

智能包装在军用食品包装领域的应用

王程, 刘振华, 赵吉敏, 陈文阁, 唐凯

(后勤科学与技术研究所, 北京 100166)

摘要: **目的** 促进智能包装技术发展, 进一步拓展智能包装在军用食品包装领域的应用。**方法** 明确智能包装的概念及其在食品领域的应用类型, 从现代战争对军用食品包装现实需求入手, 从防护功能、管控功能角度, 论证了在军用食品包装上应用智能包装的优越性, 同时预测了可能面临的问题及未来发展趋势。**结果** 智能包装在军用食品包装领域的应用, 对军用食品的包装质量、供应链管理、储备管理效益都有明显的优化, 将对现代军事条件下的后勤保障起到良好的推动作用。**结论** 将智能包装应用于军用食品包装领域, 既是其应用范围拓展的有益尝试, 又可以很好地满足现代战争需求, 因此要在军用食品的智能包装研发上加大投入, 深入研究。

关键词: 智能包装; 军用食品; 现代战争

中图分类号: TS206; TB48 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)23-0223-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.23.033

Application of Intelligent Packaging in Military Food Packaging

WANG Cheng, LIU Zhen-hua, ZHAO Ji-min, CHEN Wen-ge, TANG Kai

(Institute of Logistics Science and Technology, Beijing 100166, China)

ABSTRACT: This work aims to promote the development of intelligent packaging technology and further expand the application field of intelligent packaging in military food packaging. This article defined the concept of intelligent packaging, generalized its application status in the food-packaging field, demonstrated the superiority of intelligent packaging in military food packaging from functions of protection and control, and predicted its possible problems and future development trend. The application of intelligent packaging in military food apparently improved the packaging quality, supply chain management and reserve management efficiency of military food, and would have an immense influence on promoting logistics support under modern military conditions. The application of intelligent packaging in military food is a profitable attempt on expanding the application range, and can meet the demands of modern warfare. Therefore, it is necessary increase investment for further research of intelligent packaging for military food.

KEY WORDS: intelligent packaging; military food; modern warfare

包装工业是与国计民生紧密联系的行业领域,随着材料科学、信息技术、人工智能等技术的进步,以及市场需求越来越个性化、多样化,智能包装逐渐成为业界关注的热点。中国包装联合会在《中国包装工业发展规划(2016—2020年)》中指出,要“以智能包装为两化深度融合的主攻方向,推进生产过程智能

化,着力发展智能包装商品,大力提升包装产业信息化水平”^[1],赋予了智能包装更高的行业定位。

智能包装是传统包装模式的创新发展,综合运用物理、化学、生物、通信工程等手段,使其在具备传统包装功能的基础上,增强产品包装的防护性能,加大对产品全程的信息掌控,极大地提升了产品的智能

化程度^[2]。其进步之处在于彻底改变了以往被动了解甚至无法掌握产品信息的情况,既可以通过实时检测、识别等手段持续跟踪掌握产品的性状,又可以通过理化手段对产品施加一定控制,从而确保产品始终处于可控的状态。

随着大数据和物联网技术的逐渐应用^[3],智能包装将完全整合并彻底打通产品生命周期的所有环节,掌握产品从生产阶段到消费阶段的全程储运情况^[4],从某种意义上来说,产品包装智能化能够有效承载整个供应链体系,甚至重新塑造一条完整的供应链。

构建以智能包装为依托的供应链,呼应了国务院办公厅2015年颁布的《关于加快推进重要商品追溯体系建设的意见》以及2017年颁布的《关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》,有利于推动在食品、药品等重要商品上建立以物联网、云计算等技术为基础的追溯体系,有效地提升了商品品质和可靠性。随着智能包装技术的完善和进步,以及高速无线数据传输、大数据和物联网等相关高新概念的方兴未艾,智能包装在快消领域、电商行业、食药安全方面都需求量巨大,市场增速极快。军用食品作为食品行业的细分领域,对包装水平有着更为严苛的要求,产品包装必须防护功能全面、产品性能优良、技术水平稳定,具备突出优势的智能包装在军用食品包装领域的应用将会成为必然趋势和研究热点。

1 智能包装的概念

智能包装是综合运用生物医学工程、生物化学、材料科学与工程、电子科学与工程等学科先进技术,交叉融合发展出来的新型包装方式。智能包装为产品在全生命流程中提供了可靠的技术支撑,既能够反馈产品自身数据,便利统一管理,又能够由此提升防护水平及服务质量。智能包装能让包装含有大量的商品信息,通过传感器元件或条码以及商标信息系统,将标记和监控系统相结合,形成一套扩展跟踪体系。它能监测、记录、传输产品在储运过程中温度、湿度、压力、密封性等数据的变化情况,并对产品或包装内部环境变化进行调控。

最新的智能包装融合了RFID、印刷电子、柔性显示等新技术,特别是电子标签、二维码等识别技术以及4G和5G通信技术的快速发展和应用,使包装与人的交互性更强^[5],这不仅使包装与产品更加密不可分,而且使包装无论在运输途中还是入库储存,始终都是用户了解产品即时状态的最佳渠道,凸显了物联网的新特性。

以食品供应链循环为例,见图1,智能包装从材料供应到产品制造、产品包装、配送、消费、包装废弃回收的整个供应链中,发挥了信息感知、传递、储

存等重要信息交互作用^[6]。智能包装在完成传统防护功能的基础上,承载了万物互联的媒介作用。根据Technavio公司的最新报告,全球智能包装市场将以8%的年复合增长率快速发展,远高于普通包装4.7%的年复合增长率^[7]。相比传统包装无可比拟的优势,智能包装已经在食品、饮料、医药、化妆品、物流等时效性强、安全性要求高的领域有了较好的应用^[8—11]。

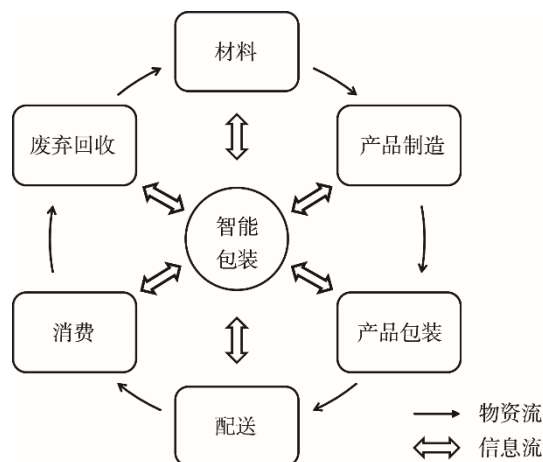


图1 食品供应链循环中智能包装的信息交互功能
Fig.1 Information exchange function of intelligent packaging in food supply chain cycle

2 智能包装在食品领域的应用

智能包装应用在食品领域,不仅可以增强食品包装防护性能,还可以在此基础上实现对食品包装环境的监测和记录,降低食品腐败变质的可能性,增强供应链中各环节对质量、安全的把控。当前,以京东、苏宁为代表的大型电商,超市发、沃尔玛、盒马鲜生为代表的线下大型超市,以及红牛、加多宝等食品饮料企业,都在食品领域加快探索应用智能包装构建的追溯体系^[12],实际投入市场的几种包装见图2。从功能和作用来看,食品智能包装主要可以分为控制型和信息型两种。

2.1 控制型智能包装

控制型智能包装是针对不同产品特性和需求,在包装材料中加入特殊物质,从而增强特定的性能指标,提升产品包装防护水平。当前主要采用的是具备一定感知能力的特殊材料,它能够对包装内外环境的温度、湿度、气体类型和浓度、光照强度、密封性等情况进行即时感知,运用化学、物理等手段改善包装组成和结构,以此提升产品包装的安全性和防护效果。控制型智能包装的研发起步较早,技术水平日臻完善,现已广泛应用于食品市场。

例如湿度控制包装,一种方式是采用聚丙烯酸钠

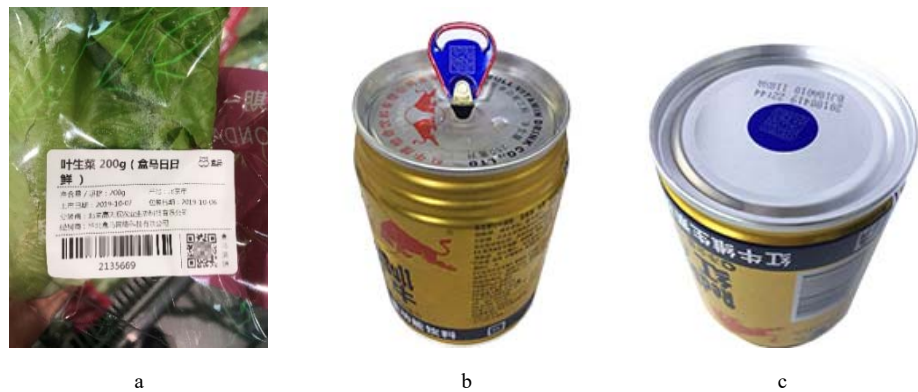


图 2 应用于追溯体系的智能包装
Fig.2 Intelligent packaging in traceability system

等高吸水性聚合物来吸收包装内的液态水^[13],另一种方式是采用丙二醇复合在聚乙烯醇当中的薄膜湿度调节剂吸收水汽^[14],从而确保包装内湿度合适,使食品的保鲜时间更久。

又如气体吸收/释放包装,可以通过调整包装中氧气、二氧化碳浓度的方式,延长食品保存时间。其中氧气吸收型包装材料中,目前最先进的技术是多层聚合物膜在紫外线作用下可控地清除氧气,可将包装内氧气的体积分数由 1%降至 0.0001%^[15];二氧化碳释放型主要是以含有碳酸氢钠等物质的多孔小袋吸收水汽并释放二氧化碳^[16];此外还有兼具同时吸收氧气、释放二氧化碳双重功能的包装材料^[17],可以解决氧气被吸收后形成部分真空而导致柔性包装塌陷的问题。

2.2 信息型智能包装

信息型智能包装可以监测包装内温度、湿度、菌落、pH 值、密封性等数据^[18],能监控产品所处位置、周围环境等信息,并将即时状态进行显示、储存、传输^[19],从而确保产品全生命周期的可知、可视、可控。在常规包装表面加装电子标签即可实现上述功能,而不必对原有包装的结构或材质进行改变和改造。电子标签利用现代通信技术对信息参数进行加工处理,并通过适当方式传输给利益相关方^[20]。由此,厂家和供应商可以掌握食品储运条件的变化情况,销售者可以了解食品的进出库数据,消费者可以获得食品品质的相关信息,极大地提高食品相关信息的透明度,为利益相关方通过获取的数据做出科学合理的决策依据提供可靠保证。

电子标签当中的无线射频识别(RFID),是当前应用较多、前景最好的信息型智能包装类型之一^[21]。RFID 是一种非接触式无线数据通信技术,通过无线电信号对产品进行有效监测,读写、传输所需数据,及时准确地反馈包装环境及包装物的变化,是供应链管理的重要基础技术^[22]。宝洁公司最早将信息型智能包装技术应用于产品,由信息中心自动控制,进行可

跟踪性包装的自动化管理,实现了库存最优化和供应链无缝对接,基本消除了产品出错率,大幅降低了管理成本和管理时间^[23]。在食品领域,山东东阿阿胶保健品有限公司引入了基于 RFID 的质量监控技术,在驴皮下植入芯片系统记录驴的生长发育、养殖加工等信息,并将这些信息进行唯一编码,印制在包装上,见图 3,实现了从原材料、生产、流通、销售,到消费者安全使用的全程信息化追溯^[24],其溯源体系流程见图 4。



图 3 东阿阿胶包装上的唯一编码
Fig.3 Dong'e Ejiao's unique identification code

3 现代战争对军用食品包装的现实需求

随着现代战争模式的转变,遂行军事任务的空间维度愈发多样^[25],军用食品保障供应由此面临着区域广大、类型繁杂、任务繁重等难题,军用食品包装如何确保军用食品从生产加工到接收食用的全过程安全可靠变得更为关键。

3.1 军用食品包装需要防护功能多样化

为确保军用食品及时安全送达战术前沿,后勤补给的方式将更多地采取地面、水面、空中综合协调的运输手段,海运、空投等方式将越来越多,以实现军用食品的远程机动保障、立体垂直保障、伴随保障和

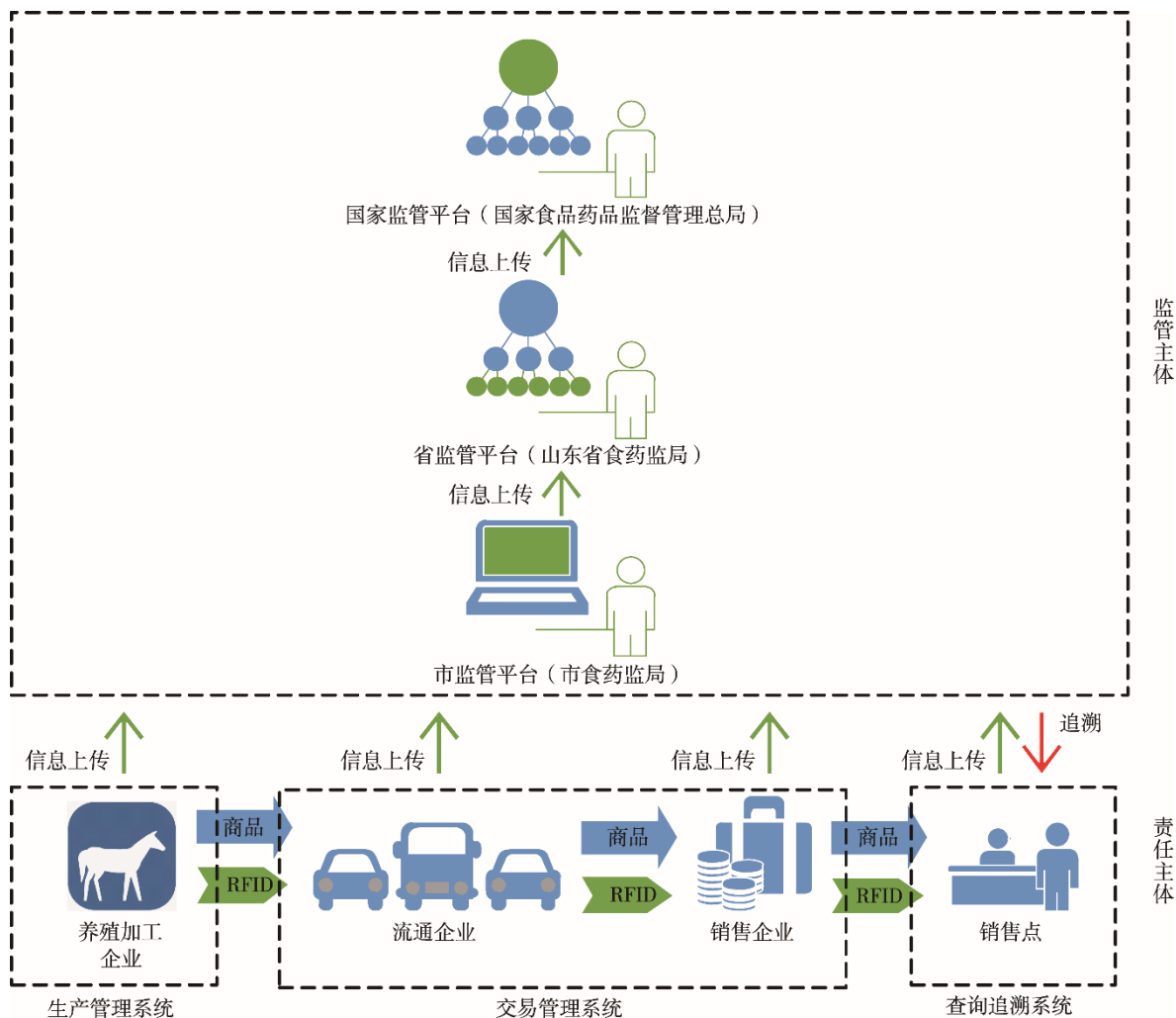


图 4 东阿阿胶溯源体系流程

Fig.4 Dong'e Ejiao CO's traceability system

直达保障^[26]。机动性高、多种联合的运输投送方式，需要军用食品包装的防护功能全面可靠，确保军用食品不会在运输过程中因包装破损造成不必要的损耗。

此外战场环境的自然条件各不相同，温度、湿度、盐雾、微生物等自然环境因素以及区域间较大的温度差、湿度差等变量，极易对运输投送过程中的军用食品产生影响甚至破坏，大大增加腐败变质的可能性，因此军用食品包装需要具备防护功能多样化的特点，以应对不同自然条件的考验，从而提升对储运环境不良因素的防护能力。

3.2 军用食品包装需要管控功能信息化

现代战争需要后勤的精准保障。军用食品类型多样、品种丰富，要在短时间内明确军用食品有多少、要多少、运多少，并实现精准配送，需要后勤保障力量具备极强的管控能力。在军用食品包装上集成信息化标签、模块，以包装的信息化带动大数据、云计算、物联网技术在物资管控上的实际应用，可以确保军用食品从需求、计划、采购、生产、仓储、运输、配送

的全流程追溯追踪管理，实现保障资源的可视掌控，确保来源可查、去向可追、责任可究、风险可控。包装的智能化将促使食品物资控制的科学化，如优化物流路线、改善仓储堆码方式、提高仓库利用率、实现包装物回收等逆向物流等^[27]；推动食品物资管理的集约化，通过对补给流通过程进行全程跟踪定位，确保了食品的品质和运输效率，提高了食品流通的成效及安全^[28]。从而极大地提升现代军事物流具体应用在军用食品保障上的优势与效能，因此军用食品包装需要具备与之相适应的信息综合处理能力。

4 智能包装在军用食品包装上的应用构想

现有的智能包装技术已经可以在一定程度上满足现代战争对军用食品包装的技战术指标要求以及迫切需要，将智能包装应用到军用食品上，对包装质量的提升、供应链管理的优化以及储备管理效益的提高都大有裨益。

4.1 提升军用食品包装的质量

食品包装的首要作用是防止或者减缓食物受储存环境的影响发生变质。在军用食品上应用智能包装,不仅可以最大限度地保留食品的营养价值,有效提高军用食品的耐久度和可靠性,还可以防范人为侵害。

抗菌包装材料可以有效抑制细菌、真菌的生长繁殖,确保包装内环境处于无菌状态,防止食物腐败变质,从而延长食物寿命^[29]。例如 Frettek^[30]包装袋内附有可以持续挥发乙醇和乙酸气体的涂层,能使细菌蛋白质变性,干扰细菌代谢,抑制霉菌生长,目前已经应用于日本自卫队的野战餐食包装。又如美军正在大力研发以壳聚糖^[31]为代表的具有抗菌活性的包装材料,通过材料特有的氨基正离子与细菌的细胞膜发生反应,抑制细菌吸收正常代谢所需的营养物质,从而阻碍细菌生长繁殖,延长食物的保鲜期。

最早得到广泛应用的吸氧包装材料是铁粉吸氧剂袋^[32],美军早在 20 世纪 80 年代末就已应用此技术保存面包、牛肉等军用食品。目前投入商用的还有吸氧塑料^[33],该技术是将具有吸氧能力的合成金属添加到聚烯烃薄膜当中,实验环境下含有 10%吸氧剂的薄膜的吸氧能力高达 4.3 mL/g,可迅速将包装内氧浓度降至万分之一以下,有效防止食品出现氧化霉变,同时还兼具体积小、使用便捷等优点,受到了美军相关部门的关注。

此外,在食品包装中加装时间-温度指示器(TTI)^[34]以及显窃启^[35](Tamper-Evident)模块,可以基于化学、生物、物理等技术构建军用食品质量监控机制。时间-温度指示器可以实时监测冷冻食品储运中所处环境的变化,即时显示食品质量随时间、温度变化而下降的程度,通过时间温度积累效应指示冷链食品的温度变化历程,从而确保冷链温度在规定范围之内,军人在收到食品后对其安全性一目了然。显窃启模块可以明确显示包装是否曾被非法接触或开启,能有效防范包装损毁导致的各种严重后果。除了广泛商用的

薄膜裹包、泡罩包装之外,目前已经研发出多种带有告警性质的显窃启包装材料,例如可变色的塑料薄膜、易撕裂破损的光纤封条、可发生染色的特殊材料等。美军还在此基础上探索将 RFID 技术集成在压敏标签、复合薄膜、收缩裹包当中,便于及时发现食品包装发生损坏,特别是防范人为侵害甚至生化袭击,从而保证军用食品在流通环节的安全^[36]。

4.2 优化军用食品的供应链管理

在现代联勤保障体制机制下,后勤保障供应链的各个环节能够有效地连接起来,整条供应链上的活动连续且不可分割^[37],但是如何以系统工程思维全面合理地进行供应链管理,已成为亟待突破的技术关键^[38]。随着搭载了 RFID 的智能包装的逐步应用,军用食品的供应保障实现精准化、全程可视化成为可能,通过对军用食品的质量、状态及对物流信息的收集和反映,后勤保障供应链中的管理系统将得到极大改善,促进现代军事物流的建设发展。

在军用食品单个包装以及单元化的托盘、包装箱上粘贴 RFID 标签,在供应中转的门闸处安装天线和数据收发器,再接入虚拟专网,即可实现供应链管理流程上最基本的优化,见图 5。

这种成套的可追踪性包装可以智能监测军用食品在供应链中的变化情况。保障指控中心在电子标签内写入货物的相关数据以及“收货人”的相关保障信息,可以通过各个物流节点的 RFID 系统调取标签内的数据,掌握物资所处位置,了解补给物资的质量以及收发的数量,实时监控在途物资的即时动态情况。有了以智能包装为基础搭建起来的管理平台,保障指控中心基于大数据分析,可以深度挖掘数据价值,根据战场局势的实时变化及时合理地调整物流流向,优化物流路线,从而实现供应链的全程可控,在提升补给精度和效率的同时降低成本。

特别是军队遂行任务日趋多样化,任务区域不断扩大,传统陆上补给面临的制约因素越来越多,需要改用空投补给和海上补给进行保障。在军用食品包装



图 5 供应链管理优化示意
Fig.5 Optimization of supply chain management

上利用 RFID 和 GPS/GPRS 技术能够动态采集补给物资的变化信息和地理位置信息,形成对补给物资供应链的实时立体定位网络,便于一线部队及时准确地搜索、接收投送的补给物资。

4.3 提高军用食品储备的管理效益

军用食品储备是战备储备的重要内容,必须从实战需求出发,兼顾集约高效,优化储备结构,规范轮换机制,提升管理效益。将智能包装应用于军用食品包装,可以减少轮换次数,改进清仓查库方式,提升工作效率,降低储备成本,有效提高综合保障效能。

一方面,智能包装对军用食品的品质和货架期有着巨大提升。智能包装既可以对食品的外部环境进行识别、判断和控制,又能对食品包装内环境的温度、湿度、压力以及密封状态等进行识别、判断和控制。它以纳米复合薄膜、聚合物涂层等高技术材料为基础,发挥湿度控制、充氮控氧、抗菌防霉等技术作用,有效地延长了食物的保质期,减少了因过期变质导致的被动轮换次数,大大降低了军用食品储备的成本。

另一方面,智能包装采用电子标签、自动识别等技术,对军用食品的质量、数量进行全程监控,准确掌握军用食品的生命周期。借助 RFID 标签采集军用食品在生产和流通过程中的信息,既能让保障指控中心实时掌握库存、流通、货架期等信息,还能在物流管理中预测部队需求,优化库存管理,整合资源,形成一个智能化管理体系。储备管理部门不必再采取深入仓库逐一点验的传统清仓查库方式,仅依托智能包装上收集的信息数据,就可以有针对性地对即将过期的军用食品进行处理,补充新鲜的物资。同时以信息数据为基础,建立“用旧存新”的动态储备机制,将“静态”的储备和“动态”的轮换有机结合,既可用于部队日常保障,也可配合部队演训任务有计划地进行轮换,做到常储常用、常用常新,保持充足的储备和良好的质量^[39],确保食品保障迅即到位。

5 智能包装应用于军用食品包装面临的主要问题及未来趋势

智能包装不仅是包装行业大力推进研发的新风口,更是以食品安全需求带动技术革新进步的重点研究方向。智能包装在保证食品质量安全、保持食品性能稳定、获取食品有效信息、改善消费者用户体验等方面取得了长足进步,目前已大量投入商用,取得了良好的社会效应。

当前,在军用食品包装上应用智能包装仍面临着一些问题。一是智能包装当前成本较高,初始阶段的研发门槛较高,生产技术复杂,成本必然高于传统包装材料,大规模应用的经济性仍需论证。二是智能包

装仍未完全覆盖市场,且应用时间不长,产品的可靠性和安全性需要验证,普通消费者和市场对其了解途径有限,认可度尚需提高,应用于军用食品更需严格把控。三是军用食品包装尚未引起高度重视。军用食品研发的重点在于营养成分及食品质量,对于食品包装的开发特别是包装智能化的研究力度有限,相关部门对包括军用食品包装在内的军品包装建设投入不足。四是缺乏政策依据。目前军用食品包装的配套标准体系尚不完备,而智能包装的行业和国家标准化工作也处于起步阶段,缺乏牵引对接的前提和依据,阻碍了智能包装在军用食品包装上的应用。

尽管智能包装在军用食品包装上的应用还面临着一些问题,但随着技术的进步和市场占有率的提高,在军用食品包装上应用智能包装将成为必然趋势。一是军用食品智能包装经济性、安全性更强。智能包装量产后的成本将大幅下降,新技术、新材料的研发应用,会使直接接触食物的安全性大大提高,防护水平有所提升,对现代战争条件下后勤保障的改善和提高具有重要意义。二是军用食品智能包装融合度更高。控制型智能包装和信息型智能包装将会发生深度融合,防护性能与信息功能兼备的一体化包装作用更突出、功能更全面,可以满足不同的战场需要。三是军用食品智能包装的“智慧”能力更突出。大数据、物联网、云服务以及智能终端迅速发展,智能包装将很好地与之进行交互,将军用食品的新鲜度、完整性以及储运情况等相关信息发送到需求方,形成较为完备的“智慧”保障链条。

6 结语

智能包装能够实现对产品整个生命周期的完全掌控,结合大数据、物联网、云服务、5G 等新技术革命,将会对供应链产生根本性影响。将智能包装应用于食品特别是军用食品包装领域,以现代战争需求为牵引,将是智能包装应用范围拓展的有益尝试,因此需要在军用食品的智能包装研发上加大投入,进行深入研究。

参考文献:

- [1] 中国包装联合会. 中国包装工业发展规划(2016—2020年)[EB/OL]. [2019-09-01]. <http://www.cpta.org.cn/articleDetail.html?id=6819>. China Packaging Federation. China Packaging Industry Development Plan (2016—2020)[EB/OL]. [2019-09-01]. <http://www.cpta.org.cn/articleDetail.html?id=6819>.
- [2] HAN J H, HO C H L, RODRIGUES E T. Intelligent Packaging Innovations in Food Packaging[M]. Academic Press, 2005: 138—155.

- [3] ZHONG R Y, XU C, CHEN C, et al. Big Data Analytics for Physical Internet-Based Intelligent Manufacturing Shop Floors[J]. *International Journal of Production Research*, 2017, 55(9): 2610—2621.
- [4] MAKSIMOVIĆ M, VUJOVIĆ V, OMANOVIĆ-MIKLIĆANIN E. Application of Internet of Things in Food Packaging and Transportation[J]. *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics*, 2015, 1(4): 333—350.
- [5] RESTUCCIA D, SPIZZIRRI U G, PARISI O I, et al. New EU Regulation Aspects and Global Market of Active and Intelligent Packaging for Food Industry Applications[J]. *Food Control*, 2010, 21(11): 1425—1435.
- [6] YAM K L, TAKHISTOV P T, MILTZ J. Intelligent Packaging: Concepts and Applications[J]. *Journal of Food Science*, 2005, 70(1): R1—R10.
- [7] 崔铮, 李路海, 宋延林, 等. 柔性印刷电子产业发展白皮书(2018 版)[M]. 上海: 瑞同科技传媒(上海)有限公司, 2018: 84—100.
CUI Zheng, LI Lu-hai, SONG Yan-lin, et al. White Book on the Development of Flexible Printed Electronic Industry (2018 ed.)[M]. Shanghai: WinTECH Media (Shanghai) Co., Ltd., 2018: 84—100.
- [8] 崇岚, 潘军辉, 熊鹏文. 智能包装技术的应用现状和发展前景[J]. *包装工程*, 2017, 38(15): 159—164.
CHONG Lan, PAN Jun-hui, XIONG Peng-wen. Development and Applications of Intelligent Packaging Technology[J]. *Packaging Engineering*, 2017, 38(15): 159—164.
- [9] 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.
- [10] DAINELLI D, GONTARD N, SPYROPOULOS D, et al. Active and Intelligent Food Packaging: Legal Aspects and Safety Concerns[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2008, 19: S103—S112.
- [11] 郝晔. 智能包装在食品、饮料、医药等领域的应用[J]. *印刷技术*, 2007(9): 23—24.
HAO Ye. Applications of Intelligent Packaging in Food, Beverage, Medicine, etc[J]. *Printing Technology of Publishing and Commercial Printing*, 2007(9): 23—24.
- [12] 文博, 班娟娟. 重要产品追溯谋划更缜密顶层设计[N]. *经济参考报*, 2019-04-03(02).
WEN Bo, BAN Juan-juan. Deliberate Top-Level Design of Important Product Traceability System[N]. *Economic Information Daily*, 2019-04-03(02).
- [13] 周宇光, 付国平. 食用聚丙烯酸钠的特性及应用[J]. *中国食品添加剂*, 2009(1): 114—117.
ZHOU Yu-guang, FU Guo-ping. The Character and Applications of Edible Sodium Polyacrylate[J]. *China Food Additives*, 2009(1): 114—117.
- [14] BRODY A L, STRUPINSKY E P, KLINE L R. Active Packaging for Food Applications[M]. CRC Press, 2001.
- [15] KERRY J P, O'GRADY M N, HOGAN S A. Past, Current and Potential Utilization of Active and Intelligent Packaging Systems for Meat and Muscle-Based Products: A Review[J]. *Meat Science*, 2006, 74(1): 113—130.
- [16] BODBODAK S, RAFIEE Z. Recent Trends in Active Packaging in Fruits and Vegetables[M]. *Eco-Friendly Technology for Postharvest Produce Quality*. Academic Press, 2016: 77—125.
- [17] CHARLES F, SANCHEZ J, GONTARD N. Absorption Kinetics of Oxygen and Carbon Dioxide Scavengers as Part of Active Modified Atmosphere Packaging[J]. *Journal of Food Engineering*, 2006, 72(1): 1—7.
- [18] CALEB O J, MAHAJAN P V, AL-SAID F A J, et al. Modified Atmosphere Packaging Technology of Fresh and Fresh-Cut Produce and the Microbial Consequences—A Review[J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2013, 6(2): 303—329.
- [19] YAM K L. Intelligent Packaging to Enhance Food Safety and Quality[M]. *Emerging Food Packaging Technologies*. Woodhead Publishing, 2012: 137—152.
- [20] OTLES S, SAHYAR B Y. Intelligent Food Packaging [J]. *Comprehensive Analytical Chemistry*, 2016, 4(4): 439—458.
- [21] 章登科, 韩国程, 俞朝晖. RFID 技术及其在智能包装中的应用[J]. *包装工程*, 2018, 39(1): 6—11.
ZHANG Deng-ke, HAN Guo-cheng, YU Zhao-hui. RFID Technology and Its Application in Smart Packaging[J]. *Packaging Engineering*, 2018, 39(1): 6—11.
- [22] MCFARLANE D, SHEFFI Y. The Impact of Automatic Identification on Supply Chain Operations[J]. *The International Journal of Logistics Management*, 2003, 14(1): 1—17.
- [23] GRIBBINS M, SUBRAMANIAM C, SHAW M J. E-Business in Consumer Packaged Goods Industry: A Case Study[R]. Working Papers, University of Illinois, Urbana, 2005.
- [24] 张婕妤, 刘嵘, 汝文文, 等. 基于 RFID 的药品生产管理及包装信息化[J]. *包装学报*, 2015, 7(4): 25—28.
ZHANG Jie-yu, LIU Rong, RU Wen-wen, et al. Pharmaceutical Production Management and Packaging Informatization Based on RFID[J]. *Packaging Journal*, 2015, 7(4): 25—28.
- [25] 刘继贤. 一体化联合作战与系统化建设[J]. *军事运筹与系统工程*, 2008(4): 3—12.
LIU Ji-xian. Integrated Joint Operations and Systematic Construction[J]. *Military Operations Research and Systems Engineering*, 2008(4): 3—12.
- [26] 张春和, 于战果. 包装单元化技术对现代军事物流的影响分析[J]. *物流技术*, 2003(12): 119—120.
ZHANG Chun-he, YU Zhan-guo. Influence of Unit Package Technology to Modern Military Logistics[J]. *Logistics Technology*, 2003(12): 119—120.
- [27] 倪卫涛. 基于智能物流的供应链包装系统集成分析

- [J]. 包装工程, 2016, 37(23): 203—208.
- NI Wei-tao. Integrated Analysis on Supply Chain Packaging System Based on Intelligent Logistics[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(23): 203—208.
- [28] 张正民. 我国智能包装应用现状与发展趋势[J]. 现代商贸工业, 2016, 37(14): 45—46.
- ZHANG Zheng-min. Application Status and Development Tendency of Intelligent Packaging in China[J]. Modern Business Trade Industry, 2016, 37(14): 45—46.
- [29] 陈美梅, 郭荣辉. 抗菌材料的研究进展[J]. 纺织科学与工程学报, 2019, 36(1): 157—161.
- CHEN Mei-mei, GUO Rong-hui. Research Progress of Antibacterial Materials[J]. Journal of Textile Science and Engineering, 2019, 36(1): 157—161.
- [30] 束浩渊, 潘磊庆, 屠康. 抗菌材料在食品包装中的研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(5): 260—265.
- SHU Hao-yuan, PAN Lei-qing, TU Kang. Advances in Researches of Antibacterial Materials in Food Packaging[J]. Food Science, 2015, 36(5): 260—265.
- [31] DURAN M, ADAY M S, ZORBA N N, et al. Potential of Antimicrobial Active Packaging "Containing Natamycin, Nisin, Pomegranate and Grape Seed Extract in Chitosan Coating" to Extend Shelf Life of Fresh Strawberry[J]. Food and Bioproducts Processing, 2016: 354—363.
- [32] 段绘叶, 李东立, 许文才, 等. 食品活性吸氧包装材料研究进展[J]. 北京印刷学院学报, 2013, 21(4): 9—12.
- DUAN Hui-ye, LI Dong-li, XU Wen-cai, et al. Research Progress of Food Active Oxygen-absorbing Packaging Material[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2013, 21(4): 9—12.
- [33] BUSOLO M A, LAGARON J M. Oxygen Scavenging Polyolefin Nanocomposite Films Containing an Iron Modified Kaolinite of Interest in Active Food Packaging Applications[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2012, 16: 211—217.
- [34] 田秋实, 谢晶. 时间-温度指示器(TTI)的发展现状[J]. 渔业现代化, 2009, 36(6): 50—53.
- TIAN Qiu-shi, XIE Jing. Review on the Development of Time Temperature Indicator (TTI)[J]. Fishery Modernization, 2009, 36(6): 50—53.
- [35] MEDHAL B, UPCHURCH G C, FRANK C A, et al. Tamper-Evident Packaging: U S, 8963714[P]. 2015-02-24.
- [36] BARRETT A H, CARDELLO A V. Military Food Engineering and Ration Technology[M]. DEStech Publications, Inc, 2012.
- [37] DONALD J, BOWERSOX C, DAVID J, et al. Supply Chain Logistics Management[M]. Mcgraw-Hill Education, 2012.
- [38] 龚卫锋, 孙敏. 军事供应链管理系列连载之一实施军事供应链管理势在必行[J]. 物流技术与应用, 2006, 11(8): 102—104.
- GONG Wei-feng, SUN Min. The Military Supply Chain Management is Imperative[J]. Logistics and Material Handling, 2006, 11(8): 102—104.
- [39] 辜勇. 面向重大突发事件的区域应急物资储备与调度研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2009.
- GU Yong. A Research of the Emergency Supplies Reserves and Scheduling for the Major Incident Area[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2009.