



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti Risorse Naturali e
Ambiente

Corso di laurea in

Scienze e cultura della gastronomia e della ristorazione

Blockchain: un nuovo modo per rendere più sicura la tracciabilità
alimentare.

Relatore

Prof. Armellini Stefano

Laureando Riccardo Maria Re

Matricola n. 1221473

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

INDICE

1.INTRODUZIONE.....	4
2. LA TRACCIABILITA' ALIMENTARE.....	6
2.1 Tracciabilità alimentare e Regolamento 178/2002.....	6
2.2 Frodi alimentari.....	8
2.3 Caso del pomodoro Petti.....	11
3. BLOCKCHAIN.....	13
3.1 Cos'è la Blockchain	13
3.2 DLT.....	17
3.3 Smart Contract.....	18
3.4 Uso pratico della blockchain nei bitcoin.....	20
3.5 Approccio dell'Europa nei confronti delle DLT e la legge 12/2019.....	24
3.6 Alcuni dati relativi alla blockchain e alla tracciabilità alimentare	26
4. BLOCKCHAIN NELL'AMBITO ALIMENTARE.....	33
4.1 Applicazione nel settore alimentare.....	33
4.2 Uso pratico della blockchain: il caso Carrefour.....	36
4.3 Uso della blockchain per contrastare le frodi alimentari.....	41
5. CONCLUSIONI.....	47
BIBLIOGRAFIA.....	49

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni l'attenzione dei consumatori nei confronti della qualità e della provenienza dei prodotti è aumentata costantemente.

L'insorgere della pandemia globale dovuta al Sars-Cov-2 ha posto un interrogativo molto importante dentro ad ognuno di noi per quanto riguarda l'origine che i singoli prodotti hanno e quanto sia importante conoscere la loro provenienza.

Il sistema che permette di conoscere la storia di un prodotto sia esso un alimento o un componente da inserire all'interno di una macchina, è la tracciabilità.

Per tracciabilità si intende quel processo che permette di conoscere quelli che sono gli elementi, le componenti e le materie prime usate per realizzare o modificare un prodotto. Essa consente inoltre di identificare i fornitori di questi, chi vi ha lavorato, quali macchinari sono stati utilizzati e anche tutte le fasi di produzione del prodotto stesso¹.

La tracciabilità sta assumendo sempre più importanza in diversi settori come quello alimentare, automobilistico e farmaceutico permettendo di creare un filo diretto tra l'azienda produttrice e il consumatore e di garantire un certo standard di qualità del prodotto stesso. Negli ultimi anni c'è una maggiore richiesta da parte dei consumatori di poter rintracciare tutti i singoli processi legati alla realizzazione di un prodotto, come prova di qualità, di trasparenza e di sicurezza².

Nel settore alimentare il concetto di rintracciabilità gioca ormai un ruolo fondamentale in quanto viene posta al centro la salute dell'uomo.

La rintracciabilità alimentare permette di avere tutte le informazioni legate alla produzione del singolo alimento, partendo dal prodotto finito fino alle materie prime utilizzate. Risulta quindi importante poter identificare quelli che sono tutti i vari passaggi legati al singolo prodotto per conferire maggiore

¹ Paragrafo 8.5 della ISO 9001:2015 – “*Produzione ed erogazione dei servizi*”, reperibile su <https://www.qualitiamo.com/articoli/8-5-iso-9001-2015-produzione-erogazione-servizi-3.html#:~:text=La%20tracciabilit%C3%A0%20ci%20permette%20di,per%20produrre%20o%20controllare%20qualcosa>.

² Indicod, “*Fondamenti dei sistemi di tracciabilità nell'agroalimentare*”, 2003, reperibile su https://gs1.it.org/content/public/47/59/47595666-d75c-48e0-a074-a805c7934705/fondamenti_tracciabilita_agroalimentare.pdf.

sicurezza al consumatore ma anche per l'azienda stessa permettendo di avere un ruolo da competitors all'interno del settore stesso³.

Tuttavia, nonostante le migliorie introdotte dal sistema di tracciabilità, non è sempre facile per il consumatore interpretare le informazioni presenti sulle confezioni ed essere quindi sicuri al 100% dell'origine del prodotto che si sta per acquistare. Quante volte infatti è capitato di leggere la scritta "Made in Italy", cosa che lascia intendere che quel prodotto sia completamente italiano, quando in realtà tale dicitura può essere utilizzata anche nel caso in cui la materia prima abbia provenienza estera? E ancora, in quanti sanno che il grano canadese, utilizzato per produrre la pasta che mangiamo tutti i giorni, viene essiccato in maniera artificiale utilizzando il glifosato? In definitiva, come facciamo ad avere piena fiducia in un sistema che non ci garantisce la piena trasparenza su ciò che acquistiamo?

³ Trackyfood, "*Tracciabilità alimentare: cos'è, come funziona e quali sono le norme*", reperibile su <https://www.trackyfood.com/tracciabilita-alimentare-cose-come-funziona-e-quali-sono-le-norme/#:~:text=Si%20tratta%20infatti%20di%20informazioni,nei%20confronti%20del%20consumatore%20finale.>

2. LA TRACCIABILITA' ALIMENTARE

2.1 Tracciabilità alimentare e Regolamento 178/2002

Nei Paesi industrializzati, la tracciabilità alimentare sta assumendo un ruolo sempre più importante, non solo per un fatto di sicurezza alimentare volto a tutelare la salute del consumatore, ma anche per un fatto di vera e propria qualità del prodotto stesso.

A livello Europeo il testo legislativo di riferimento adottato in tema di alimentazione è rappresentato dal Reg. 178/2002. Questo Regolamento è stato definito sulle basi del Libro Verde e del Libro Bianco, che sono stati redatti da un gruppo di esperti e contengono indicazioni sulle cause delle crisi alimentari degli anni 90' (es. mucca pazza, pollo alla diossina) e sui modi per evitare che si ripetano in futuro. Il principio su cui si basa il Regolamento è “dal campo alla tavola”, perché come è stato dimostrato dagli studi, per avere alimenti sicuri, le regole devono riguardare l'intera filiera produttiva.

L'art. 18 Reg. 178/2002 obbliga a garantire *“la rintracciabilità degli alimenti, dei mangimi, degli animali destinati alla produzione alimentare e qualsiasi altra sostanza destinata a entrare a far parte di un alimento o di un mangime in tutte le fasi della produzione, della trasformazione e della distribuzione”*⁴. L'articolo esclude quindi i materiali di imballaggio, i fertilizzanti, i medicinali e altre sostanze/prodotti legati alla catena alimentare.

Questo sistema di controllo permette di ricostruire e seguire il percorso che un prodotto alimentare (sia esso un mangime, un alimento destinato alla produzione alimentare o una sostanza destinata ad entrare a far parte di un alimento) compie all'interno della catena alimentare, ed è applicabile a tutta la filiera agro-alimentare.

Grazie alla rintracciabilità si è in grado di identificare a monte l'azienda da cui un certo prodotto proviene e a valle l'azienda a cui tale prodotto è stato fornito.

La rintracciabilità rappresenta un obbligo per tutti gli operatori di settore e si arresta in prossimità del passaggio del prodotto al consumatore, in quanto l'ultimo distributore non è tenuto a identificare il destinatario del prodotto a cui questo viene venduto.

⁴ Regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio n. 178 del 28 gennaio 2002.

Tale sistema non è applicabile a quei prodotti di cui non si può definire la storia, come i prodotti spontanei, la cacciagione e la pesca. Oltre a ciò, non è nemmeno richiesta la rintracciabilità all'interno dell'azienda, ovvero del percorso che un prodotto segue all'interno della stessa azienda.

È importante sottolineare che l'art. 18 del Reg. 178/2002 non va ad influire sulla sicurezza dei prodotti o, meglio, non la garantisce, ma rappresenta uno strumento di gestione del rischio in quanto aiuta a identificare gli alimenti e i mangimi che non rispettano i requisiti di sicurezza, permettendo così il ritiro di tali prodotti dal mercato.

Di norma i consumatori non hanno libero accesso alle informazioni riguardanti la rintracciabilità, per determinate categorie di prodotti però, come ad esempio gli animali, questa è prevista sotto forma di tracciabilità. In questo caso le informazioni fruibili per i consumatori riguardano l'origine del prodotto e questo è riportato nell'etichetta (luogo di nascita, di allevamento e di sezionamento).

Le regole disposte dall'art.18 del Reg.178/2002 valgono solo per il territorio all'interno dell'UE, per cui il sistema di tracciabilità non è applicabile in territorio extra-UE, salvo accordi specifici per determinati prodotti come quelli facilmente deperibili (per il Comitato permanente per la sicurezza alimentare è sufficiente che la rintracciabilità sia garantita dall'importatore nell'UE).

Gli operatori del settore alimentare devono essere in grado quindi di individuare chi abbia fornito loro un alimento, un mangime, un animale destinato alla produzione alimentare o qualsiasi sostanza destinata o atta a entrare a far parte di un alimento o di un mangime. Gli OSA (operatori del settore alimentare e dei mangimi) devono anche disporre di sistemi e procedure per individuare le imprese alle quali hanno fornito i propri prodotti. Ovviamente tali informazioni vengono messe a disposizione delle autorità competenti che le richiedono.

Il Reg. 178/2002 però, non impone dei metodi specifici da utilizzare, ma fa riferimento a delle norme tecniche elaborate per il settore industriale, commerciale e terziario da un qualche organismo riconosciuto. A livello europeo tali norme sono affidate al CEN (Comitato Europeo di Normazione), a livello internazionale all'ISO (International Organization for Standardization), mentre a livello nazionale le norme tecniche sono elaborate dall'UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione).

Per quanto riguarda i prodotti preconfezionati, è obbligatorio indicare in etichetta o sull'imballaggio il numero di lotto, mentre per i prodotti non confezionati il lotto va indicato sull'imballaggio o sui relativi documenti commerciali di vendita.

Un punto debole del sistema riguarda i prodotti agricoli non confezionati che costituiscono le materie prime di moltissimi prodotti alimentari, per i quali non è obbligatorio indicare il numero di lotto, in

quanto una volta raccolti vengono ammassati nei contenitori in modo indistinto, rendendo difficile, per non dire impossibile, il riconoscimento⁵.

2.2 Frodi alimentari

Le frodi alimentari costituiscono una violazione delle normative in materia di produzione e commercializzazione di prodotti alimentari e consistono in una serie di fattispecie piuttosto eterogenee il cui minimo comun denominatore può essere ravvisato nella produzione e/o vendita di prodotti contraffatti, alterati, non genuini o comunque diversi da come vengono presentati per origine, natura e qualità.

Le violazioni consistono, a seconda dei casi, in illeciti penali (sanzionati nel codice penale e in leggi specifiche) o amministrativi. A livello europeo, si stima che le frodi alimentari producano un danno pari a 12 miliardi di € all'anno. Negli ultimi anni il consumatore è diventato sempre più accorto alla qualità dei prodotti ed anche ai risvolti sanitari che ne conseguono. Oltre a danneggiare il mercato, le frodi alimentari sono un reale rischio per la salute dei consumatori, grazie alle potenziali sostanze dannose immesse in circolazione⁶. Nel linguaggio comune le frodi alimentari sono considerate delle "truffe", ma a livello giuridico i due concetti sono diversi.

La truffa è definita come "*attività ingannatoria capace di indurre la parte offesa in errore, attraverso artifici e raggiri, inducendola ad effettuare atti di disposizione patrimoniale che, da una parte, la danneggiano e dall'altra favoriscono il truffatore o altri soggetti, procurando a questi un illecito profitto corrispondente al danno subito dalla vittima*"⁷. La truffa rappresenta un reato contro il patrimonio. Si realizza nel momento in cui si concretizza per la vittima l'evento dannoso e per il truffatore l'evento proficuo.

La frode alimentare, invece, si realizza indipendentemente da un'effettiva e concreta lesione del patrimonio. È un atto che provoca una diminuzione del valore della merce, economico o nutritivo. Se

⁵ Cfr. Armellini Stefano, slide del corso di istituzione di diritto e diritto dell'alimentazione, Università degli studi di Padova, 2021.

⁶ Il fatto alimentare, "*Frodi alimentari, il pesce tra i prodotti più a rischio. Il video dell'IzsVe*", 2021, reperibile su <https://ilfattoalimentare.it/frodi-pesce-video-izsve.html>.

⁷ Cit. A. Marisa Semeraro, "Frodi alimentar: aspetti tecnici e giuridici", 2011, reperibile su <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/3190-Articolo-11792-1-10-20130801.pdf>.

avviene una modifica a carico dell'alimento, questa ha lo scopo di far aumentare il profitto del venditore/produttore abbassando i costi di produzione, ma con il rischio di mettere in circolazione prodotti non conformi alle norme vigenti e spesso anche pericolosi per la salute umana. Non sempre però vi è un danno nei confronti del consumatore, che sia danno economico o riguardante la salute⁸.

Anche se può risultare difficile apportare una netta distinzione, a livello legale esistono infatti due categorie di frodi alimentari: le frodi sanitarie e le frodi commerciali. Le frodi sanitarie riguardano casi in cui vi è la probabilità o la certezza di procurare un danno alla salute dei cittadini. L'art. 442 c.p. specifica che le frodi sanitarie possono essere commesse da *“chiunque detiene per il commercio, pone in commercio, ovvero distribuisce per il consumo acque, sostanze o cose che sono state da altri avvelenate, corrotte, adulterate o contraffatte, in modo pericoloso alla salute pubblica”*⁹, nonché, secondo l'art 444 c.p., da *“chiunque detiene per il commercio, pone in commercio, ovvero distribuisce per il consumo sostanze destinate all'alimentazione, non contraffatte né adulterate, ma pericolose alla salute pubblica”*¹⁰. Sono reati di pericolo, in cui non è richiesto un danno concreto da parte delle sostanze adulterate alla salute pubblica, ma basta che vi sia l'attitudine a provocare un nocimento alla salute del consumatore. Se, oltre a ciò, vi sono anche dei danni collaterali alla salute, ricorre un reato più grave.

Le frodi commerciali invece, riguardano tutte quelle azioni fraudolente che interferiscono o possono interferire con l'onesto svolgimento del commercio, andando a ledere i diritti contrattuali del consumatore. I delitti *ex artt. 515 e 516 c.p.* sanzionano la condotta di chi (art. 515) consegna all'acquirente una cosa per un'altra o diversa da quella dichiarata o pattuita per origine (es. pistacchi spacciati per siciliani, quando nell'etichetta in piccolo c'era scritto di provenienza dal Mediterraneo), provenienza (imprenditoriale, es. commerciante sostituisce il marchio del produttore con il suo), qualità (caratteristiche intrinseche, es. olio di oliva vergine lampante spacciato come olio di oliva vergine, carne congelata spacciata per fresca) o quantità (es. venditore che pesa anche gli involucri). In questi casi non si hanno modifiche delle caratteristiche dell'alimento, tali da renderlo dannoso: non vi è un rischio per la salute del consumatore, ma configura come danno economico a suo carico. Vengono messe così in circolazione sostanze alimentari non genuine, fatte passare come tali. Un

⁸ A. Marisa Semeraro, “Frodi alimentari: aspetti tecnici e giuridici”, 2011, reperibile su <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/3190-Articolo-11792-1-10-20130801.pdf>.

⁹ Articolo 442 del codice penale, Regio decreto n. 1398 de 19 ottobre 1930.

¹⁰ Articolo 444 del codice penale, Regio decreto n. 1398 de 19 ottobre 1930.

esempio si ha quando il salumiere pesa l'affettato senza sottrarre la tara dell'involucro, facendo pagare al consumatore più del reale prezzo. Un altro esempio di frode in commercio lo si può riscontrare anche nel mondo della ristorazione, come quando vengono impiegati prodotti surgelati, senza che ve ne sia menzione nel menù¹¹.

Le tipologie di condotte idonee ad integrare le frodi alimentari sono:

ALTERAZIONE: modifiche della composizione del prodotto, che influenzano sia gli aspetti organolettici che nutrizionali. L'alterazione è dovuta spesso ad una cattiva conservazione.

ADULTERAZIONE: condotta fraudolenta che prevede l'aggiunta o la sottrazione, non dichiarata, di elementi del prodotto allo scopo di avere un tornaconto economico. Si modifica la naturale composizione del prodotto, mantenendo però l'aspetto originario.

SOFISTICAZIONE: aggiunta di sostanze estranee all'alimento al fine di migliorarne l'aspetto o per coprirne i difetti.

CONTRAFFAZIONE: azioni fraudolente che prevedono la falsificazione di una sostanza, attraverso un processo di imitazione che conferisce al prodotto i caratteri della genuinità. Vi è la creazione ex novo del prodotto alimentare apparentemente simile a quello originale, ma con caratteristiche qualitative e quantitative diverse.

CORROMPIMENTO: attività diretta a guastare o viziare la naturale composizione di una sostanza, rendendola nociva.

FALSIFICAZIONE: azioni fraudolente che consistono nella sostituzione di un prodotto per un altro¹².

¹¹ Semeraro, *"Frodi alimentari: aspetti tecnici e giuridici"*.

¹² Cfr. Armellini Stefano, slide del corso di istituzione di diritto e diritto dell'alimentazione, Università degli studi di Padova, 2021.

2.3 Caso del pomodoro Petti

Per avere un'idea di cosa sono le contraffazioni e di qual è la loro rilevanza economica si può citare il caso del pomodoro Petti, definito dagli inquirenti come la più grande frode alimentare mai scoperta in Italia fino ad ora, che ha visto indagate sei persone con ruoli diversi all'interno della stessa azienda: passata di pomodoro ottenuta miscelando materia prima locale con pomodoro estero¹³, ma commercializzata come prodotto dichiarato "100% italiano" o addirittura "100% toscano".

"Quelle passate, il pomodoro toscano, non l'hanno nemmeno mai visto", così è stato spiegato dal colonnello Luigi Cortellessa, comandante dei Carabinieri per la Tutela Agroalimentare. L'indagine è nata da un'iniziativa di controllo del settore della filiera agroalimentare che ha portato all'identificazione di una frode commerciale, che andava avanti da almeno un mese.

La passata è il prodotto che veniva spacciato come lavorato da pomodoro italiano o toscano, quando invece era ottenuto dalla lavorazione del concentrato di pomodoro proveniente da paesi extra UE, acquistato come tale ma destinato a un tipo di lavorazione che non veniva indicata in etichetta¹⁴. L'indagine è durata alcune settimane e ha portato al sequestro di circa 3.500 tonnellate di prodotto, tra conserve in bottiglia, vasi in vetro, barattoli, pacchi e brick etichettate come "pomodoro 100% italiano" e/o "100% toscano" e poco meno di 1000 tonnellate di semilavorati e concentrati in fusti e bidoni di origine extra-europea. Il totale dei prodotti sequestrati è stato di circa 4500 tonnellate, per un valore di circa 3 milioni di €. È stato questo l'esito dell'"Operazione Scarlatto" condotta dai Carabinieri per la Tutela Agroalimentare all'interno dello stabilimento produttivo dell'azienda conserviera Italian Food Spa del gruppo Petti.

Gli indagati avrebbero messo in atto una "sistematica produzione e fraudolenta commercializzazione di conserve di pomodoro – principalmente passata di pomodoro di vario tipo e formato con il marchio della nota azienda – falsamente etichettate quale "pomodoro 100% italiano" e/o "pomodoro 100% toscano", destinate poi alla Grande Distribuzione Organizzata (GDO)", spiegano i Carabinieri per la Tutela Agroalimentare in un comunicato. Oltre ai prodotti sono stati anche sequestrati le

¹³ Il fatto alimentare, "*Petti, maxi-sequestro di conserve di pomodoro: prodotti extra-UE venduti come 100% italiani, secondo gli inquirenti. La replica dell'azienda*", Giulia Crepaldi, 2021, reperibile su <https://ilfattoalimentare.it/maxi-sequestro-pomodoro.html>.

¹⁴ Fanpage.it [27 aprile 2021], "*Petti gli inquirenti: il pomodoro non è italiano, è la più grande frode alimentare mai scoperta*" [file video], reperibile su <https://www.youtube.com/watch?v=z1rJcIY8iUA>.

documentazioni contabili, amministrative e di laboratorio di rilevanza investigativa, “in particolare schede di produzione ufficiose e manoscritte, - precisano i militari – dalle quali si evince chiaramente il disegno fraudolento, cioè l’attribuzione al prodotto di caratteristiche di origine e composizione diverse da quelle reali”¹⁵.

¹⁵ Crepaldi, “Petti, maxi-sequestro di conserve di pomodoro: prodotti extra-UE venduti come 100% italiani, secondo gli inquirenti. La replica dell’azienda”.

3. BLOCKCHAIN

3.1 Cos'è la Blockchain

La blockchain è una tecnologia utilizzata in particolar modo all'interno del mondo finanziario, più esattamente nel mondo delle criptovalute, e serve per registrare le transazioni che avvengono tra i vari utenti. La stessa tecnologia può essere applicata anche all'interno del mondo alimentare per registrare i diversi passaggi che un prodotto compie lungo tutta la filiera agroalimentare.

“La tecnologia blockchain venne ideata per la prima volta nel 1991 da un duo di ricercatori americani ed era stata inizialmente pensata per validare i documenti digitali in modo che non fosse possibile retrodarli o manometterli. In pratica una sorta di notaio digitale. Tuttavia, la tecnologia della blockchain rimase inutilizzata fino al 2008, quando venne sfruttata da Satoshi Nakamoto per creare la prima criptovaluta digitale della storia, ovvero il bitcoin”¹⁶.

La blockchain è un archivio digitale decentralizzato immutabile, in grado di memorizzare record di dati ed è consultabile da chiunque faccia parte della rete. Una volta che le informazioni vengono registrate all'interno della rete sono praticamente impossibili da modificare. I dati vengono condivisi su una rete composta da nodi.

La blockchain rappresenta una particolare forma di DLT, ovvero Distributed Ledger Technologies, una serie di tecnologie che utilizza registri distribuiti (“il ledger è un elemento base della contabilità e corrisponde in italiano al libro mastro”¹⁷). I nodi sono nient'altro che dei computer che utilizzano lo stesso software per tenere sotto controllo il registro, per verificare chi ci scrive e cosa ci viene scritto. Il loro compito, quindi, è quello di conservare la memoria del passato e validare le transazioni future. Nel mondo in cui viviamo siamo abituati a lasciare questo compito di memoria a terze parti, come ad esempio alle banche nel caso di transazioni finanziarie.

Il registro blockchain viene conservato e controllato dai singoli computer, i quali ne hanno accesso e ne conservano la memoria. Una cosa molto importante è che il registro viene considerato immutabile;

¹⁶ Cit. Sacha Dominis [23 aprile 2021], “*Che cos'è e come funziona la blockchain, te lo spiego*” [file video], reperibile su https://www.youtube.com/watch?v=sX25z_-zMgI&t=67s.

¹⁷ Cit. Cristian Palusci, “*Bitcoin Facile, Come Investire In Bitcoin In Maniera Efficace e Guadagnare Nel Mercato Delle Valute Digitali Anche Se Non Sai Da Dove Iniziare*”, Bruno Editore, 2019 (TO), pag. 14.

quindi, ogni informazione che viene inserita non può essere modificata. L'insieme è reso possibile grazie ad un sistema di consenso protetto dalla crittografia. Bisogna immaginare il registro blockchain come una serie di blocchi collegati l'uno con l'altro ("blockchain" che in inglese appunto significa catena di blocchi), in cui ciascuno è sempre contenuto all'interno del blocco successivo. Ogni volta che viene aggiunta una nuova transazione, si aggiunge un nuovo blocco, che non può entrare in contrasto con tutti i blocchi che lo precedono cronologicamente¹⁸.

Ogni catena del blocco è caratterizzata da tre elementi:

- **DATI:** vengono memorizzati all'interno del blocco. Il tipo di dati varia in base alla blockchain (es. la blockchain di bitcoin registra i dati di una transazione con il mittente, destinatario e il numero di bitcoin interessati nello scambio);
- **HASH:** stringa di numeri e lettere che identifica il blocco ed il suo contenuto, è sempre unico e specifico per ogni blocco; quindi, ogni qual volta che viene creato un nuovo blocco, viene calcolato anche un nuovo hash. Se qualche dato all'interno del blocco viene modificato, anche l'hash verrà modificato.
- **HASH DEL BLOCCO PRECEDENTE:** la presenza di questo permette di dare origine alla catena. È questo a rendere la catena così sicura.

¹⁸ Christian Ferri, "*Blockchain e Made in Italy, istruzione per l'uso*", Mondadori, 2020 (VR), pag. 25-27.

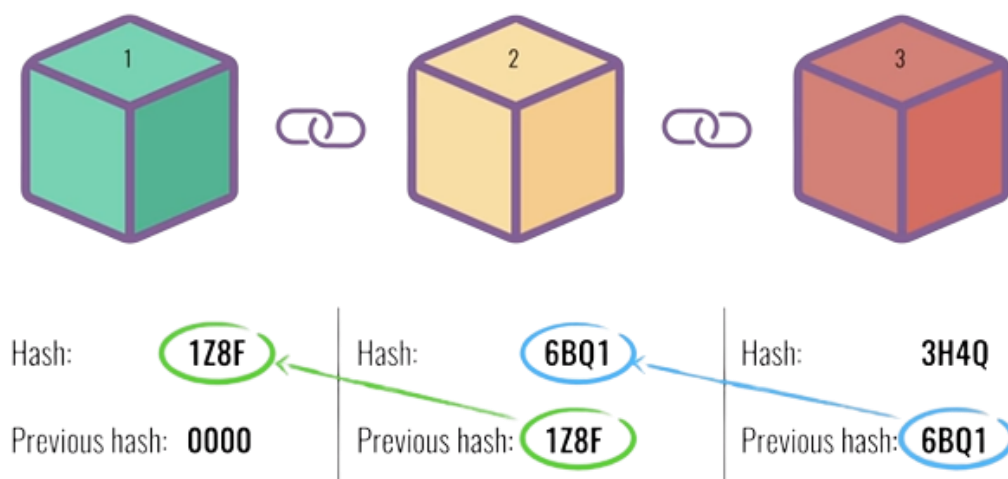


Figura 1 Esempio di una catena di blocchi con hash specifico¹⁹

ESEMPIO. Se il contenuto di un blocco venisse manomesso, l’hash di quel blocco cambierebbe. Di conseguenza il blocco successivo non conterrebbe più l’hash originario del blocco precedente e non sarebbe più valido, compromettendo così anche la validità dei blocchi successivi.

Da soli però gli HASH non bastano (per via della velocità dei computer di oggi che sarebbero in grado, nella teoria di ricalcolare tutti gli hash dei blocchi) e per questo la blockchain utilizza un protocollo crittografico chiamato “proof of work” (prova di lavoro). Questo rappresenta la richiesta di calcoli aggiuntivi, necessaria per rallentare la creazione di nuovi blocchi, e rendere ancora più complesse delle eventuali operazioni di hackeraggio alla blockchain. Nella blockchain di bitcoin occorrono circa dieci minuti di tempo per calcolare la proof of work ed aggiungere quindi un nuovo blocco alla catena. Questo sistema di sicurezza aggiuntivo rende molto difficile la manomissione dei blocchi. Se si volesse manomettere un blocco, infatti, servirebbero tempi eccessivamente lunghi perché oltre a calcolare gli hash, bisognerebbe ricalcolare anche la proof of work di tutti i blocchi seguenti.

Un’altra caratteristica che rende molto sicura la blockchain è la decentralizzazione. Invece di usare un’entità centrale per gestire le catene (o un singolo nodo nel nostro caso), le blockchain usano una rete peer-to-peer, alla quale chiunque può accedere e partecipare. Chi si unisce diventa un nodo

¹⁹ Calsoft, “Getting Started with Blockchain Technology”, Vaibhawi Pasalkar, 2018, reperibile su <https://www.calsoftinc.com/blogs/2018/09/getting-started-with-blockchain-technology.html>.

all'interno della rete e ottiene una copia completa della blockchain per verificare che tutto sia in ordine. Quando un nodo crea un nuovo blocco, questo viene mandato a tutti i nodi della rete. Quest'ultimi verificano la correttezza del blocco per assicurarsi che non sia stato manomesso e se tutto è in ordine, ogni nodo aggiunge questo blocco alla propria blockchain. La convalidazione si basa sull'accordo della maggioranza della rete. Il contrasto con il metodo di scambio tradizionale risulta ancora più forte, dove le sorti delle transazioni passano attraverso enti specializzati come banche centrali e i tribunali (figura 2). Se un nodo invece, aggiunge un blocco che è stato manomesso questo verrà respinto da tutti gli altri nodi della rete, quindi per manomettere la blockchain bisognerebbe manomettere tutti i blocchi della catena, rifare la proof of work per tutta la catena e assumere il controllo di almeno il 50% più 1 della rete, cosa impossibile in termini di tempo e poco conveniente in termini energetici.

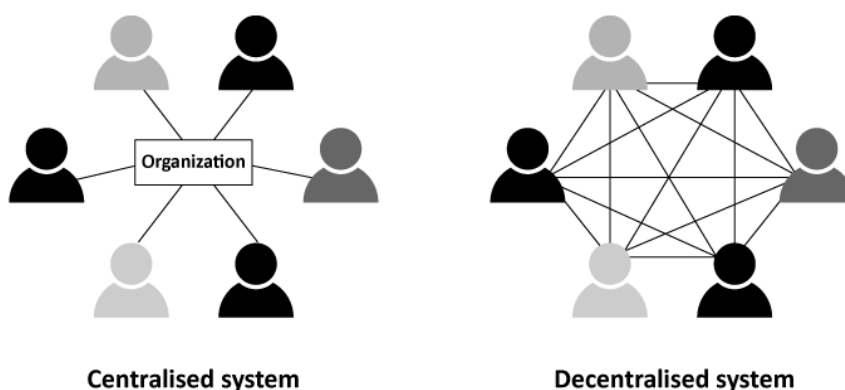


Figura 2 Differenza tra un sistema centralizzato ed un sistema decentralizzato²⁰

Detto ciò, possiamo definire in maniera più esaustiva la blockchain come “registro ospitato da una rete di più computer. Questi computer conservano una memoria del contenuto di questo registro e si occupano, collettivamente, di accertarsi che ogni nuova aggiunta sia in accordo con ciò che la precede”²¹.

²⁰ Co3project, “Perché la Blockchain è una disruptive technology”, Alejandro Blanco, 2019, reperibile su <https://www.projectco3.eu/it/2019/04/08/why-is-blockchain-a-disruptive-technology/>.

²¹ Cit. Christian Ferri, “Blockchain e Made in Italy, istruzione per l'uso”, Mondadori, 2020 (VR), pag. 27.

La Blockchain presenta sette caratteristiche principali:

- digitalizzazione e trasformazione dei dati;
- decentralizzazione: per garantire sicurezza informatica e resilienza dei sistemi, le informazioni vengono registrate distribuendole tra più nodi;
- tracciabilità dei trasferimenti: ogni transazione ed operazione effettuata sul registro è tracciabile in ogni sua parte e se ne può risalire all'esatta provenienza;
- disintermediazione: non vi è la presenza di enti centrali fidati, in quanto le piattaforme permettono di gestire le transazioni senza intermediari;
- trasparenza e verificabilità: ciò che viene scritto all'interno del registro è trasparente e visibile a tutti ed è facilmente consultabile e verificabile;
- immutabilità e del registro: i dati che vengono scritti all'interno del registro, senza il consenso della rete, non possono essere modificati;
- programmabilità dei trasferimenti: possibilità di programmare determinate azioni al verificarsi di determinate condizioni²².

Oggi le blockchain vengono utilizzate per:

- registrare transazione di cripto;
- conservare in sicurezza qualsiasi tipo di dati (contratti digitali-smart contracts, cartelle cliniche, creazione di opere d'arte digitale firmate-NFT)²³.

3.2 DLT

Le DLT, ossia le Distributed Ledger Technologies, sono un gruppo di tecnologie fondate su registri decentralizzati, a cui blockchain appartiene. Ogni tipologia di blockchain, quindi, è una forma particolare di Distributed Ledger Technologies. Appartengono alla categoria delle DLT le tecnologie basate su registri distribuiti, come Bitcoin, criptovalute, gli smart contracts e via dicendo. Grazie alla loro struttura decentralizzata sono in grado di fornire grande trasparenza. Nel caso della Blockchain, oltre al database decentralizzato, viene aggiunta la sicurezza della "catena" di blocchi di dati, che viene certificata da specifici meccanismi crittografici (come nel caso di Bitcoin). La crittografia permette a chiunque voglia di diventare un nodo all'interno della rete, eliminando quindi il bisogno

²² Osservatori.net digital innovation, "La Blockchain spiegata semplice, Definizioni, funzionamento, applicazioni e potenzialità", reperibile su https://blog.osservatori.net/it_it/blockchain-spiegazione-significato-applicazioni.

²³ Dominis, "Che cos'è e come funziona la blockchain, te lo spiego" [file video].

di fiducia nei confronti degli altri nodi. Questi tipi di blockchain sono detti *permissionless* (senza bisogno di permesso) e danno la possibilità a chiunque di partecipare e di portare a termine le transazioni, in quanto questi registri distribuiti sono pubblici e decentralizzati.

Oltre ai registri pubblici però, esistono anche reti distribuite condivise solo all'interno di nodi selezionati, ad esempio come i membri di una filiera produttiva o impiegati di un'azienda. Sono definite *permissioned ledger* (registro autorizzato). In questo caso si va a perdere la possibilità di far partecipare chiunque alla rete e quindi si perde la completa decentralizzazione. Ciò nonostante, le caratteristiche di trasparenza delle transazioni e di immutabilità del registro rimangono²⁴.

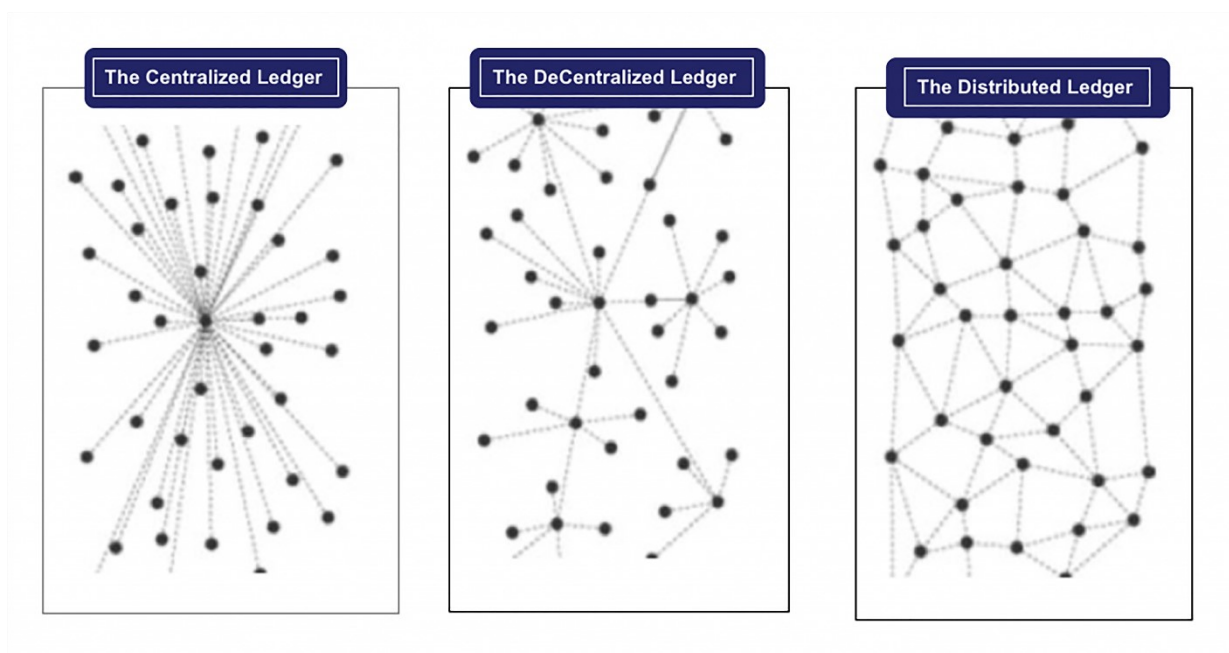


Figura 3 Diverse tipologie di blockchain²⁵

3.3 Smart Contract

Il termine smart contract si traduce a tutti gli effetti come “contratto intelligente”.

Il termine è stato coniato nel 1994 da Nick Szabo, un informatico con competenze giuridiche. Secondo l'art. 1321 del codice civile, “*il contratto è l'accordo tra due o più parti per costituire, regolare o estinguere tra loro un rapporto giuridico patrimoniale*”²⁶, che prevede nella maggior parte

²⁴ Christian Ferri, “*Blockchain e Made in Italy, istruzione per l'uso*”, Mondadori, 2020 (VR), pag. 40-42.

²⁵ Blockchain4innovation, “*Blockchain: cos'è, come funziona e gli ambiti applicativi in Italia*”, Mauro Bellini, 2022, reperibile su <https://www.blockchain4innovation.it/esperti/blockchain-perche-e-così-importante/>.

²⁶ Definizione di contratto, art. 1321 del codice civile.

dei casi quindi uno scambio di un bene o di un servizio con precisi parametri da rispettare. Secondo Szabo, il contratto può essere trasformato in un programma informatico, in modo tale da ridurre al minimo la necessità di controlli esterni e dispute legali e rendendo anche i “rapporti tra le parti più semplici e trasparenti”.

Il termine “intelligente” si riferisce al fatto che le condizioni specifiche del contratto vengono definite sotto forma di codice all’interno di una blockchain (da ricordare che ciò che viene inserito non può più essere eliminato), eliminando quindi la parte cartacea conservata dal notaio²⁷.

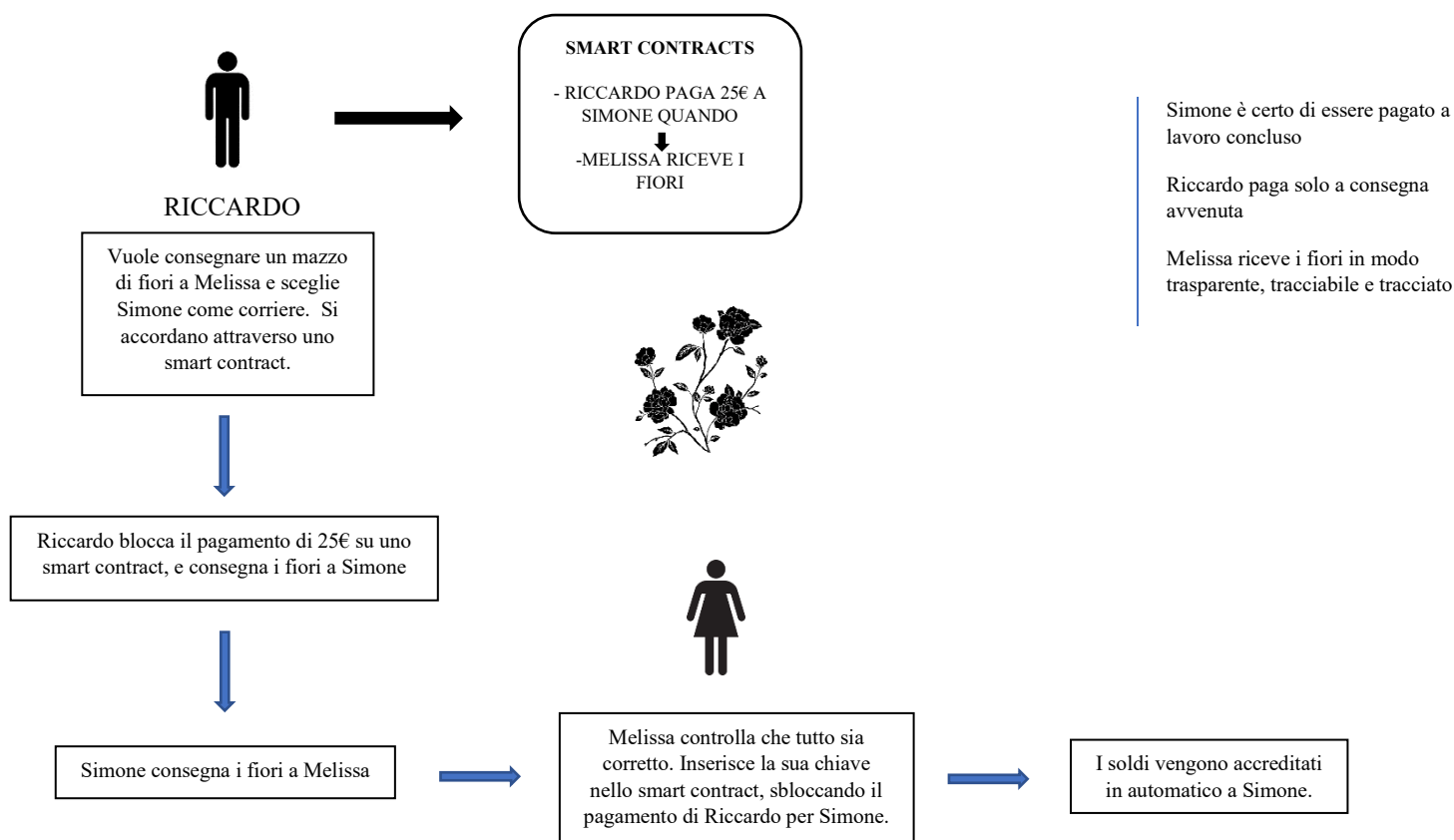
Gli smart contracts possono essere anche utilizzati all’interno della filiera produttiva, ad esempio lungo la catena del freddo nella grande distribuzione del cibo, fondamentale per garantire ai consumatori un prodotto di qualità. In questo caso lo smart contract potrebbe essere utilizzato per assicurarsi che la temperatura non superi mai una certa soglia, e che la catena del freddo, quindi, non venga mai interrotta. Se ciò non avvenisse, e la temperatura rimanesse per troppo tempo al di sopra di un determinato valore, lo smart contract invaliderebbe la transazione prevenendo, in sostanza, le problematiche derivanti da un inadempimento. In questo modo, infatti, le presentazioni contrattuali verrebbero eseguite solo a seguito dell’avvenuto pagamento della controprestazione (di solito un corrispettivo in denaro).

Ciò è possibile tecnicamente perché con gli smart contracts si possono tradurre i contratti in codice. Questo fa sì che non servano soggetti esterni alla transazione per attivare il codice e questo limita la possibilità di conflitti legali, incentivando le persone partecipanti alla transazione a cooperare²⁸.

²⁷ Coinbase, “*Che cos’è uno smart contract?*”, reperibile su https://www.coinbase.com/it/learn/crypto-basics/what-is-a-smartcontract?clickId=39QSPpSa%3AxyIRukTHISCwSkLUkDW1MSdSx2N2o0&utm_source=impact&utm_medium=growthp&utm_campaign=rt_p_m_w_d_acq_imp_gro_aff_adgoal%20GmbH&utm_content=552039&utm_creative=Online%20Tracking%20Link&irgwc=1.

²⁸ Christian Ferri, “*Blockchain e Made in Italy, istruzione per l’uso*”, Mondadori, 2020 (VR), pag. 42-44.

ESEMPIO DI APPLICAZIONE DI UNO SMART CONTRACT²⁹



3.4 Uso pratico della blockchain nei bitcoin

Una persona, conosciuta con lo pseudonimo di “Satoshi Nakamoto”, pubblica nel 2008 un paper (documento di nove pagine che getta le basi della criptovaluta) denominato Bitcoin: “*A peer to peer Electronic Cash System*”. Il testo descrive un metodo per ottenere un sistema di transazioni elettroniche senza che vi sia un rapporto di fiducia fra le parti che compongono la rete.

Bitcoin rappresenta il primo esempio di blockchain permissionless (ovvero a cui tutti possono accedere e validarsi) funzionante. Infatti, l’algoritmo che la fa funzionare non è brevettato o posseduto da qualcuno ma bensì è di pubblico dominio. Inoltre, il registro della blockchain di bitcoin è

²⁹ Esempio preso dal libro di Christian Ferri, “*Blockchain e Made in Italy, istruzione per l’uso*”, Mondadori, 2020 (VR), pag. 45.

totalmente trasparente ed è possibile per chiunque lo desideri verificare le transazioni avvenute, a partire dalla prima datata 3 gennaio 2009.

È importante sottolineare però, che Bitcoin non usufruisce di tutte le potenzialità di blockchain che non si limitano alla sola registrazione di transazioni finanziarie.

Un altro elemento da ricordare è la differenza tra Bitcoin e bitcoin: il primo termine, scritto in maiuscolo, è la sua blockchain, il secondo invece, scritto in minuscolo, è la criptovaluta.

Una criptovaluta è una moneta di scambio, come ad esempio l'euro o il dollaro, che non esiste in forma fisica ma soltanto in forma digitale.

Nel caso delle monete tradizionali, queste vengono emesse e controllate da enti centrali, come banche e governi: l'euro, ad esempio, viene emesso dalla BCE (Banca Centrale Europea), mentre il dollaro dalla Federal Reserve Bank. Per le monete fiat (EUR, USD...), “non c'è niente che dia valore effettivo alla moneta, se non il suo corso forzoso”³⁰.

Il bitcoin invece, viene gestito da un algoritmo che permette di immettere nuova moneta nel mercato e gestisce gli scambi di questa valuta, tutto senza la necessità di intermediari istituzionali centralizzati. Questo rende la criptovaluta, come bitcoin, totalmente decentralizzata. In questo caso il sistema di pagamento è definito peer-to-peer. Questo vuol dire che gli scambi valutari avvengono senza che vi sia la necessità di enti terzi che facciano da tramite per la transazione (come, ad esempio, nel caso di Visa, MasterCard...).

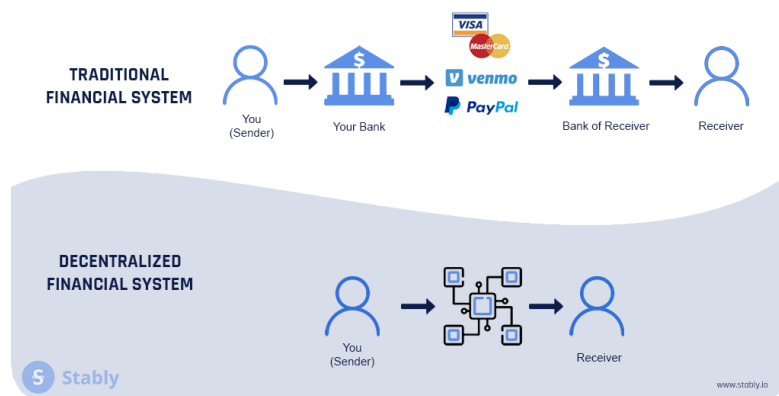


Figura 4 Differenza tra sistema di pagamento tradizionale con sistema di pagamento decentralizzato³¹

³⁰ Cit. Christian Ferri, “Blockchain e Made in Italy, istruzione per l’uso”, Mondadori, 2020 (VR), pag. 50.

³¹ Stably, reperibile su <https://www.stably.io/>.

Chi possiede bitcoin, possiede semplicemente l'accesso ad una "voce" all'interno di un libro mastro pubblico, dove tutti i partecipanti possono vedere a chi corrisponde una determinata quantità di bitcoin. Inoltre, il valore della criptovaluta, a differenza delle monete fiat il cui valore è garantito dalle autorità da cui vengono emesse, è dato dal fatto che qualcuno è disposto ad accettare bitcoin come moneta ed a scambiarli con altre valute, per cui il loro tasso di cambio è deciso esclusivamente dal mercato.

Per far sì che le persone non spendano soldi che non possiedono (problema del "double-spending"), i nodi presenti all'interno della blockchain si impegnano a validare le transazioni precedenti. Questo si chiama Time-stamping distribuito, che garantisce appunto la risoluzione delle transazioni in maniera cronologica, prevenendo quindi il double-spending. Come accennato in precedenza, in una blockchain ogni transazione è inserita all'interno di un "blocco" di informazioni, che è a sua volta collegato al blocco precedente e deve essere in accordo con tutto quello che è accaduto prima.

Se Riccardo scambia tutti i suoi bitcoin, la transazione viene registrata all'interno della catena di blocchi. Essendo Bitcoin pubblico, si può verificare come Riccardo sia entrato in possesso di quei bitcoin, o se ne avesse già spesi altri. Se Riccardo provasse a scambiare di nuovo quei bitcoin già utilizzati, la transazione verrebbe rifiutata dalla rete, in quanto la blockchain ha già registrato che quei bitcoin non appartengono più a Riccardo.

Quando il sistema deve controllare l'accordo tra un nuovo blocco e i blocchi precedenti, viene utilizzata la crittografia. Il sistema utilizzato è chiamato *hash function*: un algoritmo in grado di trasformare qualsiasi dato in una stringa di numeri e lettere composta da 64 caratteri.

Un esempio di hash è il seguente:

"f1c9236a8e2a0fbdf9c5fda691131423ef7d672a36c354dfc1decf19ed606129".

Basta una piccola modifica del dato per ottenere un hash differente.

Ogni nuova transazione viene quindi inserita all'interno di un nuovo blocco della catena, il cui contenuto viene passato attraverso l'hash function. Ogni nuovo blocco contiene anche l'hash function di quello precedente. Se venisse cambiato il contenuto di un blocco, essendo essi collegati tra di loro attraverso l'hash function, vi sarebbe la modifica di tutti gli hash dei blocchi successivi. Diventa quindi fondamentale verificare che ogni nuovo blocco sia in accordo con i blocchi precedenti.

Il procedimento di verifica è chiamato mining. Il mining permette di convalidare i nuovi blocchi, attraverso la risoluzione dell'hash function, i quali successivamente verranno inseriti all'interno della blockchain. È un processo molto complesso, che richiede una grande mole di calcoli estremamente

difficili, che a loro volta necessitano di un'elevata potenza di calcolo e costi energetici molto alti. Per questo motivo, i calcoli vengono effettuati tramite l'aiuto di alcuni utenti della blockchain stessa, denominati "miners".

I partecipanti alla rete, attraverso un complesso algoritmo, si impegnano per andare a risolvere la nuova hash function, rendendo possibile la verifica.

Per completare questa funzione, oggi vengono progettati dei computer specializzati nel risolvere questo problema informatico. I miners quindi, attraverso l'installazione di un apposito software, mettono a disposizione la forza di calcolo dei loro computer per verificare, attraverso la risoluzione di operazioni matematiche difficilissime, la correttezza di grossi gruppi di transazioni (blocchi).

Per convalidare una transazione in bitcoin è necessaria l'approvazione della maggioranza degli utenti della rete.

Il primo computer che riesce a risolvere i calcoli condivide la risposta con tutti gli altri ed ottiene una ricompensa in bitcoin, immettendo nuova moneta sul mercato. In questo modo i miners sono incentivati a mettere a disposizione la forza di calcolo dei loro computer per preservare l'integrità della blockchain.

Inizialmente la risoluzione di un blocco di operazione generava 50 bitcoin, ma questa cifra è andata via via diminuendo. L'algoritmo di bitcoin prevede infatti che la quantità di moneta generata si dimezzi ogni 210.000 blocchi generati, ciò vuol dire che ad un certo punto non sarà più possibile creare nuovi bitcoin³².

Questo tipo di sistema si chiama Proof of Work. Con l'aumentare del numero di transazioni e di blocchi presenti nel registro, diventa sempre più complesso risolvere l'algoritmo e le ricompense diminuiscono di valore. La caratteristica principale di bitcoin è quella di avere una quantità massima di moneta in circolazione, corrispondente a 21 milioni. Questa caratteristica rende bitcoin una moneta deflazionaria, ovvero che i prezzi e le retribuzioni tendono a scendere. Quando verrà raggiunta la quantità massima di bitcoin, i miners verranno ricompensati dai soli costi di transazione. Ogni qual volta che si fa una transazione, è possibile velocizzarla aggiungendo un incentivo, ossia il costo di transazione. Possiamo paragonare il costo di transazione alla tassa pagata dall'utente all'emittente di una carta di credito per permettere di utilizzare il suo sistema di pagamento.

³² Sacha Dominis, [1° maggio 2019], "*Cosa sono e come funzionano i bitcoin, te lo spiego*", [file video], reperibile su <https://www.youtube.com/watch?v=G6OgoDEv1y0>.

Una cosa importante da sottolineare è il fatto dell'anonimato. Gli utenti, infatti, vengono identificati attraverso un indirizzo specifico all'interno della blockchain, simile ad un iban bancario.

L'indirizzo è composto da un codice alfanumerico, ad esempio:

1BDcyPGmhwLMWuAo64X9QPMJLt5q8wFMLR.

Chiunque può inviare bitcoin ad un indirizzo, ma solo il possessore poi può accedervi e spostare i suoi bitcoin da lì.

Si potrebbe percepire che i partecipanti alla blockchain sono anonimi, in realtà la blockchain garantisce un anonimato parziale. La corrispondenza degli indirizzi rimane anonima, mentre tutte le transazioni e gli indirizzi sono pubblici, ovvero che chiunque può vedere le transazioni all'interno della blockchain, questo perché la blockchain è pubblica e trasparente; quindi, se sappiamo a chi corrisponde un determinato indirizzo, si potrebbe tranquillamente andare a verificare lo storico di tutte le transazioni collegate a quell'indirizzo.

Questo sistema però presenta una vulnerabilità: se una persona possedesse più del 50% della potenza di calcolo della blockchain di bitcoin, potrebbe usare la sua maggioranza per validare transazioni false. Grazie però alla grandezza della rete di Bitcoin, questo è praticamente impossibile³³.

3.5 Approccio dell'Europa nei confronti delle DLT e la legge 12/2019

In seguito alla grande esplosione del fenomeno blockchain ed al suo continuo diffuso utilizzo, si è manifestata l'esigenza di intervenire a livello legislativo per regolare il fenomeno, sia da parte dell'Unione Europea che dai singoli Stati membri.

La Risoluzione del 3 ottobre 2018 intitolata "*Tecnologie di registro distribuito e blockchain: creare fiducia attraverso la disintermediazione*" ha chiarito che la blockchain può interessare ed essere applicata a diversi settori, tra cui quello finanziario, trasporti, istruzione, catene di approvvigionamento, settore sanitario, industrie creative e diritti d'autore ed anche nelle applicazioni a basso consumo e rispettose dell'ambiente.

Come definito dalla Risoluzione dell'Unione Europea, le DLT³⁴ sono uno strumento in grado di "*definire un quadro di trasparenza, ridurre la corruzione, rilevare l'evasione fiscale, consentire la tracciabilità dei pagamenti illeciti, agevolare le politiche antiriciclaggio e individuare l'appropriazione inedita dei beni*", in quanto sono in grado di registrare tutte le transazioni in maniera

³³ Christian Ferri, "*Blockchain e Made in Italy, istruzione per l'uso*", Mondadori, 2020 (VR), pag. 48-57.

³⁴ Per questa nozione v. supra sub § 3.2.

cronologica e sicura, rendendo tutto quello che viene inserito all'interno immutabile e verificabile. Inoltre, sempre secondo la normativa europea del 3 ottobre 2018, la blockchain e le DLT in generale *“possono costituire uno strumento che rafforza l'autonomia dei cittadini dando loro l'opportunità di controllare i propri dati e decidere quali condividere nel registro, nonché la possibilità di scegliere chi possa vedere tali dati”*. In aggiunta le DLT possono *“democratizzare i dati e rafforzare la fiducia e la trasparenza, fornendo un percorso sicuro per l'esecuzione delle transazioni”*. Grazie alla trasparenza dei registri, quindi, la fiducia nei confronti del cittadino aumenterebbe e si creerebbe un sistema in cui la presenza di soggetti terzi che fanno da intermediari per le transazioni non sarà più necessaria, eliminando quindi anche i costi di intermediazione che vi sono attualmente nel sistema tradizionale delle transazioni³⁵. Come osservato da Angelo Alù, Consigliere Internet Society Italia, *“a tal fine, viene auspicato l'adeguamento del quadro giuridico-normativo vigente a tali innovazioni, per assicurare la “certezza del diritto” e “il rispetto del principio della neutralità tecnologica”, mediante la definizione di strategie finalizzate ad incrementare il livello delle competenze digitali e favorire la diffusione generalizzata di tale tecnologia”*³⁶.

Per quanto riguarda l'Italia, il legislatore italiano non ha voluto dare una definizione precisa di blockchain, ma ha voluto comprendere tutto l'insieme di tecnologie basate su registri distribuiti, senza apportare specifiche distinzioni tra blockchain e DLT o tra blockchain pubbliche, private e ibride. Come stabilisce la legge dell'11 febbraio 2019, n.12, art. 8 ter comma 1, *“ Si definiscono «tecnologie basate su registri distribuiti» le tecnologie e i protocolli informatici che usano un registro condiviso, distribuito, replicabile, accessibile simultaneamente, architetturealmente decentralizzato su basi crittografiche, tali da consentire la registrazione, la convalida, l'aggiornamento e l'archiviazione di dati sia in chiaro che ulteriormente protetti da crittografia verificabili da ciascun partecipante, non alterabili e non modificabili”*.

Il comma 2 continua dando una definizione di smart contract. L'art. 8 infatti, *“definisce «smart contract» un programma per elaboratore che opera su tecnologie basate su registri distribuiti e la cui esecuzione vincola automaticamente due o più parti sulla base di effetti predefiniti dalle stesse.*

³⁵ Risoluzione del Parlamento europeo del 3 ottobre 2018, *“Tecnologie di registro distribuito e blockchain: creare fiducia attraverso la disintermediazione”*, reperibile su https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2018-0373_IT.html.

³⁶ Cit. Agenda Digitale, *“Blockchain, le principali normative nazionali al mondo”*, Angelo Alù, 2019, reperibile su https://www.agendadigitale.eu/documenti/normativa-blockchain-le-principali-iniziative-nazionali/#Lapproccio_dellUnione_europea.

Gli smart contract soddisfano il requisito della forma scritta previa identificazione informatica delle parti interessate, attraverso un processo avente i requisiti fissati dall'Agenzia per l'Italia digitale con linee guida da adottare entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore della legge di conversione del presente decreto". Sarà dunque fondamentale l'intervento dell'Agenzia per l'Italia digitale per stabilire quali smart contract soddisferanno il requisito della forma scritta, che risulta essenziale o necessario per la stipula di determinati contratti, e quali invece no.

La normativa italiana del già citato art. 8 ter L. 12/2019 continua con il comma 3 affermando che *"La memorizzazione di un documento informatico attraverso l'uso di tecnologie basate su registri distribuiti produce gli effetti giuridici della validazione temporale elettronica di cui all'articolo 41 del regolamento (UE) n. 910/2014 [...]"*, affermando inoltre nel comma 4 che *"Entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore della legge di conversione del presente decreto, l'Agenzia per l'Italia digitale individua gli standard tecnici che le tecnologie basate su registri distribuiti debbono possedere ai fini della produzione degli effetti di cui al comma 3"*.

Da ciò si intuisce che l'unico effetto giuridico riconosciuto è quello della validazione temporale elettronica. Spetta quindi all'Agenzia per l'Italia digitale individuare quali tra le tecnologie a registro distribuito sono idonee a produrre tale effetto della validazione temporale e quali DLT invece, non sono in grado³⁷.

3.6 Alcuni dati relativi alla blockchain e alla tracciabilità alimentare³⁸

Nel capitolo che segue verranno illustrati una serie di dati frutto della ricerca degli "Osservatori Digital Innovation", che fanno parte integrante della School of Management del Politecnico di Milano.

La tracciabilità continua ad essere un mercato di forte innovazione. Nel mondo il mercato delle soluzioni per la tracciabilità alimentare è in continuo sviluppo, con un tasso annuo di crescita del 10,2%. Nel 2020 sono stati investiti in ricerca oltre 4,54 mld di dollari e si stima di arrivare a 9,75 mld di dollari nel 2028.

³⁷ Legge dell'11 febbraio 2019, n. 12, art. 8 ter *"Tecnologie basate su registri distribuiti e smart contract"*, reperibile su <https://def.finanze.it/DocTribFrontend/getAttoNormativoDetail.do?ACTION=getArticolo&id={02ABFD43-08A6-4605-B233-899C3E8E043C}&codiceOrdinamento=200000800000300&articolo=Articolo%208%20ter>.

³⁸ I dati sono stati raccolti attraverso la partecipazione al convegno *"Smart Agrifood: raccogliamo i frutti dell'innovazione digitale!"*, 15 marzo 2022, School of Management – Politecnico di Milano.

In Italia è presente una forte innovazione, infatti l'89% delle aziende utilizzano soluzioni digitali per la tracciabilità alimentare ed il 47% delle aziende investiranno in innovazione per la tracciabilità nei prossimi 3 anni. Attualmente sono presenti oltre 150 soluzioni specifiche per la tracciabilità alimentare. Il 50% di questi si basa su software gestionali e tecnologie "di base", mentre il restante 50% utilizza tecnologie 4.0 (IoT, Cloud, Blockchain, Big Data Analytics).

Vediamo adesso alcuni esempi di tecnologie digitali per la tracciabilità alimentare:

1. **TECNOLOGIE MOBILI E WEB:** per agevolare la raccolta e la condivisione dei dati:

- **CONSORZIO DEL CIOCCOLATO DI MODICA:** utilizzo del passaporto digitale, composto da fascette anticontraffazione a mobile app, per proteggere il prodotto dalle contraffazioni e valorizzarlo verso il consumatore finale;
- **LATTERIA SOCIALE VALTELLINA:** utilizzo di app per lo scambio di dati fra latteria e allevatori per agevolare il controllo qualità e il coordinamento tra gli attori della filiera;
- **CONSORZIO DEL PROSCIUTTO SAN DANIELE:** piattaforma web in cui confluiscono le informazioni di filiera raccolte tramite dispositivi mobili;

2. **INTERNET OF THINGS:** per registrare automaticamente i dati, aumentare la precisione e consentire interventi in real-time:

- **SALUMIFICIO BONAZZA:** sensori sui mezzi di trasporto per localizzazione del prodotto e monitoraggio condizioni di trasporto, e una piattaforma web per condivisione dati con enti di controllo;
- **BUONDIOLI:** sensori in campo che raccolgono dati su operazioni colturali, che vengono integrati con dati ulteriori su processi produttivi per garantire la tracciabilità;

3. **BLOCKCHAIN:** Per rendere Immutabili i dati registrati:

- **ALCE NERO:** utilizzo della Blockchain per certificare l'origine dell'olio EVO 100% italiano DOP e biologico;
- **SEGAFREDO:** progetto in partnership con Farmer Connect per garantire la sostenibilità del caffè;

- REGIONE LOMBARDIA: sperimentazione dal 2019 basata su tecnologia Blockchain per garantire la tracciabilità dei prodotti di origine animale;
- REGIONE ABRUZZO: iniziativa per la tracciabilità di alcuni prodotti DOP e IGP grazie ad un sistema agricolo regionale informatizzato.

Esistono diversi fattori che spingono le aziende alla continua ricerca di innovazione, tra cui:

- migliorare i processi di track&trace per la food safety;
- migliorare l'efficienza dei processi di supply chain, visibilità e coordinamento;
- rendere più efficienti i processi di audit e certificazione;
- migliorare i processi di verifica e controllo delle pratiche di sostenibilità;
- interesse crescente per le informazioni sul prodotto, valorizzazione della qualità.

Negli anni le esigenze della clientela sono cambiate e ad oggi le informazioni più ricercate per i consumatori (grafico 1), ma che allo stesso tempo sono anche quelle più rilevanti, sono:

- provenienza materia prima;
- italianità del marchio;
- marchio di qualità;
- sostenibilità;
- residui;
- metodi produttivi;
- identità produttore;
- allergeni.

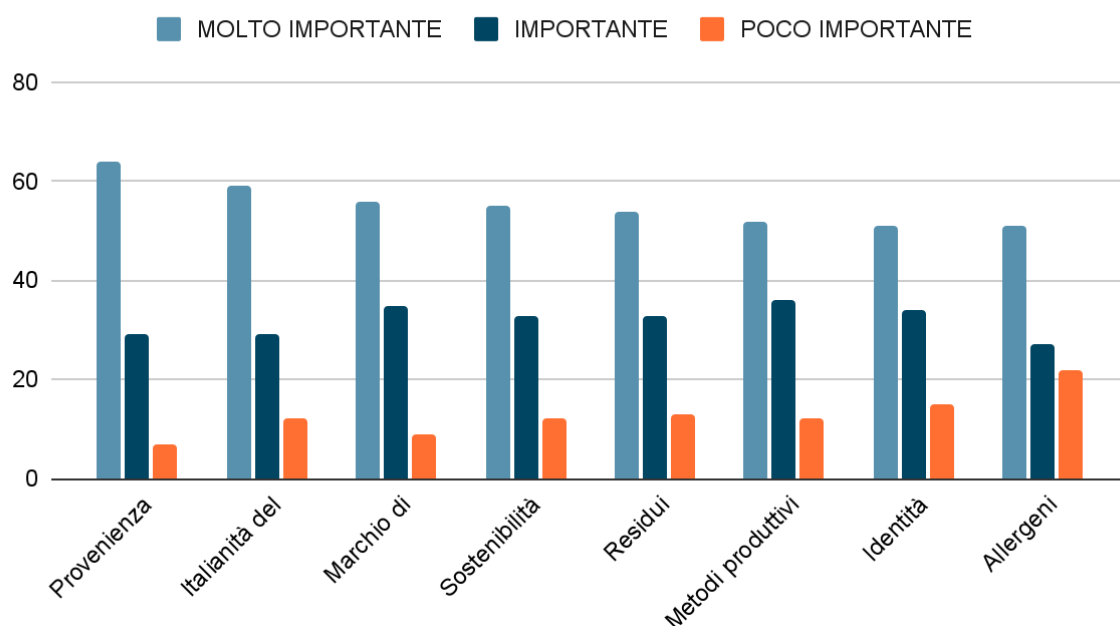


Grafico 1 Le informazioni più ricercate dai consumatori

Per i consumatori vi sono determinate categorie di prodotti di maggiore interesse, alle quali viene posta maggiore attenzione per diversi motivi. Questo interesse è dato da aspetti collegabili alla salute, sicurezza e sostenibilità per i prodotti di origine animale. Mentre per l'ortofrutta e l'olio d'oliva è importante anche l'origine stessa del prodotto. Le seguenti percentuali si riferiscono all'interesse che vi è da parte dei consumatori nel cercare informazioni sulle seguenti categorie di prodotti.

- Carne → 78%
- Pesce → 54%
- Ortofrutta → 50%
- Olio d'oliva → 46%
- Salumi e Insaccati → 40%
- Latte → 39%
- Formaggi → 35%
- Pasta → 26%

La frequenza con cui il consumatore italiano cerca informazioni sulla tracciabilità è variabile. Nella maggior parte dei casi il consumatore si informa, mentre una piccola percentuale non si interessa e non ricerca informazioni (grafico 2).

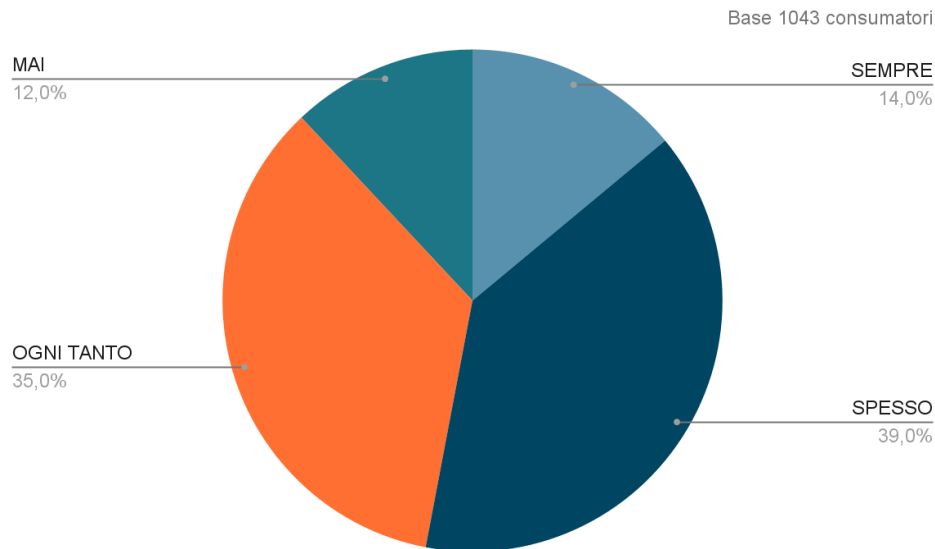


Grafico 2 Frequenza con cui i consumatori cercano informazioni sulla tracciabilità alimentare

Gli strumenti digitali più utilizzati per le ricerche dai consumatori sono i siti web, i social e le piattaforme (di terzi), i Qr code, canali social e NFC (Near Field Communication). In un sondaggio, con una base di 1043 consumatori è emerso che il 76% degli intervistati ha utilizzato occasionalmente uno strumento digitale.

La tracciabilità diventa un elemento importante per i consumatori italiani nel momento dell'acquisto di beni alimentari. Gli strumenti digitali però non sono ancora utilizzati pienamente.

Nel contesto agroalimentare la conoscenza della blockchain da parte del consumatore italiano varia molto. Infatti, sempre sulla base di 1043 consumatori, il 60% non ne ha mai sentito parlare, il 23% ne ha sentito parlare ma non la conosce bene, l'11% ha sentito parlare di blockchain in altri contesti, mentre il restante 6% ne ha sentito parlare nel contesto agroalimentare.

A 417 consumatori che conoscono la blockchain è stata posta una duplice domanda. La prima domanda (grafico 3) chiedeva se secondo loro la blockchain consente effettivamente di avere alimenti

più sicuri. Una buona percentuale di persone si è trovata in accordo, mentre un percentuale bassa di persone no.

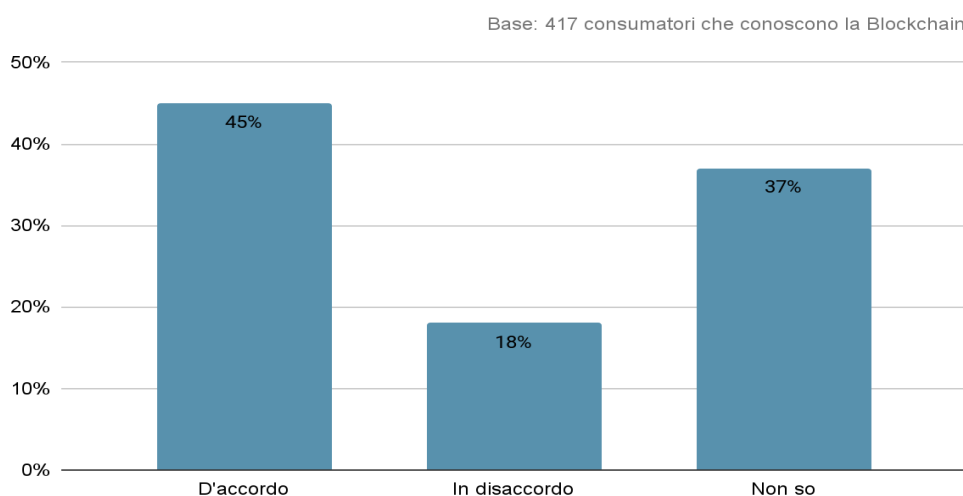


Grafico 3 Sondaggio con base 417 consumatori sull'efficacia della blockchain in ambito alimentare

La seconda domanda (grafico 4) invece chiedeva se la blockchain abilita ad informazioni più affidabili. Anche in questo caso, come prima, la maggior parte dei consumatori intervistati si è trovata in accordo.

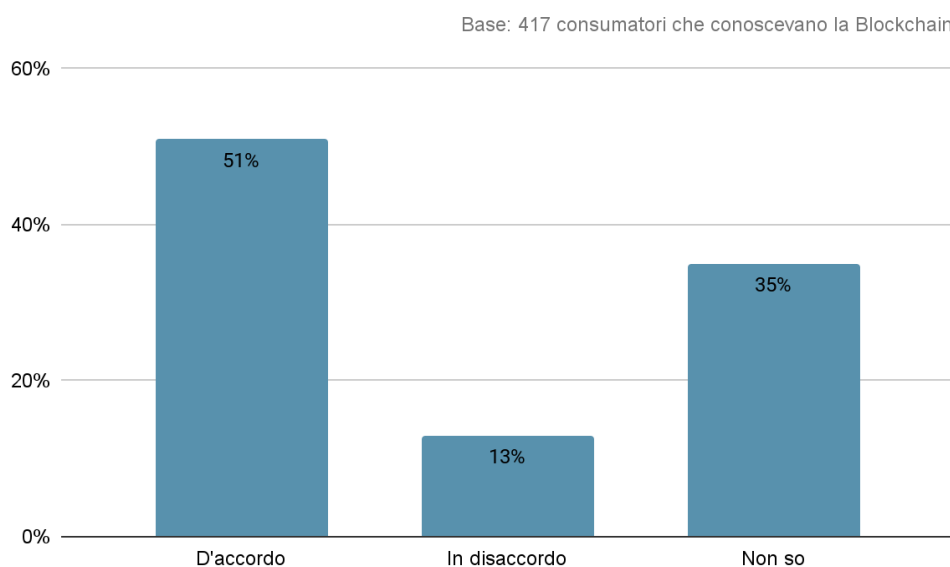


Grafico 4 Sondaggio con base 417 consumatori sull'affidabilità dell'informazioni

Ecco ora un piccolo grafico che riporta l'evoluzione che c'è stata dei progetti blockchain nell'agrifood dal 2016 (grafico 5).

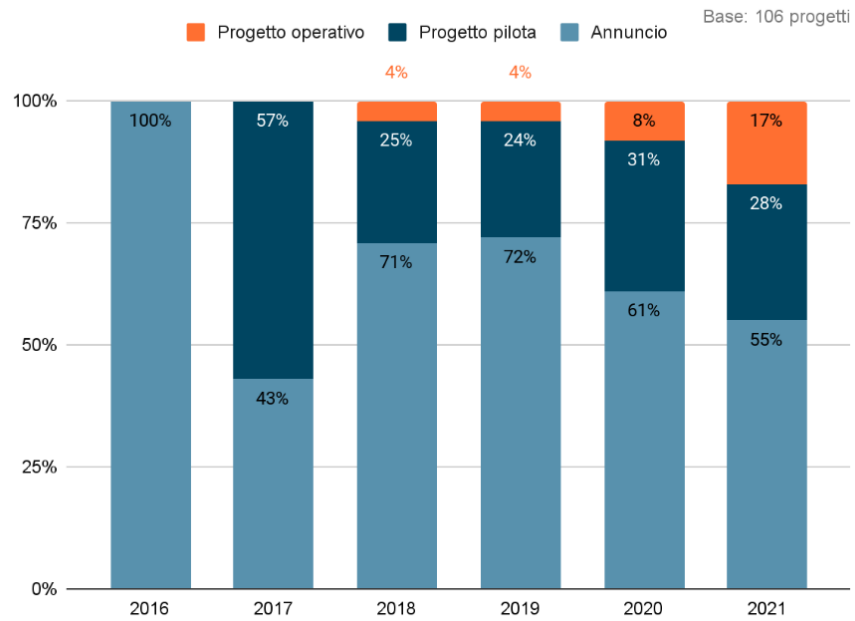
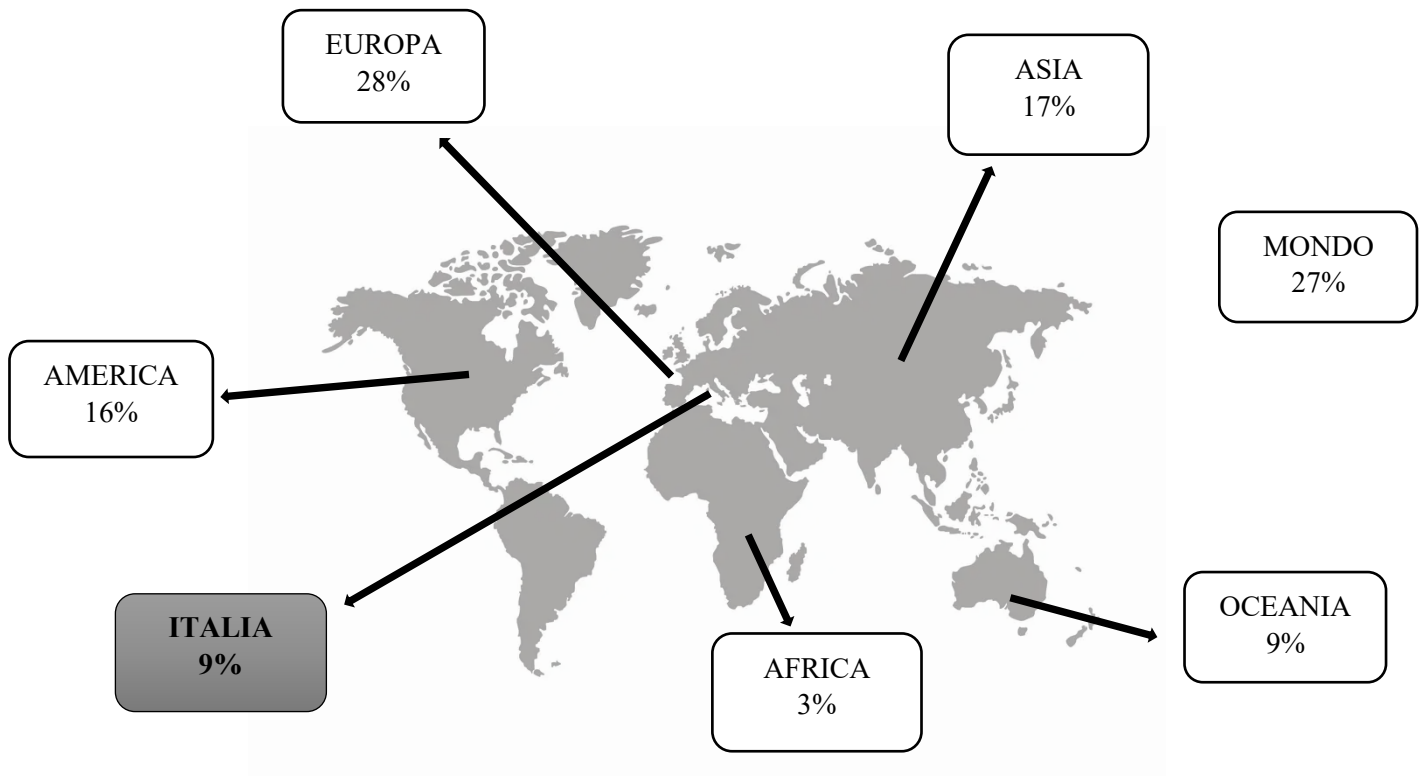


Grafico 5 Evoluzione dei progetti blockchain nell'agrifood

Distribuzione geografica dei progetti blockchain nell'agrifood.



4. BLOCKCHAIN NELL'AMBITO ALIMENTARE

4.1 Applicazione nel settore alimentare

In Italia il digitale sta facendo sempre più strada all'interno del settore agroalimentare. Il mercato italiano dell'agricoltura 4.0³⁹ è in continua crescita, tra tecnologie che migliorano la qualità e la sostenibilità delle coltivazioni, soluzioni per la competitività delle aziende ed innovazioni per la tracciabilità dei prodotti. Nel 2019 ha raggiunto un valore di 450 milioni di € (+22% rispetto al 2018, il 5% del mercato globale), concentrandosi in parte sui sistemi di monitoraggio e controllo (39% della spesa), software gestionali (20%) e macchinari connessi (14%), seguiti da sistemi di monitoraggio da remoto dei terreni (10%), di mappatura (9%) e di supporto alle decisioni (5%)⁴⁰.

La rintracciabilità alimentare, nonostante l'evoluzione degli interventi normativi e l'applicazione di regole generali in materia di etichettatura, continua a presentare delle notevoli differenze nei diversi prodotti. La fitta rete di aziende e la loro autonomia rende difficile l'adozione di metodologie standard di condivisione dei dati. In Italia, il gran numero di interessi differenti causa un aumento dei costi di transazione, rendendo il tessuto imprenditoriale meno competitivo nei confronti dei grandi colossi esteri, che beneficiano della forte integrazione verticale di più parti della filiera produttiva (es. Cargill). Inoltre, a causa del gran numero di passaggi che interessano alcune tipologie di prodotti, risulta difficile per l'azienda finale andare a certificare in maniera corretta e completa l'origine del prodotto al consumatore.

Con l'utilizzo delle tecnologie distribuite, non soltanto ci sarebbe la possibilità di verificare che il prodotto sia sicuro per il consumatore, ma anche che il trasporto sia avvenuto in maniera corretta, permettendo così di risalire in maniera dettagliata all'origine dei diversi ingredienti, come ad esempio il tipo di farina utilizzata per produrre una tipologia di pasta. Un sistema di rintracciabilità completo,

³⁹ Secondo Francesco Maria Rizzi, ricercatore dell'Osservatorio Smart Agrifood, per Agricoltura 4.0 si intende *“l'evoluzione dell'agricoltura di precisione, realizzata attraverso la raccolta automatica, l'integrazione e l'analisi di dati provenienti dal campo, da sensori e da qualsiasi altra fonte terza”*, reperibile su https://blog.osservatori.net/it_it/agricoltura-4.0-significato#:~:text=ARTICOLI%20%3E%20Smart%20AgriFood-.Che%20cos%27A8%20l'Agricoltura%204.0%3A%20il,Glossario%20dell'Osservatorio%20Smart%20Agrifood&text=Con%20il%20termine%20%E2%80%9CAgricoltura%204.0,da%20qualsiasi%20altra%20fonte%20terza.

⁴⁰ Redazione imprese del sud, *“Agricoltura 4.0: boom della blockchain per la tracciabilità”*, 2020, reperibile su <https://www.impresedel sud.it/agricoltura-4-0-boom-della-blockchain-per-la-tracciabilita/>.

che permette di verificare la storicità di un prodotto, può essere realizzato attraverso l'utilizzo della blockchain.

Il rapporto di fiducia e convenienza gioca un ruolo fondamentale tra i vari segmenti della filiera produttiva (chi fornisce le materie prime, chi crea il prodotto, chi mette sul mercato il prodotto). Come le diverse parti di una filiera si fidano tra loro, anche il consumatore finale deve potersi fidare della qualità del prodotto che va ad acquistare. Nel mondo alimentare, ad esempio, le grandi imprese o le cooperative raccolgono le materie prime da un numero ampio di piccoli fornitori e la trasformano nel prodotto finito, destinato poi alla grande distribuzione. Un consumatore, nel momento in cui acquista un qualsiasi prodotto, ripone la sua fiducia nell'azienda da cui tale prodotto deriva, la quale a sua volta ha posto fiducia nei suoi fornitori primari. Sono numerosi però, i casi in cui a causa dei comportamenti fraudolenti posti in essere di qualche soggetto (contraffazione, certificazioni false, mancato rispetto delle normative...), a fini di lucro, si è persa la fiducia che c'era tra azienda e consumatore. Nonostante i numerosi controlli, risulta impossibile prevenire ogni tipo di frode, in quanto le agenzie di contrasto statale ed il monitoraggio sui fornitori presentano anch'essi dei limiti. Il bisogno di fiducia che ci deve essere tra consumatore e produttore si può colmare attraverso l'utilizzo di una semplice struttura decentralizzata. Le DLT (Distributed Ledger Technologies), infatti, sono in grado di coprire l'intera filiera produttiva, permettendo di certificare qualità e origine del prodotto. Gli smart contracts⁴¹, ad esempio, permettono alle aziende di investire in trasparenza, tutelando il proprio lavoro senza che vi sia alcuna forma di burocrazia o intervento statale. Con l'utilizzo di queste tecnologie le aziende sono in grado di certificare l'origine dei propri prodotti e i diversi trattamenti effettuati, permettendo al consumatore stesso di conoscere l'intera storia di un prodotto. Questo permette di aumentare la trasparenza del percorso di un singolo prodotto e la fiducia nei confronti dell'azienda produttrice.

In una filiera produttiva, le diverse aziende rappresentano i nodi della rete, tra cui avvengono le transazioni. Gli smart contracts permettono ai prodotti di passare al passaggio successivo solo se vengono rispettati determinati parametri (es. temperatura di una cella, luogo di produzione). Se ciò non avviene, il prodotto non può passare allo step successivo. Grazie a questo sistema diventa praticamente impossibile imbrogliare le carte, perché tutti i membri della filiera fino al consumatore

⁴¹ Per questa nozione v. supra sub § 3.3.

finale, possono verificare il percorso che il singolo prodotto ha fatto. Infatti, la blockchain raccoglie e custodisce tutti i dati che derivano dalle diverse lavorazioni che un prodotto subisce.

La blockchain, fungendo da registro immutabile, trova utilizzo in diversi casi, tra cui: approvvigionamento, processi di produzione, controllo della qualità degli alimenti e delle fasi di trasporto, gestione dei resi e riutilizzo dei rifiuti. La blockchain potrebbe essere utilizzata anche da supporto per l'applicazione del protocollo HACCP (Hazard analysis and critical control points), che è uno degli strumenti utilizzati per garantire la sicurezza in ambito alimentare. Tracciando i passaggi della preparazione degli alimenti si è in grado di presentare al consumatore un prodotto realizzato e controllato nel rispetto di standard stabiliti⁴².

Il cliente, avendo l'accesso ad una app collegata alla blockchain, può verificare tutte le varie informazioni e seguire il percorso del prodotto. Grazie all'immutabilità delle transazioni e alla loro trasparenza, il che significa che chiunque può verificare quello che succede ad un prodotto, quella mancanza di fiducia che vi poteva essere tra le diverse aziende e tra consumatore e produttore, viene prevenuta dal fatto che con questo sistema i singoli membri della filiera possono verificare l'operato altrui in tempo reale. In questa situazione sarebbe controproducente non monitorare e cooperare, in quanto le aziende causerebbero un danno a tutta la filiera produttiva.

La blockchain, quindi, permette di migliorare il rapporto e la fiducia tra i vari membri della filiera, riducendo la necessità di enti statali di controllo. Inoltre, grazie ad un semplice QR code presente in ogni prodotto, il consumatore attraverso una semplice scannerizzazione con il proprio telefonino o cellulare, potrà visualizzare tutta la storia del prodotto che sta per acquistare, direttamente dal palmo della propria mano. In un sistema come quello attuale in cui il consumatore è più colto che in passato e attento all'origine e alla qualità del prodotto, sarà sicuramente più incentivato ad acquistare un prodotto che garantisce una trasparenza maggiore e quante più informazioni sulla sua origine e lavorazione, e verosimilmente sarà anche più disponibile a pagare una cifra più alta per l'acquisto del prodotto.

Anche per le aziende sarà più semplice monitorare il percorso che un singolo prodotto compie per verificare che tutto sia avvenuto correttamente. Ad esempio, se un prodotto non ha rispettato la catena

⁴² Rivista di diritto alimentare, “*Gli utilizzi della blockchain e dell’Internet of Things nel settore degli alimenti*”, Giuseppe Spoto, 2019, reperibile su <http://www.rivistadirittoalimentare.it/rivista/2019-01/SPOTO.pdf>.

del freddo, attualmente è quasi impossibile risalire al colpevole ed all'esatto istante in cui questa si è interrotta. Spesso i contratti tra fornitori e commercianti stabiliscono un'attribuzione delle colpe di default. Con l'utilizzo di un sistema decentralizzato, la supply chain potrebbe essere sviluppata in modo da monitorare con precisione il rilevamento della temperatura durante la catena del freddo, risalendo in questo modo al momento esatto in cui questa si spezza, evidenziando così anche eventuali punti deboli e scovando in questo modo il colpevole. Anche nel caso degli imballaggi, ad esempio, se non rispettano gli standard stabiliti, posso in quanto nodo, interrompere la transazione. In questo modo la merce non conforme non viene passata fino al consumatore finale.

Un registro distribuito offre anche altri vantaggi. La grande quantità di dati raccolti aiuta nell'ottimizzazione degli spostamenti, delle tempistiche nelle consegne e nei controlli delle scadenze, rendendo il trasporto dei prodotti più celere ed efficace. Questo grazie anche alla sostituzione di tutta la documentazione cartacea di accompagnamento della merce con la digitalizzazione dei documenti. La blockchain fungerebbe così anche da sistema di raccolta delle informazioni documentali. In caso di necessità ci sarebbe la possibilità di rintracciare velocemente lotti specifici in qualsiasi fase, individuando prodotti scaduti o contaminati, eliminandoli dalla distribuzione. Le DLT⁴³ rappresentano una struttura distribuita con particolari benefici grazie alla sua trasparenza. Non bisogna dimenticare però che in primo luogo sono un sistema di conservazione dei dati; quindi, non bisogna sottovalutare l'accuratezza con cui questi dati vengono raccolti⁴⁴.

4.2 Uso pratico della blockchain: il caso Carrefour

Carrefour Italia è la prima GDO in Italia ad applicare la tecnologia blockchain alla tracciabilità dei beni alimentari. Il gruppo Carrefour rappresenta il primo distributore in Europa e secondo nel Mondo, con un fatturato globale in costante crescita.

Nel 2017 Carrefour, ha deciso di migliorare il rapporto con il cliente e di investire in trasparenza, permettendo al cliente stesso di verificare e consultare le diverse filiere produttive dei prodotti a marchio.

Per questo motivo ha costruito un team di lavoro formato da sette persone con l'obiettivo, dodici mesi dopo, di presentare al pubblico un progetto blockchain per la tracciabilità che mi accingo a descrivere,

⁴³ Per questa nozione v. supra sub § 3.2.

⁴⁴ Christian Ferri, "*Blockchain e Made in Italy, istruzione per l'uso*", Mondadori, 2020 (VR), pag. 67-74.

avendo preso le informazioni principalmente dal libro “Blockchain e Made in Italy”, di Christian Ferri e dal sito di Carrefour.

Carrefour ha puntato inizialmente a rendere digitale la tracciabilità dell’intera filiera del pollo allevato all’aperto e senza antibiotici, consultabile appunto dal consumatore finale in maniera completamente trasparente. Questo sistema è operativo da settembre 2018 e riguarda 29 allevamenti, 2 mangimifici e 1 macello⁴⁵.

Solo nel 2018 questo sistema di tracciabilità digitale è stato esteso alle uova, latte, pomodorini e Rocamadour DOC.

Per raggiungere il suo obiettivo, il team di Carrefour ha impiegato svariate settimane per capire quali fossero le informazioni più adatte da mostrare al consumatore, e come ricavare e comunicare questi dati da parte degli allevatori aderenti al progetto.

Allo stesso tempo un team di informatici ha sviluppato una piattaforma digitale in grado di raccogliere e gestire i diversi dati e supportare eventuali smart contracts. Oltre a ciò, è stato importante anche creare una rete di enti certificatori indipendenti, che andasse a validare i dati prima di essere inseriti, dai vari partner, nella piattaforma ed inseriti alla fine in un nuovo blocco.

Nel concreto il funzionamento della blockchain della filiera del pollo Carrefour funziona nel seguente modo (figura 5):

- i primi dati vengono registrati dal primo allevatore. Questi riguardano la data di nascita del pulcino ed il nome dell’incubatoio in cui i pulcini nascono;
- il secondo allevatore poi, appartenente alla filiera Carrefour, inserisce all’interno della blockchain i dati relativi alla data di arrivo del pulcino al suo allevamento e quella in cui il pollo è stato mandato al macello;
- il veterinario autorizzato certifica che al pulcino non siano stati somministrati antibiotici, inoltre il fornitore dei mangimi inserisce all’interno del registro la composizione delle partite fornite all’allevatore e l’assenza di OGM;
- per certificare l’autenticità del marchio di qualità, Carrefour si affida ad una società terza, Certipaq;

⁴⁵ Smau, “Carrefour, la prima GDO in Italia che utilizza la blockchain per tracciare gli alimenti di qualità”, 2018, reperibile su <https://www.smau.it/casi-di-successo/carrefour-la-prima-gdo-in-italia-che-utilizza-la-blockchain-per-tracciare-gli-alimenti-di-qualita>.

- una volta che il pollo poi arriva al rivenditore, quest'ultimo oltre ad occuparsi del confezionamento del prodotto, registra l'identità, numero di lotto, giorno di partenza verso il deposito Carrefour e data di scadenza del pollo;
- infine, quando la merce arriva al deposito Carrefour, viene registrata la data di arrivo della partita e quella di consegna presso il punto vendita.

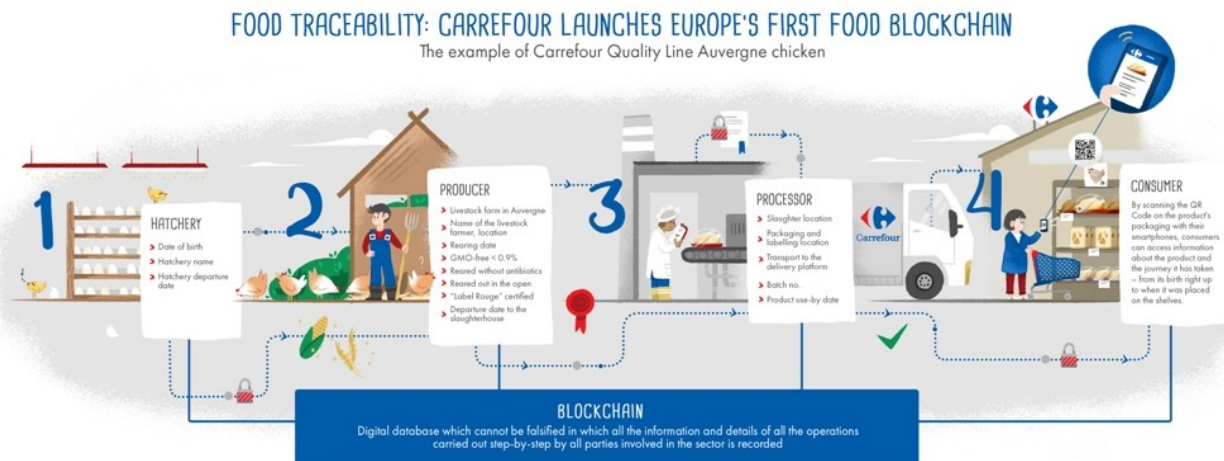


Figura 5 Schema del funzionamento della blockchain adottata da Carrefour⁴⁶

Nella filiera di qualità Carrefour, data la natura dei dati e della loro rilevazione, è necessario un terzo ente verificatore, in quanto è l'allevatore che deve inserire la data di nascita del pulcino. In questo caso la certificazione non è ancora quantitativa, ma qualitativa, con una figura che assume il ruolo di garante.

Il passo successivo sarà quello di sfruttare le grandi possibilità che offre l'Internet of Things (IoT) che permetterà di inserire la verifica di alcune tipologie di dati rilevati meccanicamente, in maniera automatica. Per Internet of Things si intende “quel percorso nello sviluppo tecnologico in base al quale, attraverso la rete Internet, potenzialmente ogni oggetto dell'esperienza quotidiana acquista una sua identità nel mondo digitale. L'IoT si basa sull'idea di oggetti “intelligenti” tra loro interconnessi in modo da scambiare le informazioni possedute, raccolte e/o elaborate”⁴⁷.

⁴⁶ Carrefour, reperibile su <https://www.carrefour.com/fr/node/3068>.

⁴⁷ Cit. Osservatori.net digital innovation “Internet of Things (IoT), significato, esempi [...]”, reperibile su https://blog.osservatori.net/it_it/cos-e-internet-of-things#iot-significato.

Se per esempio per una certa categoria di prodotti fosse importante mantenere una determinata temperatura di conservazione all'interno di una cella, un termostato automatico potrebbe rilevare ad intervalli casuali o predefiniti la temperatura all'interno della cella e registrare il dato, tutto in maniera automatica e senza bisogno di figure terze. Un'altra possibilità, ad esempio, sarebbe quella delle analisi del sangue a dei pulcini, al fine di diminuire le frodi.

Anche senza IoT, un registro distribuito grazie alla sua immutabilità, disincentiva le persone a commettere frodi. Inoltre, tutti i membri della filiera sono a conoscenza di ciò che gli altri fanno, e quindi non sarebbe conveniente per Carrefour andare a convalidare false dichiarazioni. Allo stesso tempo, sarebbe anche ingenuo da parte di chi inserisce i dati, andare ad immettere nel registro informazioni non veritiere, in quanto rimarrebbe prova indelebile di ciò che è stato inserito e perché tutti i membri della filiera fino al consumatore finale hanno la possibilità di consultare e verificare i dati.

In breve, basterebbe un piccolo elemento non in linea con quanto riportato sul registro, per spingere ad un controllo del registro dell'intera filiera, al fine di individuare facilmente il colpevole. Le DLT⁴⁸ da sole, quindi, permettono una totale trasparenza nei confronti dei consumatori.

Carrefour ha anche annunciato che la prossima filiera ad essere tracciata con la tecnologia blockchain sarà quella degli agrumi a marchio proprio.

⁴⁸ Per questa nozione v. supra sub § 3.2.

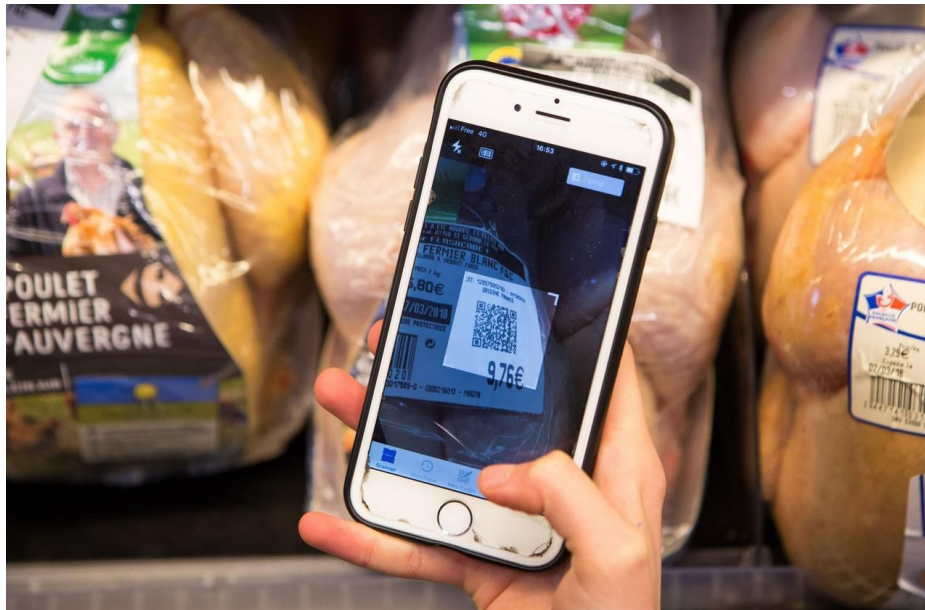


Figura 6 Esempio di scannerizzazione di un QR code sull'etichetta di un prodotto Carrefour⁴⁹

Questo sistema di tracciabilità permette a Carrefour di certificare l'origine e la qualità dei propri prodotti, aumentando la fiducia con i consumatori che hanno a portata di un click tutto lo storico del prodotto. Gli stessi membri della filiera Carrefour sono più soddisfatti perché vedono premiato il loro lavoro nella produzione di prodotti di qualità, avendo anche la possibilità di controllare il comportamento degli altri attori di filiera. Questo sistema permette anche una migliore efficienza nel contrastare le frodi da parte delle autorità, in quanto i controlli sono più semplici e mirati⁵⁰.

⁴⁹ Le Parisien, "Carrefour permet de tracer ses poulets fermiers grace à la blockchain", Nicholas Gullio 2018, reperibile su <https://www.leparisien.fr/economie/carrefour-permet-de-tracer-ses-poulets-fermiers-grace-a-la-blockchain-06-03-2018-7593969.php>.

⁵⁰ Christian Ferri, "Blockchain e Made in Italy, istruzione per l'uso", Mondadori, 2020 (VR), pag. 115-119.

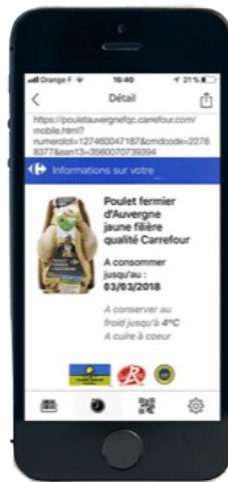


Figura 7 Esempio di una schermata dopo aver scannerizzato un codice QR presente sull'etichetta di un prodotto Carrefour⁵¹

4.3 Uso della blockchain per contrastare le frodi alimentari

Negli ultimi anni, l'attenzione dei consumatori nei confronti dell'alimentazione è aumentata sensibilmente e di conseguenza è diventato necessario conoscere la provenienza e la qualità del cibo che viene acquistato. Purtroppo, però, è notorio che le frodi alimentari sono numerose; dal nostro Paese viene segnalato all'UE più di un allarme alimentare al giorno. I prodotti più sotto accusa sono quelli ittici di provenienza estera o extra UE. Spesso il pesce importato presenta parametri che vanno in contrasto con le soglie stabilite per legge, con un livello di metalli pesanti superiore a quello permesso. Sono inoltre frequenti, i casi di "scambio" in cui il pesce una volta sfilettato e reso irriconoscibile, viene venduto come specie diversa da quella dichiarata. Oppure quando un prodotto da allevamento viene fatto passare come prodotto selvatico catturato in mare. I casi non riguardano solo i prodotti ittici, ma riguardano anche il resto del mondo alimentare. Ci chiediamo quindi, come può un consumatore, da un semplice filetto di pesce, essere in grado di riconoscere la specie o essere certo della sua origine?

Fin dalla realizzazione del Libro Bianco sulla sicurezza alimentare, la Commissione ha guardato alla rintracciabilità degli alimenti e dei mangimi, come aspetto fondamentale e imprescindibile,

⁵¹ Carrefour, reperibile su <https://www.carrefour.com/fr/node/3068>.

richiamando alla necessità di una politica alimentare efficace. Nonostante l'individuazione di tali obiettivi, sono rimasti molteplici i problemi collegati ad una piena rintracciabilità di tutti gli ingredienti degli alimenti.

In questo caso l'utilizzo di registri distribuiti può tornare sicuramente utile. Infatti, l'utilizzo delle DLT⁵² potrebbe garantire la tracciabilità e la sicurezza per il consumatore, aumentando le garanzie sull'origine e sulle lavorazioni che un prodotto subisce, in quanto vi sarebbe prova indelebile della storicità del prodotto. Allo stesso tempo, per prodotti come olio e vino, potrebbe essere una certificazione ulteriore di qualità del prodotto e di valore aggiunto.

Ad esempio, spesso capita che per determinate categorie di prodotti, difficilmente il consumatore è in grado di valutare la qualità reale del prodotto basandosi solamente sulle informazioni che compaiono in etichetta. E questo a volte si tramuta nel far passare prodotti di scarsa qualità, in prodotti di alta qualità, in quanto i consumatori non avendo i mezzi e le conoscenze adeguate, non sono in grado di giudicare in maniera corretta il prodotto. In questo modo il danno recato non è solo nei confronti dei consumatori, ma anche nei confronti dei produttori onesti, che realizzano prodotti di reale qualità. Le aziende consapevoli, che sanno di produrre prodotti di qualità, non avranno nessun tipo di problema ad introdurre questo sistema ulteriore di tracciabilità. A questo proposito la blockchain, non serve per truffare, ma serve per affermare il proprio prodotto, e questa sarà un'ulteriore prova di qualità e trasparenza nei confronti dei consumatori. Si intuisce così che un sistema basato su registri distribuiti sarebbe in grado di portare un duplice vantaggio, in cui tutti, dai produttori, ai consumatori, agli organi di controllo, ne sarebbero beneficiari.

Bisogna considerare che la maggior parte degli alimenti, prima di arrivare sulla nostra tavola, passa attraverso un gran numero di mani. Produttore, trasformatore, confezionatore e venditore sono solo alcuni degli attori coinvolti in tutta la filiera produttiva. A volte può capitare che le informazioni vengano manomesse, tra cui ad esempio la data di produzione, provenienza, temperatura del prodotto durante la catena del freddo, modalità di coltivazione o allevamento, utilizzo di antibiotici, e molte altre. Queste condotte errate rischiano di far arrivare al consumatore finale un prodotto diverso rispetto a quello dichiarato e che i consumatori credono di acquistare. Attraverso l'utilizzo di sistemi di raccolta dati automatizzati e la loro registrazione all'interno di registri distribuiti, si creerebbe una

⁵² Per questa nozione v. supra sub § 3.2.

filiera smart, in cui la tracciabilità e la sicurezza dei prodotti sarebbe garantita. La blockchain, perciò, potrebbe diventare un ottimo sistema per sconfiggere le frodi in maniera definitiva.

Da una ricerca Juniper Research dal titolo “Blockchain: Key Vertical Opportunities, Trends & Challenges 2019-2030”, si evince che entro il 2024, a livello globale, la blockchain e le DLT⁵³ permetteranno di risparmiare ben 31 miliardi di dollari in frodi alimentari, permettendo di rintracciare il cibo in modo trasparente lungo tutta la filiera agroalimentare. Già dal 2021 sono stati realizzati dei risparmi dalle frodi alimentari, ed entro il 2024 i costi di conformità saranno ridotti del 30%⁵⁴.

L'utilizzo della blockchain consentirebbe un'effettiva integrazione degli strumenti di controllo ufficiali del settore agro-alimentare, sia per quanto riguarda la sicurezza igienico-sanitaria, sia in tema di qualità degli alimenti. Un sistema in cui le informazioni vengono registrate all'interno di una blockchain attraverso una catena di nodi, potrebbe spingere verso l'unificazione dei controlli e la realizzazione di un registro distribuito unitario più efficiente.

Il Regolamento UE n. 2017/625 è stato approvato con l'obiettivo di semplificare e razionalizzare i controlli di fronte al gran numero di fonti, in seguito poi all'introduzione del pacchetto igiene e delle successive integrazioni.

Con la blockchain si contribuirebbe alla realizzazione di tali obiettivi di introduzione di un unico sistema integrato dei controlli, come definito appunto dal regolamento citato. In questo sistema vi sarebbe una diminuzione del ruolo fondamentale di supervisione e coordinamento esterno, ma allo stesso tempo, anche in assenza di tali accertamenti, ci sarebbero in ugual modo controlli elevati ed imparziali. Il risultato potrebbe garantire un sistema pienamente in accordo con gli obiettivi definiti dal citato Regolamento 625/2017 che promuove l'adozione di sistemi informatici unificati per il trattamento dei dati, oltre a prevedere l'istituzione di soggetti con compiti di vigilanza frontaliera. Gli Stati membri avrebbero la possibilità di puntare a forme più ampie di collaborazione, comprese anche le attività di formazione congiunta. La creazione di registri distribuiti pubblici decentralizzati contribuirebbe ad innalzare gli standard qualitativi dei prodotti alimentari, permettendo ai

⁵³ Per questa nozione v. supra sub § 3.2.

⁵⁴ Corcom, “*Frodi alimentari: blockchain chiave di volta, risparmi per 30 miliardi*”, Giampiero Rossi, 2019, reperibile su <https://www.corrierecomunicazioni.it/tech-zone/frodi-alimentari-blockchain-chiave-di-volta-risparmi-per-30-miliardi/>.

consumatori di effettuare acquisti più consapevoli e sicuri⁵⁵. Anche per quanto riguarda i prodotti tipici, la blockchain potrà non solo rendere più efficienti i controlli interni tra i partecipanti al consorzio, “ma potrà anche facilitare gli interventi esterni delle Autorità garanti delle legittimità degli atti dei consorzi di tutela dei prodotti tipici”. “Anche il monitoraggio esterno dell’AGCM (Autorità garante della concorrenza e del mercato), per facilitare l’avvio di eventuali istruttorie dirette ad applicare la disciplina della concorrenza anche ai consorzi di tutela della qualità, nel quadro delle regole della concorrenza tra le imprese, per evitare intese restrittive ed assicurando imparzialità e terzietà. La violazione delle regole a tutela della concorrenza o la mancata osservanza delle norme del disciplinare potrebbero essere monitorate in modo capillare, consentendo controlli anche per quantitativi ridotti, mettendo in atto un sistema di effettiva trasparenza e consentendo prontamente di sanzionare ed intervenire di fronte ad eventuali anomalie”⁵⁶.

Nel campo delle eccellenze agroalimentari, l’Italia è leader in assoluto con 863 prodotti, tra DOC, IGP e STG, riconosciuti dall’Unione Europea. Il modello di tutela italiano è diventato un riferimento a livello europeo. Come si evince dal report attività 2018 curato dal Dipartimento dell’Ispettorato Centrale della Tutela della Qualità e della Repressione Frodi dei prodotti agroalimentari del Mipaaf, “nel 2018 il settore agroalimentare si è confermato strategico per l’economia italiana con oltre 42 miliardi di export e i controlli nel settore sono sempre più un fattore di marketing attivo”. Tra le aziende che adottano soluzioni digitali per la tracciabilità alimentare, il 30% presenta una diminuzione degli errori di inserimento dei dati e una diminuzione del rischio di manomissione. I registri distribuiti possono rappresentare quindi un ottimo strumento per le aziende di settore contro le frodi⁵⁷.

Come già citato in precedenza, la blockchain non solo renderebbe più semplice ed efficace il lavoro di controllo delle autorità garanti sulla sicurezza alimentare, ma permette ad ogni singolo attore della filiera agro-alimentare, fino al consumatore finale, di sapere cosa succede ad ogni singolo prodotto e

⁵⁵ Rivista di diritto alimentare, “*Gli utilizzi della blockchain e dell’Internet of Things nel settore degli alimenti*”, Giuseppe Spoto, 2019, reperibile su <http://www.rivistadirittoalimentare.it/rivista/2019-01/SPOTO.pdf>.

⁵⁶ Cit. Spoto, “*Gli utilizzi della blockchain e dell’Internet of Things nel settore degli alimenti*”.

⁵⁷ Allianz, “*Tracciabilità alimentare e blockchain: innovazione 4.0*”, 2019, reperibile su https://www.allianz-trade.com/it_IT/news-e-approfondimenti/trade-magazine/business-trends/smart-agrifood/tracciabilita-alimentare-blockchain-innovazione.html.

di verificare che il percorso intrapreso dall'alimento, avvenga in maniera corretta, rispettando l'indicazione dei diversi regolamenti.

Immaginiamo di affidare ad ogni elemento della filiera o del consorzio un ruolo di nodo all'interno di un registro digitale distribuito. Ogni volta che un prodotto passa attraverso un nodo subisce un trattamento o una lavorazione. Ogni nodo deve inserire i dati, che ne derivano dal passaggio del prodotto, all'interno del registro pubblico, rendendoli in questo modo pubblici e verificabili da chiunque. Infatti, anche al consumatore finale viene data la possibilità di accedere alle informazioni sul prodotto che acquista, attraverso l'utilizzo di un app mobile o sito web collegato direttamente al registro. Il consumatore in questo modo, si ritroverà davanti l'intero storico del prodotto che va ad acquistare, in maniera precisa, certificata ed immutabile.

Volendo fare un esempio pratico, se oggi volessi andare ad acquistare una passata di pomodoro al supermercato, potrei sapere con certezza se il prodotto che sto per acquistare è italiano e se è stato trattato in Italia? O posso sapere con precisione ogni tipo di lavorazione che ha subito tale prodotto? La risposta è no. Se il prodotto italiano si fregia della denominazione DOP significa che tutte le fasi della lavorazione sono avvenute nel nostro Paese; se si fregia della IGP, significa che (solo) almeno una fase della lavorazione è avvenuta in Italia, nel qual caso il prodotto potrebbe uscire dall'Italia per essere lavorato e poi rientrare per la commercializzazione; ma come certificare lo svolgimento in Italia dei passaggi necessari all'ignaro consumatore che non si accontenti dei controlli svolti dagli enti certificatori? Se il consorzio che si occupa di produrre la passata di pomodoro, integrasse alla tracciabilità un sistema decentralizzato basato su registri distribuiti, questo problema non ci sarebbe più. Ipotizziamo ad esempio che la passata di pomodoro venga prodotta da tre aziende, azienda A, B e C, ognuna con un ruolo differente. Tutte e tre rappresentano un nodo all'interno del registro. L'azienda A si occupa di coltivare i pomodori. Per ogni partita di prodotto che produce e spedisce, andrà ad inserire i relativi dati all'interno della blockchain, che riguarderanno la data di spedizione e le caratteristiche specifiche dei pomodori, come quantità, trattamenti ricevuti ecc. È importante ricordare che le informazioni che vengono inserite all'interno del registro sono immutabili e collegabili alle specifiche partite inserite. L'azienda B, che riceve i pomodori, si occupa di produrre la passata. Andrà quindi ad inserire all'interno del registro tutte le informazioni riguardanti la preparazione della passata (addensanti, coloranti, temperature e tempi di preparazione). Infine, B spedisce il prodotto a C. Quest'ultima azienda si occupa di imbottigliare il prodotto e di

commercializzarlo successivamente. L'azienda C potrà fornire informazioni magari riguardanti i contenitori o la temperatura di confezionamento. Un'ulteriore possibilità è quella di integrare tutto questo sistema con gli smart contracts, al fine di rendere il tutto ancora più trasparente (ad esempio per registrare la temperatura). Per quanto sia possibile inserire all'interno della blockchain dati falsi, nessuna delle aziende sarà incentivata a farlo. Questo perché i dati che vengono inseriti all'interno dei registri distribuiti sono immutabili e visibili da tutti; basterebbe, quindi, un controllo da parte di terzi per rilevare l'inganno e risalire così all'autore⁵⁸.

⁵⁸ Christian Ferri, "*Blockchain e Made in Italy, istruzione per l'uso*", Mondadori, 2020 (VR), pag. 111-115.

5. CONCLUSIONI

Le DLT e la blockchain possono rispondere concretamente alle esigenze di produttori e consumatori relative alla trasparenza e alla sicurezza alimentare, permettendo di sapere con chiarezza ciò che arriva in tavola.

Viene spontaneo immaginare che una rivoluzione sul sistema di tracciabilità alimentare, basata su registri distribuiti, sia una cosa che difficilmente potrà essere realizzata nel breve periodo, ciò non toglie però il fatto che farla porterà sicuramente grandi vantaggi.

Come già accennato in precedenza, un sistema basato su blockchain acquisisce valore grazie al gran numero di partecipanti e nodi che ne fanno parte, quindi più sono gli attori coinvolti, maggiori sono le probabilità di successo. È importante che le aziende collaborino tra di loro, accettando un investimento comune, che sicuramente porterà un valore aggiunto non solo alle singole aziende, ma ad un'intera filiera agricola, ad un intero territorio.

Bisogna considerare alcune cose però. Ad esempio, l'investimento iniziale che le aziende dovrebbero sostenere non è da sottovalutare. L'adozione di queste nuove tecnologie richiederebbe un cambiamento radicale da parte delle aziende, sia per quanto riguarda la parte digitale con l'acquisizione di nuovi software appositi ed una continua connessione ad Internet, sia per quanto riguarda i processi di apprendimento nell'uso di queste nuove tecnologie. Anche il sistema di raccolta dati dovrebbe subire delle modifiche, attraverso magari l'integrazione di tecnologie IoT (Internet of things), da cui poi dipende il successo stesso di questo sistema di tracciabilità.

Un altro problema che mi giunge spontaneo sollevare riguarda l'energia. Non si può mettere da parte o dimenticare il particolare periodo storico in cui viviamo in cui l'elettricità sta diventando un bene quasi limitato. L'utilizzo della blockchain richiede un gran dispendio di energia, perciò sarà essenziale tenere in considerazione anche questo fattore per quanto riguarda l'impatto che questo sistema avrebbe nei confronti dell'ambiente ed un possibile utilizzo di energie rinnovabili.

Da tenere in considerazione sarà anche la compatibilità con le norme tecniche elaborate dall'UNI, che si applicano ai settori industriali, commerciali e del terziario, per quanto riguarda l'individuazione delle imprese a cui si forniscono i prodotti.

Se da un lato vi possono essere delle difficoltà iniziali che potrebbero far discutere sulla buona riuscita di questa “rivoluzione digitale”, dall’altro un sistema basato su registri distribuiti contribuirà sicuramente a rafforzare quelli che sono i controlli da parte degli organismi autorizzati, rendendo il loro lavoro più semplice ed efficace. Inoltre, grazie alla trasparenza della blockchain, anche il controllo interno da parte dei vari membri della filiera o da parte del consorzio per verificare l’operato altrui risulterà più semplice, in quanto il qualsiasi momento si potrà verificare in tempo reale la storia di un determinato prodotto.

Anche per quanto riguarda il sistema di allarme rapido RASFF, che agevola lo scambio di informazioni in situazioni di emergenza, può beneficiare dell’utilizzo delle DLT. Ad esempio, il rintracciamento di determinati lotti in caso di contaminazione alimentare risulterà più rapido favorendone così il ritiro dal mercato.

Oltre a ciò, la blockchain rafforzerebbe la fiducia ed il rapporto tra consumatore e produttore. I prodotti acquisirebbero sicuramente valore, perché ne verrà esaltata la provenienza e la qualità sarà certificata. In questo modo anche i produttori locali, a cui spesso non viene dato il giusto merito, potranno far valere di più i loro prodotti all’interno di un mercato in cui le multinazionali ne fanno da padroni, andando così ad esaltare i metodi artigianali di produzione.

Con tale sistema, che aggiunge sicurezza ad ognuno di noi in merito a ciò che acquistiamo ed una certificazione di qualità ulteriore, i prodotti potranno essere venduti ad un prezzo maggiore portando così un beneficio a tutta la filiera agroalimentare ed incentivando così l’utilizzo delle tecnologie distribuite da parte di tutti gli attori della filiera. I consumatori stessi saranno incentivati a considerare maggiormente i prodotti che presentano un sistema di tracciabilità così avanzato, per i quali la qualità è garantita.

BIBLIOGRAFIA

Cristian Palusci, “*Bitcoin Facile, Come Investire In Bitcoin In Maniera Efficace e Guadagnare Nel Mercato Delle Valute Digitali Anche Se Non Sai Da Dove Iniziare*”, Bruno Editore, 2019 (TO).

Christian Ferri, “*Blockchain e Made in Italy, istruzione per l’uso*”, Mondadori, 2020 (VR).

SITOGRAFIA

A. Marisa Semeraro, “Frodi alimentari: aspetti tecnici e giuridici”, 2011, reperibile su <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/3190-Articolo-11792-1-10-20130801.pdf>.

Agenda Digitale, “*Blockchain, le principali normative nazionali al mondo*”, Angelo Alù, 2019, reperibile su https://www.agendadigitale.eu/documenti/normativa-blockchain-le-principali-iniziative-nazionali/#Lapproccio_dellUnione_europea.

Allianz, “*Tracciabilità alimentare e blockchain: innovazione 4.0*”, 2019, reperibile su https://www.allianz-trade.com/it_IT/news-e-approfondimenti/trade-magazine/business-trends/smart-agrifood/tracciabilita-alimentare-blockchain-innovazione.html.

Armellini Stefano, slide del corso di istituzione di diritto e diritto dell’alimentazione, Università degli studi di Padova, 2021.

Articolo 1321 del codice civile.

Articolo 442 del codice penale, Regio decreto n. 1398 de 19 ottobre 1930.

Articolo 444 del codice penale, Regio decreto n. 1398 de 19 ottobre 1930.

Blockchain4innovation, “*Blockchain: cos’è, come funziona e gli ambiti applicativi in Italia*”, Mauro Bellini, 2022, reperibile su <https://www.blockchain4innovation.it/esperti/blockchain-perche-e-cosi-importante/>.

Calsoft, “*Getting Started with Blockchain Technology*”, Vaibhawi Pasalkar, 2018, reperibile su <https://www.calsoftinc.com/blogs/2018/09/getting-started-with-blockchain-technology.html>.

Carrefour, reperibile su <https://www.carrefour.com/fr/node/3068>.

Co3project, “*Perché la Blockchain è una disruptive technology*”, Alejandro Blanco, 2019, reperibile su <https://www.projectco3.eu/it/2019/04/08/why-is-blockchain-a-disruptive-technology/>.

Coinbase, “*Che cos'è uno smart contract?*”, reperibile su https://www.coinbase.com/it/learn/crypto-basics/what-is-a-smartcontract?clickId=39QSPpSa%3AxyIRukTHISCWskLUkDW1MSdSx2N2o0&utm_source=impact&utm_medium=growthp&utm_campaign=rt_p_m_w_d_acq_imp_gro_aff_adgoal%20GmbH&utm_content=552039&utm_creative=Online%20Tracking%20Link&irgwc=1.

Convegno “*Smart Agrifood: raccogliamo i frutti dell'innovazione digitale!*”, 15 marzo 2022, School of Management – Politecnico di Milano

Corcom, “*Frodi alimentari: blockchain chiave di volta, risparmi per 30 miliardi*”, Giampiero Rossi, 2019, reperibile su <https://www.corrierecomunicazioni.it/tech-zone/frodi-alimentari-blockchain-chiave-di-volta-risparmi-per-30-miliardi/>.

Fanpage.it [27 aprile 2021], “*Petti gli inquirenti: il pomodoro non è italiano, è la più grande frode alimentare mai scoperta*” [file video], reperibile su <https://www.youtube.com/watch?v=z1rJcIY8iUA>.

Il fatto alimentare, “*Frodi alimentari, il pesce tra i prodotti più a rischio. Il video dell'IsVe*”, 2021, reperibile su <https://ilfattoalimentare.it/frodi-pesce-video-izsve.html>

Il fatto alimentare, “*Petti, maxi-sequestro di conserve di pomodoro: prodotti extra-UE venduti come 100% italiani, secondo gli inquirenti. La replica dell’azienda*”, Giulia Crepaldi, 2021, reperibile su <https://ilfattoalimentare.it/maxi-sequestro-pomodoro.html>.

Indicod, “*Fondamenti dei sistemi di tracciabilità nell’agroalimentare*”, 2003, reperibile su https://gs1it.org/content/public/47/59/47595666-d75c-48e0-a074-a805c7934705/fondamenti_tracciabilita_agroalimentare.pdf.

ISO 9001:2015 – “*Produzione ed erogazione dei servizi*”, reperibile su <https://www.qualitiamo.com/articoli/8-5-iso-9001-2015-produzione-erogazione-servizi-3.html#:~:text=La%20tracciabilit%C3%A0%20ci%20permette%20di,per%20produrre%20o%20controllare%20qualcosa.>

Le Parisien, “*Carrefour permet de tracer ses poulets fermiers grace à la blockchain*”, Nicholas Gullio 2018, reperibile su <https://www.leparisien.fr/economie/carrefour-permet-de-tracer-ses-poulets-fermiers-grace-a-la-blockchain-06-03-2018-7593969.php>.

Legge dell’11 febbraio 2019, n. 12, art. 8 ter “*Tecnologie basate su registri distribuiti e smart contract*”, reperibile su <https://def.finanze.it/DocTribFrontend/getAttoNormativoDetail.do?ACTION=getArticolo&id={02ABFD43-08A6-4605-B233-899C3E8E043C}&codiceOrdinamento=200000800000300&articolo=Articolo%208%20ter.>

Osservatori.net digital innovation, “*Che cos’è l’Agricoltura 4.0: il Glossario dell’Osservatorio SmartAgrifood*”, Francesco Maria Rizzi, 2021, reperibile su https://blog.osservatori.net/it_it/agricoltura-4.0-significato#:~:text=ARTICOLI%20%3E%20Smart%20AgriFood-.Che%20cos'%C3%A8%20l'Agricoltura%204.0%3A%20il,Glossario%20dell'Osservatorio%20Smart%20Agrifood&text=Con%20il%20termine%20%E2%80%9CAgricoltura%204.0,da%20qualsiasi%20altra%20fonte%20terza.

Osservatori.net digital innovation “*Internet of Things (IoT), significato, esempi [...]*”, reperibile su https://blog.osservatori.net/it_it/cos-e-internet-of-things#iot-significato.

Osservatori.net digital innovation, “*La Blockchain spiegata semplice, Definizioni, funzionamento, applicazioni e potenzialità*”, reperibile su https://blog.osservatori.net/it_it/blockchain-spiegazione-significato-applicazioni.

Redazione imprese del sud, “*Agricoltura 4.0: boom della blockchain per la tracciabilità*”, 2020, reperibile su <https://www.impresedelsud.it/agricoltura-4-0-boom-della-blockchain-per-la-tracciabilita/>.

Regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio n. 178 del 28 gennaio 2002.

Risoluzione del Parlamento europeo del 3 ottobre 2018, “*Tecnologie di registro distribuito e blockchain: creare fiducia attraverso la disintermediazione*”, reperibile su https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2018-0373_IT.html.

Rivista di diritto alimentare, “*Gli utilizzi della blockchain e dell’Internet of Things nel settore degli alimenti*”, Giuseppe Spoto, 2019, reperibile su <http://www.rivistadirittoalimentare.it/rivista/2019-01/SPOTO.pdf>.

Sacha Dominis [23 aprile 2021], “*Che cos’è e come funziona la blockchain, te lo spiego*” [file video], reperibile su https://www.youtube.com/watch?v=sX25z_-zMgI&t=67s.

Sacha Dominis [1° maggio 2019] “*Cosa sono e come funzionano i bitcoin, te lo spiego*”, [file video], reperibile su <https://www.youtube.com/watch?v=G6OgoDEv1y0>.

Smau, “*Carrefour, la prima GDO in Italia che utilizza la blockchain per tracciare gli alimenti di qualità*”, 2018, reperibile su <https://www.smau.it/casi-di-successo/carrefour-la-prima-gdo-in-italia-che-utilizza-la-blockchain-per-tracciare-gli-alimenti-di-qualita>.

Stably, reperibile su <https://www.stably.io/>.

Trackyfood, “*Tracciabilità alimentare: cos’è, come funziona e quali sono le norme*”, reperibile su <https://www.trackyfood.com/tracciabilita-alimentare-cose-come-funziona-e-quali-sono-le-norme/#:~:text=Si%20tratta%20infatti%20di%20informazioni,nei%20confronti%20del%20consumatore%20finale>.