

果蔬包装功能延伸设计方法与实践

王藜衡¹ 丁茜^{1,2}

(1. 湖南工业大学包装设计艺术学院,湖南 株洲 412007;
2. 湖南省哲学社会科学“过度包装设计治理智能评价”重点实验室,湖南 株洲 412007)

摘要:文章阐述了现阶段中国果蔬产业所面临的难题与挑战,提出了果蔬包装功能延伸设计的解决策略;通过系统分析国内外果蔬包装功能延伸的理论研究与优秀设计案例,分别从包装视觉、结构、材料、技术4个维度总结出果蔬包装功能延伸设计的方法及流程,并将其应用于应季水果荔枝包装设计实践。

关键词:果蔬包装;功能延伸设计;荔枝包装;可持续发展

Method and practice of functional extension design for fruit and vegetable packaging

WANG Liheng¹ DING Qian^{1,2}

(1. School of Packaging Design of Art, Hunan University of Technology, Zhuzhou, Hunan 412007, China;
2. Hunan Provincial Key Laboratory of Philosophy and Social Sciences "Intelligent Evaluation Laboratory of Excessive Packaging Design Management", Zhuzhou, Hunan 412007, China)

Abstract: This paper explains the current problems and challenges faced by fruit and vegetable industry in China, and proposes the solution strategies of functional extension design for fruit and vegetable packaging. The methods and processes of fruit and vegetable packaging functional extension design are summarized from the four dimensions of packaging vision, structure, material and technology by systematically analyzing the theoretical research and excellent design cases of fruit and vegetable packaging functional extension in China and abroad, and are applied to the packaging design practice of seasonal fruit litchi.

Keywords: fruit and vegetable packaging; functional extension design; litchi packaging; sustainable development

果蔬因含有大量对人体健康有益的维生素和膳食纤维,成为人们日常健康饮食不可或缺的重要组成部分。中国是目前世界上最大的果蔬生产国和消费国,果蔬食品也是农民收入的重要来源之一。不过对于果蔬产业而言,一方面由于保鲜技术落后,使得果蔬采摘后的损耗率高达 20%~30%^[1],不仅造成了严重的经济损失,也导致了大量温室气体的排放;另一方面,果蔬包装多采用一次性塑料缓冲材料,使用后丢弃会造成严重的环境污染。果蔬包装应具备以下功能来适配社会可持续发展的需求:确保果蔬新鲜度,延长果蔬保鲜期;符合可回收或可降解

条件^[2];向消费者传达绿色发展理念^[3];促进果蔬行业发展、满足消费者需求等。在此背景下,文章拟深入探析果蔬包装功能延伸设计的具体模式与创新方法,为实现中国果蔬产业可持续发展提供依据。

1 果蔬包装功能延伸设计的必要性

据联合国粮食及农业组织统计,全球每年约有 13 亿 t 食物被浪费^[4]。其中,水果和蔬菜的浪费和损耗尤为严重,占比约高达 45%^[5]。Kirci 等^[6]研究表明,果蔬损耗主要发生在采摘之后,即商品流通、贮藏和销售等环节。这说明包装的优劣及匹配性对于减少果蔬腐败变质至关重要

基金项目:湖南省哲学社会科学基金重点项目(编号:22ZDB075);湖南省研究生科研创新项目资助(编号:LXBZZ2024329)

通信作者:丁茜(1986—),女,湖南工业大学副教授,博士。E-mail:dingqian@hut.edu.cn

收稿日期:2025-01-01 **改回日期:**2025-07-28

引用格式:王藜衡,丁茜. 果蔬包装功能延伸设计方法与实践[J]. 食品与机械,2025,41(11):241-248.

Citation:WANG Liheng, DING Qian. Method and practice of functional extension design for fruit and vegetable packaging[J]. Food & Machinery, 2025, 41(11): 241-248.

要。此外,通过创新结构设计减少塑料缓冲材料的使用,以及开发新型生物材料替代石油基塑料也是果蔬包装可持续性的重要组成部分^[7]。

中国近年来大力推动有关果蔬包装结构、环保材料、保鲜技术等方面的研究,但大多数成果仍处于试验阶段^[8-10]。通过系统分析果蔬包装的视觉装潢、材料、结构和技术等主要设计元素,发现目前还存在以下有待解决的问题。① 视觉装潢设计:大多数果蔬包装装潢仅提供商品的基本信息,少数造型独特、装潢华丽的果蔬包装则注重品牌形象的塑造与宣传,但均未能有效融入环保标识、图案与文字等信息,不利于向消费者传达环保理念的重要性。② 包装材料选用:一次性塑料袋、塑料膜、塑料盒仍占据主导地位。其中,一次性塑料包装大多采用不可降解的聚丙烯(PP)、聚氯乙烯(PVC)、聚苯乙烯(PS)等石油基塑料。③ 包装结构设计:果蔬包装普遍采用托盘式、翻盖式、手提式等盒型,缺少易用性、便捷性等人文关怀的设计亮点。④ 保鲜技术应用:商家往往通过添加泡沫托盘、泡沫衬垫、泡沫网套等缓冲物来减缓果蔬的震撞损伤,或使用冰袋、泡沫箱等加强包装对温度的控制,而这些方法的保鲜效果并不理想,还会产生大量包装废弃物。为解决上述问题,需要在现有果蔬包装设计的基础上,开展功能延伸设计来提高果蔬包装的可持续性。

包装功能延伸设计是对包装现有功能的拓展,使其功能多样化,来满足产品、消费者以及市场的需求。如图1所示,果蔬包装功能延伸设计应从包装视觉、结构、材料、技术4个方面开展,以实现食品安全、环境友好、社会福祉与经济发展。

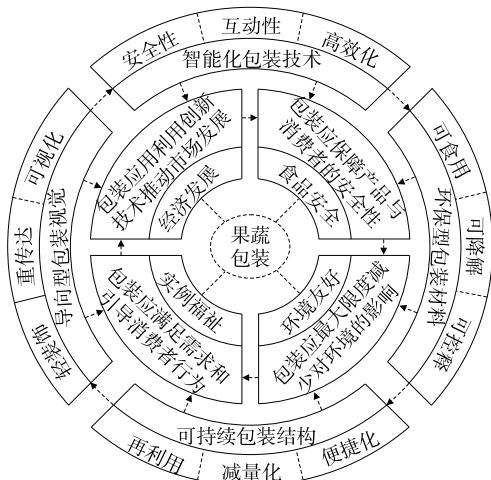


图1 果蔬包装功能延伸设计路径

Figure 1 Functional extension design path of fruit and vegetable packaging

2 果蔬包装功能延伸设计方法

2.1 导向型果蔬包装视觉化功能延伸设计:轻装饰、重传达、可视化

果蔬包装视觉化功能延伸设计需要注重个体、行为和环境之间的相互作用,结合用户感知价值^[11](见图2),来增加包装与消费者的黏性,引导消费者的行为,吸引并鼓励更多的绿色消费。

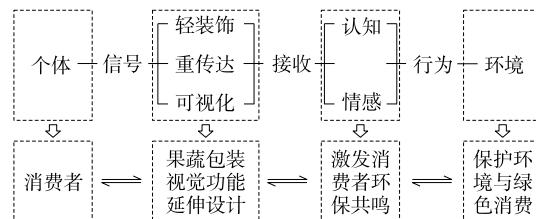


图2 果蔬包装视觉功能延伸设计模式

Figure 2 Design mode of visual functional extension for fruit and vegetable packaging

(1) 轻装饰、重传达是在确保产品信息全面性和准确性的前提下,打破果蔬包装装潢设计的传统标识功能,使视觉成为一种与消费者精神相通的媒介。其中,极简主义食品包装视觉设计能够通过对包装图案、文字、色彩等信息进行概括性表达,来增加包装的自然性,提高消费者对产品的绿色、健康的感知^[12]。如图3(a)所示,Mai果蔬环保包装通过极简化果蔬图案与文字信息,减少了不必要的装饰,体现出“少即是多”的绿色设计理念,以此来刺激消费者的感官,激发消费者的环保意识。



图片来源: <https://blog.naver.com/iwedesign/223215655292>

(a) Mai果蔬环保包装



图片来源: <https://packagingoftheworld.com/2023/10/vertigreens.html>

(b) Vertigreens蔬菜包装

图3 Mai果蔬环保包装与 Vertigreens蔬菜包装

Figure 3 Mai fruit and vegetable eco-packaging and Vertigreens vegetable packaging

(2) 可视化即透明度,是当下果蔬等食品包装的发展趋势之一^[13-14]。果蔬包装的高能见度能够以果蔬的自然色彩、形状以及新鲜感直接吸引消费者,提高消费者的购买意愿。同时对于采摘后仍具有活性的果蔬而言,包装高透明度也便于消费者对果蔬状态进行监控,减少果蔬的损耗与浪费。如图3(b)所示,Vertigreens蔬菜包装以垂直温室为造型,通过透明视窗直接展示食品的新鲜度,传递有机食品与生态环境和谐共存的绿色发展理念。

2.2 可持续果蔬包装结构的功能延伸设计:减量化、便捷化、再利用

果蔬包装结构是确保果蔬食品在运输、贮藏和食用过程中安全、方便和可持续等关键因素。因此,果蔬包装结构的功能延伸设计需要涵盖减量化、便捷化和再利用多个维度,以此改变当前包装结构固化、单一化的形式(见图4)。

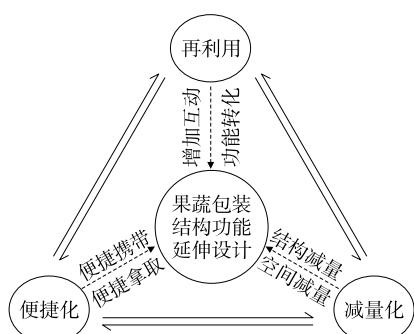


图4 果蔬包装结构功能延伸设计模式

Figure 4 Design mode of structural functional extension for fruit and vegetable packaging

(1) 果蔬包装减量化设计是从减少包装材料的使用和提高包装空间利用率的角度出发,旨在实现包装的可持续性。在当前果蔬等食品包装中,复杂的缓冲结构和过度包装趋势加剧了包装生产的能耗,增加了包装的运输成本^[15-16]。因此,通过精简果蔬包装结构来降低包装

复杂性,并减少果蔬包装内部的间隙率以及外部空间的占用量,是解决上述问题的重要方法。如图5(a)所示,荣获IF红点设计奖的Coral Tray珊瑚盘包装通过结构创新升级,采用一纸成型与上部镂空可视的结构,有效减少了包装材料的用量。此外,与传统蔬菜塑料包装盒相比,该设计实现了包装叠放量的翻倍,进一步节省了包装的运输和储存空间。

(2) 果蔬包装便捷化设计是从人性化的角度出发,来提高包装的实用性与用户友好性。在如今快节奏的社会生活中,果蔬包装不仅要具有保护功能,更要提供快速、便捷的取用结构,以提高其在市场中的竞争优势。从果蔬食品的购买到食用阶段来看,便捷化设计具体体现为便捷携带与便捷拿取。其中,便捷携带能够使消费者在手持果蔬包装移动时既方便又舒适;而便捷拿取通过创新包装的开启方式,进一步提高了包装的易用性。如图5(b)所示,VitaPack是一款形状多变的橙子包装,消费者可以根据携带物品的多少,将其从方形调整为长条形。其中,长条形的横向空间占用量较小,适合携带较多物品时使用。此外,该包装采用了由两片牛皮纸缝合而成的双侧镂空设计,有助于消费者快速撕拉开启包装。

(3) 果蔬包装再利用设计是从全生命周期的角度出发,在包装完成基本功能后,通过功能延伸设计获得新的用途。如图5(c),一种用于果蔬的物流包装箱,在使用结束后,消费者可以通过调整包装结构,将其转变为手提篮,适用于更多长条形态的蔬菜。该设计的功能转化实现了包装的重复利用、延长了包装的生命周期。

2.3 环保型果蔬包装材料的功能延伸设计:可食用、可降解、可控释

传统的塑料包装材料对于果蔬的保鲜、保护功能有限,导致相当数量的果蔬在运输和贮藏过程中发生腐败变质。因此,对果蔬包装材料进行可食用、可降解、可控释的功能延伸设计,可以在减少包装材料使用、提升包装活性与环保性的同时,进一步延长果蔬的保鲜期,如图6所示。



图片来源: <https://kknews.cc/design/q5eo7k8.html>

(a) Coral Tray蔬菜包装

图片来源: <https://ifdesign.com/en/winner-ranking/project/coral-tray/344897>

(b) VitaPack橙子包装

图片来源: <https://dzen.ru/a/XFrajMXLKQCuuDKR>

(c) 可二次利用果蔬包装

图5 Coral Tray蔬菜包装,VitaPack橙子包装与可二次利用果蔬包装

Figure 5 Coral Tray vegetable packaging, VitaPack orange packaging, and reusable fruit and vegetable packaging

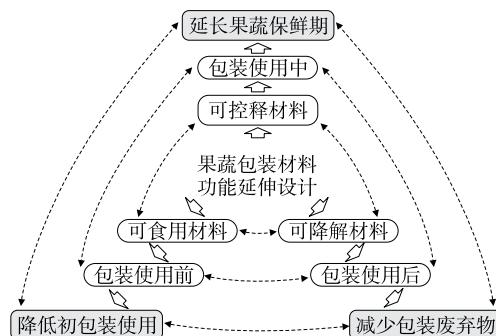


图 6 果蔬包装材料功能延伸设计模式

Figure 6 Design mode of material functional extension for fruit and vegetable packaging

(1) 可食用涂层,即一种可以直接涂覆在果蔬表面,形成物理保鲜屏障的生物聚合物。它通常由多糖、蛋白质、脂质等生物化合物制成,具有生物相容性、可降解性等特点,可作为石油基包装材料的替代品^[17]。此外,部分功能性涂层还具有调节果蔬水分迁移与气体交换、抑制果蔬呼吸和氧化反应速率以及延长果蔬保鲜期的作用^[18]。例如, Goswami 等^[19]通过对橘子涂覆含有 0.7% 瓜尔胶(GG)、0.3% 壳聚糖(CS)和多种精油的混合物抗菌食用涂层,有效减缓了橘子在贮藏期间的微生物滋生,使其在温度(25±5)℃和相对湿度(75±5)%的条件下贮藏期延长至 20 d,极大程度上减少了橘子的保鲜初包装的使用。

(2) 可降解材料,即在自然条件(如藻类、细菌等微生物等)下,随时间降解为水、无机盐等小分子的材料^[20]。在果蔬等食品包装领域,天然材料、生物可降解塑料开始逐渐替代传统的石油基塑料。同时,果蔬等农作物本身及其所包含的生物活性物质(如纤维、多糖等)也成为近年来的研究热点^[21]。例如,Özkan Karabacak 等^[22]研究发现,椰子壳中多酚提取物可以使包装二氧化碳的渗透率降低 81%、氧气透过率降低 79%,同时在包装复合薄膜中加入 3% 的椰壳纤维素,还能明显提高薄膜的拉伸强度和断裂伸长率。此外,如图 7 所示,荣获 IF 红点奖的可降解包装使用椰壳废料和淀粉作为主要材料,将其加工成可适配不同形状果蔬的包装。该设计利用椰壳的高抗压性、天然抗菌性等,减少了塑料包装对环境的负面影响。

(3) 可控释材料,包括释放型和吸收型,能够通过包装内功能分子(如百里酚、丁香酚、二氧化氯等)的释放与吸收来调控包装内部环境,以延长果蔬的保鲜期^[23]。如 Sethunga 等^[24]将从肉桂皮油(CNO)和丁香芽油(CBO)中提取的肉桂醛(55.56%)和丁香酚(75.82%)掺入醋酸纤维素纳米纤维(CANFs)中混合制成的包装控释垫,通过持续释放精油,将葡萄和西红柿的保质期延长至 30 d。此外,近年来研发成功的智能控释型包装材料能根据特定条件或刺激(如温度、pH 值、微生物等)按需释放功能分



图片来源:https://www.pinterest.com/pin/476255729320447519/

图 7 椰壳果蔬包装

Figure 7 Fruit and vegetable packaging made of coconut shell

子,有效避免了功能分子的过度利用。例如,Du 等^[9]以聚乳酸(PLA)作为基底材料,复合壳聚糖低聚糖(COS)与双醛淀粉(DAS),制备了一种 pH 和淀粉酶双响应的包装膜。28℃存放 120 h 后,百里酚在 pH 5.0 氛围下的释放率比 pH 7.0 下的高出了 35.8%,表明该复合包装膜可根据 pH 值的变化按需释放百里香酚,进而显著延长甜瓜的贮藏时间。

2.4 智能化果蔬包装技术的功能延伸设计:安全性、互动性、高效化

果蔬包装智能化保鲜技术的功能延伸设计是以感应、检测和记录包装内部食品新鲜度变化与包装环境变化为主要目标。如图 8 所示,通过智能化包装技术提供果蔬食品在全产业链中的产品信息,能够保障果蔬食品的安全性,提升包装的流通效率,并强化消费者与果蔬产品之间的联系。

(1) 随着人们物质生活水平的不断提高,如何使消费者实时掌握果蔬食品的安全性成为研究热点。近年来,随着 pH 值、气体、温度等敏感型指示材料的研发与应用,不仅进一步提升了果蔬包装的智能化程度,同时也增强了消费者在购买果蔬商品时对包装所提供的安全保障的信任。其中,新鲜度指示标签能够通过颜色变化,直观、准确地向消费者传递果蔬的当前状态。例如,Rong 等^[25]将中性琼脂糖(AR)和魔芋葡甘露聚糖(KGM)复合,制备了一种二氧化碳敏感型智能比色凝胶标签,用于鲜切木瓜包装。结果表明,当标签颜色从紫色变为粉紫色,表示木瓜接近腐烂,而橙黄色表示木瓜已完全腐烂。此外,将智能变色材料与条码技术结合,能够实现果蔬品质信息数据在进货、贮藏和流向时的动态采集与处理,进一步提升了果蔬食品在销售时的安全性。如图 9 所示,荣获 IF 年度最佳设计奖的 Barcodiscount 将变色条码技术应用于果蔬食品包装上,此条码会随着果蔬的新鲜度以及所设定的时间,使新条码以及新折扣数自动浮现,其中折扣数越高表示食品新鲜度越低。该设计在便于商家仓储管理的同时,有效避免了消费者因误食次新鲜食品而引发的安全问题。

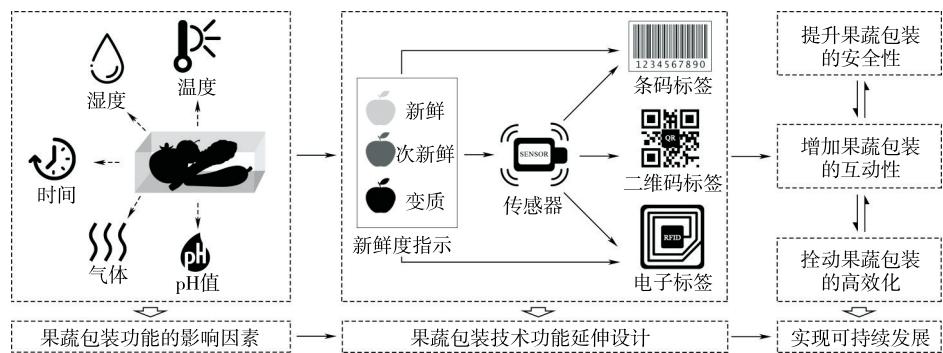


Figure 8 Design mode of technical functional extension for fruit and vegetable packaging



图片来源: <https://www.jamesdysnonaward.org/zh-TW/2020/project/barcodiscount/>

图 9 Barcodiscount 变色条码标签

Figure 9 Barcodiscount color-changing barcode label

(2) 互动性作为包装信息功能的拓展,通过利用数字技术能够为消费者提供更多的产品信息与情感价值^[26]。目前,QR码是果蔬等食品包装使用最多的数字技术之一^[27]。通过快速扫描QR码,消费者能够在智能手机页面快速浏览果蔬的全部信息,如种植日期、生长环境等,还可以对其进行评价、反馈,甚至能够与农户或其他消费者进行互动。此外,QR码的应用还减少了包装的装潢印刷,推动了果蔬包装的简约化设计发展。为了实时反映果蔬产品在包装内的状态,Escobedo等^[28]利用丝网印刷技术,将温度、湿度和二氧化碳等比色传感器与QR码结合,使用户通过配套的QRsens手机程序,远程或当场扫描

QR码,来获取果蔬等食品的当前状态以及相关溯源信息。

(3) 高效化对于果蔬全产业链至关重要,如何提高包装在运输、贮藏和销售环节的识别速率,直接关系到果蔬食品的新鲜度和品质。在商品流通过程中,果蔬包装可以添加基于敏感材料的传感器与电子标签,利用传感器探测特定物质的存在,并将探测信息转换成可读数据,以此跟踪果蔬状态和获取包装信息,进而加快果蔬商品的流通速率^[29]。例如,Tao等^[10]采用二氧化碳、乙醇和温度敏感的纳米复合材料结合RFID芯片技术,制成了一种能够提供果蔬多维信息的RFID电子传感器,该传感器可大幅度提高果蔬包装仓储、运输环境监测的全面性和准确性,使果蔬供应链更加透明化。

3 荔枝包装功能延伸设计实践

基于上述果蔬包装功能延伸设计的路径与方法,以中国特有的应季水果荔枝为包装对象,结合现有荔枝包装的优缺点,从包装视觉、材料、结构、技术出发,提出荔枝包装功能延伸设计的详细流程与方案,具体见图10。这不仅能够缓解荔枝易褐变和腐败的问题,还能提升运输包装的环保性和实用性,更能满足当下市场和消费者的需求。

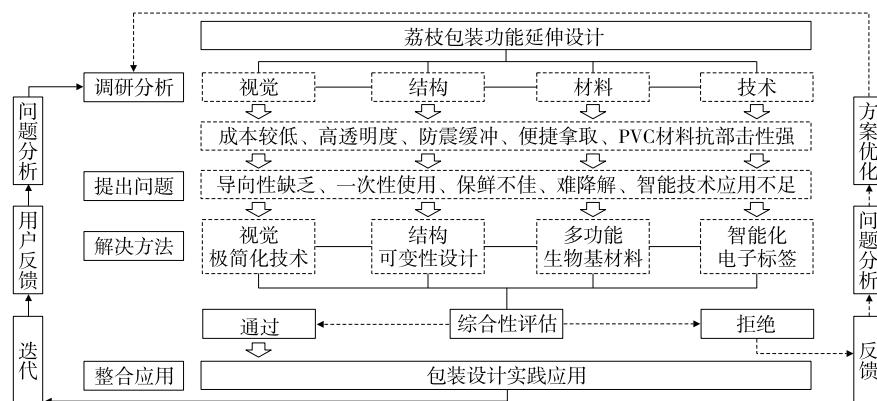


图 10 荔枝包装功能延伸设计流程

Figure 10 Design process for functional extension of litchi packaging

3.1 荔枝包装视觉的功能延伸设计

如图 11 所示,该外盒装潢设计以荔枝极简化图案与绿色标识作为主要视觉元素,再结合有关可持续理念的标语来宣传包装的环保理念;外包装上方的开窗方式与内包装荔枝托盘的无印刷方式,确保了荔枝包装的透明度,便于消费者实时了解荔枝外观鲜度信息。此外,包装整体印刷采用大豆油墨,相较于传统的化学油墨,该包装具有可降解、无毒害等优点,进一步体现出“源于自然、归于自然”的可持续价值观。



图 11 荔枝包装视觉与整体效果展示

Figure 11 Display of litchi packaging visual and overall effect

3.2 荔枝包装材料的功能延伸设计

首先,由于荔枝对温湿度变化非常敏感,为减缓其腐败速度,可在刚采摘的荔枝表面喷涂可食用涂层(如桃胶复合物^[30]),以减少水分散失、防止果皮褐变。其次,可将生物可降解塑料 PLA 与可控释薄膜(如载姜黄素/壳聚糖/玉米醇溶蛋白复合物^[31])进行复合,制成多功能的可降解包装托盘用于荔枝运输和销售。与传统 PVC 塑料托盘相比,PLA 复合托盘在确保其可注塑性、透明性、高韧性的同时,还增加了抗菌性和抗氧化性,进一步延长了荔枝的保鮮期。再者,外包装箱使用添加了农作物秸秆纤维的 B 型瓦楞纸板,具有良好的缓冲性、耐水性和抗压性,降低了外包装破损的概率(见图 12)。

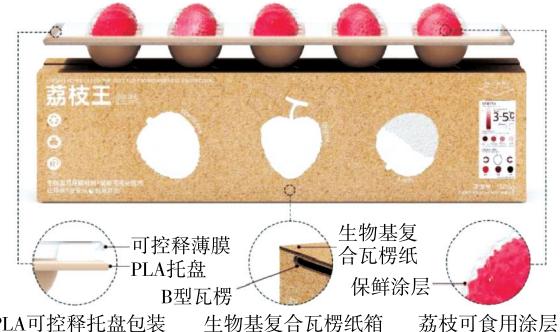


图 12 荔枝包装材料功能延伸设计展示

Figure 12 Display of litchi packaging material functional extension design

3.3 荔枝包装结构的功能延伸设计

该套荔枝包装除了采用一纸成型和便携的镂空结构设计之外,还对内托盘进行了种植功能的延伸设计。消费者可在食用完荔枝后,经过简单的操作将包装托盘转变为水培荔枝核容器(见图 13)。内托盘的再利用设计增强了包装的互动性,并为消费者增添了额外的情感价值,有助于消费者环保意识的养成。从包装整个生命周期来看,荔枝包装结构的种植功能延伸设计将原本一次性托盘的服务周期延长至 30 d 以上,在减少包装废物产生的同时,种植的荔枝核盆栽也美化了消费者的生活环境。

3.4 荔枝包装技术的功能延伸设计

荔枝在高温下的水分流失和微生物侵染问题比较严重,并且伴随着大量乙烯气体的产生,从而引起包装内 pH 值发生变化。为解决上述问题,该设计将温度传感器、pH 敏感型指示材料与 RFID 标签复合,制成了一个外嵌式多功能柔性电子标签。通过对电子标签外观造型的优化设计,可以采用无胶、免粘的方式将其贴附于荔枝包装外侧,消费者通过观察标签颜色变化来实时掌握荔枝的新鲜度。在此基础上,针对跨省冷链运输过程,该标签还能

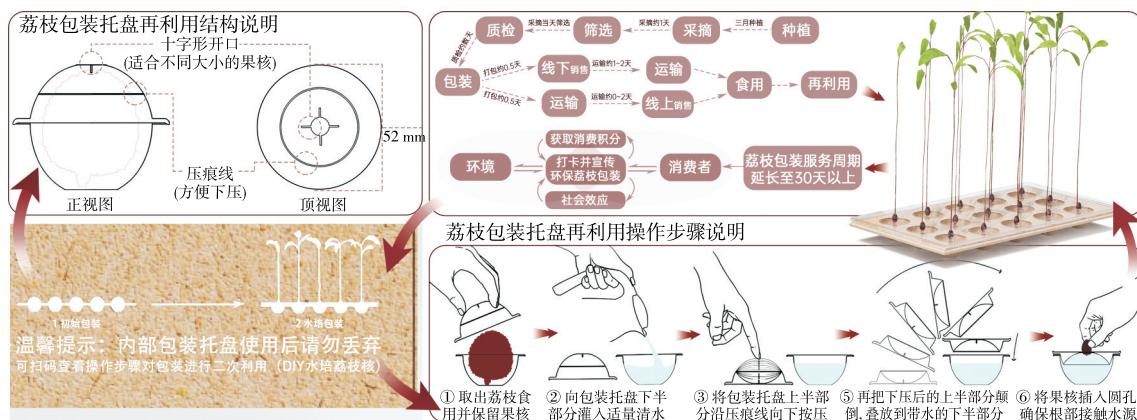


图 13 荔枝包装功能延伸结构设计展示

Figure 13 Display of litchi packaging structural functional extension design

在荔枝包装环境温度超过预设值时,自动通过智能设备向商家或管理人员发送远程警报提醒。此外,消费者可以通过扫描包装上的二维码进行全链条溯源,获取荔枝

种植基地、生长情况和流通数据等信息,还可以与其他用户分享水培荔枝核的心得体会,进一步提升包装的互动性与趣味性(见图14)。



图14 荔枝包装技术功能延伸设计展示

Figure 14 Display of litchi packaging technical functional extension design

4 总结

目前,中国果蔬包装面临着保鲜效果不佳、一次性塑料包装材料过度使用、智能保鲜技术应用不足,以及包装服务周期过短等问题,从而影响着整个果蔬行业的可持续发展。未来果蔬包装功能设计需要朝着保鲜性、环保性与智能化的方向发展,以满足消费者对果蔬食品的新鲜度、完整性、成熟度以及安全性要求。

参考文献

- [1] 郭培锋,吴雨威,谢杏婵,等.壳聚糖—大豆分离蛋白复合膜制备工艺优化及对芒果的保鲜效果[J].食品与机械,2025,41(1): 149-157.
- [2] GUO P F, WU Y W, XIE X C, et al. Optimization of chitosan-soy protein isolate composite film fabrication and its preservation effect on mangoes[J]. Food & Machinery, 2025, 41 (1): 149-157.
- [3] 施爱芹,李蒙,程成.大数据时代产品包装“源头减废”设计评价体系构建的创新路径[J].家具与室内装饰,2023,30(12): 56-59.
- [4] SHI A Q, LI M, CHENG C. An innovative path for the construction of a product packaging "source waste reduction" design evaluation system in the era of big data[J]. Furniture & Interior Design, 2023, 30(12): 56-59.
- [5] 郭培锋,吴雨威,谢杏婵,等.壳聚糖—大豆分离蛋白复合膜制备工艺优化及对芒果的保鲜效果[J].食品与机械,2025,41(1): 149-157.
- [6] GUO P F, WU Y W, XIE X C, et al. Optimization of chitosan-soy protein isolate composite film fabrication and its preservation effect on mangoes[J]. Food & Machinery, 2025, 41 (1): 149-157.
- [7] KIRCI M, ISAKSSON O, SEIFERT R. Managing perishability in the fruit and vegetable supply chains[J]. Sustainability, 2022, 14(9): 5 378.
- [8] DING Q, ZHU H P. The key to solving plastic packaging wastes: design for recycling and recycling technology[J]. Polymers, 2023, 15(6): 1 485.
- [9] 孙湛.基于生鲜电商新需求的农产品包装设计与创新研究[J].湖南包装,2023,38(1): 164-168.
- [10] SUN Z. Research on the packaging design and innovation of agricultural products based on the new demand of fresh food e-commerce[J]. Hunan Packaging, 2023, 38(1): 164-168.
- [11] DU H Y, SUN X L, BIAN X C, et al. pH and amylase dual stimuli-responsive electrospinning membrane for smart releasing thymol to control melon *Rhizopus stolonifer*[J]. Chemical Engineering Journal, 2023, 471: 144473.
- [12] TAO B R, BAI J N, WU H, et al. Design and research of multi-information fusion RFID sensor for fruit and vegetable quality detection[J]. Mikrochimica Acta, 2024, 191(9): 568.
- [13] LI R H, LI H J. The impact of food packaging design on users' perception of green awareness[J]. Sustainability, 2024, 16(18): 8 205.
- [14] 晁新姣,张思佳.极简主义风格在食品包装设计中的应用[J].食品与机械,2022,38(5): 106-109.
- [15] CHAO X J, ZHANG S J. Research on the application of minimalist style in food packaging design[J]. Food & Machinery, 2022, 38(5): 106-109.
- [16] KUANG T Y, YANG D J, ZOU D X. The impact of transparent packaging: how transparent packaging for organic

Au, 2023, 3(2): 58-75.

[5] FACCHINI F, SILVESTRI B, DIGIESI S, et al. Agri-food loss and waste management: win-win strategies for edible discarded fruits and vegetables sustainable reuse[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2023, 83: 103235.

[6] KIRCI M, ISAKSSON O, SEIFERT R. Managing perishability in the fruit and vegetable supply chains[J]. Sustainability, 2022, 14(9): 5 378.

[7] DING Q, ZHU H P. The key to solving plastic packaging wastes: design for recycling and recycling technology[J]. Polymers, 2023, 15(6): 1 485.

[8] 孙湛.基于生鲜电商新需求的农产品包装设计与创新研究[J].湖南包装,2023,38(1): 164-168.

SUN Z. Research on the packaging design and innovation of agricultural products based on the new demand of fresh food e-commerce[J]. Hunan Packaging, 2023, 38(1): 164-168.

[9] DU H Y, SUN X L, BIAN X C, et al. pH and amylase dual stimuli-responsive electrospinning membrane for smart releasing thymol to control melon *Rhizopus stolonifer*[J]. Chemical Engineering Journal, 2023, 471: 144473.

[10] TAO B R, BAI J N, WU H, et al. Design and research of multi-information fusion RFID sensor for fruit and vegetable quality detection[J]. Mikrochimica Acta, 2024, 191(9): 568.

[11] LI R H, LI H J. The impact of food packaging design on users' perception of green awareness[J]. Sustainability, 2024, 16(18): 8 205.

[12] 晁新姣,张思佳.极简主义风格在食品包装设计中的应用[J].食品与机械,2022,38(5): 106-109.

CHAO X J, ZHANG S J. Research on the application of minimalist style in food packaging design[J]. Food & Machinery, 2022, 38(5): 106-109.

[13] KUANG T Y, YANG D J, ZOU D X. The impact of transparent packaging: how transparent packaging for organic

- foods affects tourists' green purchasing behavior[J]. *Frontiers in Nutrition*, 2024, 11: 1328596.
- [14] 宋明轩, 田园. 农产食品包装中的透明设计研究[J]. 食品与机械, 2023, 39(12): 105-108, 132.
- SONG M X, TIAN Y. Research on transparent design of agricultural product packaging[J]. *Food & Machinery*, 2023, 39 (12): 105-108, 132.
- [15] 孙玲. 过度包装治理政策下食品包装适度设计原则[J]. 食品与机械, 2024, 40(8): 211-215.
- SUN L. The principle of moderate design of food packaging under the policy of overpackaging governance[J]. *Food & Machinery*, 2024, 40(8): 211-215.
- [16] 胡艳珍, 郭曦婷. 特色农产品包装可持续设计研究[J]. 湖南包装, 2022, 37(1): 75-79.
- HU Y Z, GUO X T. Analysis of the necessity of sustainable design of characteristic agricultural packaging[J]. *Hunan Packaging*, 2022, 37(1): 75-79.
- [17] BLANCAS-BENITEZ F J, MONTAÑO-LEYVA B, AGUIRRE-GÜITRÓN L, et al. Impact of edible coatings on quality of fruits: a review[J]. *Food Control*, 2022, 139: 109063.
- [18] UNGUREANU C, TIHAN G, ZGÂRIAN R, et al. Bio-coatings for preservation of fresh fruits and vegetables[J]. *Coatings*, 2023, 13(8): 1 420.
- [19] GOSWAMI M, MONDAL K, PRASANNAVENKADESAN V, et al. Effect of guar gum-chitosan composites edible coating functionalized with essential oils on the postharvest shelf life of Khasi mandarin at ambient condition[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2024, 254: 127489.
- [20] NIZAMUDDIN S, BALOCH A J, CHEN C R, et al. Bio-based plastics, biodegradable plastics, and compostable plastics: biodegradation mechanism, biodegradability standards and environmental stratagem[J]. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2024, 195: 105887.
- [21] KUMAR GUPTA R, AE ALI E, ABD EL GAWAD F, et al. Valorization of fruits and vegetables waste byproducts for development of sustainable food packaging applications[J]. *Waste Management Bulletin*, 2024, 2(4): 21-40.
- [22] ÖZKAN KARABACAK A, SÜFER Ö, PANDISELVAM R. Coconut husk: a sustainable solution for eco-friendly packaging applications[J]. *Environment, Development and Sustainability*, 2024, 26(12): 30 379-30 408.
- [23] DU H Y, SUN X L, CHONG X N, et al. A review on smart active packaging systems for food preservation: applications and future trends[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2023, 141: 104200.
- [24] SETHUNGA M, GUNATHILAKE K D P P, RANAWEEERA K K D S, et al. Antimicrobial and antioxidative electrospun cellulose acetate-essential oils nanofibrous membranes for active food packaging to extend the shelf life of perishable fruits[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2024, 97: 103802.
- [25] RONG L Y, ZHAO Y Q, GAO S Y, et al. Colorimetric gel labels for the non-destructive freshness monitoring of fresh-cut papaya[J]. *Food Hydrocolloids*, 2024, 149: 109581.
- [26] 阙旭飞, 李光安, 戴子喆. 从起源词汇看食品智能包装技术的发展趋势[J]. 湖南包装, 2022, 37(5): 179-182.
- KAN X F, LI G A, DAI Z Z. The trend of food intelligent packaging technology from the origin vocabulary[J]. *Hunan Packaging*, 2022, 37(5): 179-182.
- [27] LI P F, YANG J J, JIMÉNEZ-CARVELO A M, et al. Applications of food packaging quick response codes in information transmission toward food supply chain integrity [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2024, 146: 104384.
- [28] ESCOBEDO P, RAMOS-LORENTE C E, EJAZ A, et al. QRsens: dual-purpose quick response code with built-in colorimetric sensors[J]. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2023, 376: 133001.
- [29] 莫开宇, 丁静. 柔性电子器件在智能食品包装中的应用[J]. 食品与机械, 2024, 40(12): 197-203.
- MO K Y, DING J. Application of flexible electronic devices in intelligent food packaging[J]. *Food & Machinery*, 2024, 40 (12): 197-203.
- [30] YIN F L, WANG F Y, XU N, et al. Peach gum edible coating film delays the browning of postharvest litchi and maintains its quality[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2025, 62 (3): 562-571.
- [31] GENG C, LIU X Y, MA J L, et al. High strength, controlled release of curcumin-loaded ZIF-8/chitosan/zein film with excellence gas barrier and antibacterial activity for litchi preservation[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2023, 306: 120612.