 SOD、POD活性

SOD是植物体内清除自由基的关键酶之一,它能催化植物体内分子氧活化的第一个中间产物O₂⁻。发生歧化反应,生成O₂和H₂O₂。经SOD催化反应形成的H₂O₂,可由POD催化分解成H₂O和O₂,彻底消除活性氧的危害^[13]。

由图1(图中横坐标试验序号1~6分别表示贮藏日期为1、4、7、11、15、18 d,下同)可知,蕨菜采后4 d,SOD值都维持在一个相当高的水平上,主要是由于此期间蕨菜中活性氧含量过高,刺激诱导SOD活性上升所致。此后,各处理均呈下降趋势,但下降幅度有所不同,如从4 d到18 d期间,C₁₀O₆、C₁₄O₆和C₆O₂分别下降了62.0%、79.1%和69.7%,CK下降了45.9%,而C₂O₆和C₆O₁₄处理仅下降了15.0%和14.3%,至第18天,C₂O₆和C₆O₁₄处理分别比CK高出57.1%和52.9%,而C₁₀O₆、C₁₄O₆和C₆O₂处理仅分别为CK的65.5%、36.6%和53.6%。可以看出,CO₂体积分数比O₂高时,蕨菜SOD活性降低较快,而体积分数比O₂低时,SOD活性下降较慢,说明CO₂体积分数过高时,可能引起CO₂中毒现象,而较高体积分数的O₂可以缓解这一现象。

与SOD活性逐渐下降趋势不同,各处理POD活性在1~7 d均呈下降趋势,而7 d之后才基本呈上升趋势。C₂O₆、C₆O₆和C₆O₁₀处理在贮藏后期,POD活性显著高于CK,而C₁₀O₆、C₁₄O₆、C₆O₂和C₆O₁₄则低于CK。至于贮藏后期C₁₄O₆和C₆O₂处

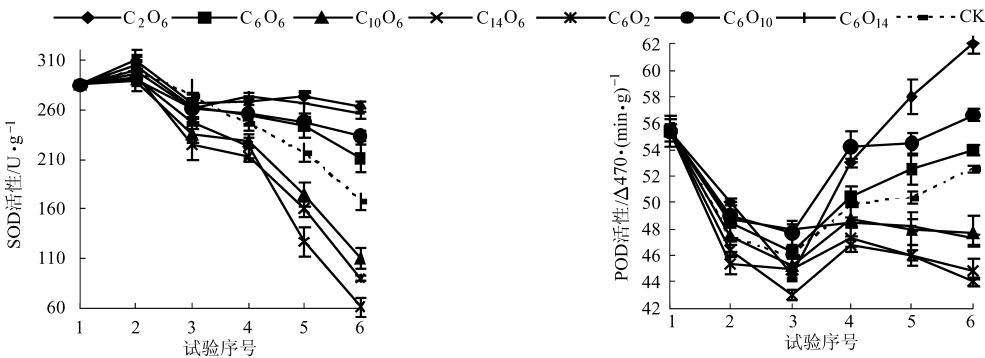


图1 气调对蕨菜采后SOD和POD活性的影响

Fig.1 Effects of modified atmosphere on SOD and POD activity of *Pteridium aquilinum*

理 POD 略有下降,可能是不适宜的气体条件促进了蕨菜的快速衰老和机能丧失所致。

2.1.2 MDA 含量

MDA 是膜脂过氧化产物,表示细胞膜脂过氧化程度和植物的衰老状态。如图 2 所示,随着贮藏时间的延长,各处理 MDA 含量均呈上升趋势,但各处理的上升幅度有较大差异。 C_2O_6 、 C_6O_6 和 C_6O_{10} 处理 MDA 含量均低于 CK,第 18 天时仅为 CK 的 71.7%、85.7% 和 80.7%;而 $C_{10}O_6$ 、 $C_{14}O_6$ 、 C_6O_2 和 C_6O_{14} 处理则高于 CK,第 18 天时比 CK 高 6.8%、20.1%、36.1% 和 15.7%。其中, C_2O_6 处理的 MDA 含量最低,这与在此气体条件下其 SOD 和 POD 活性较高,减少了 O_2^- 和 H_2O_2 等自由基对细胞膜的伤害有关;而 C_6O_2 处理的 MDA 含量最高。可见,适宜的气体条件对维持蕨菜贮藏过程中保护酶活性,减少活性氧对机体的伤害有一定的积极作用;同时表明,若 CO_2 体积分数高于 O_2 体积分数,极可能造成 CO_2 对蕨菜的伤害,进而影响蕨菜保鲜效果。

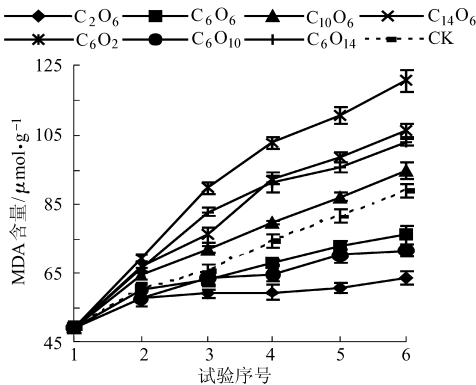


图 2 气调对蕨菜采后 MDA 含量的影响
Fig.2 Effects of modified atmosphere on MAD content of *Pteridium aquilinum*

2.2 气调对蕨菜采后生理的影响

2.2.1 呼吸强度和乙烯释放量

图 3 表明,CK 处理第 1 天较高,到第 4 天降到最低点,然后持续升高至第 15 天,之后下降,呈典型的单峰曲线,至于第 1 天呼吸强度较高,与蕨菜刚刚

采收,环境条件改变后的短期刺激有关。其他处理也基本上呈单峰曲线变化, C_6O_{10} 和 C_6O_{14} 两处理变化趋势与 CK 相似,也是呼吸强度在第 15 天最高,之后下降,但略低于 CK; C_2O_6 和 C_6O_6 的呼吸强度进一步降低,且第 11 天时基本上升至最高点,之后基本保持这一状态; C_6O_2 、 $C_{10}O_6$ 和 $C_{14}O_6$ 处理的呼吸强度最低,第 4 天后虽稍有上升,但上升幅度极小。呼吸速率过大,消耗营养物质过多,加速蕨菜的衰败,保鲜期降低;若呼吸速率过小或产生厌氧呼吸,将不能提供给蕨菜正常新陈代谢所需的能量,降低蕨菜的抵抗能力。本试验中 C_2O_6 、 C_6O_6 、 C_6O_{10} 和 C_6O_{14} 的呼吸强度低于 CK,说明适宜的气体条件能降低蕨菜的呼吸速率,减少营养物质的消耗,利于蕨菜的保鲜,其中以 C_2O_6 和 C_6O_6 效果为好。但 C_6O_2 、 $C_{10}O_6$ 和 $C_{14}O_6$ 呼吸强度极低,且基本没有出现呼吸峰,是否产生了厌氧呼吸,尚需进一步研究。

乙烯释放量的变化趋势和呼吸强度相似(图 3),也是呈单峰曲线,但 CK 第 11 天上升到最高点, C_2O_6 、 C_6O_6 、 C_6O_{10} 和 C_6O_{14} 处理至第 15 天才上升到最高点,推迟了 3 d,且数值也较 CK 低,其中 C_2O_6 最低,其次为 C_6O_6 、 C_6O_{10} 和 C_6O_{14} 。同时可以看出, C_6O_2 、 $C_{10}O_6$ 和 $C_{14}O_6$ 处理的乙烯释放量最低,虽呈逐渐上升趋势,但没有明显的乙烯释放高峰,与呼吸强度的变化趋势相一致,这可能与 CO_2 浓度过高,而 O_2 浓度较低,产生 CO_2 中毒有关^[14]。

2.2.2 干、鲜重

干重和鲜重是衡量蔬菜采后保鲜效果的重要指标,干重的损失主要体现了贮藏过程中蕨菜呼吸代谢对营养物质的消耗,而鲜重同时体现了水分和营养物质的双重损失。图 4 表明,在贮藏过程中,随贮藏时间的延长,各处理蕨菜鲜重均呈下降趋势,且第 1~4 天下降速率较快,这与蕨菜刚采摘后呼吸代谢旺盛,营养物质和水分蒸发过快有关。后期则下降较慢,但各处理间仍表现出较大差异, C_2O_6 、 C_6O_{10} 和 C_6O_6 高于 CK,而其他处理则低于 CK,说明适宜的

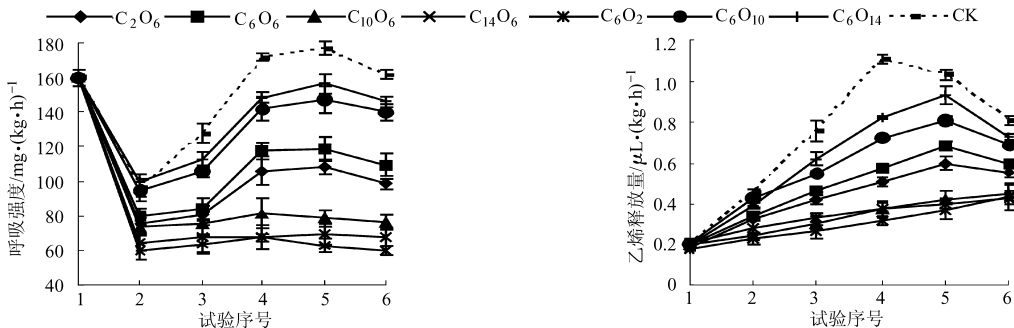


图 3 气调对蕨菜采后呼吸强度和乙烯释放量的影响
Fig.3 Effects of modified atmosphere on respiration rate and ethylene release of *Pteridium aquilinum*

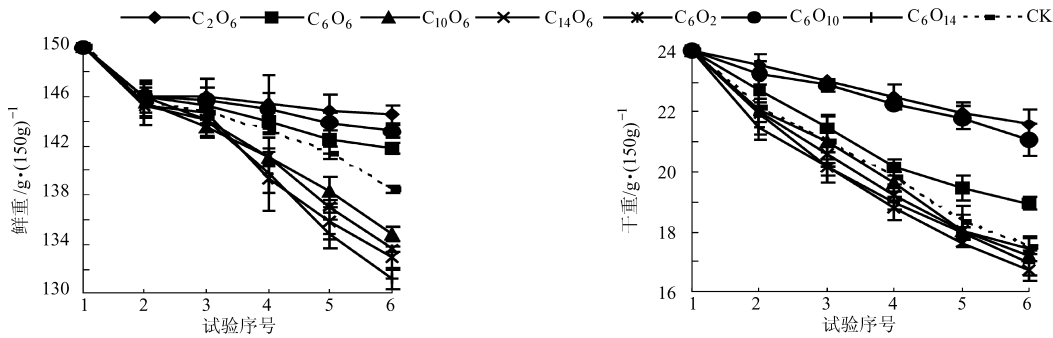


图 4 气调对蕨菜采后干、鲜重的影响

Fig. 4 Effects of modified atmosphere on fresh and dry weight of *Pteridium aquilinum*

气体条件能较好的维持蕨菜采后鲜重。

气体条件对蕨菜采后干重的影响与鲜重趋势相似。但在贮藏后期, C_2O_6 、 C_6O_{10} 与 CK 的差异更大, 如贮藏 18 d 时, 两处理干重分别比 CK 高出 22.8% 和 19.89%, 而 C_6O_2 处理则比 CK 低 4.8%, 说明适宜的气体条件能有效地降低采后蕨菜的呼吸作用, 减少营养物质的消耗。结合呼吸强度和乙烯释放量 (图 3), C_6O_2 、 $C_{10}O_6$ 和 $C_{14}O_6$ 处理虽然呼吸强度较低, 但其干鲜重损失却较大, 表明这些处理出现了部分的厌氧呼吸现象。

2.3 气调对蕨菜采后品质的影响

2.3.1 叶绿素含量

叶绿素是绿叶菜类保鲜过程中的重要感官指标, 如果保鲜方法不当, 极易出现变褐、黑色斑点等症状, 严重影响其感官及销售价值。

图 5 表明, 在贮藏过程中, 各处理蕨菜叶绿素含量均呈下降趋势, 但不同处理下降趋势存在很大差异。其中, C_2O_6 和 C_6O_{10} 两处理下降幅度最小, 第 18 天仅比第 1 天下降了 4.9% 和 6.2%; C_6O_6 和 C_6O_{14} 两处理含量居中, 变化趋势与 CK 大体一致, 整个贮藏期间下降了 13.6% ~ 16.7%; 而 $C_{10}O_6$ 、 $C_{14}O_6$ 和 C_6O_2 处理的叶绿素含量则下降较快, 如 C_6O_2 在整个贮藏期间下降了 23.6%。表明适宜的气体条件能显著保存蕨菜叶绿素含量。

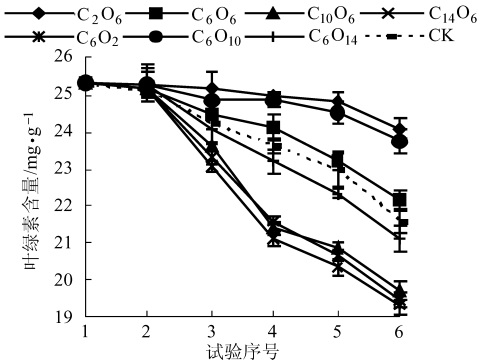


图 5 气调对蕨菜采后叶绿素含量的影响

Fig. 5 Effects of modified atmosphere on chlorophyll content of *Pteridium aquilinum*

2.3.2 可溶性糖含量

可溶性糖是蕨菜呼吸作用消耗的重要底物, 反映了蕨菜采后呼吸作用的强弱和类型, 同时又是评价蕨菜采后品质的重要指标。

蕨菜采后可溶性糖含量的变化趋势与干重相似, 均呈逐渐下降趋势, 只是差别更加明显 (图 6)。 C_2O_6 、 C_6O_{10} 处理可溶性糖含量明显高于 CK, 如第 18 天时分别比 CK 高 18.46% 和 11.14%; C_6O_2 、 $C_{10}O_6$ 和 $C_{14}O_6$ 处理均显著低于 CK, 从第 7 天就迅速降低, 但 3 个处理之间差别不大; 而 C_6O_{14} 和 C_6O_6 与 CK 差别不大。说明适宜的气体条件能显著延缓蕨菜可溶性糖含量的降低, 而不恰当的气体组合则加快了可溶性糖含量的下降, 这可能与不恰当的气体条件造成蕨菜厌氧呼吸有关, 前面呼吸强度和蕨菜干重也表明了这一点。

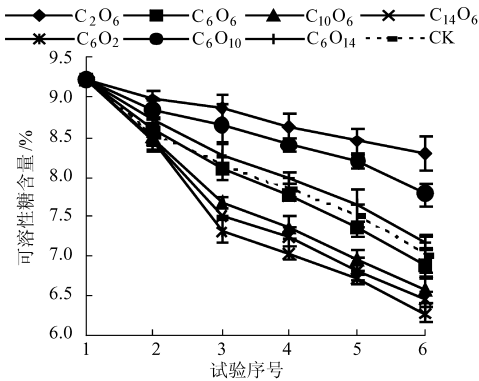


图 6 气调对蕨菜采后可溶性糖含量的影响

Fig. 6 Effects of modified atmosphere on soluble sugar content of *Pteridium aquilinum*

2.3.3 VC 含量

图 7 表明, 随着贮藏时间的延长, 各处理 VC 含量均呈下降趋势, 只是下降速率存在一定差异。在贮藏 1 ~ 7 d 各处理间差异不明显, 7 d 以后, 各处理差异逐渐增大, 如 CK 由 7 d 的 47.9 mg/(100 g) 下降到 18 d 的 14.8 mg/(100 g), 下降 69.1%; C_2O_6 由 51.1 mg/(100 g) 下降到 41.0 mg/(100 g), 仅下降了 19.8%; $C_{14}O_6$ 由 44.4 mg/(100 g) 下降到

6.7 mg/(100 g),竟下降了 84.9%。说明适宜的气体条件对保存蕨菜贮藏期间 VC 含量具有重要作用,保存效果以 C₂O₆ 最好,其次为 C₆O₁₀,最差的为 C₆O₂ 和 C₁₄O₆。

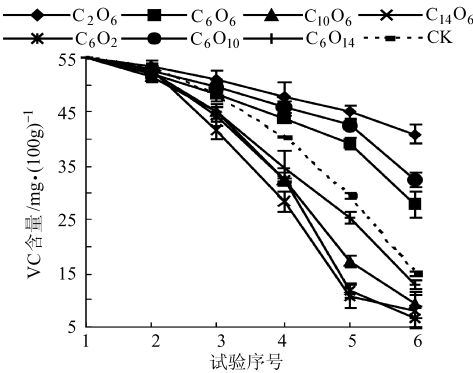


图 7 气调对蕨菜采后 VC 含量的影响

Fig.7 Effects of modified atmosphere on VC content of *Pteridium aquilinum*

3 结论

(1) 适宜的气体条件能较好地维持蕨菜采后的 SOD 和 POD 活性,减少活性氧对细胞膜的伤害,降低 MDA 含量,利于蕨菜的采后保鲜,反之则不利于保鲜。如在整个贮藏期间,恰当的气体组合如 CO₂

和 O₂ 的体积分数为 2% 和 6% 时,其 MDA 含量仅上升了 29.4%;对照则上升了 80.5%;不恰当的气体组合气体如 CO₂ 和 O₂ 的体积分数为 6% 和 2% 时,其 MDA 含量则增加了 145.7%。

(2) 气调处理明显影响蕨菜采后的呼吸强度、乙烯释放量、干鲜重和可溶性糖含量。恰当的气体组合如 CO₂ 和 O₂ 的体积分数为 2% 和 6% 以及 6% 和 10% 时,能降低蕨菜采后的呼吸强度,推迟乙烯释放高峰出现的时间,减少干鲜重和可溶性糖含量的损失。不恰当的气体组合如 CO₂ 和 O₂ 的体积分数为 6% 和 2% 以及 14% 和 6% 时,虽能显著降低蕨菜的呼吸强度和乙烯释放量,但蕨菜的干鲜重和可溶性糖损失严重,这与蕨菜参与了厌氧呼吸有关。

(3) 适宜的气体组合能明显保存蕨菜采后叶绿素、可溶性糖和 VC 含量,维持蕨菜品质,其中以 CO₂ 和 O₂ 的体积分数为 2% 和 6% 时保存效果最好,其次为 6% 和 10%,最差的为 14% 和 6% 以及 6% 和 2%。较好的气调处理能使蕨菜保鲜期达 15 d 以上。

(4) 试验结果同时表明,不同的 CO₂ 和 O₂ 体积分数对蕨菜保护酶、生理生化和品质具有不同影响,且两者之间存在一定的相互作用。

参 考 文 献

1 赵守训,黄泰康,丁志遵,等. 中药辞海:第三卷[M]. 北京:中国医药科技出版社,1997:1 443 ~ 1 446.

2 Yoshihira K, Fukuoka M, Kuroyanagi M, et al. Chemical and toxicological studies on bracken fern, *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*. I. Introduction, extraction and fractionation of constituents, and toxicological studies including carcinogenicity tests[J]. Chem. Pharm Bull, 1978, 26(8): 2 346 ~ 2 364.

3 Ghorbani J, Le Duc M G, McAllister H A, et al. Effects of experimental restoration on the diaspore bank of an upland moor degraded by *Pteridium aquilinum* invasion[J]. Land Degradation & Development, 2007, 18(6): 659 ~ 669.

4 Michele Eatough Jones, Timothy D Paine. Detecting changes in insect herbivore communities along a pollution gradient[J]. Environmental Pollution, 2006, 143(3): 377 ~ 387.

5 郑云翔,张丽丽. 河北太行山食用蕨类植物及栽培技术[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(10): 2 893 ~ 2 894.

Zheng Yunxiang, Zhang Lili. Edible *Pteridium aquilinum* in Hebei Province Taihang mountain and its planting technology [J]. Journal of Anhui Agri. Sci., 2007, 35(10): 2 893 ~ 2 894. (in Chinese)

6 陈乃富. 蕨菜茶的加工工艺研究[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(3): 125 ~ 128.

Chen Naifu. The study on processing technology of *Pteridium aquilinum* var. 1 *latiusculum* tea[J]. Food and Fermentation Industries, 2006, 32(3): 125 ~ 128. (in Chinese)

7 车刚,万霖,李成华,等. 蕨菜真空冷冻干燥工艺参数的优化试验[J]. 农业机械学报, 2008, 39(2): 98 ~ 102.

Che Gang, Wan Lin, Li Chenghua, et al. Optimized experiment on technological parameters for freeze drying of *Pteridium aquilinum*[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(2): 98 ~ 102. (in Chinese)

8 许文涛,张方方,黄昆仑,等. 响应曲面法优化蕨菜水溶性多糖提取工艺的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(7): 122 ~ 126.

Xu Wentao, Zhang Fangfang, Huang Kunlun, et al. Application of response surface methodology for extraction optimization of water-soluble polysaccharides from *Pteridium aquilinum* [J]. Journal of Food Science, 2008, 29(7): 122 ~ 126. (in Chinese)

- 7 Swasdisevi T, Devahastin S, Sa-Adchom P, et al. Mathematical modeling of combined far-infrared and vacuum drying banana slice[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 92(1):100 ~ 106.
 - 8 王相友, 林喜娜. 果蔬红外辐射干燥动力学的影响因素综述[J]. 农业机械学报, 2009, 40(10):114 ~ 120.
Wang Xiangyou, Lin Xi'na. Influence factors of kinetics of infrared radiation drying for fruits and vegetables[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(10):114 ~ 120. (in Chinese)
 - 9 Sharma G P, Verma R C, Pathare P B. Thin-layer infrared radiation drying of onion slices[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 67(3):361 ~ 366.
 - 10 Hebbar H U, Rastogi N K. Mass transfer during infrared drying of cashew kernel[J]. Journal of Food Engineering, 2001, 47(1):1 ~ 5.
 - 11 Hasan Togrul. Simple modeling of infrared drying of fresh apple slices[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 71(3):311 ~ 323.
 - 12 Ruiz Celma A, Rojas S, Lopez-Rodriguez F. Mathematical modeling of thin-layer infrared drying of wet olive husk[J]. Chemical Engineering and Processing, 2008, 47:1 810 ~ 1 818.
 - 13 肖旭霖. 洋葱真空远红外薄层干燥模型[J]. 食品科学, 2002, 23(5):40 ~ 43.
Xiao Xulin. Thin-layer modal of vacuum and far-infrared drying on onion[J]. Food Science, 2002, 23(5):40 ~ 43. (in Chinese)
 - 14 Midilli A. Determination of pistachio drying behavior and conditions in a solar drying system[J]. International Journal of Energy Research, 2001, 25(8):715 ~ 725.
 - 15 Hasan Togrul. Suitable drying model for infrared drying of carrot[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77(3):610 ~ 619.
 - 16 Page G E. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers[D]. West Lafayette: Purdue University, 1949.
 - 17 White G M. Fully exposed drying of popcorn[J]. Transactions of the ASAE, 1981, 24(2):466 ~ 468.
-

(上接第 121 页)

- 9 张莉, 周守标. 安徽产三种野菜的营养成分比较[J]. 营养学报, 2008, 30(1):117 ~ 118.
Zhang Li, Zhou Shoubiao. The comparative study on nutritional composition of three nature vegetables from Anhui Province [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2008, 30(1):117 ~ 118. (in Chinese)
- 10 田龙. 黄金梨的气调贮藏保鲜试验[J]. 农业机械学报, 2007, 38(10):77 ~ 79.
Tian Long. Study on control atmosphere storage of Whangkeumbae[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(10):77 ~ 79. (in Chinese)
- 11 刘战丽, 王相友, 朱继英, 等. 高氧气调对果蔬采后生理和品质影响研究进展[J]. 农业机械学报, 2009, 40(7):112 ~ 118.
Liu Zhanli, Wang Xiangyou, Zhu Jiying, et al. Progress in effects of high oxygen on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(7):112 ~ 118. (in Chinese)
- 12 赵世杰, 刘华山, 董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998:56 ~ 124.
- 13 田国忠, 李怀方, 裘维蕃. 植物过氧化物酶研究进展[J]. 武汉植物学研究, 2001, 19(4):332 ~ 344.
Tian Guozhong, Li Huafang, Qiu Weifan. Advances on research of plant peroxidases[J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 2001, 19(4):332 ~ 344. (in Chinese)
- 14 王相友, 李霞, 王娟, 等. 气调包装下果蔬呼吸速率研究进展[J]. 农业机械学报, 2008, 39(8):94 ~ 100.
Wang Xiangyou, Li Xia, Wang Juan, et al. Advances of respiration rate in modified atmosphere packaging for fruits and vegetables[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(8):94 ~ 100. (in Chinese)
- 15 Gorny J R, Hess P B, Cifuentes R A, et al. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives[J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 24(3):271 ~ 278.
- 16 Soliva-Fortuny R C, Elez M P, Martin B O. Microbiological and biochemical stability of fresh-cut apples preserved by modified atmosphere packaging[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2004, 5(2):215 ~ 224.
- 17 刘颖, 邬志敏, 李云飞, 等. 果蔬气调贮藏国内外研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(4):94 ~ 97.
Liu Ying, Wu Zhimin, Li Yunfei, et al. The study developments of controlled and modified atmosphere storage for fruits and vegetables in China and abroad[J]. Food and Fermentation Industries, 2006, 32(4):94 ~ 97. (in Chinese)