

菜豆采后生理及贮藏技术的研究进展

韩玉珠¹, 薛艳杰², 宋述尧^{1,*}

(1.吉林农业大学园艺学院, 吉林 长春 130118; 2.敦化市农业技术推广中心, 吉林 敦化 133700)

摘要: 本文综述菜豆采后外观品质下降、呼吸跃变、细胞膜透性增大、营养品质下降等生理变化, 介绍影响菜豆贮藏效果的品种、成熟度、营养条件、贮藏条件、理化处理、包装材料等内、外部因素, 总结了常温、低温、气调、涂膜等贮藏技术的研究现状, 并对今后的研究和发展趋势进行探讨。

关键词: 菜豆; 贮藏; 生理; 影响因素; 进展

Research Progress on Postharvest Physiology and Storage Technology of Snap Bean

HAN Yu-zhu¹, XUE Yan-jie², SONG Shu-yao^{1,*}

(1. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

2. Agricultural Technology and Popularization Center of Dunhua City, Dunhua 133700, China)

Abstract: The paper reviews the research progress on the postharvest storage physiology of snap bean such as appearance quality, respiratory climacteric, cell membrane permeability and nutritional quality. The factors influencing the storage of snap bean were introduced such as variety, ripeness, nutritional condition, storage condition, physico-chemical treatment and packaging material. This review summarized the research advances in storage technology of room temperature storage, low temperature storage, controlled atmosphere storage and coating film storage. The future research and development trends on storage technology of snap bean were also discussed.

Key words: snap bean; storage; physiology; factors; research advance

中图分类号: TS255.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)13-0345-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201313072

菜豆(*Phaseolus vulgaris* Linn.)为豆科菜豆属中的栽培种, 别名四季豆、芸豆、玉豆等, 以嫩果荚和种子供食, 起源于美洲中部和南部, 现在中国各地区均有广泛栽培, 尤其在我国东北地区广泛种植的优质菜豆品种(油豆角)更是远销国内外。菜豆果荚肥厚、色泽嫩绿、营养丰富、味道鲜美, 以鲜销为主, 亦可速冻、干制。但菜豆果荚组织幼嫩、呼吸强度高、极不耐贮, 常温条件下, 不采取贮藏保鲜措施, 短时间内就会萎蔫、褪色、腐烂及产生大量锈斑, 丧失商品性, 所以菜豆的供应具有极强的季节性和区域性, 造成“旺季烂、淡季断”的供需矛盾, 限制了菜豆的销售时限和销售半径。因此为了延长菜豆的贮藏期, 减少贮运损失, 从而延长市场供应期和供应范围, 应加大对菜豆采后生理及贮藏保鲜技术的研究。本文综述了菜豆采后生理及贮藏技术的研究进展, 旨在为菜豆采后贮藏保鲜技术的研究提供理论和实践依据。

收稿日期: 2012-04-01

基金项目: 吉林省现代农业产业技术体系建设项目

作者简介: 韩玉珠(1971—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为蔬菜遗传育种与安全生产。E-mail: hanyzh2003@126.com

*通信作者: 宋述尧(1957—), 男, 教授, 硕士, 研究方向为蔬菜设施生产。E-mail: hanyzh2003@126.com

1 菜豆采后贮藏生理研究

1.1 外观品质

菜豆采后货架期短, 常温下不采取贮藏保鲜措施5~7d, 外观上果荚黄化失去光泽、皱缩、出现凹陷、锈斑, 明显失去商品价值。张福平^[1]研究表明: 常温(18~25℃, 相对湿度80%~95%)条件下8d左右商品品质迅速下降, 菜豆果荚颜色由刚采的深绿色变为黄绿色, 叶绿素含量由91.93mg/kg下降至68.46mg/kg。韩勇^[2]的研究表明菜豆瞬间(90s)漂烫后7d左右果荚绿色消失, 变成黄白色; 加入NaHCO₃的菜豆颜色由处理后的绿色, 逐渐转变为亮绿色, 然后绿色逐渐变暗, 最后变成褐色。适宜浓度的NaHCO₃可以保持菜豆绿色, 延长贮藏期。

此外常温下果荚严重失水, 失水率高达30.77%, 质地由较硬变为干瘪。菜豆失水变色皱缩与贮藏环境的相对湿度有密切关系, 相对湿度低, 加速失水, 容易加速菜豆的失绿黄化, 相对湿度大, 微生物活动旺盛, 腐烂

率随之升高。但有研究报道^[3], 采后保持高湿(相对湿度90%~95%), 可以延缓菜豆在贮藏过程中失水, 有助于果荚保鲜保绿, 并能延缓菜豆的后熟过程, 使其抗病性增强, 从而使腐烂情况有所减轻。也有研究认为^[2,4]贮藏前漂烫处理或热处理可以较好地保持果荚的硬度(相对湿度4%~5%, 可贮藏212d)。

此外菜豆锈斑亦是豆类蔬菜在采后贮藏中普遍发生的问题, 一旦菜豆表面出现锈斑, 短时间内就会蔓延并迅速腐烂, 失去商品价值。不同的菜豆品种耐贮性不同, 一般认为豆荚颜色较深的品种比较耐贮^[5]。

1.2 呼吸作用

菜豆属于跃变型蔬菜^[1], 贮藏初期呼吸强度变化缓慢, 随着时间延长出现跃变高峰, 而后下降。研究表明, 常温(18~25℃, 相对湿度80%~95%)条件下, 第8天出现跃变高峰, 呼吸强度为201.33mg CO₂/(kg·h)。因此贮藏环境中的气体成分必然影响其贮藏效果。Plantinus^[6]研究认为低O₂体积分数可降低菜豆的呼吸强度。宗汝静等^[7]研究结果表明, CO₂分压越低越好, CO₂体积分数高于2%(9℃)时引起豆荚组织褐变, 加重锈斑。Sanchez-Mata等^[8]研究结果表明8℃条件下, 3% O₂+3% CO₂可以较好地保持果荚的营养成分。因此贮藏环境中的适宜的O₂和CO₂分压是菜豆贮藏保鲜的重要因素。

尽管菜豆属于跃变型蔬菜, 但研究发现, 菜豆对积累的乙烯反应不敏感^[9]。多数研究表明乙烯是影响果蔬贮藏的气体成分之一, 它能够刺激呼吸跃变型果蔬的后熟衰老, 引起果蔬组织的生理失调。但宗汝静等^[7]认为, 乙烯与菜豆贮藏中的腐烂和锈斑的产生无显著相关性。

温度和涂膜处理可以影响菜豆呼吸作用。菜豆的呼吸强度与温度成正比^[10], 低温能抑制呼吸作用。壳聚糖涂膜后能推迟菜豆呼吸高峰^[11]。

1.3 细胞膜透性

菜豆果肉细胞膜相对透性在采后初期变化缓慢, 后期急剧上升, 第8天上升到最大值19.13%^[1]。降低贮藏温度可以减轻膜透性的增加。7℃低温能够抑制果荚水分蒸发, 抑制酶的活性, 膜透性破坏程度小, 膜脂过氧化程度低, 物质外渗少, 有效地抑制了锈斑的发生, 有利于保持菜豆感官和营养品质^[12]。此外该研究^[12]还表明钙素可以影响菜豆细胞壁结构、膜的性质、酶的活性, 调节菜豆的生理生化作用, 从而提高菜豆贮藏效果。

1.4 营养品质

菜豆采后果荚叶绿素、VC、可溶性糖、淀粉和蛋白质含量呈下降趋势, 纤维素和丙二醛(MDA)含量随贮藏时间而增加, 果实总糖含量先升后降, 可能与菜豆采后进一步后熟和失水有关。采后8d, 失去商品品质, 到第12天, 大部分豆荚失去食用价值^[1,12]。

通过温度、药剂处理可以延缓菜豆营养成分的降

低。低温条件下贮藏的菜豆中VC含量及其变化速率均明显低于室温条件下^[13]。低浓度的NO处理可以延缓菜豆类胡萝卜素、可溶性固形物等含量的降低, 从而较好的保持豆荚的食用品质和口感^[14]。

综上, 选择适当的品种和运用综合贮藏措施, 创造适宜的贮藏条件能够实现菜豆的长期保鲜。

2 菜豆采后贮藏技术研究

2.1 影响菜豆贮藏效果的因素

2.1.1 内部因素

2.1.1.1 品种

不同的菜豆品种其耐贮性存在很大的差异。研究结果表明^[5], 小油豆和三叶油豆是比较耐贮的品种, 果荚颜色较深, 而紫花油豆、花生米油豆、五常大油豆和八月绿等品种的耐贮性较差, 仅适合短期贮藏。袁成志等^[15]研究了7个菜豆品种的生物特性耐贮性, 油豆子是最耐贮的品种, 其次为俏春大荚油豆王和齐研5号架油豆, 太空大将军、俏春3号地油豆和宽荚油豆的耐贮性较差。李成雁等^[16]研究表明, 紫花油豆和将军油豆是比较耐贮的品种, 榆树油豆次之, 龙三油豆和龙四油豆的耐贮性较差。

2.1.1.2 成熟度

豆荚成熟度即采收期影响菜豆的贮藏效果。采收过早, 不仅会影响产量, 而且果荚未完全发育成熟, 组织幼嫩, 呼吸旺盛, 不耐贮藏, 且品味不佳, 经济效益低; 采收过晚, 组织老化, 纤维增加, 种子长大, 鲜嫩程度低, 影响口感, 市场竞争力低。唐惠敏^[17]研究认为, 选择菜豆生长结束, 豆粒尚未膨大, 成熟度中等(约在7成)时采摘, 要带柄采摘, 避免果柄的机械伤害。因此当果荚为绿色并且充分长成时是适当的采收期。目前菜豆适宜的采收成熟度以花后的天数来控制, 认为花后12~16d采摘最适宜贮藏。

2.1.2 外部因素

2.1.2.1 营养条件

菜豆栽培生产中营养条件对菜豆耐贮性有明显影响。施用有机肥可提高菜豆的耐贮性, 且有机肥中钙元素对菜豆的耐贮性影响最大, 大量实验证明钙可影响细胞壁结构、膜的性质、酶的活性以及对其他元素吸收, 施用有机肥和采前喷钙可以降低菜豆老化速度^[10]。此外微量元素硼和钼对菜豆的生育和根瘤菌的活动都有良好的作用。

2.1.2.2 贮藏条件

1)温度: 温度是影响贮藏效果的重要因素。适宜的贮藏温度可有效地抑制菜豆的呼吸强度, 减缓新陈代谢, 可以有效地控制菜豆的锈斑和腐烂。菜豆是冷敏型

蔬菜, 不耐低温贮藏, 低温易产生冷害。关于菜豆最适宜贮藏温度的报道不尽相同。唐惠敏^[17]研究认为中等熟度的菜豆在(9±1)℃条件下贮藏效果较好。8℃是菜豆产生锈斑的临界温度, 低于此温度, 锈斑加重; 在此温度以上, 温度与菜豆腐烂呈高度正相关。贮藏温度控制在8~10℃时, 菜豆贮藏期可保持在30d以上^[18]。郭丽等^[12]认为0℃冰温贮藏条件下的菜豆淀粉和可溶性蛋白降解的速度最慢, 降低了代谢过程中酶活性及呼吸强度, 延缓了菜豆的衰老, 可延长贮藏期。大量研究表明, 冷害是一个依赖于贮藏温度和贮藏时间长短的累积过程, 贮藏温度过低易引起冷害, 过高易加速病害的发展和促进后熟, 所以低温贮藏应考虑到贮藏温度、病害和后熟之间的关系, 从菜豆的质量、贮藏时间综合考虑, 既达到提高贮藏效果又降低冷害。2)湿度: 菜豆以其鲜嫩品质而著称, 但菜豆采后极易失水萎蔫, 破坏呼吸作用, 加速细胞水解, 促进组织衰老, 使得果荚失绿黄化, 降低商品价值和经济效益, 因此菜豆贮藏要求较高的湿度。有研究报道, 薄膜包装为采后菜豆产品提供了高湿环境, 抑制失水过程, 从而保证正常的生理代谢过程, 延缓衰老^[3]。但是随着贮藏湿度的增多, 腐烂率随之升高, 因此在高湿度贮藏的过程中一定要注意杀菌消毒。贮藏前用0.2g/L次氯酸钠和50mL/L过氧化氢清洗菜豆, 可有效清除微生物, 起到杀菌作用, 且次氯酸钠的效果要优于次氯酸钠^[19]。3)气体: 菜豆对贮藏环境中的气体也有较高的要求。有研究结果认为, 低CO₂有助于果荚保鲜保绿, 而高CO₂则有使豆荚失绿黄化的趋势。至于低O₂是否有利于控制腐烂, 结果还不明确。菜豆贮藏适宜的气体比例一般为O₂3%, CO₂低于2%。菜豆对积累的乙烯反应不敏感, 乙烯与菜豆贮藏中的腐烂和锈斑的产生无显著相关性。

2.1.2.3 物理处理

菜豆低温贮藏前进行热处理, 可以有效防止或减轻贮藏过程中的冷害症状。此外有实验表明^[20], 在5℃条件下高压静电场处理能降低菜豆的冷害指数和锈斑指数, 高压静电场处理对菜豆角冷害有明显的抑制作用。热处理和间歇升温均具有减轻锈斑发生的作用, 两处理相结合具有协同增效作用, 既能有效抑制表面水浸凹陷, 又可阻止锈斑的发生, 是防止菜豆冷害发生的有效措施^[21-22]。但在热激处理中一定要注意热激温度和持续时间选择, 否则效果反而更差。

微波、辐射、高压静电等物理方法在菜豆的贮藏保鲜中也起到一定的作用。微波处理可杀死菜豆中的菜豆象^[22]。研究发现, 菜豆锈菌的冬孢子在贮藏中会逐渐表现出病痕, γ辐射可起到一定灭菌防腐效果, 但也会促进菜豆褐变的发生, 褐变的程度随照射量加大而增高。高压静电场保鲜贮藏技术尚处于实验室阶段^[23]。静电场处理能降低5℃条件下菜豆的冷害指数、降低相对电导率

以及MDA含量, 减缓低温对于细胞膜的伤害, 抑制了冷害, 同时静电场对菜豆的锈斑指数也有降低; 贮温为4℃时, -140~-200kV/m场强的静电场对于减少菜豆冷害指数、锈斑指数和失重率有最好效果; 在7℃的贮藏适温下, 静电场对于菜豆具有减少腐烂率和锈斑指数的作用, 起到了保鲜的效果。

2.1.2.4 化学处理

化学杀菌剂是一种重要的采后化学处理方法。有研究认为, 采后及时冷藏, 用60mg/kg克霉灵对菜豆进行熏蒸处理是有效的贮藏措施。北京农业科学院研究所用0.01~0.025mL/L的仲丁胺处理菜豆, 也有效地降低了腐烂率。孙利^[24]报道, 在贮藏菜豆的气调冷库中, 点燃蒜薹专用保鲜剂, 可有效防止菜豆贮藏过程中的腐烂发生。1-甲基环丙烯(1-MCP)作为一种保鲜剂, 适宜的浓度处理能够抑制菜豆贮藏期间的呼吸作用、乙烯的释放和粗纤维的合成, 但高浓度(2μL/L)却增加了菜豆贮藏期的腐烂和锈斑发生率^[25]。此外, 强氧化剂ClO₂应用在菜豆保鲜上也有一定进展^[26], 将蜂窝状火山石作为载体, 放入质量浓度为2.1~2.2g/L的ClO₂溶液中浸泡后取出, 与菜豆一起装入薄膜袋内, 在8~10℃、相对湿度90%~95%的条件下, 可贮藏30d。

激素处理可以延缓菜豆衰老。研究发现, 5、10、20mg/kg的苄氨基腺嘌呤(BA)处理菜豆, 能够延长其货架期, 将细胞分裂素与其他生长调节剂混合使用, 可以起到延缓衰老的效应。6-BA和赤霉素(GA₃)处理可延缓菜豆VC、叶绿素、可溶性蛋白质含量的下降和粗纤维含量的上升, 延缓电导的增加和过氧化物酶(POD)活性的上升, 保持较低的膜透性、MDA含量, 提高豆荚的L-苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性和总酚含量, 从而延缓菜豆的衰老。20g/m³TKD(主要成分噻菌灵)熏蒸处理可有效地减少菜豆贮藏期间腐烂的发生。综合保鲜措施TKD(20g/m³)+6-BA(20mg/L)+气调贮藏(O₂2%~5%, CO₂2%~5%)贮藏效果最好, 最佳贮藏期为45~55d^[17]。

采用成膜性和渗透性较好的可食性成膜剂可以延长菜豆的贮藏寿命。利用蜂胶保鲜剂提取液处理菜豆, 可以显著降低贮藏中菜豆的失水、失重, 抑制糖向纤维素的转化, 使呼吸代谢减慢, 延长菜豆的贮藏寿命, 具有良好的保鲜作用。将菜豆经超声波杀菌处理10~20s后, 浸入0.3%~0.5%的魔芋粉液^[27]中, 可以减少菜豆的失水率, 将菜豆的贮藏期延长到10d以上。此外, 1.0%、1.5%、2%壳聚糖^[28-30]涂膜处理可降低菜豆的呼吸强度、蒸腾失水、多酚氧化酶和过氧化物酶活性, 保持较低的膜透性、MDA含量, 提高菜豆的苯丙氨酸解氨酶活性, 促进木质素合成, 减少菜豆腐烂发生, 从而延长贮藏期。

2.1.2.5 包装材料

有研究^[10]表明无纺布单独包装与打孔PE袋处理对

菜豆的贮藏效果较为相似,在无纺布外套PE袋处理,菜豆呼吸产生的水透过无纺布在PE袋表面凝结,而果荚上凝结的水分很少,这样既保证果荚贮藏中所需的湿度条件,防止萎蔫,又有利于防止微生物的滋生。有报道^[31]称真空包装具有较好的护绿效果,可以较好地保持菜豆的营养品质。目前采用较多的包装材料还是塑料制品,虽然有较好的效果,但对水和气体的调节还不理想,开发更好的包装材料非常值得考虑。

2.2 菜豆贮藏方法的研究

2.2.1 常温贮藏

韩勇^[2]研究了NaHCO₃处理对菜豆的护绿机理,筛选了适宜的保鲜剂种类和添加量,确定了漂烫工艺参数,提出了常温条件下贮藏方案:菜豆经过90℃、90s的漂烫,添加4% NaHCO₃、8.51%蔗糖、9.38%盐后,真空包装,微波处理40s,可以常温贮藏25d。

2.2.2 低温贮藏

关于菜豆最适宜贮藏温度的报道不尽相同。唐惠敏^[17]研究认为(9±1)℃贮藏效果好;王专等^[32]研究认为9℃左右及薄膜包装条件下贮藏效果好;郭丽等^[12]采用冰温结合小塑料袋包装显著降低菜豆的冷害,有效地保持菜豆的新鲜度。

2.2.3 气调贮藏

大量的研究报道肯定了气调贮藏的效果^[8,33-34]。控制贮藏环境的气体条件可延长菜豆的贮藏期限。菜豆可以采用自发气调和可控气调贮藏两种方法,贮藏的适宜条件是体积分数为2%~5% O₂和2%~9% CO₂^[35]。孙美玲等^[36]研究表明聚乙烯薄膜气调贮藏可延长菜豆的贮藏期限。在气调贮藏的过程中一定要注意CO₂和O₂的分压。Groeschel等^[37]研究认为在7℃、2%~3% O₂和5%~10% CO₂的条件下,叶绿素可保持14d。大量的研究^[37-38]表明菜豆对CO₂极其敏感,超过2%的分压就会诱发菜豆锈斑的发生,加快细胞膜脂过氧化的速度,积累大量的自由基和有毒物质。因此在采用聚乙烯薄膜包装贮藏时,可用消石灰吸收菜豆呼吸产生的过量CO₂,并采用小包装,以防止过量CO₂积累。车千里^[39]将菜豆贮藏在庫温7.5~9℃,相对湿度90%~95%,6%~8% O₂和1%~2% CO₂的条件下,贮藏期达90d,并且出库后其货架期仍能延长7~10d。季阿敏^[40]研究了贮藏温度、成熟度及品种对菜豆气调贮藏效果的影响,结果表明,10℃左右贮藏温度下、成熟度适中的菜豆,在2%~3% O₂和2%~3% CO₂的条件下贮藏效果最好。

环境压力与贮藏效果也有密切关系。当环境压力维持在50kPa、相对湿度60%、贮藏温度9℃时可以保持菜豆较高的商品率,抑制锈斑的发生,降低菜豆的干耗,保持较好的外观颜色,延缓衰老速率,保持贮藏期的品质^[41]。季阿敏等^[41]还利用自制的减压冷藏保鲜仓,对菜

豆进行了阶段性实验,结果表明,减压贮藏菜豆效果要好于气调贮藏和普通冷藏。

2.2.4 涂膜贮藏

涂膜材料和浓度是影响贮藏效果的重要因素。10g/L壳聚糖涂膜处理可显著延缓纤维化进程^[42]。研究^[27-28]表明2%壳聚糖,0.2×10⁻⁶的脱氢醋酸钠和30×10⁻⁶的6-BA混合配制而成的保鲜剂在12℃的环境下贮藏菜豆具有良好的效果。徐飞^[10]实验表明,壳聚糖涂膜无纺布包装具有延长菜豆贮藏寿命的效果,无纺布具有纤维状结构,易与壳聚糖结合,无纺布解决了壳聚糖载体问题,壳聚糖的成膜性克服了无纺布透气透水的缺点,比PE袋具有更好的调气调水性。连玉晶^[43]研究确定最佳保鲜剂配方为2.0%羧甲基壳聚糖、0.2g/kg脱氢醋酸钠、20μg/mL 6-BA,并且经过N,O-羧甲基涂膜保鲜的菜豆,在温度25℃、相对湿度75%~80%的环境下,可贮藏14d。研究^[44]结果表明采用涂膜与臭氧杀菌相结合可有效地降低菜豆在贮藏过程中的失水率、褐斑率和腐烂率。

3 结 语

目前,菜豆贮运保鲜已经成为制约菜豆产业发展的一个瓶颈问题,尽管科技人员对此开展了大量的研究工作,但现在除了短期鲜食外,菜豆的贮藏仍以速冻和干制为主,因此要想保证菜豆周年鲜食供应,应结合产前、产中和产后3个不同阶段的特性,进一步开展耐贮运性品种的使用、合理的肥水管理、安全可食性的保鲜剂、环保节能低成本的贮藏方法和包装材料的研究,以满足市场和消费需求,提高菜豆的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 张福平. 菜豆采后贮藏期间的生理变化[J]. 湖北农业科学, 2006, 45(3): 370-371.
- [2] 韩勇. 漂烫豆角护绿常温贮藏方法研究[D]. 长春: 吉林大学, 2004.
- [3] BEN-YEHOSHUA S, SHAPIRO-BORIS S, CHEN Z E, et al. Mode of action of plastic film in extending of lemon and bell pepper fruits by alleviation of water stress[J]. Plant Physiology, 1984, 73: 87-93.
- [4] AGUILERA J M, HAU M I, VILLABLANCA W. The effect of solar drying and heating on the hardness of *Phaseolus beans* during storage[J]. Journal of Stored Products Research, 1986, 22(4): 243-247.
- [5] 徐晶宇. 油豆角耐贮性和贮藏技术的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 1999.
- [6] PLANTINUS H. Effect of oxygen concentration on the respiration of some vegetables[J]. Plant Physiology, 1943, 18: 671-684.
- [7] 宗汝静, 黄碧玉, 芦永新, 等. 菜豆贮藏中影响锈斑和腐烂发生的因素及其控制[J]. 园艺学报, 1983, 10(1): 35-39.
- [8] SANCHEZ-MATA M C, CAMARA M, DIEZ-MARQUES C. Extending shelf-life and nutritive value of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.), by controlled atmosphere storage: micronutrients[J]. Food Chemistry, 2003, 80: 317-322.
- [9] 陈曦. 贮藏冷油豆角保鲜试验研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2010.

- [10] 徐飞. 油豆角贮藏生理特性及调控措施的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2004.
- [11] 连玉晶, 赵海田, 姚磊, 等. 壳聚糖及其衍生物对油豆角保鲜的研究[J]. 食品与发酵工业, 2005, 213(9): 107-109.
- [12] 郭丽, 程建军, 马莺, 等. 油豆角冰温贮藏研究[J]. 东北农业大学学报, 2004, 35(5): 568-572.
- [13] 关秀杰, 张雪, 繁志强. 不同储存条件对蔬菜中VC含量的影响[J]. 现代农业科技, 2009(12): 26; 29.
- [14] 高青海, 吴燕, 陆晓民, 等. 外源NO对菜豆荚采后保鲜效果的影响[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(3): 191-194.
- [15] 袁成志, 高美玲, 冯泉. 不同品种油豆角生物学特性和贮藏性的比较研究[J]. 北方园艺, 2010(14): 58-59.
- [16] 李成雁, 张婷, 郭牧, 等. 低温贮藏下五种油豆角的生理变化[J]. 作物杂志, 2011(1): 83-86.
- [17] 唐惠敏. 油豆角采后生理及贮藏技术的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2003.
- [18] 韩丁. 菜豆的贮藏措施[J]. 农村新技术, 2003(4): 41-42.
- [19] 王卉, 张秀玲. 不同清洗剂对鲜切油豆角品质和生理变化的影响[J]. 北方园艺, 2008(10): 189-191.
- [20] 张刚, 李里特, 丹阳, 等. 高压静电场对菜豆角冷害的影响[J]. 食品科技, 2005(11): 73-75.
- [21] 马俊莲, 张子德, 陈志周, 等. 热处理对菜豆冷害及生理生化的影响[J]. 河北农业大学学报, 2000, 23(1): 57-59.
- [22] 马俊莲, 张子德, 徐立强, 等. 菜豆冷害生理及其防治措施的研究[J]. 食品科学, 2001, 22(1): 75-77.
- [23] 张刚. 静电场对菜豆、青椒和茄子冷害的作用及生理生化影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [24] 孙利. 水稻育秧大棚复种油豆角及保鲜贮藏技术[J]. 现代化农业, 2001(3): 12-13.
- [25] 马永强, 石忠志. 1-MCP处理对油豆角贮藏期间衰老及品质的影响[J]. 现代食品科技, 2006, 22(4): 8-10.
- [26] 洪伯镗, 张春梅, 陈杪, 等. 二氧化氯在油豆角保鲜中的应用[J]. 食品科技, 2004(10): 82-84.
- [27] 杨鑫, 柳志强, 王静. 油豆角的涂膜保鲜研究[J]. 食品科学, 2003, 24(5): 147-151.
- [28] 杨鑫, 柳志强, 王静. 可食性膜对油豆角贮藏期间品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(8): 44-47.
- [29] 王莹, 岳胜. 油豆角真空保鲜贮藏技术的实验研究[J]. 节能技术, 2008, 26(5): 400-402; 407.
- [30] 翟爱华, 孙日明, 高双. 壳聚糖处理对菜豆保藏效果影响的研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2005, 17(1): 74-78.
- [31] 洪伯镗, 陈文亮, 张春梅. 油豆角真空冷冻干燥的研究[J]. 哈尔滨商业大学学报: 自然科学版, 2002, 18(6): 664-656.
- [32] 王专, 洪伯镗, 张敏. 低温及薄膜包装对油豆角贮藏效果的研究[J]. 哈尔滨商业大学学报: 自然科学版, 2004, 20(2): 220-222.
- [33] LURIE S, PESIS E. Effect of acetaldehyde and anaerobiosis as postharvest treatment on the quality of peaches and nectarines[J]. Postharvest Biology Technology, 1992, 1: 317-326.
- [34] GORNY J R, KADER A A. Low oxygen and elevated carbon dioxide atmospheres inhibit ethylene biosynthesis in preclimacteric and climacteric apple fruits[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1997, 122(4): 542-546.
- [35] 段玉权, 马秋娟. 油豆角贮藏保鲜实用技术[J]. 蔬菜, 2003(12): 27-28.
- [36] 孙美玲, 李国庆. 菜豆气调贮藏的研究[J]. 农业与技术, 2002, 22(6): 98-99.
- [37] GROESCHEL E C, NELSON A I, STEINBERG M P. Changes in color and other characteristics of green beans stored in controlled refrigerated atmospheres[J]. J Food Sci, 1966, 3: 488-496.
- [38] 刘传富. 菜豆的贮藏保鲜技术[J]. 农业科技通讯, 2001(5): 33.
- [39] 车千里. 油豆角气调贮藏保鲜方法. 中国, 03111242.0[P]. 2004-09-29.
- [40] 季阿敏. 影响气调贮藏油豆角因素的研究[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(3): 139-141.
- [41] 季阿敏, 王起霄. 减压保鲜油豆角实验研究[J]. 制冷学报, 2004(3): 60-62.
- [42] 缪颖, 田维娜, 郝长敏. 壳聚糖处理延缓采后菜豆荚纤维化的研究[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(1): 132-137.
- [43] 连玉晶. N,O-羧甲基壳聚糖涂膜保鲜剂在油豆角上的应用的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2003.
- [44] 洪伯镗, 郭春锋, 王红梅, 等. 涂膜与臭氧杀菌在油豆角保鲜中的应用研究[J]. 食品科技, 2004(11): 84-86.