

蔡梅艳,陶乐仁,张婷玉,等. 温湿度对菠菜可溶性蛋白质含量的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(9):250-252.

温湿度对菠菜可溶性蛋白质含量的影响

蔡梅艳, 陶乐仁, 张婷玉, 范国华, 李 娟

(上海理工大学低温与生物研究所, 上海 200093)

摘要:菠菜体内的大部分可溶性蛋白质是参加新陈代谢活性的酶类,其含量能反映菠菜组织的总代谢活动。为找出菠菜最佳储藏温度和湿度,研究了不同温度(2、5、8℃)及相对湿度(60%、80%、99%)对菠菜可溶性蛋白质含量的影响。结果表明,温度及相对湿度对可溶性蛋白质含量的影响都达到极显著水平,相对湿度对可溶性蛋白质含量的影响大于温度,而温湿度交互作用的影响不显著。温度越低,环境湿度越大,可溶性蛋白质保留效果越好。2℃及99%相对湿度下菠菜可溶性蛋白质含量最大。

关键词:菠菜;可溶性蛋白质;相对湿度;温度

中图分类号:S609⁺.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)09-0250-03

菠菜是一种营养丰富的蔬菜,菠菜采后不能再进行光合作用等同化作用,但其他生理活动仍在进行,大分子有机物被降解成了小分子物质,导致菠菜内部组织结构发生变化,有序结构变成了无序结构,使菠菜的感官品质和营养品质(糖、蛋白质、维生素、有机酸等)都下降,从而降低了菠菜的商品价值^[1]。de Azevedo - Meleiro 等研究发现,菠菜在 7~9℃下储存 5 d 后β胡萝卜素、叶黄素、紫黄素、新黄素的含量下降了 42%、32%、20%、20%^[2]。Lopez - Velasco 等研究表明,储存温度及储存时间能够影响附在菠菜表面微生物种类的多样性,影响菠菜的生理及生长机理^[3]。微生物侵染菠菜内部的柱状薄壁组织,造成菠菜腐烂^[4]。如何减少果蔬采后的损失已上升为一个全球性的问题,越发受到国内外广泛的关注^[5-6]。Grozoff 等研究发现,1-MCP 可以降低铵盐的含量和蛋白质下降的速率,低剂量的 1-MCP 处理菠菜可以延缓衰老,保持菠菜的良好营养品质和感官^[7]。5℃下气调包装菠菜,发现不同生长期和采收期对菠菜储存过程中维生素 C、叶绿素、硝酸盐及草酸的含量影响不显著,对微生物数量有显著影响^[8]。Gómez 等研究发现,与未经热处理的菠菜叶相比,经过热处理的菠菜叶叶绿素含量、蛋白质含量相对较高,溶质渗透少^[9]。刘扬等采用具有不同孔径的带孔保鲜袋包装菠菜,结果表明 1 mm 孔径的保鲜袋保鲜效果最好,失水率最

低,可溶性蛋白质和叶绿素的含量最高;色差值越小,孔径越大,保鲜效果越差^[10]。侯建设等采用低温冷藏结合塑料薄膜不扎口的包装方式保鲜菠菜,结果表明在 2℃下保鲜的菠菜有很好的感官评价,9℃下包装保鲜虽能抑制菠菜的水分蒸发,但菠菜有严重的腐烂现象^[11]。李华贞等研究表明微酸性电解水和强酸性电解水均能延缓菠菜表面微生物的增殖,保持菠菜的营养品质,抑制亚硝酸盐的积累^[12]。低温高湿是大多数果蔬理想的储藏条件。高湿控制果蔬的蒸腾作用,减少水分的蒸发;低温能抑制果蔬的呼吸作用,降低微生物酶的活性,减少微生物对果蔬的分解,延长保鲜期。本试验研究了温度 2、5、8℃及相对湿度 60%、80%、99%对捆绑菠菜可溶性蛋白质含量变化的影响,旨在找出菠菜最佳储藏温度和湿度。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

试验仪器:DFY-5/20 低温恒温反应浴(槽)(上海丞明仪器设备有限公司);电子天平 BP3100S(德国 Sartorius 集团);Panasonic 温湿度数据记录仪(松下电器研究开发苏州有限公司);BP211D 电子分析天平(上海松林科教仪器有限公司);721 分光光度计(上海华连医疗器械有限公司);TDL-50B 型离心机(江苏省南京桑力电子设备厂);DHG-9203A 型电热恒温鼓风干燥箱(上海华连医疗器械有限公司);移液枪。其他均为实验室常用玻璃仪器。

试验试剂:95%乙醇,85%磷酸,结晶牛血清蛋白,考马斯亮蓝,变色硅胶。以上试剂均为分析纯。

1.2 材料及处理

新鲜菠菜(圆叶菠菜):购自上海华联超市,洗净,风干,

收稿日期:2013-02-17

作者简介:蔡梅艳(1989—),女,上海人,硕士研究生,研究方向为食品冷冻冷藏。E-mail:cmey.sl@163.com。

通信作者:陶乐仁,博士。E-mail:cry0307@usst.edu.cn。

[5]王华丽. 纳米硒的生物利用和毒性研究[D]. 合肥:中国科学技术大学,2007.

[6]Zhang J, Wang H, Yan X, et al. Comparison of short-term toxicity between Nano-Se and selenite in mice[J]. Life Sciences, 2005, 76(10):1099-1109.

[7]Park W, Kim K S, Bae B C, et al. Cancer cell specific targeting of nanogels from acetylated hyaluronic acid with low molecular weight[J]. European Journal of Pharmaceutical Sciences, 2010, 40(4):367-375.

[8]Schanté C E, Zuber G, Herlin C, et al. Chemical modifications of hyaluronic acid for the synthesis of derivatives for a broad range of biomedical applications[J]. Carbohydrate Polymers, 2011, 85(3):469-489.

[9]王书红, 马豫峰, 蔡继业. 原子力显微镜对透明质酸分形结构的研究[J]. 高分子材料科学与工程, 2007, 23(3):211-213, 218.

[10]樊东辉, 吴蓓蓓, 徐 政, 等. 透明质酸钠的光谱学分析[J]. 中国生化药物杂志, 2006, 27(1):22-25.

剔除有机机械伤的菠菜,选择大小、成熟度基本一致的菠菜作为试验材料。相对湿度(RH)的控制:硅胶控制恒温箱内的相对湿度分别为99%、80%、40%。温湿度测量:采用 Panasonic 温湿度数据记录仪(温度量程-40~80℃,精度为±0.1℃;相对湿度量程0~100%,精度为±1.5%)实时监控。

1.3 方法

1.3.1 试验方法^[13] 标准曲线绘制:6支具塞试管按表1加入试剂,摇匀,放置3min,测量595nm处的吸光度。以吸光度为纵坐标,结晶牛血清蛋白含量为横坐标,绘制标准曲线。

表1 6支具塞试管加入试剂方案

管号	标准蛋白液 (mL)	蒸馏水 (mL)	考马斯亮蓝 (mL)	结晶牛血清蛋白含量 (μg)
1	0	1	5	0
2	0.2	0.8	5	20
3	0.4	0.6	5	40
4	0.6	0.4	5	60
5	0.8	0.2	5	80
6	1	0	5	100

菠菜中可溶性蛋白质含量的测定:取0.2g菠菜叶,放入研钵,加5mL pH值为7.0的磷酸缓冲液,冰浴中研磨成浆,4 000 r/min 离心10min,上清液倒入10mL棕色容量瓶,向残渣中加入2mL磷酸缓冲液,4 000 r/min 离心10min,合并上清液,用磷酸缓冲液定容至刻度。取4支具塞试管(3个重复),其中1支试管加0.1mL菠菜提取液+0.9mL蒸馏水+5mL考马斯亮蓝,其他3支试管加1mL蒸馏水+5mL考马斯亮蓝,摇匀,放置3min,测595nm处的吸光度。

利用相对湿度、温度2个因素设计3个水平的正交试验,试验设计见表2。

表2 菠菜储藏正交试验的因素与水平

水平	因素	
	A:温度(℃)	B:相对湿度(%)
1	2	99
2	5	80
3	8	60

1.3.2 分析方法 采用极差分析法,用SPSS软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 温度对可溶性蛋白质含量的影响

图1显示,菠菜的可溶性蛋白质含量随着储藏时间延长总体呈下降趋势。温度越低,可溶性蛋白质含量下降越慢。开始阶段,菠菜的可溶性蛋白质含量迅速下降,之后下降速率变缓。储藏之前,菠菜的可溶性蛋白质湿基含量为4.176mg/g,储藏3d后温度2、5、8℃时的可溶性蛋白质含量分别为2.775、2.406、2.096mg/g,分别下降了33.55%、42.39%、49.81%。蛋白质的水解可以导致菠菜叶片衰老,可见低温能够抑制蛋白质的水解,从而延缓菠菜衰老,延长菠菜的储藏期。

由表3可以看出,不同储藏时间和温度对菠菜可溶性蛋白质含量的影响均达到极显著水平($P<0.01$)。在2℃下,菠菜的可溶性蛋白质含量减少缓慢,对延缓菠菜的品质下降

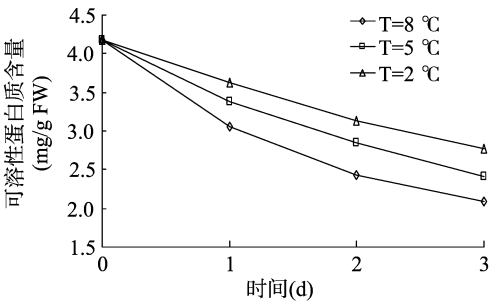


图1 RH=99%时,温度对菠菜可溶性蛋白质含量的影响

表3 储藏时间和温度对菠菜可溶性蛋白质含量影响的方差分析

差异源	SS	df	MS	F 值	P 值	F 临界值
温度	0.633 425	2	0.316 713	148.678 1	0.000 176	6.944
储藏时间	1.299 386	2	0.649 693	304.993 1	4.24×10^{-5}	6.944
误差	0.008 521	4	0.002 130			
总计	1.941 332	8				

和衰老起到了很大作用。

2.2 相对湿度对菠菜可溶性蛋白质含量的影响

由图2可知,随着储藏时间延长,菠菜的可溶性蛋白质含量呈下降趋势。相对湿度越高,可溶性蛋白含量下降越缓慢。开始阶段,可溶性蛋白质含量下降较快,随着时间延长,下降速率变缓。储藏3d后,相对湿度99%、80%、60%时菠菜可溶性蛋白质的湿基含量分别为2.775、2.323、2.003mg/g,较储藏前分别下降了33.55%、44.37%、52.04%。高湿能够抑制可溶性蛋白质分解,延缓菠菜衰老。

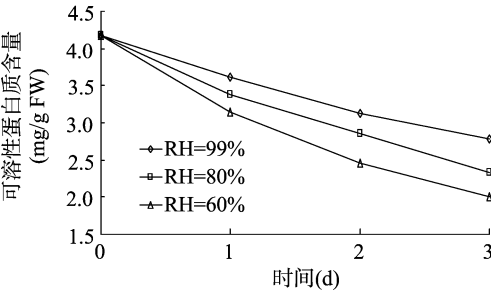


图2 温度为2℃,相对湿度对菠菜可溶性蛋白质含量的影响

由表4可以看出,不同储藏时间和相对湿度对菠菜可溶性蛋白质含量的影响均达到极显著水平($P<0.01$)。由此可见,在储藏过程中,99%的相对湿度有利于保持菠菜的营养品质、延缓菠菜的品质下降和衰老过程。

表4 储藏时间和相对湿度对菠菜可溶性蛋白质含量的影响方差分析

差异源	SS	df	MS	F 值	P 值	F 临界值
相对湿度	0.620 951	2	0.310 476	46.859 6	0.001 7	6.944
贮藏时间	1.540 804	2	0.770 402	116.275 6	0.000 3	6.944
误差	0.026 503	4	0.006 626			
总计	2.188 258	8				

2.3 正交试验的极差分析结果

由表5可知,A₁B₁组的可溶性蛋白质含量最高,而A₃B₃组的可溶性蛋白质含量最低。通过极差分析结果可以看出,环境温度越低,相对湿度越高,对菠菜储藏保鲜越有利,因此最优储藏条件是温度2℃、相对湿度99%。

表 5 温湿度对菠菜可溶性蛋白质含量影响的正交试验结果

序号	A:温度	B:相对湿度	(AB) ₁	(AB) ₂	可溶性蛋白质含量(mg/g)
1	1	1	1	1	2.775
2	1	2	2	2	2.323
3	1	3	3	3	2.003
4	2	1	2	3	2.406
5	2	2	3	1	1.981
6	2	3	1	2	1.719
7	3	1	3	2	2.096
8	3	2	1	3	1.613
9	3	3	2	1	1.482
k ₁	2.367	2.426	2.036	2.079	
k ₂	2.035	1.972	2.070	2.046	
k ₃	1.730	1.735	2.027	2.007	
R	0.637	0.691	0.043	0.072	

注:主次因素 B>A>AB;最优方案 A₁B₁。

利用 SPSS 软件,对正交试验的结果进行方差分析,结果(表 6)表明温度和相对湿度对菠菜可溶性蛋白质的影响均达到极显著水平($P<0.01$),而温湿度交互作用对可溶性蛋白质的影响不显著($P>0.05$)。由此可见,可溶性蛋白质受环境中温度和相对湿度的影响较大,相对湿度对菠菜储藏效果的影响大于温度,为主要影响因素。

表 6 温湿度对菠菜可溶性蛋白质含量影响正交试验的方差分析结果

差异源	SS	df	MS	F 值	P 值
校正模型	1.357	6	0.226	142.571	0.007
截距	37.604	1	37.604	2.371×10^4	0.000
A	0.609	2	0.305	192.049	0.005
B	0.740	2	0.370	233.211	0.004
(AB) ₂	0.008	2	0.004	2.454	0.290
误差	0.003	2	0.002		
总变异	38.965	9			
校正总变异	1.360	8			

注:校正 $R^2=0.998$,调整 $R^2=0.991$ 。

3 结论与讨论

在储藏过程中,菠菜体内可溶性蛋白质的分解是一个极其复杂的生理生化过程。菠菜体内的大部分可溶性蛋白质是参加新陈代谢活性的酶类,其含量是了解菠菜组织总代谢活动的重要指标。本试验结果显示,储藏过程中菠菜的可溶性蛋白质含量逐渐减少,这是因为储藏前菠菜体内的蛋白质处于一种合成和分解相平衡的状态,随着菠菜衰老过程的进行,这种代谢平衡被打破,蛋白质的分解速率大于合成速率^[14],表现为可溶性蛋白质含量减少。菠菜的衰老过程伴随着水解酶、蛋白酶等蛋白质的合成,这 2 种酶都能够催化蛋白质的分解,进一步使可溶性蛋白质含量降低,温度对酶的活性有较大影响,温度越低,酶的活性也越低,蛋白质的分解过程得以减缓,从而减少可溶性蛋白质的流失。陈向明研究表明蛋白质水解还与菠菜叶片失水萎蔫及活性氧的作用有关,失水萎蔫能够延缓可溶性蛋白质的合成和加速其降解,活性氧能够改

变酶蛋白质的结构,从而造成可溶性蛋白质含量减少^[15]。环境湿度越大,菠菜失水率越小^[16],从正交试验结果可见,储藏过程中菠菜中可溶性蛋白质含量的下降和菠菜的失水率有一定的相关性。可溶性蛋白质含量减少是菠菜衰老的主要表现,可以推论菠菜的衰老过程可能和储藏过程中的水分损失有很大关系。在不发生冷害的前提下,对菠菜中可溶性蛋白质而言,温度越低越好,相对湿度越高越好。

参考文献:

[1]刘北林. 食品保鲜与冷藏链[M]. 北京:化学工业出版社,2004: 18-20.

[2]de Azevedo - Meleiro C H, Rodriguez - Amaya D B. Carotenoids of endive and New Zealand spinach as affected by maturity, season and minimal processing[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2005,18(8):845-855.

[3]Lopez - Velasco G, Davis M, Boyer R R, et al. Alterations of the phylloepiphytic bacterial community associated with interactions of *Escherichia coli* O157: H7 during storage of packaged spinach at refrigeration temperatures [J]. Food Microbiology, 2010, 27 (4): 476-486.

[4]Babic I, Roy S, Watada A E, et al. Changes in microbial populations on fresh cut spinach[J]. International Journal of Food Microbiology, 1996,31(1/2/3):107-119.

[5]冷平. 冰温贮藏水果蔬菜等农产品保鲜的新途径[J]. 中国农业大学学报:1997,2(3):79-83.

[6]晏绍庆. 冻结过程和低温贮藏对果蔬质构及生化特性影响的实验研究[J]. 上海:上海理工大学,2000.

[7]Grozoff G G, Miceli M E, Gómez F, et al. 1-Methyl cyclopropene extends postharvest life of spinach leaves[J]. Postharvest Biology and Technology,2010,55(3):182-185.

[8]Conte A, Conversa G, Scrocco C, et al. Influence of growing periods on the quality of baby spinach leaves at harvest and during storage as minimally processed produce[J]. Postharvest Biology and Technology,2008,50(2/3):190-196.

[9]Gómez F, Fernández L, Gergoff G, et al. Heat shock increases mitochondrial H₂O₂ production and extends postharvest life of spinach leaves [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 49 (2): 229-234.

[10]刘扬,王乃鑫,陈春芳,等. 不同孔径有孔聚乙烯保鲜袋包装蔬菜的保鲜效果[J]. 食品工业科技,2009,30(1):260-262.

[11]侯建设,李中华,莫文贵,等. 菠菜的薄膜包装冷藏效果研究[J]. 食品科技,2003(5):94-96.

[12]李华贞,郑淑方,宋曙辉,等. 酸性电解水对果蔬杀菌及保鲜效果的研究[J]. 现代食品科技,2011,27(3):361-365.

[13]陈建勋,王晓峰. 植物生理学实验指导[J]. 广州:华南理工大学出版社,2002:54-55.

[14]Chen S Y, Bhargava A, Mastroberardino L, et al. Epithelial sodium channel regulated by aldosterone - induced protein sgk [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences,1999,96(5):2514-2519.

[15]陈向明. 采后菠菜在特定条件下几种生理指标的变化[J]. 安徽大学学报:自然科学版,2001,25(4):89-93.

[16]李娟,陶乐仁,董小亮,等. 菠菜储藏过程中水分蒸发损失[J]. 食品科学,2012,33(8):285-288.