

不同温度下微孔膜包装青毛豆的保鲜效果研究

荆红彭¹, 张旭², 关文强^{1,*}, 莫家琪¹, 伍新龄¹, 赵菲¹

(1.天津市食品生物技术重点实验室, 天津商业大学生物技术与食品科学学院, 天津 300134;

2.天津市农作物研究所, 天津 300384)

摘要:为减少青毛豆采后物流中的损失, 提供青毛豆的保鲜新方法。本文以青毛豆为原料, 研究了在 0、4、9℃ 贮藏条件下, 结合微孔膜包装对青毛豆贮藏过程中品质变化和保鲜效果的影响。结果表明: 不同温度下微孔膜包装的青毛豆贮藏时间显著不同, 随着温度的降低, 青毛豆的腐烂率和失重率逐渐减少, 贮藏质量明显提高, 青毛豆保鲜时间显著延长。低温条件下, 豆粒会保持较低的膜透性与 MDA 含量, 可溶性蛋白质含量减少缓慢, 叶绿素含量升高。不同温度下贮藏过程中青毛豆微孔膜包装内 O₂ 最低为 17%, CO₂ 为 1.15%~4.53%, 在此条件下的青毛豆未出现明显失水和气体伤害症状。

关键词:青毛豆, 保鲜, 贮藏温度, 微孔膜包装

Research of micro-perforated plastic film storage performance of green soybean at different temperature

JING Hong-peng¹, ZHANG Xu², GUAN Wen-qiang^{1,*}, MO Jia-qi¹, WU Xin-ling¹, ZHAO Fei¹

(1.Tianjin Key Laboratory of Food Biotechnology, Department of Food Engineering,

Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China;

2.Tianjin Crops Research Institute, Tianjin 300384, China)

Abstract: A new method of green soybean storage was investigated so as to reduce the postharvest loss in logistics. The effect of different temperatures (0, 4, 9℃) on the material quality and storage performance were studied using micro-perforated plastic film as green soybean's package in this research. The results indicated that the storage time was significantly varied at different temperature. The rotting and weight loss rates decreased gradually with respect to a lower temperature, thus a higher storage quality and longer storage time. Under a low temperature, the soybeans were kept at a relatively low membrane permeability and MDA content, meanwhile the decrement in soluble protein was slower and the content of chlorophyll increased. During the storage process, the minimum oxygen content was as low as 17% in the micro-perforated plastic film package with 1.15%~4.53% for carbon dioxide, under such condition, no obvious water loss and gas injury were observed on the soybeans.

Key words: green soybean; preservation; storage temperature; micro-perforated plastic film package

中图分类号: TS205.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)03-0335-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.03.063

青毛豆属豆科大豆, 我国北方多称毛豆, 是指籽粒鼓满期至初熟期之间收获的青荚大豆, 豆荚呈嫩绿色, 营养丰富, 食用口感好, 深受消费者的喜爱。由于种植青毛豆的经济效益较高, 近年来我国青毛豆的种植面积和产量逐年增加, 发展较快。然而, 青毛豆的成熟采收期通常在 8~10 月份, 此时气温较

高, 新鲜青毛豆含水量大, 代谢旺盛, 极易失水萎蔫, 因此在常温下存放易受微生物的侵染而褐变、腐烂, 同时也会出现老化变黄, 从而降低其食用品质和营养价值, 造成较大的采后损失, 一定程度上制约了菜用青毛豆产业的发展^[1]。

适宜低温冷藏结合薄膜包装是目前新鲜果蔬采后贮藏流通过程中保持新鲜度的主要手段^[2]。冰温贮藏设备能够保证温度在很小的范围内波动, 其温度波动在 ±0.3℃ 以内^[3], 近年来冰温保鲜成为果蔬保鲜研究的重要方向之一^[4]。微孔保鲜膜是一种高透气性新型气调保鲜薄膜, 其上有许多微孔, 孔径约 0.01~10 μm, 具有很高的透气性, 能达到既保持高湿又防止高 CO₂ 伤害的效果, 因此对较高温环境中流

收稿日期: 2014-07-24

作者简介: 荆红彭 (1992-), 男, 硕士, 主要从事食品加工与贮藏。

* 通讯作者: 关文强 (1974-), 男, 博士, 教授, 主要从事生鲜食品保鲜与食品安全控制技术研究。

基金项目: 天津市农作物研究所所长基金重点项目 (2013005); “十二五”农村领域国家科技计划 (2011BAD24B01-1)。

通、呼吸强度大、对 CO₂ 敏感的果蔬有较好的保鲜效果^[5]。

目前,国内关于菜用大豆的贮藏保鲜较少,且由于产地、品种、贮藏流通条件等有所不同,贮藏最佳条件尚需深入研究,关于在不同温度条件下微孔保鲜膜包装的保鲜效果研究也未见报道。本实验采用微孔保鲜膜对青毛豆进行包装并在不同温度的冰温库中进行贮藏,以确定不同贮藏温度对微孔膜包装青毛豆的保鲜效果及对生理生化品质变化的影响,为青毛豆采后流通和冷链物流中的有效保鲜提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

实验用青毛豆品种为津鲜3号,采摘自天津市农作物研究所武清基地。

三氯乙酸 天津市大茂化学试剂厂;2-巯代巴比妥酸 上海科丰化学试剂有限公司;牛血清蛋白 北京奥博星生物技术有限责任公司;考马斯亮蓝 G-250 天津市科密欧化学试剂开发中心;乙醇 天津市化学试剂批发公司;磷酸 天津市北方化玻购销中心;所有试剂均为分析纯。

雷磁 DDS-307A 型电导率仪 上海仪电科学仪器股份有限公司;METTLER TOLEDO EL204 电子天平 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;Evolution 201 紫外可见分光光度计 美国 Thermo Fisher 科技有限公司;H-1850R 台式高速冷冻离心机 长沙湘仪离心机仪器有限公司;WITT PA-O2 气体分析仪 德国威特气体技术公司;TA.XT plus 物性测试仪 英国 Stable Micro Systems 公司;HWS24 型电热恒温水浴锅 上海一恒科技有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 原料处理 青毛豆于当天运回天津商业大学冰温库预冷,除去残次品和有病虫害的豆荚,分装于 0.025mm 微孔薄膜袋(国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)提供,透 O₂ 系数为 $9.1 \times 10^8 \text{ mL} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$,透 CO₂ 系数为 $9.1 \times 10^8 \text{ mL} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$)中,每袋 1kg,分别置于 0、4、9℃ 的冰温库中贮藏^[6-7]。每个温度下共 18 袋,贮藏期内每隔 10d,各取 3 袋作为三个重复分别进行各项生理生化和品质指标的测定。

1.2.2 测定指标及方法

1.2.2.1 腐烂率 参考张立华^[8]的方法。每个处理每次取一袋,记下其中腐烂的豆荚质量,平行测定三次,以豆荚腐烂率 10% 为最大贮藏时间的标准,以豆荚腐烂率高于 50% 为失去商品价值的标准,由式(1)计算得出豆荚的腐烂率。

$$\text{腐烂率}(\%) = \frac{\text{腐烂质量}}{\text{总质量}} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

1.2.2.2 失重率 参照于珊珊等^[9]的方法,每隔 10d 进行青毛豆贮藏期间失重率的测定,由式(2)得出青毛豆豆荚的失重率。

$$\text{失重率}(\%) = \frac{\text{贮前质量} - \text{贮后质量}}{\text{贮前质量}} \times 100 \quad \text{式(2)}$$

1.2.2.3 叶绿素含量 采用周小理^[10]的方法。均匀称取 1g 样品于研钵中,加入少许石英砂和碳酸钙粉末与 2~3mL 80% 的丙酮溶液,充分研磨后静置 3~5min 提取。将提取液过滤到 25mL 容量瓶中,用丙酮分数次洗涤钵体并过滤至容量瓶中,用丙酮定容至 25mL。取提取液用分光光度计分别在 645nm 和 663nm 波长,以 80% 的丙酮作为空白测定其吸光度。按照式(3)~式(5)分别计算青毛豆豆粒中叶绿素 a、b 和总叶绿素含量。

$$\text{叶绿素 a 含量} = 12.7(D_{663}) - 2.69(D_{645}) / 1000 \times V \times W(\text{mg/g 鲜重}) \quad \text{式(3)}$$

$$\text{叶绿素 b 含量} = 22.9(D_{645}) - 4.68(D_{663}) / 1000 \times V \times W(\text{mg/g 鲜重}) \quad \text{式(4)}$$

$$\text{总叶绿素含量} = 20.2(D_{645}) + 8.02(D_{663}) / 1000 \times V \times W(\text{mg/g 鲜重}) \quad \text{式(5)}$$

式中:D-叶绿素提取液的吸光值;V-叶绿素丙酮提取液的最终体积(g);W-青毛豆组织的鲜重(g)。

1.2.2.4 包装袋中 O₂、CO₂ 含量测定 采用气体分析仪测定包装袋袋内 O₂、CO₂ 的变化,结果以百分比表示。

1.2.2.5 硬度测定 采用 TA.XT plus 物性测试仪测定毛豆籽粒的硬度^[11]。将整个豆粒置于测试台上,采用圆柱形的 P/2 探头进行测定,穿刺深度为 2mm,测定前速度为 5mm/s,测试速度为 1mm/s,测试后速度为 5mm/s,触发力为 5g。通过仪器软件分析出有关硬度的指标,每处理样品的测定重复 6 次。

1.2.2.6 丙二醛(MDA)含量 参照李宁等^[12]的方法。称取试样 1g,加入 5.0mL 100g/L TCA 溶液,研磨匀浆后,于 4℃、10000 × g 离心 20min;取 2.0mL 上清液(对照空白管中加入 2.0mL 100g/L TCA 溶液代替提取液),加入 2.0mL 0.67% TBA,混合后在沸水浴中煮沸 20min,取出冷却后再离心一次。分别采用紫外分光光度计测定上清液在 450、532 和 600nm 波长下的吸光度,由公式(6)与(7)计算得出 MDA 含量。

$$\text{MDA 浓度}(\mu\text{mol/L}): C_1 = 6.45 \times (A_{532} - A_{600}) - 0.56 \times A_{450} \quad \text{式(6)}$$

$$\text{MDA 含量}(\mu\text{mol/g}): C_2 = \frac{C_1 \times V}{V_s \times m \times 1000} \quad \text{式(7)}$$

式中:C₁ 是反应混合液中丙二醛浓度(μmol/L);V 是样品提取液总体积,mL;V_s 是测定时所取样品提取液体积,mL;m 是样品质量,g。

1.2.2.7 细胞质膜透性 参照刘战丽等^[13]的方法。将青毛豆剥荚,取出毛豆粒均匀切成 2mm 厚的小圆片,称取 5g,放入 50mL 蒸馏水中,25℃ 恒温浸泡 1h,搅拌均匀后用导电率仪测定浸提液的电导率,然后加热至沸腾 30min,自然冷却至 25℃,再测定其全渗透率,以青毛豆初始电导率与全渗透电导率比值作为细胞质膜透性变化的指标,重复测定三次。

1.2.2.8 可溶性蛋白质 参照曹健康^[14]的方法进行。称取 1g 青毛豆样品组织,加入 5mL 蒸馏水研磨成匀浆后,于 4℃、12000 × g 离心 20min,吸取 1mL 样品提取上清液,放入具塞试管中,加入 5mL 考马斯亮蓝

G-250溶液,充分混合,放置 2min,采用分光光度计在波长 595nm 下比色,根据溶液吸光度值,计算青毛豆粒中可溶性蛋白质含量。

1.3 数据处理

利用 Excel2003 和 spss16.0 等统计软件进行统计,并对实验数据进行方差分析 (ANOVA),用 Duncan 多重比较分析差异的显著性 (取 $\alpha = 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同温度下青毛豆贮藏过程中腐烂率与失重率的变化

腐烂症状和程度是直接反映青毛豆贮藏效果的重要指标^[15]。随着贮藏时间的延长,新鲜青毛豆首先是豆荚表面出现霉菌的菌丝,然后逐渐形成霉斑,随着贮藏时间的延长开始往内部发展。豆粒在贮藏过程中逐渐变黄,且温度越高,黄变速度越快。值得注意的是豆粒腐烂速度较慢,当豆荚表面霉斑严重时,菌丝才侵入开始引起豆粒出现腐烂症状。但由于豆荚外观直接决定着消费者对青毛豆购买力大小,本文以青毛豆豆荚的腐烂程度作为青毛豆腐烂的指标,结果见图 1。

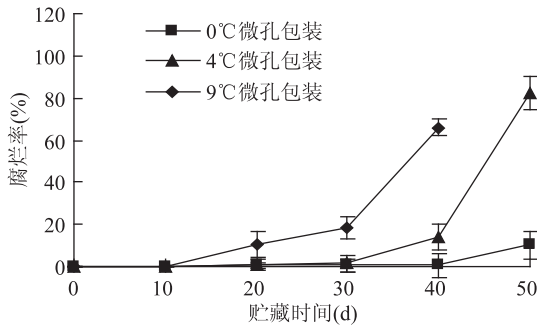


图 1 不同温度下青毛豆贮藏过程中腐烂率变化

Fig.1 Changes of decay ratio of green soybean at different temperatures during storage

贮藏 10d 时各条件下贮藏的青毛豆均未腐烂,商品性较好。随着贮藏期的延长,豆荚腐烂率逐渐上升,贮藏温度越高,腐烂速度越快,腐烂率也越高。9°C 下豆荚贮藏 20d 时腐烂率已达 10.3%,30d 时腐烂率即达 18.4%,已经大部分丧失商品价值,50d 时则完全腐烂。4°C 下豆荚贮藏 30d 时腐烂率 1.3%,40d 时腐烂率达 14.3%,基本丧失商品价值。而在 0°C 下贮藏 40d 时,腐烂率仅 0.7%,贮藏 50d 时,腐烂率达 10.5%。若以豆荚腐烂率 10% 左右为最大贮藏时间的标准,则 0°C 下可贮藏 50d,4°C 下可贮藏至少 30,9°C 下仅可贮藏 20d。可见,低温可有效抑制青毛豆腐烂的发生,明显延长青毛豆的贮藏期。

新鲜果蔬贮藏过程中易因蒸腾作用而失水,且易随着生理代谢而引起衰老腐败,造成失重率增加,影响产品质量^[16]。从图 2 可以看出,随着贮藏时间的延长,青毛豆失重率逐渐增加,且失重率随着温度增加而增大。9°C 下贮藏至 20d 的青毛豆失重率达 3.66%,4°C 下贮藏 30d 和 40d 时失重率分别为 4.0% 和 5.6%。在 0°C 贮藏温度下,整个过程中产品失重率均小于 2%。这表明降低贮藏温度可

一定程度上抑制豆荚的蒸腾失水,减小失重率的上升幅度。

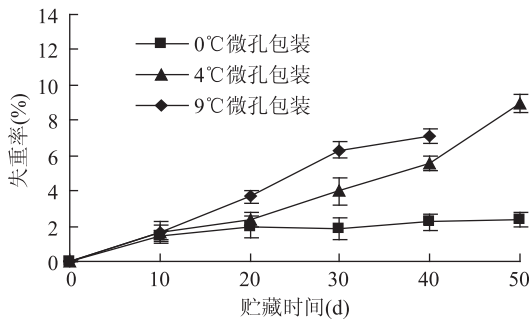


图 2 不同温度下青毛豆贮藏过程中失重率的变化

Fig.2 Changes of weight loss of green soybean at different temperatures during storage

苏新国等^[17]对菜用大豆进行研究,发现在贮藏前 10d 失重率增加很快,使豆荚失水皱缩。贮藏前 30d 豆荚腐烂指数上升较慢,但在之后腐烂指数迅速增加,且贮藏温度越高,腐烂指数也越高。此发现与本研究结果相似。三个贮藏温度下,在青毛豆基本保持商品性的贮藏时间内,产品的失重率均未超过 6%,产品未出现明显的失水萎蔫症状,这说明微孔保鲜膜可有效保证青毛豆在本实验温度条件下贮藏过程中对相对湿度的要求。

2.2 不同贮藏温度下青毛豆豆粒中叶绿素含量的变化

豆粒颜色是青毛豆的一个重要品质指标,青毛豆豆粒贮藏过程中易发黄,影响食用品质、加工性能和商品品质^[18]。如图 3 所示,在贮藏过程中,青毛豆叶绿素的含量均呈下降趋势。贮藏前 30d,青毛豆豆粒的叶绿素含量下降很快,30d 后叶绿素降解速度缓慢。在整个贮藏期间,温度越低,叶绿素含量越高。吴冬梅等^[19]研究不同贮藏方式对菜用大豆外观和品质的影响得出叶绿素含量一般在贮藏第 3d 时达到最大值,之后呈下降趋势。这与本研究结果类似。苏新国等^[17]的研究结果表明,在 12°C 下贮藏的青毛豆叶绿素含量下降速率要明显快于在 1°C 下贮藏的样品。对比以上结果可以说明低温能延缓豆粒的衰老过程,有利于保持豆粒的绿色。

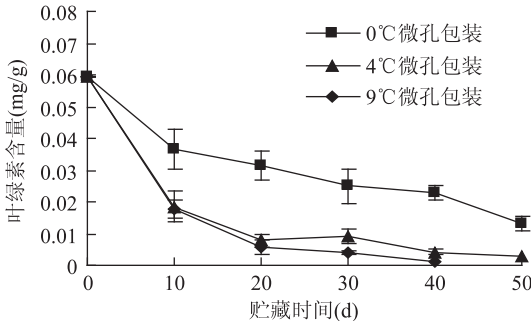


图 3 不同贮藏温度下青毛豆豆粒中叶绿素含量的变化

Fig.3 Changes of chlorophyll content in seeds of green soybean at different temperatures during storage

2.3 不同温度下青毛豆贮藏过程中包装袋内气体成分的变化

包装内气体成分的浓度变化与膜的透气性大小和果蔬呼吸强度大小有关, O_2 浓度过低、 CO_2 过高会引起部分果蔬气体伤害^[20]。薄膜自发气调包装主要通过果蔬自身呼吸和薄膜的选择性透气性在包装内产生一个低二氧化碳的气体环境来延长果蔬保鲜期^[8,20]。包装内氧气和二氧化碳浓度主要与环境温度、包装薄膜透气性、产品种类和重量等因素有关,任何一个因素不适合,则会使包装内气体成分达不到贮藏要求,甚至造成产品的气体伤害^[2,4,21]。不同温度下贮藏青毛豆微孔膜包装内的气体浓度变化见图4。

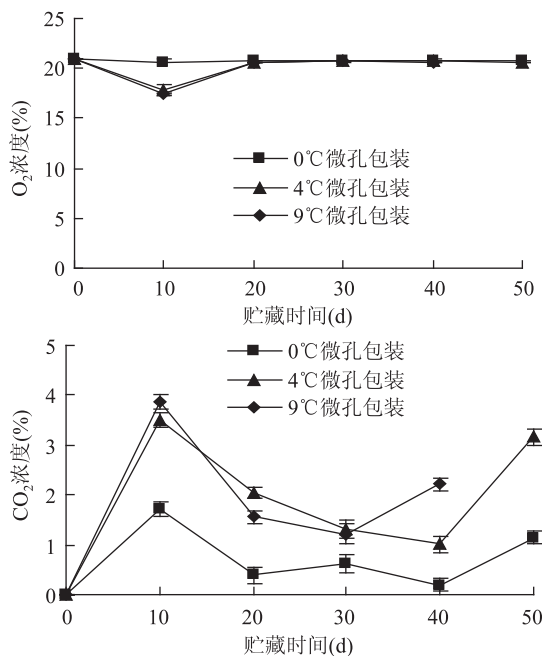


图4 不同温度下青毛豆贮藏过程中包装内 O_2 、 CO_2 的变化

Fig.4 Changes of gas composition in packaging bag at different temperatures during storage

如图4所示,贮藏期间,4℃和9℃下微孔包装袋内 O_2 浓度早期下降,中后期上升至与空气接近,三种温度下 CO_2 浓度早期上升至1.5%~4.0%,中期下降并保持稳定,后期则升高。0℃下贮藏的青毛豆包装袋内的气体浓度变化最小,这是由于贮藏初期青毛豆呼吸强度大,吸收 O_2 和释放 CO_2 的速度高于微孔膜的透气速率所致。贮藏20d时,不同温度下的青毛豆包装内 O_2 浓度大致相同,基本与空气中的浓度一致, CO_2 浓度也开始降低至0.5%~2%,说明青毛豆的呼吸强度开始稳定,同时说明微孔膜透气能力较大。贮藏后期(40d后)不同温度下包装袋内的 CO_2 浓度有所升高,且随贮藏温度增加,包装内 CO_2 浓度增大,贮藏第50d时,9℃下的样品 CO_2 浓度达到4.53%,而0℃下的样品 CO_2 浓度仅有1.15%。说明低温贮藏可以有效抑制青毛豆的呼吸速率和微生物繁殖所造成的 CO_2 增高。另外也可看出,不同温度下青毛豆微孔膜包装内的氧气浓度均在20%左右,即使在9℃条件下贮藏至青毛豆产品大量腐烂时微孔膜包装内的二氧化碳浓度仍未超过5%,说明微孔膜包装具有较强的透气性,在实验温度条件下不

会造成青毛豆的无氧呼吸和二氧化碳伤害。微孔薄膜透气性高,可有效保证产品贮藏过程中需要的湿度要求,还能有效防止产品失水。

因此,微孔膜包装对于具有高呼吸强度且不耐二氧化碳的果蔬比较适宜,同时对于较高温度条件下流通的果蔬保鲜也可以防止无氧呼吸或高二氧化碳伤害^[8]。然而,微孔膜包装青毛豆在0℃低温条件下贮藏时包装内氧气和二氧化碳浓度均达不到果蔬气调保鲜的要求,难以达到较好的气调效果,因此,关于青毛豆的最佳自发气调保鲜膜的筛选尚需要进一步研究。

2.4 不同温度下青毛豆贮藏过程中硬度与丙二醛(MDA)含量的变化

从图5可看出,随着贮藏时间的延长,三种不同温度下贮藏的青毛豆硬度有先降低后升高的趋势。贮藏前10d,不同温度下贮藏的青毛豆的硬度差异不大,从20d开始到大量腐烂之前,温度越低,青毛豆的硬度越小,在第30d时,0、4、9℃下贮藏的青毛豆硬度分别为780.78、993.59、1088.38g。可能由于贮藏初期,豆粒含水量大,豆粒较嫩,随着贮藏过程中豆粒的衰老成熟和失水率增加,蛋白质、脂质等物质含量增加,导致豆粒的硬度有一定程度的升高。豆粒在贮藏后期由于腐烂的发生,其硬度迅速下降,第50d时,0℃下贮藏的青毛豆硬度为776.92g,4℃为754.68g,远低于其第0d时的数值。这与 Yoko Yoshikawa 等^[22]对大豆的化学品质性状研究的结果类似。

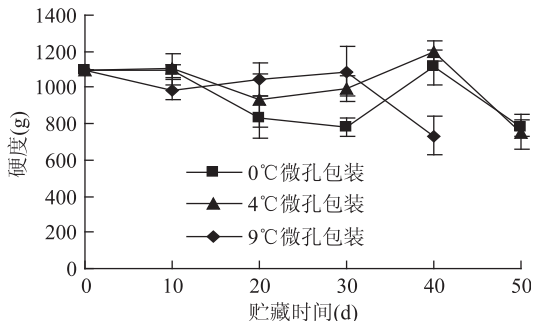


图5 不同温度下贮藏青毛豆硬度的变化

Fig.5 Changes of firmness of seeds at different temperatures during storage

丙二醛作为膜脂氧化的主要产物,已被作为判定果蔬产品膜脂氧化的一个重要指标。随着MDA含量的增加,膜脂氧化程度加剧,细胞结构被破坏,加速了细胞的衰老死亡^[23]。如图6所示,在贮藏过程中,青毛豆MDA含量持续上升,且随温度增高,MDA含量增大。李宁等^[12]通过研究不同包装方式对白灵菇低温保鲜效果的影响发现,白灵菇在贮藏过程中的MDA含量呈不断上升的趋势,在贮藏至35d时,抽真空处理的样品MDA含量要显著大于微孔膜包装处理。说明微孔膜包装的实验样品在抑制膜脂氧化程度上要比抽真空包装的好。杜传来等^[24]研究了不同预处理对鲜夹毛豆低温贮藏过程中品质的影响,得出在整个贮藏期间,各处理丙二醛含量均不断增大,贮藏前期MDA上升速率较快,后期

相对比较平缓,二氧化氯处理组丙二醛含量一直是最低的,说明二氧化氯预处理可以有效降低MDA含量。以上两个发现基本与本研究得出的结果类似,进而说明低温可以像二氧化氯等杀菌剂一样抑制MDA含量的上升,延缓青毛豆的衰老。

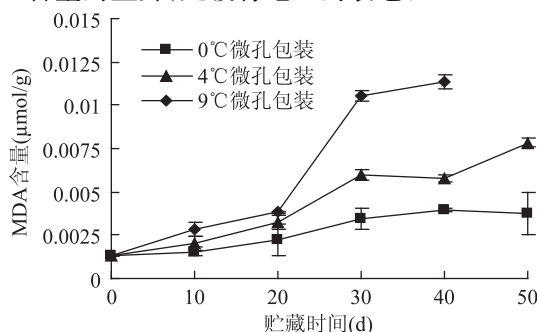


图6 不同温度下贮藏青毛豆MDA含量的变化

Fig.6 Changes of MDA content in seeds at different temperatures during storage

2.5 不同温度下贮藏过程中青毛豆膜透性的变化

果蔬组织衰老过程中,细胞质膜功能活性下降,膜通透性增加,出现细胞内电解质向外渗漏,细胞质膜透性的变化可反映细胞衰老和遭受破坏的程度^[25]。从图7可看出,随着贮藏时间的延长,青毛豆的膜透性增大,且随温度增加,膜透性增大。杨松夏等^[26]研究了不同保鲜运输方式对荔枝果实品质的影响发现,随着运输时间的延长,荔枝果皮相对电导率逐渐上升,运输期前2d,质膜透性上升速度较慢,2d后快速上升,运输3d后,冷藏运输的荔枝果皮相对电导率小于泡沫箱加冰运输。本研究结果与上述实验材料在冷藏运输中的结果类似,0°C低温贮藏能在一定程度上减少青毛豆电解质向外的渗透量,抑制膜脂过氧化进程,起到延缓衰老的作用。

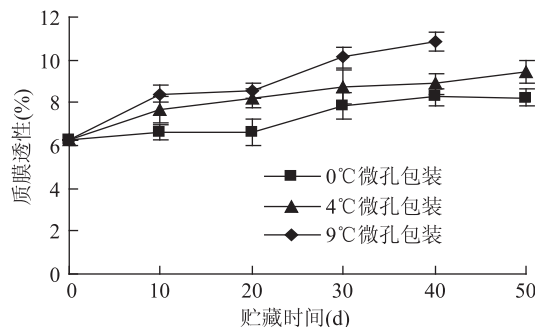


图7 不同温度下贮藏青毛豆膜透性的变化

Fig.7 Changes of membrane permeability in seeds of green soybean at different temperatures during storage

2.6 不同贮藏温度下青毛豆豆粒中可溶性蛋白质含量的变化

蛋白质是人体所需的三大营养之一,其含量高低与青毛豆品质密切相关^[27]。由图8可以看出,在整个贮藏期间,青毛豆蛋白质含量呈现下降趋势,这与青毛豆的新陈代谢有关。随贮藏温度的升高,蛋白质含量下降越快。9°C下的样品蛋白质含量下降很快,从0d的1.51mg/g降至40d时的0.42mg/g,而

0°C下的样品在贮藏第40d的可溶性蛋白质含量达到0.86mg/g,与9°C具有显著性差异($p < 0.05$)。葛林梅等^[28]研究了不同薄膜处理对菠菜低温贮藏效果的影响,对可溶性蛋白质进行测定后发现,菠菜进入冷藏后,可溶性蛋白质含量立即迅速下降,贮藏3d后下降了很多,蛋白质明显降解,之后,薄膜处理菠菜蛋白质含量下降缓慢。本研究结果与以上发现基本一样,0°C微孔包装的样品可溶性蛋白质含量在10d内快速下降,而后下降变缓,但含量一直高于4°C和9°C的样品。从而表明低温可在一定程度上抑制可溶性蛋白质含量的减少,从而保持青毛豆的营养品质。

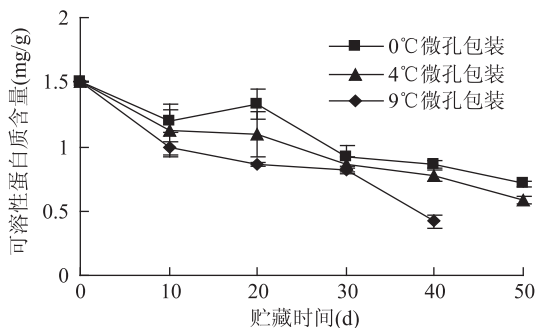


图8 不同温度下贮藏青毛豆中可溶性蛋白质的变化

Fig.8 Changes of soluble protein in seeds of green soybean at different temperatures during storage

3 结论

青毛豆贮藏过程中首先是豆荚外皮腐烂变褐,然后是豆粒的变黄、腐烂。微孔膜包装青毛豆在0、4、9°C下贮藏均不会造成青毛豆气体伤害。与4°C和9°C相比,0°C为青毛豆的适宜贮藏温度,可有效减少青毛豆豆荚的腐烂率、失重率,延缓豆粒MDA含量升高以及膜透性、可溶性蛋白质含量、叶绿素含量下降,保持产品品质,延长保鲜时间。

参考文献

- [1] 张秋英,李彦生,王国栋,等.菜用大豆品质及其影响因素研究进展[J].大豆科学,2010,29(6):1065-1070.
- [2] 关文强,阎瑞香,陈绍慧,等.果蔬物流保鲜技术[M].北京:中国轻工业出版社,2008.
- [3] 刘志鸣,万金庆,王建民.日本冰温技术发展史略[J].制冷与空调(四川),2006,19(3):70-74.
- [4] 张娜,关文强,张怡.冰温结合气调保鲜膜对西兰花保鲜效果的影响[J].食品科技,2012(1):42-44.
- [5] 李家政.微孔保鲜膜制备方法与应用[J].保鲜与加工,2007,7(3):25-27.
- [6] 金洪勇,柴福莉.浅论果蔬的保鲜技术[J].包装世界,2006(5):55-57.
- [7] 吴建明,陈怀珠,杨守臻,等.菜用大豆贮藏保鲜工艺的研究与应用[J].广西农业科学,2006,37(1):81-83.
- [8] 张立华,张元湖,曹慧,等.石榴皮提取液对草莓的保鲜效果[J].农业工程学报,2010(2):361-365.
- [9] 于珊珊.不同贮藏温度对豇豆采后生理和食用品质的影

(下转第344页)

- [16] Miraliakbari H, Shahidi F. Antioxidant activity of minor components of tree nut oils[J]. Food Chemistry, 2008, 111(2): 421-427.
- [17] Tao W, McCallum J L, Wang Sunan, *et al.* Evaluation of antioxidant activities and chemical characterisation of staghorn sumac fruit (*Rhus hirta* L.) [J]. Food Chemistry, 2013, 138(2-3): 1333-1340.
- [18] Huber L S, Hoffmann-Ribani R, Rodriguez-Amaya D B. Quantitative variation in Brazilian vegetable sources of flavonols and flavones[J]. Food Chemistry, 2009, 113(4): 1278-1282.
- [19] Heldt H W, Heldt F. 主编. 植物生物化学[M]. 北京: 科学出版社, 2007, 446-451.
- [20] 莫开菊, 柳圣, 程超. 生姜黄酮的抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2006, 27(9): 110-115.
- [21] Pérez-Gregorio M R, García-Falcón M S, Simal-Gándara J. Flavonoids changes in fresh-cut onions during storage in

- different packaging systems[J]. Food Chemistry, 2011, 124(2): 652-658.
- [22] Zieliński H, Dolores del Castillo M, Przygodzka M, *et al.* Changes in chemical composition and antioxidative properties of rye ginger cakes during their shelf-life [J]. Food Chemistry, 2012, 135(4): 2965-2973.
- [23] Oms-oliu G. The role of peroxidase on the antioxidant potential of fresh-cut "Piel de Sapo" melon packaged under different modified atmospheres [J]. Food Chemistry, 2008, 106(3): 1085-1092.
- [24] Rushworth G F, Megson I L. Existing and potential therapeutic uses for N-acetylcysteine: The need for conversion to intracellular glutathione for antioxidant benefits[J]. Pharmacology and Therapeutics, 2014, 141(2): 150-159.
- [25] 马杰, 胡文忠, 毕阳, 等. 鲜切果蔬活性氧产生和抗氧化体系代谢的研究进展[J]. 食品科学, 2013, 34(7): 316-320.

(上接第339页)

- 响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(12): 7395-7397.
- [10] 周小理, 杨晓波, 林晶, 等. 不同工艺条件对菠菜汁叶绿素含量的影响[J]. 食品科学, 2003, 24(6): 93-96.
- [11] 许韩山, 张懿, 孙金才. 速冻毛豆漂烫工艺[J]. 食品与生物技术学报, 2009, 28(1): 38-43.
- [12] 李宁, 阎瑞香, 王步江. 不同包装方式对白灵菇低温保鲜效果的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(7): 377-382.
- [13] 刘战丽, 王相友, 朱继英, 等. 高氧气调贮藏下双孢蘑菇品质和抗性物质变化[J]. 农业工程学报, 2010(5): 362-366.
- [14] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 68-70.
- [15] 刘美迎, 周会玲, 吴主莲, 等. 纳他霉素复合涂膜剂对葡萄保鲜效果的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(10): 259-266.
- [16] 李灵秀, 程裕东. 不同处理方式对青豆颗粒抑制褐变的影响研究[J]. 食品科学, 2009, 29(11): 626-631.
- [17] 苏新国, 郑永华. 贮藏温度对菜用大豆采后生理和品质变化的影响[J]. 南京农业大学学报, 2003, 26(1): 114-116.
- [18] Song J Y, An G H, Kim C J. Color, texture, nutrient contents, and sensory values of vegetable soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) as affected by blanching [J]. Food chemistry, 2003, 83(1): 69-74.
- [19] 吴冬梅, 严菊敏, 何会超, 等. 不同贮藏方式对菜用大豆

- 外观和品质的影响[J]. 大豆科学, 2012, 31(1): 155-158.
- [20] 关文强, 陈丽, 李喜宏, 等. 红富士苹果自发气调保鲜技术研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(5): 218-221.
- [21] Kim E H, Kim S H, Chung J I, *et al.* Analysis of phenolic compounds and isoflavones in soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merrill) and sprouts grown under different conditions [J]. European Food Research and Technology, 2006, 222(1-2): 201-208.
- [22] Yoshikawa Y, Chen P, Zhang B, *et al.* Evaluation of seed chemical quality traits and sensory properties of natto soybean [J]. Food Chemistry, 2014, 153: 186-192.
- [23] 李健, 赵丽丽, 刘野, 等. 自发气调对鸭梨果实生理生化品质的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(15): 320-323.
- [24] 杜传来, 吴胜. 不同清洗剂对鲜荚毛豆低温贮藏过程中品质的影响[J]. 食品工业科技, 2009(8): 296-299.
- [25] 冯岩岩, 王庆国, 魏晓辉. NO处理对鲜切牛蒡品质和褐变的影响[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(9): 111-115.
- [26] 杨松夏, 吕恩利, 陆华忠, 等. 不同保鲜运输方式对荔枝果实品质的影响[J]. 农业工程学报, 2014, 30(10): 225-232.
- [27] Yang A, James A T. Effects of soybean protein composition and processing conditions on silken tofu properties [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2013, 93(12): 3065-3071.
- [28] 葛林梅, 毛金林, 陈杭君, 等. 不同薄膜处理对菠菜低温贮藏效果的影响[J]. 浙江农业学报, 2009, 3: 274-277.

因本刊已被《中国知网》(包括“中国知网”优先数字出版库)独家全文收录, 所以所付稿酬中已包含该网站及光盘应付的稿酬。