

## SHELF LIFE

Strumenti per incrementare la durabilità dei prodotti alimentari



L'industria alimentare svolge continue ricerche volte alla possibilità di scoprire metodologie, strumenti e applicazioni innovative che permettano di proporre al consumatore prodotti più naturali, freschi e sicuri, con un maggior valore aggiunto e con shelf life sempre più lunghe. Questo approccio ha determinato la ricerca di trattamenti stabilizzanti dall'impatto sempre minore sugli alimenti e ha portato alla nascita dei prodotti minimamente processati. Tra le tecnologie alternative ai tradizionali trattamenti termici, che risultano sempre molto impattanti sul prodotto, il trattamento con alte pressioni idrostatiche, più di altre tecnologie, quali il trattamento con le microonde, con le radiazioni ionizzanti o l'applicazione di campi elettro-magnetici, offre alcune peculiarità che è bene conoscere per poter sfruttare al meglio questa tecnologia. Ma, per prolungare la conservazione degli alimenti, un'enorme importanza l'hanno acquisita anche le nanoparticelle metalliche a base di argento (Ag), biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>), ossido di zinco (ZnO) e ossido di rame (CuO), utilizzate nel confezionamento di numerose matrici alimentari, tra cui prodotti ittici, carnei, lattiero-caseari, *fresh-cut* e da forno.

58

**PRODOTTI "SCADUTI".  
FRODI COMMERCIALI E SANITARIE**

*Gaetano Forte e Chiara Marinuzzi*

64

**DURABILITÀ. COME PROLUNGARLA  
CON LE NANOPARTICELLE**

*Amalia Conte, Cristina Costa, Matteo Alessandro Del Nobile*

70

**DURABILITÀ. UTILIZZI ED EFFICACIA  
DEL TRATTAMENTO CON HPP**

*Paolo Bonilauri*

# Prodotti "scaduti"

## Frodi commerciali e sanitarie

Termine minimo di conservazione o data di scadenza?

di Gaetano Forte e Chiara Marinuzzi  
Avvocati ed Esperti di Legislazione degli Alimenti

**La distinzione tra termine minimo di conservazione e data di scadenza è basata su una "deadline" connessa alla deperibilità di un alimento sotto il profilo microbiologico e alla sua idoneità a creare un rischio immediato per la salute. Profili giuridici e sanzionatori**



Nel linguaggio comune si parla sempre di prodotti scaduti. Ma cosa significa veramente tale locuzione sotto il profilo giuridico? Non è una domanda retorica in quanto la normativa sul punto è articolata ed è stata spesso oggetto di discussione.

Le definizioni sono reperibili oggi nel regolamento (UE) 1169/11 relativo alla fornitura di informazioni sugli alimenti ai consumatori, il cui articolo 9 impone agli operatori di fornire quale indicazione obbligatoria «f) il termine minimo di conservazione o la data di scadenza».

### Le indicazioni sulla durabilità del prodotto

La normativa fornisce la definizione solo del «termine minimo di conservazione di un alimento» (Tmc), affermando che questo è «la data fino alla quale tale prodotto conserva le sue proprietà specifiche in adeguate condizioni di conservazione» (articolo 2, lettera r), del regolamento (UE) 1169/11). La definizione di data di scadenza si evince, al contrario, dall'articolo 24, in cui si legge che: «1. Nel caso di alimenti molto deperibili dal

punto di vista microbiologico che potrebbero pertanto costituire, dopo un breve periodo, un pericolo immediato per la salute umana, il termine minimo di conservazione è sostituito dalla data di scadenza».

La distinzione tra le due indicazioni è quindi basata su una deadline connessa alla deperibilità del prodotto sotto il profilo microbiologico e alla sua idoneità a creare un rischio immediato per la salute.

## La decisione di indicare sull'etichetta di un alimento il Tmc anziché la data di scadenza, o viceversa, impone una verifica delle caratteristiche del prodotto e l'effettuazione di un *risk assessment* connesso alla sua evoluzione microbiologica

La decisione di adottare un'indicazione piuttosto che un'altra impone pertanto una verifica delle caratteristiche del prodotto stesso, l'effettuazione di un *risk assessment* connesso all'evoluzione microbiologica dell'alimento nonché al suo probabile impatto sulla salute del consumatore.

Esiste un elenco di prodotti deperibili contenuto nel decreto ministeriale del 16 dicembre 1993, ma, come emerge dallo stesso titolo («Individuazione delle sostanze alimentari deteriorabili alle quali si applica il regime di controlli microbiologici ufficiali»), questo non è risolutivo; il provvedimento infatti è strumentale solo all'individuazione degli alimenti cui si applica, in sede di accertamento analitico, il regime della ripetizione delle analisi di cui all'articolo 4 del decreto legislativo 193/93.

Pertanto, l'utilizzo di una o dell'altra indicazione (Tmc o data di scadenza) è rimesso alla valutazione dell'operatore, in base alle caratteristiche del prodotto, salvo alcuni rari casi, come quello del latte fresco pastorizzato, in cui è il legislatore a definire il tipo di indicazione e la durabilità dell'alimento.

Tale scelta ha conseguenza diverse, in quanto diverso è il trattamento sanzionatorio connesso alle due indicazioni.

## Il termine minimo di conservazione

Il termine minimo di conservazione è un suggerimento che l'operatore fornisce al consumatore circa la durabilità del prodotto.

Il regolamento (UE) 1169/11, nella definizione che fornisce, parla solo di «caratteristiche specifiche», senza fare alcun riferimento al tema della salubrità del prodotto.

Ciò è confermato anche dal trattamento sanzionatorio previsto dal decreto legislativo 231/17, che prevede solo una sanzione amministrativa da 1.000 ad 8.000 euro per il mancato rispetto delle modalità di espressione.

Ulteriore conferma deriva dalla recente previsione, di cui alla legge 166/2016 (la cosiddetta legge Antispreco), della possibilità di cessione gratuita delle eccedenze di alimenti «anche oltre il termine minimo di conservazione, purché siano garantite l'integrità dell'imballaggio primario e le idonee condizioni di conservazione». Peralto, già la Corte di Giustizia, con la sentenza n. 229/01, aveva, in via incidentale, ammesso di fatto che il prodotto alimentare con termine minimo di conservazione scaduto poteva essere



mantenuto legittimamente in commercio e che gli stati membri potevano prevedere in etichetta «menzione supplementare» che descrivesse questa circostanza.

Un caso emblematico, seguito dagli scriventi, è stato quello della vendita di un prodotto ottenuto in piccola parte da resi con Tmc superato per il quale fu esclusa la sussistenza dei reati di vendita di prodotti in cattivo stato di conservazione e di sostanze non genuine come genuine in quanto, secondo il giudice, il superamento del Tmc non implicava necessariamente il venir meno delle caratteristiche “nutrizionali e di freschezza” (peraltro, nel caso di specie, l'utilizzo di tale prodotto era stato preceduto da specifici controlli interni, volti a verificare lo stato qualitativo e soprattutto igienico-sanitario dello stesso. Si veda la sentenza n. 572/2013 del Tribunale di Varese).

## Data di scadenza

Ben altra situazione concerne la data di scadenza. Quest'ultima, come si è visto, va inserita ogni qualvolta trattasi di prodotti altamente deperibili che dopo breve tempo possono creare un pericolo immediato per la salute.

## Un prodotto alimentare con termine minimo di conservazione superato non può essere automaticamente ritenuto idoneo al consumo umano

La stretta connessione tra data di scadenza e sicurezza alimentare è quanto mai palese nella seconda parte dell'articolo 24, paragrafo 1, del regolamento (UE) 1169/11, in cui si legge che «successivamente alla data di scadenza un alimento è considerato a rischio a norma dell'articolo 14, paragrafi da 2 a 5, del regolamento (CE) 178/2002»; con ciò che ne consegue in termini di interventi da parte dell'operatore, in base all'articolo 19 dello stesso regolamento (CE) 178/2002.

Anche la risposta sanzionatoria è differente, visto che il decreto legislativo 231/17 prevede, nel caso di non corretta espressione della data

di scadenza, così come delineata all'allegato X del regolamento (UE) 1169/2011, una sanzione amministrativa da 2.000 a 16.000 euro.

## Il decreto legislativo 231/17 prevede, nel caso di non corretta espressione della data di scadenza, una sanzione amministrativa da 2.000 a 16.000 euro

Nel caso, invece, di un alimento ceduto a qualsiasi titolo o esposto per la vendita al consumatore finale oltre la sua data di scadenza, il cedente o il soggetto che espone l'alimento è sottoposto alla sanzione amministrativa pecuniaria da 5.000 a 40.000 euro.

Tale ultima disposizione si applica “salvo che il fatto costituisca reato” ossia sempreché non siano integrate specifiche fattispecie penali contro la salute pubblica o frodi in commercio.

Sotto il profilo sanitario, la questione più discussa è sempre stata l'impatto del superamento della data sulle caratteristiche igienico-sanitarie, con conseguente applicazione, in particolare, dell'articolo 5 della legge 283/62 (punito con l'arresto fino a sei mesi o con l'ammenda da 309 a 30.987 euro) o dell'articolo 516 del codice penale (vendita di cose non genuine come genuine, per la quale è prevista la reclusione fino a sei mesi o la multa fino a 1.032 euro). La magistratura, sul punto, ha affermato che “la mancanza dell'indicazione della data entro cui vanno consumati i prodotti alimentari o il superamento di detta data, se indicata, non integra l'elemento obiettivo del reato di cui



# Analisi sugli alimenti: valore probatorio e limiti del controllo ufficiale

Carlo Correrà



\* Club degli abbonati ai periodici di Le Point Vétérinaire Italie - Spese di spedizione escluse

## CONTENUTI

### Parte 1

**INTRODUZIONE.** Sicurezza alimentare, il legislatore italiano in perenne bilico tra prevenzione e repressione.

Il controllo ufficiale solo per via analitica: un'indagine pigra e inadeguata per la successiva fase giudiziaria. Inutilizzabilità probatoria del referto di prima analisi non impugnato.

Alimenti deteriorabili: il controllo "garantito" delle analisi di ripetizione. Per le analisi sul "campione unico" garanzie difensive discutibili e incomplete. La analisi sui "reperti" alimentari: per la Cassazione si applicano le regole e le garanzie processuali e non quelle sulla campionatura amministrativa.

Analisi garantite e perizia: l'assimilazione probatoria e i suoi limiti. Le indagini analitiche e le garanzie difensive. Analisi amministrative e analisi giudiziarie: il ruolo del consulente tecnico.

La tassa sulle analisi di revisione come tassa sul "diritto alla difesa". Laboratori "non accreditati": preoccupante orientamento della Cassazione.

La nuova disciplina per metodi analisi e laboratori ufficiali nel Regolamento (UE) 625/2017 e le invasioni di campo della "Riforma Caselli" per i reati alimentari.


### Parte 2 - Giurisprudenza commentata

### Parte 3 - Appendice legislativa

## PER ORDINARE IL VOLUME

 direttamente on line sul sito [www.pointvet.it](http://www.pointvet.it)

@ inviando una mail a: [diffusionelibri@pointvet.it](mailto:diffusionelibri@pointvet.it)

 telefonando allo 02/60 85 23 32  
(dal lunedì al venerdì dalle 9.00 alle 13.00 e dalle 14.00 alle 18.00)

 inviando un fax allo 02/668 28 66

Edizione **luglio 2017**

Brossura, 150x210 mm

170 pagine

Prezzo di copertina € 15,00

**Prezzo Club\* € 12,75**



*all'articolo 5, comma 1, lettera b) – distribuzione per il consumo di sostanze alimentari in cattivo stato di conservazione –, bensì costituisce soltanto un illecito amministrativo"* (Cassazione penale, Sezione III, ordinanza n. 26413/13) o ancora che *"la messa in vendita di prodotti scaduti di validità integra il delitto di cui all'articolo 516 del codice penale solo qualora sia concretamente dimostrato che la singola merce abbia perso le sue qualità specifiche, atteso che il superamento della data di scadenza dei prodotti alimentari non comporta necessariamente la perdita di genuinità degli stessi"* (Cassazione penale, Sezione III, sentenza del 13 luglio 2016, n. 38841 e da ultimo Cassazione penale, Sezione IV, sentenza dell'11 aprile 2018, n. 16108).

Ben più preponderante è la giurisprudenza in materia di frodi in commercio, costantemente ravvisate nelle ipotesi di vendita di prodotti con termine di durabilità manomesso o alterato.

La norma più utilizzata è l'articolo 515 del codice penale, che punisce con la reclusione fino a due anni o la multa fino a 2.065 euro la vendita all'acquirente di una cosa per un'altra, ovvero una cosa mobile, per origine, provenienza, qualità o quantità, diversa da quella dichiarata o pattuita. Anche se non di rado è stata anche ravvisata la vendita di cose non genuine come genuine prevista dall'articolo 516 del codice penale (reclusione fino a 6 mesi o multa fino a 1.032 euro).

La giurisprudenza (Cassazione penale, Sezione III, sentenza del 16 giugno 2016, n. 17905) ha sostenuto che *"è condotta idonea ad integrare gli estremi del reato di cui all'articolo 515 del codice penale la cessione di un prodotto non suscettibile di essere legittimamente commercializzato, ove ne sia stata in qualche modo contraffatta, sia attraverso la falsificazione sia attraverso la soppressione, l'indicazione della data di scadenza"*. L'ipotesi, abbastanza emblematica, concerneva la cancellazione della data di scadenza sui barattoli contenenti prodotti ortofrutticoli destinati alla vendita.

Analoga fattispecie era già stata esaminata dalle Sezioni Unite della Cassazione con sentenza 25 ottobre 2000, n. 28, che peraltro aveva precisato che il reato non era punibile neanche per tentativo laddove i prodotti con etichetta alterata o sostituita fossero *"semplicemente detenuti all'interno dell'esercizio o in un deposito senza essere esposti o in qualche modo offerti al pubblico"*).

È doveroso ricordare che i reati sopra citati sono presupposto per la responsabilità amministrativa degli enti ex decreto legislativo 231/01, che, come noto, prevede l'applicazione di rigorose sanzioni amministrative per i reati commessi nell'interesse o a vantaggio dell'ente. L'efficacia dissuasiva di tali sanzioni, oltre che il rischio della confisca del profitto derivante da reato, non potrà essere trascurata dagli operatori che intendano manomettere o alterare le indicazioni di durabilità del prodotto.

*De iure condendo*, inoltre, il legislatore ha colto il tema dell'implicazione tra informazioni ingannevoli e salute ipotizzando, nel progetto di riforma dei reati agroalimentare (disegno di legge n. 2331, approvato dal Consiglio dei Ministri nel dicembre 2017 ed oggi ancora non pubblicato), un nuovo articolo 444 del codice penale, intitolato "Informazioni commerciali ingannevoli pericolose", in cui è prevista una specifica sanzione penale (da uno a quattro anni) per chi «mediante informazioni commerciali false o incomplete riguardanti alimenti, pregiudica la sicurezza della loro consumazione con pericolo concreto per la salute pubblica».

I prodotti "scaduti" impattano, infine, anche sugli aspetti ambientali, imponendo delicate valutazioni connesse alla gestione dei resi, dei sottoprodotti o dei rifiuti.

## Conclusioni

La determinazione della shelf life dei prodotti è, salvo rari casi, rimessa alla valutazione dell'operatore.

La distinzione normativa tra termine minimo di conservazione e data di scadenza ha conseguenze sanzionatorie estremamente diverse.

Oltre alle violazioni formali (errata modalità di indicazione delle informazioni) e ai casi di messa in vendita di prodotti con data di scadenza superata per i quali sarà necessario un accertamento delle caratteristiche dell'alimento per ritenere sussistente un reato, esiste ampia casistica di frodi commerciali nei casi di interventi di manomissione o alterazione delle indicazioni di durabilità in vista di un allungamento della vita commerciale del prodotto.

Il tema è particolarmente sensibile non solo per i rischi sanzionatori cui l'operatore è esposto, ma anche per le implicazioni che tale comportamento possa avere per la salute dei consumatori.

# Durabilità

## Come prolungarla con le nanoparticelle

Il loro ruolo è sempre più importante

di *Amalia Conte, Cristina Costa, Matteo Alessandro Del Nobile*

Dipartimento di Scienze Agrarie, degli Alimenti e dell'Ambiente, Università di Foggia

**Alcuni tra gli esempi più recenti della letteratura scientifica sulle applicazioni di nanoparticelle metalliche per il confezionamento di prodotti ittici, carni, lattiero-caseari, fresh-cut e da forno**

**L**e nanoparticelle metalliche a base di argento (Ag), biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>), ossido di zinco (ZnO) e ossido di rame (CuO) hanno acquisito enorme importanza nel settore alimentare per prolungare la conservazione degli alimenti.

Esse sono il risultato dell'applicazione delle nanotecnologie e consistono in materiali con dimensioni da 1 a 100 nanometri, circa 60.000 volte più piccoli del diametro di un capello, con proprietà fisiche, chimiche e ottiche sostanzialmente differenti rispetto agli stessi materiali in forma macroscopica.

Quando le dimensioni di un materiale si riducono a livello nanometrico c'è un notevole incremento del rapporto superficie volume, con un conseguente cambio delle caratteristiche intrinseche dei materiali. In particolare, le nanoparticelle

aggiunte nei sistemi di imballaggio permettono di migliorare le caratteristiche dei polimeri in termini di proprietà barriera, resistenza, elasticità e proprietà meccaniche. Inoltre, le nanoparticelle metalliche immobilizzate o incorporate direttamente nei materiali di confezionamento, nel rispetto delle linee guida proposte dall'Autorità europea per la Sicurezza alimentare (Efsa, 2018), permettono di realizzare sistemi di imballaggi attivi in grado di interagire con l'atmosfera presente all'interno di una confezione (assorbire ossigeno o degradare etilene) o direttamente con il prodotto in essa contenuto, svolgendo un'azione antimicrobica. Ad esempio, il biossido di titanio può ossidare l'etilene ad acqua e anidride carbonica, controllare lo sviluppo microbico e agire come assorbitore di ossigeno. Quindi, gli imballaggi attivi con nanoparticelle possono essere utilizzati per migliorare la qualità dei prodotti alimentari, prevenendo fenomeni degradativi di origine microbiologica, enzimatica e chimico-fisica e preservando al meglio le caratteristiche sensoriali e nutrizionali dei prodotti destinati al consumo. Per la stabilità alle alte temperature, la bassa volatilità e l'elevata efficacia dimostrata *in vitro* nei confronti di molti microrganismi alteranti e patogeni, le nanoparticelle metalliche sono state combinate con varie matrici polimeriche biodegradabili e non (Costa *et al.*, 2016).

Di seguito, sono riportati alcuni tra gli esempi più recenti della letteratura scientifica sulle applicazioni di nanoparticelle metalliche alle matrici alimentari.

### **Applicazione di nanoparticelle metalliche per il confezionamento di prodotti carnei e ittici**

Le contaminazioni microbiche, l'ossidazione dei lipidi e la degradazione delle proteine sono i principali responsabili del decadimento qualitativo dei prodotti carnei. Non mancano in letteratura esempi di sistemi di confezionamento che sfruttano le proprietà antimicrobiche delle nanoparticelle metalliche, applicate mediante film a diretto contatto con l'alimento o immobilizzate nei pad assorbenti delle confezioni, per preservare le caratteristiche sensoriali, ritardare lo sviluppo microbico e l'ossidazione lipidica della carne (Elgadir, 2017). È stato osservato che le confezioni per carne macinata rivestite con nanoparticelle di argento riducevano la popolazione microbica e conferivano al prodotto una shelf life di 7 giorni rispetto ai 2 giorni del controllo (Soltani-Mahadi *et al.*, 2012). Nanoparticelle di argento immobilizzate su pad assorbenti a base di cellulosa sono in grado di contrastare lo sviluppo di microrganismi patogeni in essudati di pollo (Fernandez *et al.*, 2009).

Altamente efficace contro batteri patogeni (*Salmonella typhimurium* e *Staphylococcus aureus*) sia *in vitro* che su batteri inoculati su carne di pollo è risultato un film attivo a base di alginato di calcio e nanoparticelle di ossido di zinco (Akbar e Anal, 2014). Per preservare le caratteristiche microbiologiche delle polpette molti studi hanno dimostrato l'efficacia di *coating* a base di maltodestrine e nanoparticelle di argento (Khalaf *et al.*, 2013; Morsy *et al.*, 2014). Un sistema di imballaggio per vasetti in vetro di albumi liquidi con nanoparticelle di ossido di zinco e nisina è risultato in grado di inattivare efficacemente la *Salmonella spp.* (Jin e Gurtler, 2011).

La durata di conservazione del pesce è influenzata da diversi fattori, tra cui primeggiano la specie ittica, il grado di contaminazione microbica iniziale, le condizioni di imballaggio e la temperatura

di conservazione. I metaboliti prodotti dai microrganismi di *spoilage* (aldeidi, ammine, chetoni e solfuri) sono responsabili dei cambiamenti di odore, colore e sapore.

Per contrastare l'azione microbica e migliorare la conservabilità dei prodotti ittici, due recenti lavori scientifici riportano l'applicazione di nanoparticelle metalliche. Nello specifico, Mizielska *et al.* (2018) hanno messo a punto delle vaschette in polietilene caratterizzate da un pad a base di cellulosa e nanoparticelle di ossido di zinco per estendere la shelf life di filetti di merluzzo stoccati in condizioni refrigerate. Differentemente, un sistema di imballaggio caratterizzato da film di polipropilene con nanoparticelle di argento e ossido di silicio è stato realizzato per controllare la proliferazione microbica di differenti specie ittiche e assorbire la trimetilammina responsabile del caratteristico odore sgradevole del pesce (Singh *et al.*, 2018).

### **Applicazione di nanoparticelle metalliche per il confezionamento di prodotti lattiero-caseari**

Un imballaggio attivo caratterizzato da nanoparticelle di rame incorporate in film a base di acido polilattico è stato proposto da Longano *et al.* (2012) e Conte *et al.* (2013). In particolare, le nanoparticelle di rame generate tramite *laser ablation* sono state prima testate nei confronti di *Pseudomonas spp.*, uno dei principali alteranti dei prodotti lattiero-caseari, e poi verificate nelle reali condizioni di utilizzo di fiordilatte. I risultati ottenuti hanno confermato che le nanoparticelle di rame preservano il prodotto dal deterioramento microbiologico senza compromettere i principali attributi sensoriali. Beigmohammadi *et al.* (2016) hanno dimostrato che la presenza di nanoparticelle di ossido di rame in film a base di polietilene a bassa densità migliorava la shelf life di formaggio spalmabile controllando lo sviluppo dei coliformi.

È stata anche confermata la capacità di film rivestiti con nanoparticelle di zinco a preservare le caratteristiche del burro (Contreras *et al.*, 2010).

Per mantenere la stabilità strutturale e micro-



Tabella 1

## Esempi di applicazioni di nanoparticelle di argento a prodotti lattiero-caseari

MATRICE POLIMERICA	ALIMENTO TESTATO	RISULTATI	RIFERIMENTI
Agar gel	Fiordilatte	L'imballaggio attivo controllava i microorganismi alteranti senza compromettere la microflora naturale.	Incoronato <i>et al.</i> (2011)
Alginato di sodio	Fiordilatte	La shelf life del fiordilatte è stata incrementata mediante la combinazione del coating attivo e della MAP.	Gammariello <i>et al.</i> (2011)
Alginato di sodio	Fiordilatte	È stato dimostrato che il confezionamento con coating attivo con e senza liquido di governo permetteva di controllare la proliferazione di <i>Pseudomonas</i> spp e Enterobacteriaceae.	Mastromatteo <i>et al.</i> (2015)
Pet	Formaggi a pasta molle e latte in polvere	La presenza di nanoparticelle di argento e biossido di titanio in contenitori per alimenti migliorava la shelf life dei prodotti testati.	Metak e Ajaal (2013)

biologica di formaggi a media stagionatura, Gumiero *et al.* (2013) hanno ottimizzato un sistema di confezionamento caratterizzato da ossido di titanio immobilizzato in polietilene ad alta densità.

La *Tabella 1* riepiloga numerosi altri studi di applicazione di nanoparticelle di argento al settore caseario.

controllare la proliferazione microbica di frutta e verdura pronta all'uso garantendo, di conseguenza, una maggiore conservabilità dei prodotti nel tempo.

La *Tabella 2* riporta vari esempi applicativi di nanoparticelle metalliche che hanno avuto successo su lattuga, pere, mele, carote, melone, asparagi e succhi di frutta. In questa categoria di prodotti risulta anche di grande interesse, oltre all'azione antimicrobica delle nanoparticelle, anche l'azione di *scavenger* nei confronti dell'ossigeno e dell'etilene che sono gas responsabili di fenomeni di degradazione e senescenza dei prodotti ortofrutticoli (Sharma *et al.*, 2017).

Alcuni studi hanno dimostrato che le nanoparticelle d'argento o biossido di titanio sono in

## Applicazione di nanoparticelle metalliche per il confezionamento di prodotti *fresh-cut*

In letteratura è stato ampiamente dimostrato che l'impiego di nanoparticelle metalliche permette di

- Akbar, A., & Anal, A. K. (2014). Zinc oxide nanoparticles loaded active packaging, a challenge study against *Salmonella typhimurium* and *Staphylococcus aureus* in ready-to-eat poultry meat. *Food Control*, 38, 88-95.
- An, J., Zhang, M., Wang, S., & Tang, J. (2008). Physical, chemical and microbiological changes in stored green asparagus spears as affected by coating of silver nanoparticles-PVP. *LWT Food Science and Technology*, 41, 1100-1107.
- Beigmohammadi, F., Peighambar-doust, S. H., Hesari, J., Azadmatd-Damirchi, S., Peighambar-doust, S. J., & Khosrowshahi, N. K. (2016). Antibacterial properties of LDPE nanocomposite films in packaging of UF cheese. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 106-111.
- Bodaghi, H., Mostofi, Y., Oromiehie, A., Zamani, Z., Ghanbarzadeh, B., Costa, C., Conte, A., & Del Nobile, M. A. (2013). Evaluation of the photocatalytic antimicrobial effects of a  $TiO_2$  nanocomposite food packaging film by in vitro and in vivo tests. *LWT - Food Science and Technology*, 50, 702-706.
- Chawengkijwanich, C., & Hayata, Y. (2008). Development of  $TiO_2$  powder-coated food packaging film and its ability to inactivate *Escherichia coli* in vitro and in actual tests. *International Journal of Food Microbiology*, 123, 288-292.
- Conte, A., Longano, D., Costa, C., Ditaranto, N., Ancona, A., Cioffi, N., Scrocco, C., Sabbatini, L., Contò, F., & Del Nobile, M. A. (2013). A novel preservation technique applied to fiordilatte cheese. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 19, 158-165.
- Contreras, M. P., Avula, R. Y., & Singh, R. K. (2009). Evaluation of Nano Zinc (ZnO) for Surface Enhancement of ATR-FTIR Spectra of Butter and Spread. *Food and Bioprocess Technology*, doi:10. 1007/s11947-009-0237-4.
- Costa, C., Conte, A., Buonocore, G. G., Lavorgna, M., & Del Nobile, M. A. (2012). Calcium-alginate coating loaded with silver-montmorillonite nanoparticles to prolong the shelf-life of fresh-cut carrots. *Food Research International*, 48, 164-169.
- Costa, C., Conte, A., & Del Nobile, M. A. (2016). Use of Metal Nanoparticles for Active Packaging Applications. in *Antimicrobial food packaging* Edited by Jorge Barros-Velázquez
- Danza, A., Conte, A., Mastromatteo M., & Del Nobile M. A. (2015). A New Example of Nanotechnology Applied to Minimally Processed Fruit: The Case of Fresh-Cut Melon. *Jour-*

**Tabella 2**  
**Esempi di applicazioni di nanoparticelle metalliche ai prodotti fresh-cut**

NANOPARTICELLE	MATRICE POLIMERICA	ALIMENTO TESTATO	RISULTATI	RIFERIMENTI
TiO <sub>2</sub>	Polipropilene orientato	Lattuga pronta all'uso	Il film attivo ha dimostrato la sua efficacia nel controllo di <i>Escherichia coli</i> sia in vitro sia inoculata sul prodotto.	Chawengkijwanich e Hayata (2008)
TiO <sub>2</sub>	LDPE	Pere	Per i campioni confezionati con film attivo è stata rilevata una diminuzione della conta batterica totale e dei lieviti rispetto ai campioni conservati nel film tradizionale di LDPE.	Bodaghi et al. (2013)
Zno	PVC	Fette di mela	L'applicazione del film attivo ha permesso di controllare lo sviluppo di batteri psicrotrofi, lieviti e muffe.	Li et al. (2011)
Ag e Zn	LDPE	Succo d'arancia	È stato dimostrato che le nanoparticelle incrementavano la shelf life del succo rispetto al controllo. Inoltre, il film attivo è risultato efficace anche nei confronti del succo d'arancia inoculato con <i>Lactobacillus plantarum</i> .	Emamifar et al. (2010; 2011)
Ag	Alginato di sodio	Carote e melone di IV gamma	La combinazione di coating attivi e film di imballaggio ha permesso di prolungare la shelf life di frutta e verdura pronta all'uso.	Costa et al. (2012) Danza et al. (2015)
Ag	Polivinil-pirrolidone	Asparagi	L'impiego del film attivo ha incrementato la shelf life di 10 giorni rispetto al controllo.	An et al. (2008)
Ag	Pads assorbenti a case di cellulosa	Melone pronto all'uso	L'utilizzo di pads attivi ha ritardato la senescenza dei meloni e controllato la popolazione microbica alterante, in particolare dei lieviti.	Fernandez et al. (2010a, b, c)
Cuo	Film di cellulosa	Succo di ananas e melone	Il film attivo ha svolto un'azione inibente in vitro contro <i>Saccharomyces cerevisiae</i> e mostrato un'eccellente attività antifungina nel succo.	Llorens et al. (2012)

grado di assorbire e decomporre l'etilene, agente responsabile della maturazione, contribuendo ad estendere la shelf life di kiwi e di giuggiola cinese (Hu et al., 2011; Li et al., 2009). Un film

di polietilene con aggiunta di biossido di titanio prolunga la shelf life di fragole, riducendo significativamente il rammollimento, la perdita di peso e lo sviluppo di muffe (Luo et al., 2013).

nal of Food Processing and Technology, 6, 439.

- EFSA, (2018). *Guidance on risk assessment of the application of nanoscience and nanotechnologies in the food and feed chain: Part 1, human and animal health*. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/5327>.
- Elgadir, M. A. (2017). *Application of Nanotechnology in Meat Packaging, review*. International Journal of Innovative Science, Engineering and Technology, 4, 267-272.
- Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., & Soleimani-Zad, S. (2010). *Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice*. Innovative Food Science and Emerging Technology, 11, 742-748.
- Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., & Soleimani-Zad, S. (2011). *Effect of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on inactivation of Lactobacillus plantarum in orange juice*. Food Control, 22, 408-413.

- Fernandez, A., Soriano, E., Lopez Carballo, G., Picouet, P., Lloret, E., Gavara, R., & Hernandez-Munoz, P. (2009). *Preservation of aseptic conditions in absorbent pads by using silver nanotechnology*. Food Research International, 42, 1105-1112.
- Fernandez, A., Picouet, P., & Lloret, E., (2010a). *Reduction of the spoilage-related microflora in absorbent pads by silver nanotechnology Turing MAP packaging of beef meat*. Journal of Food Protection, 73, 2263-2269.
- Fernandez, A., Picouet, P., & Lloret, E., (2010b). *Cellulose-silver nanoparticle hybrid materials to control spoilage-related microflora in absorbent pads located in trays of fresh-cut melon*. International Journal of Food Microbiology, 142, 222-228.
- Fernandez, A., Soriano, E., Hernandez-Munoz, P., & Gavara, R. (2010c). *Migration of antimicrobial silver from composites of polylactide with silver*

zeolites. Journal of Food Science, 75, 186-193.

- Gammariello, D., Conte, A., Buonocore, G. G., & Del Nobile, M. A. (2011). *Bio-based nanocomposite coating to preserve quality of Fior di latte cheese*. Journal of Dairy Science, 94, 5298-5304.
- Gumiero, M., Peressini, D., Pizzariello, A., Sensidoni, A., Iacumin, L., Comi, G., & Tomiolo, R. (2013). *Effect of TiO<sub>2</sub> photocatalytic activity in a HDPEbased food packaging on the structural and microbiological stability of a short-ripened cheese*. Food Chemistry, 138, 1633-1640.
- Hu, Q., Fang, Y., Yang, Y., Ma, N., & Zhao, L. (2011). *Effect of nanocomposite-based packaging on postharvest quality of ethylene-treated kiwifruit (Actinidia deliciosa) during cold storage*. Food Research International, 44, 1589-1596.
- Inconato, A. L., Conte, A., Buonocore, G. G., & Del Nobile, M. A. (2011). *Agar*

## Applicazione di nanoparticelle metalliche per il confezionamento di prodotti da forno

I prodotti da forno a cui vengono aggiunti grassi nell'impasto sono soggetti a fenomeni ossidativi e degradativi come l'irrancidimento. Una strategia di confezionamento per ridurre questi fenomeni è rappresentata dall'utilizzo di film di imballaggio a cui vengono aggiunti *scavenger* di ossigeno come l'ossido di titanio. In particolare, Xiao-e et al. (2004) hanno realizzato film di imballaggio per una vasta gamma di alimenti sensibili all'ossigeno, caratterizzati da differenti matrici polimeriche a cui sono state aggiunte nanoparticelle di biossido di titanio.

In letteratura è stato anche proposto l'impiego di



imballaggi attivi con ossido di zinco per controllare la proliferazione microbica e prolungare la shelf life di fette di pane da 3 a 35 giorni (Oprea et al., 2016).

Un imballaggio attivo simile basato su carbosil-metil-cellulosa, chitosano e ossido di zinco è stato proposto da Noshirvani et al. (2017) per prolungare la shelf life del pane.

*hydrogel with silver nanoparticles to prolong the shelf life of Fiord di Latte cheese*. Journal of Dairy Science, 94, 1697-1704.

- Jin, T., & Gurtler, J. B. (2011). *Inactivation of Salmonella in liquid egg albumen by antimicrobial bottle coatings infused with allyl isothiocyanate, nisin and zinc oxide nanoparticles*. Journal of Applied Microbiology, 110, 704-712.
- Khalaf, H. H., Sharoba, A. M., El-Tanahi, H. H., & Morsy, M. K. (2013). *Stability of antimicrobial activity of pullulan edible films incorporated with nanoparticles and essential oils and their impact on turkey deli meat quality*. Journal of Food Dairy Science, 4, 557-573.
- Li, H., Li, F., Wang, L., Sheng, J., Xin, Z., Zhao, L., Xiao, H., Zheng, Y., & Hu, Q. (2009). *Effect of nano-packing on preservation quality of Chinese jujube (Ziziphus jujuba Mill. var. inermis (Bunge) Rehd)*. Food Chemistry, 114, 547-552.
- Li, X., Li, W., Xing, Y., Jiang, Y., Ding, Y., & Zhang, P. (2011). *Effects of nano-ZnO power-coated PVC film on the physiological properties and microbiological changes of fresh-cut "Fuji" apple*. Adv. Materials Research Bulletin, 153, 450-453.
- Llorens, A., Lloret, E., Picouet, P.A., & Fernandez, A. (2012). *Study of the antifungal potential of novel cellulose/copper composites as absorbent materials for fruit juices*. International Journal of Food Microbiology, 158, 113-119.
- Longano, D., Ditaranto, N., Cioffi, N., Di Niso, F., Sibillano, T., Ancona, A., Conte, A., Del Nobile, M.A., Sabbatini, L., & Torsi, L. (2012). *Analytical characterization of laser-generated copper nanoparticles for antibacterial composite food packaging*. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 403, 1179-1186.
- Luo, Z. S., Ye, Q. Y., & Li, D. (2013). *Influence of nano-TiO<sub>2</sub> modified LDPE film packaging on quality of strawberry*. Food Science and Technology, 29, 2340-2344.
- Mastromatteo, M., Conte, A., Lucera, A., Saccotelli, M. A., Buonocore, G. G., Zambirini, A. V., & Del Nobile, M. A. (2015). *Packaging solutions to prolong the shelf life of Fiordilatte cheese: bio-based nanocomposite coating and modified atmosphere packaging*. LWT Food Science and Technology, 60, 230-237.
- Metak, A. M., & Ajaal, T. T. (2013). *Investigation on Polymer Based Nano-Silver as Food Packaging Materials*. International Journal of Biology, Food Veterinary and Agriculture, 7, 772-778.
- Mizielińska, M., Kowalska, U., Jarosz, M., & Suminska, P. (2018). *A Comparison of the Effects of Packaging Containing Nano ZnO or Polylysine on the Microbial Purity and Texture of Cod (Gadus morhua) Fillets*. Nanomaterials, 8, 158.
- Morsy, M. K., Khalaf, H. H., Sharoba, A. M., El-Tanahi, H. H., & Cutter, C. N. (2014). *Incorporation of essential oils and nanoparticles in pullulan films to control foodborne pathogens on meat and poultry products*. Journal of Food Science, 79, M675-M682.
- Noshirvani, N., Ghanbarzadeh, B., Mokarram, R. R., & Hashemi, M. (2017). *Novel active packaging based on carboxymethyl cellulose-chitosan-ZnO NPs nanocomposite for increasing the shelf life of bread*. Food Packaging and Shelf Life, 11, 106-114.
- Oprea A. E., Pandel L. M., Dumitrescu A. M., Andronescu E., Grumezescu V., Chifiriuc M. C., Mogoantă L., Bălșeanu T.A., Mogoșanu G. D., & Socol G. (2016). *Bioactive ZnO Coatings Deposited by MAPLE-An Appropriate Strategy to Produce Efficient Anti-Bio-film Surfaces*. Molecules, 21, 220.
- Sharma, C., Dhiman, R., Rokana, N., & Panwar, H. (2017). *Nanotechnology: An Untapped Resource for Food Packaging*. Frontiers in Microbiology, 8, 1-22.
- Singh, S., Lee, M., Gaikwad, K. K., & Lee, Y. S. (2018). *Antibacterial and amine scavenging properties of silver-silica composite for post-harvest storage of fresh fish*. Food and Bio-product Processing, 107, 61-69.
- Soltani-Mahadi, S., Vadood, R., & Nourddhar, R. (2012). *Study on the antimicrobial effect of nanosilver tray packaging of minced beef at refrigerator temperature*. Global Veterinary, 9, 284-289.
- Xiao-e, L., Green, A. N. M., Haque, S. A., Mills, A., & Durrant, J.R. (2004). *Light-driven oxygen scavenging by titania/polymer nanocomposite films*. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 162, 253-259.

# Durabilità Utilizzi ed efficacia del trattamento con HPP

Notevoli i risultati, anche a basse pressioni, contro parassiti e virus

di Paolo Bonilauri

Biologo, Istituto zooprofilattico sperimentale della Lombardia e dell'Emilia Romagna

70

**Il trattamento con alte pressioni idrostatiche si è dimostrato efficace nell'allungamento della stabilità microbiologica in differenti categorie di alimenti, consentendo di raggiungere durate commerciali compatibili con le esigenze distributive anche in prodotti crudi o minimamente processati**

Il trattamento con alte pressioni idrostatiche, nella versione inglese *High Pressure Processing* (HPP) è una tecnica di trattamento non termico che espone l'alimento, confezionato in un contenitore non rigido ed appositamente predisposto ad alte pressioni idrostatiche (100-800 MPa) per pochi secondi o minuti.

Questo trattamento fisico, non esponendo l'alimento a temperature elevate come quelle

utilizzate nei trattamenti di pastorizzazione o di sterilizzazione, ne conserva, nella maggior parte delle matrici, le caratteristiche organolettiche e nutrizionali.

Tipicamente un alimento imbustato sotto vuoto o in un involucro flessibile viene posto all'interno di una camera stagna, in grado di contenere la pressione applicata. Il recipiente viene precedentemente riempito di un liquido (di solito acqua) in grado di trasmettere la pressione applicata durante il trattamento agli alimenti (HPP per trattamento "indiretto"). L'aumento di pressione viene trasmesso isostaticamente agli alimenti contenuti nel recipiente in pressione tramite il liquido contenuto (acqua) in modo istantaneo ed uniforme (secondo la legge di Pascal, dal suo scopritore, enunciata nel 1653).

Il trattamento con alte pressioni viene protratto sull'alimento per un tempo sufficiente ad ottenere modificazioni nei legami non covalenti (legami idrogeno, attrazioni idrofobiche e ioniche derivanti dall'attrazione elettrostatica), determinando l'inattivazione, la denaturazione o la gelificazione delle proteine (compresi alcuni degli enzimi contenuti negli alimenti) e degli amidi, nonché la distruzione della maggior parte delle forme vegetative dei microrganismi presenti nell'alimento.

Dal punto di vista funzionale, l'inattivazione

enzimatica o la denaturazione proteica determinata dal trattamento con HPP avviene a carico delle strutture secondarie e terziarie delle proteine in quanto i legami covalenti della struttura primaria, abbiamo visto, non sono alterati dal trattamento. Questa denaturazione proteica ed enzimatica determina conseguenze rilevanti anche sulla popolazione microbica presente negli alimenti, che subisce principalmente il deterioramento delle membrane cellulari, la cui fluidità diminuisce durante la compressione per formazione di pori al momento della decompressione. Questo comporta l'alterazione del delicato equilibrio ionico che regola la polarità di membrana e gli scambi molecolari tra interno ed esterno della cellula, determinando, in ultima analisi, la morte dei microrganismi presenti negli alimenti.

Il trattamento con alte pressioni idrostatiche risulta molto efficace, già alle più basse pressioni, contro parassiti e virus, mentre per ottenere significativi abbattimenti delle flore microbiche e dei lieviti contenuti negli alimenti la pressione applicata deve essere almeno nell'ordine dei 600 MPa e mantenuta per qualche minuto. Invece, le spore dei microrganismi, anche patogeni, non sono normalmente influenzate dal trattamento con HPP anche qualora si utilizzassero la più alte pressioni applicabili. Soltanto applicando sinergicamente trattamenti con HPP e alte temperature (60 °C - 120 °C e 500-800 MPa) è possibile ottenere abbattimenti significativi delle spore di batteri gram + (*Bacillus* spp. e *Clostridium* spp.). I cambiamenti strutturali nelle macromolecole contenute negli alimenti possono determinare anche la facilitazione nell'innescare di reazioni enzimatiche deterioranti per l'alimento, favorendo l'incontro tra enzimi non inattivati dal trattamento e il loro substrato. Purtroppo, va comunque considerato che tramite questa tecnologia di trattamento si massimizza la possibilità di limitare la perdita di nutrienti, *flavour* (sapore, odore, aromi) e lucentezza (colore) degli alimenti trattati.

La shelf life degli alimenti è spesso connessa alla loro componente microbica che ha, sicuramente, anche importanti risvolti per quel che riguarda la sicurezza dei cibi conservati. Ma oltre che dalla popolazione microbica, la durata della *shelf*

*life* è influenzata da altri complessi fenomeni che coinvolgono reazioni biochimiche ed enzimatiche che comportano cambiamenti strutturali e percettivi evidenti negli alimenti (aspetto, odore, colore, consistenza). Queste alterazioni sono certamente in grado di peggiorare la percezione di freschezza e genuinità del consumatore nei confronti dell'alimento conservato.

## Estensione della *shelf life*, alcune applicazioni

Abbiamo visto come il trattamento con HPP sia in grado di abbattere la flora microbica presente negli alimenti e possa inattivare anche alcuni enzimi coinvolti nel deterioramento degli stessi e, quindi, in ultima analisi, allungare la shelf life dei prodotti trattati.

### Prodotti carnei, ittici e di origine vegetale

Troviamo diversi riferimenti in letteratura, sia per prodotti della pesca, sia per prodotti a base di carne, sia per prodotti di origine vegetale, con significativi allungamenti della shelf life sia in prodotti freschi sia in prodotti stabili dopo il processo produttivo. Kaur *et al.* (2012) ha applicato 435 MPa a gamberetti freschi, aumentandone la shelf life da 5 a 15 giorni, verificando che dopo il trattamento la carica batterica totale dei gamberetti si è mantenuta bassa per tutto il periodo di conservazione a temperatura di refrigerazione. Albertos *et al.* (2014) ha verificato come sia possibile incrementare la shelf life dei filetti di trota combinando la copertura dei filetti





con un film edibile in chitosano (biocompatibile e biodegradabile) addizionato di olio essenziale di garofano ad un trattamento con HPP a basse pressioni (300 MPa per 10 minuti).

Per quel che riguarda l'applicazione del trattamento con HPP ai prodotti di salumeria, Han *et al.* (2011) ha verificato l'effetto di differenti trattamenti con HPP (400-600 MPa per 10 minuti) su prosciutto cotto affettato confezionato sottovuoto. Questi autori hanno verificato come alcuni lattobacilli, principali responsabili del deterioramento in queste tipologie di prodotto (in particolare, *Lactobacillus sakei* e *L. curvatus*) siano completamente inattivati dal trattamento con HPP e non risultino più rilevabili, anche tramite sofisticate tecniche molecolari, fino a 90 giorni durante la conservazione refrigerata dell'alimento. Invece, altri microrganismi come *Weissella viridescens* e *Leuconostoc mesenteroides* sopravvivono al trattamento di 600 MPa per 10 minuti, risultando poi responsabili delle alterazioni del prodotto a fine shelf life.

Sempre nel medesimo anno, Vercammen *et al.* (2011) ha pubblicato un esteso studio sulla possibilità di allungare la shelf life di prosciutto cotto affettato tramite trattamento con HPP (600 MPa 10 °C - 10 minuti) con e senza combinazione con conservanti quali acido caprinico ed il lattato-diacetato, arrivando ad estendere la shelf life fino a 84 giorni, riportando, però, cambiamenti organolettici percepiti come sgradevoli nei prodotti addizionati di conservanti (acido caprinico). Anche Liu *et al.* (2012), applicando il trattamento con HPP, è riuscito ad arrivare a oltre 90 giorni di shelf life in un prosciutto cotto affettato conservato in vaschetta nonostante, anche in questo caso, oltre al trattamento con HPP, sia stata aggiunta una batteriocina (enterocina LM-2).

Relativamente all'applicazione del trattamento con HPP ai prodotti a base carne, Sikes e Tume (2014) hanno verificato il suo effetto su bistecche di bovino, osservando che già un trattamento con 200 MPa, se applicato a temperature elevate (60-76 °C), è in grado di migliorare molti aspetti del prodotto finito, garantendo, ad esempio, una perdita in peso del 10% contro una perdita del 30% nel prodotto esclusivamente sottoposto a cottura, un

indice di luminosità più elevato (colore) e una migliore tenerezza (picco di forza di taglio) nella carne trattata con HPP.

## Alimenti conservati

Parlando di utilizzi delle HPP per aumentare la sicurezza degli alimenti conservati, Hsu *et al.* (2015) ha verificato come un trattamento a 450 MPa per 15 minuti sia in grado di abbattere più di 5 log di *Escherichia coli* STEC (O157:H7 e O26, O45, O103, O111, O121 e O145) in carne macinata di bovino, garantendo la sicurezza di questo alimento frequentemente contaminato da questi importanti patogeni alimentari in grado, se non sufficientemente controllati dalla cottura, di causare sindromatologie molto gravi soprattutto nei bambini fino a 12 anni di età, come la SEU (Sindrome Emorragia Uremica).

## Prodotti lattiero-caseari

Evert-Arriagada *et al.* (2012) ha osservato come già un trattamento a 300 o 400 MPa in formaggio fresco (Queso Fresco) possa allungare la shelf life fino a 14 e 21 giorni, rispettivamente, contro i 7 giorni del prodotto non trattato. Anche per questa tipologia di prodotto a base di latte è stato dimostrato da Tomasula *et al.* (2014) come il trattamento con HPP sia in grado di contenere il rischio listeriosi correlato alla presenza del patogeno nel prodotto finito (concentrato finanche a 5 log UFC/g).

## Prodotti di salumeria

Anche nella realtà italiana, il trattamento con HPP è divenuto piuttosto frequente negli ultimi anni soprattutto nei prodotti di salumeria, dove dopo un adeguato periodo di stagionatura dei prodotti il trattamento con HPP permette di raggiungere gli obiettivi di performance (PO) richiesti dalla *United States Department of Agriculture* (Usda) per l'export Usa di questi prodotti.

In Grisenti *et. Al.* (2017) è stato eseguito uno studio su 7 tipologie di salami (4 a grana fine e 3 a grana media) forniti da sette differenti aziende di produzione, per un totale 42 salami con contenuto in grasso compreso tra 28% e

32% e attività dell'acqua ( $a_w$ ) a fine stagionatura compresa tra 0.90 e 0.92. I salumi a fine stagionatura sono stati tutti contaminati con un cocktail di 5 ceppi di *Listeria monocytogenes* e di *Salmonella enterica* e sottoposti a trattamento con HPP (600 MPa per 5 minuti con acqua di processo alla temperatura di  $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $12\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Le analisi sono state condotte dopo 1 e dopo 14 giorni dal trattamento. Gli autori concludono osservando che sia per quel che riguarda *L. monocytogenes* sia per *Salmonella* il trattamento con HPP già dopo 1 giorno è risultato in grado di abbattere più di 3 log di contaminazione, mantenendo pressoché inalterata la flora lattica dei salami e rilevano che anche dopo 14 giorni dal trattamento la concentrazione dei patogeni, residua dopo il trattamento, è diminuita progressivamente di un ulteriore mezzo logaritmo. Questi risultati sono in accordo con quanto osservato in studi nazionali (Merialdi *et al.*, 2015) ed internazionali (Porto-Fett *et al.*, 2010) dove la contaminazione con i microrganismi patogeni è avvenuta fin dall'impasto prima della stagionatura.

## Succhi e spremute di frutta e verdura

In quest'ultima parte analizziamo il trattamento con HPP applicato a succhi e spremute di frutta e verdura. I consumatori in questa tipologia di alimenti richiedono sempre di più la possibilità di acquistare prodotti trattati in maniera davvero

minima o addirittura non trattati per garantire l'integrità di macro e micro nutrienti e vitamine naturalmente contenute in questi alimenti. Questa estrema freschezza si contrappone alle necessità distributive di questi prodotti, che richiedono shelf life spesso superiori a 5-7 giorni. Il trattamento con HPP in queste tipologie di alimento rappresenta probabilmente l'unica via possibile per raggiungere le vite commerciali richieste, preservandone i valori nutrizionali, senza comprometterne la sicurezza. Per i succhi di frutta e verdura freschi le alterazioni enzimatiche che comportano cambiamenti di colore, odore e sapore risultano facilmente percepite dal consumatore e rappresentano sicuramente un parametro determinante nella durata della shelf life.

Terefe *et al.* (2014) ha messo in luce come enzimi quali perossidasi, polifenol-ossidasi e pectin-metil esterase non siano, se non in minima parte, inattivati dal trattamento con HPP e questo rappresenta un limite tecnologico da tenere certamente in considerazione.

Dal punto di vista microbiologico, diverse specie di batteri anche patogeni (*L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. e *Campylobacter* spp.) possono compromettere la commerciabilità e la sicurezza di questi prodotti freschi minimamente processati. Spesso, per limitare lo sviluppo batterico, si utilizza l'abbassamento del pH al di sotto di 4.3, valore che consente di rendere il succo stabile. Questo si ottiene naturalmente nei preparati a base di agrumi o si aggiungono questi ultimi a succhi di frutta o verdure non naturalmente acide. Ma pure a questi livelli di pH, i miceti (lieviti e muffe) naturalmente presenti sulle bucce di frutta e verdura possono sviluppare e alterare macroscopicamente il prodotto rapidamente anche a temperatura di refrigerazione.

Per il contenimento delle flore microbiche alteranti, pure in questa tipologia di prodotti, particolarmente freschi e minimamente processati, il trattamento con HPP si è dimostrato efficace nell'allungare significativamente la shelf life. Recentemente Aaby *et al.* (2018) ha dimostrato come sia possibile portare fino a 49 giorni la shelf life microbiologica di succo di fragola (HPP 500-600 MPa per 1.5 - 3 minuti a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Sempre quest'anno, Yi *et al.* (2018) ha speri-



mentato come sia possibile allungare anche la shelf life delle componenti chimiche e organolettiche del succo di mela (imbrunimento enzimatico, cambiamenti di odore, sapore e consistenza), abbinando al trattamento con HPP (600 MPa per 3 minuti) succo e purea di kiwi, grazie all'elevato contenuto naturale in acido ascorbico ed alla elevata viscosità che questo elemento possiede.

Infine, anche l'autore di questo breve contributo ha potuto verificare direttamente come il trattamento con HPP (600MPa per 3 minuti) in succhi di frutta ottenuti tramite spremitura a fresco tramite pressa idraulica possa abbattere almeno 3 log di *Enterobacteriaceae*, lieviti e muffe sia in succhi a pH acido (<4.3) sia in prodotti ottenuti a partire da semi oleosi (mandorle).

Conservando a temperatura di refrigerazione, comprendendo anche temperature di leggero

abuso termico (8 °C), come previsto dalla norma AFNOR NF V 01-003; 2010, la shelf life microbiologica di questi prodotti trattati con HPP ha raggiunto egregiamente le 3 settimane per i prodotti acidi, ma non ha superato i 10 giorni per prodotti a pH neutro.

In conclusione, il trattamento con HPP si è dimostrato efficace nell'allungamento della stabilità microbiologica in differenti categorie di alimenti, consentendo di raggiungere durate commerciali compatibili con le esigenze distributive anche in prodotti crudi o minimamente processati ed è stato utilizzato con successo nell'abbattimento di patogeni alimentari in differenti prodotti pronti per il consumo, migliorandone significativamente il profilo di sicurezza; tutto questo lasciando praticamente inalterate le proprietà nutrizionali degli alimenti trattati.

- Aaby, K., Grimsbo, I. H., Hovda, M. B., & Rode, T. M. (2018). Effect of high pressure and thermal processing on shelf life and quality of strawberry purée and juice. *Food Chemistry*, 260, 115-123.
- Albertos, I., Rico, D., Diez, A. M., González-Arnáiz, L., García-Casas, M. J., & Jaime, I. (2015). Effect of edible chitosan/clove oil films and high-pressure processing on the microbiological shelf life of trout fillets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(14), 2858-2865.
- Evert-Arriagada, K., Hernández-Herrero, M. M., Juan, B., Guamis, B., & Trujillo, A. J. (2012). Effect of high pressure on fresh cheese shelf-life. *Journal of food engineering*, 110(2), 248-253.
- Grisenti MS, Merialdi G., Ramini M., Bardasi L., Frustoli MA, Barbuti S., Daminelli P., Brutti A. (2017). Valutazione dell'utilizzo del trattamento ad alte pressioni come ulteriore strumento per il controllo di *Listeria monocytogenes* e *Salmonella enterica* in salami Italiani. *Quaderno tecnico n.9-2017 – Industria Conserve*, 22-30
- Han, Y., Jiang, Y., Xu, X., Sun, X., Xu, B., & Zhou, G. (2011). Effect of high pressure treatment on microbial populations of sliced vacuum-packed cooked ham. *Meat science*, 88(4), 682-688.
- Hsu, H., Sheen, S., Sites, J., Cassidy, J., Scullen, B., & Sommers, C. (2015). Effect of high pressure processing on the survival of shiga toxin-producing *Escherichia coli* (Big Six vs. O157: H7) in ground beef. *Food microbiology*, 48, 1-7.
- Kaur, B. P., Kaushik, N., Rao, P. S., & Chauhan, O. P. (2013). Effect of high-pressure processing on physical, biochemical, and microbiological characteristics of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Food and Bioprocess Technology*, 6(6), 1390-1400.
- Liu, G., Wang, Y., Gui, M., Zheng, H., Dai, R., & Li, P. (2012). Combined effect of high hydrostatic pressure and enterocin LM-2 on the refrigerated shelf life of ready-to-eat sliced vacuum-packed cooked ham. *Food Control*, 24(1-2), 64-71.
- Merialdi G, Ramini M, Ravanetti E, Gherri G, Bonilauri P. (2015). Reduction of *Listeria innocua* contamination in vacuum-packaged dry-cured Italian pork products after high hydrostatic pressure treatment. *Ital J Food Safety*. - vol. 4, n. 2 (2015) - n. 4515 (pp. 101-103).
- Porto-Fett, A. C., Call, J. E., Shoyer, B. E., Hill, D. E., Pshebniski, C., Cocoma, G. J., & Luchansky, J. B. (2010). Evaluation of fermentation, drying, and/or high pressure processing on viability of *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp., and *Trichinella spiralis* in raw pork and Genoa salami. *International journal of food microbiology*, 140(1), 61-75.
- Sikes, A. L., & Tume, R. K. (2014). Effect of processing temperature on tenderness, colour and yield of beef steaks subjected to high-hydrostatic pressure. *Meat science*, 97(2), 244-248.
- Terefe, N. S., Buckow, R., & Versteeg, C. (2014). Quality-related enzymes in fruit and vegetable products: effects of novel food processing technologies, part 1: high-pressure processing. *Critical reviews in food science and nutrition*, 54(1), 24-63.
- Tomasula, P. M., Renye, J. A., Van Hekken, D. L., Tunick, M. H., Kwoczak, R., Toht, M., [...] & Phillips, J. G. (2014). Effect of high-pressure processing on reduction of *Listeria monocytogenes* in packaged Queso Fresco. *Journal of dairy science*, 97(3), 1281-1295.
- Vercammen, A., Vanoirbeek, K. G., Lurquin, I., Steen, L., Goemaere, O., Szczepaniak, S., [...] & Michiels, C. W. (2011). Shelf-life extension of cooked ham model product by high hydrostatic pressure and natural preservatives. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(4), 407-415.
- Yi, J., Kebede, B., Kristiani, K., Buvé, C., Van Loey, A., Grauwet, T., & Hendrickx, M. (2018). The potential of kiwifruit puree as a clean label ingredient to stabilize high pressure pasteurized cloudy apple juice during storage. *Food chemistry*, 255, 197-208.