

智能包装的发展现状、发展趋势及应用前景

赵冬菁, 仲晨, 朱丽, 夏征
(曲阜师范大学, 山东 日照 276800)

摘要: **目的** 分析智能包装的发展现状、趋势和前景, 为促进其进一步发展提供参考。**方法** 首先, 通过国内外相关文献检索及资料收集, 综述智能包装研究现状; 其次, 利用案例分析法着重阐述结构型、信息型及功能材料型智能包装的发展现状及工作原理; 最后, 通过问题归纳法总结智能包装目前的困境, 并对其应用前景进行展望。**结论** 结构型智能包装通过改进或增强包装的部分结构, 使包装更具安全性、可靠性或便捷性; 信息型智能包装普遍运用射频识别或二维码技术, 能够智能地记录或反馈产品信息; 因可直观地反映食品新鲜度, 功能材料型智能包装被广泛应用于食品包装领域, 变色型包装和发光型包装是其主力军; 结合3D打印或虚拟现实技术的包装是新型智能包装的代表, 其在增加产品附加值和交互性方面具有优势。智能包装是未来包装的发展方向, 市场潜能巨大, 我国应在智能包装研究特别是理论研究上投入更多资源。

关键词: 智能包装; 现状; 趋势; 前景

中图分类号: TB485.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)13-0072-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.13.010

Development Status, Tendency and Application Prospect of Intelligent Packaging

ZHAO Dong-jing, ZHONG Chen, ZHU Li, XIA Zheng

(Qufu Normal University, Rizhao 276800, China)

ABSTRACT: The work aims to provide reference for the further development of intelligent packaging by analyzing its development status, tendency and prospect. Firstly, the research status of the intelligent packaging was summarized by means of domestic and overseas literature search and data collection. Secondly, the development status and working principle of the structural, the information-based and the functional material intelligent packaging were emphatically expounded by case analysis method. Finally, the current dilemma of intelligent packaging was summarized by means of problem induction. Meanwhile, the application prospect of intelligent packaging was expected. The structural intelligent packaging makes the packaging more secure, reliable or convenient by improving or enhancing part of the packaging structure. The information-based intelligent packaging can intelligently record or reflect the information about the product packaged based on radio frequency identification (RFID) or QR code technology. Because the functional material intelligent packaging can directly reflect the freshness of food, it has been widely applied in the field of food packaging. Color-changing and light-emitting intelligent packaging is the main force. Packaging combined with 3D printing or virtual reality (VR) technology is a representative of the new type of intelligent packaging, which has advantages in increasing the added value of products and packaging interaction. Intelligent packaging is the development direction of packaging in the future. The market prospects of intelligent packaging are promising. More resources should be invested in intelligent

收稿日期: 2019-10-17

作者简介: 赵冬菁(1995—), 女, 曲阜师范大学硕士生, 主攻运输包装。

通信作者: 仲晨(1979—), 男, 博士, 曲阜师范大副教授, 主要研究方向为运输包装和包装结构设计。

packaging research in China, especially in theoretical research.

KEY WORDS: intelligent packaging; status; tendency; prospect

随着科技的迅猛发展,包装领域也不断发生着变革,在此背景下智能包装应运而生。智能包装是光、电、计算机、化学、生物、印刷、包装等多个领域大融合的产物,目前已被广泛应用于电子产品、食品、医药、生活用品等行业。

面对智能包装迅猛发展的浪潮,国内外许多学者对其进行了研究。国外学者如 Amparo López-Rubio^[1]

(2004) 及 J. P. Kerry^[2]等 (2006) 分析了智能包装技术在食品保存和延长货架寿命方面的应用; Khanlarzade N 等^[3] (2011) 利用自建的 EOQ 模型,分析了智能包装利润与成本间的相互关系; Renata Dobrucka 等^[4] (2014) 研究分析了智能包装在食品行业的发展现状,肯定了智能包装在未来不可估量的发展前景; Erika Loucanova 等^[5] (2017) 对比分析了不同年龄段人群对活性包装和智能包装的使用感受,确定了每种包装形式最感兴趣人群的年龄阶段; Yousefi Hanie 等^[6] (2019) 研究分析了智能包装对食品实时监控的作用。国内学者如朱勇等^[7] (2007) 对结构型智能包装进行了研究; 夏征^[8] (2011) 和许文凯^[9]

(2013) 对智能包装中的 RFID (Radio frequency identification, 射频识别) 技术进行了综述,分析了其原理、应用等内容; 王长安等^[10] (2017) 研究了活性智能包装在肉类工业中的应用进展,着重分析了 TTI (Time-temperature indicators, 时间-温度智能标签)、泄露指示标签及新鲜度指示标签等内容; 高康等^[11] (2019) 则从变色包装、活性包装和发光包装的角度研究了智能包装的应用现状。

《中国包装工业发展规划 (2016—2020 年)》明确指出智能包装是我国包装工业下一步的发展重点^[12]。为响应国家战略,在综述前人研究基础上结合智能包装最新案例,对其发展现状与应用前景进行研究分析,以期对促进国内智能包装技术的发展提供参考。

1 智能包装的发展现状

智能包装在学术上有很多定义,如 Karel^[13]认为智能包装是指含有可反映产品变化的传感器并能做出相应反馈的包装; YAM 等^[14]视智能包装为可实现如感知、记录信息、定位追踪等智能功能的包装; Yam 等^[15]将智能包装定义为利用包装系统的交流功能监测包装内外环境变化并可反映产品状态的科学技术。较为权威的智能包装概念直到 1992 年的世界第一次智能包装国际会议才出现,具体来说智能包装被定义为“利用新型材料、结构和技术通过一系列的智能功

能(检测、传感、记录、跟踪等)对包装件的温度、压力、密封程度等因素进行控制、识别、判断、指示的一套包装系统”^[16]。从这一角度出发,19 世纪 80 年代出现的儿童安全包装和显窃后包装可视为智能包装的雏形;进入 21 世纪后,伴随着新材料的出现、芯片技术和信号处理技术的发展,作为智能包装主力军的 RFID 包装、TTI 包装、活性包装、发光包装等异军突起,智能包装才更多地被大众所熟悉。

智能包装发展至今,种类已十分丰富。按其体现智能化方式的不同可分为 3 类:结构型智能包装、信息型智能包装及功能材料型智能包装,其发展现状分别阐述如下。

1.1 结构型智能包装

结构型智能包装通过改进或增强包装的部分结构,使包装更具安全性、可靠性或便捷性。结构型智能包装目前已发展出防护类、显窃后类和自动化等 3 类。

1.1.1 防护类结构型智能包装

该类智能包装源自 1982 年美国泰诺医药包装致死丑闻,以儿童安全包装 (Child resistant packaging, CRP) 最具代表性。CRP 相比普通包装结构更为复杂,从而可显著降低因包装不当造成的对儿童的伤害^[17—20]。一款药品的儿童安全包装见图 1。该包装由

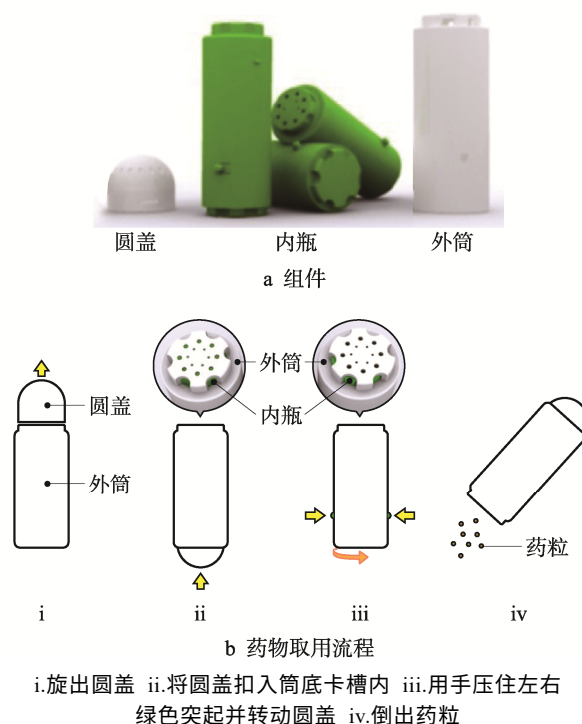


图 1 儿童安全包装

Fig.1 Child resistant packaging

可卸下的圆盖、可相互滑动的外筒和内瓶等 3 个部分组成(图 1a), 其中外筒和内瓶顶部设计有倒出药粒的小孔。使用时首先旋出圆盖(图 1b-i); 然后将圆盖扣入筒底卡槽内, 此时外筒和内瓶顶部的小孔相互错位, 药粒无法倒出(图 1b-ii); 只有用手压住左右绿色突起并转动圆盖到合适角度使外筒和内瓶顶部的小孔重合(图 1b-iii), 药粒才可取出(图 1b-iv)。该包装需 4 步操作才能取出药粒, 有效防止了儿童误食药物的风险。

1.1.2 显窃启类结构型智能包装

此类包装问世初期主要应用于医药包装领域, 现已扩展到饮料、食品、电商等更多领域。BASF®公司专门设计的一种用于农药产品的显窃启智能包装见图 2。该包装顶部是一个可取下的配套量杯; 量杯下部是醒目的黄色冠盖; 冠盖外侧设计有白色 T 型塑料封条(图 2a)。取用药品时, 首先要取下配套量杯(图 2b-i); 然后扯断垂直方向的 T 型塑料封条(图 2b-ii); 接着旋开黄色冠盖, 此时会进一步破坏水平方向的 T 型塑料封条(图 2b-iii); 最后倒出农药(图 2b-iv)。双重的防窃启设计很好地解决了农药包装被不当使用的问题。



图 2 显窃后包装
Fig.2 Tamper evident packaging

1.1.3 自动化类结构型智能包装

该类智能包装问世于 21 世纪初, 又分为自加热和自冷却等 2 种形式, 均是通过改进包装的部分结构使包装具备自动化功能。

Hillside®公司的 Hot Chocolate™ 自加热咖啡包装见图 3a。消费者只需拉开咖啡罐底部的金属封底(图 3b); 然后按下内部的塑料按钮(图 3c), 以密实粉末状态预置于罐内的固体燃料铝和二氧化硅会即刻(约 3 min)发生化学反应并释放大热量, 进而完成对咖啡的加热; 此时消费者只需将咖啡罐正置(图 3d); 再移开罐顶的易开盖(图 3e)后便可畅饮热咖啡(图 3f)。



图 3 自加热型包装
Fig.3 Self-heating packaging

7-Eleven®公司研发的一款自冷却型咖啡包装见图 4a, 其自冷却原理见图 4b。消费者通过扭动饮料罐底部结构, 使饮料罐内腔中的凝胶体与瓶子下方的干燥剂结合进行蒸发吸热, 迅速吸收饮料中的热量, 并通过瓶子底部的散热器将热量排除, 从而可使内部饮料迅速冷却。



图 4 自冷却型包装
Fig.4 Self-chilling packaging

1.2 信息型智能包装

信息型智能包装是通过化学、微生物、动力学或电子技术来记录和反映内装物及其品质在储存、运输、销售过程中相关信息的包装, 其主要应用了 RFID 技术和二维码技术。

1.2.1 基于 RFID 的信息型智能包装

RFID 是一种利用无线射频进行非接触双向通信的识别技术, 它通过射频信号识别并处理商品的相关信息, 进而完成对产品的识别或控制功能^[8]。RFID 具有存储量大、读取距离远、高效、可靠等优势, 目前已广泛应用于许多领域。RFID 通常由 2 个重要组

件组成：RFID 标签和 RFID 读取器，其工作原理见图 5。首先须将 RFID 标签贴于外包装上；当带有 RFID 标签的包装件进入磁场感应区后就会产生感应电流，借此将信息无线发送给 RFID 读取器；读取器将收到的信息上传至 RFID 电脑终端，经电脑分析处理后的数据又可反馈给 RFID 标签。这些数据一方面供消费者了解产品信息，另一方面又可供生产商远程掌握产品状况，从而更好地调整销售策略^[8-9, 16]。

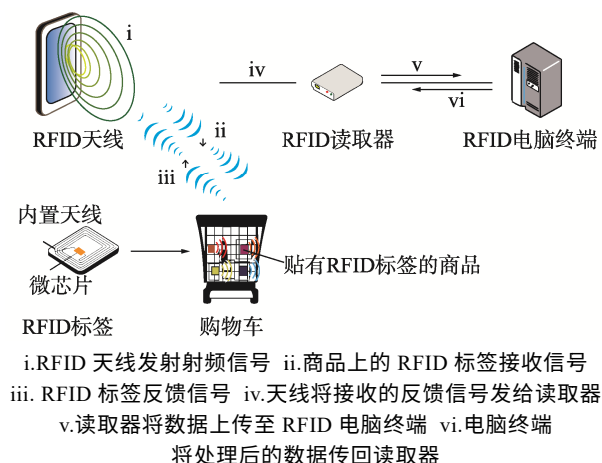


图 5 RFID 工作原理

Fig.5 Working principle of RFID

在食品领域，RFID 标签已被广泛应用于气调包装 (Modified Atmosphere Packaging, MAP)^[21]。通过由温度传感器、气体传感器、读取器及服务器组成的 RFID 标签实现对鱼类^[22-23]、猪肉^[24-25]、果蔬^[26]、牛奶^[27]等产品新鲜度的跟踪。

在药品领域，Medipharm[®]公司推出了一款带有 RFID 标签的药品包装 (图 6)，该包装可通过智能手机扫一扫功能读取产品信息，不仅可为病人提供详细的药物信息，还可记录病人的用药情况，并及时向医生反馈患者信息。此外，Envision America[®]公司生产了一款可发声标签系统，该系统由 ScripTalk[™] 软件及附着于药瓶底部含有音频信息的 RFID 标签组成。该音频含有药物名称、用量与用法、注意事项、处方日期等信息。视障人士可通过配套设备来听取或编辑此内置音频^[16, 28]。Astra Zeneca[®]公司研制的用于耳咽管病症麻醉剂的 RFID 标签很好地避免了过去麻醉剂使用时发生剂量错误事件的发生，被美国、法国、英国和德国采纳并投入使用^[16]。

在物流领域，我国的顺丰[®]公司已成功将 RFID 用于其商品运输综合服务系统，通过 RFID、GPS、条码、物联网等技术，实现了产品的入库、分拣、储存、出库、物流运输等全过程的实时监控，使运输过程和车辆更加透明。这不仅保证了产品质量，也提升了运输与配送效率，还利于后台系统的统一管理。



图 6 RFID 智能包装在药品中的应用

Fig.6 Application of RFID intelligent packaging in medicine

1.2.2 基于二维码技术的信息型智能包装

目前，以 QR (Quick Response) 码为代表的二维码与 AR (Augmented Reality, 现实增强)、VR (Virtual Reality, 虚拟现实) 等技术的结合，为消费者提供了智能化的消费体验。

在食品领域，美国消费者每年要扔掉价值 290 亿美元的食用食品，究其原因美国没有明确的食物标签，许多食品的标签上都只标有“最迟出售日期”，这些日期只是为方便零售商而设，而非消费者。鉴于此，美国食品加工产业协会 (GMA) 和食品营销协会 (FMI) 在食品和酒类行业中陆续推出了智能标签实施计划，其一便是要求商家必须在产品包装上印刷 QR 码，以便消费者通过扫描 QR 码来接收关于特定产品的更多信息 (图 7)。



图 7 印有 QR 码的智能包装

Fig.7 Intelligent packaging printed with QR code

在医药包装领域，二维码与 NFC (Near Field Communication, 近距离无线通讯技术) 技术相结合的智能包装让消费者可以通过智能手机快速读取药品信息，掌握医嘱，正确用药，还可以帮助医生记录病人的药品取用时间，客观监控患者对治疗过程的依从性，还提高了产品附加值。

另外，在电商销售领域，如阿里巴巴无人超市通过二维码、RFID、智能手机、支付宝等技术实现了顾客“取之即走”的新零售模式^[29-31]。

1.3 功能材料型智能包装

功能材料型智能包装通过将功能性材料和包装材料进行复合加工，使传统包装智能化 (如识别或显示包装件内部产品的温湿度、压力、密封程度等参

数), 不仅可以让顾客能够直观地查看商品新鲜度, 同时还可通过变色、发光等手段吸引消费者。该类智能包装根据其材料特点又可分为变色型和发光型等 2 类。

1.3.1 变色功能材料型智能包装

此类智能包装可通过颜色变化对外界刺激做出相应的反馈, 主要用于食品变质或过期的警示提醒及防伪领域。TTI 是目前应用最为广泛的变色智能包装技术, 国外早在 20 世纪 60 年代便已将 TTI 商业化。目前较为知名的 TTI 智能标签生产商有美国的 3M[®] 公司和 Lifelines[®] 科技公司、瑞典的 Vitsab[®] 公司、法国的 Cryolog[®] 公司等; 国内 TTI 研究起步较晚, 目前尚处于理论研究阶段。TTI 可基于扩散、酶促反应、聚合反应等不可逆变化来反映时间温度, 进而通过颜色变化指示产品的储存信息^[10, 32]。

典型的扩散型 TTI 如 3M[®] 公司的 Monitor Mark[™] 智能标签 (图 8a)。此标签中心是一条多孔芯绳, 作为酯质染料移动的观察窗, 左侧是酯质染料贮存区, 内部酯质的扩散速度与温度间存在如图 8b 所示的对应关系。酯质染料初始状态呈现白色, 当温度高于酯质熔点时, 固体酯质逐渐熔化、扩散, 并沿着芯绳向右移动, 同时也会发生颜色改变。当酯质染料通过左边第一个观察窗, 观察窗会变为蓝色, 随着温度的变化, 染料会逐渐向右移动, 温度越高, 观察窗颜色显现越快, 表示食品变质的速度也越快^[33]。

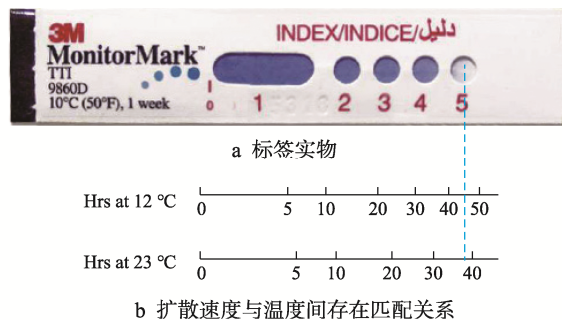


图 8 扩散型 TTI

Fig.8 Diffused TTI

Vitsab[®] 公司的 CheckPoint[™] 智能标签是典型的酶促型 TTI (图 9)。产品良好时指示剂呈绿色, 当温度变化时酯质底物会与酶发生酶促水解反应, 引起 pH 值的降低, 进而指示剂发生相应颜色变化, 从而提示消费者产品品质的改变^[10, 32]。

典型的聚合反应型 TTI 的 Fresh-Check[™] 智能标签见图 10。Fresh-Check[™] 标签是一种呈公牛眼状的层压纸片, 底纸为红色, 外圈呈深红色, 内圈初始状态与底色相同。当暴露温度超过极限温度时, 内圈颜色会变深, 当内圈颜色深度超过外圈时指示产品已完全变质。消费者可通过比对指示卡与参照卡颜色来掌

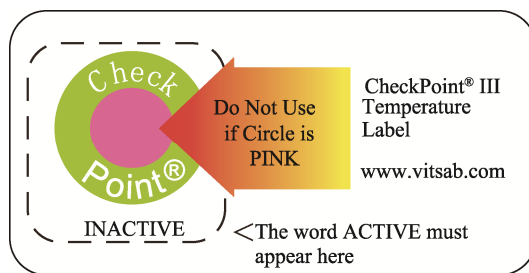


图 9 酶促型 TTI

Fig.9 Enzymatic TTI

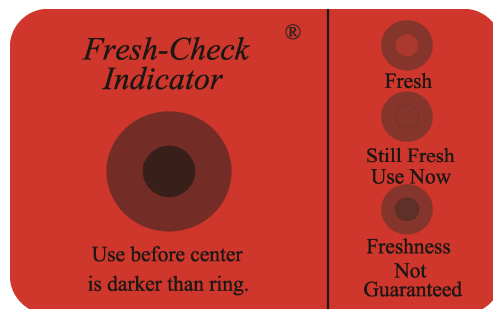


图 10 聚合反应型 TTI

Fig.10 Polymerized TTI

握食品的安全信息。其原理是基于双取代二乙炔晶格的聚合特性来指示货架信息, 即通过加成反应形成聚合物^[10, 33], 聚合物颜色随反应时间的增加逐渐加深。

除了上述几种典型 TTI 外, 目前光致变色型 TTI、纳米型 TTI、电化学型 TTI 也逐渐用于各领域。如 OnVu[™] (图 11) 为一款光致变色型 TTI 标签, 这种标签根据印刷油墨在光照下会由原本的无色变为蓝色, 然后随时间变化逐渐褪色的变色原理制成。在光照环境下, TTI 标签会被激活, 内环呈现蓝色, 此时表示产品新鲜; 随着时间、温度和光照强度的变化, 内环颜色会逐渐褪色变浅, 直至变为灰色, 表示产品已经变质不可食用。消费者可直观地通过比较内环颜色与下方比对卡判断食品货架期。

除 TTI 之外, 还有几类指示标签被广泛用于活性包装 (Active packaging, AP) 中, 具有代表性的如泄露指示标签和新鲜度指示标签。因该类智能包装可创造适宜食品储存的气体环境、延长食品货架期, 故多用于生鲜食品领域。它们具有特殊吸收剂或释放剂, 可吸收包装内部氧气或二氧化碳, 进而改变包装内部温湿度、pH 值或微生物含量。



图 11 光致变色型 TTI

Fig.11 Photochromic TTI

泄露指示标签 (Leak indicators) 多用于食品气调包装。气调包装对包装密封性要求严格, 如果包装泄露, 则氧气含量会增加, 进而造成产品品质的改变。泄露指示标签通过监测流通过程中包装内部氧气和二氧化碳的含量来确保食品的货架期。一种可以监测肉类气调包装完整性的泄露指示标签, 此标签通过内部的敏感性材料与氧气反应产生颜色变化的原理来指示包装的密封性见图 12。若包装完好, 内部仅有二氧化碳、氮气及二者混合物, 此时标签中心圆显示白色 (图 12a), 表示氧气体积分数接近 0; 若包装发生泄漏, 内部会混入空气中其他气体, 标签中心圆颜色就会逐渐呈浅蓝色 (图 12b), 表示氧气体积分数接近 1%; 若标签中心圆呈现深蓝色 (图 12c), 则表示包装已发生明显泄露, 氧气体积分数已超过 2%^[10, 16], 就会严重影响内装产品品质。

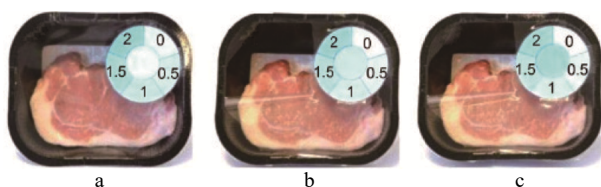


图 12 泄露指示标签

Fig.12 Leak indicators

新鲜度指示标签 (Freshness indicators) 主要通过食品内部微生物的代谢产物使指示剂变色的原理指示食品新鲜度^[34]。一款使用新鲜度指示标签的牛奶智能包装见图 13。当牛奶盒上圆孔颜色为红色时, 表示牛奶新鲜; 随着牛奶新鲜度的降低, 孔中颜色会逐渐由红变黄再变绿; 当孔中颜色为绿色时表示牛奶已变质不可食用。

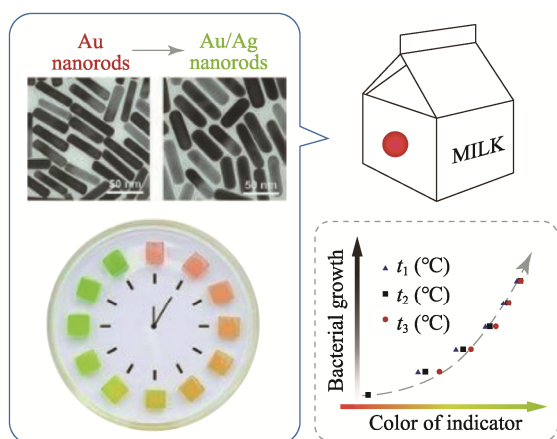


图 13 新鲜度指示标签

Fig.13 Freshness indicators

1.3.2 发光功能材料型智能包装

该类智能包装是将特殊材料如油墨涂料等加入包装中, 当其受到外界影响时可吸收能量, 并通过光

的形式表现出来, 从而达到特定的视觉效果 (如视觉警示、防伪或互动)。Karl Knauer® 首推的 Bombay Sapphire™ 发光包装见图 14, 该包装采用 OLEDs (Organic Light-emitting Diode, 有机发光半导体) 发光油墨印刷。当包装被拿起后, 包装上的图案会依次变亮, 每 18 s 循环 1 次, 新奇有趣。这款智能包装既提高了产品档次, 吸引消费者, 又能起到防伪作用, 增加了产品价值^[35]。



图 14 发光包装

Fig.14 Light-emitting packaging

1.4 其他新型智能包装

1.4.1 结合 3D 打印技术

结合其他领域前沿技术, 出现了一些新型智能包装形式。一款结合 3D 打印技术的智能包装见图 15, 不同于 TTI 技术指示产品新鲜度的方法, 该智能包装的独特之处在于 3D 打印而成的智能盖。智能盖内嵌有 RF (Radio frequency, 射频) 线圈, 用以检测内装饮品的介电常数来判断食品是否变质。其工作原理是首先翻转该智能包装, 使内装饮品进入智能盖电容间隙内成为导电介质; 进而导电介质与倒锥形电容和螺

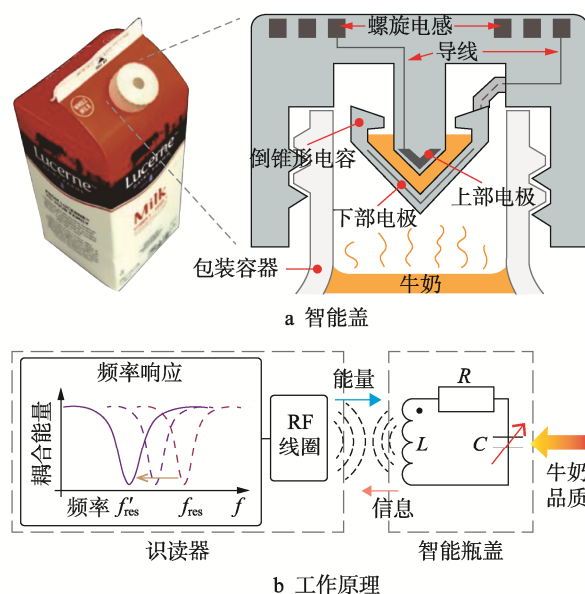


图 15 结合 3D 技术的智能包装

Fig.15 Intelligent packaging integrated with 3D technology

旋电感组成完整电路(图 15a);通过内部的压头线圈施加扫频电场,并储存近场感应耦合能量,这种能量会在反射系数谱中产生峰值数据(图 15b);智能盖可与手机无线连接,无需打开包装便可方便判断内装饮品的品质^[36]。

1.4.2 结合 VR 技术

美国 Walking Death®公司推出的一款结合 VR 技术的红酒智能包装见图 16。当消费者拿起手机扫描瓶身图案时,瓶身上僵尸便会在手机中动起来,并给人将要砸碎屏幕,冲出手机的效果。消费者边看边喝别有感觉,这种有趣、神秘、互动的包装设计大受欢迎,大大促进了该款红酒的销售。



图 16 结合 VR 技术的智能包装

Fig.16 Intelligent packaging integrated with VR technology

2 智能包装目前的困境

近年来智能包装发展迅速,应用前景广阔,但也面临一些困境,具体体现在如下 3 个方面。

1) 标准混乱或缺失。目前国际上关于智能包装的标准有很多,如 ISO, IEC, EOC-Global, UID, AIM-global, IP-X 等,这些标准目前各行其道,难以统一,而我国目前尚无官方的智能包装技术标准。这种现状使得智能包装开发和应用定位都比较混乱^[29,35]。不论是互不统一的国际标准还是暂时缺失的国内标准,都造成智能包装很难保护自身的技术、经济和安全利益,严重制约了其发展前景。

2) 人才不足。智能包装目前在各国普遍面临研究基础薄弱,研究技术人才匮乏,研究技术落后,研发能力较低,研发周期较长等问题。中国智能包装较美国、欧洲各国起步晚,特别是在智能包装材料基础研究及智能芯片研究领域相对薄弱^[29]。

3) 成本过高。智能包装作为一种新兴事物,由于技术等原因导致智能包装成本目前尚未达到大众水平。例如,市场调研发现目前酶促型、聚合型和扩散型 TTI 的成本分别约为 0.5 元/个、1 元/个和 2 元/个。再如 RFID 标签目前的主要成本包括 标签芯片约 0.5 美分(按 600 美元/12 万个计),标签天线约 1 美分,标签嵌入材料约 1 美分,合计 3 美分,折合人民币约 0.2 元。可见目前的价格水平对商家而言尚有压力,这

也是造成目前智能包装推广困难的主要原因。

3 智能包装的发展趋势

为摆脱目前暂存困境,智能包装将朝着标准化、低廉化、网络化、交互化的方向发展。

1) 标准化。技术标准是行业发展的指导性文件,因此,政府及相关行业人员应积极做出调整,建立体系化的智能包装标准,来指导和监管智能包装行业的健康快速发展。

2) 低廉化。高成本已成为妨碍智能包装发展的主要因素之一。智能包装何时真正在价格上达到亲民水平,何时才能全面普及^[31,37]。通过技术的提升、人才的引入等手段从源头不断降低成本是智能包装未来发展的必然趋势^[38]。

3) 网络化。智能包装的任务之一是监测包装内容物的各种信息。伴随着 RFID、NFC、TTI、二维码、智能传感器等技术的进一步发展,智能包装将更多地由智能组件、互联网及包装件三要素构成。届时智能包装将更准确及时地反馈产品信息,并传递给后台大数据库进行分析与管理,从而实现产品与数据的交互管理,真正实现智能化、网络化^[30,39];包装件本身将仅作为一种智能载体而存在。

4) 交互化。利用 AR, VR, NFC 等技术手段,使用户通过手机等终端设备可以随时了解产品声音、动画等立体信息;或通过虚拟动画体验产品,这样不仅提高了产品价值,还提升了包装的多元化特征。交互化包装是提高用户体验,提升品牌影响力的重要手段,必将成为智能包装研究的重要方向^[11,40]。

4 智能包装应用前景

鉴于智能包装的独特优势,可以预见随着物联网时代的到来及社会消费升级,许多传统包装升级为智能包装已是必然,智能包装潜在市场巨大。多方面的研究表明,未来智能包装将在如下 3 个领域迅猛发展。

4.2.1 食品药品安全领域

因智能包装不仅可以保护产品,还具有防伪溯源的作用,故其在对安全问题倍加重视的食品药品行业得到广泛应用。国内许多企业已引进智能包装技术,逐步实现产品的全程追溯。如盒马鲜生®推出了“日日鲜”产品,实现了利用二维码进行产品生产、流通过程的实时查询;山东东阿阿胶®公司实现了药物保健品的全程可追溯技术^[30]。

4.2.2 现代化物流领域

近年来我国物流业尤其是外卖及其他冷鲜食品行业发展迅速,这对智能包装提出了更高的要求。物

流业借助智能包装的全程追踪系统对食品的运输路线和运输过程中产品信息进行实时监控管理,及时掌握产品货架期及产品库存问题,优化库存,整合资源,实现物流业的智能化管理体系^[30]。RFID技术及二维码技术的加入更为现代物流注入了活力。

4.2.3 新零售领域

随着智能手机和4G、5G网络的普及,“扫一扫”、移动支付等已成为大众支付手段。数据显示,2018上半年中国手机网络支付用户规模为5.66亿人,与2017年末相比增长3905万人,占手机网民数量的71.9%^[41]。如美国亚马逊早在2016年便推出全球首个无人零售体验店Amazon Go,结算采用“RFID+视频+NFC手机”方式;阿里巴巴在2017年推出了天猫无人超市,结算采用“RFID+视频+实名制支付宝手机”方式;京东也在近期曝出“百万便利店计划”。在科技升级、互联网普及的新形势下,智能包装通过手机等终端设备为消费者提供最优的消费体验,这必将促进商品销售形式的转变,促进“新零售”业的发展,使商品销售实现了线上线下同时进行,为商家提供多维度产品营销手段。

“中国制造2025”战略中提出我国包装向智能化方向迈进的目标^[42]。数据显示,2016年我国智能包装的市场规模达到1366.5亿元;2017年达到1488.1亿元,同比增长8.90%;2018年中国智能包装行业市场规模突破1500亿元;到2023年,有望突破2000亿元^[43]。可以说智能包装在我国的发展前景更为广阔。

5 结语

随着技术的进步,人们对商品包装提出了更高要求。智能包装因具备安全性、溯源性等特点倍受市场和消费者青睐。目前的智能包装行业需走出标准混乱、人才不足、成本过高的困境,朝着标准化、低成本化、网络化和互动化的方向发展。我国智能包装起步虽相对较晚,但却发展迅速,前景可期。

参考文献:

- [1] AMPARO L R, EVA A, PILAR H M, et al. Overview of Active Polymer-based Packaging Technologies for Food Applications[J]. Food Reviews International, 2004, 20(4): 357—387.
- [2] KERRY J P, GRADY M N, HOGAN S A. Past, Current and Potential Utilisation of Active and Intelligent Packaging Systems for Meat and Muscle-based Products: A Review[J]. Meat Science, 2006, 74(1): 113—130.
- [3] KHANLARZADE N, NAKHAI I, YOUSEFI B. EOQ Model Development for Perishable Items Under Stock Dependent Demand and Time Dependent Partial Backlogging by Using Intelligent Packaging[J]. IEEE International Conference, 2011, 12(1): 231—236.
- [4] DOBRUCKA R, CIERPISZEWSKI R. Active and Intelligent Packaging Food-research and Development a Review[J]. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 2014, 64(1): 7—15.
- [5] LOUCANOVA E, KALAMAROVA M, PAROBEK J. The Innovative Approaches to Packaging-comparison Analysis of Intelligent and Active Packaging Perceptions in Slovakia[J]. Studia Universitatis “Vasile Goldis” Arad-economics Series, 2017, 27(2): 33—44.
- [6] HANIE Y, SU H M, IMANI S M, et al. Intelligent Food Packaging: A Review of Smart Sensing Technologies for Monitoring Food Quality[J]. ACS Sensors, 2019, 4(4): 808—821.
- [7] 朱勇, 胡长鹰, 王志伟. 智能包装技术在食品保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2007(6): 356—359.
ZHU Yong, HU Chang-ying, WANG Zhi-wei. Application of Intelligent Packaging Technology in Food Preservation[J]. Food Science, 2007(6): 356—359.
- [8] 夏征. 智能包装技术[J]. 包装世界, 2011(2): 4—6.
XIA Zheng. Intelligent Packaging Technology[J]. Packaging World, 2011(2): 4—6.
- [9] 许文凯. 智能包装的新宠—RFID技术[J]. 印刷杂志, 2013(2): 57—59.
XU Wen-kai. RFID Technology, a New Favorite of Intelligent Packaging[J]. Printing Field, 2013(2): 57—59.
- [10] 王长安, 陈杰, 陈玉婷, 等. 活性-智能包装在肉类工业中的应用进展[J]. 包装工程, 2017, 38(9): 130—134.
WANG Chang-an, CHEN Jie, CHEN Yu-ting, et al. Advances of Active and Intelligent Packaging Applications in Meat Industry[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(9): 130—134.
- [11] 高康, 黄倩. 智能包装应用现状研究[J]. 绿色包装, 2019(3): 52—55.
GAO Kang, HUANG Qian. Research on Application Status of Intelligent Packaging[J]. Green Packaging, 2019(3): 52—55.
- [12] 中国包装联合会. 《中国包装工业发展规划(2016—2020年)》明晰“十三五”方向[J]. 绿色包装, 2017(1): 66—65.
China Packaging Association. China Packaging Industry Development Plan (2016-2020) Clarifies the Direction of the 13th Five-year Plan[J]. Green Packaging, 2017(1): 66—65.
- [13] KAREL M, FENNEMA O R, LUND D B. Principles of Food Science Part II Physical Principles of Food Preservation[M]. New York: Marcel Dekker, 1975: 215.
- [14] YAM K L, TAKHISTOV P T, MILTZ J. Intelligent Packaging: Concepts and Applications[J]. Journal of

- Food Science, 2005, 70(1): 1—10.
- [15] YAM K L. The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology[M]. New York: John Wiley & Sons, 2009: 47.
- [16] 廖雨瑶, 陈丹青, 李伟, 等. 智能包装研究及应用进展[J]. 绿色包装, 2016(2): 39—46.
LIAO Yu-yao, CHEN Dan-qing, LI Wei, et al. Intelligent Packaging Research and Application Progress[J]. Green Packaging, 2016(2): 39—46.
- [17] 学进. 不容忽视的儿童包装安全[J]. 中国包装工业, 2014(23): 14—17.
XUE Jin. Children's Packaging Safety That Cannot Be Ignored[J]. China Packaging Industry, 2014(23): 14—17.
- [18] 杨萍. 儿童食品包装设计的安全性、趣味性与人性化[J]. 食品与机械, 2016, 32(9): 99—101.
YANG Ping. Safety, Interest and Humanity on Package Design of Kids Food[J]. Food & Machinery, 2016, 32(9): 99—101.
- [19] 徐恒, 吴艳, 周淑宝, 等. 推广儿童安全包装的重要性与紧迫性[J]. 上海包装, 2017(4): 26—28.
XU Heng, WU Yan, ZHOU Shu-bao, et al. Importance and Urgency of Promoting Safe Packaging for Children[J]. Shanghai Packaging, 2017(4): 26—28.
- [20] 朱慧, 黄志刚. 解读安全药品包装之现状[J]. 中国包装工业, 2006(7): 40—41.
ZHU Hui, HUANG Zhi-gang. Interpretation of the Current Situation of Safe Drug Packaging[J]. China Packaging Industry, 2006(7): 40—41.
- [21] MART'NEZ O A, FERN'ANDEZ S J, LOPEZ R N, et al. Screen Printed Flexible Radio Frequency Identification Tag for Oxygen Monitoring[J]. Analytical Chemistry, 2013, 85(22): 11098—11105.
- [22] HUANG W D, DEB S, SEO Y S, et al. A Passive Radio-frequency PH-sensing Tag for Wireless Food-quality Monitoring[J]. IEEE Sensors Journal, 2012, 12(3): 487—495.
- [23] SMITS E, SCHRAM J, NAGELKERKE M, et al. Development of Printed RFID Sensor Tags for Smart Food Packaging[J]. Proceedings of the 14th International Meeting on Chemical Sensors, 2012, 14: 403—406.
- [24] EOM K H, HYUN K H, LIN S, et al. The Meat Freshness Monitoring System Using the Smart RFID Tag[J]. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2014, 10(7): 1—9.
- [25] SEN L, HYUN H K, KIM W J, et al. The Design of Smart RFID System with Gas Sensor for Meat Freshness Monitoring[J]. Advanced Science and Technology Letters, 2013, 41: 17—20.
- [26] EOM K H, KIM M C, LEE S, et al. The Vegetable Freshness Monitoring System Using RFID with Oxygen and Carbon Dioxide Sensor[J]. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2012, 6: 1—6.
- [27] POTYRAILO R A, NAGRAJ N, TANG Z, et al. Battery-free Radio Frequency Identification (RFID) Sensors for Food Quality and Safety[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(35): 8535—8543.
- [28] 张改梅. 智能包装技术及其应用领域[J]. 印刷技术, 2007(29): 19—22.
ZHANG Gai-mei. Intelligent Packaging Technology and its Application Fields[J]. Printing Technology, 2007(29): 19—22.
- [29] 索艳格, 黄煜琪, 孙俊军. RFID 标签的应用现状和发展前景[J]. 今日印刷, 2019(2): 17—19.
SUO Yan-ge, HUANG Yu-qi, SUN Jun-jun. Application Status and Development Prospect of RFID Tags[J]. Print Today, 2019(2): 17—19.
- [30] 陈克复, 陈广学. 智能包装——发展现状、关键技术及应用前景[J]. 包装学报, 2019, 11(1): 1—17.
CHEN Ke-fu, CHEN Guang-xue. Intelligent Packaging: Development Status, Key Technologies and Application Prospects[J]. Packaging Journal, 2019, 11(1): 1—17.
- [31] 郑望岳. 智能包装是现代包装标志性新潮流[J]. 绿色包装, 2018(2): 82—85.
ZHENG Wang-yue. Intelligent Packaging is a New Trend of Modern Packaging[J]. Green Packaging, 2018(2): 82—85.
- [32] 刘东红, 吕飞, 叶兴乾. 食品智能包装体系的研究进展[J]. 农业工程学报, 2007(8): 286—290.
LIU Dong-hong, LYU Fei, YE Xing-qian. Overview on Food Intelligent Packaging System[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007(8): 286—290.
- [33] 樊美娟. 智能包装的概念及分类[J]. 印刷质量与标准化, 2012(2): 10—14.
FAN Mei-juan. Concept and Classification of Intelligent Packaging[J]. Printing Quality & Standardization, 2012(2): 10—14.
- [34] 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.
- [35] 章登科, 韩国程, 俞朝晖, 等. 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, et al. RFID Technology and Its Application in Smart Packaging[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(1): 6—11.
- [36] BIEGANSKA M. Shelf-life Monitoring of Food Using

- Time-temperature Indicators (TTI) for Application in Intelligent Packaging[J]. *Towaroznawcze Problemy Jakosci*, 2017, 2(51): 75—85.
- [37] 许文才, 李东立. 智能包装技术的发展与应用[J]. *印刷工业*, 2009, 4(4): 11—14.
XU Wen-cai, LI Dong-li. Development and Application of Intelligent Packaging Technology[J]. *Print China*, 2009, 4(4): 11—14.
- [38] 李才昌. 智能包装存在的问题和对策[J]. *绿色包装*, 2018(4): 47—50.
LI Cai-chang. The Problems and Countermeasures of Intelligent Packaging[J]. *Green Packaging*, 2018(4): 47—50.
- [39] 赵燕妮. 基于 RFID 技术的食品、药品智能包装应用研究[J]. *物联网技术*, 2019, 9(1): 86—87.
ZHAO Yan-ni. Application Research of Food and Drug Intelligent Packaging Based on RFID Technology[J]. *Internet of Things Technologies*, 2019, 9(1): 86—87.
- [40] 王艺. 浅谈智能包装应用进展与趋势[J]. *计算机产品与流通*, 2018(4): 148.
WANG Yi. Discussion on the Application Progress and Trend of Intelligent Packaging[J]. *Computer Products and Circulation*, 2018(4): 148.
- [41] 木耀兴, 史雪琳, 杨忠宴. 云南快递业发展现状分析[J]. *丝路视野*, 2017(33): 21.
MU Yao-xing, SHI Xue-lin, YANG Zhong-yan. Analysis on the Development Status of Yunnan Express Industry[J]. *The Silk Road Vision*, 2017.
- [42] 田馨. "中国制造 2025" 重大战略的新形势与现实路径研究[J]. *改革与战略*, 2017(3): 65—68.
TIAN Xin. Research on the New Situation and Realistic Path of the Major Strategy of "Made in China 2025"[J]. *Reform and Strategy*, 2017(3): 65—68.
- [43] 黄昌海, 卢超. 浅谈智能包装及未来发展趋势[J]. *上海包装*, 2018(10): 25—27.
HUANG Chang-hai, LU Chao. On Intelligent Packaging and Its Future Development Trend[J]. *Shanghai Packaging*, 2018(10): 25—27.