

预制菜包装技术的研究及展望

周恩弛, 张春红, 李丹*, 梁栋
(海军军医大学, 上海 200433)

摘要: **目的** 解决预制菜市场上存在的问题并提供帮助。**方法** 本文总结预制菜的发展现状, 介绍包装技术在预制菜贮存和运输过程中发挥的作用。主要介绍用于预制菜包装的气调包装、抗菌包装、智能包装、可降解包装以及高阻隔包装, 并且列举这些不同种类的包装在预制菜使用的侧重点, 总结分析这些技术的优势和缺点, 展望预制菜在未来发展过程中对包装提出的新要求, 以期为促进预制菜的发展提供参考和思路。**结论** 气调包装、抗菌包装、可降解包装在预制菜发展领域具有巨大潜力。

关键词: 预制菜; 包装; 保鲜; 品质

中图分类号: TB485 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2023)23-0142-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.23.017

Research and Prospect of Packaging Technology for Prepared Dishes

ZHOU En-chi, ZHANG Chun-hong, LI Dan*, LIANG Dong

(Naval Medical University, Shanghai 200433, China)

ABSTRACT: The work aims to help solve the problems existing in the prepared dish market. The current development status of prepared dishes was summarized and the role of packaging technology in the storage and transportation of prepared dishes was introduced. The modified atmosphere packaging, antibacterial packaging, intelligent packaging, high barrier packaging, and degradable packaging used for prepared dishes were mainly introduced, and the key points of using these different types of packaging in prepared dishes were listed. The advantages and disadvantages of these technologies were summarized and analyzed, and the new requirements for packaging in the future development process of prepared dishes were put forward, in order to provide reference and ideas for promoting the development of prepared dishes. The modified atmosphere packaging, antibacterial packaging, intelligent packaging, high barrier packaging, and degradable packaging have great potential in the field of prepared dishes.

KEY WORDS: prepared dishes; packaging; preservation; quality

近年来, 随着生活工作节奏的加快, “懒经济”“宅经济”迅速发展, 适应这种经济模式的预制菜应运而生。预制菜凭借其便于食用、贮存、减少不宜贮存食品浪费的优势, 成为当前食品行业的发展热点。同时, 冷冻和冷链技术也不断提高, 这对促进预制菜高速发展起到良好的推动作用^[1]。随着对预制菜的研究与食用范围的扩大, 其暴露出的各种问题, 如保鲜、

环保、安全等也引起了人们的关注。有报告显示, 消费者在购买预制菜过程中, 菜品腐败变质等质量问题最为突出^[2]。为了保持风味和防止菜品腐败, 预制菜在制作过程中, 往往需要添加过量食盐、酱油等调味品以及化学添加剂, 这些调味料的过量添加会对人体的代谢造成负担, 不利于身体健康。预制菜的保鲜是预制菜在市场上的运输的重要一环, 目前有通过低温

收稿日期: 2023-04-10

基金项目: 海军特色医学中心人才工程基金 (21TPQN0601)

*通信作者

保鲜、杀菌等技术以及添加防腐剂对预制菜进行保鲜,但是低温保鲜可能会导致预制菜的品质降低,影响口感^[3]。高温杀菌也可能会破坏预制菜原本的口感,造成营养流失等问题。风味是预制菜在市场上立足的重要支点,因此选择合适的保鲜技术保持预制菜良好的风味和品质对促进预制菜的发展十分重要。包装对预制菜的贮藏和运输是十分重要的前处理,合适的包装方式对预制菜品质的保持和维护有很重要的影响。目前市场上普遍存在对预制菜产品的不当包装或过度包装,另外对预制菜包装的环保要求逐渐提高,一些预制菜现有的包装方式不符合绿色环保的理念。例如,自热火锅等含有较多内袋小包装,大量生产食用易造成垃圾污染^[4]。预制菜的保鲜与环保是预制菜行业在市场上存在的重要问题,提高保鲜与环保的工艺是研究关键。研究新型包装技术对预制菜的流通与发展具有重要意义,同时,开发新型包装技术对促进食品包装发展、维持预制菜良好品质有重要作用。当前预制菜所使用的包装有气调包装、可降解包装等。本研究将通过汇总近年来国内外各预制菜包装技术,进一步剖析、梳理当前技术缺陷,为未来预制菜包装技术的发展提供技术性建议。

1 预制菜的定义及分类

预制菜指以食品原辅料(一种或者多种),主要是畜禽、淡水鱼、食用菌等林农牧渔领域产品,搭配或不搭配调味料(含食品添加剂)等辅料为主要组成,且在冷链条件下进行贮存、运输及销售的菜肴,其加工工艺主要包括预选、调制、成型、包装、速冻等。预制菜主要有即食性预制菜、即热性预制菜、即烹性预制菜、即配性预制菜等 4 类(见表 1)。既有成品,又有半成品,既有熟食,又有生食,涵盖了加工、物流运输、餐饮服务等多种行业,包装技术是预制菜生产的重要环节。不同种类的预制菜对包装所需的性能也不相同,如即配性预制菜主要为生鲜食品,更侧重保鲜需求的包装材料,像自热小火锅等食品,更侧重于对阻隔性能的要求。

2 预制菜保鲜包装的分类及应用

2.1 气调包装

气调包装指通过调节包装内部环境中气体组分浓度来抑制食品腐败变质的包装^[5]。包装内不同气体组成对食品的保鲜有重要影响,气体条件能够影响食品的色泽、新鲜度以及腐败速度,对预制菜包装中菌落的生长有重要影响。包装中的气体条件能调节预制菜的新陈代谢,改变蛋白质和脂质的氧化速度,影响预制菜的感官品质。同时,气体环境能影响预制菜中微生物的生长繁殖,对延缓货架期有良好的作用。肉品在预制菜中占有很大比重,肉制类预制菜含有丰富的蛋白质与脂质,在长时间的储藏和运输下,不仅易发生氧化反应,而且定殖在肉品中的微生物在增殖过程中释放的大量有机物,如吡啶、醛、酮和胺等会使肉制品产生黏液、变味、变色等腐败现象^[6]。气调包装能针对肉制类预制菜的生理特性与腐败特点,向其中充入不同的气体,改变肉类代谢的条件,隔绝外界环境,从而延缓肉品的氧化及酶促反应的速率。邓琬麒等^[7]使用真空包装和气调包装保存即食香肠,结果表明,50%O₂+10%N₂+40%CO₂气调包装对即食香肠的保鲜效果最好,能更好地维持即食香肠的品质。另外,还有研究发现高氧气调包装冷藏是保持肉品冷藏期品质的有效方式^[8]。气调包装不需要使用添加剂或防腐剂,对食品无污染,不仅能保证预制菜的品质,还具有安全、可靠等优势^[9]。

2.2 抗菌包装

抗菌包装指在包装材料中加入抗菌物质,起到抑制食品中微生物生长,从而达到保证食品营养、风味以及质量安全目的的一种包装^[10]。根据抗菌剂作用的方式,抗菌包装可分为接触型抑菌和释放型抑菌包装,当抗菌剂直接与食品接触,或者逐渐释放可以长效地抑制菌群的繁殖。抑菌剂的种类又可分为天然抗菌剂、有机抗菌剂以及无机抗菌剂^[11]。其中,无机抗菌剂主要包括光催化金属氧化物型抗菌剂、金属离子

表 1 预制菜的种类
Tab.1 Types of prepared dishes

种类	特点	举例
即食性预制菜	市场主要为商场超市,不需消费者的后期加工即可食用,多数需要添加化学添加剂以延长保质期	香辣金针菇
即热性预制菜	市场主要为家庭厨用,保存要求高,常常需要冷藏,风味较还原	速冻饺子
即烹性预制菜	市场主要为餐饮行业、单位集体食堂,食材需要保持一定新鲜度,常需要与调料包搭配	黄焖鸡
即配性预制菜	市场主要为家庭厨用,加工重点主要在预加工环节,冷链运输需求高,口感还原度最高,保质期短,加工程度低	鲜鱼丸

型抗菌剂2种类型。在金属离子型抗菌剂中,银离子对微生物的杀菌作用极为显著,纳米银是一种公认的抗菌剂。有机抗菌剂分为有机酸类、酚类、季铵盐类、苯并咪唑类等,有机抗菌剂有应用广泛、抑菌效果显著、见效快、来源丰富等优点,但是保鲜效果短,难以长效抗菌^[12]。天然抗菌剂指从各类生物体(如微生物、植物、动物)中提取、纯化的一类活性抗菌物质,其优势不仅包括较高的抗菌效率,还包括安全、无毒、高效等优势^[13]。茶叶中的主要活性成分茶多酚是一种典型的天然抗菌剂,具有显著的抗氧化、抗病毒、抗菌等生物活性。另外,异味去除也是其优势之一,有研究发现茶多酚在水产品的脱腥上效果显著^[14]。抗菌包装能极大地减缓预制菜运输、储藏过程中菌落的生长,因而也减少了加工过程中保鲜剂、调味剂等食品添加剂的使用,有助于提高预制菜的安全性与品质。

2.3 智能包装

目前,我国粮食浪费严重,粮食年产量中有将近二成被浪费^[15]。食品在运输和储运过程中某些不良环境常常会加速食品的变质,从而导致食品资源的巨大浪费^[16]。研发能直接反映产品新鲜度的包装技术,使消费者依靠视觉便能对新鲜产品进行较为客观的评估,以满足消费者对新鲜产品的迫切需求,这是智能包装未来研究的着力点之一。经过多模态智能传感和多源数据融合技术的支持,目前国内已研发出品质可视化系统,并将其应用于智能包装领域。智能包装是一种能够监测、记录、反映食品温度、鲜度等属性及包装外界环境变化的信息化、可视化包装^[17]。智能包装可分为功能材料型、功能结构型以及信息型等三大类型。功能材料型主要有传感器和指示剂等。气体指示类智能化标签利用食物储藏过程中产生的特殊气体与特定试剂的颜色反应,通过智能包装能放大或转化反应带来的信息,使消费者能更直观、科学地了解食品的新鲜度,如新鲜度指示剂能通过 H_2S 的含量变化来显示产品新鲜程度。信息型智能包装是以通信技术、信息技术等为基础,可以提供产品在运输、销售过程中信息的新型技术,比如RFID标签实现对鱼类、猪肉、果蔬、牛奶等产品的新鲜度的跟踪,在此基础上结合其他智能包装技术,能提高运输效能、减轻损耗、降低成本,帮助解决预制菜冷链中食品腐烂的问题^[18]。功能结构型智能包装指通过使用特殊结构,使包装具有某些特殊功能,从而产生保鲜效果、提高品质、保障安全性等功效^[19]。如自热咖啡包装消费者只需拉开咖啡罐底部的金属封底与内部的塑料按钮,罐内化学物质发生化学反应,便能自动加热,如果能应用到预制菜中,将带来更好的体验感。

智能包装能监测到食品的新鲜度、温度变化、包装力学性能、微生物繁殖情况等信息,在提高预制菜品质、新鲜度、口感等方面具有巨大潜力,但是智能

包装的运用将会大大提高生产成本,未来在保证智能包装灵敏性、便捷性的同时降低成本,这是智能包装的研究方向^[20]。

2.4 高阻隔包装材料

高阻隔包装能通过抵抗外界环境与包装内环境之间物质浓度差产生的压力,维持包装内良好的食品保存条件,起到阻隔物质污染、防腐的作用,一般是对 O_2 、 CO_2 、 N_2 、水蒸气或微生物等外界环境有阻隔效果^[21]。高阻隔材料主要有PVDC、EVOH、PEN、PA、腈基树脂等。与普通的阻隔包装相比,高阻隔包装对外界环境的阻隔性更强,同时还具有阻隔紫外线等功能^[22]。袁梦杰等^[23]将制备的PLA/PBF/POE-g-GMA/ZnO复合材料用真空压膜机压成厚度为70 μm 左右的复合薄膜,研究表明其具有良好的复合薄膜结晶度和气体阻隔性能,并且具有良好的抗菌性能。穆罡等^[24]制备的镀氧化硅类高阻隔真空包装材料能有效抑制微生物生长、保持烤鸭的品质。包装材料的阻隔性能对延长食品在货架上销售的时间、提高该产品销量有一定帮助。与常温储运食品相比,冷链运输储藏预制菜的品质更容易受到光、热等物理致腐因素的破坏^[25]。高阻隔包装材料存在难以降解、易造成食品安全隐患以及成本高等问题,有待于进一步研究新型的高阻隔材料,如多层复合材料等。

2.5 可降解包装

食品包装是保障食品运输和销售环节的重要技术,能使食品在一定时间内不变质不腐烂,从而延长食品保质期。多数食品包装还是塑料等传统包装,塑料的生产量已经超过91亿t,中国每年平均产生300余万t的废弃塑料^[26]。传统包装极易造成环境的二次污染,并且难以降解,对生物及其生存环境的危害极大。我国越来越重视绿色环保和低碳理念,并提出了可持续发展战略^[27]。在这样的背景之下,食品的环保性已经成为包装领域的重要研究热点,各类可降解材料不断被开发出来并有部分材料得到应用。可降解包装材料具有可循环和再生的优点,并且大部分易获得,具有重要的社会意义和经济效益^[28]。随着预制菜作为一种预包装行业不断扩大和发展,随之产生的包装垃圾量也会逐渐增加,因此对包装环保性的要求应当更为严格。

可降解食品包装是以天然的高分子物质为原料、借助一定工艺与设备制成的,能在自然环境条件作用下降解^[29]。可降解材料对人体及自然环境相对无害,极大符合人们对预制菜包装的要求,未来在改进缺点的基础上应用可降解包装,能使生态效益与经济效益同步提高。在微生物、光、热、机械外力等作用下,可降解包装材料的结构被破坏,降解速率明显加快^[30]。一些可降解材料包装不但具有可降解的优点,而且在提高食物品质方面也有不俗的表现。聚乳酸

(PLA)是以乳酸为原料制备出的一种聚合物,具有降解性更高、污染更小、循环利用率更高等众多效能^[31],以聚乳酸制成的薄膜具有优异的生物可降解性和较好的气体渗透性,经过改性之后可以用于生蔬类预制菜的保鲜,但结晶性差而导致的高脆性和低热变形温度缺陷限制了聚乳酸在特定领域中的应用。许多学者已经提出用于聚乳酸的改性方法,如添加改性剂、共聚或聚合物共混等^[32]。刘文龙等^[33]采用非溶剂致相分离法制备聚乳酸膜,通过添加 N-甲基吡咯烷酮,使得薄膜具备多孔结构,通过聚乳酸透气膜的包装,延长了猪肉的保存时间。李冲等^[34]采用熔融共混法制备了聚乳酸(PLA)/聚己内酯(PCL)共混物,加入适量的柠檬酸三丁酯(TBC)、聚乙二醇(PEG)两增容剂增强了两相界面的黏接力,改善共混物的力学性能。壳聚糖是甲壳素 N-脱乙酰基后的产物,有良好成膜性和保鲜作用,应用广泛^[35]。李国倩等^[36]用壳聚糖、琼脂糖混合溶液制备了一种新型壳聚糖-琼脂糖复合可降解食品包装膜,其研究表明这种壳聚糖复合膜保鲜效果良好,在室温为 19℃的条件下贮存草莓可长达 10 d,有效延长了草莓的货架期。陈晓涵等^[37]以富里酸作为交联剂,采用溶胶-凝胶法制备魔芋葡甘聚糖/壳聚(Konjac Glucomannan/Chitosan, KGM/CS)抗菌膜,提高了抗菌膜的热稳定性和光学性能,表现出良好的抗菌性能。虽然聚乳酸无异味,能有效创造低氧环境,极大地减少腐烂,但其易因运输或存储过程中的外力作用被破坏。国内对淀粉复合膜的研究一定程度上解决了淀粉材料力学性能低等问题。张猛等^[38]将优势互补的聚乙烯醇/淀粉单层膜与改性壳聚糖及其衍生物单层膜结合制备性能优良的双层薄膜,使其具备了一定的抗氧化性能、抗菌性以及力学性能。

3 结语

合适的包装对预制菜的发展具有重要的推动作用,本文总结了应用于预制菜的气调包装、抗菌包装、高阻隔包装、智能包装、可降解包装等。包装材料关乎预制菜的风味、品质以及货架期。针对预制菜的诸多种类,选择合适种类的包装是保障预制菜品质的关键一环。但是现有的用于包装预制菜的材料仍然有一定的使用限制,如阻隔性不高、难以降解、生产成本高等。这些问题对预制菜的发展都造成了一定的制约,同时也是未来预制菜包装研究的方向和重点。未来需要攻克这些包装材料上的技术难关,为预制菜的发展和扩大提供助力。

参考文献:

[1] 曹晶晶,孙达锋,苟学磊,等.食用菌预制菜加工现状

分析及展望[J].中国食用菌,2022,41(10):62-65.

CAO Jing-jing, SUN Da-feng, GOU Xue-lei, et al. Analysis and Outlook on the Processing Status of Edible Mushroom[J]. Chinese Edible Mushroom, 2022,41 (10): 62-65.

[2] 连伟豪.预制菜与传统餐饮的危和机[J].中国食品,2022(13):121-123.

LIAN Wei-hao. The Crisis between Prefabricated Dishes and Traditional Catering[J]. China Food, 2022(13): 121-123.

[3] 曾璐瑶,王海滨,廖鄂,等.畜禽类预制菜加工技术研究进展[J].食品工业科技,2023,44(7):490-499.

ZENG Lu-yao, WANG Hai-bin, LIAO E, et al. Processing Technology Progress on Prepared Dishes of Livestock and Poultry[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(7): 490-499.

[4] 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.

[5] 苏振,亢诗雨,钱晨玮,等.新型食品包装材料研究进展[J].粮油食品科技,2020,28(4):126-131.

SU Zhen, KANG Shi-yu, QIAN Chen-wei, et al. Research Progress of Novel Food Packaging Materials[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2020, 28(4): 126-131.

[6] 张根生,丁一丹,郑野,等.预调理肉制品防腐保鲜技术的研究进展[J].中国调味品,2020,45(6):185-190.

ZHANG Gen-sheng, DING Yi-dan, ZHENG Ye, et al. Research Progress on Antisepsis and Preservation Technology of Pre-Prepared Meat Products[J]. China Condiment, 2020, 45(6): 185-190.

[7] 邓琬麒,黄楠岚,周衡刚,等.不同包装方式对即食香肠的保鲜效果比较[J].食品研究与开发,2022,43(6):10-17.

DENG Wan-qi, HUANG Nan-lan, ZHOU Heng-gang, et al. Comparison of Fresh-Keeping Effects of Different Packaging Methods on Ready-to-Eat Sausage[J]. Food Research and Development, 2022, 43(6): 10-17.

[8] 童光森,严利强,郭嘉吻,等.包装方式对乌鳢鱼片冷藏期品质变化及烹饪效果影响[J].美食研究,2021,38(1):88-92.

TONG Guang-sen, YAN Li-qiang, GUO Jia-hu, et al. Effect of Packaging Methods on Quality Change and Cooking Effect of Snakehead Fish Fillet during Cold Storage[J]. Culinary Science Journal of Yangzhou Uni-

- versity, 2021, 38(1): 88-92.
- [9] 吴宪玲, 李晓敏, 周雪婷. 气调包装技术在食品包装中的应用[J]. 农业科技与装备, 2021(6): 86-87.
WU Xian-ling, LI Xiao-min, ZHOU Xue-ting. Application of Modified Atmosphere Packaging in Food Packaging[J]. Agricultural Science & Technology and Equipment, 2021(6): 86-87.
- [10] 王洪江, 宋雪健, 李志江, 等. 抗菌包装材料及其在食品包装领域的研究进展[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2018, 30(4): 69-74.
WANG Hong-jiang, SONG Xue-jian, LI Zhi-jiang, et al. Research Progress of Antimicrobial Packaging Materials in Food Packaging[J]. Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 2018, 30(4): 69-74.
- [11] 施申伟, 李婷, 东为富. 食品抗菌包装研究进展[J]. 塑料包装, 2018, 28(4): 1-8.
SHI Shen-wei, LI Ting, DONG Wei-fu. Research Progress of Antibacterial Packaging for Food[J]. Plastics Packaging, 2018, 28(4): 1-8.
- [12] 白露, 李志明, 周成琳, 等. 抗菌剂在食品包装领域的研究进展[J]. 农产品加工, 2020(10): 72-73.
BAI Lu, LI Zhi-ming, ZHOU Cheng-lin, et al. Research Progress of Antibacterial Agents in Food Packaging[J]. Farm Products Processing, 2020(10): 72-73.
- [13] 郭娟, 张进, 王佳敏, 等. 天然抗菌剂在食品包装中的研究进展[J]. 食品科学, 2021, 42(9): 336-346.
GUO Juan, ZHANG Jin, WANG Jia-min, et al. Natural Antibacterial Agents and Their Application in Food Packaging: A Review[J]. Food Science, 2021, 42(9): 336-346.
- [14] 张朝敏, 徐永霞, 姜程程, 等. 茶多酚-海藻糖脱腥液对白鲢鱼贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(24): 321-324.
ZHANG Chao-min, XU Yong-xia, JIANG Cheng-cheng, et al. Effect of Deodorization on Quality of Silver Carp Fillets during Storage by Tea Polyphenols and Trehalose[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(24): 321-324.
- [15] 詹琳, 杜志雄. 统筹食品链管理推动粮食减损降废的思考与建议[J]. 经济纵横, 2021(1): 90-97.
ZHAN Lin, DU Zhi-xiong. Thoughts and Suggestions on Coordinating Food Chain Management to Promote Grain Loss and Waste Reduction[J]. Economic Review Journal, 2021(1): 90-97.
- [16] 高琳, 易凯, 蔡锋, 等. 可视化智能包装在减少食物浪费中的应用[J]. 包装工程, 2020, 41(7): 125-133.
GAO Lin, YI Kai, CAI Feng, et al. Application of Visible Intelligent Packaging in Reducing Food Waste[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(7): 125-133.
- [17] 宿跃, 石伟伟, 马骏, 等. 食品智能包装的研究热点、应用现状及展望[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(2): 133-139.
SU Yue, SHI Wei-wei, MA Jun, et al. Research Hotspot, Application Status and Prospect of Food Intelligent Packaging[J]. Storage and Process, 2021, 21(2): 133-139.
- [18] 周云令, 魏娜, 郝晓秀, 等. 智能包装技术在食品供应链中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2021, 42(7): 336-344.
ZHOU Yun-ling, WEI Na, HAO Xiao-xiu, et al. Progress in Application of Intelligent Packaging Technologies in Food Supply Chain[J]. Food Science, 2021, 42(7): 336-344.
- [19] 赵冬菁, 仲晨, 朱丽, 等. 智能包装的发展现状、发展趋势及应用前景[J]. 包装工程, 2020, 41(13): 72-81.
ZHAO Dong-jing, ZHONG Chen, ZHU Li, et al. Development Status, Tendency and Application Prospect of Intelligent Packaging[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(13): 72-81.
- [20] 刘晓锦, 李婷, 东为富. 食品智能包装的研究进展[J]. 塑料包装, 2021, 31(4): 1-6.
LIU Xiao-jin, LI Ting, DONG Wei-fu. Research Progress of Intelligent Packaging for Food[J]. Plastics Packaging, 2021, 31(4): 1-6.
- [21] 谢超杰, 王克俭. 包装中阻隔机理及新技术[J]. 塑料包装, 2018, 28(2): 8-11.
XIE Chao-jie, WANG Ke-jian. Barrier Mechanisms and Novel Technologies in Packaging[J]. Plastics Packaging, 2018, 28(2): 8-11.
- [22] 李慧玲, 徐长妍, 蒋少华. 功能包装材料的发展现状与趋势[J]. 中国材料进展, 2019, 38(12): 1135-1144.
LI Hui-ling, XU Chang-yan, JIANG Shao-hua. Development Status and Tendency of Functional Packaging Materials[J]. Materials China, 2019, 38(12): 1135-1144.
- [23] 袁梦杰. 高阻隔高韧性 PLA/PBF 食品包装复合材料的制备与性能研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2021.
YUAN Meng-jie. Preparation and Properties of PLA/PBF Food Packaging Composites with High Barrier and Toughness[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2021.
- [24] 穆罡, 罗欣, 梁荣蓉, 等. 不同高阻隔包装材料对烤鸭微生物及菌群多样性的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(3): 171-177.
MU Gang, LUO Xin, LIANG Rong-rong, et al. Effect of Different High Barrier Packaging Materials on Physicochemical Properties and Microbial Community Diversity of Roast Duck[J]. Food Science, 2020, 41(3): 171-177.

- 171-177.
- [25] 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.
- [26] 陈璐, 王敬敬, 赵勇, 等. 纤维素基可降解抑菌食品包装材料的研究及应用进展[J]. 包装工程, 2021, 42(5): 1-12.
- CHEN Lu, WANG Jing-jing, ZHAO Yong, et al. Research and Progress of Cellulose-Based Biodegradable and Antibacterial Food Packaging Materials[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(5): 1-12.
- [27] 林惠珠, 陈港能. 食品包装产业的绿色低碳环保技术研究与应[J]. 食品安全导刊, 2020(18): 14.
- LI Hui-zhu, CHEN Gang-neng. Green Low-carbon Environmental Protection Technology in Food Packaging and Its Application[J]. China Food Safety Magazine, 2020(18): 14.
- [28] 丰瑞, 苏梦瑶, 高泽茜, 等. 可降解绿色食品包装材料研究进展[J]. 食品界, 2022(7): 69-71.
- FENG Rui, SU Meng-yao, GAO Ze-xi, et al. Research Progress of Degradable Green Food Packaging Materials[J]. Food Industry, 2022(7): 69-71.
- [29] 吴宪玲, 吴爽, 周瑶. 可生物降解食品包装材料研究进展[J]. 农业科技与装备, 2021(3): 54-55.
- WU Xian-ling, WU Shuang, ZHOU Yao. Research Progress on Biodegradable Food Packaging Materials[J]. Agricultural Science & Technology and Equipment, 2021(3): 54-55.
- [30] 陈彤, 江贵长, 张德浩, 等. 可降解包装材料现状研究与展望[J]. 塑料工业, 2020, 48(1): 1-6.
- CHEN Tong, JIANG Gui-chang, ZHANG De-hao, et al. Research of the Status Quo and Prospect of Degradable Packaging Materials[J]. China Plastics Industry, 2020, 48(1): 1-6.
- [31] 侯哲. 聚乳酸可降解塑料食品包装研究进展及其设计应用[J]. 塑料科技, 2018, 46(6): 131-134.
- HOU Zhe. Research Progress, Design and Application of Polylactic Acid Degradable Plastic Food Packaging[J]. Plastics Science and Technology, 2018, 46(6): 131-134.
- [32] 李长鑫. 聚乳酸/纳米纤维素可降解柔性复合膜的制备与性能研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2021.
- LI Chang-xin. Preparation and Properties of Polylactic Acid/Nano-cellulose Degradable Flexible Composite Membrane[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2021.
- [33] 刘文龙, 雷英杰, 莫晓琴, 等. 用于食品保鲜包装的聚乳酸透气膜研究[J]. 成都大学学报(自然科学版), 2020, 39(2): 159-163.
- LIU Wen-long, LEI Ying-jie, MO Xiao-qin, et al. Study on Polylactic Acid Breathable Film for Food Preservation Packaging[J]. Journal of Chengdu University (Natural Science), 2020, 39(2): 159-163.
- [34] 李冲, 张煜升, 吴雨霞, 等. PLA/PCL 共混物的制备及性能分析[J]. 塑料, 2018, 47(6): 38-42.
- LI Chong, ZHANG Yu-sheng, WU Yu-xia, et al. Preparation and Properties of PLA/PCL Blends[J]. Plastics, 2018, 47(6): 38-42.
- [35] 刘芯钥, 林琼, 陈云堂, 等. 可降解抑菌食品包装膜的研究进展[J]. 包装工程, 2019, 40(19): 151-157.
- LIU Xin-yue, LIN Qiong, CHEN Yun-tang, et al. Research Progress of Degradable Antibacterial Food Packaging Film[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(19): 151-157.
- [36] 李国倩, 邱诗波, 杜桂涛, 等. 可降解壳聚糖-琼脂糖食品包装膜的制备与性能[J]. 包装工程, 2021, 42(21): 49-57.
- LI Guo-qian, QIU Shi-bo, DU Gui-tao, et al. Preparation and Properties of Degradable Chitosan-Agarose Food Packaging Film[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(21): 49-57.
- [37] 陈晓涵, 庞杰, 吴春华. 魔芋葡甘聚糖/壳聚糖复合抗菌食品包装膜的制备及其特性[J]. 食品科学, 2021, 42(7): 232-239.
- CHEN Xiao-han, PANG Jie, WU Chun-hua. Fabrication and Characterization of Antimicrobial Food Packaging Materials Composed of Konjac Glucomannan, Chitosan and Fulvic Acid[J]. Food Science, 2021, 42(7): 232-239.
- [38] 张猛, 李少香. 聚乙烯醇/淀粉和 Ag@MOF/壳聚糖衍生物双层抗菌复合膜的制备及其用于食品包装的研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2022.
- ZHANG Meng, LI Shao-xiang. Polyvinyl Alcohol/Starch and Ag@MOF/Preparation of Chitosan Derivative Bilayer Antibacterial Composite Membrane and Its Use in Food Packaging[D]. Qingdao: Qingdao University of Science and Technology, 2022.