

包装和保鲜剂改善袋装榨菜保鲜效果的研究进展

陈山乔, 陈惠云, 孙志栋, 史婷婷

(宁波市农业科学研究院, 宁波 315040)

摘要: **目的** 针对方便食用的袋装榨菜相比于坛装榨菜面临着更多的保鲜困境, 这里对有潜力改善其贮藏性能的包装和保鲜技术进行总结。 **方法** 就榨菜在贮藏中存在的色变、脆性丧失、腐烂、胀袋、营养物质流失等问题和改善袋装榨菜耐贮藏性的有效手段进行探讨, 综述包装技术和保鲜剂在袋装榨菜中的应用。 **结果** 使用巴氏杀菌结合真空或气调包装能够有效抑制微生物生长, 选择合理的包装材料能够控制榨菜的外观变化; 这些包装技术和工艺各有特点; 多种保鲜剂在袋装榨菜中具有抑菌、改善质构、抑制色变等功效, 其中包括工业界广泛接受的苯甲酸钠, 前景广阔但鲜有成功案例的天然保鲜剂等。此外, 还指出了新型保鲜剂缺乏推广等现状, 以及对保鲜技术的发展进行了展望。 **结论** 通过改进包装技术和添加保鲜剂来改善袋装榨菜的耐贮藏性, 在工业生产中得到了广泛应用, 但这些技术需要进一步的研究和改进。

关键词: 榨菜; 食品保鲜剂; 食品贮藏; 包装; 巴氏杀菌

中图分类号: TS255 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)15-0035-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.15.006

Study Advances on Preservation Effect of Packaging and Preservatives on Pickled Mustard Tuber

CHEN Shan-qiao, CHEN Hui-yun, SUN Zhi-dong, SHI Ting-ting
(Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Ningbo 315040, China)

ABSTRACT: The work aims to summarize the promising package and preservation technologies that enhance the preservability regarding the extra obstacles of preservation of pickled mustard tuber in ready-to-eat package compared to that packaged in jar. The color change, crispness loss, rotting, bag ballooning, nutrient loss and other problems as well as the effective means used to improve the storability of pickled mustard tuber in package were discussed. The packaging technology and preservative applied in bagged pickled mustard tuber were summarized. Pasteurization integrated with vacuum or modified atmosphere packaging technologies could be used to effectively inhibit the microorganism proliferation. Reasonable packaging materials could be selected to control the appearance change of pickled mustard tuber. These packaging technologies and processes had their respective features. A variety of preservatives in the bagged pickled mustard tuber had functions of anti-microorganism, texture improvement, color shift controlling and so on, including sodium benzoate which was widely received by the industry and promising natural preservative rarely successfully applied. Moreover, the current situations, such as the lack of promotion of new preservative, were pointed out. Additionally, the outlook of preservation technologies was also reviewed. The storability of the bagged pickled mustard tuber is improved by advancing the packaging technology and adding preservative, which is widely applied in the industrial production. However, further investigation and optimization of these technologies should be achieved in the future.

KEY WORDS: pickled mustard tuber; food preservatives; food storage; packaging; pasteurization

收稿日期: 2018-03-17

基金项目: 国家科技支撑计划 (2015BAD16B03); 国家农业科技成果转化重点项目 (2014GBC220152); 宁波市农科院院长基金 (2018NKYP002)

作者简介: 陈山乔 (1987—), 男, 博士, 工程师, 主要研究方向为食品加工与贮藏。

通信作者: 孙志栋 (1962—), 男, 教授级高级工程师, 主要研究方向为食品与生物工程。

榨菜是一类以茎用芥菜中茎瘤芥 (*Brassica juncea* var. *tumida*) 的膨大茎为加工原料制作而成的中国独有的发酵型酱腌菜。榨菜以其鲜香的风味、脆嫩的质感、多样的食用和烹调方式而深受消费者的喜爱,与法国酸黄瓜、德国甜酸甘蓝齐名,并称为世界三大名腌菜^[1]。榨菜的风味与质感来自其独特的制作过程,其中涉及到芥菜茎预处理、清洗、脱水、腌制、压榨、二次腌制、后熟等步骤^[2-4]。榨菜除了会带来独特鲜香味的呈味物质外,其提取物还拥有抗氧化^[5]、辅助运动训练^[6]等功能活性。由于社会的发展和食品供应链的逐渐完善,消费者对便于携带和方便食用的袋装即食榨菜有着越来越强烈的需求。目前袋装榨菜的生产工艺已经得到了全面的研究,然而其贮藏保鲜方面尚未受到足够的关注。

作为传统的易贮藏酱腌菜,虽然榨菜在袋装条件下比传统的坛装受到更多如光照、温度波动、机械冲击等不利于贮藏的因素,但是消费者对其耐贮藏性的要求并不会降低。此外,随着低盐健康概念的推广^[7],低盐榨菜的市场需求逐渐强烈,然而榨菜盐度的降低也为致腐微生物提供了更适合的环境而不利贮藏。再者,消费者对榨菜的品质有着多方面的要求,不仅限于卫生和风味,还包括了质构和色泽,对袋装榨菜的保鲜带来了更高的难度。由于榨菜属于酱腌菜,亚硝酸盐等对食品安全带来负面影响的成分会使贮藏中存在额外的安全风险,所以榨菜的贮藏保鲜需要得到额外关注。综上所述,保鲜贮藏对袋装榨菜产品至关重要。基于此,文中将分别对袋装榨菜的包装材料、包装方式、杀菌流程以及保鲜剂添加对其耐贮藏性影响的研究进行综述,归纳不透明材料包装、包装内气体环境调节以及保鲜剂的使用对改善袋装榨菜耐贮藏性的影响。

1 袋装榨菜在贮藏中可能发生的品质下降

1.1 亚硝酸盐升高

食源性亚硝酸盐被认为是患癌的风险因素^[8],因此榨菜的生产加工过程中,对亚硝酸盐的含量有着严格的控制。袋装榨菜在贮藏过程中可能会发生亚硝酸盐水平的升高,如张静等^[9]在不同贮藏条件的袋装榨菜中均观测到了亚硝酸盐的升高,且张莉会等^[10]也发现了类似现象。拥有产生亚硝酸盐能力的微生物得到增殖被认为是发生这种现象的主要原因^[11],此外,低酸度也可能是亚硝酸盐升高的因素之一^[12]。

1.2 颜色变化

色泽是榨菜,尤其是透明袋装榨菜感官品质的重要组成部分,然而若贮藏不当,榨菜会产生色变而不被消费者接受。如赵兴娥等^[13]观察到贮藏中榨菜的褐

变程度随时间加剧,张静等^[9]使用色差计评价贮藏中榨菜的色泽时发现榨菜的色变。贮藏过程中榨菜的色变机理和影响因素复杂而多样,其中涉及到美拉德反应^[14]、叶绿素降解^[14]、4-甲基基-3-叔丁基异硫氰酸酯生成了黄色色素^[15]等化学变化。

1.3 榨菜的腐烂变质

虽然目前常用的包装榨菜生产工艺都会引入杀菌步骤,但是受限于杀菌手段对品质的影响^[10,16],以及能够产生芽孢的致腐菌和耐热的致腐菌的存在^[17],微生物致腐在榨菜的贮藏中仍然是一项艰巨的挑战。有研究发现,相比于传统的坛装榨菜,袋装榨菜的酵母菌含量更高^[18],而蒋高强等^[19]对榨菜的致腐菌进行了分离和鉴定,发现坚强芽孢杆菌(*Bacillus firmus*)和蜡状芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)是榨菜的主要致腐因素,芽孢杆菌被认为会造成榨菜的软化和酸败^[20]。李学贵等^[21]认为根霉、青霉等霉菌能造成榨菜腐败并产生负面气味。

1.4 质构变化

榨菜带有脆性的质构是其独特品质的重要组成部分,而贮藏期间,榨菜的脆度会因为各种原因有所降低。例如赵兴娥等^[13]在研究中发现袋装榨菜随着贮藏时间的增加,会产生脆度的损失。钟正等^[22]也对贮藏袋装榨菜的脆度损失进行了研究,并使用保鲜剂来延缓这一现象的发生。榨菜脆性降低的直接原因是榨菜细胞壁中果胶物质的崩解,造成榨菜总果胶下降和可溶性果胶比例升高^[23-24]。盐分的降低^[25]和枯草杆菌对果胶物质的分解^[21]被认为能够加快脆性损失的过程。

1.5 袋装榨菜的胀袋

胀袋是袋装榨菜面临的问题,胀袋会使商品品质下降,从而丧失商品性。从袋装榨菜面市以来,胀袋现象始终伴随左右^[26]。袋装榨菜发生胀袋的原因,被认为主要是由于袋内产气微生物的生命活动。任锦玉等^[27]对袋装榨菜胀袋原因进行了初探,认为发酵完成后的加工过程导致的二次污染和袋装的密封环境是导致微生物大量增殖并产气的主要原因。沈国华等^[28-29]对发生胀袋和微生物的关系进行了研究,发现除了微生物本身外,榨菜的水分和酸度与胀袋发生呈负相关性^[29],并且通过保鲜剂^[30]和高强度杀菌^[28]可有效控制胀袋发生。

1.6 营养和风味劣变

榨菜和其他食品一样,在贮藏过程中,难以避免地要面对风味和营养劣变的问题。例如李阿敏等^[31]观测到了袋装榨菜在贮藏期内会发生总酸下降。也有研究指出,总酸含量的维持有时是因为榨菜酸败所

致, 因此抑制总酸下降并不意味着品质的保持^[13]。蛋白质作为榨菜的主要营养指标, 在贮藏过程中会发生分解^[14, 19], 但这也造成了榨菜中主要呈鲜味物质的增加^[32], 然而很多研究发现^[9, 31, 33], 在长时间贮藏下, 被用以表征鲜味物质的氨态氮指标会在升高后发生回落, 而这种现象被认为与美拉德反应对氨态氮的消耗有关。作为榨菜甜味指标的还原糖在贮藏过程中, 也存在着含量逐渐下降的现象。如蒋高强等^[19]观测到不同盐度的榨菜, 在贮藏中都会发生还原糖损失, 而赵兴娥等^[34]发现袋装榨菜贮藏中的还原糖变化方式与包装材料有关。还原糖发生损失被认为与微生物代谢活动^[19]和美拉德反应^[34]有关。此外, 还有一些其他营养或风味物质, 如维生素 C^[34]、酚类物质^[14]等也存在变化。

1.7 包装中污染物溶出

除了袋装榨菜的内容物中产生的品质下降外, 包装袋中的污染物质溶出也是一种在袋装榨菜贮藏过程中需要面临、但关注较少的问题。鲍晓瑾等^[35]在对袋装榨菜贮藏的研究中发现, 在长期贮藏下, 袋体印刷材料中的二甲苯溶出并污染了榨菜。

2 包装技术对袋装榨菜耐贮藏性质的改善

2.1 袋装榨菜的灭菌和包装方式

袋装榨菜区别于传统坛装榨菜, 在于存在袋内环境和加工过程中的二次污染风险, 在贮藏流通环节, 其保鲜面临着更加艰巨的挑战, 因此, 自 20 世纪 90 年代初期开始, 全面推广了巴氏杀菌法在袋装榨菜中的应用^[36]。

在工业化生产上, 杀菌和封袋过程往往密不可分, 依具体生产线工艺不同, 杀菌步骤可在封装前执行, 也可在封装后带包装进行。目前封装后进行杀菌的工艺在行业内占据绝对主流, 例如低盐榨菜^[37]、榨菜丝^[4]、浙式榨菜^[35]以及涪陵榨菜^[38]等产品的工艺开发研究均选择了封装后灭菌技术。杀菌后进行封装的工艺研究也有报道, 例如刘子龙等^[39]报道了一种在榨菜切丝完成后进行高温巴氏杀菌再进行装袋的工艺流程, 以及唐地元^[40]报道的在杀菌后再对包装袋封口的工艺。此外, 也有少量的工艺研究报道了不进行杀菌而使榨菜在袋中继续进行发酵和后熟的工艺^[25, 41]。封装后杀菌的工艺能够占据主流的原因可能是因为杀菌后, 榨菜不再与外界环境接触, 得以最大程度减小二次污染的风险。此外, 包装的阻隔使得热杀菌装置的介质选择和抗污染设计需更加灵活。封装后进行杀菌的工艺也存在着一些缺点, 例如杀菌过程中造成的袋内气体膨胀、水分汽化和温度变化所致的包装材料强度降低, 可能会导致破袋^[30]; 包装在经过水热灭

菌或蒸汽灭菌后, 往往会在表面形成水珠, 不利于二次包装^[4]; 由于包装袋阻隔了传热介质的流动, 因此可能会导致袋内榨菜的受热不均匀等。

杀菌方式上, 得益于其他食品加工中广泛使用和成熟的流水线设备, 热力杀菌占据了主流。常用的热力杀菌传热介质在袋装榨菜杀菌中的应用都有报道, 如水浴法^[42]、湿热空气法^[43]等。虽然热力杀菌在效果和成本上有很好的平衡, 但由于高温对榨菜的品质有着潜在的负面影响, 所以有很多替代的杀菌方法被尝试应用于袋装榨菜之中, 例如微波杀菌^[44—45]、辐照杀菌^[10, 28]、臭氧杀菌^[46]、超高压杀菌^[47]等。这些技术由于设备成熟度低、运行成本高^[25], 对榨菜品质会产生破坏^[10], 使其在工业界的使用并不广泛。

2.2 袋装榨菜的包装材料

袋装榨菜的包装袋材料以高分子材料基质为主, 包括聚乙烯 (PE)^[4]、聚丙烯 (PP)^[48]、氯化聚乙烯 (CPE)^[34]、聚酰胺 (PA)^[13]、聚对苯二甲酸 (PET)^[33]等塑料材质及其复合材料^[49]。在贮藏保鲜研究中, 通常将袋装榨菜的包装材料分为透明和不透明材料两大类。透明包装因能为消费者提供更多直观的商品外观信息, 促进其购买意向, 所以透明包装在近年来成为了业界的趋势。对于袋装榨菜, 透明和不透明包装在其贮藏性能上存在着一定的差别, 目前已有文献报道了对榨菜在透明和不透明包装下贮藏的研究。例如马丽萍等^[49]在对袋装榨菜的保鲜研究中发现, 不透明包装比透明包装有着更佳的耐贮藏性。李阿敏等^[31]在研究中也发现不同内部环境的袋装榨菜, 透明包装的色变速度、褐变速度、软化率、亚硝酸盐含量上升速度以及微生物增长速度均大于不透明包装。赵兴娥等^[13]还发现, 透明包装会加速榨菜的风味变化。研究结果普遍表明, 透明包装相对于不透明包装对榨菜的保鲜存在不利影响。谭雁文等^[14]对这一现象的机理进行了研究, 认为透明包装主要的劣势是其透光性, 光线加速了导致榨菜品质劣变的化学反应, 特别是美拉德反应的中间产物——5-羟基甲基糖醛的快速积累。此外, 由于透明包装的隔氧能力劣于常规的覆金属箔不透明包装, 使得袋内氧化加速, 李阿敏等^[31]也提到了阻隔性较弱是透明包装保鲜性能降低的原因之一。虽然透明包装有更高的市场需求, 然而其保鲜效果不足, 因此研究者们尝试使用其他方法对透明包装的保鲜效果进行加强, 如丁涌波等^[33]设计了保鲜剂配方, 使得透明和不透明包装的袋装榨菜在常温贮藏 10 个月内品质相当。

2.3 袋装榨菜的包装内环境

除了包装袋本身外, 包装内的气体环境对袋装榨菜的耐贮藏性也至关重要。得益于包装设备的发展,

在封装时对袋装榨菜的袋内气体环境进行操作的技术已经得到普及。对于袋内不利于贮藏气体环境的处理方式,可以将其整体移除或用其他气体环境将其替换,即真空包装和气调包装。目前的生产工艺研究中,真空包装占据了主流地位。例如谢琪^[42]等通过真空包装配合保鲜剂的使用,将袋装榨菜的贮藏期延长至6个月。沈国华等^[50]也在研究中将真空包装技术应用于袋装榨菜的保鲜。目前,袋装榨菜气调包装的研究主要集中在其保鲜性能和真空包装的比较上。一些研究显示,气调包装相比真空包装有更佳保鲜效果。苏履端^[25]等开发了一种用于袋装榨菜的气调包装技术,并进行了成果鉴定,报告表明贮藏3个月后,相比真空包装,榨菜的色泽更加鲜亮,形态松散如鲜。李阿敏等^[31]也通过研究发现,充氮气调包装的榨菜在贮藏后,其硬度、总酸含量、感官评价均高于真空包装,褐变指数和菌落总数低于真空包装。汪黎等^[32]的研究发现,在实验设定的所有温度下,真空包装的货架寿命均高于充氮包装。文献报道的研究结果中,虽然对真空包装和气调包装在保鲜上的优劣还有争议,但在总体上,气调包装能够带来更好的耐贮藏性。主要的原因是对于去除导致食品氧化和致腐微生物繁殖的氧气过程中,真空包装无法完全抽除氧气,而气调包装使用其他气体置换氧气的方法,对氧气的去除能力更高。另外,真空度不适合的真空包装由于包装袋在大气压下对榨菜的机械挤压,会对榨菜造成质构破坏,降低其品质^[42]。气调包装目前在工业界并不普及,可能是因为这种包装方式带来的成本上升,及其在物流贮运中降低了空间利用率所致。

3 保鲜剂对袋装榨菜耐贮藏性质的改善

由于袋装榨菜对风味品质的要求而只能使用较保守的巴氏杀菌技术,因此即使在杀菌密封后,榨菜也有着进一步的腐烂风险。相对于传统坛装榨菜,袋装榨菜面临着胀袋的特有问题,对微生物增殖的控制有着额外要求。此外,氧化、酶以及化合物自身分解所带来的品质下降也无法通过灭菌避免。由此,在袋装榨菜中合理添加保鲜剂不失为一种高效的保鲜手段。

3.1 无机化合物保鲜剂

食盐在加工食品中的保鲜效果已得到广泛报道^[51-52]。食盐主要通过降低食品中的水分活度和提高渗透压,从而抑制致腐菌的生长。食盐作为榨菜的固有成分,为榨菜提供了一定的耐贮藏性。在袋装榨菜中,针对盐度提高来增加耐贮藏性的研究多有报道^[37,53]。然而,过高的盐度对人体健康带来了负面影响^[7],从风味上考虑,榨菜也无法接受过高的盐度。由此,在榨菜低盐化的趋势下,掌握袋装榨菜盐度和

耐贮藏性之间的平衡至关重要。

二价阳离子,主要是钙离子,在果蔬保鲜上有着广泛的应用,其主要作用机理是通过抑制多聚半乳糖醛酸酶等植物组织软化相关的酶来延缓软化过程^[54],及其能够与果胶中半乳糖醛酸链未酯化区域的羧基结合并使其交联,形成果胶酸钙,致使细胞壁的胞间层强度增加,从而增强细胞间粘附能力^[55],增加植物组织的机械强度。沈国华等^[56]采用钙离子为主要成分的复合增脆剂,对袋装榨菜进行处理,配合改进的高阻隔新包装材料,将袋装榨菜的货架期延长至6个月以上;钟正等^[22]将氯化钙加入透明包装袋装榨菜中,经过测试,在60 d的贮藏时间内,相对不透明包装,榨菜脆度损失更快,而氯化钙能够缓解榨菜的脆度下降;丁涌波等^[33]使用氯化钙对袋装榨菜进行保脆,并对添加量进行了优化。虽然钙离子能够大幅改善榨菜在贮藏中的质构品质下降现象,然而相关文献也指出,过量添加的钙离子会给榨菜带来苦味的负面感官特性^[56],并且有导致色变的风险^[22]。

此外,作为常用的泛用性含氯消毒剂,二氧化氯也被应用于控制有害微生物来提高袋装榨菜的保鲜效果^[17],也有研究将焦亚硫酸钠添加于袋装榨菜中作为保鲜剂^[33]。这些化合物的使用受到了很大的限制,不仅是因为其可能带来负面的气味,更是由于这类化合物存在着潜在的安全性风险,所以被法规所严格限制。

3.2 有机化合物保鲜剂

苯甲酸钠是一类得到普遍使用的食品防腐剂,其主要的抗菌机理是通过抑制参与微生物无氧呼吸的磷酸果糖激酶活性,来对有害微生物进行控制^[57]。袋装榨菜中,苯甲酸钠无论在工业生产还是研究中,都有普遍的应用。鲍晓瑾等^[35]在研究中使用含量为0.2~0.3 g/kg的苯甲酸钠将袋装榨菜的货架期延长至12个月以上;谢琪等^[42]则通过苯甲酸钠的添加,将袋装榨菜的保质期延长至6个月,通过对比发现,在相同剂量的苯甲酸钠下,真空包装能够更有效地保持感官品质;蒋家新等^[58]根据栅栏技术的原则,将山梨酸钾配合其他贮藏措施在袋装榨菜中对3种造成胀袋的微生物进行了控制。虽然苯甲酸钠有着广泛的应用基础和优异的抑菌防腐性能,然而其对人体健康的潜在负面影响^[59],使其安全性受到争议。另一种安全性更高的真菌代谢酶活性抑制化合物——山梨酸钾,作为保鲜剂在袋装榨菜的保鲜中受到了关注,如蒋家新^[58]等发现在袋装榨菜有害微生物的控制方面,质量分数均为0.05%时,山梨酸钾比苯甲酸钠有更优越的表现。可能因为推广不足和成本问题,山梨酸钾在袋装榨菜中的应用,特别是工业生产中的应用还不广泛。

乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na)是一种螯合剂,能够对食品中的金属离子进行螯合,从而控制需要金属离子催化的自氧化反应,作为抗氧化保鲜剂使用^[60]。有文献报道,EDTA-2Na能够改善袋装榨菜的耐贮藏性。钟正等^[22]的研究发现,相对于不透明袋装榨菜,EDTA-2Na能够在贮藏中对透明袋装榨菜的褐变现象起到抑制作用,但会造成榨菜变红;丁涌波等^[33]在袋装榨菜中应用EDTA-2Na后,除了观察到榨菜变红外,还发现榨菜表面出现变黏的现象,因此,EDTA-2Na虽然能够抗氧化和褐变,但其单独使用的受限较大,研究中也将其与其他保鲜剂配合使用^[22, 33]。为了弥补EDTA-2Na在护色方面的不足,在研究中经常协同使用另一种抗氧化化合物——异抗坏血酸钠。丁涌波等^[33]发现,相对于不透明袋装榨菜,异抗坏血酸钠能够抑制透明袋装榨菜在贮藏中的变红现象,与EDTA-2Na形成互补。钟正等^[22]则发现异抗坏血酸在护色和控制褐变方面都有良好的效果。除此以外,另一种食品中常用的护色剂和抗氧化剂,即柠檬酸也在袋装榨菜中有所应用。马丽萍等^[49]对袋装榨菜添加剂的配方进行优化后发现,质量分数为0.02%的柠檬酸能够保存榨菜色泽,并发挥酸化剂的作用,将榨菜的pH值降低到更利于保鲜的水平。陈健初等^[48]发现,随着柠檬酸添加量的增大,灭菌后袋装榨菜的微生物残留量大幅降低。王海棠等^[61]也将柠檬酸引入榨菜的配方中。柠檬酸在榨菜中有很好的应用效果,但过高的添加量可能会带来负面风味,因此即使其安全性极高但依然要对其添加量有所限制。

3.3 生物和天然保鲜剂

随着消费者对食品安全关注的提高,以及他们对天然产品的喜爱,研究者对天然提取物和生物型保鲜手段在袋装榨菜中的应用进行了很多尝试。大蒜因其富含具有抑菌和抗氧化活性的大蒜素^[62],故在食品保鲜中作为天然保鲜剂有很广阔的应用前景^[63]。何志刚等^[64]在榨菜的制作工艺中使用大蒜汁替代苯甲酸钠,并发现蒜汁能够改善榨菜的脆性;沈国华等^[30, 50]则对大蒜用于袋装榨菜胀袋控制进行了2次研究,分别发现了大蒜对榨菜中微生物生长的抑制和促进,由于保鲜效果存在较大不确定性,因此沈国华等认为大蒜在榨菜中的应用受到了限制。此外,也有研究者通过在榨菜中添加白酒,借助乙醇进行保鲜^[42],结果显示在30 d内,其保鲜效果优异,但超过30 d后榨菜变质严重。

乳酸链球菌素(Nisin)作为一种有抗菌活性的微生物发酵产物,被尝试应用在很多食品的贮藏保鲜中。潘利华^[20]对Nisin在袋装榨菜中的应用进行了研究,并发现其与山梨酸钾存在协同增效作用,共同改善了榨菜的贮藏性能。

4 结语

袋装榨菜自面市以来,贮藏保鲜的挑战一直伴随其左右,研究者们从杀菌方式、包装材料、包装工艺和保鲜剂等方面进行了多种尝试,以改善保鲜效果,有不少技术已经在工业界得到了普及,而有些技术还需要进一步完善。利用热力或辐照来灭菌的方式,对产亚硝酸盐的微生物进行控制,减少了贮藏中亚硝酸盐的升高;对于榨菜色变,很多研究通过选用高阻隔性包装材料和护色保鲜剂进行有效缓解;杀菌工序、抗菌保鲜剂添加、真空包装等多种手段的单独或联合使用能够有效抑制微生物导致的榨菜腐烂,以及微生物产气造成的胀袋;添加保鲜剂和优化包装材料,能够对袋装榨菜的质构、风味和营养劣变进行控制。然而,袋装榨菜的保鲜难题并没有得到彻底的解决,目前的研究还存在诸多不足。很多更加安全的新型保鲜剂,如月桂酰精氨酸乙酯、 ϵ -聚赖氨酸等在榨菜中的应用并无相关报道。此外,随着自动化包装流水线的发展,许多新的机械技术被应用于袋装榨菜,而这些新的包装技术引入流水线后,导致的耐贮藏品质变化却没有相关研究的报道。除了保鲜技术研究的广度外,研究的深度也普遍存在着不足,目前的袋装榨菜贮藏保鲜研究中,尚无涉及保鲜机理和分子机制的报道。

随着各种保鲜技术的发展和袋装榨菜研究的深入,越来越多的新技术将逐渐进入研究者的视野。除了新型的保鲜剂种类外,保鲜剂的使用方法、使用剂型等对应用效果的影响也需要被研究。上述的生物和天然保鲜剂目前应用在袋装榨菜中的成功案例不多,但是随着技术的完善和更多的应用尝试,这类保鲜技术的前景将越来越广阔。除了包装技术和保鲜剂以外,对榨菜产品配方进行优化也是行之有效的保鲜手段。袋装榨菜的保鲜技术发展的目标,除减缓榨菜品质的下降外,还可以尝试对榨菜的品质进行改善。

参考文献:

- [1] 赵红丽,夏洁如,李一男,等.榨菜产业发展现状及前景[J].中国酿造,2008(10):11—14.
ZHAO Hong-li, XIA Jie-ru, LI Yi-nan, et al. Present Situation and Development Trend of Preserved Szechuan Pickle[J]. China Brewing, 2008(10): 11—14.
- [2] 贺云川,周斌全,刘德君.涪陵榨菜传统工艺概述[J].食品与发酵科技,2013,49(4):57—60.
HE Yun-chuan, ZHOU Bin-quan, LIU De-jun. The Overview of Traditional Fuling Zhacai's Processes[J]. Sichuan Food and Fermentation, 2013, 49(4): 57—60.
- [3] WENG P F, WU Z F, SHEN X Q, et al. A New Cleaner Production Technique of Pickle Mustard Tuber at Low

- Salinity by Lactic Acid Bacteria[J]. Journal of Food Process Engineering, 2011, 34(4): 1144—1155.
- [4] 查志宏. 软包装榨菜丝的生产技术[J]. 食品工业科技, 1992(1): 53—55.
- ZHA Zhi-hong. Production Technology of Soft-packed Pickled Mustard[J]. Science and Technology of Food Industry, 1992(1): 53—55.
- [5] LI Chang, TANG Zhong-feng, HUANG Meng, et al. Antioxidant Efficacy of Extracts Produced from Pickled and Dried Mustard in Rapeseed and Peanut Oils[J]. Journal of Food Science, 2012, 77(4): 394—400.
- [6] MILLER K C. Electrolyte and Plasma Responses after Pickle Juice, Mustard, and Deionized Water Ingestion in Dehydrated Humans[J]. Journal of Athletic Training, 2014, 49(3): 360—367.
- [7] 廖启彬, 黄悦, 廖宇煌, 等. 广州市预包装食品钠含量现状及消费者低盐饮食认知调查[J]. 现代预防医学, 2015(21): 3886—3888.
- LIAO Qi-bin, HUANG Yue, LIAO Yu-huang, et al. Investigation on Current Status of Sodium Content of Prepackaged Foods and Low-salt Diet Cognitive of Consumers, Guangzhou[J]. Modern Preventive Medicine, 2015(21): 3886—3888.
- [8] QUIST A J L, INOUE-CHOI M, WEYER P J, et al. Ingested Nitrate and Nitrite, Disinfection By-Products, and Pancreatic Cancer Risk in Postmenopausal Women[J]. International Journal of Cancer, 2018, 142(2): 251.
- [9] 张静, 李阿敏, 张碧莹, 等. 保藏条件对低盐方便榨菜品质及保藏特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(3): 239—246.
- ZHANG Jing, LI A-min, ZHANG Bi-ying, et al. The Effects of Preservation Conditions on Qualities and Storage Characteristics of Instant Low-sodium Pickled Tuber Mustard[J]. Food and Fermentation Industries, 2017, 43(3): 239—246.
- [10] 张莉会, 蔡芳, 何建军, 等. 辐照对榨菜品质及其贮存效果的影响[J]. 辐射研究与辐射工艺学报, 2017(5): 53—59.
- ZHANG Li-hui, CAI Fang, HE Jian-jun, et al. Effects of Irradiation on the Quality and Storage Time of Mustard[J]. Journal of Radiation Research and Radiation Processing, 2017(5): 53—59.
- [11] HASHIMOTO T. The Cause on the Abnormal Accumulation of Nitrite in Pickles of Chinese Cabbage (Brassica Pekinesis Rupr.)[J]. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 2001, 48(6): 409—415.
- [12] LIAO M, WU Z Y, YU G H, et al. Improving the Quality of Sichuan Pickle by Adding a Traditional Chinese Medicinal Herb Lycium Barbarum in Its Fermentation[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2017, 52(4): 936—943.
- [13] 赵兴娥. 透明包装榨菜品质变化及其控制技术研究[D]. 重庆: 西南大学, 2013.
- ZHAO Xing-e. Research of Quality Change and Control Technology of Pickle Packed with Transparent Material[D]. Chongqing: Southwest University, 2013.
- [14] 谭雁文, 赵心娥, 陈光静, 等. 透明包装榨菜变色机理[J]. 食品与发酵工业, 2013(11): 182—186.
- TAN Yan-wen, ZHAO Xin-e, CHEN Guang-jing, et al. Mechanism of Colour Changes in Transparent Packaging of Pickled Mustard Tubers[J]. Food and Fermentation Industries, 2013(11): 182—186.
- [15] OZAWA Y, UDA Y, KAWAKISHI S. Formation of Yellow Pigment Containing A B-Carboline Skeleton in Salted Radish Roots and Its Properties[J]. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 1992, 39(6): 490—495.
- [16] 姚成强. 低盐无防腐剂小包装榨菜的加工工艺[J]. 安徽农业科学, 2008(19): 8293—8294.
- YAO Cheng-qiang. Manufacturing Technology of Packet Mustard with Low Salt and without Preservative[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008(19): 8293—8294.
- [17] 徐宝成. 软包装榨菜肉丝加工工艺及有害微生物的控制研究[D]. 重庆: 西南农业大学, 2005.
- XU Bao-cheng. The Study of Technologic Safety and Deleterious Microbe Control in the Process Flow of Shredded Pork[D]. Chongqing: Southwest Agricultural University, 2005.
- [18] 谭秀华, 陈廷居. 榨菜不同制作工艺卫生学效果观察[J]. 中国公共卫生, 1991(7): 337.
- TAN Xiu-hua, CHEN Ting-ju. Observation on Hygienic Effect of Different Production Processes of Pickled Mustard[J]. Chinese Journal of Public Health, 1991(7): 337.
- [19] 蒋高强. 榨菜腐败微生物的分离、鉴定及其特性的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- JIANG Gao-qiang. Studies on the Isolation, Identification and Characteristics of Spoilage Microbes from Mustard Tubers[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2006.
- [20] 潘利华, 罗水忠. Nisin 在小包装榨菜中的应用[J]. 广州食品工业科技, 2001, 17(2): 6—7.
- PAN Li-hua, LUO Shui-zhong. Application of Nisin in Small Packaging Mustard[J]. Guangzhou Food Science & Technology, 2001, 17(2): 6—7.
- [21] 李学贵. 坛装榨菜酸败的原因浅析[J]. 江苏调味副食品, 1991(3): 19—20.
- LI Xue-gui. Reasons for the Rancidity of Canned Pickled Mustard[J]. Jiangsu Condiment and Subsidiary Food, 1991(3): 19—20.
- [22] 钟正. 食品添加剂对透明包装榨菜品质控制的影响分析[J]. 化工管理, 2015(24): 160.
- ZHONG Zheng. Effect of Food Additives on Quality

- Control of Transparent Packaging Mustard[J]. Chemical Enterprise Management, 2015(24): 160.
- [23] 刘玲, 吴祖芳, 翁佩芳, 等. 乳酸菌低盐腌制榨菜脆性与果胶含量的关系研究[J]. 中国食品学报, 2009, 9(4): 137—142.
- LIU Lin, WU Zu-fang, WENG Pei-fang, et al. Study on the Relation between Pectin Content and Brittleness of Low Salt Pickled Mustard Tuber by Lactic Acid Bacteria[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2009, 9(4): 137—142.
- [24] 金子惠太郎, 黑坂光江, 前田安彦. 钙盐在盐渍萝卜的果胶物质和脆性方面的影响[J]. 日本食品工业学会志, 1983, 29(2): 111—113.
- KANEKO K, KUROSAKA M, MAEDA Y. Changes of Na-, Ca-, Mg-content in Pectin Fractions of Radish Root during Soaking in Sodium Chloride Solution[J]. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 1983, 29(2): 111—113.
- [25] 苏履端. 换气包装技术与榨菜包装的改进[J]. 株洲工学院学报, 1996(3): 21—24.
- SU Lv-duan. Gas-Displacement Package Technology and the Improvement on Mustard Tuber Packaging[J]. Journal of Zhuzhou Institute of Technology, 1996(3): 21—24.
- [26] 王虹. 塑料袋装榨菜热杀菌的探讨[J]. 中国调味品, 1985(2): 21—22.
- WANG Hong. Study on Thermal Sterilization of Plastic Bag Packed Mustard[J]. Chinese Condiment, 1985(2): 21—22.
- [27] 任锦玉, 沈向红. 小包装榨菜产气膨胀原因初探[J]. 中国调味品, 1989(3): 15—17.
- REN Jin-yu, SHEN Xiang-hong. Preliminary Discussion on the Causes of Gas Expansion of Small Packaging Mustard[J]. Chinese Condiment, 1989(3): 15—17.
- [28] 沈国华, 周国治, 林孟勇. 辐照处理对小包装榨菜胖袋的效果及对品质的影响[J]. 食品科学, 1991, 22(11): 39—41.
- SHEN Guo-hua, ZHOU Guo-zhi, LIN Meng-yong. Effects of Irradiation Treatment on Fat Bags of Small-sized Packed Mustard and Its Effect on Quality[J]. Food Science, 1991, 22(11): 39—41.
- [29] 沈国华, 周国治, 林孟勇, 等. 小包装榨菜的胖袋与榨菜理化性状和微生物关系的初探[J]. 中国调味品, 1994(6): 22—25.
- SHEN Guo-hua, ZHOU Guo-zhi, LIN Meng-yong, et al. Preliminary Study on the Relationship between Physicochemical Properties and Microorganism of Ballooned Bags and Mustard Tuber of Small-sized Packaging Mustard[J]. Chinese Condiment, 1994(6): 22—25.
- [30] 沈国华, 周国治, 林孟勇, 等. 小包装榨菜胖袋的控制研究[J]. 中国调味品, 1995(3): 22—27.
- SHEN Guo-hua, ZHOU Guo-zhi, LIN Meng-yong, et al. Research on the Control of Ballooning of Small Bag Packed of Mustard[J]. Chinese Condiment, 1995(3): 22—27.
- [31] 李阿敏, 杨文友, 洪冰, 等. 包装方式对榨菜品质和保藏特性的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(24): 332—336.
- LI A-min, YANG Wen-you, HONG Bing, et al. Effects of Packaging Methods on Quality and Storage Characteristics of Pickled Mustard Tubers[J]. Food Science, 2015, 36(24): 332—336.
- [32] 汪黎. 低盐榨菜货架寿命研究[D]. 重庆: 西南大学, 2011.
- WANG Li. Studies on the Shelf Life of the Low Salt Pickled Tuber Mustard[D]. Chongqing: Southwest University, 2011.
- [33] 丁涌波, 赵兴娥, 陈光静, 等. 食品添加剂对透明包装榨菜品质控制的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(18): 201—208.
- DING Yong-bo, ZHAO Xing-e, CHEN Guang-jing, et al. Effect of Food Additives on Quality Control of Pickled Mustard Tubers Packaged with Transparent Material during Storage[J]. Food Science, 2014, 35(18): 201—208.
- [34] 赵兴娥, 王颖, 王微, 等. 不同透明包装对榨菜品质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(4): 288—292.
- ZHAO Xing-e, WANG Ying, WANG Wei, et al. Effect of Transparent Packaging on Quality of Pickled Mustard Tubers[J]. Food Science, 2013, 34(4): 288—292.
- [35] 鲍晓瑾, 费贤明. 浙式榨菜货架期预测及工艺探讨[J]. 食品科技, 2009(9): 56—58.
- BAO Xiao-jin, FEI Xian-ming. Shelf Life Prediction and Process Discussion of Packet Pickled Mustard from Zhejiang[J]. Food Science and Technology, 2009(9): 56—58.
- [36] 王洁燕, 何家林. 榨菜商业无菌验证分析[J]. 食品与发酵科技, 2012(5): 101—103.
- WANG Jie-yan, HE Jia-lin. Zhacai Commercial Sterilization Validation and Analysis[J]. Food and Fermentation Technology, 2012(5): 101—103.
- [37] 沈国华, 周国治, 林孟勇. 榨菜的低盐化技术[J]. 食品科学, 1992, 23(9): 37—41.
- SHEN Guo-hua, ZHOU Guo-zhi, LIN Meng-yong. The Low Salinization Technology of Mustard[J]. Food Science, 1992, 23(9): 37—41.
- [38] 郑俏然, 李朝盛, 佟金. 方便榨菜肉沫关键工艺参数的研究[J]. 食品科技, 2011(9): 100—105.
- ZHENG Qiao-ran, LI Chao-sheng, TONG Jin. Key Parameter of Tuber Mustard with Comminuted Meat Processing Technology[J]. Food Science and Technology, 2011(9): 100—105.

- [39] 刘子龙. 基于机器视觉的快速分拣食品包装系统研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2015.
LIU Zi-long. The Research of Quick Sorting Food Packaging System Based on Machine Vision[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2015.
- [40] 唐地元, 罗永统. 降低“微波榨菜”成本的包装改进[J]. 食品科学, 1997, 28(3): 49—50.
TANG Di-yuan, LUO Yong-tong. Reduced Packaging Costs for Microwave Mustard[J]. Food Science, 1997, 28(3): 49—50.
- [41] 曾凡坤, 王中凤, 吴永娟, 等. 传统涪陵榨菜工业化生产工艺研究[J]. 中国食品学报, 2004(1): 27—32.
ZENG Fan-kun, WANG Zhong-feng, WU Yong-xian, et al. Research on the Industrialized Productive of Traditional Fuling Zhacai[J]. Journal of Chinese Institute of Food and Technology, 2004(1): 27—32.
- [42] 谢琪. 低盐榨菜包装保存技术[J]. 食品与机械, 1997(1): 29—30.
XIE Qi. Preserving and Package Technique of the Low-salt Hot Pickled Mustard Tuber[J]. Food and Machinery, 1997(1): 29—30.
- [43] 吕联通, 阳艳平. 小袋装榨菜湿热空气杀菌适宜性研究[J]. 成都科技大学学报, 1996(1): 97—102.
LYU Lian-tong, YANG Yan-ping. The Study on Pasteurization of the Pickled Mustard Tuber in Plastic Film Pouches with Wet Hot Air[J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1996(1): 97—102.
- [44] 熊善柏, 赵山, 胡永传, 等. 袋装榨菜肉丝的制作与保鲜研究[J]. 中国调味品, 1998(6): 11—14.
XIONG Shan-bai, ZHAO Shan, HU Yong-chuan, et al. Study on Production and Preservation of Packed Mustard with Shredded Meat[J]. Chinese Condiment, 1998(6): 11—14.
- [45] 肖梦兰. 榨菜的保鲜与包装[J]. 中国包装工业, 2003(3): 38—39.
XIAO Meng-lan. Hot Pickled Mustard Tuber Preserve Fresh & Package[J]. China Packaging Industry, 2003(3): 38—39.
- [46] 陈健初, 吴丹, 叶兴乾, 等. 臭氧水对榨菜和萝卜的灭菌效果研究[J]. 科技通报, 2008, 24(5): 641—644.
CHEN Jian-chu, WU Dan, YE Xing-qian, et al. Studies on Ozone Water Sterilization of Pickled Mustard Tuber and Radish[J]. Bulletin of Science and Technology, 2008, 24(5): 641—644.
- [47] 翟金亮, 苏平, 那宇. 软包装榨菜的超高压杀菌工艺研究[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(1): 80—83.
ZHAI Jin-liang, SU Ping, NA Yu. The Study of Packet Pickled Mustard Sterilization Conditions with High Hydrostatic Pressure[J]. Food and Fermentation Industries, 2008, 34(1): 80—83.
- [48] 陈健初, 叶兴乾, 吴丹. 真空软包装榨菜和萝卜热力杀菌工艺研究[J]. 食品工业, 2008(6): 11—13.
CHEN Jian-chu, YE Xing-qian, WU Dan. Studies on Heat Sterilization of Pickled Mustard Tuber and Pickled Radish with Vacuum Package[J]. The Food Industry, 2008(6): 11—13.
- [49] 马丽萍, 陆军良, 冯辉. 即食风味榨菜的加工工艺[J]. 浙江农业科学, 2015(10): 1633—1635.
MA Li-ping, LU Jun-liang, FEN Hui. Processing of Ready-to-Eat Pickled Mustard Tuber[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2015(10): 1633—1635.
- [50] 沈国华, 周国治, 林孟勇. 大蒜对小包装榨菜胖袋的控制效果[J]. 食品科学, 1991, 22(1): 35—37.
SHEN Guo-hua, ZHOU Guo-zhi, LIN Meng-yong. Application of Garlic in Controlling of Bag Ballooning of Small Packaged Mustard[J]. Food Science, 1991, 22(1): 35—37.
- [51] INGRAM M, KITCHELL A G. Salt as a Preservative for Foods[J]. International Journal of Food Science & Technology, 1967, 2(1): 1—15.
- [52] 关洪全, 关鑫, 陈兴. 生姜、食盐、乳酸对常见食品污染菌的协同抗菌防腐作用研究[J]. 中国微生物学杂志, 2008, 20(6): 566—567.
GUAN Hong-quan, GUAN Xin, CHEN Xing. Study on the Combined Anti-microbial and Antiseptic Effects of Ginger, Table Salt and Lactic Acid on Common Food-contaminating Microbe[J]. Chinese Journal of Microecology, 2008, 20(6): 566—567.
- [53] 李学贵, 严晓燕. 低盐化榨菜生产原理及其应用初探[J]. 中国酿造, 2004(5): 4—6.
LI Xue-gui, YAN Xiao-yan. Principle of Low-salted Tsatsai Process and Initial Study on Its Application[J]. China Brewing, 2004(5): 4—6.
- [54] CICCIO N, DICHIO B, XILOYANNIS C, et al. Influence of Calcium on the Activity of Enzymes Involved in Kiwifruit Ripening[M]. Leuven: Int Soc Horticultural Science, 2007.
- [55] ANTHON G E, BARRETT D M. Characterization of the Temperature Activation of Pectin Methylsterase in Green Beans and Tomatoes[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(1): 204—211.
- [56] 沈国华, 刘大群, 华颖, 等. 保持发酵型风味泡菜长货架期的生产技术研究[J]. 中国食品学报, 2009(6): 110—115.
SHEN Guo-hua, LIU Da-qun, HUA Ying, et al. Studies on Production Technology for a Long-shelf-life Pickled Vegetable with Fermentative Flavor[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2009(6): 110—115.
- [57] KREBS H A, WIGGINS D, STUBBS M, et al. Studies on the Mechanism of the Antifungal Action of Benzoate[J]. Biochemical Journal, 1983, 214(3): 657.
- [58] 蒋家新, 黄光荣, 蔡波, 等. 栅栏技术在软包装榨菜

- 中的应用研究[J]. 食品科学, 2003, 24(3): 22—24.
- JIANG Jia-xin, HUANG Guang-rong, CAI Bo, et al. Application of Hurdle Technology in Soft Canned Zhacai[J]. Food Science, 2003, 24(3): 22—24.
- [59] HICKMAN M. E211 Revealed: Evidence Highlights New Fear over Drinks Additive[M]. London: Independent Print Limited, 2007.
- [60] FURIA T E. Edta in Foods-Technical Review[J]. Food Technology, 1964, 18(12): 1874.
- [61] 王海荣, 张淑东, 张纯胃. 小包装温州榨菜的制作[J]. 上海农业科技, 2003(1): 93—94.
- WANG Hai-tang, ZHANG Shu-dong, ZHANG Chun-zhou. Production of Small Packaged Wenzhou Mustard[J]. Shanghai Agricultural Science and Technology, 2003(1): 93—94.
- [62] SALLAM K H I, ISHIOOROSHI M, SAMEJIMA K. Antioxidant and Antimicrobial Effects of Garlic in Chicken Sausage[J]. LWT-Food Science and Technology, 2004, 37(8): 849—855.
- [63] SARMA N. Can Garlic (*Allium Sativum*) be Used as a Meat Preservative[J]. Transactions of the Kansas Academy of Science, 2004, 107(3): 148—154.
- [64] 何志刚, 林信浩, 郭桂玲. 榨菜精制新工艺及配方探讨[J]. 福建农业科技, 1990(4): 30.
- HE Zhi-gang, LIN Xin-hao, GUO Gui-ling. Discussion on the New Process and Formula of Refined Mustard[J]. Fujian Agricultural Science and Technology, 1990(4): 30.