

生鲜农产品冷链管理及关键技术研究进展

Advances on management and key technology of fresh agricultural products cold chain

李康¹ 郑建国¹ 伍大清²

LI Kang¹ ZHENG Jian-guo¹ WU Da-qing²

(1. 东华大学旭日工商管理学院, 上海 200051; 2. 南华大学计算机科学与技术学院, 湖南 衡阳 421001)

(1. Glorious Sun School of Business and Management Donghua University, Shanghai 200051, China;

2. School of Computer Science and Technology, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

摘要:冷链已经成为世界各国提高生鲜农产品流通条件、食品质量安全、农产品附加值及促进农产品走向国际市场的重要保障。与世界发达国家相比,中国的生鲜农产品冷链在技术、整体设备拥有量和系统管理水平等方面均存在一定的差距。在对国内外冷链管理研究进行梳理的基础上,对冷链管理中的几类主要问题:库存、物流系统规划、质量安全、协调机制及关键技术等进行综述和比较分析,最后从生鲜农产品冷链碳排放、消费者行为倾向、闭环供应链等方面探讨中国未来生鲜农产品冷链的发展趋势。

关键词:生鲜;农产品;冷链管理;供应链

Abstract: Cold chain has become an important guarantee for world's countries to improve the quality of fresh agricultural products circulation condition, ensure food safety, increase agricultural product added value and promote agricultural products to the international market. But there is a certain gap between our country's cold chain and developed countries' in technology, equipment ownership and overall system management level. On the basis of analyzing the research on cold chain management at home and abroad, this paper compares and analyses some of the major issues in cold chain: inventory, logistics system planning, safety and quality, coordination mechanism and the key technical issues. Finally the paper puts forward the future research content and potential direction from the aspects of carbon emissions of fresh agricultural products cold chain, consumer behavior and the closed-loop supply chain.

Keywords: fresh; agricultural products; cold chain management; supply chain

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:70971020);上海市自然科学基金项目(编号:15ZR1401600);中央高校基本科研业务费专项资金资助(编号:CUSF-DH-D-2015096);湖南省教育厅基金资助项目(编号:13C818);湖南省衡阳市科技局科技计划基金资助项目(编号:2013KG63)

作者简介:李康(1983—),男,东华大学在读博士研究生。

E-mail:likang226@163.com

通讯作者:郑建国

收稿日期:2015-06-13

冷链(cold chain)是指从原材料的供应,到生产、加工、包装、库存、运输,直到最终消费为止的一系列低温度控制的过程,其实质是由温度控制的特殊供应链系统^[1]。从电冰箱的广泛使用到气调储藏技术再到 CAS 冻结系统(cell alive system)的运用^[2],各种冷藏技术的飞速发展,促进了欧美等发达国家和地区农产品冷链体系的建立,并推动了相关理论的研究。1894 年,美国人巴尔里尔(Barrier)和英国人莱迪齐(Ruddich)提出了冷链的概念^[3],促进了众多学者对冷链问题的研究和关注,随着研究的不断深入,相关研究成果也越来越丰富。所涉及的研究不仅包含对冷冻设备^[4-5]及相关技术的探讨^[6],还包括对农产品^[7-8]、药品、化工产品等特殊器材的物流^[9]、安全及风险管理^[10-11]、供应链协调^[12]等方面的研究。中国冷链管理发展较慢,相关研究起步较晚,研究成果不多。但近年来,中国在新型城镇化的宏观背景下,大量的农业转移人口市民化,推动消费结构升级,促进生鲜农产品进入快速发展期。需求增加的同时也促进了生鲜电商的发展,冷链管理日益成为大家关注的焦点。国内很多学者加强了对冷链管理问题的研究,如:但斌^[13]、林略^[14]、齐林^[15]、王冲^[16]、佟金^[17]、吴忠和^[18]、李琳^[19]等,从不同角度对中国生鲜农产品冷链管理发展过程中存在的问题进行了研究。这些研究成果逐渐丰富了中国冷链研究的理论体系,为了更系统的把握生鲜农产品冷链管理发展的主要方向,有必要对国内外研究进展进行分析和归纳,并在此基础上找出可以借鉴之处,以期促进生鲜农产品冷链管理各个环节的整体发展。

1 生鲜农产品冷链管理研究进展

生鲜农产品具有易腐败^[1]、损耗大^[2]、价格变化快^[3]、受季节影响强^[4]的特点,造成了该类产品对库存条件^[13]、货物配送中心选址^[2]、车辆选择^[3]、行驶路径^[15]、受季节性影响^[18]及温度控制^[6]等的要求不断提高。受这些因素的影响生鲜农产品冷链管理还极易产生供应商、批发商、零售商之间利益协调的问题^[16],而为了达到协调供应链的目的,需要通过风险分担^[14]、收益共享契约^[18]及双方间的不断博弈^[16]

等方式来实现。生鲜农产品冷链协调系统的构建不仅可以提高冷链管理的效率,而且还可以加强生鲜农产品质量安全的可追溯性,从而保障食品质量的安全^[7]。近年来,国家加大了在食品质量安全方面的投入力度,而不断更新的制冷技术,逐渐完善的冷链物流设施,有利于确保生鲜农产品的整个低温供应链系统各个环节的良好衔接。因此,本研究基于供应链理论对生鲜农产品的库存、选址、配送、车辆路径、质量安全、各环节间的协调及制冷技术发展等问题进行分析和讨论。

1.1 冷链库存研究

生鲜农产品因在储存过程中易发生变质现象,致使其对库存条件及管理要求较高,由此带来了变质成本(损耗成本)的增加。为了降低库存成本,企业需要考虑产品变质率、产品需求量、价格折扣、货架期,以及是否允许短缺等影响因素,因此,该问题的研究对于冷链管理的发展十分必要。根据冷链库存研究的视角不同可以分为单级冷链库存和供应链视角下的多级冷链库存两类。对于单级冷链库存的研究,早期多以常数变质率作为假设条件,而现实情况则多是随着时间变化的变质率问题,Shah 更是提出了考虑规模参数、位置参数和形状参数的 Weibull 分布的冷链库存模型^[20];针对这类问题王丽娟等^[21]在考虑通货膨胀和延期支付等条件下,研究了基于 Weibull 分布的生鲜农产品在通货膨胀和延期支付条件下的最优订货问题,采用控制理论和系统优化方法建立了二维 Weibull 分布的库存控制模型。Mandal 等则针对此类问题提出了随时间线性增加的需求变化的冷链库存模型^[1],Kalpakkam 则研究了随机性需求下的生鲜农产品冷链管理问题,建立了市场需求服从泊松分布的冷链库存模型^[1]。随着现代物流业的飞速发展,第三方冷链物流服务提供商(third-party logistics, 3PL)也不断增加,面对此类库存问题,陈晓旭等^[22]运用动态博弈理论构建了一个包含 3PL 的时变需求变质品三级供应链模型,提出有第三方物流服务提供商承担库存及运费可促使冷链产品的订货周期缩短,有利于促进上下游企业的供应链协调。杨建功等^[23]以需求依赖展示库存的生鲜农产品为对象,运用动态规划方法,研究了供应商管理库存(vendor managed inventory, VMI)的情形下的补货策略及最优货架期;并证实了在特定 VMI 补货环境下采用多期库存盘查模式的供应商来说封顶式的补货策略是最优的。国内外学者在研究生鲜农产品库存问题时多基于 Weibull 分布,主要是由于该分布可以较真实地反映市场发展的实际情况,尤其是在研究假设方面考虑到了买方与卖方的库存及配送问题,由此得出的研究结果更具有可靠性。而基于 VMI 及 3PL 研究冷链库存属于对供应链视角下的多级冷链库存问题进行探讨^[24],该类研究比单级冷链库存研究更接近实际问题,相关建议更具有指导意义。

1.2 冷链物流系统规划研究

冷链物流系统规划主要包括整体的布局问题(layout problem, LP)、选址—分配(location-allocation problem, LAP)、车辆—路径(vehicle routing problem, VRP)及选址—路径问题(location-routing problem, LRP)等,其主要目的是通过提升冷链的管理水平不断增强客户的满意度,加快服务的响应速度,使得设施、生产、库存及运输等费用最小化,降

低冷链的运作成本。

自查德·缪瑟于 1961 年分别提出了系统布置设计和系统搬运分析理论后^[25],相关学者在此基础上,提出了许多解决布局问题的研究成果,主要包括:理想块状布局模型(二次集合覆盖模型、图论模型、线性整数规划模型)、扩展模型(多目标决策布局模型、动态布局模型、鲁棒性及柔性布局模型)、实用模型(环形布局模型、单元布局模型)以及计算机辅助设施布局软件^[26]。对于 LAP 问题的研究,随着电子商务及云计算技术的飞速发展,所涉及的因素逐渐增加。相关研究主要有两类模型,即排队覆盖模型和排队中位模型^[27]。从研究内容分类主要有:从能力来看,可以分为有能力约束及无能力约束的 LAP^[25];从涉及的供应链阶段可以分为单阶段 LAP、二阶段 LAP 和多阶段 LAP;从研究时段看,可分为静态 LAP 和动态 LAP;以及其他研究如网上任务 LAP、保障设施 LAP 及应急物资 LAP 等^[28]。从研究方法来看,主要分为采用多准则决策手段和方法,以及采用运筹学理论方法,如整数规划模型、区间规划模型及模糊机会约束规划模型^[29]。

车辆一路径问题(vehicle routing problem, VRP)是图论中的多项式复杂程度的非确定性问题(non-deterministic polynomial, NP)。目前,根据数据性质对 VRP 问题分为确定性和非确定性两种类型^[30]。对于这类问题的求解算法主要有,精确算法、现代启发式算法及经典启发式算法^[31]。在整个冷链服务过程中,LAP 是 VRP 问题的前期决策,因此 LAP 问题的影响着后续问题的发展,这些问题也直接影响到 LRP,可以发现这些问题间存在着密切的联系。1961 年 Von Boventer 最早提出了对该问题的研究,之后的研究在 20 世纪 80 年代后开始不断丰富^[32]。Zarandi 等^[32]建立了有能力约束的多车型 MDCLRP 模型;Govindan 等^[33]针对易腐食品的研究提出了一种多目标优化模型,研究了易腐食品的供应链网络分布问题,重点介绍了碳足迹和温室气体排放量对整个网络的影响。

1.3 冷链质量安全与风险管理

到目前为止,中国的冷链还处在发展的初级阶段,相关技术、设施及管理比较落后^[2],冷链“断链”现象时有发生^[3],这些因素加剧了生鲜农产品质量管理的风险。由于食品安全与食品安全风险管理相辅相成,如何保障冷链的质量安全就显得十分必要。国内外学者对冷链质量安全及风险管理的研究多集中在以下几个方面。

1.3.1 温度控制 Laguerrea 等^[7]详细介绍了随着温度的增加生鲜农产品质量发生的变化。Myo 等^[8]研究了温度管理对保障易腐食品质量安全风险的作用。

1.3.2 冷链溯源 Chen 等^[10]介绍了国外关于生鲜农产品冷链质量安全及风险管理的研究,包括采用射频识别技术(radio frequency identification, RFID)技术进行全程质量控制,建立溯源系统提高消费者的满意度。

1.3.3 冷链质量安全控制体系 Wallace^[11]研究了危害分析关键控制点(hazard analysis critical control point, HAC-CP)在易腐食品质量安全控制体系中的应用。Vladimirov 等^[34]以保加利亚的易腐食品的质量安全控制体系为对象,进行了系统研究,并提出了影响的安全因素。

1.3.4 供应链质量管理(supply chain quality management, SCQM) 生鲜农产品质量安全涉及从生产、加工、包装、储

存、运输到销售的各个方面。Victoria 等^[35]以台湾和荷兰的食品加工企业为对象,研究了冷链产品在销售过程中的定价策略与质量安全的关系,并提出对冷链服务外包的影响。

1.3.5 质量信息管理 Adri 等^[7]研究了冷链管理过程中农产品系统中企业选择的信息战略,以及消费者希望提高信息透明度之间的联系。Mohamed 等^[36]建立了用来控制农产品供应链的质量安全的模糊目标规划模型及水产品质量分析模型,用以解决冷链过程中的质量信息管理问题。

国外的冷链质量安全与风险管理的侧重点主要表现在:对冷链质量安全系统的建立或规划,对该系统中质量安全信号的管理以及展开的质量安全控制研究^[37]。而在中国涉及到的问题则较多,如:缺乏对冷链系统的相关法律法规制定、冷链产品质量安全检查标准不统一^[2]、冷链物流环节“断链”问题^[3]、从生产或捕捞^[14]、加工^[15]、库存^[15]、运输^[17]及销售^[38]等环节不规范操作等。

1.4 冷链协调机制研究

生鲜农产品在库存及运输过程中出现的价值损耗问题,不仅影响到产品的价格,而且将会直接影响到市场的需求。因此研究基于时变需求、价值损耗、收益共享等的冷链协调问题,对于通过冷链协调和优化进一步控制和降低成本,提高整个供应链系统的高效运作都具有重要的现实意义。Omkar 等^[39]分析了随机产出与需求下的生鲜农产品的冷链,研究表明依赖收益共享的契约能解决各供应链环节的协调问题。Bogata 等^[40]研究了农产品在采摘后的加工、制作、库存、运输以及销售环节通过保障产品的质量安全,而达到冷链管理的协调。国内的学者主要从生鲜农产品的价值损耗、实体损耗及时变需求等方面对冷链协调问题进行了探讨。如但斌等^[41]基于博弈论方法研究了两级供应链下的生鲜农产品的协调问题,建立了销地批发商与市场运营商之间的主从博弈模型,并提出批发商共享采购价格信息,不但提高了批发市场运营商的期望利润,更有助于稳定生鲜农产品的供给,平抑生鲜农产品价格波动。针对此类问题,林略等^[44]以生鲜农产品三级冷链问题为研究对象,在考虑运输时变需求、生鲜农产品质量及货物损耗的数学模型,并指出所建立的收入共享契约可以有效协调有生产商—分销商—零售商构成的生鲜农产品三级供应链。收入共享契约的建立,不仅可以有效解决三级供应链的问题,也可以处理由 1 个生产商和 n 个零售商构成的生鲜农产品供应链突发事件问题;吴忠和等^[18]针对此类问题对在考虑损耗和新鲜度的影响下,构建了相应的供应链协调模型,并指出当突发事件造成市场需求、价格敏感系数和产品运输时间同时发生扰动时,通过调整收益共享契约参数,可以实现对供应链的协调。孙国华等^[42]基于金融学理论研究了金融衍生工具对于易腐食品的冷链协调,提出期权合同能够增大冷链各环节价值,促进了冷链附加值的提高。

基于供应链契约作为协调和约束各个供应链成员的有效方式,其主要模式有批发价格契约^[41]、回购契约^[42]、数量或价格折扣契约^[43]、收入共享契约^[44]、返利契约^[45]、成本或风险分担契约^[46]等契约模式。这些契约是为了保障生鲜农产品在市场的快速流通,使得冷链链上所有成员共同协作来解决“双重边际”和“牛鞭效应”等问题,以协调它们之间的竞争与合作关系,从而达到供应链的整体优化。

2 冷链关键技术研究

2.1 制冷技术及系统研究

冷链是为了保障生鲜农产品的质量和降低损耗的低温供应链系统,形成的一条由采收或捕捞后迅速预冷—冷库—冷藏运输—批发站冷库—商场冷柜—消费者冰箱组合而成的“冷链系统”。与这条冷链对应各环节的主要技术有制冷技术、温度控制技术、质量检测、解冻技术、追溯技术、运输及信息化技术等。Tassou 等^[4]重点综述了食品冷链制冷技术,从易腐食品的生命周期特征阐述了不同的温度对于冷链过程中食品质量安全的影响。Chen 等^[5]从制冷剂、喷射器及系统功能等方面研究了喷射式制冷系统的特点,并对比了其他几类制冷系统,提出随着传统能源的日益紧张,开发可持续及低品位能源的喷射制冷系统将会成为趋势。

2.2 码垛方式与冷库流场研究

由于生鲜农产品的易腐特性,造成其在库存、配送及展销过程中需要严格的控制温度。汤毅等^[47]研究了计算流体动力学(computational fluid dynamics, CFD)在冷库中的应用情况,不仅详细的介绍了国外该项技术在冷库中的研究效果,而且重点阐述了如何使用气流均匀,及冷链产品在储存过程中的堆放形式、堆码尺寸等。杜子峥等^[48]对国内外冷库中货物的码垛方式及其优化问题进行了分析,指出冷库货物堆放依托于冷库货架系统,其合理的规划及布局不仅可以方便工作人员的操作,而且有利于提高仓库空间的利用率。杜子峥等^[49]还研究了不同风机摆放方式对冷库满载货物的情况下,气流分布及堆垛货物温度分布的影响;通过运用数值模拟技术提出风机下吹风摆放方式优于冷库风机对吹风摆放方式。

2.3 温控系统的研究

近年来,随着温控技术的不断发展,它对于保障生鲜农产品的质量安全将会起到越来越重要的作用,因此,建立基于时间—温度指示器(time-temperature indicator, TTI)技术的冷链温控系统显得十分必要。Kreyenschmidt 等^[6]通过无线传感器网络试验,实时监测生鲜农产品的腐败代谢过程,发现温控技术的合理使用将对生鲜农产品的色泽、口感及质量安全产生一定的影响。由于此项技术在国外相关研究中广泛使用,Myo 等^[8]通过运用该类技术,确定了生鲜农产品多商品共同配送的最佳温度,并采用仿真技术及欧氏距离评估方法对试验的效果进行了验证。

2.4 基于物联网技术的智能冷链系统

此外,信息技术的广泛应用在提高运营效率的同时,有利于降低冷链物流的成本。如:电子数据交换(electronic data interchange, EDI)、射频识别技术(RFID)、地理信息系统(geographical information system, GIS)、全球定位系统(global position system, GPS)等^[5,30],这些信息传感设备通过互联网连接起来,以实现冷链系统的检测、识别、定位、跟踪、追溯和管理等,从而形成了生鲜农产品冷链的物联网。基于物联网技术和无线传感器技术建立了可以监控问题的智能冷链系统,不仅提高了冷链企业的效率,而且可以保证消费者购买到新鲜的易腐食品。随着此类技术的飞速发展及应用,冷链将会成为保障生鲜农产品从“田间”到“餐桌”的全过程的重要“利器”。

3 现有相关研究文献评述

近年来,国内外学者广泛讨论了生鲜农产品的生产流通领域、定价策略、库存决策、质量安全及风险管理、供应链协调等问题。但是随着电子商务的进一步发展,考虑到生鲜农产品的生命周期、顾客需求的时变性、食品安全等现实问题,需要运用更多的模型和方法来进行准确的描述。通过文献综述可以发现,已有文献的局限性主要体现在以下几个方面:

(1) 生鲜农产品冷链库存的确定性需求及单级冷链库存的研究相对较多,而对于随机性需求及供应链多级冷链库存的研究较少,并且忽视了提高冷链库存附加值的研究。现有的生鲜农产品库存控制研究多是对市场需求呈二维 Weibull 分布的研究,对于呈三维 Weibull 的问题有待于进一步研究。相对于传统的只是研究单一影响因素的冷链库存问题,结合需求季节性变化和 product 生命周期特点对冷链库存的产能或存贮空间限制的研究模型可以更好地反映企业的实际情况。

(2) 冷链协调问题的研究过多地探讨了传统零售渠道的问题,缺乏对网络直销渠道相关协调问题的研究。目前的研究成果多集中在基于简单的链状结构的生鲜农产品冷链管理系统,面对复杂多变的冷链网状系统协调问题研究较少;另外,对于冷链管理系统协调的绩效评价研究及面对不确定需求下的消费者行为习惯对冷链管理协调问题的研究还需要进一步扩展。现有的大部分研究主要考虑了完全信息下的冷链管理协调研究,对于不对称信息下的冷链管理协调的研究相对缺乏。

(3) 生鲜农产品质量安全一直是冷链管理研究的重点,基于供应链视角的研究偏少,尤其是考虑到环保因素的冷链产品质量安全需要进一步研究。生鲜农产品质量除了可以看到的外在质量和品质外,对于产品的使用感、品牌及产地等隐性指标消费者也更加关注,而对于这些感观因素的研究往往缺乏量化方法。已有的研究中有但斌^[13]、林略^[14]及吴忠和^[18]等人,考虑了损耗和新鲜度的影响,建立了相应的指数函数及模型来探讨它们间的关系,但针对中国冷链产品是在买方市场的前提下,缺乏实用性的建议。尤其是随着消费者环境保护意识的提高,更多的消费者开始考虑易腐货物的环保问题,因此,结合相关产品环保量化数据的研究需引起足够的重视。

4 结论与展望

“三农”问题一直是国家关注的重点问题,其中如何提高农产品的附加值则是重中之重。因此,该系列问题引起了学术界及企业界的关注,也由此产生了一些研究成果。但是现有的研究过多的集中在理想化的假设及没有综合考虑生鲜农产品冷链管理现实发展情况,结果往往难以应用于实际。笔者为此提出了未来研究的主要方向。

(1) 考虑碳排放的冷链物流车辆路径问题研究。因生鲜农产品的易腐特性,在冷链配送过程的存在很多不稳定性因素,由此会增加时间、路径的变化,这些都极易造成能源的消耗,随即增加了碳的排放。而研究冷链物流车辆路径问题的主要任务是保障生鲜农产品的腐败率达到最小,以此来满足不同消费者的需求。因此需要了解腐败率与碳排放的变

化关系是进行路径选择的关键。该腐败率是一个与配送的时间以及运输车辆温度的控制间存在一定函数关系的物理量,通过推导出它们之间变化的非线性函数关系,从而建立相应的物流网络模型,采用启发式算法对该模型进行求解。在此过程中,还可以考虑碳排放限额、碳税的合理征收、碳排放交易权的购买等因素分别对车辆路径问题的影响进行研究。

(2) 消费者行为倾向与冷链产品定价策略研究。消费者行为倾向 (behavioral intentions, BI) 主要包括:再次购买倾向、溢价购买和口碑三类^[50]。消费行为学家 Fishbein Martin^[51]提出,对如何了解消费者未来的购买行为最有效的预测方法,就是了解他们之前购买行为的倾向。这些因素影响人们在购买时的具体选择,可能不是最好的选择,但要选址适合自己的,如“个性化需求”;也可能是跟随其他购买者产生的消费意向,如“羊群效应”。面对这个复杂的问题,需要通过建模,把具体购买行为作为一个主要的影响因素来进行研究。随着人们对食品安全问题愈加重视,很多食品安全事件将会影响消费者的购买行为,如“三鹿奶粉”等事件。部分消费者往往倾向购买更新鲜的、有机的、有良好口碑的、得到权威机构认证的生鲜农产品食品,针对该问题研究如何定价将具有重要的研究意义。

(3) 生鲜农产品闭环供应链协调问题研究。

生鲜农产品闭环供应链与正向物流相反,主要包括对已经过期或邻近过期、滞销的生鲜农产品进行回收、分类、检验、提纯、加工以达到再利用或适当处理,还包括对存在严重质量问题的产品的销毁等。考虑该问题的复杂性,以生产商、分销商、零售商形成的三级供应链为研究对象,考虑生鲜农产品的回收对市场需求及运营成本的影响,以此来建立利益共享或风险公担契约,求出生产商、分销商、零售商不同决策下的冷链利润最优时的解,建立基于改进利益共享契约协调下的利润分配模型,从而实现整个供应链的“共赢”。随着生鲜电商的发展,电子商务环境下的生鲜农产品的闭环供应链问题也将成为研究的热点。

参考文献

- 1 Kuo Ju-Chia, Chen Mu-Chen. Developing an advanced Multi-Temperature Joint Distribution System for the food cold chain[J]. Food Control, 2010(21): 559~566.
- 2 谢晶, 邱伟强. 我国食品冷藏链的现状与展望[J]. 中国食品学报, 2013, 13(3): 1~7.
- 3 徐宏峰, 张言彩, 郑艳民. 冷链物流研究现状及未来的发展趋势[J]. 生态经济, 2012(5): 141~143, 150.
- 4 Tassou S A, Lewis J S, Ge Y T, et al. A review of emerging technologies for food refrigeration applications[J]. Applied Thermal Engineering, 2010, 30(9): 263~276.
- 5 Chen Xiang-jie, Siddig Omer, Mark Worall, et al. Recent developments in ejector refrigeration technologies[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 19(10): 629~651.
- 6 Kreyenschmidt J, Christlansen H. A novel photochromic time-temperature indicator to support cold chain management[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2010, 45(2): 208~215.
- 7 Laguerrea O, Hoanga H M, Flick D. Experimental investigation and

- modelling in the food cold chain: Thermal and quality evolution[J]. Trends in Food Science & Technology, 2013, 29(8): 87~97.
- 8 Myo Min Aung, Yoon Seok Chang. Temperature management for the quality assurance of a perishable food supply chain[J]. Food Control, 2014, 40(11): 198~207.
- 9 L Perianez Parraga, Thermolabile Drugs. Operating procedure in the event of cold chain failure[J]. Farmacia Hospitalaria, 2011, 35(4): 190~198.
- 10 Chen Yu-yi, Wang Yao-jen, Jan Jinn-ke. A novel deployment of smart cold chain system using 2G-RFID-Sys[J]. Journal of Food Engineering, 2014, 141(5): 113~121.
- 11 Wallace C A. Food safety assurance systems: hazard analysis and critical control point system (HACCP): principles and practice[J]. Encyclopedia of Food Safety, 2014(4): 226~239.
- 12 Amir Shabani, Reza Farzipoor Saen, Seyed Mohammad Reza Torabipour. A new benchmarking approach in Cold Chain[J]. Applied Mathematical Modelling, 2012(36): 212~224.
- 13 但斌, 王磊, 李宇雨. 考虑消费者效用与保鲜的生鲜农产品 EOQ 模型[J]. 中国管理科学, 2011, 19(1): 100~108.
- 14 林略, 杨书萍, 但斌. 时间约束下鲜活农产品三级供应链协调[J]. 中国管理科学, 2011, 19(3): 55~62.
- 15 齐林, 韩玉冰, 张小栓, 等. 基于 WSN 的水产品冷链物流实时监测系统[J]. 农业机械学报, 2012, 43(8): 134~140.
- 16 王冲, 唐曼萍, 王莉莉. 基于 Stackelberg 博弈的生鲜农产品供应链决策研究[J]. 软科学, 2013, 27(4): 99~102.
- 17 佟金, 王亚辉, 樊雪梅, 等. 生鲜农产品冷链物流状态监控系统[J]. 吉林大学学报(工学版), 2013, 43(6): 1 707~1 711.
- 18 吴忠和, 陈宏, 赵千, 等. 时间约束下鲜活农产品供应链应急协调契约[J]. 系统管理学报, 2014, 23(1): 49~61.
- 19 李琳, 范体军. 基于技术应用的鲜活农产品供应链决策研究[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(4): 836~844.
- 20 王淑云, 陈静. 冷链库存建模发展研究[J]. 山东社会科学, 2012(4): 149~152.
- 21 王丽娟, 侯云先. Weibull 分布的生鲜农产品库存控制[J]. 武汉大学学报(理学版), 2014, 60(2): 139~143.
- 22 陈晓旭, 王勇, 于海龙. 3PL 参与的时变需求变质品三级供应链模型[J]. 中国管理科学, 2014, 22(1): 65~73.
- 23 杨建功, 卿前龙. VMI 环境下库存竞争性产品的补货策略及最优货架空间的确定[J]. 中国管理科学, 2014, 22(4): 42~50.
- 24 陈一凡. 需求不确定下的易逝品库存策略研究综述[J]. 统计与决策, 2014(4): 70~73.
- 25 齐二石, 田青, 宋宁华. 物流系统规划设计方法综述[J]. 天津大学学报(社会科学版), 2003, 5(3): 225~228.
- 26 Michael Drexler, Michael Schneider. A survey of variants and extensions of the location-routing problem[J]. European Journal of Operational Research, 2015(241): 283~308.
- 27 胡丹丹, 杨超, 刘智伟. 带有响应时间承诺的选址——分配问题研究[J]. 管理科学, 2010, 23(1): 114~121.
- 28 Seyed Mohsen Mousavi, Seyed Taghi Akhavan Niaki. Capacitated location allocation problem with stochastic location and fuzzy demand: A hybrid algorithm[J]. Applied Mathematical Modelling, 2013(37): 5 109~5 119.
- 29 Seyed Habib A Rahmati, Abbas Ahmadi, Mani Sharifi, et al. A multi-objective model for facility location-allocation problem with immobile servers within queuing framework[J]. Computers & Industrial Engineering, 2014, 74(4): 1~10.
- 30 Martin Reed, Aliko Yiannakou, Roxanne Evering. An ant colony algorithm for the multi-compartment vehicle routing problem [J]. Applied Soft Computing, 2014, 15(11): 169~176.
- 31 Vinicius W C Morais, Geraldo R Mateus, Thiago F Noronha. Iterated local search heuristics for the vehicle routing problem with cross-docking[J]. Expert Systems with Applications, 2014, 41(10): 7 495~7 506.
- 32 Zarandi MHF, Hemmati A, Davari S. The multi-depot capacitated location-routing problem with fuzzy travel times[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(8): 10 075~10 084.
- 33 Govindan K, Jafarian A, Khodaverdi R, et al. Two-echelon multiple-vehicle location - routing problem with time windows for optimization of sustainable supply chain network of perishable food[J]. Int. J. Production Economics, 2014, 152(9): 9~28.
- 34 Vladimirov, Zhelyu. Will Bulgarian Agricultural Producers Survive in the European Unique Market? [J]. Sociological Problems, 2004(1): 22~29.
- 35 Victoria Salin. Information technology in agri-food supply chains [J]. The International Food and Agribusiness Management Review, 1998(3): 329~334.
- 36 Mohamed Elbanhawi, Milan Simic. Randomised kinodynamic motion planning for an autonomous vehicle in semi-structured agricultural areas[J]. Biosystems Engineering, 2014(126): 30~44.
- 37 陈磊, 段雅丽, 海峰, 等. 国内外农副产物冷链物流现状分析[J]. 物流技术, 2012, 31(2): 9~12.
- 38 陈红丽, 陆华. 冷链物流服务过程的质量评价[J]. 中国流通经济, 2013(1): 34~39.
- 39 Omkar D Palsule-Desa. Supply chain coordination using revenue-dependent revenue sharing contracts [J]. Omega, 2013(41): 780~796.
- 40 Bogataj M, Bogataj L, Vodopivec R. Stability of perishable goods in cold logistic chains[J]. International Journal of Production Economics, 2005(8): 345~356.
- 41 但斌, 丁松, 伏红勇. 信息不对称下销地批发市场的生鲜供应链协调[J]. 管理科学学报, 2013, 16(10): 40~50.
- 42 孙国华, 许奎. 随机供求下二级农产品供应链期权合同协调研究 [J]. 管理工程学报, 2014, 28(2): 201~210.
- 43 但斌, 陈军. 基于价值损耗的生鲜农产品供应链协调[J]. 中国管理科学, 2008, 16(5): 42~49.
- 44 赵正佳, 谢巧华. 供应链批发价与价格补贴的联合契约[J]. 管理工程学报, 2008, 22(4): 163~167.
- 45 甘小冰, 钱丽玲, 马利军, 等. 电子商务环境下两级生鲜供应链的协调与优化[J]. 系统管理学报, 2013, 22(5): 655~664.
- 46 颜波, 叶兵, 张永旺. 物联网环境下生鲜农产品三级供应链协调 [J]. 系统工程, 2014, 32(1): 48~52.
- 47 汤毅, 谢晶, 王金锋, 等. 计算流体力学在冷库优化中的应用研究进展[J]. 食品与机械, 2011, 27(5): 186~189.
- 48 杜子峥, 谢晶. 冷库节能减排研究进展[J]. 食品与机械, 2014, 30(1): 253~258.
- 49 杜子峥, 谢晶, 朱进林. 数值模拟技术预测风机两种摆放方式对冷库堆垛货物的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(3): 145~149.
- 50 董大海, 金玉芳. 消费者行为倾向前因研究[J]. 南开管理评论, 2003(8): 46~51.
- 51 Fishbein, Martin. Readings in attitude theory and measurement [M]. New York: John Wiley and Sons, Inc. , 1967: 477~492.