

Dossier

SHELF-LIFE

Metodi, analisi e strumenti pratici
per predirla, migliorarla e prolungarla



La *shelf-life* è l'intervallo di tempo successivo alla produzione durante il quale l'alimento raggiunge il limite di accettabilità in definite condizioni di conservazione. Tale intervallo, secondo il noto regolamento (UE) 1169/2011, deve essere riportato in etichetta come "data di scadenza" o come "temine minimo di conservazione", in relazione alla maggiore o minore deperibilità del prodotto.

La stabilità di un alimento, sia fresco che trasformato, dipende soprattutto dalla funzione di protezione che gli conferisce il proprio imballaggio nei riguardi di ossigeno, vapore acqueo, stress meccanici, luce e agenti biologici deleteri durante la sua conservazione. Ma la progettazione di un adeguato sistema di confezionamento per un determinato prodotto è molto complessa e per arrivare ad un uso consapevole e pianificato di materiali, forme e tecniche di imballaggio è necessario un approccio oggettivo e scientifico (vedi le pp. 48-52).

Il regolamento (CE) 2073/2005 stabilisce che è responsabilità dell'operatore del settore alimentare garantire la sicurezza igienico-sanitaria degli alimenti da lui prodotti e, sotto questo profilo, la valutazione della *shelf-life* costituisce uno degli aspetti più critici. Il sistema più diffuso per stabilire la "durata di un alimento" consiste nel condurre prove sperimentali volte a replicare le condizioni di conservazione durante la fase di stoccaggio, distribuzione, conservazione presso il punto vendita e il consumatore finale, includendo anche le possibili variabili legate alla conservazione domestica (vedi le pp. 54-56).

Interessanti spunti per valutare la *shelf-life* arrivano anche dagli standard internazionali Brc (*Global Standard for Food Safety* – versione 7) e Ifs (*International Featured Standards* – versione 6). Entrambi fanno specifico riferimento a questo "concetto", che viene menzionato sia in relazione alla descrizione del prodotto nel Piano Haccp che in quello relativo al tempo di conservazione delle registrazioni, ad evidenziare l'importanza di quanto accade all'alimento durante la sua commercializzazione (vedi le pp. 58-63).

48 SHELF-LIFE. IL RUOLO DEL PACKAGING

Marco Dalla Rosa e Santina Romani

54 PREDIRE LA SHELF-LIFE. LE PROVE SPERIMENTALI

Michela Favretti e Alessandra Pezzuto

57 PREVISIONE E VERIFICA DELLA SHELF-LIFE NEI PRODOTTI ALIMENTARI

Tentamus Agriparadigma

58 BRC E IFS. COME VALUTARE LA SHELF-LIFE

– Sonia Calligaris,
Lara Manzocco e Maria Cristina Nicoli

Shelf-life

Il ruolo del packaging

Cruciale la funzione dell'imballaggio per l'ortofrutta

di Marco Dalla Rosa e Santina Romani

Centro Interdipartimentale di Ricerca industriale agroalimentare
Alma Mater Studiorum Università di Bologna

Nello sviluppo di nuovi prodotti o nell'applicazione di nuovi processi di trasformazione, l'influenza del confezionamento sulla "durabilità legale" di un alimento è fondamentale. In particolare, per frutta e verdura, dove la modellazione del comportamento dell'imballaggio in presenza di funzioni metaboliche riveste una delle tematiche applicative più interessanti

Tra le varie definizioni di *shelf-life*, SL (tradotto in lingua italiana in vario modo, spesso non esattamente pertinente al significato originale del termine: vita di scaffale, vita commerciale di un alimento confezionato o durabilità), forse la più completa e, comunque, in

qualche modo "ufficiale" è la seguente (norma UNI 10534-2005):

«Periodo di tempo che corrisponde – in definite circostanze (confezionamento, trasporto condizioni di conservazione, clima) – ad una tollerabile diminuzione della qualità (evento ineliminabile) di un prodotto» (*shelf-life* primaria).

Tale periodo di tempo, secondo il regolamento (UE) 1169/2011, relativo alla fornitura di informazioni sugli alimenti ai consumatori (che, peraltro, non cita il termine "*shelf-life*" come tale), deve essere riportato in etichetta come "data di scadenza" o come "termine minimo di conservazione", in relazione alla maggiore o minore deperibilità dell'alimento.

Poiché la velocità di decadimento qualitativo di un alimento è determinata dalle condizioni di conservazione (temperatura, umidità relative, esposizione a radiazioni luminose), il valore di SL ha significato solo se riferito a prodotti conservati nelle medesime condizioni alle quali tale valore è stato determinato. In sintesi, la corrispondenza tra data di scadenza o termine minimo di conservazione (Tmc) e *shelf-life* potrebbe considerarsi valida solo se nelle medesime condizioni di conservazione si potesse valutare in modo oggettivo e scientificamente dimostrabile il rag-

Tabella 1
Fattori legati al packaging che influenzano la shelf-life e loro rilevanza per tipologia di imballaggio

TIPO DI IMBALLAGGIO	PARAMETRO DI CONTROLLO					
	Permeabilità ai gas e al vapor d'acqua	Conducibilità termica	Resistenza alle sollecitazioni meccaniche	Inerzia chimica	Trasparenza a luce e radiazioni	Modellazione delle modificazioni qualitative
Flessibile non metallizzato	Elevata	Bassa	Bassa	Media	Elevata	Elevata
Flessibile metallizzato	Medio-bassa	Media	Media	Media	Bassa	Media
Rigido (vetro con capsula)	Bassa	Media	Elevata	Medio-bassa	Elevata	Media
Rigido (banda stagnata)	Bassa	Elevata	Elevata	Medio-elevata	Bassa	Bassa

giungimento del “limite di accettabilità” al quale si raggiunge il tempo limite, appunto il tempo di “shelf-life”. E questa condizione di corrispondenza, generalmente, non viene raggiunta.

Shelf-life e confezionamento

Le variabili più importanti da cui dipende la SL di un alimento sono:

- le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche dello stesso (ad esempio, carica microbica, corredo enzimatico, pH, attività dell'acqua, concentrazione di soluti, presenza di inibitori e preservativi), che dipendono da fattori quali tipo e qualità delle materie prime, formulazione e struttura del prodotto;
- le prestazioni e proprietà del packaging, ovvero barriera a gas e vapori, trasparenza alla luce, resistenza a sollecitazioni meccaniche e termiche, inerzia nel contatto con l'alimento;
- le caratteristiche legate all'ambiente di conservazione (luce, temperatura, umidità, concentrazione di ossigeno, sollecitazioni meccaniche).

Queste tre variabili interagiscono influenzandosi vicendevolmente e sono responsabili di alcuni processi chimici, fisici o biologici che possono es-

sere inibiti o stimolati nel corso della conservazione dei prodotti.

La shelf-life degli alimenti è in definitiva il risultato delle interazioni tra il prodotto e la confezione, influenzate dalle condizioni ambientali all'interno e all'esterno della stessa. Pertanto, l'ottimizzazione di materiali e tecnologie di confezionamento è tra le possibili misure da intraprendere per poterla estendere.

La shelf-life degli alimenti è il risultato delle interazioni tra il prodotto e la confezione, influenzate dalle condizioni ambientali all'interno e all'esterno della stessa

La stabilità di un alimento sia fresco che trasformato dipende soprattutto dalla funzione di protezione che gli conferisce l'imballaggio nei riguardi di ossigeno, vapore acqueo ed in generale l'atmosfera ambiente, stress meccanici, luce e agenti biologici deleteri durante la sua conservazione (Tabella 1). La capacità protettiva dell'imballaggio si identifica nella capacità di agire come barriera tra l'ambiente esterno e quello interno in cui si trova l'alimento, mentre ulteriori azioni di interazione



Conoscere la *shelf-life* di un prodotto su basi oggettive e scientifiche risulta molto importante sia per definire in termini reali la sua "durabilità legale" sia per affrontare problemi legati all'organizzazione di produzione, distribuzione e trasporto e alla scelta delle caratteristiche dell'imballaggio.

portano alla formulazione di imballaggi "attivi", già oggetto di esposizione su queste pagine¹.

Le prestazioni dell'imballaggio condizionano fortemente la *shelf-life* sia in termini quantitativi (quanto lunga è la vita del prodotto), sia in termini qualitativi (qual è il meccanismo di degradazione predominante), in funzione della trasparenza, inerzia e permeabilità dell'imballaggio stesso.

In questi casi, si parla di "*shelf-life* packaging dipendente"², per distinguerla da quella di alimenti in cui il ruolo della confezione, seppure di protezione, è più inerte durante la vita commerciale del prodotto (ad esempio, nel caso di alimenti confezionati in contenitori opachi o impermeabili).

Esempi di prodotti la cui vita commerciale è fortemente dipendente dalle prestazioni della confezione sono i prodotti vegetali processati al minimo, gli alimenti essiccati (ad esempio, il latte in polvere), il caffè, il tè, i prodotti da forno ed in generale gli alimenti confezionati

in imballaggi flessibili polimerici, la cui permeabilità è spesso non perfettamente controllata e conosciuta.

Gli studi di SL per alimenti la cui vita è packaging-dipendente risultano, quindi, piuttosto complessi, anche se si focalizzano su pochi eventi principali, quali permeabilità ai gas e/o al vapore acqueo e trasmissione della luce, da monitorare in funzione ed in relazione a quelli del prodotto. In relazione alla permeabilità all'ossigeno e ad altri gas, ad esempio, risulta evidente che un imballaggio troppo permeabile può indurre fenomeni ossidativi (fino a irrancimenti) in un prodotto da forno secco e ricco di grassi³ o veloce senescenza in prodotti vegetali parzialmente processati. Se l'imballaggio risulta permeabile in modo significativo all'umidità, questo porterà a modificazioni dei parametri di *texture* o reologici (friabilità, croccantezza consistenza, viscosità) oppure, se si raggiungono valori critici di attività dell'acqua (a_w), a crescita e proliferazione di microorganismi.

Tutte le reazioni chimiche, enzimatiche e microbiologiche sono infatti condizionate dall'umidità del prodotto e, in particolare, la loro velocità risulta funzione dell' a_w .

Un idoneo materiale di packaging che protegga ed estenda la SL di un alimento dovrà, inoltre, avere caratteristiche chimiche, fisiche e chimico-fisiche idonee in relazione alle caratteristiche del prodotto e a quelle dell'ambiente in cui dovrà essere conservato, quindi considerando l'interazione con umidità relativa (UR%), temperatura, esposizione alla luce o a fonte di radiazione che possono modificare sensibilmente le performance di imballaggi flessibili sia plastici sia cellulotici.

Anche l'adozione di particolari tecnologie di packaging, come l'utilizzo di atmosfere modificate, di imballaggi attivi o – in certe condizioni – intelligenti può contribuire a mantenere un elevato livello di qualità dei prodotti e conseguentemente a prolungarne la SL.

¹ Dalla Rosa M. (2017). Imballaggi attivi. Così si riducono gli sprechi alimentari. *Alimenti&Bevande*, n. 1/2017, pp. 57-62.

² Piergiovanni L., Limbo S. (2010). *Food packaging. Materiali, tecnologie e soluzioni*. Springer Publ., cap. 17, pp. 453-486.

³ Romani S., Tappi S., Balestra F., Rodriguez Estrada M.T., Siracusa V., Rocculi P., Dalla Rosa M. (2014). *Effect of different new packaging materials on biscuit quality during accelerated storage*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, n. 9/2014.

Sintesi dei parametri da considerare nella modellazione di confezionamento con film flessibile in atmosfera modificata per massimizzare il mantenimento qualitativo ed estendere la *shelf-life*⁴

Fisiologia dei prodotti

- Consumo di ossigeno da respirazione e produzione di CO₂ in funzione della temperatura e della concentrazione interna di O₂ e CO₂ del prodotto.
- Consumo cumulativo di O₂.
- Perdita di carbonio per respirazione.

Scambi gassosi

- Scambio di gas tra l'atmosfera interna del prodotto e l'atmosfera della confezione (spazio di testa).
- Permeazione di O₂, N₂ e CO₂ attraverso il film flessibile.
- Diffusione e flusso di O₂, N₂ e CO₂ attraverso il film di imballaggio.
- Migrazione dell'umidità.
- Evaporazione di vapor d'acqua dalla superficie del prodotto.
- Assorbimento di umidità da parte del prodotto.
- Condensa di umidità sulla superficie del prodotto (con rischio di innalzamento locale dell' a_w) e sulla superficie interna della confezione.
- Permeazione del vapor d'acqua attraverso il film flessibile.
- Diffusione e flusso di vapor d'acqua attraverso il film polimerico.

Trasferimento di calore

- Calore metabolico di respirazione.
- Perdita di calore dal prodotto per evaporazione d'acqua.
- Trasferimento convettivo di calore al prodotto e alla superficie del film di confezionamento.
- Conduzione di calore attraverso il materiale di imballaggio.

⁴ Belay Z.A., Caleb O.J., Opara U.L. (2016). *Modelling approaches for designing and evaluating the performance of modified atmosphere packaging (MAP) systems for fresh produce: A review*. Food Packaging and Shelf Life, 10, pp. 1-15.

Un caso di studio

Modellazione del comportamento di imballaggio in prodotti freschi o lavorati al minimo per la massimizzazione della qualità in conservazione (prolungamento della shelf-life).

I prodotti freschi e minimamente trasformati continuano i processi fisiologici e metabolici dopo la raccolta. Sono quindi suscettibili di deterioramento della qualità e riduzione della durata. L'imballaggio in atmosfera modificata (Map) è una tecnologia collaudata per la conservazione della qualità naturale di prodotti freschi e minimamente trasformati e la durata

di conservazione in condizioni ottimali di progettazione e conservazione del Map. Dal punto di vista legale, secondo la normativa vigente (direttiva 94/54/CE), i prodotti alimentari la cui durata è stata prolungata grazie a gas d'imballaggio autorizzati ai sensi della direttiva 89/107/CEE devono riportare in etichetta l'indicazione obbligatoria supplementare "condizionato in atmosfera protettiva".

Il successo della progettazione del Map è ottenuto dall'integrazione matematica delle caratteristiche fisiologiche del prodotto dinamico e delle proprietà del materiale di imballaggio, accoppiato con condizioni ottimali di equilibrio atmosferico per il prodotto specifico.

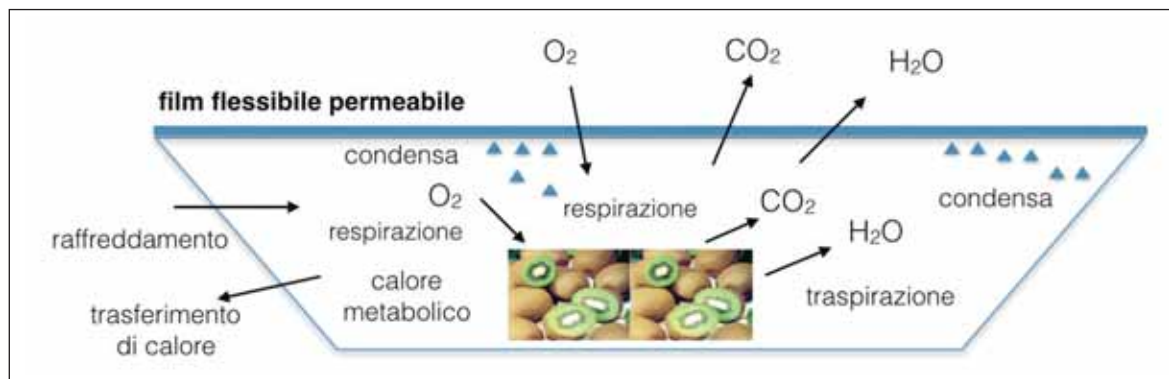


Figura 1 – Interazione packaging-ambiente, nel caso di confezionamento di prodotti con attività metabolica (modificato, da Belay et al., 2016⁴).

Un'intensa attività di ricerca è stata svolta negli ultimi due decenni per individuare al meglio le relazioni tra prodotti confezionati, lavorati al minimo, confezione e ambiente (Figura 1), dato l'incremento dell'entità delle attività metaboliche dovute ai trattamenti di manipolazione, pelatura e taglio, per cui è risultata sempre più evidente la necessità di prevedere, attraverso tecniche di modellazione, il comportamento degli scambi gassosi, termici e di umidità, in funzione delle condizioni ambientali (temperatura e umidità relativa), del prodotto oggetto di confezionamento e stoccaggio e le performances dei film flessibili utilizzati⁵, anche considerando eventuali sviluppi microbici⁶, al fine di poter avere elementi oggettivi per ottimizzare il mantenimento qualitativo ed estendere la *shelf-life*.

Conclusioni

La progettazione di un adeguato sistema di confezionamento per un determinato alimento risulta molto complessa, dovendo tenere in considerazione molti fattori: un'adeguata protezione del prodotto dall'ambiente esterno, le interazioni prodotto-spazio di testa-materiale-ambiente

esterno, gli aspetti di marketing e legali (idoneità alimentare), i costi e, non ultimo, gli aspetti legati alla sostenibilità ambientale.

Detto questo, è necessario un approccio oggettivo e scientifico per arrivare ad un uso consapevole e pianificato di materiali, forme e tecniche di confezionamento per raggiungere l'obiettivo di garantire la preservazione di elevati livelli di qualità e sicurezza. In molti casi, potremmo dire generalmente che tale obiettivo si persegue a livello di produzione industriale, per il tempo più lungo possibile (tendendo, quindi, alla massima estensione della *shelf-life*), pur se è necessario considerare che, in certe circostanze di produzione, distribuzione e logistica, non necessariamente sia sempre indispensabile estendere la *shelf-life*, né questo sia sempre opportuno, cercando di evitare eccessive protezioni (*over-packaging*), l'*over-processing* e, quindi, inutili aggravii di costo nelle operazioni di processo e di packaging nell'ottica della ottimizzazione della sostenibilità di filiera.

Non sempre è indispensabile o opportuno estendere la *shelf-life* di un prodotto

⁵ Rocculi P., Del Nobile M.A., Romani S., Baiano A., Dalla Rosa M. (2006). *Use of a simple mathematical model to evaluate dipping and MAP effects on aerobic respiration of minimally processed apples*. Journal of Food Engineering, vol. 76, pp. 334-340.

⁶ Guillard, V. Couvert, O. Stahl, V. Hanin, A., Denis, C. Huchet, V., Chaix, E., Lorient, C., Vincelot, T., Thuault, D. (2016). *Validation of a predictive model coupling gas transfer and microbial growth in fresh food packed under modified atmosphere*. Food Microbiology, vol. 58, september, pp. 43-55.

Predire la *shelf-life* Le prove sperimentali

Indicazioni pratiche per condurle

di Michela Favretti e Alessandra Pezzuto

Istituto zooprofilattico sperimentale delle Venezie

**È compito dell'operatore
del settore alimentare
stabilire la durata
degli alimenti che produce.
Alcuni suggerimenti
per definirla correttamente**

Come affermato nell'articolo "Shelf-life. Il ruolo del packaging" di Marco Dalla Rosa e Santina Romani (vedi le pp. 48-52), la *shelf-life* di un alimento indica la durata commerciale di un prodotto, ossia il periodo di tempo entro il quale esso mantiene accettabili le proprie caratteristiche. In particolare, l'Institute of Food Science and Technology l'ha definita come il periodo di tempo durante il quale il prodotto alimentare:

- rimane sicuro dal punto di vista igienico-sanitario;
- mantiene le caratteristiche sensoriali, chimiche, fisiche, microbiologiche e funzionali desiderate;
- soddisfa le informazioni nutrizionali riportate in etichetta, se conservato in modo appropriato.

Per stabilire correttamente la *shelf-life* di un alimento è necessario:

- conoscere le principali caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche del prodotto;
- comprendere le reazioni chimico-fisiche ed enzimatiche che possono influenzare il sapore, la consistenza e la stabilità del prodotto;
- considerare eventuali abusi termici che dovessero intervenire nelle fasi di trasporto, distribuzione, vendita e conservazione, e le modalità d'uso da parte del consumatore finale.

I fattori che, invece, possono influenzarla sono:

- gli ingredienti;
- la quantità di sale;
- il pH;
- l'attività dell'acqua (a_w);
- il processo produttivo;
- l'igiene durante la manipolazione;
- il tipo di confezionamento;
- gli eventuali trattamenti termici come la pastorizzazione o la sterilizzazione, la conservazione, la distribuzione.

Concorrono alla determinazione della *shelf-life* anche le alterazioni microbiologiche, fisico-chimiche e organolettiche. Può capitare, infatti, che al termine della vita commerciale il prodotto sia ancora si-

curo dal punto di vista microbiologico, ma non più accettabile dal punto di vista organolettico.

Il regolamento (CE) 2073/2005 stabilisce che è responsabilità dell'operatore del settore alimentare (Osa) garantire la sicurezza igienico-sanitaria degli alimenti da lui prodotti e, da questo punto di vista, la valutazione della *shelf-life* costituisce uno degli aspetti più critici in quanto è parte integrante della sicurezza alimentare. Negli alimenti deperibili "la durata di un alimento" è influenzata dalla sopravvivenza e dallo sviluppo di microrganismi alteranti, ma può comprendere anche l'eventuale crescita di microrganismi patogeni.

Negli alimenti deperibili "la durata di un alimento" è influenzata dalla sopravvivenza e dallo sviluppo di microrganismi alteranti, ma può comprendere anche l'eventuale crescita di microrganismi patogeni

Pertanto, una sua valutazione poco accurata può comportare dei rischi per la salute del consumatore.

Le prove sperimentali

Il sistema più diffuso per stabilire la *shelf-life* consiste nel condurre prove sperimentali volte a replicare le condizioni di conservazione durante la fase di stoccaggio, distribuzione, conservazione presso il punto vendita e il consumatore finale, includendo anche le possibili variabili legate, ad esempio, alla conservazione domestica. Ad intervalli periodici vengono valutati i parametri microbiologici, fisico-chimici e sensoriali che consentono di riconoscere quando le caratteristiche organolettiche, nutrizionali e di sicurezza del prodotto si sono modificate oltre i limiti di accettabilità previsti dal produttore o da norme di legge.

Le alterazioni che intervengono negli alimenti

durante la vita del prodotto sono diverse a seconda della matrice: nel caso del latte e dei prodotti lattiero-caseari, ad esempio, i principali meccanismi che intervengono sono la crescita batterica, l'ossidazione e l'irrancidimento dei grassi, fattori questi influenzati dalla presenza di ossigeno, dall'umidità e dalla temperatura di conservazione. Per i prodotti carnei ha un ruolo predominante la proliferazione batterica, mentre nel caso di frutta e vegetali intervengono soprattutto la degradazione enzimatica e la perdita di umidità. In cereali, pane e prodotti da forno grande influenza hanno la perdita di umidità e la crescita di muffe.

Per la determinazione della *shelf-life* è possibile anche utilizzare dati di letteratura, ove disponibili, oppure confrontare il proprio prodotto, se simile, con altri presenti sul mercato o ancora utilizzare modelli di microbiologia predittiva. Essendo i prodotti alimentari caratterizzati da un'estrema varietà di tipologie, risulta assai difficile redigere un protocollo sperimentale univoco adeguato per tutti i prodotti, soprattutto per quanto riguarda la scelta di quali parametri possano risultare maggiormente indicativi dello stato di conservazione. Spesso si rende necessario elaborare piani sperimentali specifici, che tengano conto delle peculiarità dei diversi alimenti.

Prima di iniziare uno studio per determinare il periodo durante il quale il prodotto è sicuro e non risulta alterato dal punto di vista organolettico, bisogna conoscere approfonditamente l'alimento: gli ingredienti e l'eventuale presenza di conservanti, il processo produttivo, il confezionamento e le condizioni di stoccaggio. Vanno preventivamente programmati il numero di campioni da testare e la frequenza di campionamento. Generalmente dovrebbero essere testate almeno tre confezioni per ogni tempo di analisi. Va anche valutato se eseguire lo studio in condizioni ideali di conservazione o se, come sarebbe auspicabile, eseguire in parallelo lo studio anche in condizioni di abuso termico, simulando, ad esempio, il trasporto e la conservazione domestica.

Come indicazioni di base, nell'elaborazione di uno studio di *shelf-life*, si possono seguire i suggerimenti della *Tabella 1* per i parametri microbiologici.

Oltre alla microbiologia tradizionale, per una completa valutazione della *shelf-life*, è possibile

Tabella 1
Parametri microbiologici suggeriti per alcune categorie di prodotti

MATRICE	ANALISI MICROBIOLOGICHE					
	MICRORGANISMI MESOFILI A 30 °C	BATTERI LATTICI	ENTEROBATTERI	ESCHERICHIA COLI	PSEUDOMONAS SPP	MUFFE E LIEVITI
Prodotti carnei, pesce e prodotti della pesca crudi	X		X	X	X	X
Prodotti carnei crudi fermentati	X	X		X ¹		
Prodotti carnei, pesce e prodotti della pesca RTE*	X ²	X	X	X	X	X
Prodotti RTE* (pizze, zuppe, paste)	X ²		X	X	X	X
Insalata RTE*			X	X		
Prodotti lattiero-caseari	X ²		X	X	X	X ¹

* Ready to eat

¹ Questo parametro non è applicabile in caso di prodotti che contengono muffe, ad esempio gorgonzola o alcuni salumi.

² Questo parametro non è applicabile in caso di prodotti che contengono yogurt, formaggi freschi o a latte crudo e panna acida.

studiare le modificazioni chimiche indotte dai batteri e i metaboliti che si formano durante la crescita di specifici microrganismi alteranti, affiancando saggi immunologici e biomolecolari. Per alcune matrici possono essere valutati parametri chimici quali amine volatili (azoto basico volatile totale e trimetilammina) e amine biogene (istamina, cadaverina, putrescina) nel pesce e nella carne; l'acido tiobarbiturico, gli acidi grassi liberi e i perossidi in carni crude e cotte, burro, grassi e oli. Si suggerisce, nella maggior parte dei casi, di valutare pH e a_w dell'alimento, informazioni indispensabili per comprendere le reali possibilità di sviluppo dei microrganismi, in quanto ognuno di essi ha precisi valori di pH e a_w minimi per la crescita o la sopravvivenza. A intervalli regolari vanno analizzate le confezioni da sottoporre a test, annotando eventuali de-

formazioni della confezione, bombaggio o perdita del vuoto. All'apertura dell'aliquota test, vanno considerati la friabilità, la masticabilità, la perdita di umidità, la resistenza alla deformazione dell'alimento; la brillantezza, la perdita di colore o lo scolorimento, l'imbrunimento, la perdita di turgidità, alterazioni come odori acidi, di stantio, di muffa o perdita di odore; sapore amaro, putrido, ammoniacale. È importante ricordare che i prodotti vanno assaggiati solo dopo aver verificato l'assenza di alterazioni microbiologiche o chimiche pericolose per la salute. Al termine dello studio, sulla base delle indicazioni fornite dalla valutazione, il produttore dovrebbe poter stabilire la corretta data di scadenza o il termine minimo di conservazione. È comunque consigliabile ripetere l'indagine a distanza di tempo per confermare la validità dei risultati ottenuti.

Brc e Ifs

Come valutare la shelf-life

Gli spunti offerti dai due standard internazionali

di Sonia Calligaris, Lara Manzocco e Maria Cristina Nicoli

Dipartimento di Scienze agroalimentari, ambientali e animali, Università degli Studi di Udine

La definizione della shelf-life di un prodotto è un momento importante nelle attività di un Sistema di gestione della sicurezza alimentare. I requisiti richiesti dagli standard Brc e Ifs per valutarla

Come affermato negli articoli "Shelf-life. Il ruolo del packaging" di Marco Dalla Rosa e Santina Romani (vedi le pp. 48-52) e "Predire la shelf life. Le prove sperimentali" di Michela Favretti e Alessandra Pezzuto (vedi le pp. 54-56), il termine *shelf-life*, che letteralmente significa "vita da scaffale", è un termine molto utilizzato e spesso abusato, ma che non compare mai come tale nella normativa di riferimento. Secondo il regolamento (UE) 1169/2011, sull'etichetta dei prodotti alimentari deve essere riportato il Termine minimo di conservazione (Tmc), definito co-

me «la data fino alla quale un prodotto conserva le sue proprietà specifiche in adeguate condizioni di conservazione». Il Tmc viene sostituito dalla data di scadenza per alimenti molto deperibili dal punto di vista microbiologico, che potrebbero pertanto costituire, dopo un breve periodo, un pericolo immediato per la salute umana. La definizione di questa data è alquanto vaga e lascia, quindi, alle aziende alimentari la responsabilità di definire

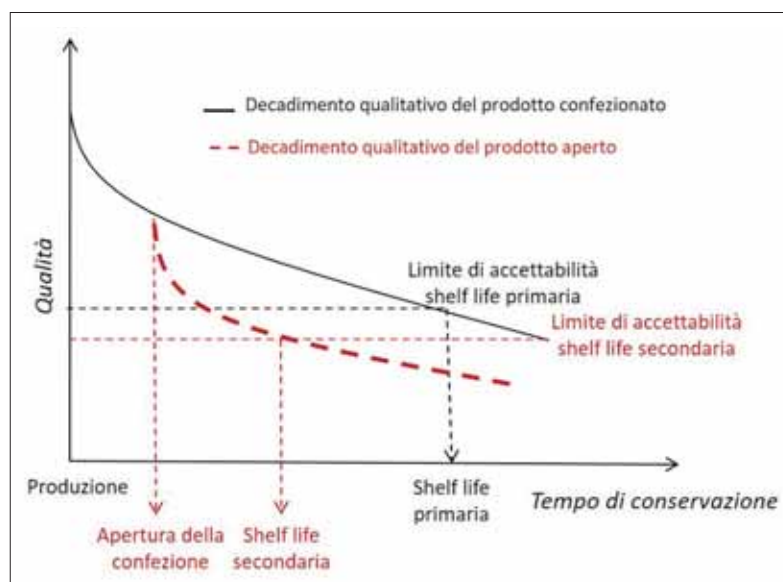


Figura 1 – Schematizzazione del concetto di *shelf-life* primaria e secondaria (modificata, da Nicoli, M.C. (2012). *Shelf-life assessment of foods*. Boca Raton: CRC press, Taylor & Francis Group).

Tabella 1
Sintesi dei punti dello standard Brc con riferimenti alla *shelf-life*

PUNTO DELLO STANDARD	SINTESI DEL REQUISITO
2.3.1	La descrizione del prodotto nel Piano Haccp deve far riferimento anche alla <i>shelf-life</i> del prodotto e le relative condizioni di conservazione.
3.3.2	Le registrazioni devono essere conservate per un periodo di tempo che deve tener conto della <i>shelf-life</i> del prodotto.
4.15.6	Deve essere garantito che le materie prime e i semilavorati siano utilizzati secondo un corretto ordine cronologico ed entro la <i>shelf-life</i> prevista.
5.1.4	Devono essere effettuati test di shelf life applicando protocolli documentati che non riproducano le condizioni di stoccaggio, trasporto e trattamento dei prodotti. I risultati devono essere registrati e conservati e devono dimostrare la conformità ai criteri microbiologici, chimici e organolettici. Per prodotti a lunga conservazione, qualora sia possibile effettuare dei test pre-produzione, dovrà essere prodotta la documentazione scientifica pertinente per giustificare la <i>shelf-life</i> riportata in etichetta.
5.6.1.3	La <i>shelf-life</i> dovrà essere valutata periodicamente (<i>ongoing shelf life assessment</i>), includendo valutazioni di tipo sensoriale, oltre che microbiologiche e chimiche. Le registrazioni dei risultati dei test di <i>shelf-life</i> devono consentire di verificare i tempi di conservazione riportati in etichetta.
6.1.1	Al fine di garantire sicurezza, legalità e qualità dei prodotti, dovranno essere messe a disposizione procedure e istruzioni operative relative ai processi fondamentali del flusso produttivo. Queste dovranno includere anche codici e indicazione della <i>shelf-life</i> .

cosa significhi “proprietà specifiche” dell’alimento. Queste ultime possono essere definite come il livello qualitativo che rende l’alimento non più idoneo per la commercializzazione e/o il consumo. Questo livello viene definito limite di accettabilità e dipende essenzialmente dai requisiti di qualità dell’alimento e non da quelli igienico-sanitari, che devono essere garantiti in tutto il periodo di conservazione.

In una definizione più generale, quindi, per *shelf-life* si intende l’intervallo di tempo dopo la produzione durante il quale l’alimento raggiunge il limite di accettabilità in definite condizioni di conservazione. Va rilevato che questa definizione è valida fintanto che l’alimento è mantenuto nella propria confezione originaria. Quando questa viene aperta, le condizioni ambientali a cui l’alimento è esposto cambiano con effetti sia sulla velocità del decadimento qualitativo che sulla possibilità di contaminazione del prodotto. In quest’ultimo caso potrebbero insorgere anche

problemi di sicurezza alimentare. Dopo l’apertura delle confezioni, dunque, la *shelf-life* del prodotto non è più quella originaria (*shelf-life* primaria), ma si parla di *shelf-life* secondaria o *pantry life*, che deve essere valutata indipendentemente da quella primaria (Figura 1).

Per *shelf-life* si intende l’intervallo di tempo dopo la produzione durante il quale l’alimento raggiunge il limite di accettabilità in definite condizioni di conservazione

Uno studio di *shelf-life* ha dunque come obiettivo quello di stimare il tempo durante il quale il prodotto si mantiene accettabile per il consumo in de-

Tabella 2
Sintesi dei punti dello standard Ifs con riferimenti alla shelf-life

PUNTO DELLO STANDARD	SINTESI DEL REQUISITO
2.1.2.3	Le registrazioni devono essere conservate in conformità ai requisiti di legge e per un periodo di tempo minimo che deve tener conto della <i>shelf-life</i> del prodotto.
2.2.3.1	La descrizione del prodotto nel Piano Haccp deve far riferimento anche alla durata (<i>shelf-life</i>) del prodotto e le relative condizioni di conservazione.
4.3.3	Le diciture «da consumarsi entro il [...]» o «da consumarsi preferibilmente entro il [...]» devono essere stabilite in base ai risultati di test di <i>shelf-life</i> , tenendo conto della formulazione del prodotto, del confezionamento, della produzione e delle condizioni di conservazione.
4.3.4	Nel definire la <i>shelf-life</i> del prodotto (inclusi quelli a lunga <i>shelf-life</i>), devono essere considerati anche i risultati dei test sensoriali.
4.18.6	La <i>shelf-life</i> dei prodotti riportata in etichetta deve essere calcolata a partire dal lotto di produzione originale.
4.18.7	Se richiesto dal cliente, campioni rappresentativi del lotto di produzione devono essere conservati fino alla scadenza del «consumare entro» o «consumare preferibilmente entro» del prodotto finito e, se necessario, oltre tale data.

60

finite condizioni di conservazione. Questo periodo di tempo può essere stabilito solo conoscendo sia l'evolvere della qualità nel tempo che il valore del limite di accettabilità. Al contrario, quando si studia esclusivamente l'evolvere della qualità dell'alimento durante la conservazione, lo studio sarà definito "studio di stabilità". Va notato che spesso il termine "*shelf-life*" viene utilizzato in modo inappropriato con riferimento a studi di stabilità.

Standard Brc e Ifs, i requisiti inerenti alla *shelf-life*

Accanto alle richieste della normativa vigente, anche i principali standard internazionali sulla sicurezza e qualità alimentare – Brc (*Global Standard for Food Safety* – versione 7) e Ifs (*International Featured Standards* – versione 6) contengono stringenti requisiti sul tema *shelf-life*. Entrambi gli standard fanno specifico riferimento a questo "concetto" (Tabelle 1 e 2), che viene menzionato sia al punto relativo alla descrizione del prodotto nel Piano Haccp che in quello relativo al tempo di conservazione delle registrazioni, ad evidenziare

l'importanza di quanto accade al prodotto stesso durante la sua commercializzazione. Tuttavia, punti cardine relativi a questa problematica sono quelli dove viene espressamente richiesto di definire la *shelf-life* sulla base di protocolli definiti e documentati. Viene anche ribadito che studi di *shelf-life* vanno effettuati non solo in fase di sviluppo di nuovi prodotti o di modificazione di formulazione, packaging o fornitori, ma anche come parte integrante delle attività routinarie del Sistema di Gestione della sicurezza alimentare (*on going shelf-life assessment*).

Gli studi di *shelf-life* vanno effettuati non solo in fase di sviluppo di nuovi prodotti o di modificazione di formulazione, packaging o fornitori, ma anche come parte integrante delle attività routinarie del Sistema di Gestione della sicurezza alimentare

Le aziende devono redigere, quindi, un documento dove vengano descritte le modalità di definizione della *shelf-life* del prodotto, nonché mantenere la documentazione relativa ai diversi test effettuati. In entrambi gli standard viene fatto specifico riferimento al fatto che i test devono considerare le caratteristiche sensoriali dei prodotti, enfatizzando, così, l'importanza della soddisfazione del consumatore. Il motivo di queste richieste è ben chiarito nella linea guida Brc sulla valutazione della *shelf-life*, dove viene specificatamente esplicitato come *"una determinazione della shelf-life efficace è vitale per verificare per quanto tempo un prodotto può rimanere sugli scaffali. Un test di shelf-life può essere un processo difficile, ma è sicuramente meno costoso di un richiamo di prodotto e consente di mantenere la reputazione aziendale sul mercato"*.

È interessante osservare che, sebbene non si faccia specifico riferimento alla *shelf-life* secondaria, essa è implicitamente menzionata nell'ottica di garantire la qualità delle materie prime e dei semilavorati il cui utilizzo in azienda sia parcellizzato nel tempo. È questo il caso di oli, prodotti a base di caffè, aromi, che, all'apertura della confezione, si ossidano molto rapidamente. Stesse considerazioni valgono per prodotti a bassa attività dell'acqua che, all'apertura della confezione, possono assorbire umidità, modificando il loro stato fisico e/o le loro funzionalità tecnologiche. Entrambi gli eventi si traducono in una perdita della standardizzazione della qualità del prodotto finito che li contiene e, in ultima analisi, in una modificazione della *shelf-life* primaria.

Protocolli di stima della *shelf-life*

Quanto descritto precedentemente fa comprendere come sia necessario, da parte delle aziende alimentari, mettere in atto protocolli affidabili di stima della *shelf-life* che diventino strumenti essenziali in un

contesto di mercato globale e altamente competitivo.

È necessario che le aziende alimentari mettano in atto protocolli affidabili di stima della *shelf-life*: strumenti essenziali in un contesto di mercato globale e altamente competitivo

Uno studio di *shelf-life* prevede tre fasi principali, come descritto in Figura 2:

- fase preliminare;
- fase di test;
- fase di modellazione.

La fase preliminare è volta all'identificazione dell'evento alterativo prevalente e del relativo indicatore analitico (microbiologico, chimico, fisico o sensoriale), che non solo porta alla per-

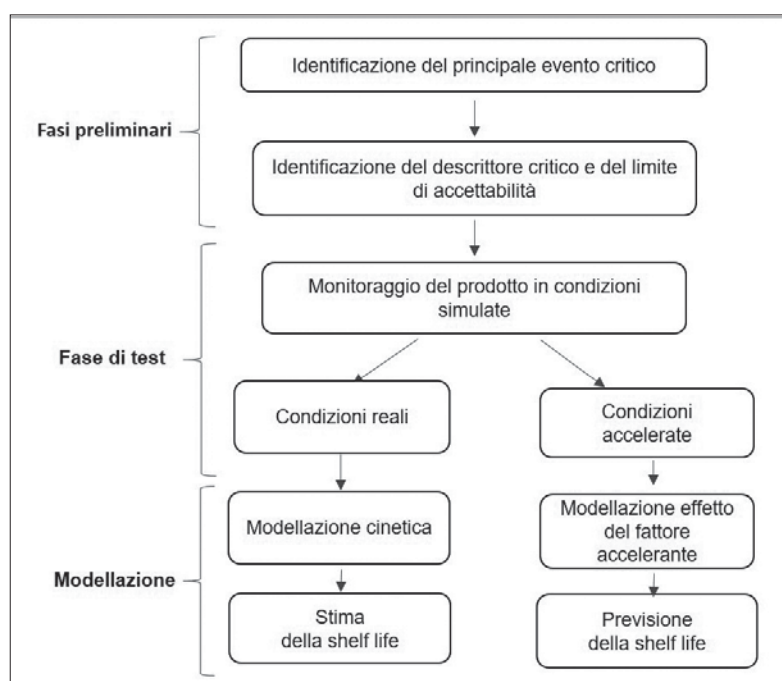


Figura 2 – Fasi di uno studio di *shelf-life* (modificata, da Nicoli, M.C. (2012). *Shelf-life assessment of foods*. Boca Raton: CRC press, Taylor & Francis Group).

Tabella 3
Principali eventi alterativi, suddivisi per categoria di prodotto*

PRODOTTO	EVENTO ALTERATIVO	EFFETTO	ESEMPI
Alimenti refrigerati	Sviluppo microbico	Formazione di <i>off-flavour</i> , formazione di colonie, cambiamenti di colore e consistenza	Piatti pronti, formaggi, latte, derivati carnei
	Reazioni enzimatiche	Cambiamenti di colore, <i>flavour</i> , perdita di composti bioattivi	Frutta e vegetali, prodotti <i>ready to eat</i> contenenti frutta e vegetali
	Senescenza	Cambiamenti di consistenza e colore	Frutta e vegetali
	Cambiamenti fisici	Separazioni di fase, migrazione di acqua	Succhi di frutta, <i>smoothies</i> , emulsioni, prodotti da forno
Alimenti surgelati	Reazioni enzimatiche	Cambiamenti di colore, <i>flavour</i> , perdita di composti bioattivi	Frutta e vegetali, prodotti <i>ready to eat</i> contenenti frutta e vegetali
	Reazioni di ossidazione	Formazione di <i>off-flavour</i> , cambiamenti di colore, perdita di nutrienti, formazione di composti tossici	Prodotti carnei e ittici, prodotti contenenti frutta e verdura
	Bruciature da freddo	Cambiamenti di colore	Pasta, prodotti carnei e ittici
Alimenti stabili a temperatura ambiente	Reazioni di ossidazione	Formazione di <i>off-flavour</i> , perdita di nutrienti/composti bioattivi, cambiamenti di colore, formazione di composti tossici	Oli e grassi, prodotti da forno, alimenti disidratati, prodotti sterilizzati, snack fritti, <i>soft drinks</i>
	Imbrunimento non enzimatico	Cambiamenti di colore, <i>flavour</i> , perdita di nutrienti e composti bioattivi, formazione di composti tossici	Alimenti disidratati, prodotti sterilizzati
	Cambiamenti fisici	Separazioni di fase, perdita di croccantezza, gelificazione	Emulsioni, succhi di frutta, bevande a base di latte, cereali per colazione

* Modificata, da Nicoli, M.C. (2012). *Shelf life assessment of foods*. Boca Raton: CRC press, Taylor & Francis Group).

dita di qualità del prodotto oggetto dello studio, ma è in relazione al suo limite di accettabilità. Come noto, diversi sono i principali eventi alterativi che possono portare ad un decadimento dei prodotti alimentari (Tabella 3). Risulta evidente come, per lo stesso prodotto, ci si possa aspettare il contestuale sviluppo di

eventi diversi. In uno studio di *shelf-life* potrebbe essere costoso e superfluo monitorare contemporaneamente l'evoluzione di diversi parametri analitici durante la sua conservazione. Risulta più efficace ed economicamente sostenibile definire l'evento alterativo e il relativo indicatore, maggiormente correlati all'ac-

cettabilità del prodotto espressa dal consumatore.

La scelta del limite di accettabilità non è banale e sono poche le categorie di prodotto per le quali esiste una normativa che ne specifichi i valori. Per la maggior parte dei prodotti, questa rimane una scelta aziendale basata su politiche interne.

Successivamente a questa fase, si procede con il vero e proprio test di *shelf-life*, che implica il monitoraggio dell'evoluzione, in condizioni ambientali definite, dell'indicatore dell'alterazione prevalente. A tale scopo, due sono le strategie possibili:

- test in condizioni di conservazione che simulino quelle reali (*real time shelf-life testing*);
- test in condizioni di conservazione tali da accelerare l'evento alterativo (*accelerated shelf-life testing*, Aslt).

La prima strategia è teoricamente applicabile a tutti i prodotti alimentari e prevede la conservazione del prodotto in condizioni simulanti quelle che si realizzano durante la commercializzazione del prodotto. Queste condizioni vanno attentamente selezionate e controllate durante il test al fine di non incorrere in pericolose sovrastime della *shelf-life*. Questo approccio risulta particolarmente efficace soprattutto per prodotti refrigerati, con una vita commerciale breve. Al contrario, quando l'oggetto dello studio è un alimento con *shelf-life* medio-lunga (ad esempio, prodotti *ambient stable* o surgelati), i tempi richiesti per lo studio potrebbero non essere compatibili con le necessità aziendali. In questo caso, si può ricorrere a test di invecchiamento accelerato, che prevedono la conservazione dell'alimento in condizioni di conservazione tali da accelerare la cinetica dell'evento alterativo prevalente. Diversi sono i fattori acce-

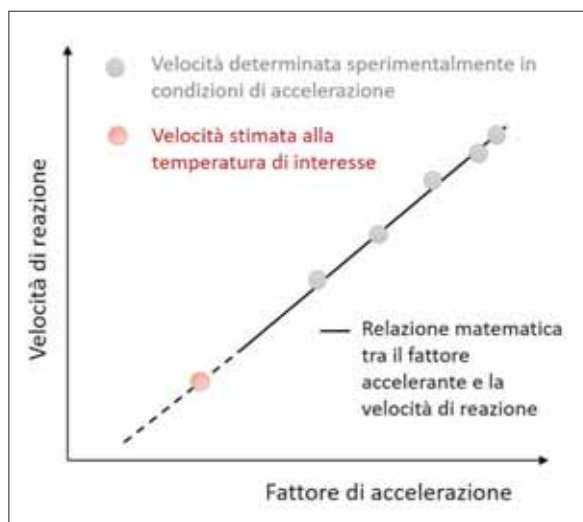


Figura 3 – Base concettuale di un test di invecchiamento accelerato (Aslt).

leranti potenzialmente applicabili: il più utilizzato è la temperatura. In pratica, secondo questo approccio e considerando la temperatura come fattore accelerante, il cambiamento dell'indicatore durante la conservazione viene monitorato ad almeno tre temperature superiori alla temperatura di conservazione. La condizione necessaria al fine di poter applicare questo metodo è che esista una relazione tra la ve-

locità con cui procede l'evento alterativo e l'intensità del fattore accelerante (Figura 3).

I dati sperimentali vengono quindi sottoposti a modellazione cinetica, ovvero all'individuazione di equazioni in grado di descrivere l'evoluzione dei dati sperimentali. Tali equazioni costituiscono il modello predittivo attraverso il quale è possibile stimare la *shelf-life*. Conoscendo la relazione matematica tra la velocità di reazione e il fattore accelerante, sarà inoltre possibile prevedere la *shelf-life* del prodotto nelle normali condizioni di conservazione, anche se il test è stato condotto in condizioni accelerate. Questo approccio può apparire complesso e laborioso, ma può diventare un potente strumento da utilizzare nella validazione periodica della *shelf-life*. Nota la relazione tra fattore accelerante e velocità della reazione di alterazione, è infatti possibile condurre test di *shelf-life* in condizioni di accelerazione, riducendo drasticamente i tempi di stima. Va infine sottolineato che non esistono relazioni matematiche "magiche" per convertire i dati ottenuti in condizioni accelerate in valori di *shelf-life* alla temperatura di interesse (una settimana a XX °C è uguale a 1 mese a XY °C). La relazione matematica da applicare per la previsione della *shelf-life* è specifica per ciascun prodotto e deve essere determinata sperimentalmente per non incorrere in pericolosi errori.