

组合保鲜方式应用于叶菜保鲜的研究进展

郁杰^{1,2}, 谢晶^{1,2,3,4*}

- (1. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306; 2. 上海冷链装备性能与节能评价专业技术服务平台, 上海 201306;
3. 农业农村部冷库及制冷设备质量监督检验测试中心(上海), 上海 201306;
4. 食品科学与工程国家级实验教学示范中心(上海海洋大学), 上海 201306)

摘要: 叶菜是人们日常饮食中必不可少的食物之一, 富含膳食纤维、Vc 以及多种微量元素, 但是其特有的生理特性以及组织结构使其极易腐败变质, 因此探究适宜的保鲜方式显得尤为重要。本文综述了物理、化学、生物保鲜技术间的不同组合对叶菜的保鲜效果, 结合叶菜典型指标及货架期, 介绍了相比于单一保鲜方式, 不同组合保鲜方式的特点及优势, 并指出在未来叶菜保鲜技术的发展方向, 为叶菜的实际保鲜工作提供参考。

关键词: 叶菜; 腐败变质; 典型指标; 组合保鲜; 天然提取物; 无残留

Progress of application of combined preservation methods in the preservation of leafy vegetables

YU Jie^{1,2}, XIE Jing^{1,2,3,4*}

(1. College of Food Sci and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Professional Technology Service Platform on Cold Chain Equipment Performance and Energy Saving Evaluation, Shanghai 201306, China; 3. Quality Supervision, Inspection and Testing Center for Cold Storage and Refrigeration Equipment (Shanghai), Ministry of Agriculture, Shanghai 201306, China; 4. National Experimental Teaching Demonstration Center for Food Sci and Engineering (Shanghai Ocean University), Shanghai 201306, China)

ABSTRACT: Leafy vegetables are one of essential foods in people's diet. Leafy vegetables are full of dietary fiber, Vc and many trace elements. However, its unique physiological characteristics and organizational structure make it prone to spoilage. Therefore studying on suitable preservation methods for leafy vegetables appears particularly important. This paper reviewed the fresh-keeping effects of different combinations of physical, chemical and biological preservation technologies on leafy vegetables, combined the typical indicators and shelf life of leafy vegetables to introduce the characteristics and advantages of different combinations of fresh-keeping methods compared to single preservation methods, and pointed out the development direction of leaf fresh-keeping technology in the future, so as to provide references for the actual preservation work of leafy vegetables.

KEY WORDS: leafy vegetables; corruption and deterioration; typical index; combined fresh-keeping methods; natural extracts; no by-product

基金项目: 上海市科技兴农推广项目[沪农科推字(2018)第 1-2 号]、上海市科委公共服务平台建设项目(17DZ2293400)

Fund: Supported by the Shanghai Science and Technology Promotion Project for Agriculture [Shanghai Agricultural Science Promotion Project (2018) No. 1-2] and Public Service Platform Construction Project of Shanghai sci and Technology Commission (17DZ2293400)

***通讯作者:** 谢晶, 博士, 教授, 主要研究方向为食品保鲜。E-mail: jxie@shou.edu.cn

***Corresponding author:** XIE Jing, Ph.D, Professor, Shanghai Ocean University, No.999, Shanghai City Ring Road, Pudong New District, Shanghai 201306, China. E-mail: jxie@shou.edu.cn

1 引言

叶菜类蔬菜(简称叶菜)是以菜叶及叶柄为食用部分的蔬菜,如鸡毛菜、菠菜、生菜、白菜、空心菜及青菜等,是人们日常生活中不可或缺的食物之一,可为人体提供必不可少的膳食纤维、多种维生素以及矿物质等微量元素。随着人们生活水平的提高,越来越重视蔬菜的摄入,据统计叶菜类蔬菜的需求占蔬菜总需求的 30%~40%^[1]。有些地区的叶菜需求比例更高,人们不仅在需求量上有所上升,同时对其品质提出更严格的要求。但叶菜属于易腐农产品,会在贮藏、运输过程中受到环境、微生物以及物理损伤的影响,从而加速水分蒸发,引起品质下降及衰老劣变^[2],据中国果蔬行业数据显示,我国果蔬采后损失在 20%左右,世界上发达国家的损失率仅为 5%^[3],因此在顺应消费者对叶菜的需求下,应着重延长产品的货架期,探寻适宜的保鲜方式。

物理保鲜主要有低温贮藏、气调贮藏、超声波清洗等^[4]。其中,低温贮藏通过降低温度可极大地降低叶菜的呼吸强度,同时因其具有简便、可操作性强等优势应用广泛,但低温保鲜也存在局限,如:温度波动、保鲜效果一般、出现冷害等^[5];化学保鲜剂中大多含有强氧化性的成分,能够显著杀灭叶菜表面的微生物,但需要注意使用后残留物的食品安全问题^[6,7]。生物保鲜剂具有纯天然提纯、无残留、无副作用的特点,近年来受到广泛关注,但使用浓度仍有限制^[8]。同单一保鲜方式相比,组合保鲜的保鲜效果更佳,能够保证叶菜品质,延长货架期,满足人们对优质生活的追求^[9]。

本文在分析现代叶菜类保鲜技术的基础上,综合叶绿素、失重率等理化生化指标,结合货架期对应用于叶菜不同组合的保鲜方式进行了综述,为延缓叶菜采后衰老,维持营养成分,保证商品价值提供参考。

2 叶菜类品质评价指标

叶菜的食用部分大部分是进行光合作用的器官,具有生理代谢活跃、气孔分布多的特点^[10],在采收后降解代谢旺盛,极易失去光泽和饱满状态,主要表现为黄化萎缩等现象^[11],用感官指标可以较为直观地反映叶菜的品质。在叶菜的理化指标中,失重率可以反映叶菜失水程度,而叶绿素含量的高低不仅可衡量绿色叶菜的色泽度,而且同感官指标也有正相关性。Ubeed 等^[12]研究表明通过硫化氢短期熏蒸叶菜,不仅可以降低叶绿素的流失速度,同时还可以减少叶菜失重和呼吸速率,对延长货架期是有效的。丙二醛的生成与自由基含量呈正相关,反映了贮藏过程中机体脂膜过氧化程度^[13],而采后叶菜体内活性氧自由基清除体系主要为酶促清除体系,在该体系中超氧化物歧化酶

(superoxide dismutase, SOD)、过氧化氢酶(catalase, CAT)、过氧化物酶(peroxidase, POD)为主要酶系,且 3 种酶的活性随机体衰老的加剧而增加以中和自由基对机体的损伤,从趋势上来看, SOD 的活性与丙二醛的含量在贮藏初期呈正相关,到了贮藏末期则呈负相关^[14]。郭振龙等^[15]研究表明 SOD、CAT 等酶活性的高低和植物衰老具有强相关。此外,还有一些评价叶菜营养的指标:如可溶性固形物、维生素等。雷昊等^[16]的研究表明,鲜切杭白菜中可溶性固形物和抗坏血酸含量的高低关系到货架期的长短。除此之外,可溶性蛋白质、电导率的高低也都可以反应叶菜品质。在安全性指标中,腐败微生物的生长是导致叶菜组织软化、变色和异味的主要原因^[17],因此菌落总数或一些特定致病菌的含量也经常作为鲜切蔬菜食用安全性的评价指标。张慧娟等^[18]使用带有微纳米臭氧气泡水的果蔬清洗装置清洗叶菜,使得叶菜表面的总菌数在贮藏期间始终保持较低水平,能够更好地抑制叶菜腐败。

以上 3 类指标可综合反映叶菜的新鲜度、营养和安全性,也是蔬菜保鲜研究时的常用评价指标。

3 2 种保鲜技术的组合

2 种保鲜方式的组合较单一保鲜技术的应用具有以下几点优势:互补单一保鲜方式的不足,保鲜效果更好;应用可行性高、技术成本低。保鲜技术间组合一般遵守如下原则:各种保鲜技术在较低的个体强度下的组合应具有相加或协同的保鲜效果,同时尽可能地减少对叶菜感官和营养特性的影响,当然在叶菜保鲜技术组合时也应注意成本的合理性。以下介绍物理、化学和生物保鲜技术间相互组合的保鲜方式。

3.1 物理与生物保鲜的组合

传统保鲜叶菜的物理方式有:低温贮藏、气调包装和臭氧、超声波等清洗方式;生物保鲜剂种类较为丰富,其中有植物精油、有机酸、多酚等,也可从真菌、海藻等天然作物中提取,具有抑菌、抗氧化等多种性能^[19,20],与其组合的保鲜方式具有明显的协同保鲜优势。

3.1.1 低温冷藏与精油的结合

叶菜叶片较大,较其他类蔬菜具有采后呼吸强、干耗旺盛的特点,糖分、Vc 等营养物质的含量在贮藏过程中均不断降低,通过低温冷藏,可有效降低叶菜呼吸速率,减少由于叶菜进行生理活动而造成的物质损耗^[21],低温冷藏还可延缓腐败微生物的繁殖,有效抑制膜脂过氧化及膜透性增大。应注意的是:温度低于 0 °C 大部分叶菜易发生冷害,若大于 4 °C 则效果不佳,一般保鲜温度介于 0 °C 到 4 °C 之间^[22]。但在低温冷藏条件下,假单胞菌、肠杆菌仍可大量繁殖,引起叶菜腐败,所以除采用低温冷藏外,还可以配合生物保鲜方式。Skandamis 等^[23]指出,精油的抗

菌活性在低温的条件下会明显提高,所以将两者结合具有更好的保鲜优势。Xylia 等^[24]利用 0.1%薰衣草精油结合 4 °C 保鲜处理白菜等绿叶蔬菜,相较于 300 mg/L 的次氯酸钠单一处理方式具有更好的抑菌性能,延长了保鲜期。Siroli 等^[25]单独使用百里香精油涂抹生菜,随后置于 6 °C 条件下冷藏,在 12 d 后,生菜的色泽、品质仍为消费者可接受的范围内。以上举例表明冷藏结合精油的保鲜方式具有较广的抑菌谱,增强了保鲜效果,但是在确定精油的保鲜浓度时需要兼顾保鲜性能以及消费者感官接受度。

3.1.2 气调包装与生物保鲜结合

气调包装(modified atmosphere packaging, MAP)是通过调整气体贮藏环境来减缓叶菜的生命活动。一般应用于叶菜的气调包装中气体比例为 O₂ 含量 4%±2%, CO₂ 含量小于 3%^[26],但单一使用 MAP 保藏叶菜仍存在不足,常常引起呼吸链相关酶系统的代谢紊乱, SOD、CAT、POD 等活性降低,使得植物机体中自由基的生成和清除之间的动态平衡被打破,加快蔬菜衰败^[27],同时,一定比例的气调环境容易滋生厌氧菌的繁殖,所以仅靠 MAP 不足以维持叶菜的品质,很多学者将 MAP 与其他保鲜技术结合起来以达到更好的保鲜效果。例如,将抗菌化合物直接涂覆在包装薄膜的表面上,也可以在贮存期间(活性包装)将其添加到包装袋中等其缓慢释放^[28]。Hyun 等^[29]的研究表明,柠檬香精油蒸熏结合 MAP 贮藏甘蓝,与单一 MAP 保鲜相比能够更好地杀灭大肠杆菌、沙门氏菌、李斯特菌、葡萄球菌,其货架期也由 14 d 延长至 21 d。报告还指出柠檬草、百里香、茴香和薰衣草精油通过蒸熏的方式处理叶菜相比直接涂抹的方式能更有效地抑制腐败菌,同时对叶菜表面影响最小。赵希荣等^[30]使用 1%壳聚糖涂膜处理蒲菜并置于 O₂:CO₂: N₂= 5:10:85(V:V:V)的环境下,蒲菜保鲜期可达 30 d 以上,与未经壳聚糖处理组相比,处理组粗纤维含量低,有利于保持蒲菜的品质和口感。气调包装与生物保鲜的结合不仅可以降低叶菜在保鲜过程中的呼吸速率,维持细胞线粒体内膜呼吸链的稳定代谢,同时在生物保鲜剂的作用下降低了腐败菌对作物的侵染。这种组合的保鲜方式凭借其显著的保鲜效果已逐渐成为主流的保鲜方式,应用前景广阔。

3.1.3 超声波清洗与生物保鲜结合

超声波对叶菜表面的清洗作用主要是通过“空化”作用来实现的。超声波空化作用使叶片表面的污垢溶解于周围溶液,其效果取决于处理时间的长短,通常在 10 min 内^[31],但超声波清洗不能有效减少微生物,处理后抑菌效果不明显,而过高的频率会导致叶菜中的果胶降解,使得质感软化,影响品质^[32]。所以超声波与精油或一些天然提取物的组合是一种待开发的净化技术。Millan-Sango 等^[33]以生菜为研究对象使用 26 kHz 超声波组合 0.025%牛至精油连续处理 5 min,结果表明,超声波结合牛至精油能显著

减少生菜上的微生物,较好地保持生菜的感官指标,贮藏期延长了约 5 d。刘伟等^[34]将 2.0%乳酸溶液作为清洗液,在室温条件下以 40 kHz 的超声波清洗生菜 5 min,和单一超声波处理组相比,大肠杆菌含量进一步下降至 2.75 log CFU/g。超声波清洗能够去除叶表大颗粒杂质,如:泥土、尘埃等,在清洗的过程中配合精油独特的抑菌性能可以去除绝大部分叶表上的致病微生物,在清洗完成后,精油的抑菌性能仍可发挥数天。该种组合主要应用于采后叶菜的贮前处理,可替代以化学试剂为主的清洗方式。

3.1.4 光照与其他保鲜技术组合

近年来,将发光二极管(light emitting diode, LED)作为采后叶菜保鲜技术已成为趋势,作为一种新颖的保鲜方式,LED 单色光具有波长稳定、操作简便、绿色等优势,通过选择特定的窄波长可更为具体地契合植物的光感受器,常见应用于保鲜的 LED 光有红光(660 nm)、蓝光(450 nm)、白光以及荧光辐射(380~720 nm)等,其光照强度一般介于 10~30 μmol·m⁻²·s⁻¹。主要原理如下:(1)可在一定程度上延续采后蔬菜的光合作用,积累有机物延缓衰老。(2)上调类胡萝卜素合成相关基因表达,增强抗氧化能力^[35]。(3)诱导叶片气孔张开,使得光敏色素与光作用延缓叶绿体的衰亡^[36]。Hasperu^é等^[37]使用连续的白蓝色 LED 光照射花椰菜,在低温贮藏期间,可溶性糖、叶绿素积累明显,对于延缓作物衰老及维持品质是有效的。但是单一应用 LED 光照保鲜极易发生失水, Favre 等^[38]的研究指出通过 LED 光照处理后,作物会出现不同程度的失水,影响感官,这可能是由于光照强度过高,光量子以热形式的方式损失,在这个过程中,水分子伴随着热量损失导致失水,所以在贮藏期间结合其他保鲜技术可较好地避免失水的发生,在王超等^[39]的实验中,当保持贮藏温度为 4 °C,环境湿度达 90%时,进行 LED 光照则不会加重西芹的失水。

3.2 化学与物理保鲜的组合

应用于叶菜的化学保鲜技术相对成熟,传统处理方式一般直接涂抹或喷施在叶菜表面,使化学保鲜剂均匀分布在叶菜表面,不仅可以杀死表面和环境中的微生物、调整叶菜自身机体的代谢,而且可调节环境中气体组分。邵伟等^[40]使用浓度为 1.0 μL/L 的甲基环戊烯醇酮(1-methylcyclopentenolone, 1-MCP)处理油麦菜并结合低密度聚乙烯袋包装,可有效减缓失水、叶绿素降解以及丙二醛含量的增加,货架期可达 16 d。刘东杰^[41]将菠菜浸于 1%乳酸钙 5 min 后置于 2 °C(±0.5 °C),在贮藏至 14 d 时,仍能保持 50%左右的商品率。王惠惠^[42]使用浓度为 250 mg/L 的二甲基二碳酸盐(dimethyl dicarbonate, DMDC)处理鲜切菜心 10 min 后置于 4 °C 下保藏,在整个贮藏期维持了较低的总菌含量,抑制了可溶性蛋白的损失,使保鲜期达到了 8 d 以上。Song 等^[43]使用浓度为 150 mg/L 过氧乙酸处理韭

菜 90 s 后置于 2 °C 环境下贮藏, 在贮藏 15 d 后, 可较好地维持 Vc 和叶绿素含量, 极大地延缓韭菜衰老。尹晓婷^[44]使用超声波(240 W)结合 200 mg/L 二甲基碳酸盐联合处理鲜切生菜 10 min, 结果表明在维持 Vc、还原糖含量、叶绿素等方面优于单一处理组, 货架期延长了 6 d 以上。同时, 冰温结合化学处理在叶菜中的应用也逐渐成为热点, 山根将白菜置于 1% 纤维素酶溶液浸泡 18 h, 再浸泡于 5 °C 的 5% 的食盐水中, 用 7 d 时间使之缓慢冷却至 -2 °C, 之后可在 -5 °C 下贮存 55 d, 与刚收获的白菜几乎没有差别^[45]。但需要注意的是, 在使用冰温贮藏叶菜时需要进行大量的比较试验来确定不同叶菜的冰点, 以防产生冷害或冻伤等现象。化学结合物理的保鲜方式其优势主要可以降低化学保鲜剂的浓度, 减少残留量。其次通过添加化学试剂, 如: 山梨糖醇、Vc、尿素等作为冰点下降剂降低叶菜的冰点, 使其能够在更低的温度下贮藏而不发生冷害, 通过这种保鲜方式, 极大的抑制了叶菜的呼吸作用和致腐微生物的活动, 并且在一定程度上提高叶菜的品质。应消费者要求取缔化学试剂的使用, 传统处理方式将被逐渐替代, 而后者通过改变叶菜物理属性的保鲜方式可作为未来的研究方向。

3.3 生物与化学保鲜的组合

生物保鲜与化学保鲜结合一方面可以降低化学试剂的浓度, 另一方面可以根据各自特性针对性的保鲜。Poimenidou 等^[46]使用柠檬酸化合物与牛至精油组合保鲜时, 7 d 后菠菜和生菜感官颜色参数变化不明显, 总菌含量减少了 3.7~4.0 log CFU/g, 此外, 经过消毒处理后用冰水冲洗更有助于抑制叶绿素的降低, 维持叶菜的颜色。孙树杰等^[47]将菠菜置于甘草、高良姜的复合提取液 5 min 后置于 4 °C 环境下, 其复合的保鲜剂能够减缓失重率的上升, 抑制呼吸速率, 延缓菠菜中 Vc、可滴定酸等营养成分的消耗, 降低叶绿素的降解速度, 使贮藏期延长至 10 d。当生物保鲜与化学保鲜结合时, 使用化学保鲜剂的有效浓度可大幅降低, 处理后更安全, 在实际的应用中, 生物与化学保鲜方式应用于叶菜的研究不多, 但是这样的组合方式也是叶菜保鲜中的一个研究方向。

4 多种保鲜技术间的组合

相比较 2 种保鲜技术结合应用于叶菜保鲜, 多种保鲜技术的组合效果会更加明显, 多种保鲜技术应用于叶菜, 控制了更多的致腐因子, 通过栅栏技术发挥各栅栏因子的协同效应^[48], 针对叶菜中存在的酶促反应、呼吸速率、微生物、水分活度等致腐因子进行控制, 实现多个栅栏因子的协同作用; 应用多个低强度的栅栏因子将会起到比单个较高强度的栅栏因子具有更出色的保鲜效果, 同时还可能节约成本, 这一“多靶保藏”技术将会成为在叶菜保鲜中极具广阔前景的研究领域^[49]。Kounkeu 等^[50]用 0.2% 氧化钙

(CaO)+30 µg/mL 微酸性电解水(slightly acidic electrolyzed water, SAEW)+0.5% 富马酸(fumaric acid, FA)处理生菜、菠菜后放入 4 °C 下保存, 该处理降低了生菜和菠菜表面微生物数量, 分别使货架期达到了 9、12 d, 且保鲜效果依次为: CaO, SAEW, FA<SAEW+FA<CaO+SAEW+FA。随后又用 0.2% CaO+30 µg/mL SAEW+0.5% FA 与 3 min 微泡处理或 10 min 紫外线照射或 3 min 超声波处理, 与原处理组相比, 微生物在不同程度上进一步减少, 且联合超声波处理效果最佳, 处理后降低生菜表面微生物约为 5.09 log CFU/g, 进一步延长了 2 d 的货架期。Forghani 等^[51]使用微酸性电解水结合 40 kHz 超声波处理 1 min 后再使用无菌水水洗 1 min 应用于大白菜、生菜、芝麻叶和菠菜, 其中 SAEW 的 pH 值为 5.2~5.5, 氧化还原电位为 500~600 mV, 有效氯浓度为 21~22 mg/L, 和单一使用 SAEW 或超声波处理相比, 前者能够更明显的降低微生物的生长, 但报告指出, 芝麻叶和菠菜的微生物的减少量总是低于白菜和生菜, 可能是芝麻叶面较为粗糙导致水洗效率低以及超声波的反射较差, 影响最终效果。邓雯瑾等^[52]利用精油抗菌薄膜包装鲜切生菜并结合 4 °C 低温冷藏, 发现这种组合可以极大地抑制生菜的呼吸强度, 同时在贮藏期间 Vc 氧化损失不明显, 使鲜切生菜的货架期延长至 5 d。综上所述, 多种技术之间的相互组合具有更强的协同增效作用, 今后需要进一步研究不同栅栏因子的防腐机理, 针对不同叶菜保鲜过程中的不同靶点, 如微生物、代谢、失水率等, 实现有效的栅栏交互作用, 延长货架期^[53]。

5 总结与展望

相比单一的保鲜方式, 2 种不同的保鲜技术或多种保鲜技术联合不仅可以发挥更好的保鲜效果, 还能互相弥补各个技术间的不足, 组合不同的保鲜方式最大化保持叶菜品质势在必行。今后叶菜保鲜以天然、安全、有效为发展趋势, 同时应人们对食品安全的要求, 基于化学的保鲜技术存在诸多诟病和隐患, 应大力加强物理保鲜、生物保鲜等综合保鲜技术的研究, 使叶菜保鲜中所潜在的安全问题不断减少。此外, 对于生物保鲜技术中相关机理的研究如: 成分、稳定性等也需进一步加强, 以利于今后靶向设计保鲜技术并达到更好的保鲜效果。

参考文献

- [1] 陆海涛, 吕建强, 金伟, 等. 我国叶类蔬菜机械化收获技术的发展现状[J]. 农机化研究, 2018, 40(6): 261-268.
- Lu HT, Lv JQ, Jin W, *et al.* Development status of mechanized harvesting technology for leaf vegetables in China [J]. J Agric Mech Res, 2018, 40(6): 261-268.
- [2] 梁洁玉, 朱丹实, 冯叙桥, 等. 果蔬气调贮藏保鲜技术研究现状与展望[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, (6): 1617-1625.
- Liang JY, Zhu DS, Feng XQ, *et al.* Res status and prospect of fruit and

- vegetable air-conditioned storage and preservation technology [J]. *J Food Saf Qual*, 2013, (6): 1617–1625.
- [3] 陈爱强. 果蔬采后冷激处理的理论与试验研究[D]. 天津: 天津大学, 2016.
- Chen AQ. Theoretical and experimental Res on post-harvest cold shock treatment of fruits and vegetables [D]. Tianjin: Tianjin University, 2016.
- [4] 朱军伟, 谢晶. 叶菜类蔬菜保鲜技术研究进展[J]. *湖南农业科学*, 2011, (21): 90–93.
- Zhu JW, Xie J. Res progress of leaf vegetables preservation technology [J]. *Hunan Agric Sci*, 2011, (21): 90–93.
- [5] 马玉芳, 李秋荣. 三大保鲜技术在蔬菜贮藏中的应用研究进展[J]. *青海农林科技*, 2016, (3): 53–57, 95.
- Ma YF, Li QR. Application Res progress of three preservation technologies in vegetable storage [J]. *Sci Technol Qinghai Agric Forest*, 2016, (3): 53–57, 95.
- [6] 甄凤元, 乔勇进, 高春霞, 等. 二氧化氯气体处理对杭白菜贮藏品质的影响[J]. *核农学报*, 2017, 31(7): 1323–1329.
- Zhen FY, Qiao YJ, Gao CX, *et al.* Effects of chlorine dioxide gas treatment on storage quality of Chinese cabbage [J]. *J Nucl Agric Sci*, 2017, 31(7): 1323–1329.
- [7] Patrignani F, Siroli L, Serrazanetti DI, *et al.* Innovative strategies based on the use of essential oils and their components to improve safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables [J]. *Trends Food Sci Technol*, 2015, 46(2): 311–319.
- [8] 高凯丽, 胡文忠, 刘程惠, 等. 天然保鲜剂在采后浆果保鲜中应用的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2017, (24): 320–324.
- Gao KL, Hu WZ, Liu CH, *et al.* Res progress of the application of natural preservatives in post-harvest berry preservation [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2017, (24): 320–324.
- [9] 陶佳佳, 谢晶. 蔬菜采后保鲜技术的研究进展[J]. *湖南农业科学*, 2015, (2): 143–146.
- Tao JJ, Xie J. Res progress of vegetable postharvest preservation technology [J]. *Hunan Agric Sci*, 2015, (2): 143–146.
- [10] Rico D, Martí n-Diana AB, Barat C, *et al.* Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: A review [J]. *Trends Food Sci Technol*, 2007, 18(7): 373–386.
- [11] 朱东兴, 曹峰丽, 郁达, 等. 叶菜采后生理与贮藏保鲜研究及应用[J]. *保鲜与加工*, 2006, (1): 3–6.
- Zhu DX, Cao FL, Yu D, *et al.* Res and application of postharvest physiology and storage of leaf vegetables [J]. *Stor Proc*, 2006, (1): 3–6.
- [12] Ubeed HMSA, Wills RBH, Bowyer MC, *et al.* Interaction of exogenous hydrogen sulphide and ethylene on senescence of green leafy vegetables [J]. *Postharv Biol Technol*, 2017, 133: 81–87.
- [13] 王丹, 李雪, 马越, 等. 不同清洗剂对鲜切西兰花贮藏期间品质的影响[J]. *食品与机械*, 2013, (5): 190–193.
- Wang D, Li X, Ma Y, *et al.* Effects of different cleaning agents on the quality of fresh-cut broccoli during storage [J]. *Food Mach*, 2013, (5): 190–193.
- [14] 高升. 1-MCP处理对小白菜采后生理特性及品质的影响研究[D]. 浙江: 浙江农林大学, 2013.
- Gao S. Effects of 1-mcp treatment on postharvest physiological characteristics and quality of Chinese cabbage [D]. Zhejiang: Zhejiang Agriculture and Forestry University, 2013.
- [15] 郭振龙, 陈湘宁, 许丽, 等. 叶类蔬菜气调包装保鲜技术及其机理的研究进展[J]. *中国农学通报*, 2016, 32(21): 161–165.
- Guo ZL, Chen XN, Xu L, *et al.* Res progress of air-conditioned packaging and fresh-keeping technology for leafy vegetables and its mechanism [J]. *Chin Agric Bull*, 2016, 32(21): 161–165.
- [16] 雷昊, 谢晶, 乔永祥, 等. 臭氧水清洗结合气调包装对鲜切杭白菜保鲜效果的研究[J]. *食品与机械*, 2017, 33(6): 110–113, 175.
- Lei H, Xie J, Qiao YX, *et al.* Effects of ozone water cleaning combined with air conditioning packaging on preservation of fret-cut hangzhou cabbage [J]. *Food Mach*, 2017, 33(6): 110–113, 175.
- [17] Gram L, Ravn L, Rasch M, *et al.* Food spoilage—interactions between food spoilage bacteria [J]. *Int J Food Microbiol*, 2002, 78(1–2): 79–97.
- [18] 张慧娟, 薛晓莉, 吴娜, 等. 微纳米臭氧气泡水在果蔬清洗上的应用[J]. *农村科技*, 2017, (10): 54–56.
- Zhang HJ, Xue XL, Wu N, *et al.* Application of micro-nano ozone bubble water in fruit and vegetable cleaning [J]. *Rural Sci Technol*, 2017, (10): 54–56.
- [19] Patrignani F, Siroli L, Serrazanetti DI, *et al.* Innovative strategies based on the use of essential oils and their components to improve safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables [J]. *Trends Food Sci Technol*, 2015, 46(2): 311–319.
- [20] 刘静, 李湘利, 梁宝东, 等. 紫甘蓝多酚的体外抗氧化能力及抑菌作用[J]. *食品工业科技*, 2017, (23): 49–52.
- Liu J, Li XL, Liang BD, *et al.* *In vitro* antioxidant capacity and bacteriostatic effect of polyphenols in purple cabbage [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2017, (23): 49–52.
- [21] 杨绍兰, 丁君, 李晓娜, 等. 低温下不同包装方式对生菜贮藏品质影响的研究[J]. *食品研究与开发*, 2015, 36(11): 127–131.
- Yang SL, Ding J, Li XN, *et al.* Effects of different packing methods on storage quality of lettuce at low temperature [J]. *Food Res Dev*, 2015, 36(11): 127–131.
- [22] 王惠惠, 王维民, 陈于陇, 等. 鲜切叶菜保鲜技术研究进展[J]. *保鲜与加工*, 2013, 13(2): 1–8.
- Wang HH, Wang WM, Chen YL, *et al.* Res progress of fresh-cut leaf vegetables preservation technology [J]. *Stor Proc*, 2013, 13(2): 1–8.
- [23] Skandamis PN, Nychas GJ. Development and evaluation of a model predicting the survival of *Escherichia coli* O157:H7 NCTC 12900 in homemade eggplant salad at various temperatures, pHs, and oregano essential oil concentrations [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2000, 66(4): 1646–1653.
- [24] Xylia P, Chrysargyris A, Botsaris G, *et al.* Potential application of spearmint and lavender essential oils for assuring endive quality and safety [J]. *Crop Prot*, 2017, 102: 94–103.
- [25] Siroli L, Patrignani F, Serrazanetti DI, *et al.* Effect of thyme essential oil and *Lactococcus lactis* CBM21 on the microbiota composition and quality of minimally processed lamb's lettuce [J]. *Food Microbiol*, 2017, 68: 61–70.
- [26] 周华华, 晋朝, 郭晓光, 等. 不同保鲜工艺对叶菜保鲜效果的试验研究[J]. *中国果菜*, 2017, 37(5): 4–7.

- Zhou HH, Jin C, Guo XG, *et al.* Experimental study on the effect of different preservation technologies on leaf vegetables [J]. *China Fruit Veget*, 2017, 37(5): 4–7.
- [27] 史君彦, 左进华, 高丽朴, 等. 纳米膜包装对菠菜采后贮藏品质的影响[J]. *北方园艺*, 2017, (23): 187–192.
- Shi JY, Zuo JH, Gao LP, *et al.* Effects of nano-film packaging on postharvest storage quality of spinach [J]. *Nor Horticult*, 2017, (23): 187–192.
- [28] 彭勇. 可食性壳聚糖活性包装膜成膜组分研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2014.
- Peng Y. Study on film-forming components of edible chitosan active packaging film [D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2014.
- [29] Hyun JE, Bae YM, Yoon JH, *et al.* Preservative effectiveness of essential oils in vapor phase combined with modified atmosphere packaging against spoilage bacteria on fresh cabbage [J]. *Food Control*, 2015, 51: 307–313.
- [30] 赵希荣, 徐程, 成蓉蓉. 蒲菜气调保鲜工艺研究[J]. *食品科学*, 2009, 30(18): 400–406.
- Zhao XR, Xu C, Cheng RR. Res on air-conditioned preservation technology of pucai [J]. *Food Sci*, 2009, 30(18): 400–406.
- [31] 乔永祥, 谢晶. 新鲜蔬菜清洗技术研究进展[J]. *包装工程*, 2017, (3): 60–66.
- Qiao YX, Xie J. Res progress of fresh vegetable cleaning technology [J]. *Packag Eng*, 2017, (3): 60–66.
- [32] Ajlouni S, Sibrani H, Premier R, *et al.* Ultrasonication and fresh produce (Cos lettuce) preservation [J]. *J Food Sci*, 2006, 71(2): 62–68.
- [33] Millan-Sango D, Meelhatton A, Valdramidis VP. Determination of the efficacy of ultrasound in combination with essential oil of oregano for the decontamination of *Escherichia coli*, on inoculated lettuce leaves [J]. *Food Res Int*, 2015, 67: 145–154.
- [34] 刘伟, 宋弋, 廖小军, 等. 超声波技术在果蔬采后贮藏保鲜中的研究进展[J]. *食品研究开发*, 2017, 38(23): 206–216.
- Liu W, Song Y, Liao XJ, *et al.* Res progress of ultrasonic technology in post-harvest storage and preservation of fruits and vegetables [J]. *Food Res Dev*, 2017, 38(23): 206–216.
- [35] 马亚丹, 张翠翠, 李林杰, 等. 荧光和发光二极管(LED)辐射技术调控果蔬采后抗氧化性及其机制研究进展[J/OL]. *食品科学*, 2019, (5): 276–281.
- Ma YD, Zhang CC, Li LJ, *et al.* Res progress of fluorescence and light-emitting diode (LED) radiation technology in the regulation of postharvest antioxidant activity of fruits and vegetables and its mechanism [J/OL]. *Food Sci*, 2019, (5): 276–281.
- [36] Braidot, Petrusa E, Peresson C, *et al.* Low-intensity light cycles improve the quality of lamb's lettuce (*Valerianella olitoria* [L.] Pollich) during storage at low temperature [J]. *Postharvest Biol Technol*, 2014, 90: 15–23.
- [37] Hasperué JH, Guardianelli L, Rodoni LM, *et al.* Continuous white-blue LED light exposition delays postharvest senescence of broccoli [J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2016, 65: 495–502.
- [38] Favre N, Bárcena A, Bahima JV, *et al.* Pulses of low intensity light as promising technology to delay postharvest senescence of broccoli [J]. *Postharvest Biol Technol*, 2017, 86: 181–191.
- [39] 王超, 刘斌, 张娜, 等. LED红蓝光照射对采后西芹保鲜效果的影响[J]. *保鲜与加工*, 2016, (1): 31–34.
- Wang C, Liu B, Zhang N, *et al.* Effect of LED red-blue light irradiation on preservation effect of postharvest celery [J]. *Stor Proc*, 2016, (1): 31–34.
- [40] 邵伟, 赵焱. 贮藏条件对油麦菜保鲜效果的影响研究[J]. *长江蔬菜*, 2009, (18): 40–42.
- Shao W, Zhao Y. Effect of storage conditions on the preservation effect of rape [J]. *J Changjiang Veg*, 2009, (18): 40–42.
- [41] 刘东杰. 冰温处理对三种蔬菜抗冷性诱导的研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2013.
- Liu DJ. Res on cold resistance induction of three vegetables by ice temperature treatment [D]. Ya'an: Sichuan Agri University, 2013.
- [42] 王惠惠. 鲜切菜心关键技术研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2013.
- Wang HH. Res on key technologies of fresh vegetable heart [D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2013.
- [43] Song HW, Yuan WM, Yang LM, *et al.* Effect of peroxyacetic acid treatments on postharvest physiology and storage quality of Chinese chives [C]. The 3rd Conference on Key Technology of Horticulture, 2011.
- [44] 尹晓婷. 超声波结合二甲基二碳酸盐对鲜切生菜品质与安全影响研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.
- Yin XT. Effect of ultrasound combined with dimethyl dicarbonate on quality and safety of fresh cut lettuce [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2015.
- [45] 刘志鸣, 王金庆, 王建民. 日本冰温技术发展史略[J]. *制冷与空调*, 2005, 20(3): 70–74.
- Liu ZM, Wan JQ, Wang JM. Development history of Japanese ice temperature technology [J]. *Refriger Air Cond*, 2005, 20(3): 70–74.
- [46] Poimenidou SV, Bikouli VC, Gardeli C, *et al.* Effect of single or combined chemical and natural antimicrobial interventions on *Escherichia coli*, O157:H7, total microbiota and color of packaged spinach and lettuce [J]. *Int J Food Microbiol*, 2016, 220: 6–18.
- [47] 孙树杰, 韩晓洁, 迟瑞苹, 等. 甘草、高良姜复合提取液对菠菜保鲜效果的研究[J]. *食品与机械*, 2012, 28(3): 203–206.
- Sun SJ, Han XJ, Chi RP, *et al.* Effects of compound extract of licorice and galangal on the preservation of spinach [J]. *Food Mach*, 2012, 28(3): 203–206.
- [48] Rahman S, Khan I, Oh D. Electrolyzed water as a novel sanitizer in the food industry: Current trends and future perspectives [J]. *Compr Rev Food Sci F*, 2016, 15(3): 471–490.
- [49] 王筱梦, 江芸, 孙芝兰, 等. 生物防腐剂的保鲜机理及应用[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(19): 304–310.
- Wang XM, Jiang Y, Sun ZL, *et al.* Preservation mechanism and application of biological preservatives [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2017, 38(19): 304–310.
- [50] Kounkeu PFN, Khan I, Tango CN, *et al.* Inactivation of bacterial pathogens on lettuce, sprouts, and spinach using hurdle technology [J]. *Innov Food Sci Emerg*, 2017, 43: 68–76.
- [51] Forghani F, Oh DH. Hurdle enhancement of slightly acidic electrolyzed water antimicrobial efficacy on Chinese cabbage, lettuce, sesame leaf and spinach using ultrasonication and water wash [J]. *Food Microbiol*, 2013, 36(1): 40–45.

- [52] 邓雯瑾, 蒋汶龙, 陈安均, 等. 百里香精油抗菌涂层包装对鲜切生菜货架期内理化品质及微生物的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(7): 247-253.

Deng WJ, Jiang WL, Chen AJ, *et al.* Effects of antibacterial coating packaging of thyme essential oil on physicochemical quality and microorganism of fresh cut lettuce during shelf life [J]. Food Ferment Ins, 2016, 42(7): 247-253.

- [53] 湛馥佳, 燕照玲, 李恩中. 现代果蔬保鲜技术及植物源果蔬保鲜剂研究进展[J]. 河南农业科学, 2016, 45(12): 7-12.

Chen FJ, Yan ZL, Li EZ. Res progress of modern fruit and vegetable preservation technology and plant-derived fruit and vegetable preservation agent [J]. J Henan Agri Sci, 2016, 45(12): 7-12.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



郁 杰, 硕士研究生, 主要研究方向为叶菜保鲜。

E-mail: 2810984380@qq.com

谢 晶, 教授, 博士, 主要研究方向为食品保鲜。

E-mail: jxie@shou.edu.cn

“发酵食品及其安全性评价”专题征稿函

发酵食品因其独特的风味受到消费者的普遍欢迎。发酵是一种传统的食品储存与加工方法, 是指利用有益微生物加工制造的一类食品, 包括发酵乳制品、酒类、泡菜、酱油、食醋、豆豉等。由于其独特的加工方式, 发酵食品或存在一定的安全隐患, 可能会影响人体健康。

鉴于此, 本刊特别策划了“**发酵食品及其安全性评价**”专题, 主要围绕**(1)菌种的选育和保藏; (2)发酵工艺的条件优化, 发酵机制, 发酵工程动力学; (3)发酵食品的分析与检测; (4)发酵食品的安全性评价及风险评估类; (5)发酵食品的种类与加工方式; (6)发酵食品的营养成分及其对人体健康的影**或您认为有意义的相关领域展开论述和研究, 本专题计划在2019年8月出版。

鉴于您在该领域的成就, **本刊主编吴永宁研究员及编辑部全体成员**特别邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可, 请在2019年6月15日前通过网站或E-mail投稿。我们将快速处理并优先发表。

同时, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和E-mail。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqa@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部