Science Popularization

Using Blockchain Technology in Food Safety and Authenticity

Mansooreh Mazaheri[1,*]

Article Info

Article type:
Popularization of Science

Article history:

Receive Date
30 May 2025

Revise Date
22 June 2025

Accept Date
08 July 2025

Available online:
21 December 2025

Keywords:

blockchain, food safety, authentication, fraud, halal.

Today, increasing concerns about food safety have increased the need for transparent and reliable systems. Blockchain technology, with its features such as immutability, precise traceability and transparency, provides an opportunity to transform the food supply chain and offers a new solution to improve food safety. This article examines the application of blockchain technology in food safety and authenticity and the claims in this regard. Considering the market value of halal food and its significant challenges, it explains how this emerging technology can increase traceability, authenticity and compliance with safety and halal standards across global supply chains. It also highlights some of the uses of this technology by some food manufacturing companies. Although blockchain technology offers promising solutions through its immutable record-keeping capabilities, distributed verification mechanisms and transparency, it is still in its infancy and faces significant challenges. Therefore, it seems necessary to develop and implement regulatory regulations at different stages of its implementation.

Cite this article: Mazaheri M. (2025). 'Using blockchain technology in food safety and authenticity', Science Cultivation, 15 (2), 166-172.

© Author(s) retain the copyright and full publishing rights.
Publisher: Foundation for the Advancement of Science and Technology in Iran (FAST-IRAN) and Iran Society of Biophysical Chemistry (ISOBC)

* Corresponding Author. Assistant professor. Tel: +98 26 32861207, E-mail: m_mazaheri@standard.ac.ir

[1] Food Toxicology Department, Research Center of Food Technology and Agricultural Products, Standard Research Institute, Karaj

Print ISSN 2008-935X Online ISSN 2783-0934 https:/www.sciencecultivation.ir

استفاده از فناوری بلاک‌چین در ایمنی غذایی و اصالت‌سنجی

منصوره مظاهری*[1]

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله ترویجی

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت
۰۹ خرداد ۱۴۰۴
تاریخ بازنگری
۰۱ تیر ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش
۱۷ تیر ۱۴۰۴
تاریخ انتشار
۳۰ آذر ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:
بلاک‌چین، ایمنی غذایی،
اصالت‌سنجی، تقلب، حلال

چکیده

امروزه، افزایش نگرانی‌ها در مورد ایمنی غذایی، نیاز به سیستم‌های شفاف و قابل‌اعتماد را دوچندان کرده است. فناوری بلاک‌چین، با ویژگی‌هایی همچون تغییرناپذیری، امکان ردیابی دقیق و شفافیت، فرصت مناسبی برای تحول در زنجیره تأمین غذا فراهم کرده و راه‌حلی نوین برای بهبود ایمنی غذایی ارائه می‌دهد. این مقاله به بررسی کاربرد فناوری بلاک‌چین در ایمنی و اصالت‌سنجی غذا و ادعاها در این خصوص پرداخته و با توجه به ارزش بازار غذای حلال و چالش‌های قابل‌توجه آن، چگونگی افزایش قابلیت ردیابی، اصالت و انطباق با استانداردهای ایمنی و حلال در سراسر زنجیره‌های تأمین جهانی توسط این فناوری نوظهور را بیان می‌کند. همچنین به برخی از استفاده‌های این فناوری توسط برخی از شرکت‌های تولیدکننده مواد غذایی اشاره شده است. اگرچه فناوری بلاک‌چین از طریق قابلیت‌های تغییرناپذیر ثبت سوابق، مکانیسم‌های تأیید توزیع‌شده و شفافیت، راه‌حل‌های امیدوارکننده‌ای ارائه می‌دهد، اما هنوز نوپا بوده و با چالش‌های اساسی روبه‌رو است، لذا تدوین و اجرای مقررات نظارتی در مراحل مختلف پیاده‌سازی آن ضروری به نظر می‌رسد.

استناد: مظاهری منصوره. (۱۴۰۴). 'استفاده از فناوری بلاک‌چین در ایمنی غذایی و اصالت سنجی ,*نشاء علم*,، ۱۵ (۲)، ۱۶۶-۱۷۲.

ناشر: بنیاد پیشبرد علم و فناوری در ایران و انجمن بیوشیمی فیزیک ایران
© نویسندگان حق نشر و کلیه حقوق انتشار را برای خود حفظ می‌کنند.

* عهده‌دار مکاتبات: استادیار. تلفن: ۳۲۸۲۳۷۱۶ (۹۸۲۶+)، آدرس الکترونیکی: m_mazaheri@standard.ac.ir
[1] گروه پژوهشی سم‌شناسی مواد غذایی، پژوهشکده صنایع غذایی و فرآورده‌های کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج

https://www.sciencecultivation.ir 2783-0934 شاپا الکترونیکی 2008-935X شاپا چاپی

مقدمه

وجود آلودگی‌ها و تقلب در صنعت غذا تهدیدات جدی هستند و برای کنترل کیفیت، نیاز به مدیریت دقیق داده‌ها در کل زنجیره غذا وجود دارد. بلاک‌چین فناوری است که اطلاعات را به‌صورت زنجیره‌ای از بلوک‌ها ذخیره می‌کند. هر بلوک شامل اطلاعاتی متصل به بلوک قبلی است و امکان تغییر در آن وجود ندارد؛ لذا داده‌ها در سیستم بلاک‌چین، شفاف و قابل‌اعتماد می‌باشند. در این فناوری، در بازه زمانی مشخصی، داده‌های جمع‌آوری شده از تراکنش‌ها در یک بلوک اطلاعاتی ذخیره شده و با روش رمزگذاری پیوسته، از تغییر محافظت می‌شود [۱]. ویژگی دیگر آن، پخش شدن اطلاعات در شبکه (گره‌ها) است. فناوری بلاک‌چین برای نخستین‌بار در زمینه رمزارزها مطرح شد، اما با پیشرفت‌های فناوری، حوزه کاربرد آن در سطح بین‌المللی گسترش یافت [۲]. فناوری بلاک‌چین امکان ردیابی دقیق محصولات غذایی از مزرعه تا سفره را فراهم می‌کند [۴،۳] و برای ردیابی و شناسایی نقطه تقلب غذایی و احراز هویت ایمنی مواد غذایی ارزشمند است [۵]. در زنجیره تأمین مواد غذایی، غذا از مکان‌های مختلفی شامل تولید، فرآوری، حمل‌ونقل، توزیع و فروشگاه تا مصرف‌کننده عبور می‌کند [۶]. سوابق مربوط به محصولات غذایی در این زنجیره به‌درستی نگهداری نمی‌شوند. بنابراین سیستم فعلی در زنجیره تأمین مواد غذایی ناکارآمد و غیرقابل‌اعتماد است [۷]. استفاده از انواع مختلف حسگرها و فناوری‌های دیجیتال می‌تواند اطلاعات بلادرنگی در مورد شرایط محیطی، تولید، فرآوری، بسته‌بندی، ذخیره‌سازی، حمل‌ونقل و توزیع محصولات غذایی تولید کند [۹، ۸]. این سوابق را می‌توان پس از تأیید و اعتبارسنجی با استفاده از این فناوری به بلوک‌ها منتقل کرد. قراردادهای هوشمند در این سیستم می‌توانند برای مدیریت استانداردهای ایمنی مواد غذایی، گواهینامه‌های کیفیت مواد غذایی، شیوه‌های خوب کشاورزی و تولید در مراحل مختلف معاملات غذایی اجرا شوند [۴،۱۰،۱۱]. اگر رویه‌ها و استانداردهای موردنیاز از تولید تا سبد مصرف‌کننده برآورده نشود، قرارداد هوشمند به طور خودکار فرآیند تأمین مواد غذایی را رد می‌کند و اطلاعات اجازه ورود به بلاک‌چین را ندارند [۱۲]. تمام اطلاعات مربوط به محصول از تولید تا فروشگاه خرده‌فروشی می‌تواند با اسکن یک کد QR برچسب‌گذاری شده روی محصول در دسترس مصرف‌کننده قرار گیرد. افراد مشارکت‌کننده در زنجیره غذایی، هر یک به‌عنوان یک گره عمل می‌کنند و هر گره می‌تواند اطلاعات را در پلتفرم خدمات عمومی بدون دانستن جزئیات خصوصی طرفین مشاهده کند [۱۳،۱۴].

بلاک‌چین با اطلاعات شامل منشأ محصولات، فرایند تولید، شرایط حمل‌ونقل و کیفیت نهایی محصول، می‌تواند چالش‌ها را به حداقل برساند. به عنوان‌مثال، کافی است گوشی خود را روی کد مربعی (QR Code)درج روی بسته گوشت موجود در یخچال سوپرمارکت ببریم تا اطلاعاتی نظیر تاریخ تولد حیوان، استفاده از آنتی‌بیوتیک، واکسیناسیون و نیز موقعیت و تاریخ کشتار را مشاهده کنیم.

کاربرد فناوری بلاک‌چین در ایمنی مواد غذایی

تجارت رو به رشد مواد غذایی، حفظ کیفیت و ایمنی مواد غذایی را دشوارتر کرده است [۱۵]. مسائل ایمنی در محصولات دامی عمدتاً به دلیل استفاده از هورمون‌ها، بقایای آنتی‌بیوتیک‌ها، تقلب، بیماری‌های مشترک انسان و دام، آلودگی میکروبی، خوراک دام با بقایای آفت‌کش‌ها یا علف‌کش‌ها، فلزات سنگین و سایر آلودگی‌ها [۱۶] نیازمند نظارت و ثبت لحظه‌ای دمای جابه‌جایی دام، مواد غذایی و رطوبت نسبی از مزرعه تا سفره، برای پشتیبانی از ایمنی و کیفیت محصولات و همچنین بهبود مدیریت و بهره‌وری است [۴]. فناوری بلاک‌چین امکان ردیابی متغیرهای زیست‌محیطی مؤثر بر اقلام فاسدشدنی را در زمان واقعی فراهم می‌کند و ذی‌نفعان را قادر می‌سازد تا شرایط صحیح ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل را تأیید کنند [۱۷]. با استفاده از این قابلیت، موارد آلوده یا خطرناک را می‌توان به‌سرعت شناسایی و در سیستم گنجانده، فراخوان‌های هدفمند را تسریع و شیوع بیماری‌های ناشی از غذا را به حداقل رساند. بنابراین در زنجیره تأمین مواد غذایی، طرفین به‌صورت لحظه‌ای از مرحله‌ای که معیارهای استاندارد فرآیند با آن مطابقت ندارند، مطلع می‌شوند تا فرآیند را اصلاح کنند و فراخوان آن دسته از محصولات که به طور خاص تحت‌تأثیر قرار گرفته‌اند، می‌تواند بسیار سریع و آسان و مقرون‌به‌صرفه انجام شود. این موضوع منجر به حفظ اعتماد خریدار به ایمنی و کیفیت محصول و اعتماد به تولید می‌شود [۱۸، ۱۷]. خوراک دام، تجویز داروهای دامپزشکی و همچنین آنتی‌بیوتیک‌ها و گونه‌ها، نژادها و تعداد دامی که توسط کشاورزان پرورش داده و مدیریت می‌شوند، نیز برای ثبت در بلاک‌چین ضروری است. اگر مقدار داروها، هورمون‌ها و

https://www.sciencecultivation.ir 2783-0934 شاپا الکترونیکی 2008-935X شاپا چاپی

آنتی‌بیوتیک‌های مورد استفاده توسط کشاورزان متناقض و نامناسب یا غیرقانونی باشد، قرارداد هوشمند به طور خودکار تراکنش را خاتمه می‌دهد و داده‌ها در بلاک‌چین مستند نمی‌شوند [۱۹]. ثبت اطلاعات ژنومی و پروتئومیک دام در بلاک‌چین می‌تواند داده‌های تغییرناپذیری در مورد اینکه آیا محصولات دامی تولید شده از حیوانات یکسان یا متفاوت هستند، ارائه دهد [۲۰، ۲۱].

مزایای بلاک‌چین در ایمنی غذایی

سیستم‌های سنتی موجودی کالا و روش‌های دستی ثبت سوابق در زنجیره‌های تأمین می‌توانند منجر به خطا، اختلاف اطلاعات و اطلاعات غیرقابل‌اعتماد شوند [۲۲]. این امر می‌تواند منجر به برچسب‌گذاری اشتباه محصولات، قابلیت ردیابی پایین و مشکل در شروع فراخوان برای اقلام معیوب یا منقضی شده شود. فناوری بلاک‌چین تمام تراکنش‌ها و رویدادها را در سراسر زنجیره تأمین به روشی غیرمتمرکز، شفاف، قابل حسابرسی و غیرقابل دست‌کاری ذخیره می‌کند و دقت و اعتبار اطلاعات را تضمین می‌کند [۲۲] و با اطمینان از رسیدن اقلام غذایی معتبر به دست مصرف‌کنندگان به‌جای اقلام تقلبی، بر امنیت برند تأثیر می‌گذارد. قراردادهای هوشمند بر اساس معیارهای تعیین‌شده می‌توانند شرایطی را برای معامله، شیوه‌های تجاری معقول یا احراز اصالت (مثلاً محصولات ارگانیک و روش‌های کشتار) تعریف کنند که تضمین می‌کند که فقط اقلام واقعی و قانونی به بازار می‌رسند [۲۳]. هر خرید، تغییر مالکیت و تغییر وضعیت محصول می‌تواند به طور ایمن در یک دفتر کل غیرمتمرکز ثبت شود. ذی‌نفعان می‌توانند گردش کالاهای غذایی را در هر سطح از زنجیره تأمین پیگیری و تأیید کنند، لذا شناسایی هرگونه تلاش برای کلاهبرداری یا تغییرات غیرمجاز ساده می‌شود [۲۴]. مزایای استفاده از بلاک‌چین در مواد غذایی شامل موارد زیر است:

- **ردیابی سریع و دقیق**: با بلاک‌چین، در صورت مشاهده آلودگی یا عیب در یک محصول غذایی، مسئولان می‌توانند به‌سرعت منبع مشکل را پیدا کرده و دسته‌ها و مقادیر تولید تحت‌تأثیر را شناسایی کنند. مشتریان نیز می‌توانند اطلاعات جامعی در مورد اقلامی که خریداری می‌کنند، به دست آورند یا بر اساس سلیقه و نیازهای غذایی خود انتخاب کنند [۲۵]. به‌عنوان‌مثال، شرکت Walmart با استفاده از پلتفرم IBM Food Trust توانسته زمان ردیابی منشأ محصولات را از ۷ روز به ۲/۲ ثانیه کاهش دهد [۲۶].
- **شفافیت و اعتماد مصرف‌کننده:** با استفاده از بلاک‌چین، اطلاعات مربوط به هر مرحله از زنجیره تأمین غذا به‌صورت دائمی و غیرقابل‌تغییر ثبت می‌شود و با دسترسی به اطلاعات دقیق درباره منشأ و مسیر محصولات غذایی، مصرف‌کنندگان می‌توانند با اطمینان بیشتری خرید کنند [۲۷]. شرکت‌هایی مانند Carrefour با ارائه اطلاعات دقیق درباره منشأ و مسیر محصولات غذایی، اعتماد مصرف‌کنندگان را افزایش داده‌اند. مصرف‌کنندگان می‌توانند با اسکن کد QR روی بسته‌بندی، اطلاعات کاملی درباره محصول دریافت کنند [۲۸].
- **نظارت و پایش عوامل تأثیرگذار بر فساد مواد غذایی**: نظارت بر عواملی مانند دما، رطوبت، موقعیت مکانی و استانداردهای کیفیت از طریق ترکیب بلاک‌چین با ابزارها و حسگرهای اینترنت اشیا امکان‌پذیر است[۲۹]. لذا هرگونه انحراف از استانداردها به‌سرعت تشخیص داده می‌شود و امکان اصلاح سریع خطا و کاهش مشکلات بعدی فراهم می‌گردد. در سراسر زنجیره تأمین مواد غذایی، دستگاه‌های اینترنت اشیا واحدهای حسگر، قراردادهای هوشمند و بلاک‌چین در حال ثبت و ذخیره اطلاعات در لحظه هستند [۲۹] و در صورت هرگونه انحراف از شرایط موردنیاز، اقدامات یا هشدارهای مربوطه فعال می‌شوند [۲۵].
- **مبارزه با تقلب غذایی**: بلاک‌چین با ایجاد سوابق تغییرناپذیر، امکان تقلب را کاهش می‌دهد و به مقامات نظارتی و حسابرسان این امکان را می‌دهد که انطباق با دستورالعمل‌ها و قوانین غذایی را بررسی کنند [۳۰].
- **اتوماسیون و کاهش واسطه‌ها:** برخی از فرآیندها در زنجیره تأمین مواد غذایی، می‌توانند با کمک توافق‌نامه‌های هوشمند که قراردادهای خوداجرا با قوانین و شرایط از پیش تعیین‌شده هستند، خودکار شوند و نیازی به واسطه‌هایی مانند مؤسسات مالی نیست. این امر خطر تأخیر در پرداخت یا اختلافات را کاهش می‌دهد و نیاز به روش‌های پرداخت مرسوم را از بین می‌برد [۳۱].
- **کاهش هزینه‌ها و بهبود کارایی در زنجیره تأمین مواد غذایی :**این پیشرفت فنی، هزینه‌های مدیریتی مرتبط با کاغذبازی و تطبیق اطلاعات را کاهش داده است و بسیاری از رویه‌ها و فعالیت‌ها در زنجیره تأمین، مانند تأیید خرید و اشتراک‌گذاری داده‌ها، ساده‌سازی می‌شوند و در نتیجه عملیات بهبود یافته و منجر به بهره‌وری هزینه می‌شوند [۳۲].

https://www.sciencecultivation.ir 2783-0934 شاپا الکترونیکی 2008-935X شاپا چاپی

- **پایداری زیست‌محیطی و غذایی:** فناوری بلاک‌چین امکان ردیابی ضایعات، رفتارهای غیراخلاقی و شیوه‌های ناپایدار در صنعت مواد غذایی را از طریق نظارت و شفافیت در لحظه فراهم می‌کند. با دسترسی به اطلاعات معتبر، ذی‌نفعان می‌توانند انتخاب‌های خود در زمینه تأمین، حمل‌ونقل و مدیریت ضایعات را بهینه کنند و اطلاعات مربوط به تولید مواد غذایی سازگار با محیط‌زیست و اخلاقی را در اختیار مشتریان قرار دهند [۳۱].
- **بهبود رفاه حیوانات:** فناوری بلاک‌چین با فراهم کردن امکان ردیابی و تأیید کل چرخه عمر محصولات دامی، از جمله مدیریت در مزرعه و خارج از مزرعه موجب تضمین شفافیت زنجیره تأمین شده و مصرف‌کنندگان می‌توانند با دسترسی به جزئیات مربوط به شرایط پرورش و سوابق پزشکی [۳۳]، تصمیمات آگاهانه‌ای در مورد محصولات دامی بگیرند. استفاده از حسگرها، روش‌های بیومتریک، هوش مصنوعی و تجزیه‌وتحلیل کلان داده می‌تواند برنامه‌های اصلاح نژاد را بهبود بخشد و نژادهای مقاوم در برابر استرس را انتخاب کند [۳۴].
- **مدیریت ضایعات مواد غذایی:** هر ساله تقریباً یک‌سوم از کل تولید مواد غذایی جهان، معادل بیش از یک میلیارد تن و به ارزش ۲/۶ تریلیون دلار هدر می‌رود. با وجود این، بیش از ۸۲۰ میلیون نفر در سراسر جهان به وعده‌های غذایی مغذی دسترسی ندارند. همچنین، ضایعات مواد غذایی در سراسر زنجیره تأمین مواد غذایی تقریباً ۶ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی را تشکیل می‌دهد و خطرات زیست‌محیطی را به همراه دارد [۳۵،۳۶]. فناوری بلاک‌چین امکان شناسایی و کاهش ضایعات را فراهم می‌کند. مطالعه مجمع جهانی اقتصاد سال ۲۰۲۰ نشان می‌دهد که ادغام بلاک‌چین پتانسیل کاهش چشمگیر ۲۵ درصدی ضایعات مواد غذایی را دارد [۳۷]. این رویکرد، همراه با افزایش طول عمر مفید محصول، ضایعات پس از خرید را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد و همه مشارکت‌کنندگان در زنجیره تأمین مواد غذایی را به اتخاذ تصمیمات مسئولانه به طور مداوم ترغیب می‌کند [۳۸].

ردیابی مواد غذایی مبتنی بر فناوری بلاک‌چین

فناوری بلاک‌چین یک سیستم ثبت داده‌های آنلاین تغییرناپذیر و مبتنی بر مکانیسم اجماع را در زنجیره تأمین در تمام مراحل تولید مواد غذایی ارائه می‌دهد [۱۵]. قابلیت ردیابی مواد غذایی مبتنی بر این فناوری را می‌توان به‌سادگی به‌عنوان یک جریان سه‌لایه نشان داد که در آن لایه جریان فیزیکی برای زنجیره تأمین مواد غذایی فیزیکی است که در آن محصولات غذایی از تولیدکننده به خریدار می‌روند. لایه جریان دوم برای یک سیستم ثبت دیجیتال است که در آن ثبت داده‌های لایه جریان فیزیکی هم‌زمان با استفاده از انواع مختلف حسگرها و یا کد QR و سایر فناوری‌های دیجیتال در حال انجام است. لایه جریان سوم یک شبکه زیرساخت بلاک‌چین دیجیتال است که در آن با استفاده از یک قرارداد هوشمند، داده‌های ثبت شده در لایه جریان دوم توسط همه طرف‌های شرکت‌کننده با یک الگوریتم اجماع تأیید می‌شود و در هر مرحله از زنجیره تأمین یک بلوک داده مجازی تشکیل می‌دهد. این لایه جریان همچنین از لایه جریان فیزیکی پیروی می‌کند و زنجیره‌ای از بلوک‌های داده دیجیتال را تشکیل می‌دهد [۳۳]. اگر هر شخصی سعی در هک کردن یا تغییر اطلاعات ثبت شده داشته باشد، اجازه ورود مقدار تغییر یافته به آن بلاک‌چین خاص را نمی‌دهد، به این معنی که یک پلتفرم ثبت سوابق تغییرناپذیر است.

کاربرد فناوری بلاک‌چین در صنعت غذای حلال

بازار جهانی غذای حلال به دلیل افزایش جمعیت مسلمانان که انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ به ۲.۸ میلیارد نفر برسد [۳۹] و افزایش آگاهی از محصولات حلال در میان مصرف‌کنندگان غیرمسلمان که به دنبال گزینه‌های غذایی اخلاقی و سالم‌تر هستند به‌سرعت در حال گسترش است [۴۰]. اما این صنعت با چالش‌های مهمی روبه‌رو است. مصرف‌کنندگان غذای حلال نگران اصالت حلال بودن محصول هستند [۴۱]. بنابراین، اعتماد به اعتبار و انطباق گواهینامه حلال در تمام مراحل زنجیره تأمین به دلیل مشکلات شفافیت، ردیابی و اعتماد، کار دشواری است. کلاهبرداری غذایی در صنعت حلال شامل برچسب‌گذاری اشتباه محصولات غیرحلال به‌عنوان حلال گرفته تا آلودگی در حین پردازش و حمل‌ونقل می‌باشد. سیستم‌های صدور گواهینامه سنتی آسیب‌پذیر بوده و فاقد قابلیت‌های تأیید در زمان واقعی هستند. فقدان یک گواهینامه حلال پذیرفته شده جهانی و تنوع استاندارد گواهینامه حلال به دلیل تفاوت‌های منطقه‌ای و اختلاف‌نظرها در بین مکاتب فکری اسلامی یک چالش است که اطمینان از اصالت و انطباق گواهینامه‌های حلال را زیر سوال می‌برد [۲۱]. اطلاعات مربوط به ردیابی غذای حلال به یک عامل کلیدی برای مصرف‌کنندگان مسلمان تبدیل شده است. مصرف‌کنندگان غذای حلال به اعتماد و شفافیت

https://www.sciencecultivation.ir 2783-0934 شاپا الکترونیکی 2008-935X شاپا چاپی

خاصی از منابع خام، ترکیبات، تولید و توزیع نیاز دارند. پیاده‌سازی بلاک‌چین می‌تواند شرایط مناسبی را برای سازمان و مصرف‌کنندگان فراهم کند تا با ارائه اطلاعات ردیابی، شفافیت حلیت را مشخص نمایند[۴۳].

فناوری بلاک‌چین در صنعت غذای حلال، چالش‌های احراز هویت را از طریق صدور گواهینامه دیجیتال، مکانیسم‌های تأیید و امنیت رمزنگاری برطرف کرده و از طریق بررسی‌های خودکار انطباق، نظارت مداوم، پروتکل‌های استاندارد و حسابرسی شفاف، انطباق با قوانین را افزایش می‌دهد.

چالش‌های پیاده‌سازی بلاک‌چین

توسعه فناوری بلاک‌چین هنوز نوپا بوده و مهارت و آگاهی در مورد آن کافی نیست. برای کارآفرینان جدید یا مشاغل کوچک و متوسط امکان استفاده از این فناوری وجود ندارد. در زنجیره تأمین مواد غذایی برخی شرکت‌کنندگان کشاورزانی هستند که در فناوری‌های پیشرفته مهارت ندارند، در سطح جهانی، عموم مردم این فناوری را به‌عنوان یک فناوری مورد استفاده برای ارزهای دیجیتال می‌دانند و نوسانات زیاد و تغییرات روزانه زیاد در ارزش و سهم بازار ارزهای دیجیتال، تأثیر روانی منفی بر اعتبار آن دارد. محرمانگی اطلاعات نیز یک چالش است، زیرا صنایع در برابر به اشتراک گذاشتن اطلاعات خصوصی خود با رقبا در بازار مقاومت می‌کنند. فقدان استانداردهای مشترک ممکن است به‌عنوان مانعی برای اجرای آن در بخش مواد غذایی واقعی عمل کند. چالش‌های اساسی برای پیاده‌سازی این فناوری شامل هزینه‌های اولیه بالا، نیاز به همکاری زنجیره تأمین، حفظ امنیت و حریم خصوصی و مسائل فنی و مقیاس‌پذیری به دلیل مدیریت حجم بالای داده‌ها و اطمینان از سازگاری سیستم‌ها می‌باشد.

نمونه‌های واقعی از پیاده‌سازی بلاک‌چین

از سال ۲۰۱۹، بسیاری از کسب‌وکارها، از جمله شرکت‌هایی مانند والمارت و نستله، از فناوری بلاک‌چین برای دیجیتالی کردن زنجیره تأمین خود استفاده کرده‌اند. والمارت از این فناوری برای ردیابی و شناسایی سریع‌تر منابع آلودگی در محصولات غذایی بهره می‌برد. این امر ضمن تسریع فراخوان محصولات، هزینه‌ها را نیز کاهش می‌دهد. همچنین، نستله با استفاده از بلاک‌چین، امکان ردیابی منشأ قهوه خود را فراهم کرده و مشتریان می‌توانند با اسکن کد QR بر روی بسته‌بندی، اطلاعات دقیقی درباره منشأ محصول دریافت کنند. شرکت‌هایی مانند Carrefour و Bumble Bee Foods به ترتیب از بلاک‌چین برای ردیابی محصولات دامی در زنجیره تأمین خود بهره می‌گیرند. OwlTing شرکت تایوانی است که با استفاده از پلتفرم OwlChain، امکان ردیابی کامل محصولات غذایی از تولید تا مصرف را فراهم کرده است. برخی از سیستم‌های ردیابی مبتنی بر بلاک‌چین و اینترنت اشیا برای نظارت بر ایمنی مواد غذایی معرفی شده‌اند که داده‌های سنسورها مانند دما و رطوبت در حمل‌ونقل را به‌صورت خودکار در بلاک‌چین ثبت می‌کند. این کار در جلوگیری از فساد مواد غذایی در زنجیره سرد بسیار مؤثر است [۴۴].

نتیجه‌گیری

فناوری بلاک‌چین با فراهم‌کردن شفافیت، ردیابی دقیق و کاهش تقلب، نقش مهمی در بهبود ایمنی غذایی ایفا می‌کند. به‌منظور بهبود ایمنی و قابلیت ردیابی مواد غذایی در زنجیره تأمین مواد غذایی و افزایش اعتماد مصرف‌کننده، فناوری مذکور یک پلتفرم شبکه‌ای قابل‌اعتماد، مقاوم در برابر کلاهبرداری و دستکاری ارائه می‌دهد. تشخیص نقاط خطر در زمان واقعی برای ایمنی مواد غذایی می‌تواند کلاهبرداری و آلودگی مواد غذایی را کاهش دهد و درعین‌حال مکانیسم فراخوان محصولات ناامن را تقویت کند. پروژه‌ها و ابتکارات در مورد استفاده از بلاک‌چین در صنعت غذا هنوز محدود بوده و یا در مراحل آزمایشی هستند. بنابراین، تحقیقات بیشتری برای مطالعه پتانسیل استقرار بلاک‌چین در زنجیره تأمین مواد غذایی و همچنین استقرار گسترده این فناوری در مقیاس واقعی برای مدت طولانی مورد نیاز است. برای کاربرد این فناوری، هماهنگی بین متخصصان فنی و سیاست‌گذاران ضروری است و برای حفظ مشروعیت این فناوری و بهبود عملکرد آن، درک چارچوب قانونی و نظارتی برای بلاک‌چین و قراردادهای هوشمند و همچنین سایر الزامات پیاده‌سازی آن بسیار مهم است. با گنجاندن نوآوری بلاک‌چین، می‌توان مراحل مختلف زنجیره تأمین مواد غذایی را بهبود بخشید و بدین ترتیب تصویری دقیق و جامع از زنجیره تأمین مبتنی بر بلاک‌چین ارائه داد. علاوه بر این، تقویت امور مالی زنجیره تأمین با فناوری بلاک‌چین منجر به بهبود مدیریت ریسک، اعتماد و امنیت در بین مشارکت‌کنندگان در زنجیره تأمین مواد غذایی خواهد شد که به نوبه خود، عملیات را ساده کرده و به کاهش دوره چرخه مواد غذایی کمک می‌کند.

https://www.sciencecultivation.ir 2783-0934 شاپا الکترونیکی 2008-935X شاپا چاپی

شایان ذکر است که این مقاله و یا بخشی از آن در جای دیگر به چاپ نرسیده و از ماشین و هوش مصنوعی برای نگارش مقاله استفاده نشده است.

فهرست منابع

[1]. Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., Wang, H. (2017). An overview of Blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends. In Proceedings of the 2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress), Honolulu, HI, USA, 557-564.

[2]. Zhang, P. White, J. Schmidt, D.C. Lenz, G., Rosenbloom, S.T. (2018). FHIRChain: applying blockchain to securely and scalably share clinical data, Comput. Struct. Biotechnol. J. 16 267–278.

[3].Yadav, V.S., Singh, A.R. (2019). A systematic literature review of blockchain technology in agriculture. In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Toronto, ON, Canada, IEOM Society International: Southfield, MI, USA, 973-981.

[4]. Casino, F., Kanakaris, V., Dasaklis, T.K., Moschuris, S., Stachtiaris, S., Pagoni, M., Rachaniotis, N.P. (2020). Blockchain-based food supply chain traceability: a case study in the dairy sector. Int. J. Prod. Res 1–13.

[5]. Chandan, A., John, M., Potdar, V. (2023). Achieving UN SDGs in Food Supply Chain Using Blockchain Technology. Sustainability, 15, 2109.

[6]. Lierow, M., Herzog, C., Oest, P. (2017). Blockchain: the backbone of digital supply chains. Oliver Wyman. Available at: https://tinyurl.com/yxye47e5

[7]. Tripoli, M., Schmidhuber, J., (2020). Optimising traceability in trade for live animals and animal products with digital technologies. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz 39, 1; 235–244.

[8]. Epelbaum, F.M.B., Martinez, M.G. (2014). The technological evolution of food traceability systems and their impact on firm sustainable performance: a RBV approach. Int. J. Prod. Econ. 150, 215–224.

[9]. Tamplin, M.L. (2018) Integrating predictive models and sensors to manage food stability in supply chains. Food Mic.robiol. 75, 90–94.

[10]. Tian, F., (2017). A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things, in: International Conference on Service Systems and Service Management, IEEE, 1–6.

[11]. Chen, H., Liu, S., Chen, Y., Chen, C., Yang, H., Chen, Y. (2020). Food safety management systems based on ISO 22000: 2018 methodology of hazard analysis compared to ISO 22000: 2005, Accred Qual. Assur. 25, .1; 23–37.

[12]. Mao, D., Wang, F., Hao, Z., Li, H., (2018). Credit evaluation system based on blockchain for multiple stakeholders in the food supply chain. Int. J. Environ. Res. Publ. Health 15, 8; 1627.

[13]. Kshetri, N., (2017). Blockchain's roles in strengthening cybersecurity and protecting privacy, Telecommun. Pol. 41,10; 1027–1038.

[14]. Li, X., Jiang P., Chen, T., Luo, X., Wen, Q. (2020). A survey on the security of blockchain systems, Future Generat. Comput. Syst. 107, 841–853.

[15]. Creydt, M., Fischer, M., (2019). Blockchain and more -Algorithm driven food traceability. Food Control, 105 45–51.

[16]. Bintsis, T. (2018). Microbial pollution and food safety. AIMS Microbiol. 4, 3; 377.

[17]. Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., McCallum, P., Peacock, A. (2019). Blockchain technology in the energy sector: a systematic review of challenges and opportunities. Renew. Sustain. Energy Rev. 100, 143–174.

[18]. Ruiz-Garcia, L., Lunadei, L., Barreiro, P., Robla, J.I. (2009). A review of wireless sensor technologies and applications in agriculture and food industry: state of the art and current trends. Sensors 9, 6; 4728–4750.

[19]. N. Kshetri, (2018). 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. Int. J. Inf. Manag. 39, 80–89.

[20]. Xu, Y., Li, X., Zeng, X., Cao, J., Jiang, W. (2020). Application of blockchain technology in food safety control : current trends and future prospects. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 1–20.

[21]. Levitt, T., (2016). Blockchain Technology Trialled to Tackle Slavery in the Fishing Industry. The Guardian. https://www.theguardian.com/sustainable-business/2016/sep/07/blockchain-fish-slavery-free-seafood-sustainable-technology

[22]. Salah, K., Nizamuddin, N., Jayaraman, R., Omar, M. (2019). Blockchain-based soybean traceability in agricultural supply chain. IEEE Access, 7, 73295-73305.

[23]. Kim, M., Hilton, B., Burks, Z., Reyes, J. (2018). Integrating Blockchain, smart contract-tokens, and IoT to design a food traceability solution. In Proceedings of the 2018 IEEE 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON), Vancouver, BC, Canada, 1-3 November, 335-340.

[24]. Shahid, A., Almogren, A., Javaid, N., Al-Zahrani, F.A., Zuair, M., Alam, M. (2020). Blockchain-based agri-food supply chain: A complete solution. IEEE Access, 8, 69230–69243.

[25]. Feng, H., Wang, X., Duan, Y., Zhang, J., Zhang, X. (2020). Applying Blockchain technology to improve agri-food traceability: A review of

https://www.sciencecultivation.ir 2783-0934 شاپا الکترونیکی 2008-935X شاپا چاپی

development methods, benefits and challenges. J. Clean. Prod., 260, 121031.
[26]. Theodorakopoulos, L., Theodoropoulou, A., Halkiopoulos, C. (2024). Enhancing Decentralized Decision-Making with Big Data and Blockchain Technology: A Comprehensive Review. Applied Sciences. 14. 7007. 10.3390/app14167007.
[27]. Yadav, V.S., Singh, A.R. (2019). A systematic literature review of blockchain technology in agriculture. In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Toronto, ON, Canada, 23–25 October; IEOM Society International: Southfield, MI, USA, 973–981.
[28]. Eletter, S., Elrefae, G., Yasmin, T., Qasem, A., Alshehadeh, A., Belarbi, A. (2022). Leveraging Blockchain-Based Smart Contracts in the Management of Supply Chain: Evidence from Carrefour UAE. 1-5. 10.1109/ACIT57182.2022.9994083.
[29]. Kaur, A., Singh, G., Kukreja, V., Sharma, S., Singh, S., Yoon, B. (2022). Adaptation of IoT with Blockchain in Food Supply Chain management: An analysis-based review in development, benefits and potential applications. Sensors, 22, 8174.
[30]. Lei, M., Liu, S., Luo, N., Yang, X., Sun, C. (2022). Trusted-auditing chain: A security Blockchain prototype used in agriculture traceability. Heliyon, 8, e11477.
[31]. Rejeb, A., Rejeb, K. (2022). Blockchain and supply chain sustainability. Logforum 2020, 16. 363-372.
[32]. Pakseresht, A., Yavari, A., Kaliji, S.A., Hakelius, K. (2022). The intersection of Blockchain technology and circular economy in the agri-food sector. Sustain. Prod. Consum., 35, 260–274.
[33]. Kampan, K., Tsusaka, T.W., Anal, A.K. (2022). Adoption of Blockchain Technology for Enhanced Traceability of Livestock-Based Products. Sustainability, 14, 13148.
[34]. Alshehri, M. (2023). Blockchain-assisted internet of things framework in smart livestock farming. Internet Things, 22, 100739.
[35]. Dey, S., Saha, S., Singh, A.K., McDonald-Maier, K. (2022). Smart NoshWaste: Using blockchain, machine learning, cloud computing and QR code to reduce food waste in decentralized web 3.0 enabled smart cities. Smart Cities, 5, 162–176.
[36]. FAO. (2019).The state of food and agriculture In Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction; FAO: Rome, Italy, 2–13.
[37]. Daghighi, A., Shoushtari, F. (2023). Toward Sustainability of Supply Chain by Applying Blockchain Technology. Int. J. Ind. Eng. Oper.Res., 5, 60–72.
[38]. Yiannas, F. (2018). A new era of food transparency powered by blockchain. Innov. Technol. Gov. Glob., 12, 46–56.
[39]. Statista, S. R. D. (2024). Global halal market—Statistics & Facts. Statista. https://www.statista.com/topics/4428/global-halal-market/
[۴۰]. موسوی موحدی، ع.، مصلحی شاد، م.، الهویی ، د.، سلامی، م. (۱۴۰۲). شیمی، نوآوری و فرایندهای محصولات غذایی حلال، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۲۸۸
[41]. Tan, A., Gligor, D., Ngah, A. (2022). Applying Blockchain for Halal food traceability. International Journal of Logistics Research and Applications, 25, 6; 947–964.
[42]. Alamsyah, A., Hakim, N., Hendayani, R. (2022). Blockchain-Based Traceability System to Support the Indonesian Halal Supply Chain Ecosystem. Economies, 10, 6; Article 6.
[43]. Alourani, A., Khan, S. (2025). Halal Food Traceability System using AI and Blockchain. Journal of Posthumanism. 5. 10.63332/joph. v5i2.437.
[44]. https://builtin.com/blockchain/food-safety-supply-chain