

生鲜食品储运包装技术研究进展

周鹤, 陈景华, 韦秋林, 张敏, 孙頔婧, 孙祯豪
(上海理工大学, 上海 200093)

摘要: 目的 研究储运包装技术在生鲜食品冷链物流中的应用进展, 并提出目前存在的问题。方法 对生鲜食品的生物特性进行分析, 综述生鲜食品对包装的基本要求、生鲜食品的物流模式、生鲜食品的包装材料种类及生鲜食品新型功能性储运包装的研发现状。结果 现有的物流模式和包装方式在一定程度上保障了生鲜食品的到货品质, 然而并未完全满足消费者的需要, 为了更好地满足人们的消费需求, 对生鲜储运包装技术的研究方向提出了建议。结论 目前对生鲜食品控温不当问题的入手点多停留在物流运输系统和蓄冷剂的研究上, 对于包装保温材料的研究不多, 因此还需进一步加大力度开发新型无公害、功能性储运包装技术。

关键词: 冷链; 保温; 储运包装; 生鲜食品

中图分类号: TS206 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)19-0130-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.19.019

Research Progress of Storage and Transportation Packaging Technology of Fresh Food

ZHOU He, CHEN Jing-hua, WEI Qiu-lin, ZHANG Min, SUN Di-jing, SUN Zhen-hao

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

ABSTRACT: The work aims to study the application progress of storage and transportation packaging technology in fresh food cold chain logistics, and point out the existing problems. The biological nature of fresh food was analyzed. The basic packaging requirements of fresh food, the logistics model of fresh food, the types of packaging materials for fresh food and the research and development status of new functional storage and transportation packaging for fresh food were reviewed. Existing logistics model and packaging methods ensured the arrival quality of fresh food to a certain extent; however, they could not fully meet the needs of consumers. To better satisfy people's consumer demand, suggestions were put forward for the research direction of storage and transportation packaging technology of fresh food. At present, the starting point of improper temperature control of fresh food is mostly the research on logistics transportation system and cold storage agent, and there are few researches on packaging insulation materials. Therefore, it is necessary to strengthen the efforts to develop new pollution-free, functional storage and transportation packaging technology.

KEY WORDS: cold chain; insulation; storage and transportation packaging; fresh food

近年来我国生鲜电商市场持续火热, 有研究预计 2019 年市场消费规模将达 20 278 亿元。同时, 由于生鲜食品的易腐性, 我国生鲜食品的流通腐败率为

25%~30%, 仅水果、蔬菜每年损耗约 1200 万 t 和 1.3 亿 t^[1], 造成了极大的资源浪费。

目前我国生鲜食品采取的保质措施主要是低温

收稿日期: 2019-05-12

基金项目: 大学生创新活动计划 (XJ2019357)

作者简介: 周鹤 (1994—), 女, 上海理工大学硕士生, 主攻印刷包装材料、运输包装。

通信作者: 陈景华 (1970—), 女, 博士, 上海理工大学副教授, 主要研究方向为包装印刷材料。

贮运和气调贮运。生鲜食品显著的生物特性增加了生鲜电商的运营成本,限制了电商市场规模的扩大。许多欧美国家的冷链物流覆盖率已达 100%且其流通过程的货损率仅仅为 5%^[2],一方面是其冷链物流体系比我国完善,采取全方位控温贮运和先进的低温、气调储运方法,另一方面就是采用智能技术如 FRID^[3]、二维码等技术,对生鲜物流过程进行有效管理和监控。合适的储运包装可以有效降低生鲜食品的流通腐败率,减少生鲜食品受温度波动的影响,延长贮藏和保鲜期,因此合适的包装材料及方式对于生鲜食品的储运都非常重要。

1 生鲜食品对包装的要求

由于生鲜食品显著的生物特性^[4],其质量损失是不可逆的,因此生鲜的包装除了拥有适宜的力学性能,还要起到防腐保鲜的作用,通过包装可以为生鲜食品提供适宜的贮运微环境,低温、气调包装技术是目前我国用于生鲜保鲜运输的主要手段,具体包装要求有以下几个方面。

1) 优良的力学性能。在生鲜食品周转、堆码的过程中瓦楞纸箱发挥着积极的作用。瓦楞纸箱应当具有良好的承载能力,按照边压强度的 1.25 倍进行配纸时瓦楞纸板抗压强度可满足储运环境要求,在 -18℃,相对湿度 30%的冷藏环境下,根据 GB/T 653—2008,瓦楞纸板所需边压强度值为 3541 N/m,该温湿度条件下纸箱含水率将升高至 19%,边压强度下降 25%,故瓦楞纸板的实际边压强度值应达 4426 N/m^[5]。

2) 良好的保温性能。外界温度升高后与包装内部空气形成热对流,使得包装内部温度升高。温度波动时会促进细菌滋生,加快果蔬熟化,最终导致生鲜食品变质。不同的生鲜品类具有不同的适宜温度,温度控制在冷害点温度以上 0.5~1℃,相对湿度 90%~98%,这样的低温高湿环境可以减少果蔬水分蒸发,延缓成熟衰老^[6]。

3) 防水防潮。纸箱的力学性能受水分的影响较大,可将防水涂料(12~20 g/m²)涂布在纸板的里纸表面,面纸使用聚乙烯(PE)复合纸,该纸箱的吸水性仅为 2.56 g/m²,防水效果可达 2 年^[7]。或者是在纸箱的里纸上镀上一层厚度为 0.12~0.15 mm 的铝膜层,面纸上镀上 0.15~0.20 mm 厚度的 PE 膜层,纸箱防潮防水且具有良好的避光性。

4) 气调作用。通过改变包装或者贮藏内环境的气氛,使被包装食品处于异于空气的气氛条件下,从而延长贮藏保鲜期^[6]。以平菇为例,马加春^[8]等将平菇放置在功能集成包装内,发现 O₂、CO₂ 体积分数分别为 13%,4%,以及 O₂、CO₂ 体积分数分别为 16%,3%的气氛环境下,无花果的贮藏期由原来的 2 d 延长至 4 d 和 5 d。气调加低温是生鲜食品保鲜常用的有效手段。

2 生鲜食品的物流模式

生鲜食品因其生物特性跟易腐的特点,需在一定的低温环境下流通,生鲜的品质和流通环节的效率直接影响消费者的健康甚至生命安全。孙明明等^[9]提出为了提高流通环节的效率,将冷链运输的配送过程中的时间、温度和货损成本作为约束条件,建立冷链物流配送路径优化模型。

生鲜冷链物流模式主要有自营配送、第三方配送、共同配送这 3 种。

2.1 自营冷链物流模式

在运输配送过程中,自营冷链物流模式(见图 1)实行全程冷链管理,分拣和包装操作场地满足温度控制要求,装入温控箱运输,收派员通过保温袋配送^[10]。生鲜食品能否按时保质地交给消费者,是生鲜企业生存的关键,自营物流模式一直是资金雄厚、管理水平高的大型企业的首选。像京东跟顺丰优选一直拥有自己的自营物流,在这种模式下能够保证生鲜食品的配送服务质量,从而提高企业的核心竞争力。

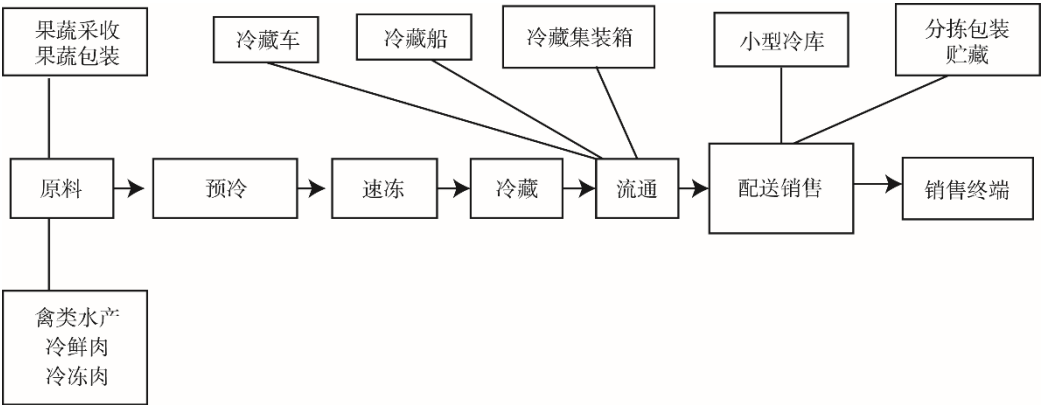


图 1 自营物流模式
Fig.1 Self-employed logistics model

2.2 第三方冷链物流模式

第三方冷链物流模式由第三方物流配送企业完成单环节的低温运输、仓储、信息管理服务。许多生鲜电商规模并不大,没有实力自建物流体系发展自身业务。国内以永辉、“黑猫宅急便”,国外以Thomson Group为代表的第三方冷链物流企业,专营冷链物流配送服务,提供高效率、低成本的综合服务方案^[11]。类似的第三方冷链物流资源就成为诸

多生鲜电商理想的物流合作伙伴^[11]。

2.3 共同配送冷链物流模式

共同配送又称共享第三方物流服务,多家企业根据消费者的分布情况联合起来由同一家冷链物流企业配送,见图2—3。如日本的九州模式等主要为了优化资源配置,集中服务某一社区,大大加快生鲜食品的流通速度,降低了生鲜食品的流通成本,缓解交通压力^[12]。

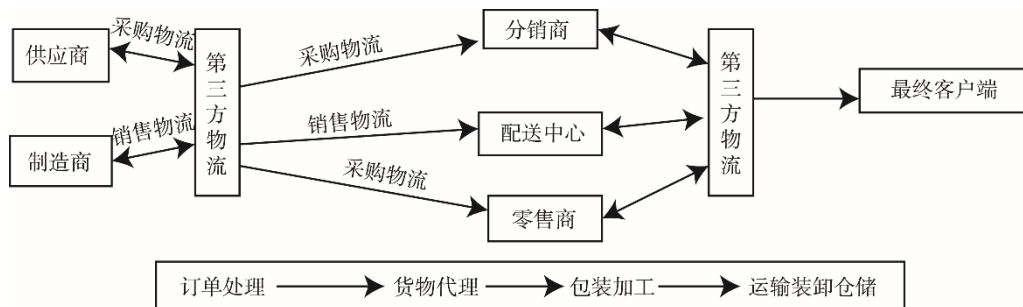


图2 第三方冷链物流模式

Fig.2 Third-party cold chain logistics model

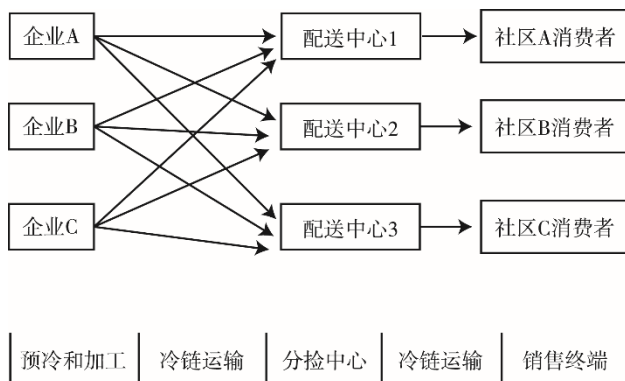


图3 共同配送冷链物流模式

Fig.3 Joint distribution cold chain logistics model

3 生鲜的包装材料

3.1 内包装

内包装能够为生鲜食品营造一个良好的微环境,生鲜的内包装主要有塑料薄膜包装、保鲜纸包装跟活性包装等。

3.1.1 塑料薄膜包装

生鲜食品的内包装常用塑料高分子材料,果蔬类常用的薄膜有 CO_2 和 O_2 渗透率高的低密度聚乙烯(LDPE)和线性低密度聚乙烯(LLDPE),禽肉类常用低透氧率的聚氯乙烯(PVC)、聚酯(PET)等^[13]。聚乙烯薄膜惰性极强,无毒无味,价格低廉,在生鲜果品中应用量最大,其最适宜的厚度为 $0.02 \sim 0.04 \text{ mm}$ ^[14];LLDPE的透气性稍低于LDPE,但结晶度比较好,流

延聚丙烯(CPP)具有拉伸强度、冲击强度、阻隔性能高等特点,CPP $_{30 \mu\text{m}}$ 薄膜包装的生鲜菌类有更低的质量损失率和更高的呼吸强度,能最大程度地保持菌类食品中可溶性固形物含量^[14]。

1) 硅窗气调薄膜。硅窗是由一种名为硅橡胶(以Si-O-Si为主链的半无机高弹体)的新型材料制成的。硅窗具有良好的透气性,其透气性比其他塑料薄膜的几千倍到几万倍,可主动进行气体交换调节,并能透过乙烯、醇、醛等多种对果品贮藏有害的气体。硅窗气调薄膜是将不同规格的硅窗镶嵌在塑料薄膜袋上,直接用于生鲜果品的内包装。

2) 抗氧化活性薄膜。迷迭香提取物、绿茶提取物、槲皮素^[16]、苹果多酚^[17]与原儿茶酸^[18]等均可作为抗氧化剂。生鲜食品经槲皮素复合膜包装后能获得较好的保鲜效果,可持续释放抗氧化能力和抗脂质氧化作用,Ruyu Bai等^[19]研究发现,以羧甲基壳聚糖为基材,加入7.5%(质量分数)的槲皮素,复合膜抗氧化效果最佳。此外,豆蔻精油、薄荷精油、将波耳多叶、姜黄提取物^[20]、肉桂、大蒜提取物、红提提取物等其他天然抗氧化剂对生鲜食品的保鲜有良好的效果。抗氧化膜在抑制生鲜氧化腐败、延长保质期等方面具有多重优势。

3) 微孔薄膜。美国园艺学家伯顿最早将微孔薄膜用于果蔬的内包装。微孔薄膜的孔径使得进入包装内的空气正好与果蔬的呼吸速率吻合,能够保证果蔬的正常呼吸又不致果蔬氧化,同时维持果蔬的水分。蔡金龙等^[21]总结得出微孔膜对大多数高呼吸速率的果蔬保鲜效果最好,并在一定程度上延长货架期,对

某些果蔬来说, 其他包装材料的贮藏保鲜效果比微孔膜包装更好。如钱炳俊等^[22]选用 25 和 35 μm 孔径跟普通聚乙烯袋包装茭白, 研究茭白在 $(2\pm 1)^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 90%~95%条件下贮藏 42 d 后的效果, 结果表明普通聚乙烯袋包装茭白保持了茭白的色泽和嫩度, 因此应当依据果蔬本身的生理特性选择适宜的内包装。

4) 纳米保鲜薄膜。纳米保鲜膜的力学性能、生物降解性能、抗菌性能都优于普通薄膜^[23]。纳米聚乙烯-银复合材料具有维持生鲜食品色泽、水分等优异效果。PVC 表面涂上一层纳米氧化锌粉末, 能够有效降低生鲜食品的腐烂率, 并且能够保持较好的果实品质^[24]。通过在等规聚丙烯薄膜中添加纳米碳酸钙, 可以有效降低 O_2 和 CO_2 的透气性, 聚乙烯与纳米银颗粒和纳米 TiO_2 复配后, 可制成双重抗菌复合薄膜, 对生鲜果品跟绿茶有着很好的保护作用。纳米技术的兴起为生鲜食品内包装领域提供了一些新方法^[25]。

3.1.2 保鲜纸包装

保鲜纸是指以经过特定化学试剂处理后的纸张作为载体, 在生鲜跟纸张之间形成一个“微环境”, 达到防腐保鲜、保湿、延缓生鲜营养物质含量下降的目的。大部分的保鲜纸是经 SO_2 硫化处理, 处理过的纸张可以降低生鲜食品的呼吸作用, 防止生鲜果皮发生褐变。王忠良等^[26]以壳聚糖 (CS) 和 AgNO_3 为原料, 以 NaBH_4 为还原剂, 制备了载银壳聚糖 (Ag-CS) 保鲜纸, 在樱桃番茄的实际应用中有利于减少果蔬的营养物质的流失, 从而延长果蔬的贮藏时间。董玉兰等^[27]用枯草芽孢杆菌 BSD-2 代谢产物制成保鲜纸, BSD-2 可以产生抗生素、细菌素、溶菌酶等, 能抑制或杀死果蔬中的有害微生物, 或与有害微生物竞争果蔬中的糖类等营养物质。

3.1.3 活性包装

活性包装是指改变包装的内部环境, 以包装材料为载体, 释放挥发性腐蚀抑制剂、抗氧化剂、抗菌剂和酶类等活性物质, 抑制微生物的生长, 通过调控活性物质的释放速率控制活性物质的有效期^[28], 阻止生鲜食品氧化腐败, 维持食品的品质和安全, 进而延长生鲜的货架期^[29]。据 Freedonia Group 的一份报告显示, 预计 2019 年美国对活性包装的需求将每年增长 7.3%, 达到 40 亿美元, 远高于包装行业的平均水平。活性包装除了起到保护产品的作用, 还能对包装内部进行湿度控制, 与智能技术相结合能够指示产品的状态及产品的信息变化。随着时间-温度指示器和智能标签产品的普及, 活性智能包装的需求将呈现更快的增长速度。

3.1.4 保湿包装

保湿包装能够维持内包装产品的含水量。壳聚

糖、明胶、丝素蛋白、海藻酸钠等天然保湿材料均可用于制作保湿包装。壳聚糖具有良好的抗菌效果, 以及良好的保湿性能、吸附性和成膜性能, 这些特性能够为生鲜营造良好的储运微环境。将壳聚糖与明胶共混制成薄膜^[30], 可以提高共混膜的断裂伸长率跟韧性, 延长共混膜的使用寿命。海藻酸钠、卡拉明胶与壳聚糖复合材料应用于生鲜包装的研究较多, 将壳聚糖和丝胶按质量比 4:6 添加到纸浆中, 可制成高强度保湿纸, 同时提高了纸张的柔韧性跟紧密度^[31]。天然保湿材料的研究为改进保湿包装技术提供了新途径。

3.2 外包装

3.2.1 瓦楞纸箱

瓦楞纸箱作为储运包装具有良好的力学性能, 耐冲击, 耐摩擦, 抗压能力适宜, 能够安全有效地保护内装物, 在生鲜储运包装中占比为 80%。近年来, 一些新型功能性瓦楞纸箱在生鲜运输中获得了良好的应用, 其原理是将瓦楞纸板与其他功能型材料复合, 综合各材料的性能优势。瓦楞纸箱主要有隔热、抗菌、气调和防渗入等类型。

塑料薄膜复合瓦楞纸板结构见图 4, 在面纸中间或底纸上复合一层塑料薄膜, 同时在纸箱中放置少量活性炭等吸附剂, 能保持生鲜食品处于比较稳定的温度、湿度和气氛环境中。传统薄膜的透气性差, 功能局限, 通常使用改性后的薄膜, 如路洪艳等^[32]利用纳米 TiO_2 对 LDPE 进行改性, 制备了能快速形成高 CO_2 低 O_2 气体环境的 LDPE 膜, 将改性 LDPE 膜用于山核桃储藏研究中, 发现经过纳米 TiO_2 改性的 LDPE 膜能有效抑制山核桃的脂质氧化。樊卫华等^[33]分别用钛酸酯偶联剂和硬脂酸改性纳米氧化锌 (ZnO) 粉体并与 LDPE 熔融共混后吹塑成膜。当 ZnO 粉体的质量分数为 6% 时, 所制得的薄膜对大肠杆菌的抗菌性能分别高达 90.9% 和 90.6%。

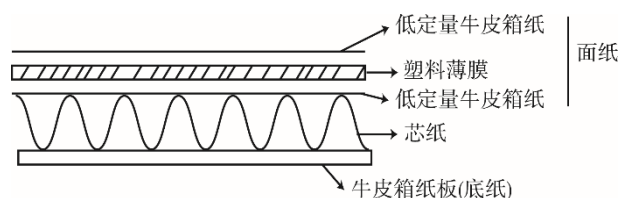


图 4 塑料薄膜复合瓦楞纸板

Fig.4 Composite corrugated board of plastic film

镀铝塑料复合瓦楞纸板结构见图 5, 镀铝薄膜能够增加瓦楞纸板的阻隔性能。不同的复合结构有不同的功能效果: 复合在面纸或里纸外, 纸箱具有良好的保鲜性能, 能够维持面纸的原貌; 同时复合在面、里纸外, 纸箱的保鲜性能良好, 具有低温冷藏和耐湿防水功能。李振宇等^[34]通过对真空镀铝工艺的改性, 降低镀膜温度, 预先提高靶材纯度 ($\geq 99.9\%$) 和真空度

(mPa), 制备出了超薄双面镀铝聚酯薄膜, 其太阳吸收比为 0.09, 半球发射率为 0.04, 具有良好的热物性及耐辐照性能。

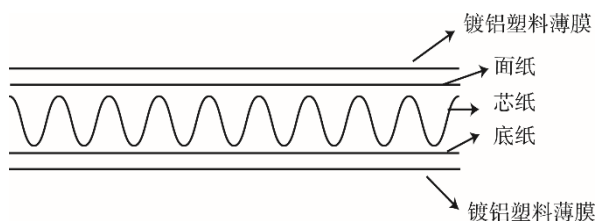


图5 镀铝塑料复合瓦楞纸板

Fig.5 Aluminized plastic composite corrugated board

二氧化硅填料粉纸板结构见图6, 在制浆配方中加入 SiO_2 (多为白硅石) 多孔型粉剂制备里纸, 白硅石粉可吸附果蔬散发出的乙烯气体, 其吸附性能优于活性炭、稀土锆等。肖功年等^[35]以白石硅粉为涂料、质量分数为 0.8% 的乳酸链球菌素和 0.5% 的纳他霉素为溶液涂层涂布纸板内层, 研究表明, 该种瓦楞纸板能够有效延缓水蜜桃的呼吸速率, 减小果实的质量损失, 保持水蜜桃的风味。

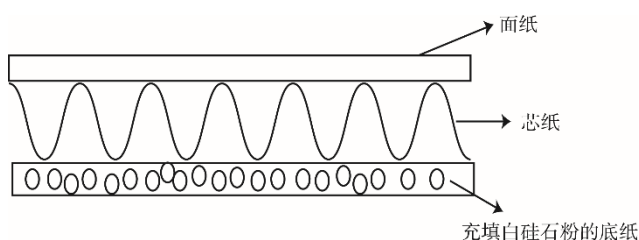


图6 二氧化硅填料粉纸板

Fig.6 Silicon dioxide packing powder board

3.2.2 保温运输箱

保温运输箱在冷链物流冷藏运输和配送中发挥着极为重要的作用^[36], 通常将运输保温箱与蓄冷型冰袋结合使用, 进行生鲜品的长途或短途运输。

傅仰泉等^[37]选取甘露醇 (6%)、 Na_2CO_3 (2%)、硼砂 (2%) 和羧甲基纤维素钠 (2%) 配置环保冰袋, 从草莓的色泽、气味、pH 值等方面进行分析, 所配置的蓄冷剂可以保证草莓在运输过程中的品质和口感, 含蓄冷剂的保温箱能维持箱内温度 10°C 以下 9.7 h。

运输包装保温材料的导热系数及结构会直接影响生鲜运输包装的保温性能, 冷链物流中常见保温材料有发泡聚苯乙烯 (EPS)、发泡聚丙烯 (EPP)、发泡聚氨酯 (EPU)、真空隔热板 (VIP) 等^[38], 其导热系数分别为 $0.032 \sim 0.042$, $0.042 \sim 0.053$, $0.02 \sim 0.03$, $0.003 \sim 0.004 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

王达等^[36]研制了一种真空绝热板和聚氨酯复合结构 (VIP+PU) 的蓄冷保温箱, 通过建立数学模型和实验得出, VIP+PU 结构的保温箱较传统 EPS 保温箱的

保温性能提高 5 倍。潘欣艺等^[39]构建了挤塑聚苯乙烯 (XPS)、EPU 与 VIP 的保温箱基本模型, 运用有限元法及 Fluent 进行热流耦合分析, 得出 VIP 保温箱内温度最接近蓄冷剂相变温度值, 且温度场分布最均匀。Bjorn 等^[40]研究了温度波动的预测方法, 建立了一种模型预测 EPS 保温箱中生鱼片的温度波动。朱宏等^[41]研究了不同环境温度对保温箱保温性能的影响, 得出了单一的保温箱的保温方式不足以应付不同的环境温度。Radovan 等^[42]建立了一种保温箱内热量传递的数学模型, 以 EPS 保温箱为例验证了模型的准确性。

4 结语

从生鲜食品的生物特性出发, 概括了生鲜对储运包装的要求, 分析了现有的物流模式, 梳理了近年来生鲜食品贮运包装相关的文献, 在现有冷链物流配送体系的保障下, 生鲜食品的品质提高了许多, 在一定程度上保障了生鲜食品的品质, 但仍未完全满足生鲜食品的储运要求, 因此还需要开发高效的生鲜储运包装技术。

可以从以下几个方面进行研究: 研发新型的隔热包装材料、新型耐低温材料, 通过包装材料的改进, 减少温度波动对生鲜品质的影响, 解决生鲜保鲜难的问题; 进一步开发气调包装、智能包装、活性包装等新型绿色功能性保鲜包装技术; 进一步降低储运包装的成本, 以提高竞争力。随着消费者对生鲜产品品质和服务质量的要求日益提高, 生鲜产品品质控制愈发重要, 生鲜产品的储运包装技术与各种新型的包装材料相结合, 必将成为生鲜产品保鲜的必然趋势。

参考文献:

- [1] 胡滢. 基于绿色供应链的鲜蔬鲜果冷链物流效率分析[J]. 中国农业资源与区划, 2015, 36(5): 172—176.
HU Ying. Analysis of Cold Chain Logistics Efficiency of Fresh Vegetable and Fresh Fruit Based on Green Supply Chain[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2015, 36(5): 172—176.
- [2] 管佳佳, 王涛. 中国铁路运输与全程冷链物流相结合发展的前景探讨[J]. 冷藏技术, 2018, 41(1): 46—50.
GUAN Jia-jia, WANG Tao. The Prospect of the Combination of Railway Transportation and the Whole Process Cold Chain Logistics in China[J]. Journal of Refrigeration Technology, 2018, 41(1): 46—50.
- [3] 马也骋. 基于 RFID 技术的生鲜品电商包装系统设计[J]. 食品与机械, 2018, 34(1): 100—103.
MA Ye-cheng. Design on System for Fresh Products'

- E-commerce Packing by RFID[J]. Food & Machinery, 2018, 34(1): 100—103.
- [4] 邹毅峰, 谢如鹤, 刘广海. 生鲜食品的品质动力学模型研究综述[J]. 包装工程, 2015, 36(15): 9—15.
ZOU Yi-feng, XIE Ru-he, LIU Guang-hai. Review on Quality Kinetic Model for Fresh Food[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(15): 9—15.
- [5] 唐静静, 徐雪萌. 冷冻食品包装用瓦楞纸箱结构设计研究[J]. 包装工程, 2011, 32(9): 37—39.
TANG Jing-jing, XU Xue-meng. Research on Structure Design of Corrugated Box for Frozen Food[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(9): 37—39.
- [6] 云雪艳. 高韧性、高选择透过性聚乳酸薄膜的制备及其对果蔬的气调保鲜效果[D]. 内蒙古: 内蒙古农业大学, 2017: 1—212.
YUN Xue-yan. High Toughness and Permselective Poly (lactic acid) Membranes and Its Beneficial Effect of MAP Packaging of Fruits and Vegetables[D]. Inner Mongolia: Inner Mongolia Agricultural University, 2017: 1—212.
- [7] 王悦. 基于 PE 复合工艺的冷冻水产瓦楞纸箱[J]. 中国包装, 2018(38): 65—68.
WANG Yue. Refrigerated Aquatic Corrugated Box Based on PE Compound Process[J]. China Packaging, 2018(38): 65—68.
- [8] 马加春. 功能集成包装在常温下无花果保鲜中的应用[J]. 食品科技, 2019(44): 64—70.
MA Jia-chun. Application of Function Integrated Fresh-keeping Package on Preservation of Figs at Room Temp[J]. Food Science and Technology, 2019(44): 64—70.
- [9] 孙明明, 张彦辰, 林国龙, 等. 生鲜农产品冷链物流配送问题及其路径优化[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(11): 282—285.
SUN Ming-ming, ZHANG Yan-chen, LIN Guo-long, et al. Cold Chain Logistics Distribution of Fresh Agricultural Products and Its Path Optimization[J]. Jiangsu Agricultural Science, 2017, 45(11): 282—285.
- [10] 张夏恒. 生鲜电商物流现状、问题与发展趋势[J]. 贵州农业科学, 2014, 42(11): 275—278.
ZHANG Xia-heng. Current Situation, Problems and Development Trend about the Logistics of Fresh Product E-commerce[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2014, 42(11): 275—278.
- [11] 周海霞. 国外农产品冷链物流一体化经验及借鉴[J]. 世界农业, 2016(5): 18—22.
ZHOU Hai-xia. Experience on the Integration of the Cold-chain Logistics in the Foreign Countries and the Reference[J]. World Agriculture, 2016(5): 21—22.
- [12] 刘怡君, 彭频. 发达国家共同配送政策措施和发达国家共同配送政策措施和发展模式分析与借鉴[J]. 企业管理, 2015(3): 175—178.
LIU Yi-jun, PENG Pin. Analysis and Reference of Common Distribution Policy Measures and Development Model in Developed Countries[J]. Enterprise Economy, 2015(3): 175—178.
- [13] 张孝利, 李学工. 电商冷链保鲜包装标准化研究[J]. 标准科学, 2018(8): 102—105.
ZHANG Xiao-li, LI Xue-gong. Study on the Standardization of E-commerce Cold Chain Fresh-keeping Packaging[J]. Standard Science, 2018(8): 102—105.
- [14] 蒋依辉, 刘伟, 袁沛元, 等. 荔枝保鲜包装技术研究[J]. 包装工程, 2016, 37(15): 95—101.
JIANG Nong-hui, LIU Wei, YUAN Pei-yuan, et al. Research Progress of Fresh-keeping Packaging Technology of Litchi[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(15): 95—101.
- [15] 付海娇, 周晓庆, 应丽莎, 等. 不同包装薄膜对生鲜香菇品质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(8): 303—307.
FU Hai-jiao, ZHOU Xiao-qing, YING Li-sha, et al. Effects of Packaging Films on the Quality of Fresh Lentinus Edodes[J]. Food Science, 2013, 34(8): 303—307.
- [16] LIU J, WANG X, YONG H, et al. Preparation, Characterization, Digestibility and Antioxidant Activity of Quercetin Grafted Cynanchum Auriculatum Starch[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018(114): 130—136.
- [17] SUN L, SUN J, CHEN L, et al. Preparation and Characterization of Chitosan Film Incorporated with Thinned Young Apple Polyphenols as an Active Packaging Material[J]. Carbohydrate Polymers, 2017(163): 81—91.
- [18] LIU J, LIU S, WU Q, GU Y, et al. Effect of Protocatechuic Acid Incorporation on the Physical, Mechanical, Structural and Antioxidant Properties of Chitosan Film[J]. Food Hydrocolloids, 2017(73): 90—100.
- [19] KALAYCIOGLU Z, TORLAK E, AKIN-EVINGUR G, et al. Antimicrobial and Physical Properties of Chitosan Films Incorporated with Turmeric Extract[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2017(101): 882—888.
- [20] BAI Ru-yu, ZHANG Xin, YONG Hui-min, et al. Development and Characterization of Antioxidant Active Packaging and Intelligent Al³⁺-sensing Films Based on Carboxymethyl Chitosan and Quercetin[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019 (126): 1074—1084.
- [21] 蔡金龙, 王欲翠, 周学成, 等. 微孔膜果蔬气调保鲜研究进展[J]. 食品工业科技, 2017, 38(16): 318—329.
CAI Jin-long, WANG Yu-cui, ZHOU Xue-cheng, et al.

- Advances in Studies on Modified Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables With Micro-perforated Film[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(16): 318—329.
- [22] 钱炳俊, 邓云, 陈骏, 等. 不同直径微孔保鲜袋保鲜茭白效果研究[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 215—236.
- QIAN Bing-jun, DENG Yun, CHEN Jun, et al. Quality Assessment of Few-flower Wildrice Packed with Perforated Polypropylene Bag with Different Orifice Diameter During Cold Storage[J]. Packaging and Food Machinery, 2011, 27(6): 215—236.
- [23] BASU A, KUNDU S, SANA S, et al. Edible Nano-bio-composite Film Cargo Device for Food Packaging Applications[J]. Food Packaging Shelf Life, 2017(11): 98—105.
- [24] LOPEZ-DE-DICASTILLO C, GOMEZ-ESTACA J, CATALA R, et al. Active Antioxidant Packaging Films: Development and Effect on Lipid Stability of Brined Sardines[J]. Food Chemistry, 2012(131): 1376—1384.
- [25] KAMKAR A, JAVAN A J, ASADI F, et al. The Antioxidative Effect of Iranian Mentha Pulegium Extracts and Essential Oil in Sunflower Oil[J]. Food and Chemical Technology, 2010(48): 1796—1800.
- [26] 王忠良, 袁亚东, 葛红岩, 等. 载银壳聚糖涂布纸对樱桃番茄保鲜包装效果的影响[J]. 中国造纸, 2016, 35(7): 30—34.
- WANG Zhong-liang, YUAN Ya-dong, GE Hong-yan, et al. Fresh Preservation Effect of Silver-carried Chitosan Coated Paper on Cherry Tomato[J]. China Pulp & Paper, 2016, 35(7): 30—34.
- [27] 董玉兰, 李书生, 张丽萍, 等. 生物型保鲜纸对中华寿桃的保鲜效果[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(11): 343—345.
- DONG Yu-lang, LI Shu-sheng, ZHANG Li-ping, et al. Fresh-keeping Effect of Biological Fresh-keeping Paper on Chinese Birthday Bun with Bean Paste Filling[J]. Jiangsu Agricultural Science, 2015, 43(11): 343—345.
- [28] 陈晨伟, 王佳熙, 杨福馨, 等. 活性包装薄膜中活性物质缓释技术研究进展[J]. 食品与机械, 2019, 35(1): 6—11.
- CHEN Chen-wei, WANG Jia-xi, YANG Fu-xin, et al. Research Progress on the Controlled Release Technology of Active Compounds from Active Packaging Film[J]. Food and Machinery, 2019, 35(1): 6—11.
- [29] 杨春香, 王易芬, 李立. 活性包装释放控制的研究进展[J]. 食品工业科技, 2016, 37(22): 389—393.
- YANG Chun-xiang, WANG Yi-fen, LI Li. Progress in Controlled Release for Active Packaging[J]. Science and Technology of Food, 2016, 37(22): 389—393.
- [30] 姚云真, 黄雅钦. 壳聚糖季铵盐/明胶共混抗菌膜的小性能研究[J]. 明胶科学与技术, 2016(3): 146—153.
- YAO Yun-zhen, HUANG Ya-qin. Study on Small Properties of Chitosan Quaternary Ammonium Salt/Gelatin Blend Antibacterial Membrane[J]. The Science and Technology of Gelatin, 2016(3): 146—153.
- [31] 孙金煜, 田泽华, 陆晨阳, 等. 丝胶和壳聚糖改善再生纸强度的研究[J]. 化工新型材料, 2018(9): 270—273.
- SUN Jin-yu, TIAN Ze-hua, LU Chen-yang, et al. Improved Recycled Paper by Silk Fibroin and Chitosan[J]. New Chemical Materials, 2018(9): 270—273.
- [32] 路洪艳, 李莉, 罗自生. 纳米 TiO₂ 改性低密度聚乙烯包装保持山核桃贮藏品质[J]. 农业工程学报, 2017(3): 288—293.
- LU Hong-yan, LI Li, LUO Zi-sheng. Storage Quality of Hickory by Nano-TiO₂ Modified Low-density Polyethylene Package[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017(3): 288—293.
- [33] 樊卫华, 张臻臻, 张悦, 等. 不同改性剂对 PE-LLD/纳米 ZnO 复合抗菌薄膜性能的影响[J]. 工程塑料应用, 2017(10): 30—45.
- FAN Wei-hua, ZHANG Zhen-zhen, ZHANG Yue, et al. Effect of Modifiers on Properties of PE-LLD/Nano-ZnO Antibacterial Composite Films[J]. Engineering Plastics Application, 2017(10): 30—45.
- [34] 李振宇, 范宇峰, 刘铖, 等. 国产超薄双面镀铝聚酯薄膜的工艺改进和热物性研究[J]. 表面技术, 2018, 47(9): 219—222.
- LI Zhen-yu, FAN Yu-feng, LIU Cheng, et al. Thermal Properties and Process Improvement of Domestic Ultrathin Aluminized Polyester Films[J]. Surface Technology, 2018, 47(9): 219—222.
- [35] 肖功年, 沙力争, 严玲燕, 等. 内层涂保鲜剂纸板包装盒对水蜜桃的保鲜效果[J]. 农业工程学报, 2012(6): 271—277.
- XIAO Gong-nian, SHA Li-zheng, YAN Ling-yan, et al. Fresh-keeping Effect of Inner Coating Fresh-preservation Agent Paperboard Packing Box on Peach[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012(6): 271—277.
- [36] 王达, 吕平, 贾连文, 等. 不同隔热材料对桃子蓄冷保温运输效果及品质影响的研究[J]. 食品科技, 2018, 43(2): 58—63.
- WANG Da, LYU Ping, JIA Lian-wen, et al. Investigation on the Storage Effect and Nutritional Quality of Peach in Cold Storage Containers Transportation with Different Insulation Materials[J]. Food Science and Technology, 2018, 43(2): 58—63.
- [37] 傅仰泉, 张帆, 李聿乔, 等. 环保蓄冷剂的制备与包装应用[J]. 包装与食品机械, 2018, 36(3): 26—30.

- FU Yang-quan, ZHANG Fan, LI Yu-qiao, et al. Preparation and Packaging Application of Environmental Protection Cold Storage Agent[J]. Packaging and Food Machinery, 2018, 36(3): 26—30.
- [38] 李杰瑞, 武吉梅. 蓄冷保温箱技术的应用探讨[J]. 印刷技术, 2018(1): 49—51.
- LI Jie-rui, WU Ji-mei. Discussion on the Application of Cold Storage and Insulation Box Technology[J]. Printing Technology, 2018(1): 49—51.
- [39] 潘欣艺, 王冬梅, 朱宏. 保温材料对保温箱内温度场的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(8): 115—118.
- PAN Xin-yi, WANG Dong-mei, ZHU Hong. Study on Temperature Field of Different Materials in Incubator[J]. Food and Machinery, 2018, 34(8): 115—118.
- [40] MARGEIRSSON B, PALSSON H, GOSPAVIC R, et al. Numerical Modelling of Temperature Fluctuations of Chilled and Superchilled Cod Fillets Packaged in Expanded Polystyrene Boxes Stored on Pallets under Dynamic Temperature Conditions[J]. Journal of Food Engineering, 2012(113): 87—99.
- [41] 朱宏, 王冬梅, 潘欣艺. 不同外界环境温度下保温箱保温性能的研究[J]. 包装与食品机械, 2018, 39(34): 9—12.
- ZHU Hong, WANG Dong-mei, PAN Xin-yi. Research on Heat Insulation Performance of Medical Incubator under Different External Ambient Temperatures[J]. Packaging and Food Machinery, 2018, 39(34): 9—12.
- [42] GOSPAVIC R, MARGEIRSSON B, POPOV V. Mathematical Model for Estimation of the Three-dimensional Unsteady Temperature Variation in Chilled Packaging Units[J]. International Journal of Refrigeration, 2012 (35): 304—317.