



Le scienze merceologiche nell'era 4.0

a cura di

Benedetta Esposito, Ornella Malandrino,
Maria Rosaria Sessa, Daniela Sica

**XXIX CONGRESSO NAZIONALE DI
SCIENZE MERCEOLOGICHE 2020**

Atti del Convegno
Salerno
13-14 Febbraio 2020

FrancoAngeli
OPEN ACCESS





Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma **FrancoAngeli Open Access** (<http://bit.ly/francoangeli-oa>).

FrancoAngeli Open Access è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli massimizza la visibilità, favorisce facilità di ricerca per l'utente e possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più:

http://www.francoangeli.it/come_publicare/publicare_19.asp

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio "Informatemi" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

Le scienze merceologiche nell'era 4.0

a cura di
Benedetta Esposito, Ornella Malandrino,
Maria Rosaria Sessa, Daniela Sica

XXIX CONGRESSO NAZIONALE DI SCIENZE MERCEOLOGICHE 2020

Atti del Convegno
Salerno
13-14 Febbraio 2020

FrancoAngeli

OPEN  ACCESS

Comitato scientifico

Riccardo Beltramo (Università di Torino)
Fabrizio D'ascenzo (Università Roma 1)
Benedetta Esposito (Università degli Studi di Salerno)
Giovanni La Gioia (Università degli Studi di Bari Aldo Moro)
Maria Claudia Lucchetti (Università Roma 3)
Ornella Malandrino (Università degli Studi Salerno)
Bruno Notarnicola (Università degli Studi di Bari Aldo Moro)
Maria Proto (Università degli Studi di Salerno)
Andrea Raggi (Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara)
Annalisa Romani (Università degli Studi di Firenze)
Alessandro Ruggieri (Università della Tuscia)
Roberta Salomone (Università degli Studi di Messina)
Maria Rosaria Sessa (Università degli Studi di Salerno)
Daniela Sica (Università degli Studi di Salerno)
Stefania Supino (Università Telematica San Raffaele Roma)

Comitato editoriale

Benedetta Esposito
Ornella Malandrino
Maria Rosaria Sessa
Daniela Sica

Copyright © 2020 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

Publicato con licenza *Creative Commons Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate*
4.0 Internazionale (CC-BY-NC-ND 4.0)

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

| | |
|--|----------|
| 68. Plastic no problem: production of eco-oils, eco-fuel, eco-char and green energy from plastic waste, di <i>Romani A., Pasini M., Masci C., Ciani Scarnicci M., Jalmuzna I., Campo M.</i> | pag. 622 |
| 69. Cioccolato italiano: principali indicatori di qualità e percezione dei consumatori, di <i>Ruggieri R., D'Ascenzo F., Gobbi L., Maddaloni L., Ruggeri M., Vieri S., Vinci G.</i> | » 629 |
| 70. Closing the loop: circular economy and BS8001 as value chain optimization tools for SME's, di <i>Ruggieri A., Mosconi E. M., Poponi S., Fortunati S.</i> | » 639 |
| 71. Rilocalizzazione di attività produttive su un territorio. Analisi preliminare di sostenibilità di una filiera lana-carne ovina, di <i>Samua M., Simboli A., Taddeo R.</i> | » 647 |
| 72. Alcuni aspetti del ruolo dei claim ambientali/etici nell'attuazione del "green deal" europeo, di <i>Saija G., Lanuzza F., Saija F.</i> | » 657 |
| 73. To green or not to green: an evaluation of the influence of hotel green practices on guests satisfaction, di <i>Savastano M., Belcastro M., Amendola C.</i> | » 665 |
| 74. "Impronta digitale" come strumento di gestione per la qualità del vino: applicabilità sul Negroamaro, di <i>Serio F., De Leo F., Idolo A., Girelli C. R., De Donno A., Fanizzi F. P.</i> | » 675 |
| 75. Un nuovo paradigma ecologico: la proposta di papa Francesco per un'economia sostenibile, di <i>Serpe V.</i> | » 684 |
| 76. The implementation of "Apea" through economic evaluation model, di <i>Sessa M. R., Sica D., Esposito B., Malandrino O., De Falco M.</i> | » 691 |
| 77. Il contributo alla sostenibilità della filiera del biogas in Italia, di <i>Sica D., Sessa M. R., Esposito B., Malandrino O., Supino S., Martucci O.</i> | » 702 |
| 78. Corporate social responsibility and millennial generations, di <i>Silvestri C., Ruggieri A., Poponi S.</i> | » 713 |
| 79. Frazioni naturali sostenibili come antiossidanti, antimicrobici e biocidi in agricoltura green, di <i>Simone G., Campo M., Bernini R., Romani A.</i> | » 730 |
| 80. Environmental label: a survey, di <i>Spalatro M., Cappelletti G. M., Malandrino O.</i> | » 739 |
| 81. Pine nuts production in the shouf biosphere reserve: quality and market perspectives, di <i>Tacconi D., Pinelli P., Borsacchi L.</i> | » 747 |
| 82. La relazione tra strumenti di miglioramento e innovazione. Una verifica nel settore produttivo jonico, di <i>Tacente A., Tassielli G., Renzulli P. A., Di Capua R.</i> | » 754 |
| 83. L'evoluzione dei claim per la promozione dei prodotti alimentari: una content analysis su 2 riviste di genere maschile, di <i>Tarabella A., Apicella A.</i> | » 762 |
| 84. Approccio ampliato alla sostenibilità sociale in ambito sanitario. Le opportunità della digital health, di <i>Testa M., Lo Presti L., Marino V., Singer P.</i> | » 773 |

| | | |
|--|------|-----|
| 85. Valutazione ambientale del pretrattamento di rifiuti in polietilene da attività agricole, di <i>Toniolo S., Trevisanello C.</i> | pag. | 787 |
| 86. I criteri end-of-waste da risorsa ad ostacolo all'economia circolare: breve panoramica del contesto normativo nazionale, di <i>Tragnone B. M., Petti L.</i> | » | 795 |
| 87. Valutazione degli aspetti sociali e socioeconomici di un prodotto tipico, di <i>Tragnone B. M., Pelino M., D'Eusanio M., Di Santo C., Petti L.</i> | » | 804 |
| 88. Produzione innovativa di una linea bakery a base di estratti antiossidanti naturali per l'aumento della shelf-life, di <i>Urciuoli S., Cassiani C., Vita C., Ieri F., Romani A.</i> | » | 814 |
| 89. Caratterizzazione e nuove formulazioni per terapie a carattere sociale di <i>Crocus sativus L.</i> tracciato territoriale, di <i>Vignolini P., Vita C., Urciuoli S., Bettiga A., Di Marco F., Vago R., Trevisani F., Romani A.</i> | » | 822 |
| 90. Olio extra vergine di oliva e certificazioni ambientali: caso studio della regione Lazio, di <i>Vinci G., Rapa M., Gobbi L.</i> | » | 829 |
| 91. Industry 4.0 oggi, industry 5.0 domani?, di <i>Vinci G., Ruggieri M., Ruggieri R.</i> | » | 839 |
| 92. Insicurezza alimentare e studenti universitari: una revisione sistematica della letteratura, di <i>Zahan M., Varese E., Lo Giudice A., Bonadonna A.</i> | » | 846 |
| 93. Environmental assessment of an industrial solution for the use of waste materials: comparative life cycle assessment applied to a commercial product based on iron oxides, di <i>Zuliani F., Manzardo A., Marson A.</i> | » | 854 |
| 94. Le nuove tecnologie dell'industria 4.0 nel settore agroalimentare: esempi e applicazioni, di <i>Ruggieri R., Ruggieri M., Vinci G.</i> | » | 863 |

94. LE NUOVE TECNOLOGIE DELL'INDUSTRIA 4.0 NEL SETTORE AGROALIMENTARE: ESEMPI E APPLICAZIONI

di *Roberto Ruggieri*¹, *Marco Ruggeri*², *Giuliana Vinci*³

¹ Dipartimento di Management, Sapienza, Università di Roma
roberto.ruggieri@uniroma1.it

² Dipartimento di Management, Sapienza, Università di Roma
m.ruggeri@uniroma1.it

³ Dipartimento di Management, Sapienza, Università di Roma
giuliana.vinci@uniroma1.it

Abstract

With the digitalization of the production system, Industry 4.0 has arrived. It is a deep transformation of production processes that embraces many sectors, including the agri-food sector, where food safety and food quality represent two very complex issues. In this system, where the hygienic-sanitary aspects, the healthiness of food, the local traditions and the respect of the made in Italy are mandatory and no longer negligible requirements, the current regulations, certification mechanisms and guarantees adopted by the companies, may not be enough to provide the consumer with an objective feedback on food safety and food quality. Since product quality, food safety, transparency in communication and environmental and social sustainability are the drivers that guide purchasing decisions, the problems mentioned above could be addressed and partially solved through the integration of industry 4.0 technologies, like the Internet of Things (IoT), intelligent packaging, sensors, artificial intelligence and blockchain technology.

Keywords: food safety, food quality, blockchain, packaging, artificial intelligence

Introduzione

Sicurezza alimentare (*food safety*) e qualità alimentare (*food quality*) sono due interessi primari per la popolazione mondiale, nonché dei problemi molto complessi e ricchi di sfumature, dove la richiesta della qualità alimentare non può prescindere da una necessità di sicurezza alimentare. Si tratta di un sistema complesso in cui gli aspetti da considerare sono tanti. In particolare, l'aspetto igienico-sanitario, la salubrità e l'igiene dei cibi e/o di chi li manipola. Ma anche i sapori e gli odori, le caratteristiche organolettiche, i

valori nutrizionali, le tradizioni locali, la tracciabilità degli alimenti. Oppure, questioni etiche e sociali (la tutela dell'ambiente), il packaging e gli imballaggi utilizzati, le materie prime, gli aspetti merceologici, chimici e microbiologi, etc. Vista la numerosità dei fattori che influiscono su questo sistema, vi è la necessità di disporre di metodologie oggettive che possano garantire al consumatore la qualità e la salubrità dei prodotti che acquistano e che consumano. Questo lavoro di ricerca analizza alcuni effetti delle tecnologie dell'Industria 4.0 nell'ambito della food safety e food quality. Lo scopo è quello di indagare quali potrebbero essere i benefici che il settore agroalimentare potrà trarre da queste tecnologie, quali sono i loro principali limiti nonché gli ostacoli al loro sviluppo e alla loro integrazione.

1. L'agroalimentare: punti deboli di un settore asimmetrico

Il settore agroalimentare è un settore fortemente caratterizzato da “*asimmetria informativa*”, ossia, la situazione in cui una parte (i produttori) è più informata dell'altra (i consumatori). Ciò significa che, nel momento in cui il consumatore va ad acquistare un determinato tipo di alimento, potrebbe compiere una scelta non consapevole causata proprio dalla scarsità di informazioni in merito al prodotto che ha dinanzi a sé.

Il problema del consumatore risiede quindi nella difficoltà di identificare in maniera oggettiva le caratteristiche qualitative dei vari alimenti che va ad acquistare. Spesso per affrontare questo problema, le aziende ricorrono a meccanismi di marketing o di comunicazione come certificazioni di enti terzi, oppure tramite la “forza del marchio”, atta a costruire un rapporto di fiducia con il cliente basato sulla reputazione e sulla tradizione dell'azienda (Cappelli, 2010). Anche e soprattutto, tenendo in considerazione alcune crisi alimentari che si sono verificate negli ultimi decenni nel settore (la mucca pazza, l'influenza aviaria, etc.), i sistemi di certificazione, di origine e di provenienza degli alimenti da parte delle aziende, se applicati alla catena del valore agroalimentare tendono a presentare dei punti deboli.

Anzitutto, dal momento in cui le varie informazioni sui prodotti vengono registrate manualmente da esseri umani all'interno di un determinato database, rimane molto difficile garantirne l'autenticità e la credibilità. I dati vengono poi archiviati in una banca dati centralizzata e facile da manomettere, risultando in questo modo difficili da monitorare (Hong, 2019). Inoltre, la contaminazione all'interno della catena alimentare resta possibile e a tutti i livelli, a causa di agenti presenti in natura, introdotti incidentalmente oppure a causa di pratiche non corrette come frodi e contraffazioni alimentari. I

sistemi sopraindicati risultano quindi essere centralizzati, monopolistici e, soprattutto asimmetrici, potendo così non bastare a garantire in maniera oggettiva al consumatore indicazioni circa la qualità, la tracciabilità, la freschezza, la trasparenza e la sicurezza alimentare (Guoqing et al., 2019; Wanjun et al., 2018). Le problematiche precedenti potrebbero essere in parte risolte attraverso l'integrazione delle tecnologie tipiche dell'industria 4.0, come l'Internet of Things (IoT), il packaging intelligente, la sensoristica, l'intelligenza artificiale e la tecnologia blockchain. Queste tecnologie potranno supportare il consumatore nel momento in cui dovrà compiere una scelta d'acquisto, dandogli così una risposta innovativa, realistica ed affidabile.

2. Industria 4.0: tecnologie smart a beneficio del consumatore

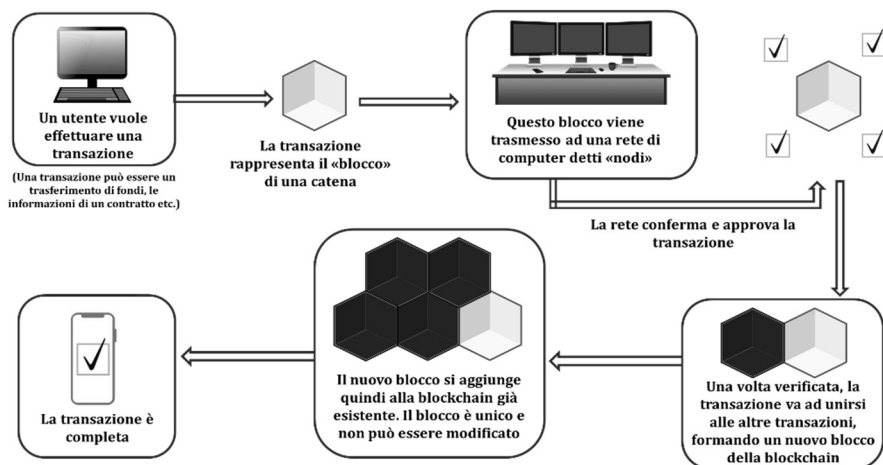
La quarta rivoluzione industriale (2011) è un paradigma che ha trasformato radicalmente il modus operandi di molte imprese, impattando in maniera significativa sulla società e sull'economia, trovando terreno fertile in molti settori: sanità (Prospero et al., 2018), neuroscienze (Gologorsky & Oermann, 2019), automotive (Kurosz & Milecki, 2018), banking (Gonzalez Carasco et al., 2019), e-commerce (Kshetri & Loukoianova, 2019), etc.

Le tecnologie dell'Industria 4.0, se integrate nell'industria agroalimentare, sono in grado di aiutare i consumatori ad ottenere maggiori informazioni su ciò che vanno ad acquistare. In questo studio vengono descritte tre tecnologie che sono state prese in considerazione in base alla loro natura "smart", ossia grazie alla possibilità di poterne godere i benefici in maniera pratica, veloce ed immediata: la "*blockchain*", il "*packaging intelligente*" e i software di "*intelligenza artificiale*".

2.1. La blockchain

La blockchain è un registro digitale di contabilità di tutte le transazioni o eventi eseguiti tra le parti che operano all'interno di una rete distribuita di computer. È condiviso da tutta la rete, non modificabile, a basso costo ed alta efficienza e credibilità (Wanjun & Shiyuan, 2018) (Fig. 1).

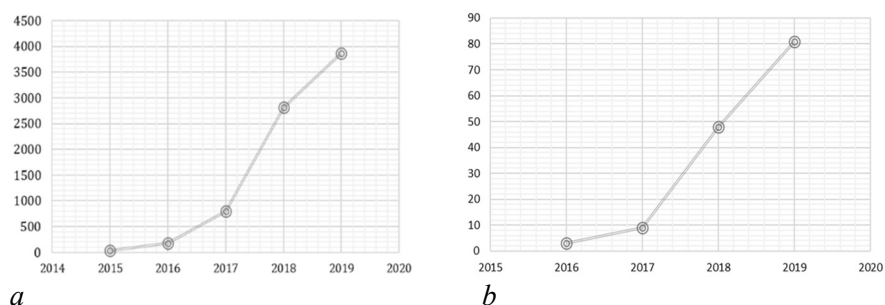
Fig. 1 – Schema del funzionamento di una blockchain



La blockchain è una tecnologia molto recente, e ciò è confermato dal fatto che in letteratura sono presenti all'incirca 8000 articoli (dati *Scopus*), nel periodo 2003-2019. Fino al 2015, la produzione scientifica contava solo 51 pubblicazioni, mentre dal 2016 in poi c'è stato un avanzamento significativo dei lavori (Fig. 2a). Ancor più limitata e recente è la presenza in letteratura di lavori riguardanti le applicazioni della Blockchain nel settore agroalimentare. Infatti, inserendo le keywords “*blockchain*” and “*food*”, emerge che la produzione scientifica parte dal 2016 e consta di circa 150 articoli (Fig. 2b), il 2% del totale.

Nel caso del settore agroalimentare, tramite la blockchain è possibile creare delle filiere aperte dove tutti i partecipanti (produttori, imprese di logistica, imprese trasformatrici di materie prime, aziende di packaging), possono fornire informazioni e dati a tutte le parti in gioco e controllarli con la massima sicurezza, trasparenza e credibilità. I dati relativi a ciascun prodotto (il tipo di produzione, i numeri di lotto, le date di scadenza, etc.), una volta validati, possono essere modificati o cancellati solo dal proprietario dell'informazione stessa. In seguito, possono essere messi a disposizione del consumatore finale, e tramite un semplice smartphone, inquadrando un QR code si può risalire a tutta la storia del prodotto seguendone l'intero percorso.

Fig. 2 – Avanzamento della produzione scientifica sulla Blockchain. Keywords: “Blockchain” (a), “Blockchain” + “Food” (b)



In questo modo si può evitare l’esposizione al rischio di contraffazione, garantendo il legame con la territorialità (e quindi con il “*made in Italy*”) e dando una garanzia oggettiva rispetto alla provenienza, qualità e salubrità alimentare (Antonucci et al., 2019). Tramite la disponibilità di un registro immutabile degli alimenti e delle transazioni, si potrebbero potenzialmente evitare le frodi, limitare gli sprechi e le inefficienze della catena di distribuzione, consentendo una raccolta di dati trasparente e sicura, diventando una certificazione oggettiva di qualità e sostenibilità per il consumatore finale.

2.2. Il packaging intelligente

Il packaging intelligente, o “smart packaging”, è una metodologia di imballaggio basata su sottilissimi sensori incorporati nelle etichette che permette il monitoraggio delle condizioni di conservazione e distribuzione dell’alimento, rispettando la piena espressione della sua qualità e sicurezza.

È un metodo rapido, affidabile ed economico per monitorare in tempo reale la freschezza, lo stato di qualità e salubrità di un prodotto, potendo rappresentare in futuro un’alternativa più “smart” alla data di scadenza. Esempi di questo tipo sono sensori biologici di freschezza, integrati all’interno di etichette molto sottili che funzionano in base a coloranti sensibili al PH, e che quindi, se a contatto con determinati batteri, cambiano colore (Zhang et al., 2019) (Fig. 3).

Si può così valutare in tempo reale la freschezza del latte (Fan et al., 2018), del petto di pollo, della carne bovina, ma anche della frutta e verdura (Kalpana et al., 2019).

Fig. 3 – Esempio di smart packaging basato su barcode colorimetrico



A riguardo si cita il caso di un'azienda giapponese di design (la To – Genkyo) che ha proposto un indicatore di freschezza sotto forma di etichetta, che cambia colore nel momento in cui interagisce con l'ammoniaca rilasciata dagli alimenti durante la fase di deterioramento. Quest'etichetta, che funziona soprattutto per i prodotti di origine animale (come la carne bovina o il pollame), è disegnata a forma di clessidra e il cambiamento di colore indica l'inizio del deterioramento dell'alimento. Può essere letta o scansionata facilmente tramite uno smartphone o un semplice lettore di codici, ottenendo le informazioni sullo stato dell'alimento, aiutandone a rilevarne la freschezza o l'invecchiamento (Kuswandi & Nurfawaidi, 2017).

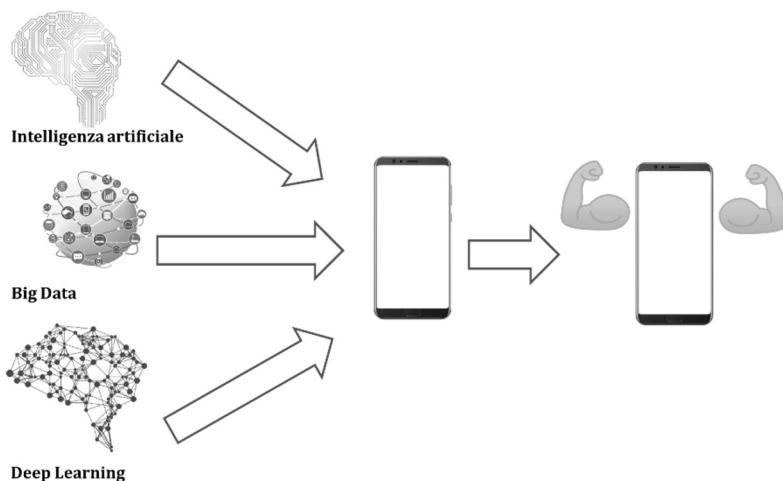
In questo modo, diventa possibile realizzare prodotti caratterizzati da proprietà inedite e potenziate, in cui il packaging non sarebbe più soltanto un mero elemento di protezione e di contenimento degli alimenti, ma un vero e proprio strumento “parlante”, in grado di indirizzare il consumatore verso scelte più consapevoli, sicure e di qualità.

2.3. *L'intelligenza artificiale*

L'intelligenza artificiale riguarda l'insieme di algoritmi e tecniche in grado di imitare e replicare le funzioni cognitive umane. Ha dei potenziali di sviluppo molto vasti, e se combinata con altri strumenti può averne di ancora più grandi.

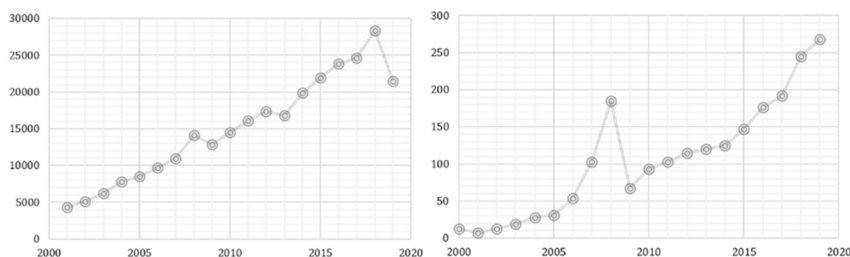
Ad esempio, sfruttando le potenzialità del deep learning e dei big data, si può associare all'utilizzo di smartphone ottenendo uno strumento ancora più potente (Fig. 4).

Fig. 4 – Integrazione tra intelligenza artificiale, big data, deep learning e smartphone



Si inizia a parlare di Intelligenza Artificiale già a partire dagli anni Settanta, e in letteratura (dati Scopus), inserendo la keyword “*Artificial Intelligence*” i contributi sono circa 335.000. Dai primi anni 2000 al 2019, il trend è progressivamente aumentato, come mostrato in fig. 5a. Aggiungendo il termine “*Food*”, il numero di ricerche scientifiche è abbastanza ristretto, con circa 2.200 lavori. In figura 5b viene riportato l’andamento, limitatamente al periodo 2000-2019, anche in questo caso in crescita, ma che quantitativamente rappresenta meno dell’1% del totale delle pubblicazioni inserendo la sola keyword “*Artificial Intelligence*”.

Fig. 5 – Avanzamento della produzione scientifica sull’intelligenza artificiale*. Keywords: “*Intelligenza artificiale*” (a), “*Intelligenza artificiale*” + “*food*” (b)



* Il 2019 è ancora da concludersi

a

b

Nel campo della food safety e food security, un contributo rilevante può essere fornito preaddestrando un modello di riconoscimento attraverso l'acquisizione e la memorizzazione di migliaia di immagini di un determinato alimento. In questo modo, inquadrandolo successivamente tramite una app dal proprio smartphone, e incrociando i dati ottenuti mediante analisi colorimetriche e di fluorescenza, sarà possibile rilevare la presenza di agenti patogeni e quindi, la freschezza o il deterioramento dell'alimento stesso. Recentemente queste metodologie hanno trovato applicazione sullo yogurt, sulle uova (Zeinhom et al., 2018), e per verificare la presenza di parassiti sulla manioca, sul grano e sulla banana (Gomez Selvaraj et al., 2019). Ma è anche possibile utilizzare il deep learning e l'intelligenza artificiale per valutare il calcolo delle calorie di un determinato alimento. A titolo di esempio, è utile citare il caso di *FoodAI*[®], azienda di Singapore, che ha sviluppato una app che è stata "addestrata" attraverso una base di 400 mila immagini di circa 756 classi di alimenti diversi e che è in grado di rilevare automaticamente i cibi e le loro calorie dalle immagini acquisite da una fotocamera (Sahoo et al., 2019). Questi modelli, sfruttando l'integrazione tra "intelligenza artificiale", "smartphone", "deep learning" e "big data", possono essere delle piattaforme semplici, portatili, rapide e a basso costo sia per il rilevamento degli agenti patogeni, sia per la gestione della propria alimentazione. In questo modo, non sarà più necessario possedere una conoscenza profonda degli alimenti per valutare la qualità e la salubrità alimentare.

3. Limiti, difficoltà e barriere all'adozione

Gran parte delle tecnologie dell'industria 4.0 però sono ancora immature e in fase di test, motivo per il quale la loro implementazione nella gestione della qualità e sicurezza alimentare presenta alcuni problemi che potrebbero rappresentare delle barriere all'adozione. Anzitutto, l'assenza di privacy: nel caso specifico della blockchain, potrebbe accadere che, dal momento in cui le transazioni sono pubbliche, né le aziende, né i singoli individui sarebbero disposti a pubblicare tutte le informazioni su un database pubblico (Guoqing et al., 2019). Poi ci sono problematiche legate ai costi e ai tempi che si impiegherebbero per lo sviluppo e l'integrazione delle tecnologie in azienda. Sussistono anche problemi di regolamentazione: molto spesso vengono coinvolte persone diverse di paesi altrettanto differenti, dove ci possono essere vuoti normativi, o non ci sono leggi o regolamentazione da seguire. Infine, dal momento in cui si parla di tecnologie nuove e recenti, ci sono delle questioni puramente culturali. Il riferimento è, ad una scarsa cultura "tecno-

logica” delle persone, che potrebbero essere restie nell’imparare ad utilizzare determinate tecnologie e quindi a capirne i benefici, così come alla carenza di competenze, know-how e di personale qualificato.

Conclusioni

Preservare la qualità, la sicurezza e la salubrità alimentare è un’area di ricerca molto importante e non trascurabile, in quanto direttamente correlata alla sostenibilità e al miglioramento della qualità della vita umana, visto il coinvolgimento della salute pubblica dell’intera società. Oggi, grazie all’applicazione delle tecnologie dell’industria 4.0 è possibile apportare dei benefici immediati al consumatore, coniugando “smartness”, velocità, efficienza e sostenibilità. Per l’importanza della food safety e della food quality nonché per le problematiche che ne possano derivare è auspicabile un uso e uno sviluppo più intenso, così da dare a consumatori e produttori una risposta “smart”, ossia rapida, realistica, oggettiva ed affidabile nel momento in cui necessitano di compiere una scelta d’acquisto. Se riuscirà a coglierne le sfide future, l’industria alimentare potrà trarre enormi vantaggi dalla crescita delle tecnologie dell’industria 4.0 e delle relative applicazioni. Queste tecnologie sembrano molto promettenti e ricche di grandi potenzialità, ma nonostante ciò sono ancora immature e non sempre facili da applicare.

Bibliografia

- Antonucci F., Figorilli S., Costa C., Pallottino F., Raso L., Menesatti P., (2019), A review on blockchain applications in the agri-food sector, *Journal of food science and agriculture*, 99(14), November, 6129-6138.
- Cappelli L., Renzi F.M., (2010), *Management della qualità*, CEDAM, Padova.
- Fan, Y., Wang, H., Liu, S., Zhang, B., Zhang, Y. (2018), Milk carton with integrated paper-based microfluidics for milk quality rapid test, *Journal of Food Safety*, 38 (6).
- Gologorsky Y., Oermann K. (2019), Artificial Intelligence in Clinical Neurosciences, *World Neurosurgery*, 126, 611-612.
- Gonzalez Carrasco I., Jimenez Marquez J.L., Lopez Cuadrado J.L., Ruiz Mezcua B. (2019), Automatic detection of relationships between banking operations using machine learning, *Information Sciences*, 319-346.
- Guoqing Z., Liu S., Lopez C., Lu H., Elgueta S., Chen H. (2019), Blockchain technology in agri-food value chain management: A synthesis of applications, challenges and future research directions, *Computers in Industry*, 109, 83-99.

- Hong W., Cai Y., Yu Z., Yu X. (2019), *An Agri-product Traceability System Based on IoT and Blockchain Technology*, Proceedings of 2018 1st IEEE International Conference on Hot Information – Centric Networking, 254-255.
- Kalpana S., Priyadarshini S.R., Moses J.A., Anandharamakrishnan C., Intelligent packaging: Trends and applications in food systems (2019), *Trends in Food Science & Technology*, 93, 145-157.
- Kshetri N., Loukoianova E. (2019), Blockchain Adoption in Supply Chain Networks in Asia, *IT Professional* 21(1), 11-15.
- Kurosz J., Milecki A. (2018), *The idea of “industry 4.0” in car production factories*, 2nd International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance, ISPEM 2018; 835, 597-607.
- Kuswandi B., Nurfawaidi A. (2017), On-package dual sensors label based on pH indicators for real-time monitoring of beef freshness, *Food Control*, 82, December, 91-100.
- Gomez Selvaraj M., Vergara A., Ruiz H., Safari N., Elayabalan S., Ocimati W., Blomme G. (2019), AI-powered banana diseases and pest detection, *Plant Methods*, 15, 92.
- Prospero M., Lagamayo B., Tumalak A., Santos G., Dadiz G. (2018), Skybiometry and AffectNet on Facial Emotion Recognition Using Supervised Machine Learning Algorithms, ICCCV ‘18 Proceedings of the 2018 International Conference on Control and Computer Vision, 18-22.
- Sahoo D., Hao W., Ke S., Xiongwei W., Le H., Achananuparp P., Lim E.P. (2019), FoodAI: Food Image Recognition via Deep Learning for Smart Food Logging, Applied Data Science Track Paper, 2260-2268.
- Wanjun Y., Shiyuan H. (2018), Traceability of Food Safety Based on Block Chain and RFID Technology, 11th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID).
- Zeinhom M.M.A., Wang Y., Song Y., Lin Y., Du D. (2018), A portable smart-phone device for rapid and sensitive detection of E. coli O157:H7 in Yoghurt and Egg, *Biosensors and Bioelectronics*, 99, 479-485.
- Zhang H., Hou A., Xie K., Gao A. (2019), Smart color-changing paper packaging sensors with pH sensitive chromophores based on azo-anthraquinone reactive dyes, *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 362-369.