

基于技术接受模型的食品区块链溯源系统消费者使用意愿研究

余鲲鹏^{1,2,3}, 李 伟³

(1. 泉州师范学院商学院, 福建 泉州 362000; 2. 泉州师范学院创新发展研究中心, 福建 泉州 362000;
3. 深圳国策信息服务有限公司, 广东 深圳 518000)

摘 要:立足消费者视角,构建拓展的技术接受模型,针对泉州市商超消费者群体进行问卷调查,运用结构方程模型方法,探析食品区块链溯源系统消费者使用意愿的影响因素。结果发现,技术接受模型能有效预测消费者使用态度与意愿,“感知安全与隐私”“技术信任”二项拓展变量,是影响消费者使用态度的重要因素。

关键词:区块链;食品溯源系统;技术接受模型;感知安全与隐私;技术信任

中图分类号:F272 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-0566(2023)08-0062-11

Consumers' adoption intention of food blockchain traceability system based on the technology acceptance model

YU Kunpeng^{1,2,3}, LI Wei³

(1. Business School, Quanzhou Normal University, Quanzhou 362000, China;

2. Innovation Development Research Center, Quanzhou 362000, China;

3. Shenzhen National Policy Information Service Co., Ltd., Shenzhen 518000, China)

Abstract: Based on the consumer perspective, this paper constructs an extended technology acceptance model, conducts a questionnaire survey on the consumer group in supermarkets in Quanzhou City, and uses the structural equation model method to explore the factors affecting consumers' adoption intention of food blockchain traceability system. The results show that the technology acceptance model can effectively predict consumers' adoption attitude and intention. The two extended variables, "perceived security and privacy" and "technology trust," are important factors affecting consumers' adoption attitude.

Key words: blockchain; food traceability system; technology acceptance model; perceived security and privacy; technology trust

伴随着人类活动扩张和消费需求升级,同时由于气候变化、广泛的土壤退化和污染、化肥和杀虫剂的过度使用等问题,全球粮食及食品安全供应面临巨大挑战,加速推进我国粮食及食品体系向更健康、更可持续、更公平和更有韧性的方向转

型迫在眉睫^[1]。区块链具有去中心化、共识共享及智能合约机制等显著优势,有利于推进产业创新协作和获取数据要素报酬,在粮食及食品领域催生了新的治理机制、组织形式及商业模式^[2],成为赋能我国粮食及食品行业转型升级进而实现高

收稿日期:2022-12-27 修回日期:2023-03-24

基金项目:教育部社科青年基金(17YJC630204)。

作者简介:余鲲鹏(1978—),男,河南信阳人,泉州师范学院商学院副教授、副院长,博士,研究方向为现代供应链管理、数字经济。

质量发展的重要技术工具。区块链赋能食品行业转型升级的最基础应用在于构建更具可追溯性和透明度的食品供应链溯源系统,已在许多食品品类中试点应用^[3-4]。全球范围内重大食品安全事件频发,日常生活中假冒伪劣食品、虚假食品标识等问题普遍存在,使得食品质量和安全问题成为民众关注热点,特别是2022年自媒体炒作下引爆网络的“海克斯科技”“科技与狠活”话题再次引起了全民的食品安全焦虑,也凸显了运用区块链技术提高食品供应链溯源能力的必要性和迫切性。食品区块链溯源系统为利益相关者带来了产品全生命周期的全景视图,不仅帮助食品企业确定食品来源、优化流转运输、增强知情决策能力,提升了企业的可持续绩效^[5-6],而且也以一种创新数字服务方式向消费者传递准确的食品安全信息和理念,强化了消费者信任^[7]。

食品区块链溯源系统的目标实现以及普及推广,不仅需要政府监管推动、企业技术投入,也离不开包括零售端消费者在内广大民众的接受与支持^[8-9]。现实中看来,虽然食品区块链溯源系统备受业界推崇,但消费者参与较少、使用率很低^[10]。若消费者对食品区块链溯源系统有障碍或排斥,或无使用意愿,就无法达到该服务技术的理想初衷,因此亟需了解消费者对该系统的使用倾向与影响使用意愿的关键因素,方能提高使用普及率。当前,创新采用研究主要从企业的创新采用角度进行,鲜有从消费者视角探讨个人行为对区块链应用与扩散的影响^[8,10]。技术接受模型(Technology Acceptance Model, TAM)是最具影响力及有效的个人创新采用预测模型,已被广泛用以评估、预测用户对于创新科技系统的接受程度相关的研究领域^[11]。综上所述,本文将立足消费者视角,构建拓展的技术接受模型,以泉州市商超的零售端消费者群体为研究对象,运用结构方程模型分析,从多元角度探析消费者对食品区块链溯源系统的使用态度与使用意愿,找出影响消费者使用食品区块链溯源系统服务科技意愿的因素,为未来食品及零售企业区块链数字服务规划与部署提供有益参考。

一、文献综述

(一) 区块链及其在食品供应链中的应用

区块链本质上是一种以密码学方式保证数据不可篡改、不可伪造的分布式账本,共识机制、智能合约和Token机制是其技术体系的核心,分布式存储与通信、网络治理是其技术体系的必要组件。区块链发展至今大致经历4个阶段^[12]:区块链1.0聚焦加密数字货币,区块链2.0聚焦隐私安全、智能合约以及数字资产,区块链3.0聚焦区块链平台生态及各种分布式应用,区块链4.0聚焦“区块链+”技术融合赋能。区块链“去信任、公开透明、不可篡改”等功能有利于降低信息不对称和数据存储风险,其在粮食及食品供应链领域的应用,已被证实能够帮助强化供应链可追溯性、提高食品安全应急处置效率、增强供应链伙伴信任度、完善智慧农业数据库系统管理、创新农村金融服务模式等^[13]。当前,全球食品供应链的区块链技术应用基本为国际粮食和食品巨头、零售巨头、互联网巨头所主导^[13];阿彻丹尼尔斯米德兰、邦吉、嘉吉和路易达孚等国际粮商巨头强化农产品供应链管理,打造区块链贸易平台;亚马逊、沃尔玛等零售巨头利用区块链技术建立食品溯源系统;IBM、英特尔、微软、阿里等互联网巨头利用技术优势加快渗透食品供应链。我国作为全球区块链技术强国之一,历来重视区块链技术研发及其在食品领域的应用布局^[14],但受限于我国农业高度分散化、产业化和信息化程度低的现状,我国食品区块链生态尚处于初级探索阶段,刚刚从概念逐步走向落地^[15]。总体看来,全球范围内,食品区块链应用生态体系正在逐步形成,但由于食品供应链系统的复杂性及区块链技术应用条件的不成熟,当前依然面临着企业采用率低、缺乏行业级大规模应用成功案例的突出问题^[16]。

(二) 食品区块链溯源系统原理及应用

食品安全溯源是目前国内外食品区块链应用相对最广泛、技术较成熟的领域,当前几乎所有食品区块链企业都或多或少入局了食品安全溯源这一细分场景^[15]。食品区块链溯源技术目标与供应链透明化和可追溯性两个概念密切相关。供应链透明化指将通过记录标识,在整个产品生命周期

中对产品相关信息持续披露,并确保能够即时被伙伴及最终用户查看和获取^[10,17];供应链可追溯性指对产品供应链各环节及相关实体中信息记录的回溯能力^[10]。食品供应链是由生产商(含农户)、物流商、批发商、零售商和消费者等主体共同组成的多方生产销售网络体系,地理上极为分散的农户及中小微型企业占主体,导致供应链透明化与可追溯性改善面临巨大挑战^[18],最终用户难以获知及评价所消费食品的相关信息,特别是一旦发生食品质量和安全事故,溯源及处置应对反应迟缓。食品链溯系统于 20 世纪 80 年代产生,而后在技术进步推动下不断演化,迄今为止已经历了 3 个阶段^[10]:1.0 阶段,以使用纸质或电子文件进行简单信息记录为主要特征;2.0 阶段,以物联网技术为支撑的实时信息共享为主要特征;3.0 阶段,以区块链与物联网、人工智能等技术集成推动下的供应链智能决策为主要特征。基于区块链技术,结合物联网传感器实现数据自动化采集,通过大数据技术实现数据信息挖掘与分析,可构建分布式、高效、可靠的食品溯源体系,串联食品从种养、生产到流通的流转路径,并通过供应链可视化实现数据协同,使供应链更具透明化和可追溯性,进而支撑防伪跟踪与查询、真实性溯源、追溯召回等应用,不仅有助于落实问责制、提升供应链绩效,而且有助于企业传达其可持续发展理念、赢得消费者期信任^[6,18]。监管部门、消费者可以通过扫描食品包装所附带的条形码、二维码查询数据库信息,实现一码一物全流程正品溯源。当前,学者们基于区块链或与物联网、大数据等技术的集成,设计开发了诸多质量全息数据库、食品溯源模型、食品溯源方案^[19-22],沃尔玛、阿里、京东等涉零售企业以及大型食品生产企业都在积极部署区块链食品溯源项目^[13],食品区块链溯源系统已试点应用于粮食作物、加工肉类、乳制品以及清真食品等品类的高质高价产品之中^[23],在企业、商家、消费者三方之间构筑起数据可信的基石。

(三)食品区块链溯源系统采用研究及技术接受模型

为了促进创新技术扩散与传播、实现更大规

模效应,探究组织及个人的创新采用行为十分重要。创新采用行为研究已经形成技术接受模型、行为推理理论、技术—组织—环境框架、创新扩散理论等影响力较大的理论。技术接受模型以社会心理学的理性行为理论为基础,认为个人或组织接受新技术的意愿取决于其对该技术感受到的有用性与易用性^[24]。行为推理理论强调推理是个体信念及价值观、整体动机、行为意愿和行为之间的重要连接^[25],其中推理是用来解释其预期行为的特定主观因素,包含做某行为的原因和不做某行为的原因两个子维度^[25]。技术—组织—环境框架认为组织创新采纳意愿受技术、组织和环境三维度因素影响,技术因素包含技术自身以及支持技术特征,组织因素包含组织规模、组织战略、组织关系等,环境因素包含产业结构、竞争者行动及政策法规等^[26-27]。创新扩散理论将创新采用视为随时间在社会系统各成员间传播与扩散的过程,认为组织(个人)特征、社会体系及创新特征影响创新技术扩散过程^[28-29]。

近年来,有学者开始运用或集成上述理论针对食品区块链技术的应用行为开展研究^[30-31],形成了宝贵见解,但主要是从企业规划实施角度探讨,缺乏从消费者运用角度分析。当前,各国基本均已确立食品溯源的要求与做法,食品行业也在积极以区块链技术推进溯源系统的完善与升级^[18]。食品区块链溯源系统是以用户为导向的一种创新数字服务,其技术理念是以人民食品安全为中心,旨在提高人民的生活和消费质量,因此消费者对这项技术的感知、认知和接受十分重要。近期研究就消费者对食品溯源系统的认知评估,以及消费者对溯源食品的购买意愿展开研究,发现消费者普遍对溯源系统缺乏了解且信任不足,将质量认证、产地认证等与溯源系统等视之,因此对更高价格的溯源食品支付意愿较低^[10]。

技术接受模型是用来预测技术用户行为的框架,立论于技术使用行为是由用户“使用意愿”决定,“使用意愿”受到用户对技术的“感知有用性”及“感知易用性”影响,而这两个变量也受诸如系统特性、个人能力等外部变量影响,直接或间接影

响用户对技术使用的态度与意愿^[32]。技术接受模型已被大量研究证实模型中的变量关系是可靠的,且能应用于不同情境,是有效且严谨的预测模型^[11]。同时,很多研究也指出,技术接受模型模型本身并没有对外部变量进行详细界定,决定了其是一个开放模型,研究者可以从不同的理论角度对模型进行补充、拓展、完善,以增强模型对接受行为的解释度^[33-35]。

技术系统特性是影响用户使用创新技术的重要外部因素之一,安全及隐私是信息技术能否被个人接受的关键前提。用户是否愿意使用某项技术,尤其是涉及到资金交易及信息交互之时,首要考虑为技术安全及隐私保护。由于区块链融合了加密算法、点对点网络、共识机制、智能合约等技术,使得区块链可以成为解决网络和数据安全存储、传播问题的有效手段,数据安全与隐私保护成为其显著特点之一^[17]。区块链项目也正在探索新的隐私保护方案,如使用加密算法隔离身份信息与交易数据、利用全网共识解决数据去中心化、利用零知识证明解决验证问题等,实现去中心化系统中用户隐私数据保护^[36],因此这项技术在跟踪与监测全球食品供应链方面极具吸引力。随着食品区块链溯源系统的普及化,消费者接触区块链溯源系统的机会越来越多,系统安全与隐私必将会影响消费者的使用意愿。因此,本文将“感知安全及隐私”作为重要外部因素,纳入概念模型之中。

技术信任是个人运用创新技术或与创新技术提供方互动的关键前提之一,可以降低个人对未知技术知识感知的不确定性,使得个人勇于承担技术使用的潜在风险^[37-38]。技术信任意味着个人自愿依赖技术及技术提供方,接受技术的潜在风险,并伴随着产生信息交换、接受影响、减少控制、让步自主权及进行商业交易等行为^[39]。特别是在虚拟环境和在线平台的数字技术情境下,用户基本或根本无法控制结果,严重依赖于数字技术提供方,技术信任更成为技术使用的先决条件^[39]。学者们从技术特征和消费者角度,概括技术信任建立主要来源于技术能力、技术可靠性和

消费者自我效能3个方面^[25,37]。其中,技术能力是指技术提供方为消费者作出承诺的技术能力或优势,技术可靠性指技术提供方以一致、公平、可信的方式提供技术服务,而自我效能指个人对自己能有效使用技术的信念及评价。鉴于技术信任是用户使用创新技术并与技术提供方建立互动关系的关键因素,本研究将“技术信任”因素,纳入概念模型之中。

(四)文献评述

综上所述,现有文献主要从区块链赋能食品供应链转型升级的作用及态势进行分析,并开始运用各种创新采用行为模型对食品区块链技术的企业使用行为及技术扩散问题进行探讨,为深化对企业区块链技术采用行为规律的认识,进而为推进食品区块链技术应用及普及奠定了一定的研究基础。但是,现有研究仍然存在如下不足:一是未能就区块链技术在食品供应链领域最基础的应用场景——食品区块链溯源系统的创新技术采用问题进行阐述,缺乏运用创新采用行为模型的剖析;二是仅从企业应用视角考察食品区块链技术的采用及实施,而忽视从消费者运用视角考察食品区块链技术的市场接受度和实效;三是技术接受模型是针对商业信息系统为研究对象进行构建的一个开放研究模型,需要结合食品区块链溯源系统特性,对模型进行因素拓展与整合,以增强模型的解释度。

二、研究模型与假设

本文以拓展的技术接受模型为基础架构,探讨“感觉有用性”“感觉易用性”两大核心要素及“感觉安全与隐私”一项外部因素,对消费者使用食品区块链溯源系统服务态度及意愿的影响,同时加入“技术信任”变量进行研究,以便更深入地剖析食品区块链溯源系统服务的消费者使用意愿。

“感知易用性”指使用者主观认为特定技术产品的容易使用程度^[32]。许多信息技术产品在功能设计时,会采用用户友好型设计、降低技术使用复杂性,使用户无需太多学习或知识训练即可使用该项技术^[26]。“感知有用性”指使用者主观认为

使用特定技术产品能够达到其期望或提升其工作绩效^[32],代表个人对特定技术产品有效性的信心程度,与使用该技术产品的功能益处概念相似^[27]。当技术产品越容易使用,就能让使用者付出相同努力来更高效地完成更多工作、改善工作绩效。由此,提出以下假设:

H1:“感知易用性”正向影响“感知有用性”。

“使用态度”是使用者对特定技术产品所持的正面或负面的整体评估与心理反应倾向^[28]。“感知易用性”代表使用者具有较高的控制感,即对个人而言无需花费很多身体或心智上的努力投入,其使用意愿自然就会增加,因此“感知易用性”会正向影响“使用态度”。“使用态度”会受个人主观信念和行为结果影响,使用技术产品达成目标的成效会让用户对该产品产生正面感觉^[29],因此“感知有用性”会正向影响“使用态度”。“感知易用性”“感知有用性”与“使用态度”间的正向关系,在许多研究中已被证实。由此,提出以下假设:

H2:“感知易用性”正向影响“使用态度”。

H3:“感知有用性”正向影响“使用态度”。

技术信任源于 3 个方面^[37]:基于技术能力的信任强调个人对技术相对优势的感知,反映用户对特定技术产品绩效表现满足或超出预期;基于技术可靠性的信任强调个人对技术社会公正属性的感知,反映用户对特定技术产品所提供流程及结果准确及公正性的认可;基于自我效能的信任强调个人对技术运用掌控度的感知,反映用户与技术关系中对自我能力的信任。由此看来,技术信任概念与科技接受程度概念在内涵上有相通之处,个人对新技术越信任,其乐观及创新的人格特质越显著,较易使用科技。因此,可以预见,用户对特定技术产品的技术能力和可靠性越肯定,用户对技术执行任务产生预期绩效的信心越高,对该项技术的态度越正面^[24];用户对特定科技产品的自我效能越肯定,用户对使用该项技术的能力焦虑和不确定性就越低,对该项技术的态度越正面^[24]。具体到食品区块链溯源系统应用,区块链被学者们视为当前构筑数字化信任和提升食品供

应链绩效的最优技术选择。由此,提出以下假设:

H4:“技术信任”正向影响“感知有用性”。

H5:“技术信任”正向影响“使用态度”。

安全性是信息系统及在线平台等数字技术保障各方利益相关者信息及其交易数据的能力与承诺^[40];隐私性是信息系统及在线平台等数字技术保障各方利益相关者信息不被侵占和滥用的能力与承诺。易用性是从用户从个人投入成本角度考量技术使用的便利与否^[26,41],当系统及平台能够提供安全与隐私保护,将减低用户使用过程中的安全及隐私成本顾虑,会更愿意接纳该项技术。有用性是从用户从工作绩效角度考量技术使用收益,通常系统若能提供安全与隐私保护环境,用户会认为该项技术具备较高服务质量,能带来更高收益和价值。区块链食品溯源系统的安全与隐私保障也是供应链所有成员的重要关注指标^[42-43]。区块链技术通过安全数据库和隐私保护设计等独特功能提供了高水平的信息系统,区块链的数据不可篡改并全节点共享,用户以对等方式互动,使得用户能够有选择性地共享其信息,用户的全部数据调取只有经由用户授权才能进行,由此解决了数据安全和隐私保护问题。由此,提出以下假设:

H6:“感知安全与隐私”正向影响“感知易用性”。

H7:“感知安全与隐私”正向影响“感知有用性”。

用户通常将安全与隐私保护视为技术服务商提供技术能力及可靠性的一部分,有助于增强用户对技术采用以及信息分享的信心^[44]。安全与隐私问题与用户使用技术面临的风险感知直接相关,对使用过程和使用结果都会产生不确定性影响,进而侵蚀用户对数字技术的信任,最终将影响其使用体验^[24]。当用户认可食品区块链溯源系统的安全和隐私保护能力,其风险担忧和不确定性感知就会降低,更可能对区块链溯源系统的收益能力、可靠性及公正性,并对技术提供方形象产生正面印象。由此,提出以下假设:

H8:“感知安全与隐私”正向影响“技术信任”。

H9:“感知安全与隐私”正向影响“使用态度”。

行为意愿指个人实施特定行为的意愿强度^[45]。

根据 TRA、TPB 和 TAM 等理论观点,态度是创新采用行为意图的有力预测因素,即个人对创新技术的感觉愈正面,其使用创新技术的意愿会愈高。先前大量研究都证实,对创新技术持积极态度的个人更热衷于采用或继续使用创新技术,反之亦然^[46]。因此,提出了以下假设:

H10:“使用态度”正向影响“使用意愿”。

三、研究方法

采用多题问项的方式衡量各研究变量,各题项以李克特五点尺度衡量,分为非常不同意、不同意、普通、同意、非常同意 5 个等级,分数依序为 1~5 分。问项设计均参考过去研究相关理论,并咨询和吸纳五位行业及学界专家意见,确保内容有效性及便于理解,更切合本研究主题。测量问项及来源参考整理如表 1 所示。

表 1 测量问项及来源

变量	测项	来源
感知安全与隐私 (PS)	PS1:食品区块链溯源系统技术上安全可靠	Kumar 等 ^[5] ; Al-Saqaf 等 ^[42]
	PS2:食品区块链溯源系统运行稳健	
	PS3:食品区块链溯源系统注重数据保密	
感知易用性 (PE)	PE1:食品区块链溯源系统原理易于理解	Venkatesh 等 ^[26]
	PE2:食品区块链溯源系统功能易于快速熟悉	
	PE3:食品区块链溯源系统设置易于操作	
感知有用性 (PU)	PU1:有助于了解食品品质相关信息	Venkatesh 等 ^[26]
	PU2:有助于提高食品采购效率	
	PU3:使选择安全质优食品更便捷	
技术信任 (TT)	TT1:相信系统能成功达成预期目标及任务	Huang 等 ^[37]
	TT2:相信系统能公平公正	
	TT3:相信自己有能力使用系统	
	TT4:相信系统不会让我失望	
使用态度 (AT)	AT1:食品区块链溯源系统是极富成效的	Kim 等 ^[28]
	AT2:食品区块链溯源系统是必要可行的	
	AT3:食品区块链溯源系统使用体验感觉很棒	
	AT4:我喜欢使用区块链溯源系统	
使用意愿 (AI)	AI1:食品区块链溯源系统值得使用和参与	Paul 等 ^[45]
	AI2:我会使用食品区块链溯源系统	
	AI3:我会投入努力以使用食品区块链溯源系统	

样本个体根据目的抽样选择,针对泉州市内商超食品区的中青年消费者群体实施实体研究问卷发放。泉州市的社会消费品零售总额连续 10 年名列全省第一,人均消费能力在 2021 年位居全省第一、全国第五,而且近几年泉州市积极推动各行业数字化技术应用,数字经济和实体经济的融合度较高,民众对消费端数字技术应用的感受和接受程度较高。样本个体选择标准包括两项:①年满 18 岁以上的中青年消费者。考虑到 18 岁及以下及 60 岁以上民众在知识、金钱能力上可能无法胜任溯源食品消费,故排除于样本范围之外。参考世界卫生组织 (WHO) 对中青年的界定标准,青年组限定为 18~44 岁,中年组限定为 45~59 岁。以中青年为调查对象,一是泉州人口年龄结构较年轻,低于全国及全省平均水平(2020 年,泉州市常住人口平均年龄 35.9 岁,比全国人口平均年龄年轻 2.9 岁、比全省人口平均年龄年轻 1.4 岁);二是城市中青年普遍受过良好教育、收入较高,更关注和了解新技术应用,更愿意为高质高价的溯源食品付费,这在 Kendall 等^[47]针对我国城市中产群体的高端食品消费特征研究中得到验证。②具备一定的食品溯源知识,或具备可溯源食品的既往购买经验。具备溯源知识储备和既往购买经验的消费者通常会可将可溯源性作为食品采购决策的一项标准,且对食品区块链溯源系统及操作方法和其他可能相关技术拥有更完善知识。

问卷发放与数据分析具体步骤如下:①在数据收集之前,调查小组内开展关于问卷内容及调查流程的专题探讨,确保全体形成正确一致理解,遵循相同计划安排。②于泉州市中心区的大润发、永辉、沃尔玛、新华都 4 家大型超市的食品区,各安排 3 人调查小组开展现场问卷调查。具体流程为:首先随机选择对象,向其说明调查背景及目的,并征询关于食品溯源技术了解程度以及以往食品采购经验中对食品溯源的关注程度问题,选择具备知识理解和既往经验的消费者作为调查对象;而后针对愿意配合调查的消费者,展示调查问卷并指导填答或代为录入。在 2022 年 11 月 1 日

至 11 月 14 日期间,进行为期两周的问卷调查,获得初始问卷 240 份,剔除掉不完整填答或填答随意而导致的无效问卷以后,获得有效问卷 201 份,问卷有效率 83.75%。鉴于有学者建议,社会和行为科学领域研究样本量至少在 300 以上^[48-49],于 2023 年 3 月 1 日至 14 日期间,进行补充问卷调查,获得初始问卷 160 份、有效问卷 138 份,问卷有效率 86.25%。最终得到有效问卷 339 份,有效回收率 84.75%。③将有效问卷进行编码转录,采用的数据分析方法包括描述性统计、信度及效度检验、多重共线性检验,并以 LISREL 10.20,进行结构方程模型评估。

四、研究结果

(一)样本描述性统计

受测者性别、年龄、教育背景,以及对食品溯源技术熟悉程度及使用经验情况,如表 2 所示。有效回收问卷中,女性较男性更多;以 18~40 岁的青年人居多;以大学及专科学历最多。由于受测者用户年龄分布较为集中,造成学历与年龄层有相当的关连性。在对食品溯源相关技术(如 RFID、POS、GPS、EDI、ERP、条形码、区块链等)熟悉程度方面,超半数受测者有所了解,近四成受测者中等熟悉;在最近 1 月内溯源技术使用频率方面,以未使用者为最多(占 39.82%),约有三成受访者有 1~4 次使用经验。

表 2 样本描述性统计

统计变量		人数	百分比(%)
性别	女	196	57.82
	男	113	33.33
年龄	18~30 岁	148	43.66
	31~40 岁	133	39.23
	41~50 岁	45	13.27
	51~59 岁	13	3.83
教育程度	大学及专科	187	55.16
	硕士	124	36.58
	博士	28	8.26
对食品溯源技术熟悉程度	了解	175	51.62
	中等	130	38.35
	熟悉	34	10.03
最近 1 个月内溯源技术使用频率	未使用	135	39.82
	1~4 次	112	33.04
	5~10 次	68	20.06
	10 次以上	24	7.08

所有变量的平均值、标准差与相关系数的描述性统计结果如表 3 所示。平均值以 2.97 的“感知易用性”为最低,显示受测者普遍认为食品区块链溯源系统的使用不是那么便利,如调查中多位受测者反映,多款商品包装上的二维码扫描后,需手动填写商品序列号,导致可用性和体验感较差;“感知安全与隐私”和“感知有用性”的平均值为最高和次高,分别为 3.89 和 3.86,显示受测者普遍认同食品区块链溯源系统注重安全与隐私保护,且可从使用中获预期收益。相关系数表明所列影响因素与使用态度及意愿均都存有显著正向关系,支持本文检验各影响因素与使用态度及意愿间的关系。

表 3 变量描述性统计结果

变量	平均值	标准差	1	2	3	4	5	6
1. 感知安全与隐私	3.89	0.62	0.78	—	—	—	—	—
2. 感知易用性	2.97	0.75	0.37**	0.89	—	—	—	—
3. 感知有用性	3.86	0.62	0.26**	0.30**	0.84	—	—	—
4. 技术信任	3.20	0.73	0.37**	0.36**	0.37**	0.86	—	—
5. 使用态度	3.62	0.51	0.28**	0.27**	0.49**	0.51**	0.85	—
6. 使用意愿	3.73	0.56	0.36**	0.38**	0.34**	0.47**	0.46**	0.88

注:对角线为 AVE 值; *、**、*** 分别表示在 $P<0.05$ 、 $P<0.01$ 、 $P<0.001$ 时有统计学意义。下同。

(二)测量模型分析

信度、效度及多重共线性检验的相关指标结果详见表 4 所示。首先,效度检验方面,主要包括结构效度、区分效度及收敛效度衡量。结构效度采用探索性因子分析对具体测项检验,初拟问卷题数 20 题中,载荷低于 0.7 的测项(TT4、AT4 载

荷分别为 0.53、0.42)予以删除;关于区分效度和收敛效度,所有潜变量结构的 AVE 值均高于 0.5 的标准且大于其他变量间相关系数的平方,表明测量量表具有区分效度和收敛效度。其次,信度方面使用 Cronbach's α 值、CR 值评估模型结构的内部一致性。Cronbach's α 系数介于 0.85~0.91

之间,均超过 0.50 的标准,组合信度 CR 值介于 0.91~0.94 之间,高于 0.7 的标准,表明测量量表信度较高。最后,进行多重共线性检验,发现所有潜变量结构的方差膨胀因子 VIF 值介于 1.96~3.23 之间,均低于 5.0 的标准,表明变量间多重共线性问题处于可控范围内。

表 4 信度、效度及多重共线性检验结果

结构	测项	载荷	Cronbach's α	CR	AVE	VIF
感知安全与隐私	PS1	0.74	0.91	0.94	0.78	1.96
	PS2	0.87				
	PS3	0.82				
感知易用性	PE1	0.73	0.87	0.92	0.89	2.40
	PE2	0.83				
	PE3	0.79				
感知有用性	PU1	0.78	0.90	0.94	0.84	2.29
	PU2	0.73				
	PU3	0.78				
技术信任	TT1	0.71	0.85	0.91	0.86	3.23
	TT2	0.74				
	TT3	0.90				
使用态度	AT1	0.85	0.87	0.92	0.85	1.94
	AT2	0.73				
	AT3	0.76				
使用意愿	AI1	0.76	0.87	0.94	0.88	2.86
	AI2	0.78				
	AI3	0.82				

(三) 结构模型分析

采用 LISREL 结构方程模型检验模型拟合度及研究架构的因果关系假说。首先,各拟合指标均达到标准 ($\chi^2(125) = 296.06$, $\chi^2/df = 2.37$, $GFI = 0.94$, $AGFI = 0.92$, $NFI = 0.95$, $CFI = 0.97$, $RMSEA = 0.064$),表明数据与模型拟合程度良好。其次,结构模型中各变量间的因果关系及其系数估计结果如图 1 所示。“感知易用性”对“感知有用性”有显著正向影响 ($H1: \beta = 0.30$, $t = 4.05$);“感

知有用性”“技术信任”对“使用态度”有显著正向影响 ($H3: \beta = 0.26$, $t = 3.69$; $H5: \beta = 0.46$, $t = 4.99$);“技术信任”对“感知有用性”有显著正向影响 ($H4: \beta = 0.29$, $t = 3.96$);“感知安全与隐私”对“感知易用性”“感知有用性”和“技术信任”有显著正向影响 ($H6: \beta = 0.35$, $t = 4.02$; $H7: \beta = 0.43$, $t = 4.68$; $H8: \beta = 0.50$, $t = 5.22$);“使用态度”对“使用意愿”有显著正向影响 ($H10: \beta = 0.53$, $t = 5.51$)。此外,“感知易用性”未对“使用态度”呈现显著影响关系 ($H2: \beta = 0.031$, $t = 0.71$),可能原因在于消费者普遍觉得使用区块链溯源系统并不便利,流程体验度较差,未形成对技术使用正向态度的积极影响;“感知安全与隐私”未对“使用态度”呈现显著影响关系 ($H9: \beta = 0.067$, $t = 1.10$),可能原因在于安全与隐私作为区块链溯源系统的突出特性,并非消费者能真切感受到的技术实现目标及使用收益,难以直接激发技术使用的正向态度。综上,除 $H2$ 和 $H9$ 未获支持外,其余假设均获得支持。研究结果表明,消费者对食品区块链溯源系统的使用态度与意愿,受到消费者“技术信任”“感知有用性”“感知安全与隐私”“感知易用性”等因素的直接或间接影响,拓展 TAM 的变量关系在零售端所导入的食品区块链溯源系统服务中得到验证。

五、结论与讨论

区别于以往区块链技术采用研究的企业实施视角,本研究立足零售端消费者视角,建构拓展的技术接受模型,采用调查问卷数据,实证分析了零售端消费者对食品区块链溯源系统服务的使用意愿影响因素,并得到如下结论。

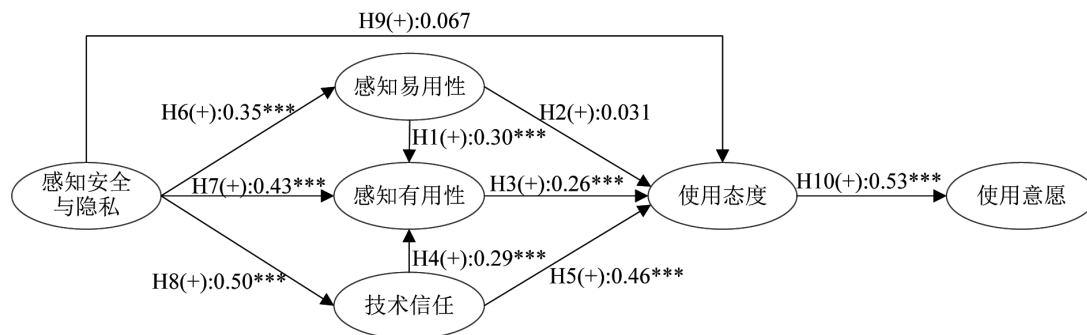


图 1 路径分析结果

表 5 假设检验结果

假设	路径	标准化系数(β)	t 值	结果
H1	感知易用性→感知有用性	0.30	4.05***	支持
H2	感知易用性→使用态度	0.031	0.71	不支持
H3	感知有用性→使用态度	0.26	3.69***	支持
H4	技术信任→感知有用性	0.29	3.96***	支持
H5	技术信任→使用态度	0.46	4.99***	支持
H6	感知安全与隐私→感知易用性	0.35	4.02***	支持
H7	感知安全与隐私→感知有用性	0.43	4.68***	支持
H8	感知安全与隐私→技术信任	0.50	5.22***	支持
H9	感知安全与隐私→使用态度	0.067	1.10	不支持
H10	使用态度→使用意愿	0.53	5.51***	支持

首先,技术接受模型能有效预测食品区块链溯源系统消费者使用态度与意愿。从验证结果来看,“感知易用性”对“感知有用性”具有显著正向影响,“感知有用性”对“使用态度”具有显著正向影响,“使用态度”对“使用意愿”具有显著正向影响,仅有“感知易用性”对“使用态度”直接影响并未达到显著,这与技术接受模型的理论基本相符。“感知有用性”对“使用态度”的显著正向影响,印证了区块链溯源系统以用户为中心的特点,即区块链技术的效用及优势有助于塑造积极正向的消费者关系;而“感知易用性”对“使用态度”直接影响微弱,可能原因是消费者认为区块链溯源系统难以理解和使用,所需个人学习或努力投入超出其收益预期,造成对技术使用态度的影响不显著;“感知易用性”对“感知有用性”具有显著正向影响,原因是消费者对区块链溯源系统的技术进步持积极态度,较低的技术复杂性增强了消费者对技术有效性及实用性的信念;“感知有用性”在“感知易用性”和“使用态度”间关系中起到中介作用,表明构建用户友好型的系统操作界面和环境至关重要,可以增强感知有用性及消费者使用态度;“使用态度”对“使用意愿”具有显著正向影响,验证了消费者接受并认可区块链溯源技术,是其该项技术使用意愿的有效预测因素。

其次,“感知安全与隐私”“技术信任”二项拓展变量,是影响食品区块链溯源系统消费者使用态度的两项重要因素。从验证结果来看,“技术信任”是影响“使用态度”的最重要因素,同时也对“感知有用性”具有显著正向影响,即高度的技术信任代表着支持创新技术使用的信念,意味着对

食品区块链溯源系统的技术能力、技术可靠性及自我效能的认同,同时会使得消费者对技术使用的有效性和实用性产生更强认知,因此对该项技术服务具有更正面的态度;“感知安全与隐私”对“感知易用性”“感知有用性”“技术信任”有显著正向影响,但对“使用态度”并未形成直接显著影响,即“感知安全与隐私”作为消费者对系统特征与能力的个人信念,是影响消费者感知有用性、易用性和技术信任,进而影响“使用态度”的关键因素,有助于驱动消费者对系统易用性和有用性的感知,增强对于该项技术服务的信任和使用信心。

从实践角度来看,以消费者为中心进行服务优化、驱动消费者更多参与和运用,有助于食品零售领域中区块链服务项目的成功实施。首先,消费者技术信任以及安全与隐私保护至关重要,食品及零售企业可以与包含消费者在内的供应链成员共享追踪食品轨迹,展示区块链赋能供应链透明化和可追溯性的实力,降低民众的系统安全及隐私风险担忧,以增强社会各界对区块链系统应用的信任度和忠诚度。其次,在有用性方面,食品及零售企业可以加强区块链溯源系统有用性方面的倡导,强化消费者此方面的感受认知,如通过社交媒体、在线广告、包装说明等各种途径展示区块链解决食品安全问题的力量,实际零售服务场域的营销人员强化产品关于验证产品身份、可见性、防止数据篡改和保障可追溯性的主张推介,协助消费者发展乐观与创新的正面态度,让其相信区块链溯源系统服务所能带来的效益与便利。最后,在易用性方面,易用性通过有用性对使用态度产生影响,且消费者对区块链溯源系统易用性评价普遍不高,因此食品及零售企业应优化使用界面设计,并能提供更多趣味营销内容和信息嵌入,让消费者感觉好用也感觉有用,以便使其通过便利的系统使用而获得最大化收益、提升使用意愿。

本文仍属探索性研究,存在着一定局限性。一是根据技术接受模型,个体使用行为的实际执行在理论上紧密跟随个体行为意愿的强度^[50],但行为意愿并不能等同于直接行为,二者之间会受到个体特质和组织情境等调节因素的影响^[50]。未来研究可整合使用行为及调节因素进行实证研究,以更精准刻画食品区块链溯源系统消费者使用行为规律。二是针对食品区块链溯源系统使用

的零售端消费者整体为研究对象,采用的是横截面数据,未来研究可以持续跟踪某一消费者群体,采用纵向比较分析,了解消费者采用行为变化及持续使用的原因,可为促进区块链溯源系统服务扩散订立更完善的推进策略。三是调研样本以青年人为主,青年人是各种创新数字技术的使用主力,以及很多采用区块链溯源技术的高端食品的消费主力群体,其对食品区块链溯源系统的意见,对业界具有很高的参考价值,后续研究可扩大受测者样本族群范围,以使样本数更多、更富多样性和变化,增进结果的推论性。

参考文献:

- [1] 刘晓洁, 贺思琪, 陈伟强, 等. 可持续发展目标视野下中国食物系统转型的战略思考[J]. 中国科学院院刊, 2023, 38(1): 112-122.
- [2] 生吉萍, 莫际仙, 于滨铜, 等. 区块链技术何以赋能农业协同创新发展: 功能特征、增效机理与管理机制[J]. 中国农村经济, 2021(11): 22-43.
- [3] 付豪, 赵翠萍, 程传兴. 区块链嵌入、约束打破与农业产业链治理[J]. 农业经济问题, 2019(12): 108-117.
- [4] 丁锦城, 吴清烈. 食品供应链基于区块链的溯源体系研究评述与展望[J]. 食品与机械, 2021, 37(2): 72-77.
- [5] KUMAR N, UPRETI K, MOHAN D. Blockchain adoption for provenance and traceability in the retail food supply chain: a consumer perspective [J]. International journal of e-business research, 2022, 18(2): 1-17.
- [6] 周雄勇, 许志端. 可追溯实践对食品企业可持续绩效的影响[J]. 管理学报, 2023, 20(1): 106-115.
- [7] NAGARAJ S. Role of consumer health consciousness, food safety and attitude on organic food purchase in emerging market: a serial mediation model [J]. Journal of retailing and consumer services, 2021(59): 102423.
- [8] MARIMUTHU M, D'SOUZA C, SHUKLA Y. Integrating community value into the adoption framework: a systematic review of conceptual research on participatory smart city applications [J]. Technological forecasting & social change, 2022(181): 121779.
- [9] WIRTZ B W, BECKER M, SCHMIDT F W. Smart city services: an empirical analysis of citizen preferences [J]. Public organization review, 2022(22): 1063-1080.
- [10] QIAN J, RUIZ-GARCIA L, FAN B, et al. Food traceability system from governmental, corporate and consumer perspectives in the European union and China: a comparative review [J]. Trends in food science & technology, 2020(99): 402-412.
- [11] KAMAL S A, SHAFIQ M, KAKRIA P. Investigating acceptance of telemedicine services through an extended technology acceptance model (TAM) [J]. Technology in society, 2020(60): 101212.
- [12] RIJANTO A. Business financing and blockchain technology adoption in agroindustry [J]. Journal of science and technology policy management, 2021, 12(2): 215-235.
- [13] 谭砚文, 李丛希, 宋清. 区块链技术在农产品供应链中的应用: 理论机理、发展实践与政策启示[J]. 农业经济问题, 2023(1): 76-87.
- [14] 梁晓贺, 周爱莲, 谢能付, 等. 区块链农业应用现状与技术热点[J]. 中国农业科技导报, 2021, 23(12): 84-93.
- [15] 中国信息通信研究院. 区块链赋能农业发展研究报告(2022年)[R]. 中国信息通信研究院产业与规划研究所, 2022: 3-4.
- [16] OGUNTEGBE K F, DI PAOLA N, VONA R. Behavioural antecedents to blockchain implementation in agrifood supply chain management: a thematic analysis [J]. Technology in society, 2022(68): 101927.
- [17] SRIVASTAVA A, DASHORA K. Application of blockchain technology for agrifood supply chain management: a systematic literature review on benefits and challenges [J]. Benchmarking: an international journal, 2022, 29(10): 3426-3442.
- [18] 李旭东, 杨千河, 姚竞发, 等. 基于区块链的农产品溯源技术研究综述[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(6): 16-24.
- [19] TIAN F. A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things [C] // The 14th International Conference On Service Systems And Service Management. Dalian: IEEE, 2017: 1-6.
- [20] LIN Q, WANG H, PEI X, et al. Food safety traceability system based on blockchain and EPCIS [J]. IEEE access, 2019(7): 20698-20707.
- [21] 陈飞, 叶春明, 陈涛. 基于区块链的食品溯源系统设计[J]. 计算机工程与应用, 2021, 57(4): 60-69.
- [22] 曾新安, 曹诗林, 马骥, 等. 预制食品供应链品质监控与区块链溯源技术研究进展[J]. 中国食品学报, 2022, 22(10): 48-57.
- [23] DEGHANI M, POPOVA A, GHEITANCHI S. Factors impacting digital transformations of the food industry by adoption of blockchain technology [J]. Journal of business & industrial marketing, 2022, 37(9): 1818-1834.
- [24] FERREIRA D B, GIOVANNINI C, GROMOVA E. Arbitration chambers and trust in technology provider: impacts of trust in technology intermediated dispute resolution proceedings [J]. Technology in society, 2022(68): 101872.
- [25] PUNTONI S, RECZEK R W, GIESLER M, et al.

- Consumers and artificial intelligence: an experiential perspective [J]. *Journal of marketing*, 2021, 85 (1): 131-151.
- [26] VENKATESH T, THONG J Y L, XU X. Consumer acceptance and use of information technology: extending the unified theory of acceptance and use of technology [J]. *Management information systems quarterly*, 2012, 36 (1): 157-178.
- [27] YU J, LEE H, HA I, et al. User acceptance of media tablets: an empirical examination of perceived value [J]. *Telematics and informatics*, 2017, 34(4): 206-223.
- [28] KIM Y, HAN H. Intention to pay conventional-hotel prices at a green hotel-a modification of the theory of planned behavior [J]. *Journal of sustainable tourism*, 2010, 18(8): 997-1014.
- [29] AJZEN I, FISHBEIN M, LOHMANN S, et al. The influence of attitudes on behavior [M] // ALBARRACÍN D, JOHNSON B T, ZANNA M P. *The handbook of attitudes* (2nd Edition). New York: Routledge, 2018: 197-255.
- [30] NATH S D, KHAYER A, MAJUMDER J, et al. Factors affecting blockchain adoption in apparel supply chains: does sustainability-oriented supplier development play a moderating role? [J]. *Industrial management & data systems*, 2022, 122 (5): 1183-1214.
- [31] AGI M A N, JHA A K. Blockchain technology in the supply chain: an integrated theoretical perspective of organizational adoption [J]. *International journal of production economics*, 2022(247): 108458.
- [32] DAVIS F D, BAGOZZI R P, WARSHAW P R. User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models [J]. *Management science*, 1989, 35(8): 982-1003.
- [33] HA S, STOEL L. Consumer e-shopping acceptance: antecedents in a technology acceptance model [J]. *Journal of business research*, 2009, 62(5): 565-571.
- [34] LEE J, KIM J, CHOI J Y. The adoption of virtual reality devices: the technology acceptance model integrating enjoyment, social interaction, and strength of the social ties [J]. *Telematics and informatics*, 2019(39): 37-48.
- [35] SAWRIKAR V, MOTE K. Technology acceptance and trust: overlooked considerations in young people's use of digital mental health interventions [J]. *Health policy and technology*, 2022(11): 100686.
- [36] ZHAO G, LIU S, LOPEZ C, et al. Blockchain technology in agri-food value chain management: a synthesis of applications, challenges and future research directions [J]. *Computers in industry*, 2019(109): 83-99.
- [37] HUANG R, KIM M, LENNON S. Trust as a second-order construct: investigating the relationship between consumers and virtual agents [J]. *Telematics and informatics*, 2022(70): 101811.
- [38] MEYER-WAARDEN L, CLOAREC J. "Baby, you can drive my car": Psychological antecedents that drive consumers' adoption of AI-powered autonomous vehicles [J]. *Technovation*, 2022(109): 102348.
- [39] FERNANDES T, OLIVEIRA E. Understanding consumers' acceptance of automated technologies in service encounters: drivers of digital voice assistants adoption [J]. *Journal of business research*, 2021(122): 180-191.
- [40] LAFORET S, LI X. Consumers' attitudes towards online and mobile banking in China [J]. *International journal of bank marketing*, 2005, 23(5): 362-380.
- [41] CAFFARO F, CREMASCO M M, ROCCATO M, et al. Drivers of farmers' intention to adopt technological innovations in Italy: the role of information sources, perceived usefulness, and perceived ease of use [J]. *Journal of rural studies*, 2020 (76): 264-271.
- [42] AL-SAQAF W, SEIDLER N. Blockchain technology for social impact: opportunities and challenges ahead [J]. *Journal of cyber policy*, 2017, 2(3): 338-354.
- [43] TRONNIER F, HARBORTH D, HAMM P. Investigating privacy concerns and trust in the digital euro in Germany [J]. *Electronic commerce research and applications*, 2022 (53): 101158.
- [44] MARTIN K D, MURPHY P E. The role of data privacy in marketing [J]. *Journal of the academy of marketing science*, 2017(45): 135-155.
- [45] PAUL J, MODI A, PATEL J. Predicting green product consumption using theory of planned behavior and reasoned action [J]. *Journal of retailing and consumer services*, 2016 (29): 123-134.
- [46] JAISWAL D, KAUSHAL V, KANT R, et al. Consumer adoption intention for electric vehicles: insights and evidence from Indian sustainable transportation [J]. *Technological forecasting and social change*, 2021(173): 121089.
- [47] KENDALL H, KUZNESOF S, DEAN M, et al. Chinese consumer's attitudes, perceptions and behavioural responses towards food fraud [J]. *Food control*, 2019(95): 339-351.
- [48] STEVENS J P. *Applied multivariate statistics for the social sciences* (5th ed.) [M]. New York: Routledge, 2009:246.
- [49] COMREY A L, LEE H B. *A first course in factor analysis* [M]. Hove, England: Psychology press, 2013: 25.
- [50] AJZEN I, FISHBEIN M. Attitudes and the attitude-behavior relation: reasoned and automatic processes [J]. *European review of social psychology*, 2000, 11(1): 1-33.

(本文责编: 润 泽)