

预制方便食品包装技术与装备

预制菜包装技术的研究进展

张智宏¹, 杨逸凡¹, 韩新阳¹, 王博¹, 肖仁耸², 王慧英³, 马海乐¹, 高献礼¹

(1.江苏大学 食品与生物工程学院, 江苏 镇江 212013; 2.宿迁市汇味食品有限公司, 江苏 宿迁 223900; 3.广东御膳厨食品科技有限公司, 广东 阳江 529800)

摘要: 目的 介绍预制菜的包装技术, 并对预制菜包装技术的发展进行展望, 以为预制菜产业发展提供借鉴和参考。方法 总结不同预制菜的特点, 分析真空包装和气调包装技术在不同预制菜领域中的应用现状和存在问题, 阐明其在预制菜包装中的发展方向。结果 可以通过向包装材料中增加生物活性成分, 以及包装设备的机械化和智能化延伸, 提升预制菜的产品品质、食用安全性和货架期。结论 活性包装技术以及智能化技术在预制菜包装领域的广泛应用势必会推动预制菜产业的可持续高质量发展, 为提高预制菜品质和食用安全性提供借鉴和参考。

关键词: 预制菜; 包装技术; 真空包装; 气调包装; 发展趋势

中图分类号: TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)09-0001-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.09.001

Research Progress on Packaging Technology of Prepared Food

ZHANG Zhi-hong¹, YANG Yi-fan¹, HAN Xin-yang¹, WANG Bo¹, XIAO Ren-song²,
WANG Hui-ying³, MA Hai-le¹, GAO Xian-li¹

(1. School of Food and Biological Engineering, Jiangsu University, Jiangsu Zhenjiang 212013, China;

2. Suqian Huiwei Food Co., Ltd., Jiangsu Suqian 223900, China; 3. Guangdong Yushanchu Food Technology Co., Ltd., Guangdong Yangjiang 529800, China)

ABSTRACT: The work aims to introduce the packaging technology of prepared food and prospect the development of the technology, in order to provide reference for the development of prepared food packaging industry. The characteristics of different prepared food were summarized, the current situation and problems of the application of vacuum packaging and gas conditioning packaging technologies in different kinds of prepared food were analyzed, and their development directions in the packaging of prepared food were clarified. The quality, edible safety, and shelf life of prepared food could be improved by adding bioactive ingredients to the packaging materials and promoting mechanization, and intelligent extension of packaging equipment. In summary, the widespread application of active packaging technology and intelligent technology in the field of prepared food packaging is bound to promote the sustainable and high-quality development of the prepared food industry, and will provide reference for the quality and edible safety of prepared food.

KEY WORDS: prepared food; packaging technology; vacuum packaging; gas conditioning packaging; development tendency

预制菜是将一种或多种食品原料(肉类、水产和蔬菜等),按照标准加工流程,配以或不配以包括食品添加剂在内的调味料等辅料,经预加工和/或预烹调制,并进行预包装的成品或半成品的预制食品^[1]。因此,预

收稿日期: 2023-03-22

基金项目: 国家自然科学基金(32101893); 泗洪县科技创新专项(H202007)

作者简介: 张智宏(1987—),男,博士,讲师,主要研究方向为天然色素物理改性研究及食品活性膜开发。

通信作者: 马海乐(1963—),男,博士,教授,主要研究方向为食品物理加工的理论研究与技术开发;高献礼(1979—),男,博士,副教授,主要研究方向为调味品及食品风味化学。

制菜可以被认为是将厨房烹饪的菜肴通过现代食品工业加工生产并通过合适的包装和贮藏的菜肴。随着社会和科技的进步,人们消费观念的转变以及一些突发公共卫生事件催生的“宅经济”的发展,促进我国预制菜产业进入了快速发展阶段。据艾媒咨询报道,2021年我国预制菜市场规模达到3 459亿元,预计到2026年预制菜市场规模将突破1万亿元^[2]。然而,随着预制菜市场的高速发展,预制菜的安全性事件也时常发生,备受消费者的关注^[3-4]。预制菜包装技术作为预制菜加工生产的重要环节,对预制菜的品质、食用安全性和货架期等方面发挥重要的作用^[5-7]。因此,本文通过介绍预制菜的包装技术,并对预制菜包装技术的发展进行展望,以期为预制菜产业发展提供借鉴和参考。

1 预制菜的分类及其特点

预制菜可以根据原料来源、加工程度、产品生熟程度、贮存方式等多个维度对其进行分类,根据最常用划分依据,即根据预制菜食用方式将其分为即食食品、即

烹食品、即热食品和即配食品四大类,具体内容见表1所示^[8]。从表1可以看出,根据预制菜食用方式的不同,预制菜产品所需要的加工程度也有所差异,不同预制菜类型加工流程如图1所示。由于预制菜加工程度的差异会导致产品的质量和贮藏稳定性存在差异,如即食食品的生产过程均在食品加工工厂完成,缩短了原料到成品的运输过程和贮藏时间,并且能利用较餐厅(B端)和家庭(C端)更为完整和先进的加工工艺、包装技术和食品安全检测系统,导致最终预制菜产品的品质更佳,而即配预制菜加工过程少,且在消费前需要贮藏,在一定程度上降低了产品贮藏稳定性^[9-11]。此外,相较于即烹和即配预制菜,即食和即热预制菜加工过程中已经通过烹调工艺(高温处理),能最大程度地杀灭食物中微生物和氧化酶活性,且添加了食品香辛料和调味料,通过增加了食品抑菌、抗氧化成分(植物精油、多酚、多糖等)和改变了食品的环境(pH、水分活度、离子强度等),能有效地抑制贮藏期间微生物的滋生和食品酶致变质现象的发生,保持了食品贮藏的稳定性,延长了食品的货架期^[12-14]。

表1 预制菜的分类及特点
Tab.1 Classification and characteristic of prepared food

类型	定义	特点	举例
即食食品	开封后可直接食用的产品	无须再加工	罐头、风味豆腐干、牛肉干、即食凤爪等
即热食品	开封后经过加热即可以食用的产品	需要加热处理	速冻面制品、火锅料、方便食品等
即烹食品	开封后即可进行烹调操作的半成品	需要简单烹饪过程来恢复产品原味	鱼香肉丝、宫保鸡丁、东坡肘子、麻婆豆腐等
即配食品	经过筛选、清洗、灭菌等初步加工过程,并配以或不配以辅料的半成品	需完整的烹调过程来形成特有的风味和口感	煲汤组合包、炒菜组合包等



图1 预制菜加工流程
Fig.1 Flow chart of prepared food processing

2 预制菜包装技术

2.1 真空包装技术

真空包装技术也称减压包装,是将食品放入气密性包装容器中,抽去容器内的空气,使密封后的容器内达到预定真空度而形成低氧环境,起到抑制微生物生长,延缓食品成分氧化变质,进而延长食品货架期的作用^[15]。真空包装过程中选择的气密性材料主要包括聚酯类(PET)、聚酰胺/聚乙烯(PA/PE)复合膜、铝箔复合膜(PET/AL/PE)等,其具有耐高温、力学性能良好、防水、阻氧等特性^[16]。

目前,真空包装机械有机械挤压式、插管式、室式和热成型式等类型,具体真空包装过程如图 2 所示。虽然,真空包装可以保持较低的氧分含量,但是该技术对于脆性食品、易结块食品、含有尖刺且较硬的食物以及新鲜果蔬不宜使用。此外,真空包装后食物仍然存在一定的水分和氧气,对厌氧性微生物抑制效果较差,仍然存在安全风险。因此,近些年通过改善真空包装材料、杀菌方式等方法提高真空包装技术的保存效果和应用范围。胡秀虹等^[17]研究了不同微生物控制技术(低温冷藏、巴氏灭菌和⁶⁰Co γ 辐照灭菌)对真空包装即食食品腌制韭菜根的保质期和品质特性影响,结果表明巴氏杀菌(85 °C、15 min)和⁶⁰Co γ 辐照灭菌(7 kGy/min)虽然可以有效杀菌,但会使样

品感官品质降低,而低温冷藏(4 °C)可以保持良好的感官品质至 180 d。刘达玉等^[18]则通过采用TiO₂和SiO₂复合纳米薄膜真空冷却包装即配食品杏鲍菇。结果表明该方法能有效保持杏鲍菇贮藏期(40 d)的风味品质。Hanani等^[19]采用银-高岭石活性薄膜包裹即配食品牛肉后采用真空包装。结果表明,该方法对牛肉的pH以及色泽无影响,相较于仅采用真空包装样品,其提高了对嗜冷细菌和总需氧微生物的抑制活性,延长了牛肉的贮藏品质和货架期。此外,Olaimat等^[20]将壳聚糖-纳米ZnO(1.0%)薄膜应用于即食食品和即烹食品的配料白色盐泽奶酪后,采用低密度聚乙烯(LDPE)真空袋进行真空包装。结果表明,该包装材料在10 °C或4 °C贮藏条件下,能够分别降低产品表面单核增生乳杆菌数量1.5log(CFU/g)和3.7log(CFU/g),有效地提高了奶酪的贮藏稳定性。然而,关于纳米抗菌成分和活性成分在食品包装过程中的迁移情况,以及它们进入食品是否会发生化学变化从而对人体健康造成危险等方面的研究较少,需要深入探索。

2.2 气调包装技术

气调包装是一种利用 2 种及以上气体组成的混合气体取代包装容器中的空气,通过抑制微生物生长繁殖从而达到延长食品贮藏期和提高食品保鲜目的的包装技术^[21]。常用的气体主要包括二氧化碳、氮气和氧气。其中二氧化碳可以抑制大多数需氧菌和霉菌,氧气

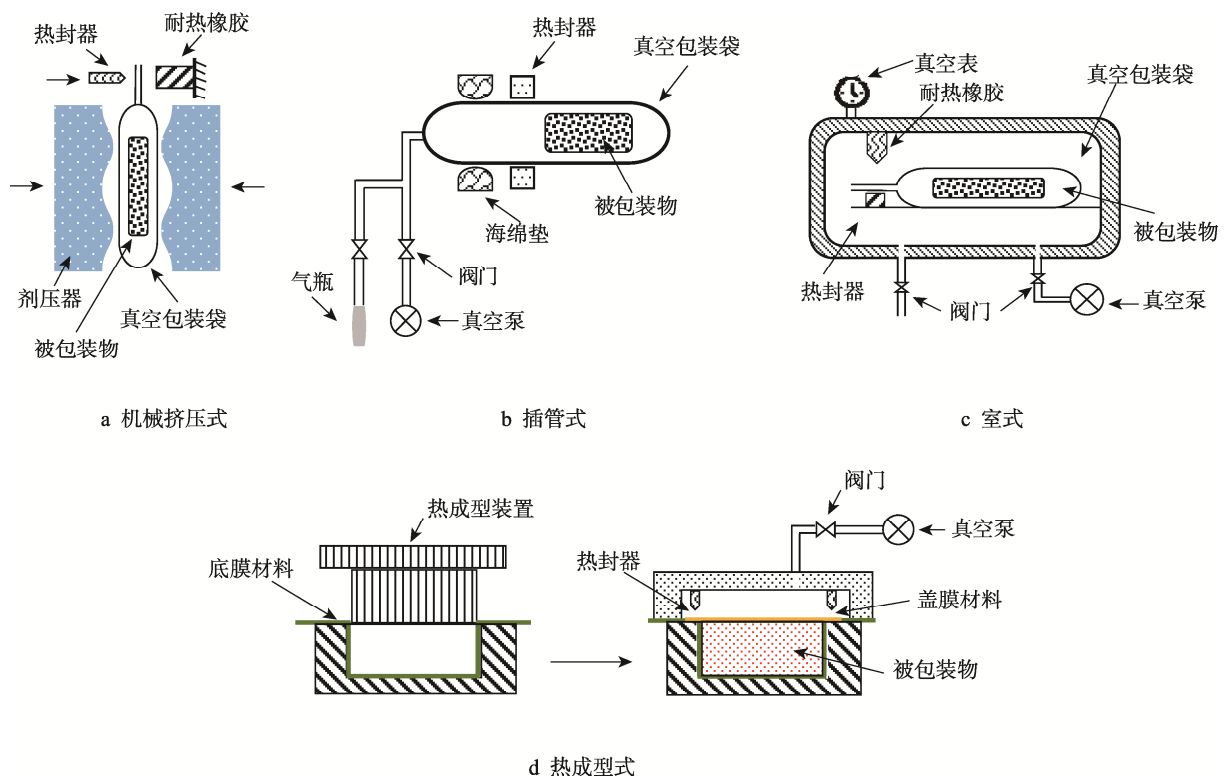


图 2 不同类型真空包装过程示意图

Fig.2 Schematic diagram of different types of vacuum packaging process

可以保持肉类和果蔬的新鲜度以及抑制厌氧菌的生长,而氮气为惰性气体,主要作为充填气体^[22-23]。目前,大量研究已经证明通过气调包装能够延缓果蔬、鲜肉、海鲜等即配食品的货架期,提高贮藏期间的品质^[24-28]。此外,近些年气调包装也成功地应用于即热和即食食品的保藏过程中,如黄焖鸡、狮子头、牛肉干、五香牛肉等^[29-32]。然而,气调包装也存在着随着保存时间的延长气体组分会不断改变,导致保鲜效果降低的现象。此外,对于不同类型的食材,所需要的混合气体以及气体组成也存在明显差异。预制菜一般含有多种不同的食材,需要通过大量实验来确定最佳气体组成,造成气调包装预制菜的难度加大,这可能与不同食材代谢途径、代谢强度以及存在微生物种类差异有关^[33-34]。因此,对预制菜进行气调包装之前需要进行杀菌预处理,来杀灭预制菜原料中的微生物和氧化酶类,提高气调包装效果,一般采用热杀菌过程,如巴氏杀菌、蒸汽高温杀菌。相较于传统热杀菌技术,非热加工技术对食品进行杀菌处理时,不会造成温度的显著提高($\leq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$),最大限度地保留了食品成分,并且对食品质地、风味不会带来影响。因此,近些年为了提高气调包装的效果,结合一些非热加工技术对预制菜尤其即配食品进行预处理,如低温等离子体、静高压、脉冲电场等,然后再采用新型包装材料进行气调包装获得了较好的保鲜效果^[25, 30, 35-37]。

目前气调包装方式主要有气体冲洗式和真空补偿式 2 种。气流冲洗式是在包装中连续充入混合气体,将原先包装袋中气体进行置换并在包装袋中形成正压后封口。该方式因为不需要抽真空,所以包装速度快,包装内氧气可以从 21% 降低至 2%~5%。真空补偿式则需要将包装袋中空气抽到一定真空度后,然后冲入混合气体,或者边抽真空边充气,达到要求后进行封装。该方法可以让包装袋中残氧率

降低至 3% 以下,应用范围更广,但该方法的包装速率较气体冲洗式的低^[38],2 种气调包装方式如图 3 所示。

3 活性包装技术

广义的活性包装技术指在食品包装过程中增加某些调节剂来调节贮藏过程中被包装食品的微环境,如除氧剂、二氧化碳吸收/释放剂、水分吸收剂、乙烯吸收剂、乙醇排放剂、风味释放/吸收剂等来达到保鲜目的^[39]。狭义的活性包装技术则主要指采用天然可降解性生物基包装材料以及添加一些具有抗氧化性、抗菌性的生物活性物质来提高食品贮藏品质和货架期的包装技术,通过全部或者部分替代传统的包装材料。活性包装技术不仅能保证食品的品质和货架期,而且降低了包装材料使用后对环境的污染。目前研究比较多的活性包装基材为多糖类(纤维素、果胶、淀粉、壳聚糖)、脂类(脂肪和蜡)、蛋白质类(胶原蛋白、酪蛋白和乳清蛋白等)和生物合成多聚物(聚乳酸、聚己内酯、聚乙醇等)。它们不仅具有生物相容性、生物降解性和无毒性的特点,而且具有较好的成膜性、机械性、阻氧性、抗菌性和抗氧化性等,能够达到食品包装的要求^[40-46]。不同活性包装材料系统和包装类型如图 4 所示。Zhao 等^[47]研究将姜黄素和丁香精油加入壳聚糖/明胶包装膜用于即配食品鲜肉的包装,结果表明该包装材料具有良好的疏水性和抗紫外线效果,并且具有较好的抗氧化和抗菌性能,能够延长鲜肉保质期 3 d。Fallah 等^[48]研究将姜黄素和小茴香精油应用于即配食品羊腰的包装中,结果表明该包装技术能够延长羊腰保质期至 25 d。然而,目前使用的天然活性物质往往存在一定的色泽和风味,直接应用于接触式食品包装时,存在物质迁移的问题。虽

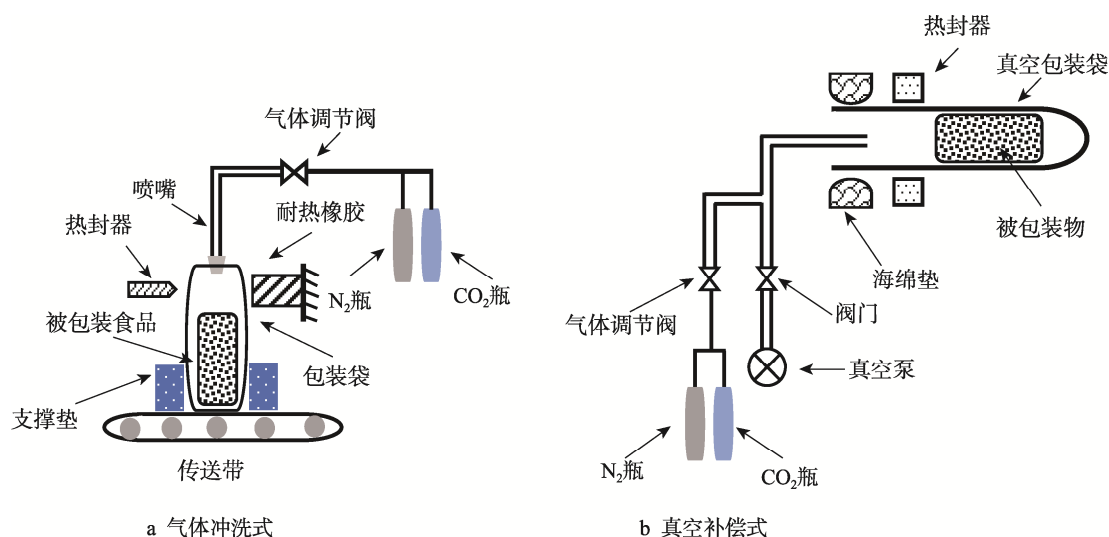


图3 不同类型气调包装过程

Fig.3 Schematic diagram of different types of gas conditioning packaging process

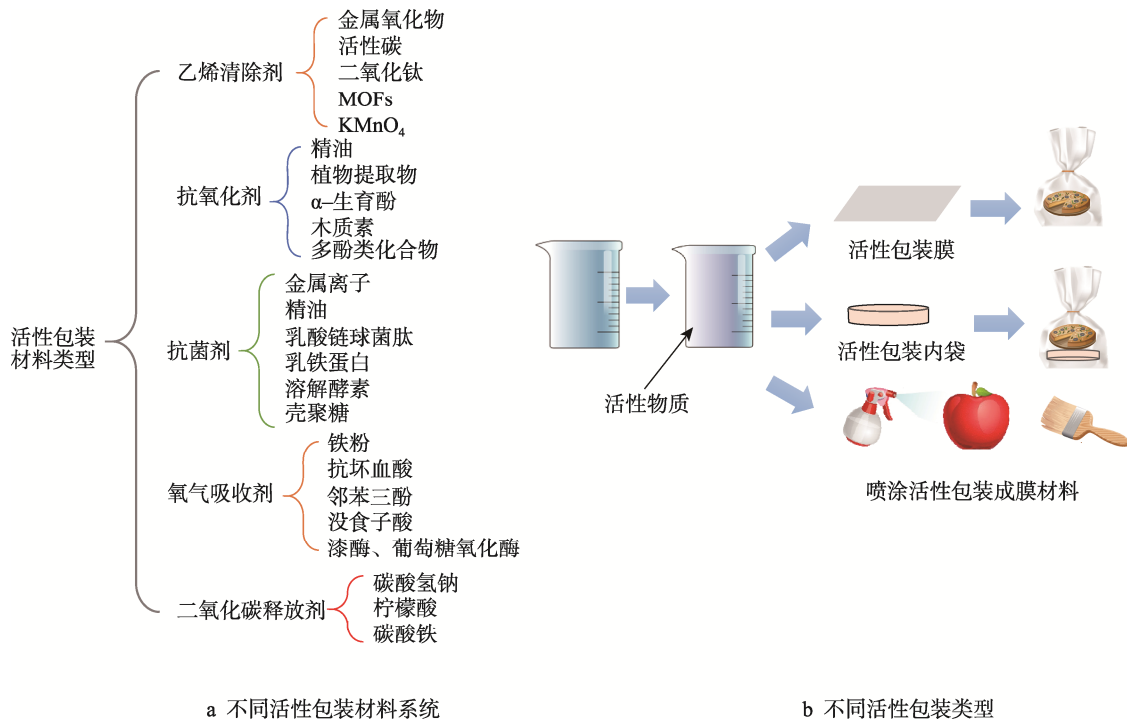


图 4 不同活性包装系统
Fig.4 Different active packaging systems

然这些天然化合物基本不存在食品安全问题, 但可能会影响被包装食品的色泽和风味。因此, 如何控制物质迁移是目前活性包装技术需要解决的问题之一^[49]。此外, 天然高分子化合物结构存在一些缺陷, 如成膜性不佳、亲水性高等, 不能满足食品包装的需要。因此, 目前也有一些研究通过对天然高分子材料进行物理/化学修饰来降低分子量, 增加活性基团数量以及增加抗氧化和抗菌活性等来增强其在食品包装中的保鲜效果。Hosseini 等^[50]通过介电屏障放电 (DBD) 等离子体对壳聚糖 (CH) 和小麦胚芽生物活性肽 (PEP) 涂布的聚乳酸/乙基纤维素 (PLA/EC) 混合膜表面进行修饰, 结果表明在最佳的处理条件下 (20 kV、5 min) 增加了复合膜表面的粗糙度和功能官能团 (羰基和羟基) 数量, 增加了 PEP 复合膜的抗氧化和抗菌活性。Moradi 等^[51]通过等离子体修饰富含洋葱和土豆皮提取物的低密度聚乙烯活性薄膜, 并将其应用于鸡腿肉保鲜过程。结果表明, 该处理 (350 W、45 s) 可以提升活性薄膜的润湿性和提取物的负载能力。用该活性膜包装鸡腿肉, 并在 4 °C 条件下贮藏 6 d 后, 测量的硫代巴比妥酸、总挥发性氮和总活菌数均低于对照组的。

4 智能包装技术

预制菜智能包装技术指采用对环境因素具有“识别”和“判断”功能的材料对预制菜进行包装的技术, 它能够识别和显示包装空间的湿度、压力、pH 值、

微生物等重要参数。通过利用特殊化合物和传感器监测预制菜在贮藏期间发生的物理、化学和生物学变化, 包括 pH 值、CO₂ 含量、生物胺含量等对包装产生刺激时, 通过颜色变化来反馈食品的新鲜程度和安全性。例如, 预制菜贮藏过程中由于微生物分解导致食品 pH 的改变, 通过智能包装中含有的花青素的视觉色彩发生变化给消费者真实地反馈预制菜食品的新鲜度, 提升消费者的知情权^[52-55]。此外, 通过将生物传感器结合到预制菜包装材料中, 通过生物反应器 (纳米金颗粒、酶、抗体、抗原等) 与目标微生物之间的相互作用, 带来如颜色等信号的改变, 从而快速地反映出食品被微生物污染的情况, 让消费者了解食品的新鲜程度, 保证预制菜食用安全性^[56]。相较于活性包装的活性成分, 智能包装中智能成分并不以其成分释放到食物中为目的。智能包装还可有助于改进食品的危害分析及关键控制点 (HACCP)、质量分析与关键控制点 (QACCA) 等安全体系, 即开发现场检测发现不安全食品, 确定潜在的健康危害, 并制定减少或消除其发生的策略。它还有助于识别强烈影响质量属性的过程, 并有效地提高最终的食品质量。因此, 智能包装系统主要包括传感器、指示器和识别反馈系统, 如射频识别技术 (RFID) 和近场通信技术 (NFC) 等^[57]。智能包装系统示意图如图 5 所示。Tavakoli 等^[58]将花青素和藻蓝蛋白混合物 (体积比为 3 : 1) 后加入明胶/大豆多糖复合膜中, 通过复合膜色泽的变化与草鱼的 pH 值、挥发性盐基氮和细菌数的对应关系来跟踪草鱼腐败过程。Rong 等^[59]采用羧

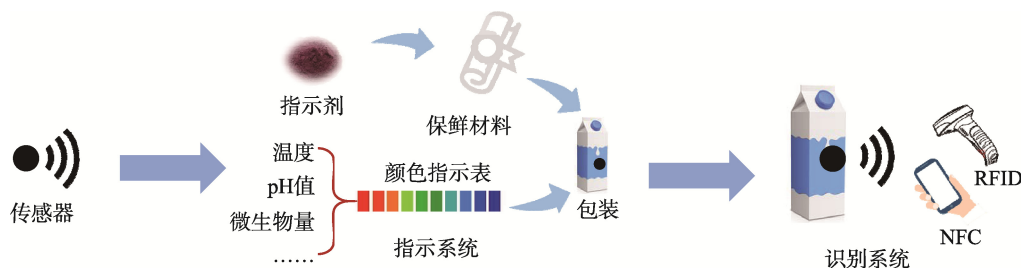


图5 智能包装系统

Fig.5 Intelligent packaging system

甲基纤维素钠/卡拉胶结合溴百里酚蓝通过涂膜干燥形成的智能标签来监测鲜切木瓜的新鲜度，利用包装袋中 CO_2 浓度的变化，导致智能标签色泽发生相应变化来反映鲜切木瓜贮藏期间的新鲜度。此外，Jiao 等^[60]通过形成双层智能包装膜来包装即配肉制品。其中接触肉的底层包装膜采用聚乙烯醇纳米纤维+花青素的结构来监测肉的品质，而外层膜则用聚氨酯纳米纤维+聚六亚甲基双胍盐酸盐 (PHMB) 形成疏水抗菌层，从而不仅监测了贮藏期间 ($4\text{ }^\circ\text{C}$) 肉的品质，而且在此期间保鲜膜的抗菌作用可以延缓肉的腐败过程。虽然，目前对智能包装的研究还不够完善，但是随着智能包装材料的多元化、机理研究的不断深入以及智能系统的不断完善，智能包装在预制菜领域的应用将得到快速发展。

5 预制菜包装技术的发展趋势

随着预制菜产业的不断深化，消费迭代更新，会使得越来越多的消费者选择预制菜食品。为了保证预制菜的食用安全性和延长保质期等目的，预制菜包装技术会不断的推陈出新，开发出更为方便安全的预制菜包装技术。随着智能装备和互联网技术的发展，机械化、自动化、智能化将成为预制菜生产发展的必然趋势^[61]。此外，活性保鲜材料的广泛研究，通过向可降解包装材料中添加无毒天然抗菌、抗氧化等活性物质，来抑制食品贮藏期间的微生物生长和减少外界因素对食品品质的影响，从而延长预制菜的贮藏期^[62-63]。另外，随着新型杀菌技术的研究与开发，通过新型非热杀菌方式结合包装技术能够最大限度地保证预制菜的微生物安全性和最小风味的改变，例如低温等离子体、高静压、辐照灭菌等^[12, 64]。此外，随着智能包装材料的快速发展，通过利用智能包装技术持续追踪和实时反馈食品品质等重要信息，提高了预制菜企业的食品安全风险管控能力，并且增强了消费者对食品真实情况的知情权和消费体验感。

6 结语

随着我国预制菜产业的不断升级以及预制菜国家标准的建立和完善，预制菜行业将会迎来巨大的发

展势头。预制菜包装技术作为预制菜加工的重要环节，对预制菜产品的质量和保质期起到至关重要的作用。因此，开发安全可降解环境友好型的预制菜包装材料，并且通过机械化、自动化、智能化的包装技术来提升预制菜的食用安全性、提高贮藏品质和延长货架期，加速预制菜包装的效率。融入“以人为本”的包装理念来加强消费者的知情权和选择权，势必会推动预制菜产业可持续高质量发展，为预制菜走向千家万户奠定基础。

参考文献：

- [1] 王卫, 张锐, 张佳敏, 等. 预制菜及其研究现状、存在问题和发展展望[J]. 肉类研究, 2022, 36(9): 37-42.
WANG Wei, ZHANG Rui, ZHANG Jia-min, et al. Status Quo, Problems and Future Prospects of Prepared Dishes[J]. Meat Research, 2022, 36(9): 37-42.
- [2] 王宁. 预制菜产业能否突出重围[N]. 中国食品报, 2022-03-23(7).
WANG Ning. Whether Prepared Dishes Industry Can Get Through the Close Siege[N]. China Food Newspaper, 2022-03-23(7).
- [3] ZHANG Shu-hong, WU Qing-ping, ZHANG Ju-mei, et al. Occurrence and Characterization of Enteropathogenic Escherichia Coli (EPEC) in Retail Ready-to-Eat Foods in China[J]. Foodborne Pathogens and Disease, 2016, 13(1): 49-55.
- [4] KITCH C J, TABB A M, MARQUIS G E, et al. Species Substitution and Mislabeling of Ceviche, Poke, and Sushi Dishes Sold in Orange County, California[J]. Food Control, 2023, 146: 109525.
- [5] TOPUZ F, UYAR T. Antioxidant, Antibacterial and Antifungal Electrospun Nanofibers for Food Packaging Applications[J]. Food Research International, 2020, 130: 108927.
- [6] TYAGI P, SALEM K S, HUBBE M A, et al. Advances in Barrier Coatings and Film Technologies for Achieving Sustainable Packaging of Food Products - a Review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2021,

- 115: 461-485.
- [7] GHAANI M, COZZOLINO C A, CASTELLI G, et al. An Overview of the Intelligent Packaging Technologies in the Food Sector[J]. Trends in Food Science & Technology, 2016, 51: 1-11.
- [8] 王娟, 高群玉, 娄文勇. 我国预制菜行业的发展现状及趋势[J]. 现代食品科技, 2023, 39(2): 99-103.
WANG Juan, GAO Qun-yu, LOU Wen-yong. Development Status and Trends of the Pre-Prepared Food Industry in China[J]. Modern Food Science & Technology, 2023, 39(2): 99-103.
- [9] WANG Ping, HU An-tuo, FAN Xiao-pan, et al. Bacterial Communities in Prepared Foods Available at Supermarkets in Beijing, China[J]. Food Research International, 2019, 120: 668-678.
- [10] ALMERIA S, DA SILVA A J, BLESSINGTON T, et al. Evaluation of the U.S. Food and Drug Administration Validated Method for Detection of *Cyclospora Cayetanoensis* in High-Risk Fresh Produce Matrices and a Method Modification for a Prepared Dish[J]. Food Microbiology, 2018, 76: 497-503.
- [11] SATO J, MAENISHI T, SAITO Y, et al. Effects of Modified Atmosphere Packaging, Food Life Extenders and Temperature on the Shelf Life of Ready-Made Dishes[J]. Biocontrol Science, 2016, 21(1): 13-19.
- [12] YU Qi, ZHANG Min, JU Rong-hua, et al. Advances in Prepared Dish Processing Using Efficient Physical Fields: A Review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2022: 1-15.
- [13] LI Quan-quan, LU Jie, CHANG Ya-jie, et al. Effect of Different Cooking Methods on Nutritional Intake and Different Storage Treatments on Nutritional Losses of Abalone[J]. Food Chemistry, 2022, 377: 132047.
- [14] ÖZTURAN S, ÜNAL ŞENGÖR G F. Effects of Cooking Methods on the Quality and Safety of Crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) during Chilled Storage[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2022, 46(10): e16887.
- [15] 苏文艳, 王远亮. 软包装技术在我国预制肉类菜肴制品贮藏中的应用[J]. 食品安全导刊, 2018(21): 145.
SU Wen-yan, WANG Yuan-liang. Application of Soft Packaging Technology in the Storage of Prefabricated Meat Dishes in China[J]. China Food Safety Magazine, 2018(21): 145.
- [16] 张雪, 张春江, 黄峰, 等. 软包装技术在我国预制肉类菜肴制品贮藏中的应用[J]. 肉类研究, 2015, 29(7): 30-33.
ZHANG Xue, ZHANG Chun-jiang, HUANG Feng, et al. Application of Flexible Packaging Technology in the Preservation of Prepared Meat Products[J]. Meat Research, 2015, 29(7): 30-33.
- [17] 胡秀虹, 龙杰凤, 杨胜舟, 等. 真空包装腌制韭菜根的保鲜技术的应用研究[J]. 中国调味品, 2021, 46(11): 101-104.
HU Xiu-hong, LONG Jie-feng, YANG Sheng-zhou, et al. Study on the Application of Preservation Technology of Pickled Chinese Chives Roots by Vacuum Packaging[J]. China Condiment, 2021, 46(11): 101-104.
- [18] 刘达玉, 胡海洋, 陈卫军, 等. 纳米薄膜真空包装杏鲍菇在贮藏中的风味品质变化[J/OL]. 食品工业科技, 2023: 1-13. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022090099>.
LIU Da-yu, HU Hai-yang, CHEN Wei-jun, et al. Changes of Flavor and Quality of *Pleurotus Eryngii* Packed with Nano Film in Vacuum During Storage[J/OL]. Science and Technology of Food Industry, 2023: 1-13. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022090099>.
- [19] HANANI Z, REICH F, TOLKSDORF T, et al. Monitoring the Effect of Active Packaging Films with Silver-Kaolinite Using Different Packaging Systems on the Quality of Beef Meat[J]. Heliyon, 2022, 8(10): 11019.
- [20] OLAIMAT A N, AHMAD SAWALHA A G, AL-NABULSI A A, et al. Chitosan-ZnO Nanocomposite Coating for Inhibition of *Listeria Monocytogenes* on the Surface and within White Brined Cheese[J]. Journal of Food Science, 2022, 87(7): 3151-3162.
- [21] 姚倩儒, 陈历水, 李慧, 等. 冷鲜肉保鲜包装技术现状和发展趋势[J]. 包装工程, 2021, 42(9): 194-200.
YAO Qian-ru, CHEN Li-shui, LI Hui, et al. Current Situation and Development Trend of Packaging Technology for Chilled Fresh Meat[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(9): 194-200.
- [22] BETERAMS A, TOLKSDORF T, MARTIN A, et al. Change of *Campylobacter*, *Escherichia Coli* and *Salmonella* Counts in Packaged Broiler Breast Meat Stored under Modified Atmosphere and Vacuum Conditions at 4 and 10 °C Based on Cultural and Molecular Biological Quantification[J]. Food Control, 2023, 145: 109337.
- [23] YANG J, LIANG R, MAO Y, et al. Potential Inhibitory Effect of Carbon Dioxide on the Spoilage Behaviors of *Pseudomonas Fragi* in High-Oxygen Packaged Beef During Refrigerated Storage[J]. Food microbiology, 2023, 112: 1-10.
- [24] KOYUNCU M, BATUR S. The Effects of Modified Atmosphere Packaging on the Quality Properties of Water Buffalo Milk's Concentrated Cream[J]. Molecules, 2023, 28(3): 1310.
- [25] BALANON D A G, SANE A, JARIYASAKOOLROJ P,

- et al. Application of Biodegradable Film as Modified Atmosphere Packaging for Red Chili (*Capsicum Annuum* Cv. Jinda)[J]. Packaging Technology and Science, 2023, 36(5): 379-388.
- [26] LI Xiao-yan, XIONG Tian-tian, ZHU Qiu-nan, et al. Combination of 1-MCP and Modified Atmosphere Packaging (MAP) Maintains Banana Fruit Quality under High Temperature Storage by Improving Antioxidant System and Cell Wall Structure[J]. Postharvest Biology and Technology, 2023, 198: 112265.
- [27] AFOLABI A S, CHOI I L, LEE J H, et al. Effect of Pre-Storage CO₂ Treatment and Modified Atmosphere Packaging on Sweet Pepper Chilling Injury[J]. Plants, 2023, 12(3): 671.
- [28] ESPINOZA RODEZNO L A, BONILLA F, REYES V, et al. Inactivation of *Vibrio Vulnificus* and *Vibrio Parahaemolyticus* in Cryogenically Frozen Oyster Meat Using Steam Venting Technology[J]. Journal of Food Engineering, 2023, 340: 111285.
- [29] LIU Jun-mei, YUAN Shuang, HAN Dong, et al. Effects of CO₂-Assisted High-Pressure Processing on Microbiological and Physicochemical Properties of Chinese Spiced Beef[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2023, 84: 103261.
- [30] MAO Yan-wei, YANG Sai, ZHANG Yi-min, et al. High-Pressure Processing and Modified Atmosphere Packaging Combinations for the Improvement of Dark, Firm, and Dry Beef Quality and Shelf-Life[J]. Meat Science, 2023, 198: 109113.
- [31] 梁荣蓉, 刘璐, 翟朝宇, 等. 黄焖鸡气调包装保鲜技术[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(12): 188-193.
- LIANG Rong-rong, LIU Lu, ZHAI Chao-yu, et al. Effect of Modified Atmosphere Package on the Preservation of Braised Chicken Meat[J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(12): 188-193.
- [32] 李冉, 朱和源, 叶可萍, 等. 气调包装狮子头冷藏过程中微生物变化及菌群结构分析[J]. 食品工业科技, 2021, 42(11): 99-105.
- LI Ran, ZHU He-yuan, YE Ke-ping, et al. Analysis of Microbial Counts and Bacterial Community in Modified Atmosphere Packaging Meatballs[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(11): 99-105.
- [33] ABOU FAYSSAL S, EL SEBAALY Z, SASSINE Y N. Pleurotus Ostreatus Grown on Agro-Industrial Residues: Studies on Microbial Contamination and Shelf-Life Prediction under Different Packaging Types and Storage Temperatures[J]. Foods, 2023, 12(3): 524.
- [34] ALESSANDRIA V, FERROCINO I, CARTA V, et al. Selection of Food Cultures with Protective Properties for Cooked Ham[J]. Food Microbiology, 2023, 112: 104218.
- [35] SOARES T R P, REIS A F, SANTOS J W S, et al. NaY-Ag Zeolite Chitosan Coating Kraft Paper Applied as Ethylene Scavenger Packaging[J]. Food and Bioprocess Technology, 2023, 16(5): 1101-1115.
- [36] ZHANG Lan, ZHANG Min, MUJUMDAR A S, et al. Potential Nano Bacteriostatic Agents to be Used in Meat-Based Foods Processing and Storage: A Critical Review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2023, 131: 77-90.
- [37] WU Yue, CHENG Jun-hu, KEENER K M, et al. Inhibitory Effects of Dielectric Barrier Discharge Cold Plasma on Pathogenic Enzymes and Anthracnose for Mango Postharvest Preservation[J]. Postharvest Biology and Technology, 2023, 196: 112181.
- [38] 徐文达. 国外食品气调包装技术及设备[J]. 中国包装, 1994, 14(5): 62-63.
- XU Wen-da. The Types of Modified Atmosphere Packaging at Home and Abroad[J]. China Packaging, 1994, 14(5): 62-63.
- [39] OZDEMIR M, FLOROS J D. Active Food Packaging Technologies[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2004, 44(3): 185-193.
- [40] ATTA O M, MANAN S, SHAHZAD A, et al. Biobased Materials for Active Food Packaging: A Review[J]. Food Hydrocolloids, 2022, 125: 107419.
- [41] GUPTA V, BISWAS D, ROY S. A Comprehensive Review of Biodegradable Polymer-Based Films and Coatings and Their Food Packaging Applications[J]. Materials, 2022, 15(17): 5899.
- [42] WU Hai-zhou, RICHARDS M P, UNDELAND I. Lipid Oxidation and Antioxidant Delivery Systems in Muscle Food[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2022, 21(2): 1275-1299.
- [43] WANG Qian-kun, CHEN Wen-zhang, ZHU Wen-xin, et al. A Review of Multilayer and Composite Films and Coatings for Active Biodegradable Packaging[J]. Npj Science of Food, 2022, 6: 18.
- [44] ZHU Fan. Polysaccharide Based Films and Coatings for Food Packaging: Effect of Added Polyphenols[J]. Food Chemistry, 2021, 359: 129871.
- [45] CALVA-ESTRADA S J, JIMÉNEZ-FERNÁNDEZ M, LUGO-CERVANTES E. Protein-Based Films: Advances in the Development of Biomaterials Applicable to Food Packaging[J]. Food Engineering Reviews, 2019, 11(2): 78-92.
- [46] HE Yuan, YE Hai-chuan, YOU Ting-ting, et al. Sustainable and Multifunctional Cellulose-Lignin Films

- with Excellent Antibacterial and UV-Shielding for Active Food Packaging[J]. *Food Hydrocolloids*, 2023, 137: 108355.
- [47] ZHAO Ru-nan, GUO Hao-cheng, YAN Tian-yi, et al. Fabrication of Multifunctional Materials Based on Chitosan/Gelatin Incorporating Curcumin-Clove Oil Emulsion for Meat Freshness Monitoring and Shelf-Life Extension[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2022, 223: 837-850.
- [48] FALLAH A A, SARMAST E, HABIBIAN DEHKORDI S, et al. Low-Dose Gamma Irradiation and Pectin Biodegradable Nanocomposite Coating Containing Curcumin Nanoparticles and Ajowan (*Carum Copticum*) Essential Oil Nanoemulsion for Storage of Chilled Lamb Loins[J]. *Meat Science*, 2022, 184: 108700.
- [49] CHEN Wen-zhang, MA Shao-bo, WANG Qian-kun, et al. Fortification of Edible Films with Bioactive Agents: A Review of Their Formation, Properties, and Application in Food Preservation[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2022, 62(18): 5029-5055.
- [50] HOSSEINI S, KADIVAR M, SHEKARCHIZADEH H, et al. Cold Plasma Treatment to Prepare Active Polylactic Acid/Ethyl Cellulose Film Using Wheat Germ Peptides and Chitosan[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2022, 223: 1420-1431.
- [51] MORADI D, RAMEZAN Y, ESKANDARI S, et al. Plasma-Treated LDPE Film Incorporated with Onion and Potato Peel Extract— a Food Packaging for Shelf Life Extension on Chicken Thigh[J]. *Food Packaging and Shelf Life*, 2023, 35: 101012.
- [52] ALPASLAN D, ERSEN DUDU T, AKTAS N. Synthesis of Smart Food Packaging from Poly(Gelatin-Co-Dimethyl Acrylamide)/Citric Acid-Red Apple Peel Extract[J]. *Soft Materials*, 2021, 19(1): 64-77.
- [53] ALIZADEH-SANI M, MOHAMMADIAN E, RHIM J W, et al. PH-Sensitive (Halochromic) Smart Packaging Films Based on Natural Food Colorants for the Monitoring of Food Quality and Safety[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2020, 105: 93-144.
- [54] CHEN Shou-e, BRAHMA S, MACKAY J, et al. The Role of Smart Packaging System in Food Supply Chain[J]. *Journal of Food Science*, 2020, 85(3): 517-525.
- [55] MOHAMMADIAN E, ALIZADEH-SANI M, JAFARI S M. Smart Monitoring of Gas/Temperature Changes within Food Packaging Based on Natural Colorants[J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2020, 19(6): 2885-2931.
- [56] BAO Feng, LIANG Zhao, DENG Jing, et al. Toward Intelligent Food Packaging of Biosensor and Film Substrate for Monitoring Foodborne Microorganisms: A Review of Recent Advancements[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2022: 1-12.
- [57] BIJI K B, RAVISHANKAR C N, MOHAN C O, et al. Smart Packaging Systems for Food Applications: A Review[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2015, 52(10): 6125-6135.
- [58] TAVAKOLI S, MUBANGO E, TIAN Li, et al. Novel Intelligent Films Containing Anthocyanin and Phycocyanin for Nondestructively Tracing Fish Spoilage[J]. *Food Chemistry*, 2023, 402: 134203.
- [59] RONG Li-yan, ZHANG Ting-ting, MA Yi-chao, et al. An Intelligent Label Using Sodium Carboxymethyl Cellulose and Carrageenan for Monitoring the Freshness of Fresh-Cut Papaya[J]. *Food Control*, 2023, 145: 109420.
- [60] JIAO Xiang-yu, XIE Jia-xuan, DU Hai-yu, et al. Antibacterial Smart Absorbent Pad with Janus Structure for Meat Preservation[J]. *Food Packaging and Shelf Life*, 2023, 37: 101066.
- [61] 吴晓蒙, 饶雷, 张洪超, 等. 新型食品加工技术提升预制菜肴质量与安全[J]. *食品科学技术学报*, 2022, 40(5): 1-13.
- WU Xiao-meng, RAO Lei, ZHANG Hong-chao, et al. Quality and Safety Improvement of Premade Cuisine by Novel Food Processing Technologies[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2022, 40(5): 1-13.
- [62] SHARMA S, BYRNE M, PERERA K Y, et al. Active Film Packaging Based on Bio-Nanocomposite TiO₂ and Cinnamon Essential Oil for Enhanced Preservation of Cheese Quality[J]. *Food Chemistry*, 2023, 405: 134798.
- [63] CALLEJAS-QUIJADA G, CHAVARRÍA-HERNÁNDEZ N, LÓPEZ-CUELLAR M D R, et al. Films of Biopolymers, Pectin and Gellan, Enriched with Natamycin and Clove Essential Oils for the Packaging of Corn Tortilla: Protection Against *Staphylococcus Aureus* and *Candida Parapsilosis*[J]. *Food Microbiology*, 2023, 110: 104156.
- [64] GALÁN I, GARCÍA M, SELGAS M. Irradiation is Useful for Manufacturing Ready-to-Eat Cooked Meat Products Enriched with Folic Acid[J]. *Meat Science*, 2011, 87(4): 330-335.