

鲜毛豆保鲜与加工研究进展

全瑶, 赵立艳*, 汤静

(南京农业大学食品科学技术学院, 江苏南京 210000)

摘要:近年来,鲜毛豆因其较高的营养价值、富含膳食纤维以及独特的口感逐渐成为热门消费产品。但鲜毛豆水分含量较高,在贮藏和市场流通过程中容易发生褐变及腐烂,因此,应用贮藏保鲜技术延长鲜毛豆货架期,或者将鲜毛豆及时加工成产品,以提高其利用率是解决鲜毛豆市场供应问题的两大方式。本文对鲜毛豆在贮藏保鲜、加工技术、产品种类方面的研究现状进行了总结概括,着重介绍了鲜毛豆的气调贮藏保鲜、速冻贮藏保鲜、保鲜剂处理等保鲜加工技术,并针对鲜毛豆的油炸、干燥等多种加工工艺与各类毛豆产品进行列举,最后对鲜毛豆的发展前景进行了展望,并进一步拓展了贮藏保鲜新技术与新型毛豆产品的发展趋势,为鲜毛豆的贮藏技术及其产品的研究与开发提供一定的参考。

关键词:鲜毛豆,贮藏保鲜,加工技术,毛豆产品

Research Progress on Preservation and Processing of Fresh Soya Beans

TONG Yao, ZHAO Li-yan*, TANG Jing

(Food Science and Technology Institute of Nan Jing Agriculture University, Nanjing 210000, China)

Abstract: In recent years, fresh soya beans has become a popular consumer product gradually, because of its high nutritional value, dietary fiber, and unique flavor. However, high moisture content in fresh soya beans resulted in browning and rot during storage and market circulation. Therefore, the application of storage and preservation technology to extend the shelf life of fresh soya beans, or processed fresh soya beans into products can improve the utilization rate of fresh soya beans, that's two major ways of market supply problems. This article summarized the current research status of fresh soya beans in the storage and preservation, the processing technologies, and the product types. It introduced preservation techniques of fresh soya beans, such as controlled atmosphere storage, quick-freezing storage, and preservative treatment, and the frying, drying, fermentation and other processing technologies of fresh soya beans, as well as various products. At the end of the article, the development prospect of fresh soya beans was prospected, while the new storage technologies of and new products of fresh soya beans were further expanded. This provided references for the preservation techniques and the product development of fresh soya beans.

Key words: fresh soya beans; storage and preservation; processing technology; fresh soya beans products

中图分类号: TS261

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2018)21-0337-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2018.21.059

引文格式: 全瑶, 赵立艳, 汤静. 鲜毛豆保鲜与加工研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(21): 337-341.

毛豆属豆科,大豆属,栽培大豆种(*Glycinemax* (L.) Merr.),也称菜用大豆,富含蛋白质、脂肪、维生素A、B₁、B₂、C、E及矿物质等多种营养物质,同时还具有柔糯香甜的口感和特殊的豆香味^[1]。而且,鲜毛豆的膳食纤维含量高达4.0%,比芥菜、菠菜、苋菜、芹菜杆等高纤维蔬菜还要高,是蔬菜中的纤维冠军^[2]。毛豆中含有丰富的植物蛋白质、纤维矿物质、大豆异黄酮以及成熟大豆中没有的V_c^[3]。毛豆还具有预防肥胖、高血脂、高血压、糖尿病等疾病的作用,甚至可以用于辅助治疗这些病症^[4]。但是,鲜毛豆的成熟采收期通常在8~10月份,此时气温较高,新鲜的毛豆含水量大,代谢旺盛,极易失水萎蔫,因此在常温条件下贮存和流通过程中,容易出现老化变

黄,同时容易受到微生物的侵染而褐变、腐烂,从而降低了其食用品质和营养价值,造成了较大的采后损失,一定程度上制约了鲜毛豆产业的发展^[5]。目前市面上较常见的贮藏方式为气调贮藏和速冻贮藏,较为常见的产品也多为鲜食或罐头。因此,本文对鲜毛豆保鲜处理技术及多种产品进行总结概括,并对鲜毛豆行业的保鲜与加工新技术进行展望。

1 鲜毛豆的保鲜贮藏技术

1.1 气调贮藏保鲜

气调贮藏是在冷藏条件下,利用适当的包装材料及包装方法,使贮藏环境中二氧化碳浓度增加和使氧气浓度降低,以及根据需要调节其气体成分浓度,并维持气体的动态平衡,从而达到保鲜及保质的目的^[6]。

收稿日期: 2018-01-29

作者简介: 全瑶(1994-),女,硕士研究生,研究方向: 食品营养与化学, E-mail: 2017808145@njau.edu.cn。

* 通讯作者: 赵立艳(1977-),女,博士,教授,研究方向: 食品营养与化学, E-mail: zhlychen@njau.edu.cn。

基金项目: 江苏现代农业(特粮特经)产业技术体系贮藏加工创新团队(SXGC[2017]287)。

随着食品保藏技术的进步,气调贮藏已经被公认为是贮藏中最为理想的技术手段^[7]。徐磊^[8]通过研究发现,将鲜毛豆装入聚乙烯塑料薄膜袋中,加入一定量的消石灰和克霉灵后,贮存在8~10℃的恒温库中,将袋内O₂含量控制在2%~5%,而且CO₂含量低于2%时,可以有效延迟鲜毛豆的豆荚变黄,贮藏60 d且好荚率在90%左右。季旭东^[9]通过实验验证,当贮藏时控制O₂含量为4%~6%,CO₂含量为5%~7%,湿度保持在85%~90%之间时,鲜毛豆可保存2~3个月。荆红彭等^[10]对0、4、9℃冰温库中鲜毛豆的腐烂率和失重率进行比较,发现鲜毛豆使用0.025 mm的微孔薄膜袋保鲜贮藏,在0℃的冰温库中的贮存时间最长,且鲜毛豆微孔膜包装内O₂含量最低为17%,CO₂含量为1.15%~4.53%时,毛豆未出现明显失水和腐烂现象。伍新龄等^[11]使用不同的微孔保鲜膜和PE保鲜膜对鲜食大豆进行包装,发现0.03 mm PE膜在鲜毛豆贮藏运输过程中的保鲜效果最好,且O₂和CO₂体积分数平衡值分别为16%~17.5%和4.3%~5.8%时,能够更有效地减缓腐烂进程。苏新国等^[12]比较了采后鲜毛豆在1、6和12℃下衰老和品质主要指标的变化。发现在1℃时,鲜毛豆的呼吸强度和蒸腾失水量最小,而且能维持较低的膜透性、MDA含量和较高的叶绿素、V_c及还原糖含量,增加了贮藏寿命和延迟了豆荚衰老。戴云云^[13]以鲜毛豆为实验材料,用不同预冷时机和气调贮藏相结合的方法,研究了2 d常温货架期品质和生理生化的变化,以期找到更合适的处理时间。实验结果表明,毛豆在常温货架期间,与其他处理相比,立即预冷结合气调处理能够更好的保持毛豆的色泽,抑制叶绿素下降且使呼吸作用变弱,纤维素减小增加量。

气调贮藏是鲜毛豆保鲜使用最广泛的手段之一,随着气调保鲜贮藏技术的日趋成熟,对鲜毛豆的保鲜效果越来越好,贮藏时间越来越长,尤其以机械贮藏与气调贮藏相结合的方式效果最佳。但是气调库仍有占地面积大、成本高、对管理人员专业素质要求高等方面亟待改进。因此,将气调贮藏技术与更多技术相结合的方式保鲜贮藏仍是当下研究的热点。

1.2 速冻贮藏保鲜

鲜毛豆达到鲜食的标准采摘后,依然进行着轻微的呼吸作用和蒸腾作用,导致新鲜程度降低,影响了鲜毛豆的食用品质和风味,缩短了保质期。为了方便后续的加工和处理,采摘后需要速冻贮藏,以延长鲜毛豆的保存时间。鲜毛豆豆荚的速冻加工工艺流程为:鲜豆荚整理→分级→清洗→漂烫→冷却→沥干→速冻→包装→冷藏。

1.2.1 鲜毛豆的速冻预处理 在速冻加工过程中,合理的预处理有助于延长冻结保存时间和提高解冻后的品质。陈惠等^[14]研究了通豆5号鲜毛豆在速冻加工过程中合适的烫漂时间,利用过氧化氢气泡法和愈创木酚显色法2种方法测定酶活性,最后确定在94~96℃的水中,最适宜的烫漂时间为60 s。在烫漂时间为60 s时,鲜毛豆的过氧化物酶活性不足4%,且口感好,无生腥味。李育峰等^[15]的研究表明,

在速冻鲜毛豆加工时,使用的烫漂温度是95℃,时间是3 min,热烫后立即取出,用冷水或冷风冷却。许海峰等^[16]主张将鲜毛豆用0.5%~1.0%盐酸溶液或0.1%的高锰酸钾溶液浸泡几分钟再烫漂。烫漂温度为95~100℃,时间为1~2 min。许韩山等^[17]为了找出最佳漂烫方式,研讨了鲜毛豆不同的烫漂工艺,以过氧化物酶失活率,蛋白质、V_c、叶绿素含量的变化和感官评价等作为指标,来衡量微波处理、声热处理和热水漂烫三种烫漂处理方式。结果证明,使用声热处理方式效果最佳。在处理时间为1 min时,就能有效地钝化过氧化物酶,能降低鲜毛豆中蛋白质、抗坏血酸和叶绿素的含量变化,提高了速冻毛豆的感官品质。Yixiang Xu等^[18]的研究结果说明,鲜毛豆在100℃下烫漂2.5 min以上,其酶活性会降低98%。热烫和冷藏的时间对毛豆的颜色和硬度都有显著的影响。且研究发现,当漂烫时间增加至5 min时,叶绿素含量显著降低且在冷藏时毛豆的硬度下降。通过对烫漂后毛豆的菌群测定发现,酵母菌、霉菌和大肠菌群的数量显著减少,且在12 d的冷藏期间没有显著增加。孙金才等^[19]根据毛豆加工储藏过程中色泽不稳定的特点,重点研讨了毛豆预处理过程中的护色剂热烫工艺,并使用响应面优化得出最优条件。该研究中烫漂温度为100℃、时间为3 min,在此条件下,过氧化物酶失去活性,保证产品色泽的稳定性。护色剂浓度分别为醋酸锌0.06%和抗坏血酸0.14%。

1.2.2 速冻贮藏温度 低温不但可以抑制果蔬组织的呼吸作用,而且可以抑制微生物的生长繁殖,同时还能减少各种生理生化反应的速度,延缓衰老和抑制褐变。经过多年的研究,洪若豪^[20]的研究表明,鲜毛豆冷藏温度在-20~-25℃;而许海涛等^[16]认为在-18~-20℃;李育峰等^[14]认为冷藏库温低于-18℃,鲜毛豆便能安全贮藏12个月。米小红等^[21]的研究表明,在-18℃的温度下,鲜毛豆的保质期为6~8个月。徐磊^[7]的建议是先在-35℃下快速预冻,再放入-18℃的冷库中贮藏。因此,综合文献方法与节能目的来看,新鲜毛豆应先预冻,后放入-18℃的冷库中贮藏方法最为合适。

1.2.3 解冻处理 除速冻前的预处理和速冻贮藏温度外,解冻过程也是影响鲜毛豆品质的重要因素。刘春泉等^[22]研究了不同冻结与解冻处理后,对毛豆的组织结构、硬度和叶绿素等变化的影响。结果发现,不同冻结和解冻处理对毛豆仁汁液流失率、V_c、叶绿素、硬度和微观结构影响的程度不同,快速冻结结合25℃鼓风解冻工艺处理后的毛豆品质最好。对慢速冻结处理的毛豆仁来说,解冻方式对其营养成分、硬度组织结构的影响较小。

目前,速冻加工是鲜毛豆最为常见的贮藏方式,不仅具有能够较好的保存食品的风味、色泽和营养等优势,还有保存时间长,加工过程方便等优点,是调节毛豆季节供应的较好方式。

1.3 保鲜剂处理

保鲜剂处理可以通过降低果蔬表面的微生物数量和活性或者抑制乙烯的生成和作用,来达到延长

果蔬贮藏期的目的,对于市场销售而言,可以较好地延长鲜销期。王阳光^[23]研究了一种鲜毛豆的保鲜方法:先将毛豆浸入 0.5% 的苯甲酸钠溶液,再置于 0.5% 的水杨酸溶液,自然风干表面的溶液,用食用薄膜包装后放入冷库贮藏。结果表明,经过保鲜剂处理的毛豆,在 5℃ 以下的温度条件下,贮藏期可延长至 45 d。高佳等^[24]为延长鲜毛豆的货架期,研究了次氯酸钠溶液对鲜毛豆荚的清洗杀菌效果。通过实验表明,次氯酸钠溶液清洗处理能显著降低毛豆荚表面微生物的数量,延长贮藏时间。但是较高剂量的次氯酸钠会加速毛豆荚的腐烂,因此,需要控制次氯酸钠的有效氯浓度为 250 mg/L,结合气调贮藏,可以有效延长产品保质期。黄月琴等^[25]研究了 1-甲基环丙烯(1-MCP)、茉莉酸甲酯(Me-JA)和壳聚糖 3 种保鲜剂在低温条件下对鲜毛豆的保鲜效果,结果表明,1.5% 壳聚糖涂膜保鲜的豆荚保水性最好,失重率和腐烂率最低;1 μmol/L 1-MCP 处理的豆荚叶绿素损失量最小;10 μmol/L Me-JA 处理的大豆的 V_c 和蛋白质保留率最高。苏新国等^[26]的研究发现,采用茉莉酸甲酯(Me-JA)和 1-甲基环丙烯(1-MCP)处理,可以使鲜毛豆在贮藏期间蛋白质、 V_c 和必需氨基酸保持较高的含量,但对粗脂肪含量无明显影响。

通过各方面的研究,不同的保鲜清洗剂都有较好的杀菌效果,在抑制毛豆贮藏病害和腐烂变质方面有良好的效果,使用保鲜剂涂膜保鲜可以提高鲜毛豆贮藏后的品质,可以有效延长鲜毛豆冷藏贮存的时间。

1.4 其他贮藏技术

1.4.1 浸渍冷冻保鲜 直接浸渍冷冻技术是利用载冷剂或制冷剂直接浸渍需要冷冻的食品物料,达到冻结目的的一种方式,具有冻结速率快、冻结时间短、节能和质量好的优点,但同时也具有冷冻液易渗透、产品易发生龟裂的缺点^[27]。许韩山等^[28]使用超声波辅助浸渍冷冻鲜毛豆,发现超声波辅助后不仅可以使毛豆中的冰晶小,且在组织中分布更加均匀,还可以缩短冻结时间,并且提高了毛豆解冻后的硬度和持水力。

1.4.2 玻璃化保存 玻璃化低温贮存可以使贮藏过程中食品营养物质保留到最大程度,其中最重要的就是玻璃化转变温度的测定。由于食品含有水分,影响了食品的玻璃化转变,因此温度降低时先析出冰晶,使溶液达到最大冻结浓缩状态时,发生玻璃化转变。因此,玻璃化转变温度受不同因素影响,还需更加深入的研究,因此,目前这项技术还尚未成熟^[29]。苏鹏等^[30]以面团为样本进行实验,结果表明,贮存在玻璃态的面团质量明显优于在一般商用冰箱(-20℃)下的面团质量。刘宝林等^[31]以草莓为样品,进行了食品冻结玻璃化保存的实验研究。结果表明,贮藏于玻璃态(-75℃)的草莓质量明显优于贮藏在一般商用温度(-29、-18℃)下的草莓质量。在鲜毛豆的领域,唐明霞,袁春新等^[32]研究了真空渗糖工艺对冷冻菜用大豆部分玻璃化转变温度和硬度的影响,研究结果表明,麦芽糖和海藻糖都能提高冷

冻菜用大豆的部分玻璃化转变温度,与未真空渗糖进行对比,海藻糖真空渗糖组的毛豆玻璃化转变温度提高了 4.1℃,麦芽糖真空渗糖组提高了 2.7℃,同时麦芽糖和海藻糖真空渗透都提高了冷冻鲜毛豆的硬度。

超声波辅助冷冻和玻璃化保存食品是保存领域的新兴技术,可以提高鲜毛豆在贮藏过程中的稳定性及解冻后的品质,但也有成本高和对设备要求高的缺陷,还需要进一步的研究。

2 鲜毛豆的加工工艺及产品

2.1 真空油炸加工工艺

真空油炸技术是将油炸和脱水作用有机地结合在一起,使物料处于负压状态,在这种真空条件下进行食品加工,可以减少甚至避免氧化作用(如脂肪酸败、酶促褐变等)所带来的危害^[33]。范柳萍等^[34]的研究结果显示,热风干燥和冷冻干燥前处理,可以使油炸毛豆的脂肪质量分数显著下降,而且对毛豆产品的色泽并没有显著影响。实验确定的最优条件为热风干燥 120 min,油炸 15 min,毛豆的最终水分含量和脂肪含量分别为 2.07% 和 17.88%。干燥时间的加长会使产品内水分与脂肪质量分数减小,降低干燥速率。肖功年等^[35]的研究发现,烫漂时间的长短也是影响真空油炸工艺的因素之一,对真空油炸产品的含油率影响较大。烫漂超过 6 min 后,含油率下降不显著,因此 6 min 为最佳烫漂时间。

市面上鲜毛豆的产品多使用油炸工艺,真空油炸工艺不仅具有降低耗油量、缩短油炸时间、减缓油炸腐败等优点,还具有很好的保持原料的色泽和风味,同时改善食品风味的作用。真空油炸工艺有广阔的市场空间,对此工艺的研究热点多集中在降低能耗和与其他加工工艺相结合上。

2.2 干燥处理

干燥后的果蔬除了具有便于运输、耐贮藏的优点外,还具有一定的复水率,食用十分方便。合理的干燥工艺可以较大限度的保留新鲜果蔬的色、香、味、质。Qing-guo Hu 等^[36]使用热风干燥和真空微波干燥的工艺制备脱水毛豆仁,并对干燥条件进行了优化,达到提高干燥速度和提高产品质量的目的。毛豆在 70℃ 下热风干燥 20 min,然后在 95 kPa 的压力下,以功率密度 9.33 W/g 的微波干燥 15 min。与常规热风干燥相对照,优化的组合显著减少了干燥时间和真空微波干燥机的质量负荷。赵伟彦等^[37]利用平均值、熵、相对散度、标准差结合优化高光谱图像无损检测,对干燥过程中毛豆含水率和颜色进行无损检测,实验结果表明,融合模型颜色预测平方根误差降低了 4.3%,含水率预测平方根误差降低了 7.7%,均显著优于单一特征模型。Weiqiao Lv 等^[38]设计了一种微波真空干燥联合低场核磁共振的方法,测定毛豆在干燥过程中的水分变化,结果表明微波联合真空干燥的干燥效果更加优异。李大婧等^[39]使用热风干燥和热风联合压差膨化技术干燥毛豆仁,与热风干燥的毛豆仁相比较,热风联合压差膨化干燥的毛豆仁具有更好的风味和感官品质,其质构

特性也显著优于热风干燥。张康逸等^[40]使用真空冷冻干燥工艺研制了多谷物全粉制品,以预冻温度、物料厚度、干燥时间做为试验变量,从营养品质及物理特性两方面对谷物粉进行评价,最终确定最佳工艺参数为青麦仁、玉米、青毛豆为3:3:4,预冻温度 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$,物料厚度5 mm,冷冻时间35 h。张浩等^[41]的研究发现,相对于真空干燥和热风干燥处理,冷冻干燥处理的毛豆中硒蛋氨酸的保存率最高,但真空干燥和热风干燥工艺处理的毛豆,其硒蛋氨酸的保存率也可达80%以上。而喷雾干燥因与空气面积的接触较大,造成较大的有机硒损失,损失率可达到30%~40%。

相对于其他加工技术来说,传统的干燥工艺对干燥原料的营养、色、香、味都有较大的影响,因此对于干燥时间和温度需要有严格的限制。随着现代科学的发展,干燥工艺向高效、节能、提高营养保留的方向发展,使用联合干燥工艺是控制干燥品质和提高干燥效率的趋势。另外,一些新型干燥技术仍处在研发状态,尚无工业化应用。

2.3 鲜毛豆罐头

为解决毛豆仁制成的软罐头易丧失原有色泽及货架期不长等问题,任晨刚等^[42]研究了毛豆罐头加工过程中的护色工艺条件和杀菌工艺。通过正交试验得出最佳护色工艺条件,将原料先在 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的护色液中保温后静置,在 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下进行5 min~10 min~5 min分段式杀菌,这些工艺可让毛豆软罐头的保质期达到6个月。赵瑞莫^[43]在研制毛豆仁罐头时,将护色液浓度调为0.025%,调味液浓度调为4%, $121\text{ }^{\circ}\text{C}$ 杀菌15 min。黄芝丰等^[44]以新鲜的青毛豆为主要原料,使用多菌种制曲、低盐快速发酵新技术,研制成的青豆酱罐头产品颜色保持较好,味道层次丰富,同时保存了毛豆中的特定营养物质,具有特殊的毛豆风味。

2.4 鲜毛豆其他产品

毛豆的铁、钙、 V_c 和蛋白质的含量高于玉米、豌豆或豆角等蔬菜,而且纤维素含量是普通蔬菜的4倍。毛豆中的异黄酮含量相比其他许多非大豆制品要高出许多^[45]。在发达地区,毛豆是调整人类膳食结构的良好食品^[46]。李次力^[47]研制出一款有功能性的毛豆酸奶产品,是以优质的毛豆为主要原料,选用嗜热链球菌与保加利亚乳杆菌以1:1的比例混合,进行乳酸发酵。通过正交试验得出最佳发酵条件为:接种量4%、发酵温 $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、发酵时间4 h;加入稳定剂含量为:羧甲基纤维素钠0.10%、酪蛋白酸钠1.0%、海藻酸钠0.25%;最佳配方为:毛豆豆乳:还原乳=7:3,糖用量8%。该产品口感酸甜适中,有毛豆的特有的风味及乳酸发酵产生的特有香味。

3 鲜毛豆产业发展前景

综上所述,针对鲜毛豆采后极易发生腐败变质的品质劣变现象,目前常用的保鲜加工手段有气调贮藏、速冻贮藏和保鲜剂处理后贮藏等。但是,这些保藏方法依然存在占地面积大、成本高、解冻后品质下降等问题。在未来毛豆产业发展过程中,保鲜和

加工的主要发展方向集中在以下两个方面:第一是低成本、低能耗和高效率的新技术和新产品研发,例如使用真空预冷、超高压冷冻、减压保鲜等保鲜贮藏新技术,或使用综合贮藏技术降低成本、提高保鲜效果;第二是针对产业需求,利用全产业链式发展提质增效毛豆处理方式,巩固和扩大毛豆产业的种植、收储、加工和物流的能力和规模,实现生产与消费的真正连接。

参考文献

- [1] 白琼岩,杨恩庶,冯桂真,等.中国菜用大豆研究进展[J].中国农学通报,2006,22(8):377-379.
- [2] 冯翔.豆制品营养各有特长[N].农产品市场周刊,2016(20):57-57.
- [3] Karina C, Rodrigo S L, José M G M, et al. Canning of vegetable-type soybean in acidified brine: Effect of the addition of sucrose and pasteurisation time on color and other characteristics [J]. Industrial Crops and Products, 2013, 45: 472-476.
- [4] Yasuhiro Y, Tsuneya A, Toshinori A, et al. Changes in free amino acid and Kjeldahl N concentrations in seeds from vegetable-type and grain-type soybean cultivars during the cropping season [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1997, 45(5): 1720-1724.
- [5] 陈学珍,谢皓,李婷婷,等.我国菜用大豆研究进展与生产利用现状[J].北京农学院学报,2003,18(4):311-315.
- [6] 张燕,李瑞光,赖于民,等.气调贮藏对松茸保鲜品质的影响[J].食品科技,2015(9):337-343.
- [7] 张义珂,张钦发,汪雪雁,等.气调储藏对接种酵母菌鲜榨桔汁变质过程的影响[J].食品工业科技,2016,37(10):334-337.
- [8] 徐磊,黄春庭.豆类蔬菜的贮藏保鲜[J].中国农技推广,2005(7):37.
- [9] 季旭东.青毛豆保鲜技术规范及工艺流程[J].江苏农机化,2003,6(16):21.
- [10] 荆红彭,张旭,关文强,等.不同温度下微孔膜包装青毛豆的保鲜效果研究[J].食品工业科技,2015(3):335-339.
- [11] 伍新龄,荆红彭,张旭,等.不自发气调包装膜对鲜食大豆保鲜效果的比较[J].食品科学,2015,36(14):265-270.
- [12] 苏新国,郑永华,汪峰,等.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.
- [13] 戴云云.预冷结合气调对荷兰豆、鲜毛豆贮藏及货架期品质和生理的影响[D].南京:南京农业大学,2011.
- [14] 陈惠,陈满峰,徐莉,等.通豆5号鲜食大豆速冻加工适宜烫漂时间研究[J].金陵科技学院学报,2009,25(3):49-51.
- [15] 李育峰,王健,韩开拓,等.速冻毛豆生产及质量控制方法[J].保鲜与加工,2007,7(4):50-51.
- [16] 许海涛,李新建,王培红.鲜毛豆的速冻安全贮藏[J].农学学报,2004(6):27-28.
- [17] 许韩山,张慤,孙金才.速冻毛豆漂烫工艺[J].食品与生物技术学报,2009,28(1):38-42.
- [18] Yixiang Xu, Edward Sismour, Pao Steven, et al. Textural and microbiological qualities of vegetable soybean (edamame) affected by blanching and storage conditions [J]. Food Process Technology. 2012(3):6.

- [19] 孙金才, 于宁, 张慤. 毛豆热烫护色工艺的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2012, 31(11): 1154-1159.
- [20] 洪若豪. 出口鲜豆类速冻保鲜加工技术[J]. 食品科技, 1998, 2(12): 29-30.
- [21] 米小红, 樊智翔, 马海林, 等. 忻毛豆1号速冻加工工艺[J]. 保鲜与加工, 2004, 4(6): 18.
- [22] 刘春泉, 卓成龙, 李大婧, 等. 不同冻结与解冻方法对毛豆仁品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(1): 176-180.
- [23] 王阳光. 毛豆的冷藏保鲜方法[J]. 贮运保鲜, 2001(1): 20.
- [24] 高佳, 朱永清, 罗芳耀, 等. 次氯酸钠溶液对鲜毛豆荚清洗杀菌效果的研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(11): 97-99.
- [25] 黄月琴, 盛玮, 郭春风, 等. 1-MCP、Me-JA 及壳聚糖涂膜保鲜菜用大豆效果研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(29): 18233-18235.
- [26] 苏新国, 郑永华, 汪峰, 等. 1-MCP 和 MJ 对菜用大豆采后籽粒营养成分的影响[J]. 食品科学, 2003, 24(1): 142-146.
- [27] 林婉玲, 曾庆孝, 朱志伟. 直接浸渍冷冻在食品加工中的应用现状与前景[J]. 食品工业科技, 2008, 29(7): 256-260.
- [28] 许韩山, 张慤, 孙金才. 超声波对毛豆浸渍冷冻过程的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2009, 28(6): 748-752.
- [29] 廖吉香, 许凯, 吴倩. 浅谈玻璃化在食品低温保存领域的发展[J]. 农产品加工, 2016(2): 52-55.
- [30] 苏鹏, 王欣, 刘宝林, 等. 玻璃化技术在速冻面制品中的应用[J]. 食品工业, 2006(5): 8-11.
- [31] 刘宝林, 华泽钊, 许建俊, 等. 草蓂冻结玻璃化保存的实验研究[J]. 上海理工大学学报, 1999(2): 180-183.
- [32] 唐明霞, 袁春新, 陈惠, 等. 真空渗糖对冷冻菜用大豆部分玻璃化转变温度和硬度的影响[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(3): 685-687.
- [33] 张俊艳. 真空油炸技术在食品加工中的应用[J]. 食品研究与开发, 2013(10): 129-132.
- [34] 范柳萍, 张慤, 韩娟, 等. 不同处理工艺对真空油炸毛豆品质的影响[J]. 食品生物技术学报, 2005, 24(2): 31-37.
- [35] 肖功年, 杜卫华, 周乐群, 等. 不同烫漂时间对真空油炸毛豆仁品质的影响[J]. 食品工业科技, 2005(7): 147-149.
- [36] Qing-guo Hu, Min Zhang, Arun S Mujumdar, et al. Drying of edamames by hot air and vacuum microwave combination [J]. Journal of Food Engineering, 2006(77): 977-982.
- [37] 赵伟彦, 黄敏, 朱启兵. 基于多模型融合的干燥过程中毛豆含水率、颜色高光谱图像无损检测[J]. 食品工业科技, 2015(5): 267-271.
- [38] Weiqiao Lv, Min Zhang, Bhesh Bhandari, et al. Smart NMR method of measurement of moisture content of vegetables during microwave vacuum drying [J]. Food and Bioprocess Technology, 2017, 10(12): 2251-2260.
- [39] 李大婧, 卓成龙, 江宁, 等. 热风联合压差膨化干燥对苏99-8 毛豆风味和品质的影响[J]. 核农学报, 2010, 24(6): 1219-1225.
- [40] 张康逸, 何梦影, 杨帆, 等. 真空冷冻干燥条件对多谷物全粉品质影响的研究[J]. 现代食品科技, 2017, 33(7): 163-171.
- [41] 张浩, 莫海珍, 周全霞, 等. 气相色谱串联质谱法测定加工工艺对毛豆硒蛋氨酸含量的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(14): 216-220.
- [42] 任晨刚, 郭顺堂, 韩雅君, 等. 长期货架软包装即食配餐毛豆仁的加工技术研究[J]. 保鲜与加工, 2003, 4(1): 27-29.
- [43] 赵瑞英. 毛豆仁的加工技术[J]. 农家科技, 2008(9): 42-42.
- [44] 黄芝丰, 涂宗财, 杨子健. 青豆酱罐头的研制[J]. 食品科学, 1996, 17(5): 24-26.
- [45] LIU K S. Immature soybeans; direct use for food [J]. Inform, 1966, 7(11): 1217-1223.
- [46] S Responsables. Vegetable soybean; research needs for production and quality improvement [J]. Asian Vegetable Research and Development Center, 1991: 30-42.
- [47] 李次力. 毛豆酸奶加工工艺的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 797-800.

(上接第 336 页)

- antioxidant properties of chitosan film [J]. Food Hydrocolloids, 2017, 73: 90-100.
- [33] Rupei T, Yumin D, Lihong F. Dialdehyde starch-crosslinked chitosan films and their antimicrobial effects [J]. Polymer Science Part B: Polymer Physics, 2003, 41(9): 993-997.
- [34] Wasina Thakhiew, Sakamon Devahastin, Somchart Soponronnarit. Effects of drying methods and plasticizer concentration on some physical and mechanical properties of edible chitosan films [J]. Journal of Food Engineering, 2010, 99(2): 216.
- [35] 谭春园, 解保生, 丁仲鹏. 不同分子量壳聚糖膜的制备研究[J]. 昆明医学院学报, 2011(8): 9-12, 42.
- [36] 周妮妮, 于春玲, 金美花, 等. 壳聚糖膜的制备及其表面浸润性[J]. 大连工业大学学报, 2012(4): 262-264.
- [37] AB de A, AF B, LC Santana. Impact of edible chitosan-cassava starch coatings enriched with Lippia gr-acilis Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (Psidium guajava L.) during storage at room temperature [J]. Food Chem, 2015, 171: 108-116.
- [38] Youssef AM, Abouyousef H, Elsayed SM, et al. Mechanical and antibacterial properties of novel high performance chitosan/nanocomposite films [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2015, 76: 25-32.
- [39] 董峰. 基于果蔬包装的纳米纤维素/壳聚糖复合膜的制备、性能及应用[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2015.
- [40] 金芝苹, 王爽, 闫旭, 等. 可食性壳聚糖涂膜在食品保鲜中的应用[J]. 吉林医药学院学报, 2018, 39(1): 42-44.
- [41] 郭玉霞. 多糖壳聚糖保鲜作用的研究与应用[J]. 现代食品, 2016(11): 12-13.
- [42] 吴春华. 壳聚糖衍生物分子修饰机理及其在银鲑鱼保鲜中的应用研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2017.
- [43] 袁蒙蒙, 高丽朴, 王清, 等. 壳聚糖涂膜对西葫芦保鲜效果的研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(6): 101-104.
- [44] 王秀娟, 张坤生, 任云霞. 添加剂对壳聚糖涂膜保鲜虾的效果研究[J]. 食品科技, 2008(7): 239-242.
- [45] Satnam S, Ron B, Sibel R. Chitosan inhibits growth of spoilage micro-organisms in chilled pork products [J]. Food Microbiology, 2002, 19(2): 175-182.