信息型智能包装标签技术的研究进展

赵彬^{1,2,3}, 杨祖彬³, 崔爽³

(1.制造装备机构设计与控制重庆市重点实验室, 重庆 400067; 2.重庆市特色农产品加工储运工程技术研究中心, 重庆, 400067; 3.重庆工商大学, 重庆 400067)

摘要: **目的** 综述信息型智能包装标签的研究进展。**方法** 查阅并总结近年来国内外有关智能包装标签的相关文献并进行整理分析。重点介绍时间温度显示器和 RFID 技术的研究现状及其应用, 并分析它们在实际应用中所受到的制约因素及可能的解决办法。**结论** 研究成果对于推进包装的信息化和智能化, 促进信息型智能包装标签更广泛的应用具有重要意义。

关键词: 智能包装; 信息型; 标签

中图分类号: TB489 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)03-0067-06

Research Progress of Smart Packaging Labels of Information Type

ZHAO Bin^{1,2,3}, YANG Zu-bin³, CUI Shuang³

(1.Chongqing Key Laboratory of Manufacturing Equipment Mechanism Design and Control, Chongqing 400067, China; 2.Chongqing Engineering Research Center for Processing, Storage and Transportation of Characterized Agro-Products, Chongqing 400067, China; 3.Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

ABSTRACT: The work aims to review the research progress in smart packaging labels of information type. The domestic and foreign literatures related to the smart packaging labels in recent years were looked up and summarized, and the collation and analysis thereof were carried out. The research status and application of time/temperature display and RFID technology were highlighted, and the factors restricting their practical application and the possible solutions were analyzed. These research findings are important for promoting the informationization and intellectualization of packaging and advancing the broader application of smart labels of information type.

KEY WORDS: smart packaging; information type; labels

2013 年 4 月, 德国推出了工业 4.0, 即“生产制造智能化”的概念。2015 年 5 月, 中国公布了未来 10 年制造业发展的《中国制造 2025》思想, 旨在加快新一代信息技术与制造业深度融合实现智能制造和智能管理。在这样的形势下, 智能包装被赋予新的意义和使命, 因为它将通过人与智能机器的合作超越以往的包装自动化概念, 实现柔性化、智能化和高度集成化^[1]。美国知名市场调研机构 Freedonia 预言称, 到 2017 年, 美国智能包装市场将超过美国包装市场的整体增长速度并保持 8% 的年增长速度, 并且总价值将达到 35 亿美元。该报告还指出, 2012 年食品和饮料领域是智能化包装行业的两大终端市场, 而未来

几年的药品包装将成为智能化包装增长最快的应用市场^[2]。鉴于食品、饮料和药品共同关乎日常生活和人类健康, 其包装对产品的保护是否到位, 是否能在运输及储存甚至整个物流链不发生差错, 保证产品安全、顺利到达消费者手中, 意义重大。智能包装则可以加强物流链上产品的信息管理, 提高包装的安全性, 进而保护人类健康, 保障人民生活^[3]。

1 信息型智能包装的种类

广义的智能包装分为控制型和信息型 2 种。控制型智能包装通过改变或者控制包装内的气体种类或者含量, 从而改变产品所处环境, 达到保护产品的目

收稿日期: 2016-07-17

作者简介: 赵彬 (1974—), 女, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为包装材料与技术、食品贮藏与保鲜等。

的。信息型智能包装通过包装空间的温湿度、压力以及密封程度等参数来反映包装内产品的变化情况,产品在出厂直到被消费者消费均处于可知、可控、可处理的状态^[4-5],从而保证将合格产品送到消费者手上,有关不合格产品的信息能及时反馈给供应商或者厂家,便于进一步做好售后服务。生产厂家和销售商也可以通过管理后台数据,搜集和生产、销售有关的信息,作为未来生产和销售的决策依据。文中主要讨论2种主要的信息型智能包装形式:时间温度指示器和视频识别标签。

1.1 时间温度指示器(TTI)

有些产品对温度非常敏感,因此在物流链中必须严格控制其保存温度,即便是短时间暴露在非规定温度下都可能影响商品的保质期,而误食这样的食品或者误服这样的药品会带来严重的后果,在这样的背景下,时间温度指示器 TTI 应运而生,而近年来对 TTI 的研究和关注越来越多^[6-8]。TTI 按照工作机理分为扩散型、聚合物型、酶型、化学型、微生物型以及纳米型等,其中扩散型和聚合物型已经有美国 3M 公司和 Lifelines 公司分别实现了商业化生产和销售,这里不再讨论。

1.1.1 酶型 TTI

酶型 TTI 的开发一直受到众多国内外研究者的关注^[9-10],Kim^[11]开发了一种漆酶反应型 TTI 标签,漆酶本身具有简单的反应动力学特征和比较广泛的颜色变化范围,因此它非常适合用于制作高质量的 TTI 标签。研究发现,标签的色调值和发生反应时的漆酶含量具有很好的相关性。通过阿伦尼乌斯方程得到漆酶反应的活化能值为 43.9 ~ 46.9 kJ/mol,证明漆酶反应性标签是一种有效的 TTI 标签(该活化能值意味着 TTI 标签对温度感知的灵敏度)。猪酯酶和三丙酸甘油酯反应时会发生 pH 值减小进而引起颜色变化,Son^[12]利用这一特征开发出猪酯酶型 TTI 标签。由于各种产品的保质期长短不一,因此可以相应调整酯酶的量做出不同的 TTI 标签。大多数情况下 TTI 标签用于物流链,Brizio^[13]研发的淀粉酶型 TTI 标签被用于监测火腿工业生产中的巴氏杀菌工序,在淀粉酶的作用下,淀粉和碘发生络合反应,碘的蓝色随着淀粉的降解逐渐变浅。实验证明,变色反应和淀粉酶的含量、巴氏杀菌的温度和时间密切相关。TTI 标签用于工业化生产过程中,比如巴氏杀菌工艺可以提醒生产者,是否进行了无效的加热或者加热的终点,从而有效降低不合格产品出现的几率,提高生产效率,减少损失。

1.1.2 光致变色型 TTI

Kreyenschmidt 等^[14-15]利用光致变色型 TTI 监测

在动态温度条件下配送新鲜鱼的冷链温度,结果表明,该 TTI 标签在工作和变色反应过程中能实现对温度的持续监测,而且重现性好,通过建立反应动力学模型证明这种 TTI 标签在 2 °C 以下仍能够正常工作。

1.1.3 微生物型 TTI

食品的腐败和微生物的存在直接相关,当食品中的某些营养物质被微生物利用,会发生营养物质的新陈代谢以及微生物的生长繁殖,新陈代谢具体表现为葡萄糖被消耗、pH 值减小、生成乳酸等。在这样的背景下使用微生物型 TTI,新陈代谢会带来 TTI 的颜色变化,这就是微生物型 TTI 标签的原理^[16]。Vaikousi^[17]研发了清酒乳杆菌菌株微生物型 TTI 标签,当食品的 pH 值降低到容许范围以下,标签的颜色会由红变黄。该标签用于监测冷链中气调包装下的牛肉馅的温度^[18],结果表明,该标签能够实时监测牛肉馅的腐败,通过不可逆的颜色变化指示牛肉馅的腐败,并且这一监测过程可以贯穿牛肉馅的整个保鲜期。

1.1.4 纳米型 TTI

由于化学反应动力学和微生物反应动力学都和环境温度有着某种相关性,食品腐败是微生物反应的结果,Zhang^[19]等试图以环境温度为纽带建立食品腐败和某种化学反应之间的依存关系,最终选定银壳金纳米棒的异质外延行为过程,建立了食品温度和异质外延行为之间的数学关系,开发出以银壳金纳米棒为主要结构的纳米型 TTI 标签。当食品温度超过规定时,异质外延行为发生,金纳米棒上银开始生长,银壳金纳米棒制 TTI 标签发生鲜明的颜色变化,即红色变绿色。研究进一步发现,改变反应物,比如加入乙酸等弱酸可以大大提高系统的表观活化能,而如果进一步调整乙酸的加入量,活化能在一定范围内改变,就可以改变 TTI 标签对温度的敏感性,从而使这种纳米型 TTI 适用于不同的温度敏感产品。

开发和使用 TTI 的目的是要实现实时监控产品变质,成为货架寿命标签,科学有效地减少变质产品进入消费环节被消费的机会。有研究者提出利用 TTI 提供的信息优化库存和销售系统,打破传统的“先进先出”库存控制原则,执行货架寿命短的产品先出的库存控制办法,这对 TTI 的应用来说是一个创新^[4]。

TTI 标签技术日渐成熟,在国外被广泛用在易腐产品包装、冷链运输和高温杀菌的监测等。同时,成本、TTI 设计和质量的可靠性以及适用性等方面的因素成为 TTI 商业推广和使用的主要障碍^[20]。随着 TTI 技术的不断成熟和发展,以及相关行业对 TTI 用途的更多认识和论证,TTI 技术会得到更加广泛的应用和发展。

1.2 无线射频识别技术

无线射频识别技术(RFID)是一种通信技术,它通

过无线电讯号识别特定目标并读写相关数据^[21], 和目前在超市管理和控制物流链采用的条形码 EAN13 相比, RFID 标签技术具有存储量大、读取距离大、对环境光亮度要求不高等优势, 被广泛应用在食品、药品、化妆品等很多领域。

1.2.1 食品智能包装

随着人们对食品质量和食品安全越来越重视, 食品生产、销售和贮存方式也在发生相应的变化, 同时, 为了和这些变化匹配, 随着科技进步, 食品包装技术也随之发生进步和改变^[22-23]。以冷冻品为例, 国家有关冷冻食品运输和储存标准对冷冻食品运输途中的箱体温度、装卸后温度以及产品抵达目的地的温度都做了严格且详细的规定^[24]。通常情况下, 各种因素决定了物流链上缺乏实时监控措施, 从而难以保证冷链温度在规定范围, 而 RFID 智能包装能解决这个难题。

RFID 标签一般贴在外包装上, 当贴有 RFID 标签的产品进入磁场感应区时会产生感应电流从而获得能量, 发送相关信息, 这些信息被阅读器读取并解码上传到数据库上, 供生产商和经销商查询, 会了解到有关产品自身编码以及该产品其他相关情况等信息, 从而做到远距离了解产品情况的目的^[25]。

食品安全事件的发生以及消费者质量安全意识的日益提升, 这些都呼吁相关产品追溯系统的建立和管理, 利用射频识别技术结合包装标识可以实现原产地追溯^[26-27]。目前, 国内外学者利用 RFID 技术实现原产地追溯, 并且已经推广到很多种类的产品, 从关系人民生活的肉^[28]、蛋^[29]、奶^[30]、蔬菜^[31]、水果^[32]、生鲜食品^[33]和农作物^[34], 到需要品牌保护、防止串货的产品, 比如烟^[35]、酒^[36]、化妆品^[37]和药品等^[38]。RFID 标签在原产地包装产品时就和产品联系在一起, 出现问题时能够追溯产品原产地、生产者、经营者等原始信息, 既保护了消费者的利益和使用安全, 也保护了生产者的利益, 让更多有特殊价值的产品被保护, 满足了消费者的安全需要和心理需要, 同时提高了商品价值。

1.2.2 药品智能包装

RFID 技术中有一种非接触式射频识别技术, 即近距离无线通讯技术(NFC)^[39], 该技术能在短距离内与兼容设备进行识别和数据交换。Thin Film Electronics ASA 公司把该技术应用到顶级医疗药品包装上制作了柔性包装标签, 可以检测出产品的“出厂密封”和“开封”状态, 医药公司通过后台的数据处理, 可以验证并追踪每一个产品的使用状况^[40]。NFC 技术不仅适于药品包装, 也有研究者提出采用 NFC 技术移动智能终端作为高端白酒客户端识别读写设备, 使用 CPU 卡芯片作为电子标签, 配合后台系统和数据库支持的防伪溯源解决方案。该方案中, 制造商、

销售商和用户的身份分别被确认识别后, 制造商(生产线操作工)进行电子标签初始化, 输入相关数据存入电子标签。销售商在商品入库时先行检查入库相关数据, 这时, 酒类本体信息会在后台系统查到, 而该批产品的流通信息通过 WEB 浏览器可以看到, 所有这些数据都被记录至数据库中。消费者打开溯源系统应用扫描产品电子标签可以看到产品的相关信息, 从而确定产品的真伪^[41]。

2010 年 6 月 17 日, 中国国家药品监督管理局发布了《关于做好基本药物全品种电子监管工作的通知》, 该通知要求所有基本药物要在 2011 年 3 月 31 日前加入药品电子监管网, 使用电子监管码表明药品身份。传统的电子监管码都是做成不干胶标签粘贴在药品外包装上, 这种做法容易给造假者机会, 不能很好地实现监管。吴昊等将药品监管码打印在专用薄膜上, 而该薄膜可以和包装盒复合成一体, 既能防止监管码脱落, 也具备防伪功能, 从而真正起到监管作用。

有的药品智能包装外形做成电话形状, 不仅能够储存药片, 还能够发送信息到患者的电脑和手机上, 提醒患者定时、定期、定量服药。有的泡罩包装, 每一粒药品被取出的时间都会被记录下来, 通过广播信号发送给医生^[42-43]。加拿大的 IMC 公司与 keystone folding box 公司合作, 将这种泡罩包装用于药品功效临床试验, 病人取出药品的时间、日期以及病人所在的地理位置等都通过无线信号远程传递给医务人员, 医生将病人服药以后的生理指标结合上述信息判断药品功效, 无需客人自己再记录以及再向医生陈述这些信息, 避免了因客人记忆错误或者描述不准确造成信息的不准确^[44], 从而影响医生的判断。

1.2.3 其他应用

利用 RFID 技术可以跟踪每个包装单元的产品从生产到售出的整个过程, 通过掌握商品在库情况和出售情况, 可以最大程度降低库存, 降低运输和库存成本。宝洁公司利用这个原理将 RFID 标签嵌入洗衣粉包装, 实现库存最优化以及无缝供应链管理, 无需再支付人工管理库存和在线商品的成本, 由控制中心控制出错率, 从而缩短管理时间, 大大降低经营成本^[45], 实现可跟踪性包装的自动化管理。

美国 Newgistics 公司利用智能标签实现小包装客户退货解决方案。标签上的条码记录了装运货品的所有必要信息, 如果客户想退货, 操作非常简便。只需要将产品包装好, 贴上智能标签送到邮局或直接扔进邮筒, Newgistics 公司会从邮局取出这些包裹, 运送到自己的工厂进行拣选和处理。智能标签会提供信息给相关供应商, 通知其尽早做好退货处理, 让客户在最短时间内收到满意产品, 从而大大提高客户满意度、忠诚度, 进而提高商品的利益率^[44], 可谓一举多得。

2 目前存在的问题及解决方案

RFID 技术在监测产品品质、提供产品相关信息等方面发挥越来越重要的作用,但目前还有一些因素制约它的发展。比如数据安全问题^[46]和成本问题,几十美分 1 枚标签已经属于低成本,高达 2 美元 1 枚的也有,另外读取稳定性^[47-48]、缺乏国家标准甚至全球性标准、高频射线对人体健康有影响等问题都会制约 RFID 的普及^[49]。相关研究者的工作正在努力解决这些障碍。

比如关于 RFID 技术的安全性问题,RFID 技术本身是一项识别技术,它利用标签唯一序列号进行防伪,因此它不是绝对安全的,还需要相应的安全机制来提高其安全性。张圳^[50]根据 RFID 防伪系统的特性设计标签——读写器认证协议和所有权转化协议^[51],既能保证标签的隐私性,又能保证标签所有权在不同的实体间秘密转换,从而为系统提供更高级别的安全保障。黄钊^[52]在 RFID 技术基础上使用密码技术和手机令牌技术,王锐^[53]将 GPS 和 GIS 技术融合到 RFID 防伪系统中的概念,并设计出基于 GPS 定位和 GIS 的信息追溯服务,提高系统的防伪能力。

原始数据是否能被精确捕捉并处理,决定了 RFID 技术能否顺利和有效地工作。当商品在运动中、和读取设备距离比较远或者 RFID 标签被玷污时,数据流的质量就难以保证。Ma^[54]一方面根据 RFID 技术识别到的数据结合马尔科夫统计模型推测物体的位置,在此基础上使用抽样盘点技术过滤出不确定性比较高的原始数据,然后从动态的、嘈杂的低级数据根据概率分布计算得到尽量接近于物体真实状态的数据。

3 结语

在当今人们越来越注重产品的原产地、注重产品品质、拒绝假货和串货的时代背景下,伴随信息技术的飞速发展,信息型智能标签会发挥越来越重要的作用。《中国制造 2025》对我国包装提出柔性化、智能化和高度集成化的指导思想。大力开发和推广信息型标签,有助于实现包装的信息化和智能化,并向工业 4.0 继续前进。

参考文献:

[1] 戴宏民,戴佩燕. 工业 4.0 和包装机械智能化[J]. 中国包装, 2016(3): 51—56.
DAI Hong-min, DAI Pei-yan. Industrial 4.0 and Intelligent Packaging Machinery[J]. China Packaging, 2016(3): 51—56.

[2] 中国塑料机械网. 智能包装成未来发展趋势[J]. 福

建纸业信息, 2016(2): 15.

China Plastic Machinery Net. Smart Packaging Will Become the Future Development Trend[J]. Fujian Paper Industry Information, 2016(2): 15.

- [3] RANKY P G. An Introduction to Radio Frequency Identification (RFID) Methods and Solutions[J]. Assembly Automation, 2006, 26(1): 28—33.
- [4] 许文才,付亚波,李东立,等. 食品活性包装与智能标签的研究及应用进展[J]. 包装工程, 2015, 36(5): 1—10.
XU Wen-cai, FU Ya-bo, LI Dong-li, et al. Research and Application Progress of Food Active Packaging and Smart Labels[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(5): 1—10.
- [5] 李志浩. 信息型智能包装技术及应用实践探微[J]. 科学与技术, 2015(10): 100—101.
LI Zhi-hao. A Tentative Study about Intelligent Packaging Technology and Its Application of Information Type[J]. Theory and Research, 2015(10): 100—101.
- [6] 方正刚,陈蕴智,张正健. 时间-温度指示器在疫苗运输包装中的应用[J]. 包装工程, 2016, 37(3): 100—102.
WAN Zheng-gang, CHEN Yun-zhi, ZHANG Zheng-jian. Application of Time-temperature Indicators in the Transport Packaging of Vaccines[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(3): 100—102.
- [7] 钱静,郑光,冯钦. 基于冷鲜肉脂肪氧化的糖化酶型时间-温度指示器的研究[J]. 食品科学, 2013(18): 343—348.
QIAN Jing, ZHENG Guang-lin, FENG Qin. Glucoamylase Time-temperature Indicators Based on Fat Oxidation of Chilled Pork[J]. Food Science, 2013(18): 343—348.
- [8] 马常阳,傅泽田,姚萌萌. 基于等量线匹配的时间温度指示器匹配性评估方法[J]. 农业机械学报, 2014, 45(7): 183—188.
MA Chang-yang, FU Ze-tian, YAO Meng-meng. A Selection Method of the Time Temperature Indicator Based on the Contour Lines[J]. Chinese Journal of Agricultural Machinery, 2014, 45(7): 183—188.
- [9] 任兴晨,茅林春,苑佳佳,等. 低温碱性脂肪酶型时间-温度指示剂的研究[J]. 食品工业科技, 2016(10): 251—254.
REN Xing-chen, MAO Lin-chun, YUAN Jia-jia, et al. Research on Low-temperature TTI Based on Lipase[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016(10): 251—254.
- [10] 郑光. 基于淀粉酶的时间—温度指示器的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013.
ZHENG Guang-lin. The Study on Time-temperature Indicator of Amylase[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.
- [11] KIM K H, KIM E J, LEE S J. New Enzymatic Time-temperature Integrator (TTI) That Uses Laccase[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 113(1): 118—123.
- [12] SON B H, LEE Y J, JO H J, et al. New Enzymatic

- Time-temperature Integrator (TTI) Using Porcine Esterase for Monitoring Food Quality[J]. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 2014, 57(3): 331—334.
- [13] BRIZIO A P, PRENTICE C. Development of A New Time Temperature Indicator for Enzymatic Validation of Pasteurization of Meat Products[J]. *Journal of Food Science*, 2015, 80(6): 1271—1276.
- [14] KREYENSCHMIDT J, CHRISTIANSEN H, HÜBNER A, et al. A Novel Photochromic Time-temperature Indicator to Support Cold Chain Management[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2010, 45(2): 208—215.
- [15] MAI N, AUDORFF H, REICHSTEIN W, et al. Performance of a Photochromic Time-temperature Indicator Under Simulated Fresh Fish Supply Chain Conditions[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2011, 46(2): 297—304.
- [16] KIM M J, JUNG S W, PARK H R, et al. Selection of an Optimum pH-indicator for Developing Lactic Acid Bacteria-based Time-temperature Integrators (TTI)[J]. *Journal of food engineering*, 2012, 113(3): 471—478.
- [17] VAIKOUSI H, BILIADERIS C G, KOUTSOUMANIS K P. Development of a Microbial Time/temperature Indicator Prototype for Monitoring the Microbiological Quality of Chilled Foods[J]. *Applied & Environmental Microbiology*, 2008, 74(10): 3242—3250.
- [18] VAIKOUSI H, BILIADERIS C G, KOUTSOUMANIS K P. Applicability of a Microbial Time Temperature Indicator (TTI) for Monitoring Spoilage of Modified Atmosphere Packed Minced Meat[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2009, 133(3): 272—278.
- [19] ZHANG C, YIN A X, JIANG R B, et al. Time-temperature Indicator for Perishable Products Based on Kinetically Programmable Ag Overgrowth on Au Nanorods[J]. *ACS Nano*, 2013, 5(7): 4561—4568.
- [20] 郑伟洲, 卢立新. 时间温度指示器在低温流通食品包装上的研究现状及其应用[J]. *包装工程*, 2010, 31(23): 105—109.
- ZHENG Wei-zhou, LU Li-xin. Development and Application of Time-temperature Indicators for Package of Food in Low Temperature Distribution[J]. *Packaging Engineering*, 2010, 31(23): 105—109.
- [21] RAO K. An Overview of Backscattered Radio Frequency Identification System(RFID)[C]// Singapore: Microwave Conference, 1999.
- [22] 王长安, 陈晓翔, 邹永德. 活性-智能食品包装的应用进展[J]. *包装工程*, 2010, 31(17): 68—73.
- WANG Chang-an, CHEN Xiao-xiang, ZOU Yong-de. Advances in Applications of Active and Intelligent Food Packaging[J]. *Packaging Engineering*, 2010, 31(17): 68—73.
- [23] 都凤军, 孙彬, 孙炳新, 等. 活性与智能包装技术在食品工业中的研究进展[J]. *包装工程*, 2014, 35(1): 135—140.
- DU Feng-jun, SUN Bin, SUN Bing-xin, et al. Progresses in Active and Intelligent Food Packaging Technology[J]. *Packaging Engineering*, 2014, 35(1): 135—140.
- [24] 徐艳秋, 冯波, 丁太春, 等. 速冻食品智能化包装研究[J]. *现代电子技术*, 2012(17): 123—125.
- XU Yan-qi, FENG Bo, DING Tai-chun, et al. Research on Intelligent Packaging of Quick Frozen Food [J]. *Modern Electronic Technology*, 2012(17): 123—125.
- [25] 汪庭满, 张小栓, 陈炜, 等. 基于无线射频识别技术的罗非鱼冷链物流温度监控系统[J]. *农业工程学报*, 2011(9): 141—146.
- WANG Ting-man, ZHANG Xiao-shuan, CHEN Wei, et al. The Temperature Monitoring System of Tilapia Using Cold Chain Logistics Based on Radio Frequency Identification Technology[J]. *Journal of Agricultural Engineering*, 2011(9): 141—146.
- [26] LINUS U O. Traceability in Agriculture and Food Supply Chain: A Review of Basic Concepts, Technological Implications, and Future Prospects[J]. *Food, Agriculture & Environment*, 2003, 1(1): 101—106.
- [27] REGATTIERI A, GAMBERIA M, MANZINIA R. Traceability of Food Products: General Framework and Experimental Evidence[J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 81(2): 347—356.
- [28] MOUSAVI A, SARHAVE M, LENK A, et al. Tracking and Traceability in the Meat Processing Industry: a Solution[J]. *British food Journal*, 2002, 104(1): 7—19.
- [29] 沈振华. 禽蛋食品的全产业链追溯系统的设计与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2015.
- SHEN Zhen-hua. Design and Implementation of Whole Eggs Food Industry Chain Traceability System[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2015.
- [30] 范伟超. 奶产品溯源系统中的信息标识应用研究 [D]. 南京: 南京大学, 2012.
- FAN Wei-chao. Research on Application of Information Identification in Milk Product Traceability System[D]. Nanjing: Nanjing University, 2012.
- [31] 钱建平, 吴晓明, 范蓓蕾, 等. 基于条码-RFID 关联的蔬菜流通过程追溯精确度提高方法[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(18): 3857—3863.
- QIAN Jian-ping, WU Xiao-ming, FAN Bei-lei, et al. A Method to Improve the Accuracy of the Vegetable Circulation Process Based on the Bar Code[J]. *China Agricultural Science*, 2013, 46(18): 3857—3863.
- [32] 华佳林, 陈舒娅. 基于 RFID 技术的赣南脐橙溯源系统的设计[J]. *赣南师范学院学报*, 2014(3): 51—54.
- HUA Jia-lin, CHEN Shu-ya. The Design of Gannan Navel Orange Traceability System Based on RFID Technology[J]. *Journal of Gannan Normal University*, 2014(3): 51—54.
- [33] ABAD E, PALACIO F, NUIN M, et al. RFID Smart

- Label for Traceability and Cold Chain Monitoring of Foods: Demonstration in an Intercontinental Fresh Fish Logistic Chain[J]. *Journal of Food Engineering*, 2009, 93(4): 394—399.
- [34] CHEN S C, CHIU K, CHEN H H. A Reference Model of RFID-enabled Application for Traceability of Foods Production and Distribution[J]. *African Journal of Agricultural Research*, 2011, 22(6): 5192—5197.
- [35] 崔孝敬. 面向烟草制造业的RFID应用演示平台开发[D]. 武汉: 华中科技大学, 2011.
CUI Xiao-jing. Development of RFID Application Demonstration Platform for Tobacco Manufacturing Industry[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2011.
- [36] 刘婷. 物联网在我国白酒供应链管理中的应用研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2011.
LIU Ting. Study on the Application of the Internet of Things in Chinese Liquor Supply Chain Management [D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2011.
- [37] 吴迪. 基于RFID技术的化妆品监管与防伪追溯系统研究与设计[D]. 上海: 上海交通大学, 2012.
WU Di. Design and Research of Cosmetics Logistics Tracing System Based on RFID Technology[D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2012.
- [38] 张婕妤, 刘嵘, 汝文文, 等. 基于RFID的药品生产管理 & 包装信息化[J]. *包装学报*, 2015(4): 25—28.
ZHANG Jie-yu, LIU Rong, RU Wen-wen, et al. Drug Production Management and Packaging Information Based on RFID Technology[J]. *Journal of Packaging*, 2015(4): 25—28.
- [39] 王剑柯. NFC在智能终端上的应用[J]. *中国新通信*, 2016(3): 90.
WANG Jian-ke. Application of NFC in Intelligent Terminal[J]. *China New Telecommunications*, 2016(3): 90.
- [40] 医用塑料网. 顶级医疗药品智能包装将研发[J]. *中国印刷*, 2016(4): 9.
Medical Plastic Net. Smart Packaging Used for Top-level Drugs Will Be Developed[J]. *China Printing*, 2016(4): 9.
- [41] 沈晓静. 基于NFC技术的酒类防伪溯源系统设计与实现[D]. 上海: 复旦大学, 2013.
SHEN Xiao-jing. Design and Implementation of Anti Fate Wine Traceability System Based on NFC Technology[D]. Shanghai: Fudan University, 2013.
- [42] 刘文良. 基于安全策略的药品智能包装设计[J]. *装饰*, 2015(11): 96—97.
LIU Wen-liang. The Design of Smart Packaging for Drugs Based on Security Strategy[J]. *Decoration*, 2015(11): 96—97.
- [43] 科印网. 可用于药品功效临床试验的智能包装[J]. *包装财智*, 2013(7): 50.
Keyin. Intelligent Packaging Used for Clinical Testing of Drugs[J]. *Packaging Wealth & Wisdom* 2013(7): 50.
- [44] 佚名. 智能标签时代即将到来 需注意品牌保护与防伪[J]. *金卡工程*, 2011(10): 51—52.
Anonymous. Smart Label Era Will Come, We Should Pay Attention to the Brand Protection and Security[J]. *Card Project*, 2011(10): 51—52.
- [45] 张梦. 浅谈智能包装与RFID技术[J]. *广东印刷*, 2011(5): 47—49.
ZHANG Meng. The Intelligent Packaging and RFID Technology[J]. *Guangdong Printing*, 2011(5): 47—49.
- [46] 刘桂阳, 付国瑜. 商品包装RFID技术的数据安全研究[J]. *包装工程*, 2009, 30(5): 79—81.
LIU Gui-yang, FU Guo-yu. Research of Data Security of Commodity Packaging Based on RFID Technology [J]. *Packaging Engineering*, 2009, 30(5): 79—81.
- [47] 崔庆斌, 徐恒, 周淑宝. RFID智能销售包装的应用前景[J]. *出版与印刷*, 2015(2): 38—39.
CUI Qing-bin, XU Heng, ZHOU Shu-bao. Prospects of Sales Packaging Based on RFID Application[J]. *Publishing and Printing*, 2015(2): 38—39.
- [48] 钟云飞, 刘爱平, 陈龙. 网印RFID标签包装防伪技术[J]. *包装工程*, 2007, 28(12): 60—63.
ZHONG Yun-fei, LIU Ai-ping, CHEN Long. Anti Counterfeiting Technology in Screen Printing Based on RFID Technology[J]. *Packaging Engineering*, 2007, 28(12): 60—63.
- [49] 严美芳. 制约RFID在包装领域应用的因素[J]. *包装工程*, 2008, 29(10): 226—227.
YAN Mei-fang. Factors Which Restrict the Application of RFID in the Field of Packaging[J]. *Packaging Engineering*, 2008, 29(10): 226—227.
- [50] 张圳. 基于RFID的防伪关键技术研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2010.
ZHANG Zhen. Research on Key Technology of Anti-counterfeiting Based on RFID[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology, 2010.
- [51] ACHARD F, SAVRY O. A Cross Layer Approach to Preserve Privacy in RFID ISO/IEC 15693 Systems[C]// *Proceeding IEEE International Conference on RFID Technologies and Applications*, 2012.
- [52] 黄钊. 基于RFID的安全防伪系统的设计与实现[D]. 武汉: 华中科技大学, 2009.
HUANG Zhao. Research on Design and Implementation of Security Anti Fake System Based on RFID[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2009.
- [53] 王锐. RFID-GPS-GIS防伪系统设计[D]. 南京: 南京理工大学, 2012.
WANG Rui. Design of Anti Fake System Based on RFID-GPS-GIS[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2012.
- [54] MA J G, SHENG Q Z, XIE D, et al. Efficiently Managing Uncertain Data in RFID Sensor Networks[J]. *World Wide Web*, 2015(18): 819—844.