



PLASMA FREDDO PER LA DECONTAMINAZIONE DI ALIMENTI E IMBALLAGGI DA SARS-CoV-2

Il progetto è finanziato dai Fondi Europei della regione Emilia-Romagna
Programma POR-FESR 2014-2020



CENTRO INTERDIPARTIMENTALE
DI RICERCA INDUSTRIALE AGROALIMENTARE



Il progetto descritto aveva l'obiettivo di verificare l'efficacia di trattamenti con plasma freddo effettuati con un prototipo pilota di nuova concezione, per l'inattivazione di SARS-CoV-2 in alimenti non trattati termicamente e su superfici degli imballaggi più diffusi nel settore alimentare. Sono state messe a punto di strategie per l'industrializzazione del prototipo utilizzato per il quale l'ambito di possibile utilizzo potrebbe essere la ristorazione collettiva (mense di ospedali, scuole, mense aziendali).



Pietro Rocculi

Professore associato presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari dell'Università di Bologna. Da circa 20 anni si occupa di innovazione di processo-prodotto nel settore alimentare, attraverso l'utilizzo di tecnologie emergenti e non-termiche.



Silvia Tappi

Ricercatrice a tempo Determinato presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Alimentari dell'Università di Bologna, si occupa principalmente dello sviluppo e dell'applicazione di tecnologie emergenti e non termiche per il miglioramento della qualità ed il prolungamento della shelf-life di prodotti alimentari.



Luca Camanzi

Professore ordinario presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari dell'Università di Bologna. L'attività di ricerca si concentra sugli aspetti economici dell'innovazione nel sistema agroalimentare, nonché sulle scelte imprenditoriali, strategie di marketing e organizzazione di filiera

Decontaminazione di alimenti e imballaggi da SARS-CoV-2

La pandemia da COVID-19 è causata dal virus **SARS-CoV-2** (sindrome respiratoria acuta grave Coronavirus 2), un membro della famiglia *Coronaviridae* che generalmente comprende una struttura di RNA a filamento singolo avvolta. Una caratteristica distintiva dei *Coronaviridae* sono le proiezioni superficiali a forma di mazza o petalo o "punte" che ricordano la corona solare, da cui il nome coronavirus [1].

I dati di vari studi epidemiologici riportano che COVID-19 si trasmette tra gli esseri umani principalmente attraverso goccioline respiratorie (respirazione, starnuti, tosse, parlare) o per via orale dovuta al contatto con oggetti e superfici contaminate, sebbene quest'ultima sembri essere meno significativa [2].

Tuttavia, **i consumatori di tutto il mondo hanno sollevato preoccupazioni sul fatto che il nuovo coronavirus possa essere trasmesso anche attraverso il cibo o il packaging ad esso collegato.**

Diverse valutazioni del rischio sono state condotte dalle agenzie per la sicurezza alimentare per stabilire se gli alimenti, i materiali a contatto con gli alimenti e gli imballaggi degli alimenti presentino un potenziale rischio per la sicurezza alimentare correlato al SARS-CoV-2.

L'**EFSA** (*European Food Safety Agency*) ha escluso la trasmissione del virus tramite l'alimentazione, specificatamente attraverso il tratto digestivo. Tuttavia, la possibilità che il tratto respiratorio ven-



ga infettato durante l'ingestione e la masticazione non può essere completamente esclusa.

Come per altri coronavirus noti, il trattamento termico utilizzato per la cottura degli alimenti è sufficiente all'inattivazione del virus [3].

Un trattamento termico a 63 °C per 4 minuti (quale quello utilizzato durante la preparazione di cibi caldi in catering collettivi) può considerarsi sufficiente per eliminare il rischio di tale patogeno [4].

Tuttavia, il rischio persiste per le categorie di alimenti freschi consumati senza previo trattamento di cottura per i quali le buone pratiche di lavorazione sono il solo modo per prevenirne la contaminazione e ad oggi tale punto critico non è stato sufficientemente considerato.

Diversi studi scientifici hanno rivelato che la persistenza di coronavirus umani - come quello della sindrome respiratoria acuta grave (**SARS**), quello della sindrome respiratoria del Medio Oriente (**MERS**) o i coronavirus umani endemici (**HCoV**) - sulla superficie di materiali di imballaggi può variare da qualche ora

fino ad anche 9 giorni, a seconda del materiale (metallo, vetro o plastica) [5]. Pertanto, la contaminazione accidentale da SARS-CoV-2 delle superfici esterne dei materiali utilizzati per il confezionamento, la lavorazione e la manipolazione degli alimenti (attrezzature e strumenti) rappresenta un tema nuovo e cruciale da valutare con attenzione.

L'attuale guida dell'OMS afferma che "pulire a fondo le superfici ambientali con acqua e detergente e applicare disinfettanti a livello ospedaliero di uso comune (come l'ipoclorito di sodio) sono procedure efficaci e sufficienti" [6].

I disinfettanti sono molto importanti nel controllo e nell'inattivazione dei microrganismi su varie superfici inanimate [5, 7, 8]. Tuttavia, possono lasciare residui nocivi sulle superfici a contatto con gli alimenti.

Inoltre, il loro uso non è consentito su specifiche tipologie di materiali di imballaggio e il loro effetto è spesso nullo quando le procedure di igienizzazione chimica sono eseguite da persone non addestrate, come i consumatori.



La tecnologia del plasma freddo nel settore alimentare

Il trattamento al plasma freddo è un processo di disinfezione relativamente nuovo che sta attirando molta attenzione perché rispettoso dell'ambiente, non prevedendo l'utilizzo di sostanze chimiche [9]. Questa tecnologia utilizza aria o miscele di gas che, sottoposti ad un campo elettrico sufficientemente alto, generano una grande quantità di elettroni, atomi carichi e neutri, emettendo anche UV, agenti con un elevato potenziale di inattivazione di microrganismi [9]. I cosiddetti "trattamenti plasma assistiti" pertanto sfruttano l'azione antimicrobica di diversi componenti attivi, come specie reattive (elettroni, radicali, ioni e molecole eccitate) e campi elettromagnetici, rappresentando così una tecnologia economica, verde e sicura [10]. È stato precedentemente dimostrato che il plasma freddo può inat-

tivare efficacemente virus patogeni (ad es. Norovirus umano, adenovirus e virus dell'epatite A) in varie matrici [11, 12, 13]. Inoltre, recentemente l'effetto del plasma è stato testato con successo anche su SARS-CoV-2 su alcune superfici inanimate quali plastica, metallo, cartone e differenti tipologie di pelle per uso sportivo [14]. Tuttavia è importante considerare che, in primo luogo il prototipo utilizzato nel suddetto studio per generare il plasma non è adatto al trattamento di prodotti alimentari e materiali di confezionamento, inoltre le superfici testate sono molto diverse da quelle a contatto con gli alimenti. Pertanto, uno studio specifico su alimenti e materiali a contatto con alimenti è risultato necessario per confermare l'efficacia di questo trattamento innovativo non-termico inattivo.



Obiettivi e struttura del progetto di ricerca



Il progetto "Applicazione di trattamenti al plasma freddo atmosferico per la decontaminazione di superfici di alimenti e **MOCA** (materiali e oggetti a contatto con gli alimenti) da COVID-19" finanziato dalla regione Emilia Romagna nell'ambito del progetto **POR FESR 2014-2020 - Asse 1**, ha avuto come obiettivo in primo luogo quello di verificare l'efficacia di trattamenti con plasma freddo, effettuati utilizzando il prototipo pilota di camera di trattamento di nuova concezione per l'inattivazione di SARS-CoV-2 in alcuni tipi di alimenti non trattati termicamente, e su superfici di materiali di imballaggio tra quelli più diffusi nel settore alimentare. Al fine di ottenere indicazioni rappresentative sull'efficacia del trattamento, per le finalità di questo progetto sono stati selezionati prodotti alimentari appartenenti a categorie differenti, caratterizzate da caratteristiche compositive e qualitative diverse, quali ortofrutta fresca, formaggi freschi e tartare di pesce. Similmente, i materiali di imballaggio oggetto di sperimentazione nel progetto (PP, PE, PET, cartoncino) sono stati selezionati sulla base del loro maggiore utilizzo e applicazione nel settore del *packaging* alimentare, essendo molto versatili ma anche sostenibili poiché, oltre a poter essere facilmente riciclabili, consentono ai prodotti alimentari per cui vengono utilizzati di mantenere buone caratteristiche quali-

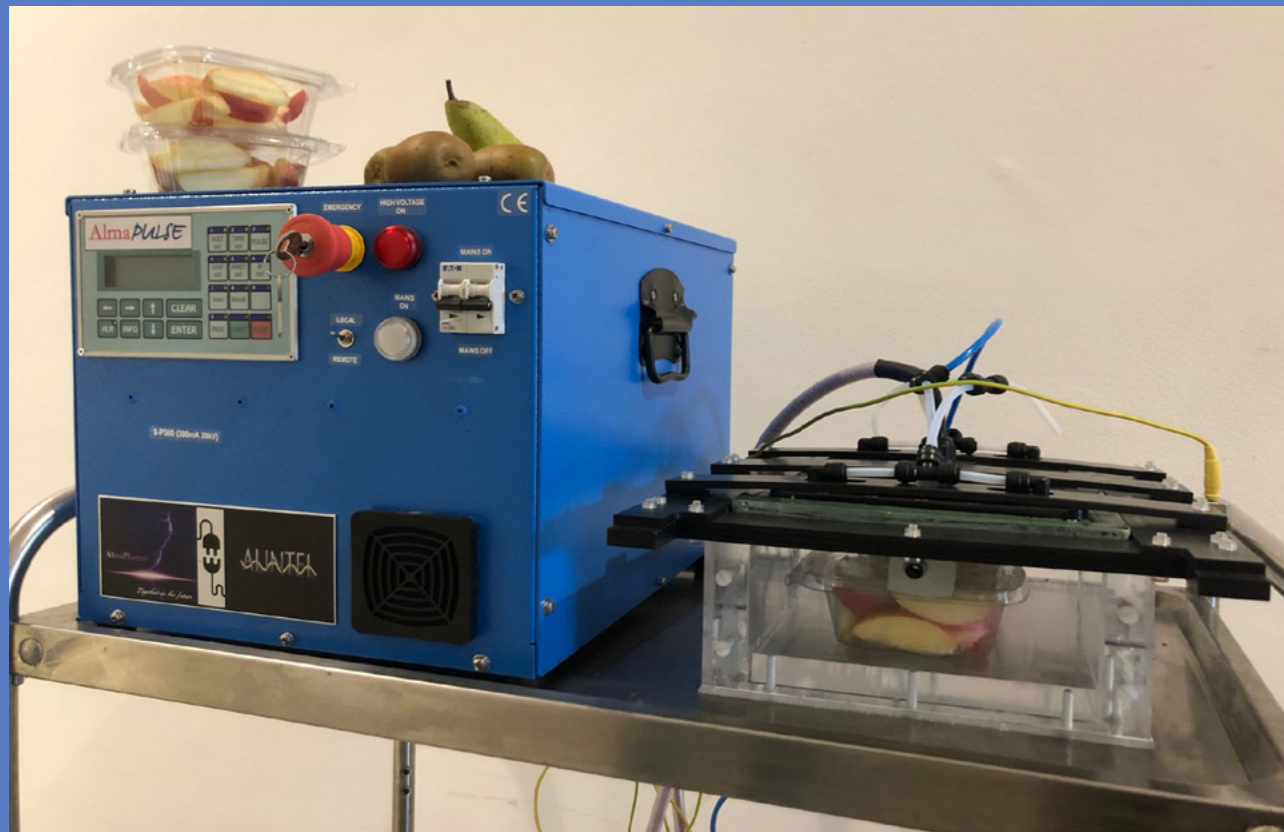


Fig. 1 – Prototipo 'PlasmaInside' utilizzato per il progetto

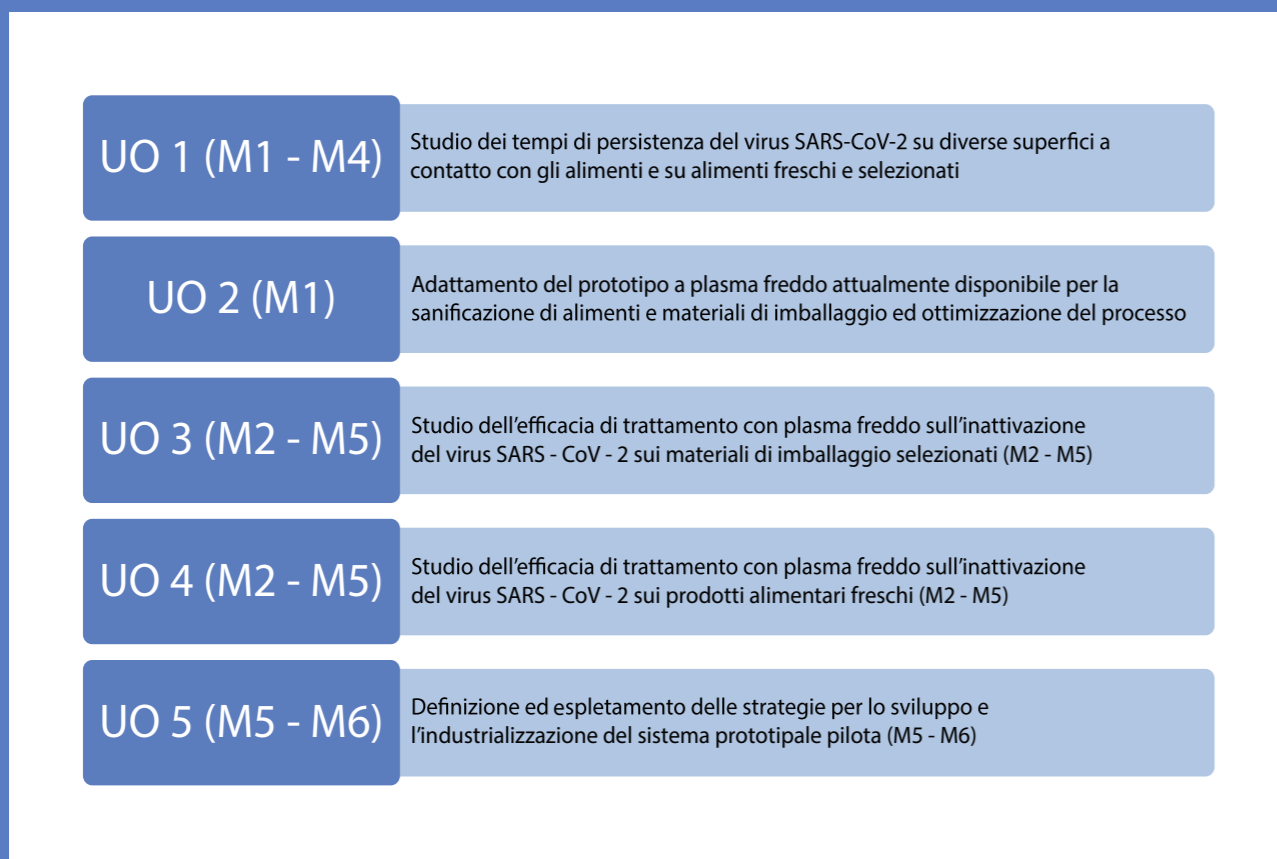


Fig. 2 – Articolazione del progetto in Unità Operative (U.O.)

tative e relativamente lunghe *shelf-life*. Il progetto ha previsto quindi l'utilizzo dell'**impianto prototipale pilota** (detto 'PlasmaInside') (Fig. 1). Tale prototipo consiste in una camera di trattamento di nuova concezione, che permette l'esposizione indiretta del prodotto al plasma tramite la modulazione di vari parametri di processo e si trova presso l'**Area di processo del CIRI Agroalimentare dell'Università di Bologna**. Il prototipo iniziale, utilizzato prevalentemente per il trattamento di prodotti alimentari e sviluppato in un precedente progetto POR FESR, è stato adattato alle esigenze del presente progetto, ad esempio attraverso l'applicazione di un sistema di contenimento che impedisca la contaminazione dell'ambiente circostante e garantisca di operare in sicurezza nonostante l'uso di agenti biologici più pericolosi e aggressivi dei batteri. Per le verifiche di inattivazione di cariche virali, i proponenti hanno individuato come referente il Laboratorio Unico del Centro Servizi dell'AUSL Romagna anch'esso situato a Cesena, centro ad alta specializzazione, dotato delle attrezzature e delle professionalità necessarie per la manipolazione e gestione di agenti virali, incluso SARS-CoV-2, che fa capo all'Unità Operativa di Microbiologia diretta dal Prof. Vittorio Sambri, Coordinatore della Rete dei Laboratori Diagnostici per il SARS-CoV-2 della RER. Il progetto è stato strutturato in diverse Unità Operative (**UO**), come schematizzato in Fig. 2. Dopo una prima fase, volta alla determinazione della persistenza del virus sulle superfici dei materiali a contatto con gli alimenti e sugli alimenti stessi, l'effetto dell'esposizione al plasma freddo è stato valuta-

to sull'inattivazione del virus ma anche dei principali gruppi microbici degradativi e patogeni tipici di ogni specifico prodotto, al fine di quantificarne l'effetto decontaminante combinato. Inoltre, l'effetto del trattamento con plasma freddo è stato anche valutato in relazione alle proprietà qualitative e della stabilità dei prodotti alimentari, nonché alle performances degli imballaggi, quali proprietà meccaniche, visive e di permeabilità ai gas e vapori e di migrazione degli imballaggi trattati. **Una volta individuate le condizioni di trattamento con plasma freddo ottimali, le ricadute applicative del progetto prevedono l'industrializzazione e la commercializzazione del sistema utilizzato** sia verso le imprese di produzione e confezionamento di alimenti, che di eventuali somministratori/distributori/retailers, quali principali attori della GDO. La soluzione proposta da questo progetto è finalizzata alla riduzione del rischio di contaminazione attraverso il contatto con le superfici di imballaggi alimentari ed alimenti, allo scopo di prevenire nuovi contagi e minimizzare il rischio di nuove diffusioni di SARS-CoV-2. I principali risultati attesi da questo progetto riguardavano *in primis* la dimostrazione sperimentale del prototipo, basato su tecnologia plasma freddo, nel garantire la sanificazione da SARS-CoV-2 di varie tipologie di alimenti e imballaggi, senza comprometterne le caratteristiche di qualità e stabilità. Tra i risultati attesi, si prevede la progettazione per lo sviluppo di sistemi industriali da utilizzare in ambienti di produzione e confezionamento di differenti tipologie di alimenti, nonché presso *retailers* e imprese di preparazione/somministrazione di ali-

menti, quali negozi di prodotti alimentari e GDO. Questo grazie anche alla collaborazione con alcune aziende del settore (Caseificio Mambelli srl; Macè srl; Economia del Mare), molto interessate all'up-scale della tecnologia proposta, che hanno partecipato gratuitamente alle attività, investendo risorse *in kind* (e.g. prodotti e materiali di confezionamento oggetto della proposta).

Un ulteriore risultato atteso riguarda l'industrializzazione del prototipo attraverso la definizione e l'implementazione delle strategie per il suo sviluppo nelle aziende *target*. Questo è stato facilitato e reso possibile dalla creazione dei presupposti tecnici, organizzativi ed amministrativi per l'avviamento, conco-

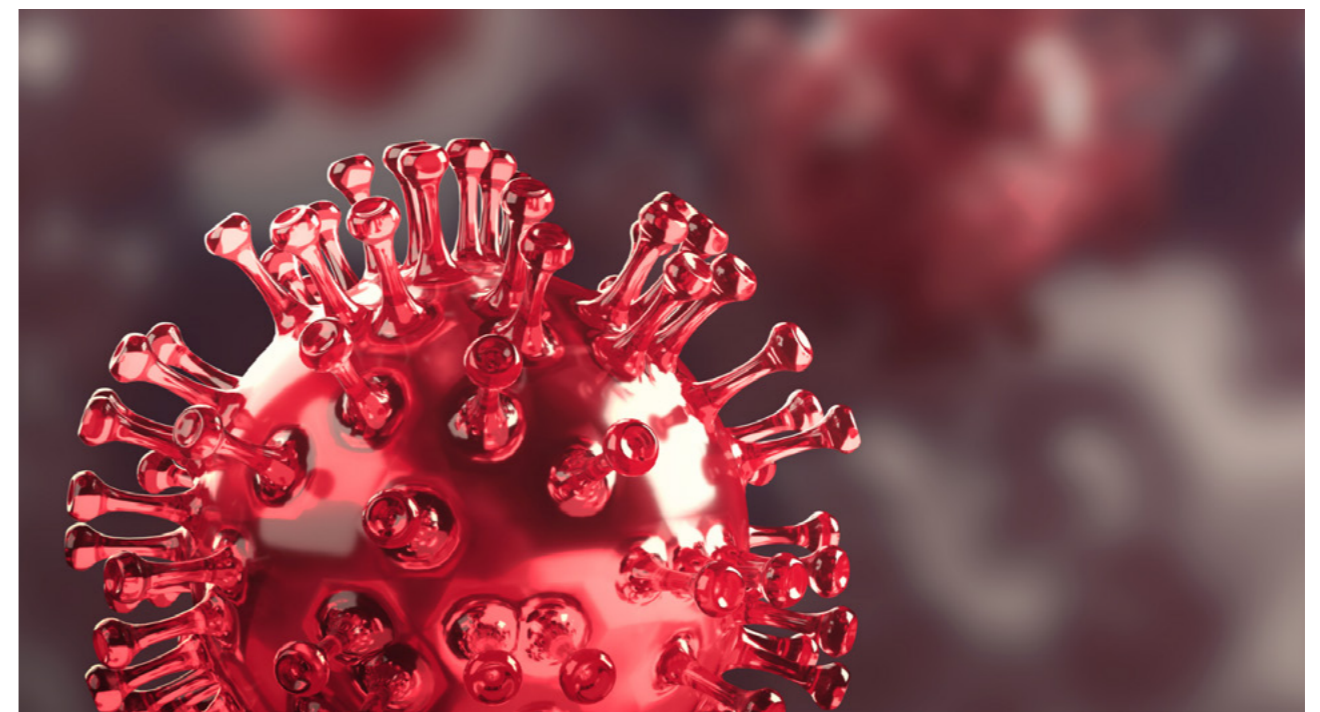
mitante o immediatamente successivo al termine del progetto, di una *start-up* nel contesto del CIRI Agroalimentare, con l'eventuale collaborazione di alcune imprese della regione. **Il progetto ha voluto rispondere principalmente all'obiettivo di fornire mezzi di contrasto alla diffusione del contagio da SARS-CoV-2** e della più ampia famiglia di coronavirus, ridurre il rischio di contaminazione per contatto con le superfici, rendere disponibile una soluzione tecnologica potenzialmente in grado di ridurre il rischio di contaminazione, con particolare attenzione ai luoghi dove vi è una significativa aggregazione di persone, come ad esempio, negozi di alimentari, mense, ristoranti e supermercati.



Principali risultati ottenuti

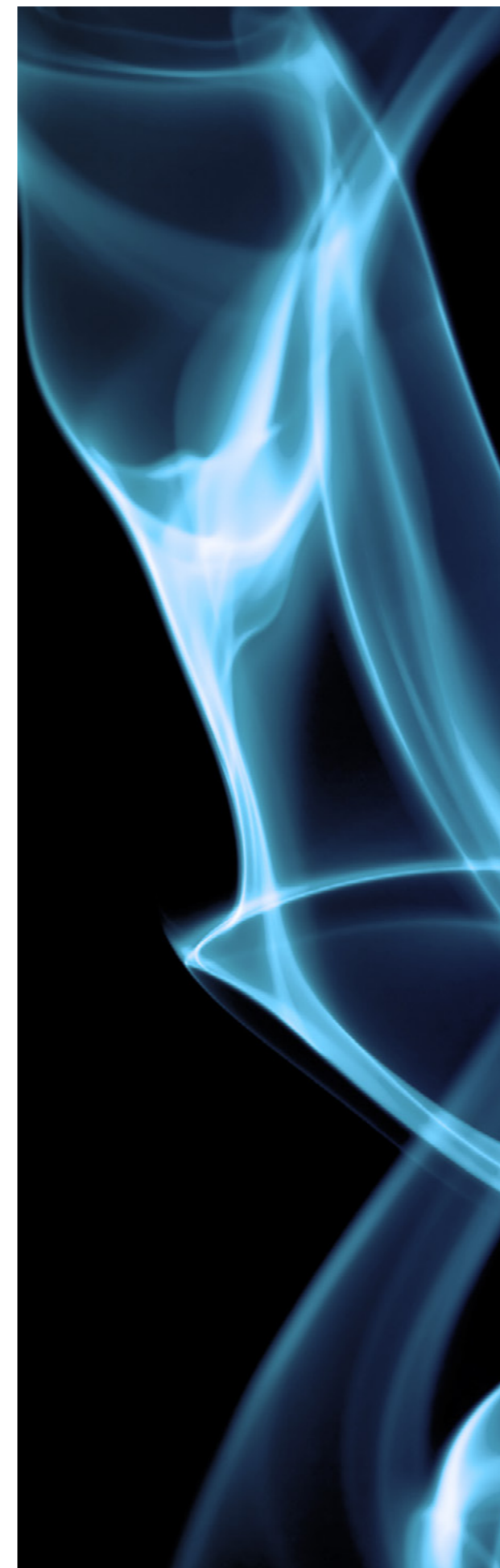
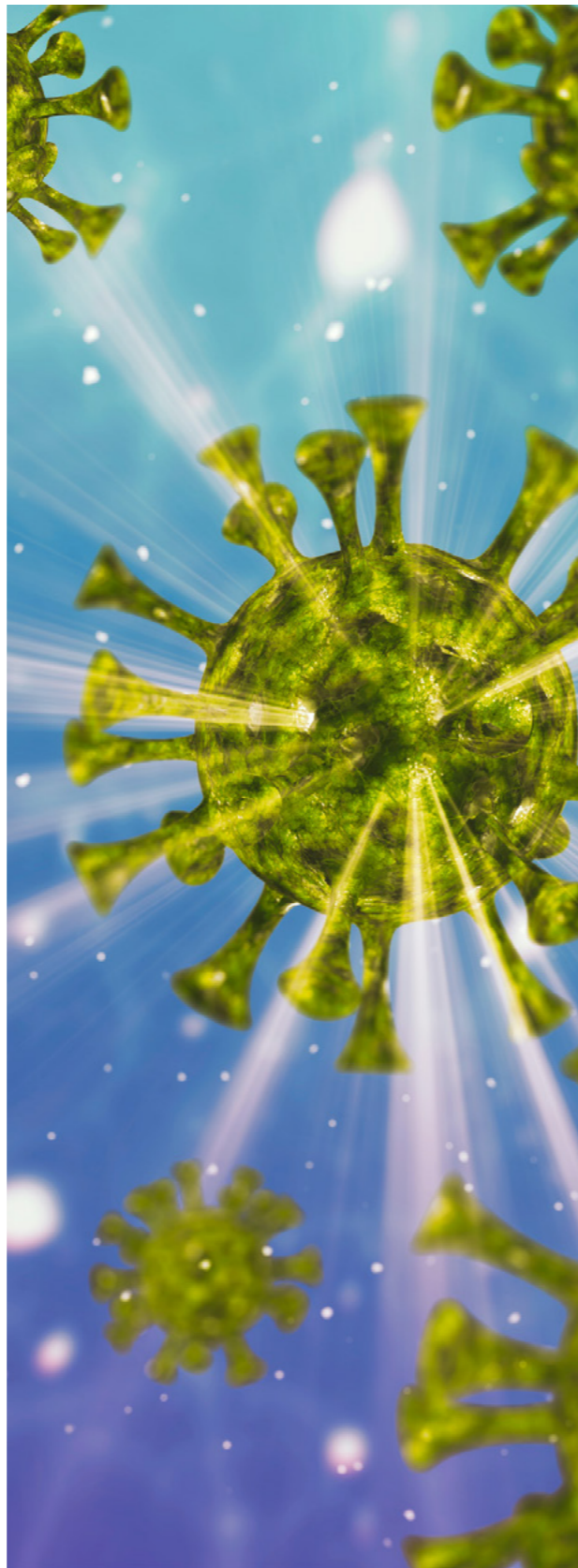
PERSISTENZA DI SARS-CoV-2 SUL PACKAGING

Il virus SARS-CoV-2 è stato artificialmente inoculato sui diversi materiali di packaging selezionati che sono poi stati stoccati a diverse temperature e condizioni di umidità relative per mimare diverse condizioni di stoccaggio. La vitalità e la capacità replicativa del virus sono state testate nel tempo. Dai risultati è emerso che generalmente il virus era ancora **vitale dopo 3 giorni** di stoccaggio, con alcune differenze tra i diversi materiali selezionati, mentre dopo **7 giorni** risultava **completamente inattivo**. Questo risultato è importante in quanto conferma il potenziale pericolo di trasmissione a seguito di contaminazione accidentale di imballaggi alimentari.



EFFETTI DEL TRATTAMENTO CON PLASMA FREDDO SULL'INATTIVAZIONE DEL VIRUS E SULLA QUALITÀ DI ALIMENTI E MATERIALI DI CONFEZIONAMENTO

La caratterizzazione elettrica del dispositivo e delle specie reattive presenti nella camera di trattamento è stata effettuata tramite l'utilizzo di tecniche diagnostiche quali *Optical Emission Spectroscopy* e *Optical Absorption Spectroscopy*. Sulla base dei risultati ottenuti durante le fasi di sperimentazione il prototipo è stato ottimizzato modulando i parametri elettrici del generatore per massimizzare l'effetto antimicrobico (sia su virus che lieviti, muffe e batteri) minimizzando il consumo energetico. In una prima parte della sperimentazione, è stato utilizzato l'**RNA** estratto dal virus ed inoculato artificialmente sui materiali di imballaggio e sugli alimenti selezionati, mentre in una seconda parte, il virus SARS-CoV-2 vero e proprio è stato utilizzato a concentrazioni diverse sui diversi prodotti. Questa fase è stata eseguita presso il **Laboratorio Unico del Centro Servizi dell'AUSL Romagna**, in grado di gestire tale patogeno con tutte le misure di sicurezza necessarie. Dai risultati è emerso che il plasma freddo è in grado di indurre danni al virus, sia nel caso dell'RNA nudo che quando presente il capsido. L'ottimizzazione del trattamento è stata eseguita valutando la concentrazione compatibile con una contaminazione accidentale a seguito di deposizione di *droplets*, il settaggio del generatore di plasma e il tempo di esposizione. Gli alimenti selezionati (vegetali fre-



sci, formaggio fresco e pesce crudo) sono stati esposti al trattamento con plasma per i tempi utilizzati per verificare l'inattivazione del virus. Inoltre, sono stati sottoposti a trattamento anche due prodotti vegetali, mele di IV gamma e basilico fresco confezionati in vaschette di materiali plastici diversi, per verificare l'effetto dell'esposizione delle confezioni sulla loro *shelf-life*. **L'effetto del trattamento è stato valutato durante lo stoccaggio refrigerato misurando le principali caratteristiche qualitative**, quali carica microbica, colore, pH, sostanza secca, contenuto di composti bioattivi e indici di ossidazione lipidica a seconda delle specifiche caratteristiche di ogni alimento considerato. In generale, non sono stati osservati cambiamenti significativi nella qualità degli alimenti, né dopo il trattamento né durante la *shelf-life*. L'unica variazione osservata riguarda un leggero aumento dei **fenomeni ossidativi** a carico dei lipidi in alimenti quali formaggio e pesce crudo. Questo fenomeno, già osservato in letteratura [15] richiede maggiore attenzione ed un approfondimento della sperimentazione. In particolare, in termini di ottimizzazione dei parametri di processo al fine di ottenere lo stesso effetto sanificante ma limitando l'ossidazione del substrato. Le modifiche osservate, tuttavia, erano molto blande e non hanno influito negativamente sulla percezione sensoriale dei prodotti. Infine, poiché le *performances* dei materiali di imballaggio sono di fondamentale importanza, sia dal punto di vista legislativo (migrazione globale), sia da quello tecnologico, esse sono state investigate a seguito dell'esposizione al plasma. Secondo la legislazione vigente, la mi-

grazione viene valutata utilizzando liquidi simulanti che mimano le diverse tipologie di prodotti alimentari, e misurando la quantità di sostanza rilasciate in essi a seguito di un contatto definito con i materiali di imballaggio. Dai risultati è emerso che la migrazione globale non viene variata in modo sostanziale e rimane abbondantemente sotto al livello previsto dalla legge per

tutti i materiali testati ($< 1 \text{ mg/dm}^2$). Anche le proprietà meccaniche, termiche e diffusionali (permeabilità all'ossigeno) dei materiali non sono risultate cambiare per i tempi di esposizione investigati, suggerendo che il trattamento non altera le proprietà tecnologiche dei materiali, confermando i risultati ottenuti durante la *shelf-life* degli alimenti confezionati e sottoposti a trattamento.

BUSINESS PLAN

Grazie alle consolidate competenze del **CIRI-AGRO** nell'ambito della valutazione economica dei progetti e di *marketing* in ambito agro-alimentare, è stato realizzato uno studio di fattibilità per l'implementazione di processi e impianti, al fine di individuare le opzioni più convenienti e i relativi profili di rischio al variare delle condizioni tecnico-economiche rilevanti, con l'obiettivo finale di formulare un giudizio di convenienza economica e ad una valutazione delle variabili critiche per la stabilità dei risultati ottenuti (analisi di scenario). Nell'ambito della strategia di commercializzazione del prototipo sviluppato, è stata in particolare esplorata l'opportunità di creare una *start-up* dedicata alla vendita di sistemi di sanitizzazione che sfruttano la tecnologia al plasma, dedicati a contesti specifici. Due potenziali industrie sono state identificate come opportunità più promettenti per la commercializzazione sistemi di sanitizzazione per MOCA:

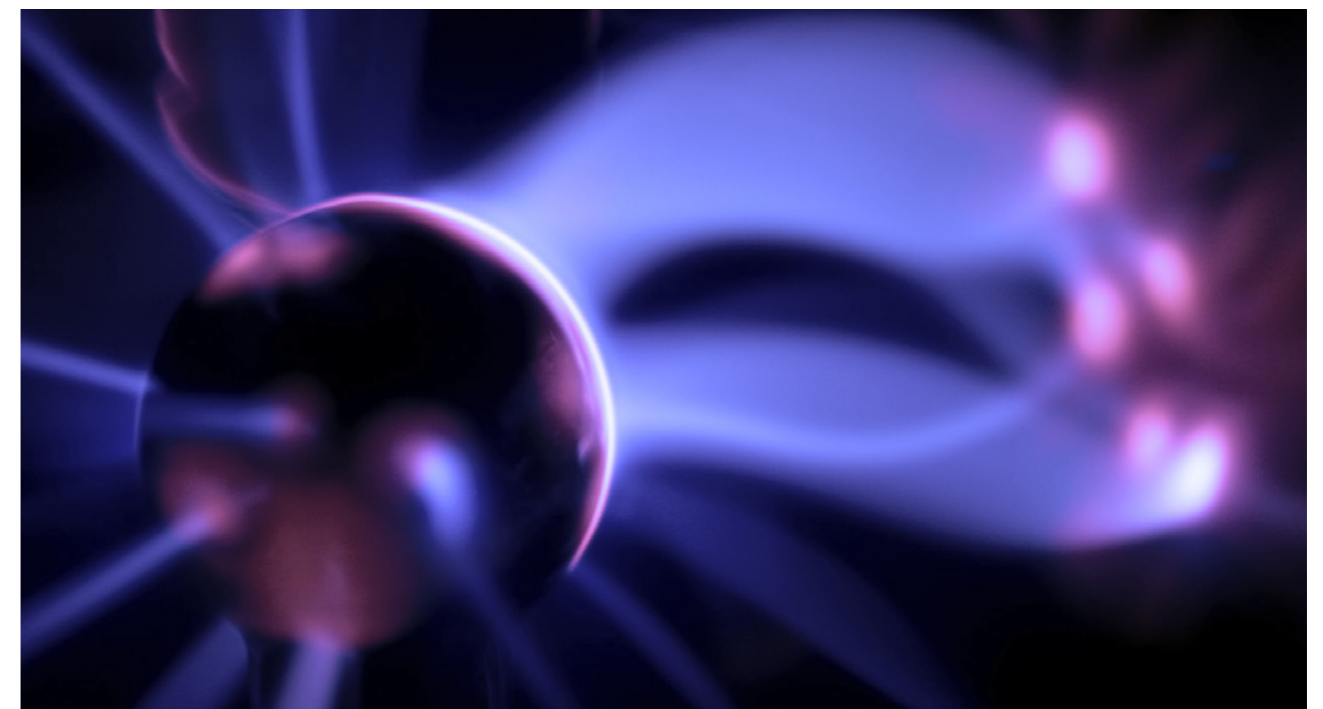
- società di servizi di ristorazione (con un focus sulla ristorazione e altre attività alimentari);
- centri di ricerca alimentare.

Al fine di individuare segmenti di mer-



cato più specifici, sono state somministrate interviste semi-strutturate a diversi membri di organizzazioni nel settore della ristorazione e nei centri di ricerca alimentare. Dai risultati è emerso un atteggiamento positivo e un buon livello di accettazione dei consumatori della tecnologia a plasma freddo nel settore della ristorazione, indicando un buon potenziale per il mercato italiano. Dall'analisi dello scenario competitivo è emerso che il prototipo proposto rappresenta attualmente un **prodotto unico** sul mercato, i cui concorrenti indiretti sono rappresentati dalle tecnologie non termiche (sistemi di purificazione dell'aria, sistemi di sanificazione/disinfezione dei prodotti). In considerazione delle potenzialità del prodotto e dei risultati dell'indagine realizzata, è stato quindi proposto un modello di *business* per la commercializzazione dei sistemi di sanitizzazione sviluppati. Tale modello descrive la logica alla base della creazione e della fornitura di valore di un'impresa ai clienti, nonché la struttura aziendale

e i meccanismi impiegati per acquisire una quota di tale valore ed è stato elaborato con riferimento al **Business Model Canvas** proposto da Osterwalder e Pigneur [16]. Al contempo sono state individuate le scelte in chiave di *marketing* in termini di caratteristiche del prodotto, canali di distribuzione, promozione e strategia di prezzo. Per quanto riguarda lo sviluppo del mercato obiettivo, le elaborazioni condotte inducono a raccomandare prudenza nei primi 4-5 anni, utilizzando la fase di avvio dell'impresa per raccogliere importanti *feedback* sul prodotto da parte dei clienti e validare il sistema in Italia, per poi passare ad una strategia di *scale-up* sul mercato europeo negli anni successivi. Con questo approccio, la *start-up* può iniziare con una penetrazione più profonda del mercato in un'area, dedicando del tempo a comprendere a fondo come soddisfare le esigenze dei clienti. Dopo la sua convalida su scala nazionale, si può dunque iniziare il processo di replica ed espansione anche nel mercato europeo.



Risultati ottenuti e prospettive future

Dai risultati ottenuti da questo progetto è stato confermato il ruolo promettente del **plasma freddo** per la sanificazione di alimenti e superfici a contatto con gli alimenti da SARS-CoV-2. Un prototipo pre-industriale è stato venduto ad un centro di ricerca e sono state messe in atto le procedure di adattamento per i futuri contesti operativi. Ulteriori ricerche sono necessarie per ottimizzare i trattamenti sulla base delle specifiche caratteristiche degli alimenti, in particolare quelli contenenti lipidi, e per comprendere appieno i meccanismi di

inattivazione del virus in funzione delle condizioni operative utilizzate. **L'impatto principale del progetto è rappresentato dalla brevettazione e dalla creazione del nuovo sistema di sanificazione plasma-assistito, che sarà ulteriormente sviluppato e pronto per l'industrializzazione già da metà del 2021**, mirato alle industrie di trasformazione, confezionamento e distribuzione alimentare.

Sono state anche gettate solide basi per la creazione della *start-up* che si occuperà del lancio del prototipo sul mercato italiano.

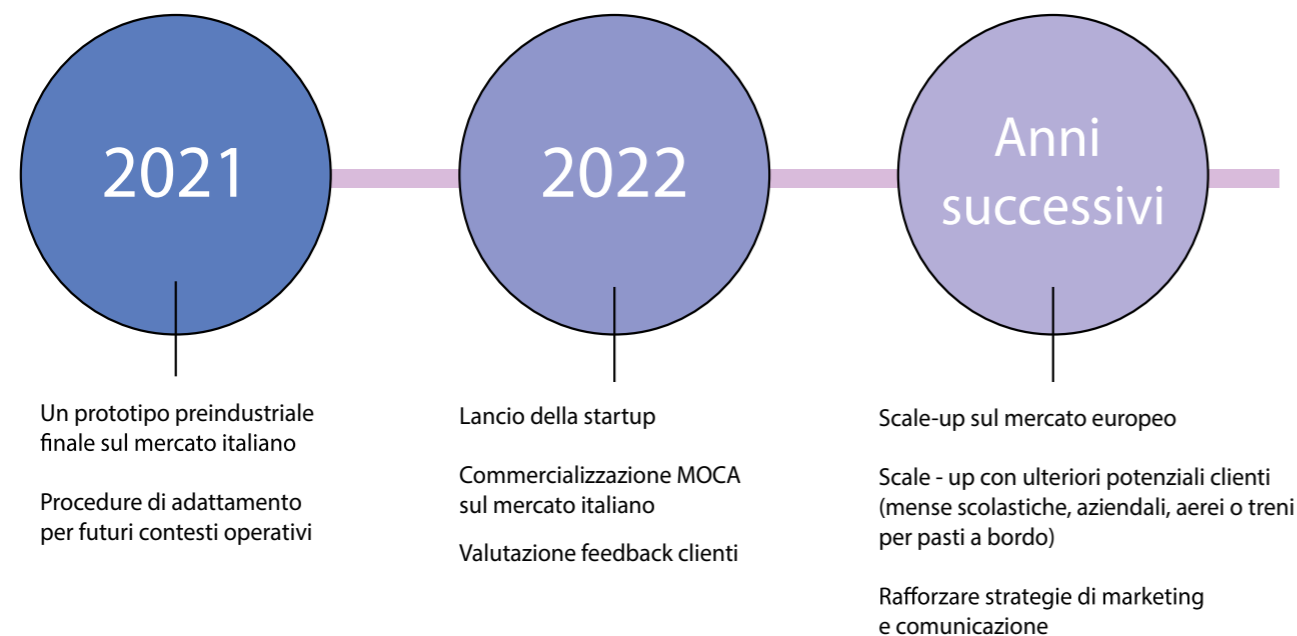


Fig. 3 - Piano di attività del progetto MOCA riguardante le attività/strategie di marketing

L'emergenza legata alla pandemia da SARS-CoV-2 ha generato l'esigenza di un nuovo punto critico di controllo, legato alla contaminazione esterna di prodotti alimentari confezionati. Pertanto, sistemi in grado di gestire tale criticità del processo di produzione e distribuzione sono di grande interesse.

 BIBLIOGRAFIA

- 
1. Aronson JK. Corona viruses – a general introduction. Centre for Evidence-Based Medicine, Nuffield Department of Primary Care Health Sciences, University of Oxford. (2020). Available online at: <https://www.cebm.net/covid-19/coronaviruses-a-general-introduction/> (accessed May 24, 2020).
2. Anelich, L. E., Lues, R., Farber, J. M., & Parreira, V. R. (2020). SARS-CoV-2 and Risk to Food Safety. *Frontiers in Nutrition*, 7, 243.
3. ANSES. (French Agency for Food, Environmental and Occupational Health and Safety). Opinion on an Urgent Request to Assess Certain Risks Associated with COVID-19. (2020). Available online at: <https://www.anses.fr/en/system/files/SABA2020SA0037-1.pdf> (accessed April 30, 2020).
4. FSA (Food Standards Agency UK). Qualitative Risk Assessment: What is the Risk of Food or Food Contact Materials Being A Source or Transmission Route of SARS-CoV-2 for UK Consumers? (2020). Available online at: <https://www.food.gov.uk/research/research-projects/qualitative-risk-assessment-on-the-risk-of-food-or-food-contact-materials-as-a-transmission-route-for-sars-cov-2> (accessed May 21, 2020).
5. Kampf, G., Todt, D., Pfaender, S., & Steinmann, E. (2020). Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *Journal of hospital infection*, 104(3), 246-251.
6. WHO (World Health Organization). Infection Prevention and Control During Health Care When Novel Coronavirus (nCoV) Infection is Suspected: Interim Guidance, 25 January 2020. (2020). [https://www.who.int/publications-detail/infection-prevention-and-control-during-health-care-when-novel-coronavirus-\(ncov\)-infection-is-suspected-20200125](https://www.who.int/publications-detail/infection-prevention-and-control-during-health-care-when-novel-coronavirus-(ncov)-infection-is-suspected-20200125) (accessed February 20, 2020).
7. Kapoor, A., & Saha, R. (2020). Hand washing agents and surface disinfectants in times of Coronavirus (COVID-19) outbreak. *Indian Journal of Community Health*, 32(2).
8. Suman, R., Javaid, M., Haleem, A., Vaishya, R., Bahl, S., & Nandan, D. (2020). Sustainability of coronavirus on different surfaces. *Journal of clinical and experimental hepatology*.
9. Filipi, A., Gutierrez-Aguirre, I., Primc, G., Mozeti, M., & Dobnik, D. (2020). Cold plasma, a new hope in the field of virus inactivation. *Trends in Biotechnology*.
10. Bourke, P., Ziuzina, D., Boehm, D., Cullen, P. J., & Keener, K. (2018). The potential of cold plasma for safe and sustainable food production. *Trends in biotechnology*, 36(6), 615-626.
11. Alekseev, O., Donovan, K., Limonnik, V., & Azizkhan-Clifford, J. (2014). Nonthermal dielectric barrier discharge (DBD) plasma suppresses herpes simplex virus type 1 (HSV-1) replication in corneal epithelium. *Translational vision science & technology*, 3(2), 2-2.

 BIBLIOGRAFIA

12. Liang, Y., Wei, K., Li, W., Yao, M., Zhang, J., & Grinshpun, S. A. (2015). MS2 virus inactivation by atmospheric-pressure cold plasma using different gas carriers and power levels. *Applied Environmental Microbiology*, 81(3), 996-1002.
13. Zimmermann, J. L., Dumler, K., Shimizu, T., Morfill, G. E., Wolf, A., Boxhammer, V., ... & Anton, M. (2011). Effects of cold atmospheric plasmas on adenoviruses in solution. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 44(50), 505201.
14. Chen, Z., Garcia Jr, G., Arumugaswami, V., & Wirz, R. E. (2020). Cold atmospheric plasma for SARS-CoV-2 inactivation. *Physics of Fluids*, 32(11), 111702.
15. Gavahian, M., Chu, Y. H., Khaneghah, A. M., Barba, F. J., & Misra, N. N. (2018). A critical analysis of the cold plasma induced lipid oxidation in foods. *Trends in Food Science & Technology*, 77, 32-41.
16. Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business Model Generation: a Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. John Wiley & Sons.

