

冰温结合开孔调湿包装对香椿嫩芽的保鲜效应

Effects of controlled freezing point technology combined with the modified humidity packaging on preservation for *Toona sinensis*

杨 慧¹ 毛维林² 赵守涣¹ 赵洪源¹

YANG Hui¹ MAO Wei-lin² ZHAO Shou-huan¹ ZHAO Hong-yuan¹

张 乐¹ 史冠莹¹ 王晓敏¹ 王赵改¹

ZHANG Le¹ SHI Guan-ying¹ WANG Xiao-min¹ WANG Zhao-gai¹

(1. 河南省农业科学院农副产品加工研究中心, 河南 郑州 450002;

2. 郑州煤炭工业〔集团〕有限公司超化煤矿, 河南 新密 452385)

(1. Agricultural Products Processing Center, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou, Henan 450002, China; 2. Chaohua Coal, Zhengzhou Coal Industry Group Co., Ltd., Xinmi, Henan 452385, China)

摘要:以红油香椿为试验材料, 4 °C 预冷 12 h 后装入不同开孔面积(厚度 0.06 mm)的 PE 保鲜袋中, 封口后置于冰温库(-0.5 °C)中贮藏。通过测定贮藏期间香椿失重率、V_C、可溶性蛋白、叶绿素、总多酚、黄酮、可溶性糖、丙二醛(MDA)含量及多酚氧化酶(PPO)活性变化, 探讨冰温结合开孔调湿包装技术对香椿嫩芽贮藏保鲜效应的影响。结果表明: 在-0.5 °C, PE 保鲜袋适宜的开孔面积为 141.3 mm²(占总面积的 0.14%)时, 可以有效降低产品失重率, 延缓 V_C、可溶性蛋白质、总多酚、可溶性糖、叶绿素、黄酮含量的下降, 并能延缓膜脂过氧化物的进程, 抑制多酚氧化酶活性, 较好地保持香椿嫩芽的贮藏品质。

关键词:冰温; 调湿包装; 香椿嫩芽; 保鲜效应

Abstract: *Toona sinensis* sprouts were packaged in 0.06 mm thick perforated PE bags and stored at -0.5 °C (controlled freezing point) after pre-cooling at 4 °C for 12 h. In order to investigate the effects of controlled freezing point technology combined with the modified humidity packaging on preservation for *Toona sinensis*, the changes of weight losses rate, ascorbic acid, soluble protein, chlorophyll, total polyphenol, flavonoid, soluble sugar, malondialdehyde (MDA) content and polyphenol oxidase (PPO) activities were measured. The results indicated that the proper perforation area of PE bags stored at -0.5 °C was 141.3 mm² (0.14% of total area), which decreased the weight losses, postponed the decrease of ascorbic acid content,

soluble protein content, total polyphenol content, soluble sugar content, chlorophyll content, flavonoid content, reduced the accumulation of MDA, inhibited PPO activities so as to keep storage quality of *Toona sinensis* better.

Keywords: freezing-point; modified humidity packaging; *Toona sinensis* sprouts; preservation

香椿(*Toona sinensis*)又名椿芽、红椿、香椿头, 在中国 22 个省均有规模化种植, 是中国特有的高档木本蔬菜, 其营养丰富, 味道鲜美, 风味独特, 同时在生长过程中自身能够分泌驱虫物质, 无需喷施农药, 是名副其实的绿色蔬菜, 深受消费者青睐^[1]。然而, 香椿季节性很强, 采摘期短, 含水量高达 90% 以上, 若采后处理不及时, 在贮藏过程极易发生蒸腾作用, 进而导致萎焉、脱叶、腐烂等品质劣变现象, 特别是在常温下放置 1~2 d 已基本失去商品价值, 严重制约了香椿产业发展^[2]。

香椿嫩芽保鲜涉及温度、湿度、生理衰老、呼吸代谢、微生物侵染等诸方面问题, 其中温度是保障果蔬贮藏品质的重要因素之一^[3], 大幅度的温度波动会对香椿嫩芽造成不可逆转的伤害。冰温贮藏技术是继冷藏、气调贮藏之后的第三代保鲜技术, 是将生鲜食品贮藏在 0 °C 至各自冻结点的范围内, 既可防止食品中冰晶的形成, 避免食品组织结构受到损伤, 又能很好地抑制微生物生长, 延缓生理生化反应速率, 较好地保持果蔬品质^[4-7]。课题组前期确定了河南中牟地区香椿冰点温度, 发现冰温贮藏较好地维持香椿嫩芽的贮藏品质与关键风味, 延长货架期。关于香椿冰温保鲜尚未见其它报道。除温度外, 香椿嫩芽对环境湿度非常敏感。水江波

基金项目:河南省科技合作开放项目(编号:152106000060); 河南省财政预算项目(编号:YCY20167823)

作者简介:杨慧(1986—), 女, 河南省农业科学院助理研究员, 硕士。
E-mail: yanghui1222@163.com.

收稿日期:2017-04-31

等^[8]研究发现高湿环境(95%)可以较好保存香椿的品质。然而目前中国冷链技术不完善,商业上香椿中短途运输多采用泡沫箱加冰瓶等运输方式,加上运输环节温度波动较大,高湿环境极难保证,出现萎焉、脱叶、腐烂、走味等现象。近年来,低透湿率的塑料包装材料在蘑菇^[9]、芒果^[10]等运输中应用广泛,有效防止水分散失,但因冷链运输环节温度波动问题易使袋内相对湿度达到饱和,而这种饱和相对湿度极易在袋内形成薄雾并冷凝成水,反而促进微生物的生长,引发腐烂、黄变^[11]。因此调节并保持适宜湿度对香椿的贮藏品质至关重要。陈守江等^[9]曾研究表明适当的开孔调湿包装有利于防止包装内凝水的形成,较好保持双孢菇的贮藏品质。然而研究^[12]表明,在低温下保持贮藏环境在某个狭窄的高湿度范围是相当困难的,因此在前期试验基础上,本试验拟在冰温贮藏环境中,采用PE塑料袋对香椿嫩芽进行包装,通过调节开孔面积的大小来影响袋内外水蒸气的传递从而调节包装内的相对湿度,系统研究贮藏过程中冰温结合开孔调湿包装对香椿嫩芽贮藏品质的影响,以期对香椿嫩芽贮藏保鲜提供技术参考和数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

香椿:红油香椿,于2016年4月8日采自中牟河南省农业科学院香椿示范基地。采摘后在最短时间内从田间运到冷库(4℃)预冷,选取香椿嫩芽长度15~20cm,大小均匀,且无机械损伤和病虫害。

1.2 试验方法

1.2.1 预处理方法 将香椿嫩芽均匀分为5组,装入40cm×50cm,厚0.06mm的PE保鲜袋中,每袋装0.5kg。按以下5种方式处理:①不开孔(对照,标记为 Φ_0);②开有5个直径6mm的孔(面积约141.3mm²,约占总面积的0.14%,标记为 Φ_5);③开有15个直径6mm的孔(面积约423.9mm²,约占总面积的0.42%,标记为 Φ_{15});④开有25个直径6mm的孔(面积约706.5mm²,约占总面积的0.71%,标记为 Φ_{25});⑤开有50个直径6mm的孔(面积约1413mm²,约占总面积的1.41%,标记为 Φ_{50})。每个处理18袋香椿,共90袋,包装封口后置于-0.5℃的冰温库中贮藏。贮藏当天测定指标1次,以后每隔2d测一次,共测7次,每次测定时每个处理分别取3袋,为3次平行试验。

1.2.2 指标测定

- (1) 失重率:采用称重法^[13]。
- (2) V_C含量的测定:采用2,6-二氯酚滴定法^[14]。
- (3) 可溶性蛋白质含量的测定:采用考马斯亮蓝法^[15]。
- (4) 总多酚含量的测定:采用Folin-Ciocalteu比色法^[16]。
- (5) 可溶性糖含量的测定:采用蒽酮比色法^[17]。
- (6) 叶绿素含量的测定:采用分光光度法^[18]。
- (7) 黄酮含量的测定:采用硝酸铝法^[19]。
- (8) 丙二醛含量的测定:采用硫代巴比妥酸法^[20]。
- (9) 多酚氧化酶(PPO)活性测定:参考文献^[21]。

1.3 数据分析

所有数据采用Origin 8.6作图,运用SPSS 19.0软件分析处理数据,用邓肯多重比较法检验差异显著性,5%为显著水平,1%为极显著水平。

2 结果与分析

2.1 对失重率的影响

失重率是衡量香椿贮藏品质的重要指标之一。香椿嫩芽贮藏过程中失重包括水分和干物质两方面的损失,但蒸腾失水是主要因素^[22]。由图1可知,各处理在贮藏期间香椿的失重率均呈上升趋势,且上升速度与开孔面积呈正相关。在第18天贮藏结束后 Φ_{50} 组失重率高达18.08%,极显著高于 Φ_0 、 Φ_5 、 Φ_{15} 3组(P<0.01),而无孔对照组(Φ_0)失重率整体处于较低水平。

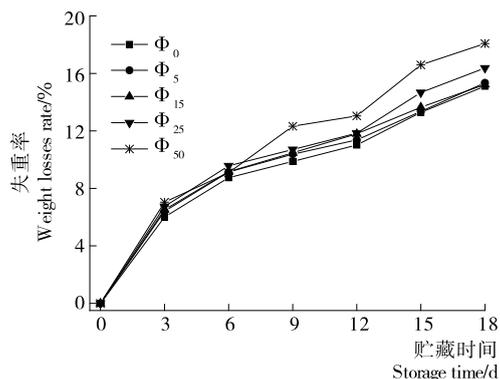


Figure 1 Effects of controlled freezing point technology combined with the modified humidity packaging on weight losses rate for *Toona sinensis*

2.2 对V_C含量的影响

V_C是果蔬营养品质的重要指标之一,其含量多少常被作为评价贮藏以及货架期间果蔬品质的优劣。由图2可知,各处理在贮藏前期均呈上升趋势,并在第3天达到高峰,可能是部分刚采摘的香椿还未达到贮藏最佳采收期,在贮藏初期随着成熟度的增加,V_C含量呈上升趋势,随后呈逐渐下降

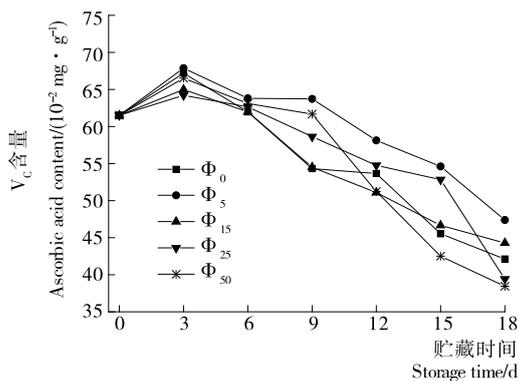


Figure 2 Effects of controlled freezing point technology combined with the modified humidity packaging on ascorbic acid content for *Toona sinensis*

趋势。 Φ_{50} 组在贮藏第 9 天后迅速下降,至第 18 天贮藏结束 V_C 含量损失率达 37.51%, Φ_{25} 组在贮藏第 15 天后下降迅速,至贮藏结束 V_C 含量损失率达 35.93%,而 Φ_5 组 V_C 含量维持在较高水平,至贮藏结束 V_C 含量为 47.39 mg/100 g,极显著高于其它处理组($P<0.01$)。主要原因在于开孔面积小,袋内湿度较高,而高湿环境可以有效抑制香椿的呼吸作用与蒸腾作用,延缓香椿新陈代谢,减缓 V_C 的衰减速率^[8]。

2.3 对可溶性蛋白含量的影响

可溶性蛋白质是果蔬抗逆性的重要指标之一。果蔬中蛋白质的降解情况与果蔬的代谢和衰老密切相关^[23]。由图 3 可知,可溶性蛋白质含量整体均呈下降趋势,其中 Φ_0 、 Φ_5 、 Φ_{15} 3 组可溶性蛋白质含量在贮藏第 3 天稍有升高。 Φ_0 组在贮藏第 9 天可溶性蛋白质含量达 0.48 g/100 g,与其它 4 组达到极显著水平($P<0.01$),随后迅速下降,至贮藏结束, Φ_0 、 Φ_5 、 Φ_{15} 、 Φ_{25} 、 Φ_{50} 5 组分别达 0.24、0.24、0.23、0.21、0.20 g/100 g,较最初值分别降低了 52.11%、53.29%、54.54%、58.24%、60.09%。表明无孔或少孔包装降低了可溶性蛋白质的降解速率。

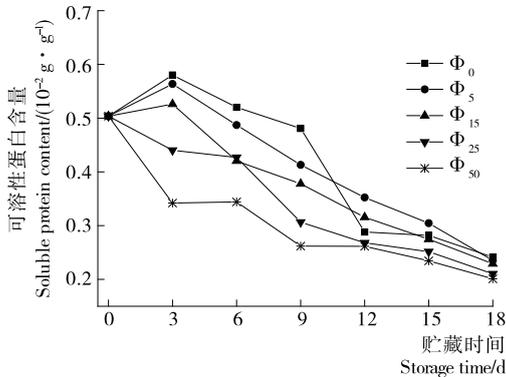


图 3 冰温结合开孔调湿包装对香椿嫩芽可溶性蛋白质含量的影响

Figure 3 Effects of controlled freezing point technology combined with the modified humidity packaging on soluble protein content for *Toona sinensis*

2.4 对叶绿素含量的影响

叶绿素含量可用来鉴定蔬菜的新鲜程度,其变化还可作为绿色植物衰老的指标^[24]。由图 4 可知,随着贮藏时间的延长,香椿叶绿素含量整体均呈下降趋势。 Φ_0 整体维持在较高水平,至贮藏结束叶绿素含量为 19.35 mg/100 g,其次为 Φ_5 组,贮藏第 18 天叶绿素含量达 17.88 mg/100 g。表明叶绿素含量随着开孔面积的增大逐渐下降。可能是无孔或开孔较少可以保持包装袋内较高的湿度,而高湿环境会抑制香椿嫩芽的呼吸作用、蒸腾作用,进而降低叶绿素的衰减速率^[8]。

2.5 对总多酚含量的影响

酚类物质为果蔬中重要的次生代谢物质,不仅参与产品感官品质(如风味、色泽等)的形成,且在果蔬抗病、抗虫、抗逆等方面具有重要作用^[25],同时多酚是植物抗氧化能力的主要贡献物质^[26]。由图 5 可知,总多酚含量整体均呈下降

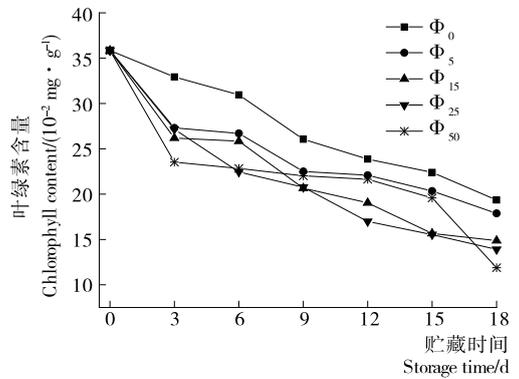


图 4 冰温结合开孔调湿包装对香椿叶绿素含量的影响

Figure 4 Effects of controlled freezing point technology combined with the modified humidity packaging on chlorophyll content for *Toona sinensis*

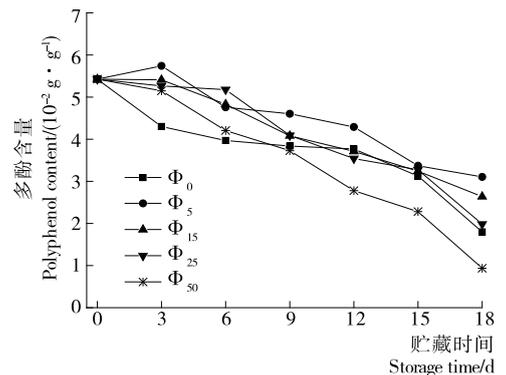


图 5 冰温结合开孔调湿包装对香椿嫩芽多酚含量的影响

Figure 5 Effects of controlled freezing point technology combined with the modified humidity packaging on total polyphenol content for *Toona sinensis*

趋势,其中 Φ_5 组在第 3 天稍有上升趋势,随后降低。而 Φ_{50} 组多酚含量变化最剧烈,贮藏结束时含量为 0.94 g/100 g,较最初降低了 82.75%。 Φ_5 组整体变化比较平缓,至贮藏第 18 天多酚含量为 3.10 g/100 g,较初始降低了 42.78%,与 Φ_0 、 Φ_{25} 、 Φ_{50} 3 组差异达到极显著水平($P<0.01$),与 Φ_{15} 差异达到显著水平($P<0.05$)。可能是适宜的开孔包装有效减缓香椿嫩芽褐变速率,保持较高的营养品质。

2.6 对黄酮含量的影响

由图 6 可知,不同处理香椿嫩芽黄酮含量随贮藏时间的延长均呈先上升后下降的趋势,其中 Φ_{50} 组上升较快,并在第 3 天达到峰值(5.14 mg/g),较最初值增加了 6.37%,而其它处理组达到峰值的时间均在第 6 天,较最初值分别增加了 2.53%、11.74%、7.25%、6.30%。随后 Φ_{25} 、 Φ_{50} 2 组黄酮含量迅速下降,贮藏结束时分别为 1.82、1.61 mg/g,较最初值分别降低了 62.26%、66.73%,而 Φ_0 、 Φ_5 、 Φ_{15} 3 组分别较最初值降低了 40.30%、32.96%、44.90%,极显著高于 Φ_{25} 、 Φ_{50} 2 组($P<0.01$)。表明少孔包装可以减缓香椿嫩芽黄酮含量的降低,其中 Φ_5 组处理效果最佳。可能是适宜开孔面积有效抑制香椿代谢及衰老进程,使香椿嫩芽保有较高的品质。

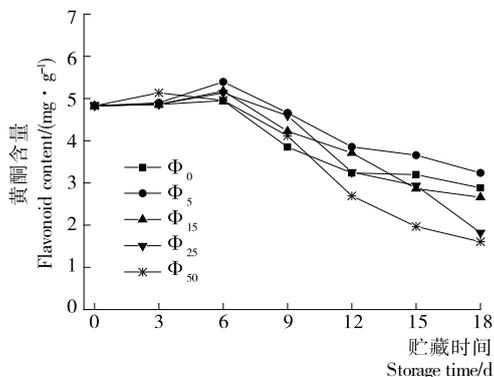


图6 冰温结合开孔调湿包装对香椿黄酮含量的影响

Figure 6 Effects of controlled freezing point technology combined with the modified humidity packaging on flavonoid content for *Toona sinensis*

2.7 对丙二醛含量的影响

丙二醛(MDA)是膜脂过氧化作用的产物,其含量的多少可反映细胞膜脂过氧化程度与植物的衰老状态^[27]。由图7可知,不同处理香椿嫩芽丙二醛含量在贮藏初期均略有下降,随后呈上升趋势。丙二醛含量下降可能是香椿转入贮藏温度较低水平时出现了应激反应^[28]。随后Φ₂₅、Φ₅₀2组丙二醛积累量上升明显,贮藏结束时分别较最初值增加了33.32%,52.06%,其次为Φ₀、Φ₁₅2组,较最初值分别增加了19.14%,17.88%。而Φ₅组达44.76 nmol/g,较最初值增加了10.13%,与Φ₀差异达到显著水平(P<0.05),与Φ₂₅、Φ₅₀差异达到极显著水平(P<0.01)。表明适宜的开孔面积能有效抑制香椿嫩芽自身的代谢,延缓了香椿嫩芽的衰老进程。

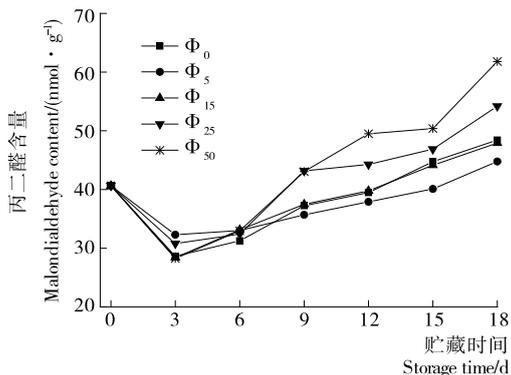


图7 冰温结合开孔调湿包装对香椿丙二醛含量的影响

Figure 7 Effects of controlled freezing point technology combined with the modified humidity packaging on malondialdehyde content for *Toona sinensis*

2.8 对可溶性糖含量的影响

香椿嫩芽中糖类物质主要以2种形式存在:不溶的膳食纤维和可溶性糖类,后者可以供人体消化吸收,故把它作为衡量香椿嫩芽品质的重要指标之一^[29]。由图8可知,可溶性糖整体均呈先升高后降低趋势。其变化可能是高分子碳水化合物水解使可溶性糖含量上升,同时在贮藏期间又存在较高水平的自身代谢,消耗了可溶性糖,最终表现出初

期略有上升后又下降的趋势^[30]。Φ₀、Φ₅2组在贮藏第6天达到峰值,分别为4.28,4.14 g/100 g,而其它3组则在贮藏第3天达到最高值,分别为4.36,4.29,3.85 g/100 g。随后可溶性糖含量逐渐下降,其中Φ₂₅、Φ₅₀组下降迅速,至贮藏结束较最初值分别降低了22.49%,33.69%,而Φ₀、Φ₅、Φ₁₅3组较最初值分别降低了8.35%,5.75%,11.68%,显著高于Φ₂₅、Φ₅₀2组(P<0.05),其中Φ₅组处理效果最佳,表明此环境下香椿嫩芽的糖类代谢速率较慢,能够有效地降低糖类的消耗。

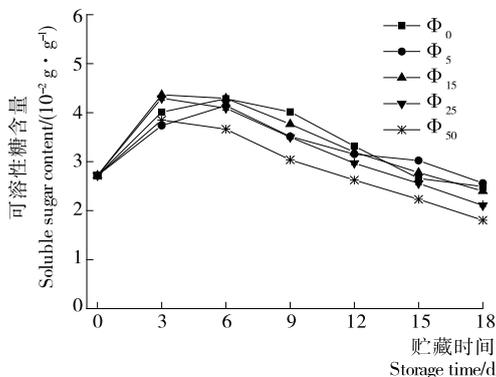


图8 冰温结合开孔调湿包装对香椿可溶性糖含量的影响
Figure 8 Effects of controlled freezing point technology combined with the modified humidity packaging on soluble sugar content for *Toona sinensis*

2.9 对PPO活性的影响

多酚氧化酶类是香椿酶促褐变的主要酶类之一,酶活力越高,酚类物质氧化的速率就越快,褐变的速度越快^[31]。由图9可知,香椿嫩芽PPO活性随贮藏时间的延长均呈先上升后下降趋势。开孔面积越大,多酚氧化酶出现峰值的时间越早,Φ₂₅、Φ₅₀2组均在贮藏第6天达到峰值,分别为1 067.66,1 079.00 U/(g · min),随后剧烈下降,至贮藏结束分别降至383.43,371.26 U/(g · min),而Φ₀、Φ₅和Φ₁₅3组则推后3 d达到峰值,即贮藏第9天,峰值分别为927.01,925.63,891.69 U/(g · min),随后下降比较平缓,至贮藏结束

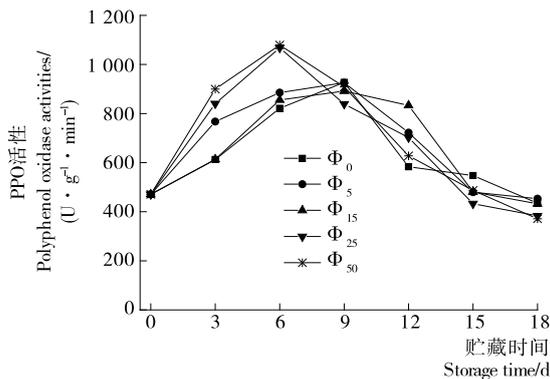


图9 冰温结合开孔调湿包装对香椿PPO活性的影响
Figure 9 Effects of controlled freezing point technology combined with the modified humidity packaging on polyphenol oxidase activities for *Toona sinensis*

较最初值分别降低了 7.59%, 3.76%, 8.16%。表明无孔或少孔包装有效地抑制香椿 PPO 活性的上升。可能是在此环境下包装袋内保持较高的湿度,能有效抑制香椿呼吸代谢进程,减弱生理生化反应,从而使酶活性维持在较低的水平。

3 结论

试验通过冰温结合开孔调湿包装对香椿进行保鲜,结果表明适宜的开孔(开孔面积 141.3 mm²,约占总面积的 0.14%)可以有效降低包装内水分的损失,延缓 V_c、可溶性蛋白质、叶绿素、总多酚、黄酮、可溶性糖含量的下降速率,延缓膜脂氧化的进程,抑制多酚氧化酶活性,较好地保持了香椿嫩芽的贮藏品质。与陈守江等^[11]研究的适宜开孔有利于防止包装内凝水的形成以及过多的水分损失,同时又保持了双孢菇贮藏品质的结果相一致,而与王翠红等^[32]研究的不打孔膜包装的贮藏效果显著好于打孔包装的结果不同,可能与果蔬种类、品质特性、贮藏条件、包装方式等有关。

冰温技术的关键是果蔬冰点的确定,而冰点与可溶性固形物含量、含水量等密切相关^[33-35]。本试验基于前期对海南地区香椿冰点的测定,可为香椿保鲜技术提供一定的技术参考,但并不一定适用于其他地区香椿的贮藏保鲜。因此系统研究香椿冰点温度与可溶性固形物含量等相关因子的关系,建立可快速指导农业生产的数学模型,对香椿产业的可持续发展意义重大。同时,本研究为香椿嫩芽专用微孔膜的研究开发提供了可能,但尚需系统研究,将为香椿贮运保鲜提供新的思路和理论支撑。

参考文献

- [1] YANG Ying, WANG Jun, XING Zhi-en, et al. Identification of phenolics in Chinese toon and analysis of their content changes during storage[J]. Food Chemistry, 2011, 128(4): 831-838.
- [2] 唐晓珍, 李大鹏, 孙淑静, 等. 香椿的贮藏与加工技术[J]. 食品工业科技, 2002, 23(11): 94-95.
- [3] 郭嘉明, 吕恩利, 陆华忠, 等. 保鲜运输车果蔬堆码方式对温度场影响的数值模拟[J]. 农业工程学报, 2012, 28(13): 231-236.
- [4] ZHU Ying-chun, MA Li-zhen, YANG Hua. Super-chilling (-0.7 °C) with high-CO₂ packaging inhibits biochemical changes of microbial origin in catfish (*Clarias gariepinus*) muscle during storage[J]. Food Chemistry, 2016, 206(1): 182-190.
- [5] ANDO M, NAKAMURA H, HARADA R, et al. Effect of super chilling storage on maintenance of freshness of kuruma prawn[J]. Food Science and Technology Research, 2004, 10(1): 25-31.
- [6] GUO Li, MA Ying, SUN Da-wen, et al. Effects of controlled freezing-point storage at 0 °C on quality of green bean as compared with cold and room-temperature storages[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 86(1): 25-29.
- [7] KIM J J, PARK Y M. Respiratory metabolic changes in 'Fuji' apples during prestorage exposure to freezing temperature and subsequent refrigerated storage as related to the incidence of flesh browning[J]. Horticulture Environment and Biotechnology, 2008, 49(1): 232-238.
- [8] 水江波, 阚苗, 任猛. 不同温度和湿度对于香椿保鲜效果的影响[J]. 家电科技, 2016(10): 81-83.
- [9] MAHAJAN P V, OLIVEIRA F A R, MACEDO I. Effect of temperature and humidity on the transpiration rate of the whole mushrooms [J]. Journal of Food Engineering, 2008, 84(2): 281-288.
- [10] PESIS E, AHARONI D, AHARON Z, et al. Modified atmosphere and modified humidity packaging alleviates chilling injury symptoms in mango fruit[J]. Postharvest Biology & Technology, 2000, 19(1): 93-101.
- [11] 陈守江, 王海鸥, 张李阳. 开孔调湿包装对双孢菇保鲜效果的影响[J]. 南京晓庄学院学报, 2014(6): 66-69.
- [12] PAULL R. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality [J]. Postharvest Biology & Technology, 1999, 15(3): 263-277.
- [13] 唐坚, 马丽, 王凯晨, 等. 冰温贮藏对生菜抗氧化能力及贮藏效果的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(22): 255-259.
- [14] 王鹏跃, 陈忠秀, 庞林江. 气调包装对椪柑贮藏及保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2014(6): 124-127.
- [15] 李艳杰, 高衍红, 王鹏, 等. 香菇热风干燥工艺优化及其对主要营养物质和抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(6): 209-214.
- [16] TUDORRADU M, VIJAN L E, TUDORRADU C M, et al. Assessment of ascorbic acid, polyphenols, flavonoids, anthocyanins and carotenoids content in tomato fruits[J]. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 2016, 44(2): 477-483.
- [17] 刘少茹, 聂明建, 王丽虹, 等. 甘薯贮藏过程中淀粉与可溶性糖的变化[J]. 安徽农业科学, 2015(25): 274-276.
- [18] HASPERUÉ J H, GÓMEZ-LOBATO M E, CHAVES A R, et al. Time of day at harvest affects the expression of chlorophyll degrading genes during postharvest storage of broccoli [J]. Postharvest Biology & Technology, 2013, 82(4): 22-27.
- [19] 杜若源, 谢晶, 王婷, 等. 超声辅助提取银杏叶中总黄酮的工艺优化[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 167-170.
- [20] CAKMAK I, MARSCHNER H. Effect of zinc nutritional status on activities of superoxide radical and hydrogen peroxide scavenging enzymes in bean leaves[J]. Plant and Soil, 1993, 156(1): 127-130.
- [21] WANG You-sheng, TIAN Shi-ping, XU Yong. Effects of high oxygen concentration on pro- and anti- oxidant enzymes in peach fruits during postharvest periods[J]. Food Chemistry, 2005, 91(1): 99-104.
- [22] 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): 1 695-1 699.
- [23] 唐文彦, 王艳颖, 胡文忠, 等. 壳聚糖复合涂膜对鲜切富士苹果营养品质的影响[J]. 现代园艺, 2016(1): 6-8.
- [24] 王赵改, 陈丽娟, 张乐, 等. 不同采收期红油香椿营养成分和抗氧化活性分析[J]. 食品科学, 2015, 36(4): 158-163.
- [25] 曾少敏, 杨健, 王龙, 等. 梨果实酚类物质含量及抗氧化能力[J]. 果树学报, 2014, 31(1): 39-44.
- [26] PARRY J, SU Lan, MOORE J, et al. Chemical compositions, antioxidant capacities, and antiproliferative activities of selected fruit seed flours[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2006, 54(11): 3 773-3 778.

牛肉的营养成分、风味成分等有待进一步研究。

参考文献

- [1] ELLIS D I, GOODACRE R. Rapid and quantitative detection of the microbial spoilage of muscle foods: Current status and future trends[J]. Trends in Food Science Technology, 2001, 12(11): 414-424.
- [2] 卢秀花, 宋海燕, 南京熙, 等. 两种天然防腐剂对延边黄牛肉保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2010, 35(11): 268-271.
- [3] 金海莉, 王海丽, 梁成云, 等. 葡萄柚籽提取物对延边黄牛肉保鲜效果的影响[J]. 肉类研究, 2013, 27(6): 29-32.
- [4] 林墨, 申佳洁, 王增凯, 等. 富硒酵母添加量对延边黄牛肉风味特性的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(6): 21-24.
- [5] 冯雪凤, 金卫根. 锗化合物饲料添加剂开发与利用[J]. 中兽医学杂志, 2007(1): 36-40.
- [6] 范秀英, 郭雪娜. 高生物量富硒酵母的选育及培养条件初步优化[J]. 生物工程学报, 2003, 19(6): 720-724.
- [7] 温萍, 董野, 赵希彦. 锗在肉仔鸡体内的富集[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2008(3): 44-46.
- [8] 高先娟. 紫外分光光度法检测硒酵母片中硒的含量[J]. 微量元素与健康研究, 2014, 31(6): 75-77.
- [9] 杜燕. 宰前因素对牛肉品质影响的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2009: 14.
- [10] 金海莉, 王海丽, 梁成云, 等. 葡萄柚籽提取物对延边黄牛肉保鲜效果的影响[J]. 肉类研究, 2013, 27(6): 29-32.
- [11] 于福清. 日粮硒水平对熟化过程中牛肉氧化稳定性和抗氧化酶活力的影响[J]. 中国农业科学, 2003, 36(2): 208-213.
- [12] 谷英, 孙海洲, 桑丹, 等. 肉品质评定指标及影响因素的研究进展[J]. 中国畜牧兽医, 2013, 40(7): 100-106.
- [13] 吴文锦, 汪兰, 丁安子, 等. 包装材料和包装方式对贮藏过程中鸭肉品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(6): 139-143.
- [14] 王薇, 罗瑞明, 李俊丽, 等. 不同贮藏温度下滩羊肉的保水性及色泽变化特性[J]. 食品与机械, 2015, 31(3): 140-144.
- [15] 华晶忠, 刘笑笑, 李树锦, 等. 不同部位延边黄牛冷却肉在贮藏期间新鲜度变化的比较研究[J]. 食品科技, 2010, 35(11): 142-145.
- [16] 陈松, 冯月荣, 曹淑萍. pH 值对屠宰肉品质的影响[J]. 肉类工业, 2009(6): 21-23.
- [17] 申小云, 杨培林, 陈灼, 等. 锗对高原牦牛抗氧化功能系统的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2002(4): 437-441.
- [18] 张丽, 王莉, 周玉春, 等. 宜宰后成熟时间提高牦牛肉品质[J]. 农业工程学报, 2014, 30(15): 325-331.
- [19] 李思宁, 唐善虎, 王柳. 冻藏物流过程中制冷故障对生鲜牦牛肉品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(10): 246-251.
- [20] 刘佳东, 余群力, 李永鹏. 宰后冷却牦牛肉排酸过程中肉用品质的变化[J]. 甘肃农业大学学报, 2011(2): 111-114.
- [21] LAVIERI N, WILLIAMS S K. Effects of packaging systems and fat concentrations on microbiology, sensory and physical properties of ground beef stored at $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$ for 25 days[J]. Meat Science, 2014, 97: 534-541.
- [22] 何宏超, 李彪. 酵母硒对猪机体硒含量、抗氧化能力和肉质的影响[J]. 饲料研究, 2011(4): 50-51.
- [23] 王志琴, 孙磊, 彭斌, 等. 不同气调包装牛肉贮藏过程中肉质变化规律研究[J]. 动物医学进展, 2011, 32(8): 49-52.
- [24] 石志标, 佟月英, 陈东辉, 等. 牛肉新鲜度的电子鼻检测技术[J]. 农业机械学报, 2009(11): 184-188.
- [25] 刘雯雯. 饲料添加有机硒和 V_E 对育肥猪生产性能、肉质和抗氧化力的影响[D]. 成都: 四川农业大学, 2008: 34-35.

(上接第 125 页)

- [27] 王梅, 徐俐, 王美芬, 等. 复合保鲜剂对鲜切山药保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(5): 134-140.
- [28] 方海田, 刘慧燕, 张光弟. 不同贮藏温度下辣椒中丙二醛含量的变化[J]. 农产品加工: 创新版, 2010(5): 29-31.
- [29] 王赵改, 杨慧, 陈丽娟, 等. 红油香椿嫩芽不同部位理化指标及其体外抗氧化活性[J]. 食品与生物技术学报, 2015(6): 646-652.
- [30] 刘帅, 邓洁红, 敬小波, 等. 冰温贮藏对雪莲果品质影响的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(21): 346-350.

(上接第 130 页)

- [23] FATEMEH Keivani Nahr, REZA Rezaei Mokarram, MOHAMMAD Amin Hejazi, et al. Optimization of the nanocellulose based cryoprotective medium to enhance the viability of freeze dried *Lactobacillus plantarum*, using response surface methodology[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 64(1): 326-332.
- [24] LEE S B, KIM D H, PARK H D. Effects of protectant and rehydration conditions on the survival rate and malolactic fermentation efficiency of freeze-dried *Lactobacillus plantarum*, JH287[J]. Applied Microbiology & Biotechnology, 2016, 100(18): 7 853-7 863.
- [25] 蒲丽丽, 刘宁. 保加利亚乳杆菌冻干保护剂保护作用的研究

- [31] 杨颖, 邢志恩, 王军, 等. 贮藏期香椿中多酚类物质含量与相关酶活变化的关系[J]. 食品科技, 2010(2): 24-28.
- [32] 王翠红. 贮藏温度与包装方式对蓝莓采收后贮藏品质和生理的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2012: 36-46.
- [33] 冯悦悦, 李喜宏, 邵重晓. 新疆红提葡萄贮藏期冰点研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(8): 356-358, 373.
- [34] 阎瑞香, 贾贇, 宋茂树, 等. 蒜薹冰点温度、可溶性固形物含量与含水量相关性的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(10): 554-557.
- [35] 乔勇进, 孙蕾, 吴兴梅, 等. 不同成熟度沾化冬枣冰点测定及适宜贮藏温度的研究[J]. 经济林研究, 2005, 23(1): 10-12.

[J]. 中国酿造, 2010, 29(5): 46-48.

- [26] FUCHIGAMI M, OGAWA N, AI T. Trehalose and hydrostatic pressure effects on the structure and sensory properties of frozen tofu (soybean curd)[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2002, 3(2): 139-147.
- [27] MANALIS N, MAGKANARI F. Production of traditional Greek yoghurt using *Lactobacillus* strains with probiotic potential as starter adjuncts[J]. International Dairy Journal, 2006, 16(1): 52-60.
- [28] 熊涛, 黄锦卿, 宋苏华, 等. 植物乳杆菌真空冷冻干燥保护剂配方优化[J]. 南昌大学学报: 理科版, 2010, 34(6): 561-565.