



SHELF-LIFE
INFORMAZIONI PRATICHE PER ARRIVARE
A DEFINIRE LA DURABILITÀ
DI UN PRODOTTO E A PROLUNGARE
LA SUA VITA COMMERCIALE.



CAMERA DI COMMERCIO
INDUSTRIA ARTIGIANATO E AGRICOLTURA
DI TORINO



LABORATORIO CHIMICO
CAMERA DI COMMERCIO TORINO



SHELF-LIFE
INFORMAZIONI PRATICHE PER ARRIVARE
A DEFINIRE LA DURABILITÀ
DI UN PRODOTTO E A PROLUNGARE
LA SUA VITA COMMERCIALE.



LABORATORIO CHIMICO
CAMERA DI COMMERCIO TORINO

Questo volume è rilasciato sotto licenza Creative Commons Attribuzione
Non commerciale - Non opere derivate 3.0 Italia.

Autori: Edoardo Fontanella - Laboratorio Chimico Camera di Commercio Torino.

INDICE

Introduzione	5
1. Normativa, definizioni ed etichettatura	7
1.1. Come distinguere una “scadenza” da un “TMC”	7
1.2. Modalità di indicazione in etichetta	10
2. SHELF-LIFE e studi di shelf-life	12
2.1. Fase di studio preliminare	13
2.2. Prove di conservazione	14
3. Fenomeni di degradazione e parametri indicatori	18
3.1. Caratteristiche ed indicatori di tipo chimico / fisico	18
3.2. Caratteristiche ed indicatori di tipo microbiologico	25
3.3. Caratteristiche e prove di tipo sensoriale	32
4. Valutazione dei risultati	36
5. Tecnologie per incrementare la shelf-life	38
Bibliografia	45
 <i>Schede di approfondimento:</i>	
Principali aspetti da considerare in uno studio di Shelf-life	13
Shelf-life in “abuso termico”	16



Metodi accelerati	23
<i>Listeria monocytogenes</i>	26
Challenge - test	27
Microbiologia predittiva	32
Glossario sensoriale	35
Shelf-life post apertura	37
<i>Active ed intelligent packaging</i>	39

INTRODUZIONE

La vecchiaia è una malattia inguaribile (Seneca)

L'invecchiamento e il deperimento sono fenomeni naturali che riguardano ogni essere vivente, oggetto o materiale che ci circonda. Da questo fenomeno non sono esclusi gli alimenti: qualsiasi essi siano, qualsiasi sia il loro sistema di conservazione, dal momento della loro preparazione sono destinati comunque a subire nel tempo qualche tipo di alterazione.

E' responsabilità di ciascun produttore di alimenti capire attraverso quali meccanismi fisici, chimici e microbiologici avvenga la degradazione e, soprattutto, con quale velocità. Per la maggior parte degli alimenti la normativa impone di informare il consumatore indicando in etichetta la data fino alla quale si ritiene che il prodotto si mantenga sicuro e con le proprie caratteristiche. Nel caso di prodotti deperibili questa informazione diventa essenziale per tutelare la salute del consumatore, oltre che per garantire le caratteristiche organolettiche.

La shelf-life di un alimento, traducibile letteralmente come "vita di scaffale", rappresenta il periodo di conservazione in cui il prodotto mantiene caratteristiche tali da poter essere commerciabile. Stabilire questo periodo spesso è un compito non semplice, che richiede competenze molto varie e specifiche.

Questa guida si propone di fornire indicazioni utili a capire i principali processi d'invecchiamento e di illustrare gli strumenti e le metodologie per misurarli e determinare, nel modo più corretto possibile, la durabilità dei prodotti.

Oltre a dover determinare la shelf-life, spesso i produttori si trovano di fronte alla necessità di rendere più stabili i loro prodotti per far fronte a catene distributive che richiedono shelf-life sempre più lunghe o, semplicemente, per riuscire a preservare meglio le qualità del proprio prodotto. A questo scopo saranno illustrati



sinteticamente i principi e le tecnologie in grado, quando possibile, di proteggere meglio gli alimenti dai fattori degradativi. Nella letteratura scientifica sono presenti svariate pubblicazioni sul tema della shelf-life, e non mancano laboratori e consulenti che possono aiutare l'operatore del settore in questo compito; questa guida si pone un diverso obiettivo di fondo: permettere agli operatori, non di diventare "esperti", ma di avere una visione d'insieme più chiara e di affrontare la questione sapendo esattamente "cosa chiedere e cosa aspettarsi dagli esperti".

1. NORMATIVA, DEFINIZIONI ED ETICHETTATURA

Tra gli espliciti divieti imposti dall'art. 5 della Legge n. 283 del 30 aprile 1962 vi è la vendita, la detenzione e la somministrazione di alimenti e bevande in cattivo stato di conservazione, con cariche microbiche superiori ai limiti di legge, in stato di alterazione o comunque nocive. Ciascun produttore dovrà quindi fornire le giuste indicazioni per la corretta conservazione nel tempo dei prodotti commercializzati, anche attraverso una corretta etichettatura.

Il Reg. UE 1169/2011, relativo alla fornitura di informazioni sugli alimenti ai consumatori, impone che i prodotti in commercio abbiano l'indicazione in etichetta del "termine minimo di conservazione" (spesso indicato con l'acronimo TMC) o della "data di scadenza"; così definiti:

- **"Termine minimo di conservazione di un alimento"**: la data fino alla quale tale prodotto conserva le sue proprietà specifiche in adeguate condizioni di conservazione;

- **"Data di scadenza"**: 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. Successivamente alla data di scadenza un alimento è considerato a rischio a norma dell'articolo 14 del regolamento (CE) n. 178/2002.

1.1 Come distinguere una "scadenza" da un "TMC"?

Definire la deperibilità di un alimento è un aspetto di primaria importanza per una corretta etichettatura e la salvaguardia dei consumatori. Riportare il "termine minimo di conservazione" su un

alimento in realtà molto deperibile costituisce un'informazione non corretta e, quindi, un rischio per il consumatore. Se invece si riporta la "data di scadenza" su un prodotto in realtà stabile, questo rientrare automaticamente in una categoria considerata più a rischio, che implica, oltretutto, maggiori conseguenze legali nel caso venisse erroneamente commercializzato oltre il termine di conservazione.

Gli alimenti "molto deperibili dal punto di vista microbiologico", in cui si utilizza la data di scadenza, sono prodotti che normalmente devono essere conservati in frigorifero, come formaggi freschi, carne ed alcuni prodotti a base di carne, pasta fresca, piatti pronti refrigerati, frutta e verdura IV gamma, etc. A causa delle loro proprietà intrinseche tali alimenti costituiscono un facile terreno di crescita per i microrganismi: in breve tempo compaiono progressivi segni di alterazione accompagnati da livelli crescenti di microrganismi, fino a diventare inaccettabili per il consumo o non sicuri. Per questo motivo si ritiene che dopo la scadenza costituiscano un rischio oggettivo per la salute del consumatore, anche in assenza di alterazioni organoletticamente evidenti. In questi prodotti si ha normalmente una shelf-life che si misura in giorni o settimane.

Alimenti, che in virtù delle loro caratteristiche (es. molto acidi, secchi,...) o di trattamenti tecnologici di produzione (es. sterilizzazione, essiccazione, aggiunta di conservanti, ...) risultano stabili per mesi o anche anni vengono definiti non deperibili o poco deperibili. In questi casi il rischio maggiore non è costituito da una pericolosa crescita microbica, ma la durabilità è limitata in genere da una perdita delle caratteristiche qualitative o nutrizionali, che non dà luogo a "un pericolo immediato per la salute umana"; in questo caso la durabilità viene indicata come "Termine minimo di conservazione". Appartengono a questa categoria biscotti e prodotti da forno secchi, miele, pasta secca, conserve, legumi e cereali, etc. Pur se definiti "non deperibili", tutti i prodotti alimentari subiscono nel tempo qualche tipo di alterazione, anche se solo organolettica; pertanto vi è ugualmente la necessità di definire in modo corretto la loro durabilità.



L'indicazione del termine minimo di conservazione non è richiesta in questi casi (Reg. UE 1169/2011):

- ortofruttili freschi, comprese le patate, che non sono stati sbucciati o tagliati o che non hanno subito trattamenti analoghi; questa deroga non si applica ai semi germinali e prodotti analoghi quali i germogli di leguminose;
- vini, vini liquorosi, vini spumanti, vini aromatizzati e prodotti simili ottenuti a base di frutta diversa dall'uva; nonché delle bevande del codice NC 2206 00 ottenute da uva o mosto di uva;
- bevande con un contenuto di alcol pari o superiore al 10 % in volume;
- prodotti della panetteria e della pasticceria normalmente consumati entro le ventiquattro ore successive alla fabbricazione;
- aceti;
- sale da cucina;
- zuccheri allo stato solido;
- prodotti di confetteria consistenti quasi unicamente in zuccheri aromatizzati e/o colorati;

1.2. Modalità di indicazione in etichetta

Il termine minimo di conservazione (TMC), secondo il Reg. UE 1169/2011, deve essere indicato con la dicitura:

- **“Da consumarsi preferibilmente entro il...”** quando la data comprende l’indicazione del giorno.
- **“Da consumarsi preferibilmente entro fine...”** negli altri casi.

Queste diciture sono accompagnate dalla data stessa, oppure dall’indicazione del punto in cui essa è indicata sull’etichetta. L’indicazione della data dovrà comprendere nell’ordine e in forma chiara il giorno, il mese e l’anno con le seguenti eccezioni e regole:

Prodotti conservabili:	
per meno di 3 mesi	È sufficiente l’indicazione del giorno e del mese.
fra 3 e 18 mesi	È sufficiente l’indicazione del mese e dell’anno.
per più di 18 mesi	È sufficiente l’indicazione dell’anno.

La data di scadenza, sempre secondo il Reg. UE 1169/2011, deve essere indicata con la dicitura:

- **“Da consumarsi entro...”** seguita dalla data stessa oppure dall’indicazione del punto in cui essa è indicata sull’etichetta. L’indicazione della data dovrà comprendere, nell’ordine ed in forma chiara, il giorno, il mese ed eventualmente l’anno. Ad esempio **“da consumarsi entro 15 giugno 2015”** / **“da consumarsi entro vedi lato confezione”**.

Entrambe le indicazioni di **“scadenza”** o **“TMC”** dovranno essere completate, quando necessario, da una descrizione delle condizioni e modalità di conservazione da rispettare per avere una garanzia sul mantenimento del prodotto per il periodo specificato.

Alcuni alimenti hanno una durabilità determinata da specifiche norme:

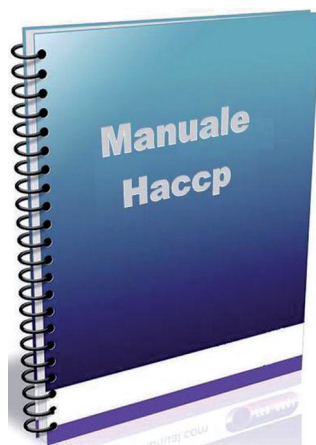
Latte fresco pastorizzato	6 gg dal trattamento termico
Latte fresco pastorizzato di alta qualità	6 gg dal trattamento termico
Latte microfiltrato fresco pastorizzato	10 gg dal trattamento termico
Latte a lunga conservazione UHT	90 gg dal trattamento termico
Uova fresche	28 gg dalla deposizione
Funghi secchi	12 mesi dal confezionamento
Oli di oliva vergini	18 mesi dall'imbottigliamento



2. SHELF-LIFE E STUDI DI SHELF-LIFE

La shelf-life di un prodotto può essere definita come il periodo di tempo in cui l'azienda produttrice garantisce il mantenimento di tutte le caratteristiche di sicurezza, salubrità e qualità organolettica proprie di quell'alimento. Poiché tale garanzia comporta l'assunzione di responsabilità precise da parte dell'operatore nei confronti della legge, dei consumatori e dei propri clienti, è facile capire come la determinazione della shelf-life sia di fondamentale importanza per un'azienda.

Il sistema con cui si arriva a stimare, nel modo più accurato possibile, la conservabilità di un alimento, viene chiamato studio di shelf-life. Il Manuale e le procedure di autocontrollo aziendale devono prevedere una descrizione sulle modalità, i criteri e gli studi effettuati per definire la conservabilità, allegando la documentazione disponibile, come materiale bibliografico, relazioni tecniche o analisi di laboratorio. Per uno studio di shelf-life ci si affida molto spesso a consulenti o laboratori specializzati, ma in ogni caso il produttore dovrebbe avere molto chiari alcuni concetti di base e soprattutto gli obiettivi che vuole raggiungere. Spesso è lui stesso l'unica fonte di una serie di informazioni necessarie per una valutazione completa e corretta del prodotto; pertanto la valutazione della shelf-life non può mai essere completamente delegata a terzi, ma deve essere frutto di una collaborazione tra laboratorio d'analisi ed azienda produttrice.



2.1. Fase di studio preliminare

Uno studio di shelf-life deve prevedere una fase preliminare di valutazione di tutti gli aspetti e le caratteristiche del prodotto che possono avere un'influenza sulla conservazione. Le informazioni raccolte hanno la funzione di effettuare una prima stima su quali pericoli e fenomeni degradativi aspettarsi, in quale forma si presenteranno e con quale rapidità. Queste considerazioni potranno essere supportate da ulteriori informazioni raccolte in bibliografia o con prove analitiche. Lo studio preliminare del prodotto è utile per formulare una prima ipotesi sulla sua conservabilità e per progettare eventuali prove che possano confermare o meno questa ipotesi.

Principali aspetti da considerare in uno studio di shelf-life:

- Tipologia di prodotto ed ingredienti utilizzati
- Processi tecnologici di lavorazione e conservazione
- Caratteristiche chimico-fisiche
- Profilo microbiologico
- Presenza di sostanze o additivi con azione conservante
- Tipologia di confezionamento
- Temperature e condizioni di conservazione previste
- Studi e pubblicazioni scientifiche relative ai pericoli e ai tempi di conservazione per la categoria di prodotto
- Dati storici ed informazioni aziendali (es. precedenti analisi, alterazioni tipiche del prodotto, reclami da parte di clienti, studi già effettuati in precedenza dall'azienda sullo stesso prodotto o su prodotti simili ...);
- Identificazione di eventuali limiti microbiologici o chimici previsti da norme specifiche

2.2. Prove di conservazione

L'esecuzione di prove di conservazione (o test di durabilità) è una delle metodiche più frequentemente utilizzate per verificare la durabilità nel tempo di un prodotto. L'obiettivo è di monitorare il processo di degradazione attraverso la verifica di indicatori di tipo chimico, microbiologico e sensoriale su campioni di riferimento conservati a questo scopo. Generalmente i campioni sono costituiti da una serie di prodotti in confezione integra ed appartenenti allo stesso lotto.

Per valutare le condizioni di partenza viene prevista una prima prova subito dopo la produzione, considerato come "tempo zero" (t_{00}); in seguito sono analizzati a cadenza prestabilita i successivi campioni, mantenuti in condizioni di conservazione definite e controllate. E' anche possibile prevedere analisi su prodotti prelevati direttamente dai punti vendita, in modo da verificare le condizioni durante la fase di commercializzazione.

La progettazione del protocollo analitico deve prevedere, oltre ai parametri da valutare, i tempi di esecuzione delle prove, in altre parole per quante volte e dopo quanto tempo debbano essere analizzati i prodotti. Il numero delle prove da eseguire dopo la produzione è in funzione del tipo di prodotto e del tempo stimato di conservazione. Maggiore è il numero delle prove, maggiore sarà l'attendibilità dei risultati, ma maggiori saranno anche i costi da sostenere. Oltre al tempo zero (t_{00}) generalmente si consiglia di effettuare almeno tre prove distribuite uniformemente durante il periodo di conservazione previsto ($t_{01}+t_{02}+t_{03}$). Per garantirsi un margine di sicurezza è buona norma prevedere che l'ultima prova venga eseguita oltre il periodo di durabilità prevista. In funzione dei risultati ottenuti nel corso delle prove sarà sempre possibile effettuare delle variazioni rispetto ai tempi di analisi inizialmente previsti.

ESEMPIO: esecuzione delle prove analitiche in un test di durabilità per un prodotto in cui si ipotizza una shelf-life di circa 30 giorni:

- o t 00 - Analisi subito dopo la produzione**
- o t 01 - dopo 7/10 giorni di conservazione**
- o t 02 - dopo 20/25 giorni di conservazione**
- o t 03 - dopo 35/40 giorni di conservazione**

Le condizioni di conservazione dei campioni durante le prove devono essere valutate attentamente, in quanto non è sufficiente prendere in considerazione le sole condizioni di conservazione previste dal produttore ed indicate in etichetta.

Lo studio dovrà considerare realisticamente eventuali condizioni di conservazione non idonee, che potrebbero avvenire prevedibilmente durante le varie fasi di commercializzazione (es. stoccaggio, trasporto, esposizione nei punti vendita,...), in particolare per quanto riguarda le temperature. La stessa conservazione domestica può essere considerata una fase critica; è stato infatti dimostrato come buona parte dei frigoriferi domestici vengano mantenuti normalmente a temperature di 6/8°C.

Shelf-life in “abuso termico”

Uno studio di shelf-life per prodotti deperibili refrigerati deve tenere in considerazione il fatto che nella vita commerciale vi possono essere fasi (es. trasporto, vendita, stoccaggio, ...) con innalzamenti accidentali di temperatura oltre i limiti previsti, detti di “abuso termico”. Il modo più semplice di considerare questi eventi è di simulare “le peggiori condizioni”, conservando i prodotti a temperature di “abuso” per tutta la durata delle prove, ad esempio a 6/8°C per prodotti refrigerati da conservare normalmente a 0-4°C.

Un altro sistema è di variare le temperature di conservazione in modo da simulare le varie fasi di commercializzazione; ad esempio è possibile prevedere una conservazione a 4°C per il primo 70% di tempo (corrispondente alla fase di stoccaggio in cella e di vendita in condizioni idonee) e 8°C per l'ultimo 30% del tempo (corrispondente alla fase di conservazione domestica).

Questo tipo di prove e verifiche possono essere integrate da sistemi di *microbiologia predittiva*, attraverso cui viene simulata la crescita delle varie popolazioni microbiche in funzione delle caratteristiche dell'alimento e delle condizioni di conservazione (v. approfondimento a pag 32).

Per migliorare l'affidabilità dei risultati ottenuti è buona norma prevedere prove e analisi ripetute su un numero maggiore di campioni, ossia:

- più campioni appartenenti allo stesso lotto, in modo da valutare la variabilità all'interno dei singoli lotti;
- campioni appartenenti a lotti diversi, in modo da valutare la variabilità tra lotti e condizioni di produzione diverse.

Queste ripetizioni implicano un aumento dei costi per l'azienda non sempre compatibile con le risorse disponibili, soprattutto per le piccole realtà; in questo caso si può pensare di ripetere le analisi non per tutti i parametri, ma solo per quelli identificati come realmente critici.



3.FENOMENI DI DEGRADAZIONE E PARAMETRI INDICATORI

Batteri, funghi, ossigeno, attività enzimatica, luce ed umidità sono solo alcuni dei fattori alteranti a cui sono continuamente esposti i prodotti alimentari. Vista la complessità dei meccanismi coinvolti è necessario individuare per ogni studio di shelf-life i cosiddetti parametri indicatori, ovvero le analisi chimiche, microbiologiche o sensoriali più adeguate per monitorare i processi di degradazione in atto. Di seguito saranno descritte le principali caratteristiche degli alimenti e gli indicatori più frequentemente utilizzati per raccogliere informazioni sull'andamento dei processi di degradazione.

3.1 Caratteristiche ed indicatori di tipo chimico/fisico

Reazioni chimiche e fenomeni fisici determinano sovente alterazioni delle caratteristiche sensoriali, nutrizionali e strutturali del prodotto. Le alterazioni indotte possono arrivare a favorire indirettamente anche lo sviluppo microbico. Molte di queste reazioni sono indotte o accelerate da fattori ambientali esterni, come luce, temperatura, umidità e presenza di ossigeno.

Attività ione idrogeno (pH)

Rappresenta quanto un prodotto alimentare sia acido ($\text{pH} < 7$) o alcalino ($\text{pH} > 7$) ed è un valore in stretta correlazione con la possibilità di crescita dei microrganismi. Diverse tecniche di conservazione si basano su un'acidificazione dell'alimento tale da inibire la crescita microbica. L'acidificazione può avvenire attraverso l'innescio di processi biochimici (es. la fermentazione lattica di alcuni salumi) o tramite l'aggiunta di acidi organici (es. prodotto conservati sotto aceto). In questi casi il controllo del pH è utile a verificare il raggiungimento di valori sufficienti a garantire l'effetto inibente. Ciascun microrganismo ha una diversa capacità di crescita ai diversi valori di pH, per questo il pH è un valore che

risulta determinante per caratterizzare l'alimento e prevedere quali microrganismi potranno più facilmente svilupparsi e con quale rapidità. Questo aspetto sarà trattato più approfonditamente nella sezione 3.2 relativa alle caratteristiche microbiologiche.

Utile per... definire e monitorare la possibilità di crescita dei microrganismi, soprattutto in prodotti deperibili e in quelli acidificati ai fini della conservazione (es. conserve alimentari).

Aw / Acqua libera

È un valore che definisce la quantità d'acqua disponibile all'interno di un alimento; insieme al pH, è un parametro strettamente correlato alla possibilità di crescita dei microrganismi. Il valore di acqua libera varia negli alimenti tra uno (acqua totalmente disponibile) e zero (assenza di acqua disponibile). Per la maggior parte dei batteri non è possibile la crescita a valori inferiori a 0,90, mentre alcuni lieviti e muffe possono svilupparsi fino a 0,61, limite al di sotto del quale non è possibile la crescita di alcun microrganismo. La deperibilità di molti alimenti è correlata al fatto di possedere valori di aw superiori a 0,95, tali da permettere la crescita di gran parte degli agenti patogeni ed alteranti. Vari trattamenti tecnologici (es. essiccazione, salagione, ...) hanno lo scopo di ridurre la disponibilità d'acqua, in modo da impedire o rallentare la crescita dei microrganismi. In determinati prodotti è opportuno verificare i valori di Aw e monitorare che non vi siano nel tempo innalzamenti inaspettati che favoriscano lo sviluppo di batteri o funghi, per questo motivo, come in altri casi, diventa basilare proteggere l'alimento dagli scambi di umidità con l'ambiente esterno.

Utile per... valutare la possibilità di crescita dei microrganismi nell'alimento e monitorare eventuali scambi di umidità con l'ambiente esterno, ad esempio nei prodotti secchi da forno.

Umidità

Diversamente dall'acqua libera, la valutazione dell'umidità considera il contenuto totale di acqua presente nell'alimento e non solo quella disponibile per la crescita dei microrganismi. Variazioni del contenuto di umidità, in positivo o negativo, possono determinare alterazioni della struttura e del colore, fenomeni di ossidazione lipidica e condizionare la crescita di batteri e funghi. Per stabilizzare il prodotto occorre ridurre gli scambi di umidità con l'ambiente esterno, principalmente attraverso efficaci sistemi di confezionamento ed idonei ambienti di stoccaggio. In alcune tipologie di prodotto è possibile che vi sia un fenomeno di ripartizione dell'umidità tra le varie parti di un alimento, come accade alla crosta del pane che perde croccantezza per la diffusione dell'umidità della mollica verso l'esterno.

Utile per... monitorare gli scambi di umidità con l'ambiente, in particolare in quei prodotti in cui vi è una forte correlazione tra caratteristiche organolettiche e contenuto di umidità (es. prodotti da forno).

Ossidazione lipidica (irrancidimento ossidativo)

L'ossidazione lipidica costituisce uno dei fenomeni che più spesso limita la durabilità di molti prodotti alimentari, attraverso alterazioni organolettiche (colore, odore e struttura) e del contenuto nutrizionale. La degradazione della componente lipidica è caratterizzata da una serie di complesse ed articolate reazioni chimiche a catena, che producono inizialmente acidi grassi liberi e, successivamente, composti reattivi (perossidi ed idroperossidi) in grado di propagare ed accelerare il processo ossidativo. Le reazioni coinvolte arrivano a produrre molecole percepite come sgradevoli, conferendo al prodotto il cosiddetto "odore di rancido". Le reazioni ossidative descritte richiedono la presenza di ossigeno e sono principalmente favorite ed accelerate dalle temperature

elevate, dalla luce, dalla presenza di alcuni enzimi e catalizzatori e dal grado di insaturazione dei grassi coinvolti, mentre sono contrastate da sostanze antiossidanti, come quelle naturalmente presenti in alcuni grassi (ad esempio i tocoferoli nell'olio extra vergine d'oliva). Per monitorare questo fenomeno si possono prevedere dei test organolettici, ma sicuramente analisi specifiche di laboratorio possono oggettivare meglio la natura e la velocità del processo di degradazione. Tra le analisi più frequentemente utilizzate vi sono:

✓ **Acidità sul grasso estratto:** valuta il processo di inacidimento della componente grassa dovuta al rilascio iniziale di acidi grassi liberi per idrolisi dei trigliceridi.

✓ **Numero di perossidi:** identifica la formazione di perossidi che caratterizzano la prima fase del processo ossidativo, per poi diminuire in una fase successiva.

✓ **Valore di p-anisidina:** valuta la formazione di aldeidi e chetoni durante una seconda fase dei processi ossidativi, molecole spesso responsabili delle alterazioni organolettiche.

✓ **Valutazione del profilo aromatico e dell'esanale:** attraverso tecniche di gas cromatografia è possibile valutare alterazioni del profilo aromatico dovute ai processi ossidativi che determinano la formazione e l'aumento di alcune sostanze volatili, tra cui l'esanale.

Si consiglia di eseguire in parallelo prove di tipo organolettico, in modo da trovare un'effettiva correlazione dei risultati strumentali con l'aspetto sensoriale. E' bene precisare, però, che l'ossidazione lipidica non provoca solo alterazioni organolettiche, ma modifica il valore nutrizionale di un alimento e costituisce un rischio per la salute per la formazione di composti chimici con effetti potenzialmente tossici.

Vi sono varie azioni preventive che possono migliorare la durabilità e la stabilità del prodotto: l'utilizzo e il corretto stoccaggio di materie prime di buona qualità; la protezione del prodotto finito dalle temperature elevate e dalla luce; inoltre si possono prevedere sistemi di confezionamento che eliminino la presenza dell'ossigeno (atmosfera modificata o sottovuoto) o l'utilizzo di additivi antiossidanti (vedere in proposito il capitolo 5).

Utile per... monitorare l'andamento della degradazione dei grassi in quei prodotti più soggetti all'ossidazione, come negli oli e grassi di origine vegetale o animale e in quelli con una componente grassa comunque apprezzabile, come i prodotti da forno, la frutta secca, gli snack, i prodotti a base di latte o di carne.



Metodi accelerati

Una possibilità interessante è quella di effettuare prove su campioni in cui sono stati accelerati i processi di degradazione, in modo da ridurre i tempi di valutazione. Uno dei sistemi più impiegati è di porre gli alimenti a temperature di stoccaggio superiori a quelle abituali, favorendo così le reazioni chimiche che normalmente avverrebbero in tempi più lunghi. Analizzando i campioni ed elaborando i risultati ottenuti si può arrivare a stimare la shelf-life che si avrebbe a normali temperature di stoccaggio, questo metodo è più facilmente applicato a parametri di tipo chimico, come l'ossidazione lipidica. Per ottenere risultati attendibili è necessario, però, arrivare ad una non semplice modellizzazione delle curve di degradazione alle diverse temperature di stoccaggio, processo che può richiedere un certo impegno economico. Di più semplice esecuzione sono le prove di confronto in condizioni "accelerate", in cui si mettono a confronto prodotti simili, ad esempio per poter valutare l'efficacia di ingredienti, additivi o sistemi di confezionamento nello stabilizzare meglio il prodotto

Reazioni enzimatiche

Gli enzimi sono molecole di natura proteica presenti in tutti gli organismi viventi con il compito di indurre e favorire determinate e specifiche reazioni biochimiche. Se non vengono denaturati e bloccati i loro meccanismi d'azione, ad esempio attraverso alcuni processi di lavorazione come cottura e sterilizzazione, possono continuare a produrre modificazioni negli alimenti, a volte anche non desiderate. Nei vegetali freschi, ad esempio, anche dopo la raccolta gli enzimi continuano ad agire nei processi di maturazione, modificando caratteristiche come colore, aroma, valore nutrizionale e struttura, arrivando a produrre alterazioni e danni tissutali che facilitano la decomposizione e lo sviluppo di microrganismi.

La loro azione è rallentata dalle basse temperature di conservazione, mentre è bloccata da trattamenti tecnologici in

grado di denaturarli, come le alte temperature. Le modificazioni indotte possono essere misurate sia con prove di tipo organolettico sia con tecniche strumentali (vedi sezione 3.3).

Utile per... capire la progressione di alcune modificazioni, in particolare negli alimenti freschi non trattati o poco trattati termicamente, sia di origine vegetale che animale.

Imbrunimento non enzimatico o reazione di Maillard

Negli alimenti avvengono reazioni, anche non mediate da enzimi, che portano a continue modificazioni del prodotto, tra cui un processo di imbrunimento detto reazione di Maillard. Questo avviene per una reazione spontanea tra zuccheri (es. glucosio, fruttosio, maltosio o lattosio) e composti azotati (amminoacidi o proteine) durante la fase di cottura o nel corso di uno stoccaggio prolungato. In molti casi questo tipo di imbrunimento è voluto e non viene considerato un difetto, come nella cottura dei prodotti da forno e degli alimenti in genere; in altri prodotti può indurre un graduale deterioramento della colorazione tipica. Luce, calore ed ossigeno facilitano il processo, ed è per questo motivo che, anche in questo caso, risulta cruciale la protezione dell'alimento.

Utile per... capire fenomeni di alterazione del colore; gli alimenti in cui più facilmente si produce questa reazione sono conserve non acide, cereali per la prima colazione, prodotti liofilizzati e in polvere.



3.2 Caratteristiche ed indicatori di tipo microbiologico

Batteri, lieviti e muffe, oltre ad essere costituenti tipici e caratterizzanti di molti prodotti alimentari, rappresentano in alcuni casi un pericolo per la sicurezza e l'integrità degli alimenti. E' necessario garantire che durante il periodo di conservazione non vi siano crescite microbiche tali da alterare il prodotto, da costituire un pericolo per il consumatore o, comunque, da non superare limiti microbiologici previsti da norme specifiche. Tra queste norme vi è il Reg. CE 2073/2005, che prescrive di effettuare, quando necessario, degli studi per verificare il rispetto per l'intero periodo di conservazione dei limiti previsti, descrivendone anche le modalità.

Ogni alimento è associato ad un diverso rischio microbiologico, ciò significa che per ogni prodotto si dovrà valutare quali microrganismi possono costituire un effettivo pericolo e come monitorarli durante le prove. Queste valutazioni devono essere effettuate durante la fase preliminare di studio, in cui si prenderanno in considerazione tutti gli aspetti connessi con la presenza e la possibilità di sviluppo dei microrganismi, tra cui gli ingredienti e gli additivi utilizzati, le modalità di lavorazione, il sistema di confezionamento, le temperature di conservazione e, in particolare, le caratteristiche chimico-fisiche dell'alimento, come i valori di pH e di acqua libera (Aw).

Il principale pericolo che si può configurare è la presenza e lo sviluppo di **microrganismi patogeni**, un aspetto facilmente correlabile a cattive procedure di lavorazione. Per quanto riguarda alcuni agenti patogeni, come *Salmonella spp.*, *Escherichia coli O157* o *Campylobacter spp.*, dovranno essere assenti fin dall'inizio e per tutto il periodo di conservazione, nel corso dello studio di shelf-life potranno essere previste delle prove, ma più per accertare le qualità igieniche dell'alimento che per definirne la durabilità. Si chiarisce infatti che l'assenza di questi patogeni nel

corso delle prove non garantisce in alcun modo sulla possibilità che siano accidentalmente presenti e si sviluppino in altri lotti di produzione. Lo strumento previsto dalla normativa per minimizzare il rischio è l'applicazione del sistema HACCP e delle procedure di autocontrollo.

Una situazione diversa riguarda gli agenti patogeni o indicatori d'igiene la cui presenza è tollerata, entro certi limiti, anche dalla normativa; in questi casi può essere necessario controllarne la presenza e le capacità di crescita nell'alimento durante la conservazione, come nel caso di *Listeria monocytogenes*.

Listeria monocytogenes

Listeria monocytogenes è un microrganismo patogeno in grado di provocare gravi infezioni sistemiche a seguito dell'assunzione di alimenti contaminati. È un germe ubiquitario che si ritrova con una certa frequenza nei prodotti di origine animale (es. formaggi, prodotti della pesca, carni e prodotti a base di carne) ed in alcuni ambienti di lavorazione. Ha la capacità di moltiplicarsi anche alle temperature di refrigerazione e questa prerogativa lo rende un pericolo da tenere in particolare considerazione negli alimenti pronti al consumo refrigerati. Il Reg. CE 2073/2005 prevede che vi sia un'attenta valutazione del rischio per *L. monocytogenes*. Per gli alimenti pronti al consumo questo regolamento tollera un limite di 100 ufc/g per tutto il periodo di conservabilità, ma solo se per le loro caratteristiche *non costituiscono un terreno favorevole alla crescita di Listeria*, ovvero:

- Alimenti con $\text{pH} \leq 4.4$
- Alimenti con $\text{Aw} \leq 0.92$
- Alimenti con $\text{pH} \leq 5.0$ e $\text{Aw} \leq 0.94$
- Prodotti con un periodo di conservabilità inferiore a 5 giorni
- Altri tipi di prodotti purché vi sia una giustificazione scientifica

Per gli alimenti pronti al consumo che *costituiscono terreno favorevole alla crescita di L. monocytogenes*, non è ammessa la presenza del batterio (il Regolamento prescrive l'assenza in 25 g di prodotto).

Viene, però, accettato il limite di 100 ufc/g, se il produttore è in grado di dimostrare, con soddisfazione dell'autorità competente, che nel prodotto non si supererà il limite di 100 ufc/g durante tutto il periodo di conservabilità. Per un produttore è sicuramente interessante cercare di riuscire a dimostrare questa situazione ed ottenere così una tolleranza di 100 ufc/g, soprattutto quando si tratta di alimenti in cui è effettivamente possibile una presenza accidentale di *Listeria*. Verificare questa condizione può, però, essere complesso e implicare l'impiego di tecniche come il Challenge test e la microbiologia predittiva.

Per approfondimenti su questa tematica si consiglia di far riferimento al documento della Commissione Europea "Guidance Document on *Listeria monocytogenes* shelf-life studies for ready-to-eat foods, under Regulation (EC) N°2073/2005".

E' anche possibile verificare la capacità di crescita di un microrganismo in un determinato alimento o la capacità di sopravvivere ai processi di lavorazione attraverso prove su campioni artificialmente contaminati (*Challenge-test*) o tramite studi di microbiologia predittiva (vedi schede di approfondimento a pag 27 e 32).

Challenge - test

I Challenge-test sono prove per determinare la capacità di un determinato microrganismo di svilupparsi in un alimento. La prova viene eseguita inoculando artificialmente specifici microrganismi nell'alimento, per poi verificarne con delle analisi lo sviluppo nel tempo e alle diverse condizioni di conservazione. Il test è anche impiegato per verificare l'effetto di un determinato processo di lavorazione (es. pastorizzazione) sui microrganismi appositamente inoculati; in questo caso le analisi vengono eseguite, sull'alimento inocolato, prima e dopo il trattamento di lavorazione. La tecnica deve essere eseguita in laboratori adeguatamente attrezzati e specializzati, in grado di simulare nel miglior modo possibile le condizioni che avverrebbero in caso di inquinamento accidentale del prodotto. Una delle principali applicazioni è la verifica del potenziale di crescita di *L. monocytogenes* in prodotti pronti al consumo.

I microrganismi, oltre ad essere un pericolo per la sicurezza del prodotto, costituiscono uno dei principali fattori di alterazione. I processi di degradazione possono essere monitorate attraverso il conteggio di determinati microrganismi indicatori, di seguito vengono elencate le principali analisi di laboratorio utilizzate a questo scopo, ma si tratta di un elenco non esaustivo. In funzione della tipologia di alimento e dei rischi associati è possibile monitorare molte altre tipologie di batteri patogeni, alteranti o indice di contaminazione.

Microrganismi aerobi mesofili

E' un parametro che prevede il conteggio di tutte le specie batteriche in grado di crescere in ambiente aerobio a 30°C. Non ha una corrispondenza diretta con la presenza di patogeni o sulla sicurezza del prodotto, ma è un indicatore complessivo e generico di igiene e di sviluppo batterico. Negli alimenti in cui è possibile la presenza e la crescita di microrganismi, si potrà osservare un graduale aumento dei suoi valori durante il tempo di conservazione.

Utile per... monitorare la crescita microbica negli alimenti, in particolare in quelli deperibili. In funzione della tipologia di alimento si avranno soglie diverse di accettabilità, correlate al livello di sicurezza e alla comparsa di alterazioni nel prodotto.

Enterobatteriacee

E' un indicatore dello sviluppo di batteri appartenenti alla famiglia delle Enterobatteriacee, che raggruppa diverse specie batteriche, tra cui batteri potenzialmente patogeni dei generi *Shigella*, *Salmonella*, *Escherichia* e *Yersinia*.

Utile per... monitorare la presenza e lo sviluppo di specie microbiche indice di contaminazione e potenzialmente indesiderate, in particolare nelle carni fresche, nei prodotti a base di carne, in alcuni prodotti lattiero caseari e in alimenti pronti al

consumo, specialmente se con ingredienti di origine animale.

Batteri acido lattici

I batteri lattici sono batteri anaerobi ossigeno tolleranti, generalmente privi di azione patogena, contraddistinti dalla capacità di convertire il lattosio e altri zuccheri in acido lattico. In determinati prodotti alimentari, come in alcune tipologie di salumi, la loro presenza è caratterizzante e necessaria per il processo di produzione. I batteri lattici sono in grado di contrastare lo sviluppo di altre specie microbiche, anche per la loro capacità di produrre batteriocine (sostanze con azione antibatterica) e di acidificare l'alimento attraverso la produzione di acido lattico. Gli ambienti di conservazione privi di ossigeno, come il confezionamento sottovuoto o in atmosfera modificata, favoriscono lo sviluppo dei batteri lattici rispetto ad altre specie microbiche aerobie. Nonostante la loro azione preservante a livelli elevati ($> 10^7$ ufc/g) possono produrre alterazioni organolettiche in alcune tipologie di alimenti.

Utile per... monitorare la presenza e la crescita di batteri lattici, in particolare in alimenti in cui vi sia stata una fermentazione di tipo lattico (es. salumi) o in prodotti freschi deperibili confezionati sottovuoto o in atmosfera modificata (es. carni e prodotti a base di carne, salumi affettati, frutta e verdura IV gamma, ...).

Anaerobi solfito riduttori

Con questo parametro viene rilevata la presenza di batteri appartenenti principalmente al genere *Clostridium*, germi gram positivi, anaerobi stretti e con capacità sporigene. Vengono qui comprese circa 80 specie, tra cui molte a diffusione ambientale e non patogene, mentre altre sono produttrici di tossine con gravi conseguenze sulla salute (es. *C. perfringens*, *C. botulinum*). Alcune loro caratteristiche, come la capacità di produrre spore e di

crescere in ambienti anaerobi, li rendono particolarmente pericolosi per alcune categorie di alimenti. Le spore sono forme latenti di resistenza, in grado di sopravvivere per lunghi periodi negli ambienti e di resistere ad elevati trattamenti termici, per poi germinare in presenza di condizioni favorevoli allo sviluppo.

Utile per... monitorare la contaminazione e l'andamento di specie microbiche indesiderate e potenzialmente pericolose, soprattutto in alimenti di origine animale come carni fresche, salumi e altri prodotti a base di carne. Costituiscono un rischio anche in conserve e semi-conserve alimentari per la loro capacità di produrre spore e di crescere in ambienti privi di ossigeno.

Stafilococchi coagulasi positivi

Gli Stafilococchi sono batteri anaerobi facoltativi con capacità di crescita in vari ambienti, anche acidi (fino a pH 4.2-4.3) e con scarsa acqua disponibile (fino a Aw 0.85). Sono ubiquitari e molto diffusi negli ambienti, anche come abituale flora batterica della cute dell'uomo. I ceppi patogeni di Stafilococco sono identificabili, in genere, come coagulasi positivi. Scarsa igiene ed errori nella manipolazione dei cibi sono la principale causa di contaminazione, l'azione patogena è dovuta alla produzione di tossine da parte del microrganismo presente nell'alimento.

Utile per... monitorare la contaminazione e il pericolo dovuto allo sviluppo di batteri potenzialmente pericolosi ed indicatori dell'igiene della produzione, in particolare in alimenti che hanno subito particolari manipolazioni e con caratteristiche che ne permettono lo sviluppo.

Bacillus cereus presunto

I batteri appartenenti al genere *Bacillus* sono germi ambientali ubiquitari con capacità sporogene. Le spore da cui si sviluppano inquinano frequentemente le derrate alimentari, in particolare se di

origine vegetale (riso, sfarinati, spezie...). Il *Bacillus cereus* attraverso la produzione di tossine è causa di intossicazioni alimentari, ma con il parametro "*Bacillus cereus* presunto" vengono enumerati anche altri batteri appartenenti al genere *Bacillus* privi di attività patogena, simili al *B. cereus*, ma difficilmente distinguibili da questo.



Utile per... monitorare la presenza di un batterio potenzialmente pericoloso, soprattutto in alimenti con ingredienti di origine vegetale, come prodotti da forno, paste fresche, spezie e prodotti di gastronomia.

Lieviti e muffe

Lieviti e muffe, oltre ad essere utili nella produzione e nella caratterizzazione di certi alimenti, costituiscono una delle principali cause di alterazione e un rischio per la produzione di tossine. Rispetto ai batteri hanno una maggior capacità di svilupparsi in ambienti a pH acido e con bassi livelli di acqua libera (A_w), queste caratteristiche li rendono un pericolo per moltissime tipologie di prodotti alimentari. Essendo microrganismi ubiquitari la contaminazione può derivare da spore presenti sia nelle materie prime che negli ambienti di lavorazione e conservazione. Per potersi sviluppare hanno bisogno di presenza di ossigeno, quindi il confezionamento sottovuoto o in atmosfera modificata limita le loro capacità di crescita.

Utile per... monitorarne la presenza e lo sviluppo soprattutto in alimenti come confetture, prodotti da forno, paste fresche, frutta secca, spezie, frutta e verdura IV gamma.

Microbiologia predittiva

La microbiologia predittiva è un sistema che, attraverso l'utilizzo di applicazioni informatiche, ha lo scopo di stimare la potenzialità di crescita dei microrganismi nei prodotti alimentari in funzione delle temperature di conservazione e di alcune caratteristiche dello stesso alimento (es. pH, Aw, carica microbica iniziale ...). È una tecnica che permette di verificare rapidamente ed in modo economico i potenziali di crescita (o di sopravvivenza) di vari microrganismi in diverse condizioni di conservazione e trattamento, senza dover effettuare innumerevoli prove analitiche. Permette, inoltre, di valutare il rischio dovuto a specie microbiche che difficilmente potrebbero essere considerate diversamente, se non, ad esempio, con un'inoculazione artificiale di batteri nell'alimento (es. *Challenge test* per *L. monocytogenes*). I modelli matematici di crescita alla base di queste applicazioni si basano su dati ottenuti in condizioni sperimentali di laboratorio, che non sempre riescono a rispecchiare la reale complessità di una matrice alimentare. Molti sono i fattori e le variabili che possono discostare i risultati ottenuti dall'effettive e reali condizioni dell'alimento, tra cui la tipologia dei ceppi batterici coinvolti e l'eventuale presenza di inibitori di crescita. Tenendo in considerazione queste premesse, i risultati ottenuti con la microbiologia predittiva non potranno essere considerati sufficienti, ma dovranno essere spesso accompagnati e validati da alcune analisi di laboratorio di conferma sull'alimento.

3.3 Caratteristiche e prove di tipo sensoriale

Lo sviluppo di microrganismi alteranti e le reazioni chimico-fisiche hanno conseguenze sulle caratteristiche organolettiche degli alimenti tali da renderli gradualmente non idonei alla commercializzazione. Un prodotto può rimanere completamente sicuro e commestibile, ma non essere più commercializzabile proprio in quanto non più in grado di soddisfare le aspettative dei clienti, anche solo per variazioni di colore, aroma o consistenza. In uno studio di shelf-life è compito delle prove sensoriali misurare e monitorare con dei test

periodici questo processo e definire, parallelamente alle altre tipologie di prove, un giudizio rispetto all'accettabilità del prodotto. Si tenga conto che per molti prodotti alimentari, soprattutto quelli più stabili dal punto di vista microbiologico (es. conserve, prodotti da forno secchi...), l'aspetto organolettico riveste un ruolo determinante nella valutazione della shelf-life.

I test sensoriali per essere affidabili e dare risultati oggettivi dovranno essere condotti secondo metodologie scientifiche ben definite, impiegando personale specificatamente formato e qualificato ed elaborando i risultati ottenuti con metodi statistici. Questo tipo di analisi implica un certo impegno economico, quindi non è da escludere che alcune piccole aziende intendano eseguirle internamente con proprio personale. A questo scopo è possibile conservare presso l'azienda campioni appartenenti a diversi lotti di produzione e procedere nel tempo a prove di assaggio. Per ottenere giudizi affidabili, anche in questo caso, è bene procedere sempre con una metodologia definita e rigorosa, documentando e conservando i risultati ottenuti.

Gli ambienti in cui sono condotti i test devono influenzare il meno possibile il giudizio degli assaggiatori, escludendo la presenza di rumori, odori o luci anomale (vedi ISO 8589:2007). Gli assaggiatori dovranno essere adeguatamente formati, selezionati ed addestrati nell'esecuzione delle prove; nel caso si voglia valutare il giudizio di un consumatore medio è anche possibile effettuare delle prove con gruppi di persone non formate. Le metodologie che possono essere adottate in uno studio di shelf-life possono essere di vario tipo, tra cui:

Test descrittivi

In un test descrittivo il prodotto viene valutato in ogni suo aspetto descrivendo con un'accurata terminologia tutte le caratteristiche sensoriali percepite (visive, olfattive, tattili, uditive e gustative).

Utili per... monitorare e descrivere in uno studio di shelf-life le modificazioni del prodotto nel tempo e la comparsa di difetti.

Test di classificazione (ISO 8587:2006)

E' un test che richiede agli assaggiatori di ordinare, in base ad una o più caratteristiche definite, una serie di prodotti.

Utili per... verificare in uno studio di shelf-life la possibilità di distinguere ed ordinare una serie di prodotti con gradi diversi di invecchiamento in funzione di una loro caratteristica (es. intensità dell'aroma o qualità strutturali).

**Ordinare i campioni in funzione
di una caratteristica**



Test di classificazione

Test discriminanti

L'intento di queste prove è di valutare la possibilità di distinguere prodotti con caratteristiche diverse attraverso dei test di confronto, per esempio:

- ✓ Test triangolare (ISO 4120:2004): verifica la possibilità di identificare il campione diverso fra tre alimenti proposti.
- ✓ Test Duo-trio (ISO 10399:2004): verifica la possibilità di abbinare un campione di riferimento rispetto ad altri due, di cui solo uno realmente identico.

Utili per... verificare e rilevare in uno studio di shelf-life la comparsa

di modificazioni ponendo a confronto campioni a diverso grado di invecchiamento o per verificare l'efficacia di diverse metodologie di conservazione. Si può dimostrare la stabilità e l'idoneità di un prodotto conservato per un determinato tempo nel caso gli assaggiatori non riescano a discriminarlo da campioni più recenti.

Qual è il campione diverso?



Test triangolare

Qual è il campione uguale a quello di riferimento?



Test duo-trio

Glossario sensoriale

Nelle prove sensoriali si utilizza una terminologia precisa e codificata, questi alcuni esempi dei termini impiegati:

- Sapore:** sensazione percepita con l'organo del gusto (salato, dolce, acido, amaro, umami).
- Odore:** sensazione percepita con l'organo olfattivo stimolato da determinate sostanze volatili.
- Aroma:** sensazione percepita con l'organo olfattivo per via retronasale durante la degustazione.
- Flavour:** insieme delle sensazioni aromatiche e gustative percepite durante la masticazione e influenzate da effetti tattili, termici e cinestetici.
- Piccante:** sensazione tattile pungente nella cavità boccale.
- Persistenza:** permanenza della percezione gustativa dopo la deglutizione.
- Retrogusto:** insieme delle sensazioni percepite terminato lo stimolo dalla bocca, distinte da quelle previamente percepite.
- Consistenza:** sensazione tattile misurata al morso con gli incisivi.
- Durezza:** resistenza opposta alla compressione tra i molari.
- Friabilità:** attitudine a generare frammenti all'inizio della masticazione.
- Elasticità:** attitudine dopo una compressione a riprendere lo spesso iniziale.

(...)

4. VALUTAZIONE DEI RISULTATI

Per avere sufficienti garanzie di sicurezza e qualità l'insieme delle informazioni raccolte devono essere interpretate in modo corretto ed organico. I risultati ottenuti nelle varie prove potranno essere riportati su grafici che rappresentino l'andamento nel tempo dei fenomeni degradativi chimici, microbiologici e sensoriali. Per ciascun indicatore verrà definito un limite di accettabilità, in funzione del quale sarà determinata la durabilità del prodotto. E' necessario, però, prevedere un margine di sicurezza rispetto alla durabilità determinata con le prove, questo margine sarà tanto maggiore quanto l'incertezza sui risultati ottenuti.

L'affidabilità dei risultati non dipende solo dalla corretta modalità di valutazione dei parametri, ma anche dalla capacità dell'azienda di produrre alimenti con caratteristiche e qualità costanti; per questo motivo è importante ripetere le prove su campioni appartenenti sia allo stesso lotto che a lotti diversi, in modo da valutare la variabilità dei valori all'interno della stessa produzione e tra produzioni diverse.

Uno studio di shelf-life ben strutturato può diventare molto costoso, è quindi difficile che piccole aziende possano eseguire tutte le prove che sarebbero necessarie. Per ridurre i costi analitici bisogna che nella fase di progettazione e studio preliminare della shelf-life vengano correttamente identificati i parametri indicatori più idonei, limitando il loro numero a quelli effettivamente più critici.

Nel caso vi fossero incertezze sui risultati ottenuti, è sempre bene ridurre volontariamente i tempi di shelf-life rispetto a quelli ipotizzati, in attesa di raccogliere ulteriori elementi sulla stabilità del prodotto. Si tenga conto che la definizione di una shelf-life è un processo che non deve mai ritenersi concluso; i dati ottenuti dovranno sempre essere integrati e completati nel tempo con informazioni provenienti da varie fonti: nuove osservazioni sui prodotti in fase di commercializzazione e stoccaggio; eventuali segnalazioni e reclami da parte di clienti; ulteriori prove

analitiche. Inoltre le valutazioni effettuate dovranno essere riprese in considerazione nel caso vi siano variazioni sostanziali nel processo produttivo, nel tipo di confezionamento o negli ingredienti impiegati.

A questo proposito è bene prevedere nel proprio piano analitico, anche a seguito dello studio di shelflife, prove periodiche sui prodotti a diversi tempi di conservazione in modo da confermare e validare nel tempo i risultati ottenuti.

Shelf-life post apertura

La shelf-life prevista per il prodotto in confezione integra non può certo mantenersi valida per il prodotto dopo l'apertura; è compito del produttore fornire indicazioni in etichetta sulle modalità e sui tempi di conservazione in questa fase. Questo è un aspetto importante sia per i prodotti destinati all'utilizzo domestico sia per quelli di grande capacità destinati alla vendita frazionata all'interno dei reparti di gastronomia della grande distribuzione o nei servizi di ristorazione. Nel prodotto aperto vengono accelerati i processi di degradazione e aumentano i rischi dovuti alla manipolazione del prodotto. Il prodotto privato della protezione dovuta al sistema di confezionamento, in particolare per i prodotti sottovuoto e in atmosfera modificata, entra in contatto con l'ambiente esterno e con nuovi possibili agenti contaminanti ed alteranti. Quando si presuppone un periodo di conservazione dopo l'apertura devono essere presi in considerazione questi aspetti, in alcuni casi esattamente come se fosse un nuovo studio di shelf-life.



5. TECNOLOGIE PER INCREMENTARE LA SHELF-LIFE

Le esigenze di mercato e dei sistemi di commercializzazione spesso richiedono di allungare il più possibile i tempi di conservazione, ma un produttore può essere interessato anche solo a stabilizzare le caratteristiche qualitative dei propri prodotti, senza necessariamente dover allungarne i tempi di shelf-life. Le tecnologie per raggiungere questi obiettivi sono sempre più accessibili, anche per i piccoli produttori.

Qualità

Qualsiasi miglioramento non può che partire dalle condizioni produttive, che debbono essere tali da garantire alimenti con qualità elevata e costante. Ogni aspetto contribuisce all'esito finale: la selezione e la gestione delle materie prime, il controllo di ogni fase di lavorazione, la pulizia dei locali e delle attrezzature, le temperature di lavorazione e stoccaggio, la formazione e l'igiene del personale. Questo non può che essere il corretto punto di partenza e nessun sistema tecnologico di confezionamento o conservazione può compensare carenze a questo livello.

Temperatura

Le temperature di conservazione sono un fattore decisivo per la maggior parte dei processi degradativi. Temperature non idonee, anche per brevi periodi, possono avere un considerevole effetto sull'evolversi dello sviluppo microbico, sui processi ossidativi e su molte altre reazioni chimiche. Riuscire a garantire le temperature più idonee, almeno nelle fasi sotto il controllo del produttore (es. stoccaggio in azienda e trasporto), è un aspetto cruciale, non solo per i prodotti refrigerati, ma per ogni tipologia di prodotto. E' altrettanto importante comunicare l'importanza di questo aspetto, anche attraverso un etichettatura chiara, a distributori, venditori e consumatori.

Confezionamento

La stabilizzazione dell'alimento passa anche attraverso la sua adeguata protezione dai fattori ambientali (luce, umidità, ossigeno, ...); per questo è necessario progettare e prevedere un adeguato sistema di confezionamento. Molti sono i fattori da tenere in considerazione e da conciliare: il livello di protezione dall'ambiente esterno (il così detto "effetto barriera"), i costi, gli aspetti di marketing, la resistenza agli urti, l'idoneità dei materiali impiegati in funzione della tipologia di alimento e, non ultimo, l'impatto ambientale, aspetto associato alla riciclabilità, biodegradabilità e al volume dei materiali utilizzati.

Active ed intelligent packaging

Il mercato del packaging presenta una sempre più vasta offerta di soluzioni specifiche per ciascuna tipologia di prodotto, comprese soluzioni di *"active packaging"* e *"intelligent packaging"*.

L'*active packaging* è un tipo di confezionamento in grado di avere un ruolo "attivo" nella conservazione dell'alimento. Può agire, ad esempio, rilasciando gradualmente sostanze con un'azione stabilizzante su determinati processi, come antiossidanti, conservanti, anidride carbonica o etanolo, oppure, in altri casi, sequestrando sostanze indesiderate, come ossigeno, umidità o etilene.

L'*intelligent packaging* è in grado di fornire informazioni su caratteristiche e condizioni di conservazione dell'alimento contenuto, attraverso degli indicatori arriva, ad esempio, ad informare direttamente l'utilizzatore sul livello di deterioramento e di sicurezza dell'alimento contenuto.

Sottovuoto

La presenza di ossigeno è uno dei fattori che più condiziona la shelf-life di alcuni alimenti. L'ossigeno è causa di fenomeni ossidativi

e permette lo sviluppo dei microrganismi aerobi alteranti (batteri, muffe e lieviti). Il sistema più semplice per ridurre gli effetti è il confezionamento sottovuoto, in cui si elimina completamente l'aria (e così l'ossigeno) dalla confezione attraverso l'utilizzo di macchine confezionatrici specifiche. Con l'assenza di ossigeno si ottengono benefici sulle qualità organolettiche ed un incremento della shelf-life praticamente in tutti gli alimenti, in particolare negli alimenti deperibili refrigerati, nei prodotti contenenti grassi facilmente soggetti ad ossidazione lipidica e in quelli suscettibili alla crescita di muffe.

Il confezionamento sottovuoto non è adatto a prodotti fragili, soffici o che verrebbero rovinati dalle pressioni prodotte da questo sistema di confezionamento. Non va dimenticato che diversi microrganismi alteranti e patogeni sono comunque in grado di svilupparsi in assenza o scarsa presenza di ossigeno (es. *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*, *Stafilococcus aureus*,...), pertanto questo sistema di confezionamento, come anche il confezionamento in ATM, non può compensare scarse caratteristiche qualitative o microbiologiche di partenza, che dovranno sempre essere garantite dalle buone pratiche di lavorazione.

Un'evoluzione del confezionamento sottovuoto è la tecnologia "skin", che abbina l'utilizzo di materiali plastici molto resistenti e termoretraibili con macchinari in grado di creare un vuoto molto spinto. La pellicola di confezionamento viene fatta aderire, come se fosse una seconda pelle ("skin") attorno al prodotto, migliorando la sua presentazione e durabilità.



Atmosfera modificata (ATM)

In alternativa al confezionamento sottovuoto è possibile sostituire l'aria all'interno della confezione con una miscela di gas tecnici opportunamente dosati. La scelta di quale miscela di gas utilizzare e in quale dosaggio dipende dall'alimento e dai risultati che si vogliono raggiungere. Nella maggior parte dei casi si utilizza una miscela priva di ossigeno, costituita solo da gas inerti (es. azoto) o con un'azione inibente sulla flora batterica (es. anidride carbonica). Rispetto al confezionamento sottovuoto non vi è lo schiacciamento del prodotto e si possono ottenere migliori effetti batteriostatici. È di basilare importanza che il prodotto sia correttamente sigillato e i materiali di confezionamento abbiano un sufficiente effetto barriera in modo da eliminare gli scambi gassosi con l'ambiente esterno. La scelta di adottare questo sistema di confezionamento sarà influenzata anche dai costi dei macchinari e da quelli d'esercizio (es. acquisto e gestione dei gas d'imballaggio).

Tipologia gas	Codice additivo	Caratteristiche
Azoto (N₂)	E941	Quasi del tutto inerte ed insolubile. Inodore e insapore. Praticamente ha solo un effetto riempitivo della confezione. Dosaggio tra il 50% ed il 100% della miscela impiegata.
Anidride carbonica (CO₂)	E290	Molto solubile in acqua e grassi, con il tempo viene assorbita dall'alimento diminuendo la pressione all'interno della confezione. Produce una lieve acidificazione superficiale dell'alimento per formazione di acido carbonico con un effetto inibente sulla flora microbica. Dosi troppo elevate possono causare alterazioni superficiali nelle carni.
Ossigeno (O₂)	E948	Molto solubile in acqua e grassi. Permette i processi ossidativi e lo sviluppo dei microrganismi aerobi. Mantiene il colore rosso vivo nelle carni rosse e nei tranci di tonno fresco migliorandone la presentazione.
Argon (Ar)	E 938	Quasi del tutto inerte, ma solubile in acqua e grassi. Impiegato come riempitivo della confezione. Contrasta i fenomeni ossidativi entrando in competizione con l'ossigeno residuo.

Confezionamento in ATM con assorbitori di ossigeno

Nei sistemi di confezionamento in ATM è possibile che vi sia un residuo di ossigeno all'interno della confezione, queste piccole quantità, per quanto esigue, possono comunque indurre processi ossidativi e lo sviluppo di microrganismi aerobi e microaerofili. Per aumentare la stabilità del prodotto è possibile eliminare questo ossigeno residuo inserendo all'interno della confezione sostanze chimiche in grado di assorbirlo (es. composti ferrosi, sali metallici, ...).

Culture starter protettive

In alcune tipologie di prodotto (es. carni fresche e derivati, latticini, ...) è possibile inoculare colture starter selezionate (batteriche o fungine) con la capacità di ostacolare lo sviluppo di altri microrganismi di tipo alterante o patogeno. Quest'azione è dovuta a vari meccanismi tra cui la produzione di acidi organici (ac. lattico e ac. acetico), la liberazione di batteriocine e un'azione competitiva per il substrato. Questo effetto è sfruttato, ad esempio, nella normale produzione di salumi fermentati, in cui interviene e si sviluppa una flora batterica protettiva di tipo lattico.

Additivi

Gli additivi alimentari sono sostanze, abitualmente non consumate come alimento, intenzionalmente aggiunte agli alimenti per uno scopo tecnico, come, ad esempio per migliorare la loro conservazione. Il Reg. 1333/2008 e s.m.i elenca e disciplina l'utilizzo degli additivi alimentari autorizzati, specificando per ognuno di essi la corretta denominazione (comprensiva di numero "E"), gli alimenti ai quali può essere aggiunto e le condizioni d'impiego.

Gli additivi sono suddivisi in categorie funzionali; tra quelli che

possono avere un impatto diretto o indiretto sulla conservabilità del prodotto vi sono:

- ✓ **Conservanti:** prolungano la durata di conservazione degli alimenti proteggendoli dal deterioramento provocato da microrganismi alteranti o patogeni. Es. Anidride solforosa e solfiti (E220-228)- Nisina (E234) – Nitrati e nitriti (E249-E252) - Acido lattico (E270) - Propionato di calcio (E282)...
- ✓ **Antiossidanti:** prolungano la durata di conservazione degli alimenti proteggendoli dal deterioramento provocato dall'ossidazione, come l'irrancidimento dei grassi e le variazioni di colore. Es. Acido ascorbico (E300) – Acido citrico (E330) – Tocoferoli (E306-309) - BHA (butil-idrossi-anisolo o E320) e BHT (butil-idrossi-toluolo o E321)...
- ✓ **Agenti di rivestimento:** applicati alla superficie esterna di un prodotto alimentare conferiscono un aspetto brillante o forniscono un rivestimento protettivo. Es. Cere (E901-903).
- ✓ **Agenti umidificanti:** impediscono l'essiccazione degli alimenti contrastando l'effetto di una scarsa umidità atmosferica, o promuovono la dissoluzione di una polvere in un ambiente acquoso. Es. Sorbitoli (E420) - Mannitolo (E421) - glicerolo (E422).
- ✓ **Gas d'imballaggio:** Gli stessi gas differenti dall'aria impiegati nel confezionamento in atmosfera modificata sono considerati additivi e normati in tal senso.

- ✓ **Stabilizzanti:** rendono possibile il mantenimento dello stato fisico-chimico di un prodotto alimentare; gli stabilizzanti comprendono le sostanze che rendono possibile il mantenimento di una dispersione omogenea di due o più sostanze immiscibili, le sostanze che stabilizzano, trattengono o intensificano la colorazione di un prodotto alimentare, e le sostanze che aumentano la capacità degli alimenti di formare legami.
Es. Alginati (E400-407), gomme naturali (E412-418).

BIBLIOGRAFIA

Gli intenti di questa guida sono di fornire una panoramica generale su tutti gli aspetti relativi alla shelf-life degli alimenti. Per approfondimenti su ciascuna delle tematiche trattate si consiglia di far riferimento alla ricchissima disponibilità di pubblicazioni sull'argomento. Di seguito si fa un elenco di norme e pubblicazioni ritenute utili e consultate per la redazione di questa guida:

Regolamento (UE) n° 1169/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 ottobre 2011 relativo alla fornitura di informazioni sugli alimenti ai consumatori.

Regolamento (CE) n° 2073/2005 della Commissione del 15 novembre 2005 sui criteri microbiologici applicabili ai prodotti alimentari.

Regolamento (CE) n° 1333/2008 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2008 relativo agli additivi alimentari.

Guide per le imprese in Europa "N. 3/2012 - *L'etichettatura dei prodotti alimentari. La normativa comunitaria e nazionale*". Camera di commercio di Torino

"La shelf-life dei prodotti alimentari: guida pratica per le aziende" (2009). Aicq Triveneta

M.Bononi, F.Tateo *"Shelf-life – Tecniche di monitoraggio e Qualità"* (2012). Chirotti editore.

"Microorganisms in foods 5. Characteristics of Microbial Pathogens" (1996) Blackie Academic & Professional. UK

Protocollo tecnico per l'effettuazione dei controlli microbiologici sugli alimenti e l'interpretazione e gestione degli esiti analitici "Allegato 1 - Criteri microbiologici per prodotti alimentari. Rev. 01:2013" Determinazione Dirigenziale Regione Piemonte n.710 del 12.09.2013

"Linee guida per l'analisi del rischio nel campo della microbiologia degli alimenti" - Progetto regionale "Analisi del rischio microbiologico legato al consumo di alimenti finalizzato alla riduzione dei costi analitici", approvato con Determinazione della Direzione Sanità della Regione Piemonte n.780 del 18 ottobre 2011. Allegato B

EC/DG SANCO - "Guidance Document on *Listeria monocytogenes* shelf-life studies for ready-to-eat foods, under Regulation (EC) n° 2073/2005" (2008)

A.Valero, E.Carrasco, R.García-Gimeno "Trends in Vital Food and Control Engineering Chapter 1 - Principles and Methodologies for the Determination of Shelf-Life in Foods" (2012) Ayman Hafiz Amer Eissa - www.intechopen.com

G. Talbot (2008) "Application of fats in confectionery". Kennedy's Books Ltd. UK

ISO 6658:2005 - Sensory analysis - Methodology - General guidance

ISO 5492:2008 - Sensory analysis - Vocabulary

ISO 8589:2007 - Sensory analysis - General guidance for the design of test rooms

ISO 8587:2006 - Sensory analysis - Methodology – Ranking

ISO 4120:2004 - Sensory analysis - Methodology - Triangle test

ISO 10399:2004 - Sensory analysis - Methodology - Duo-trio test

L.Piergiovanni, S.Limbo (2010) "*Food packaging*". Springer-Verlag Italia

L. Torre, M.R. Baroni, B. Baroni "*L'atmosfera protettiva*" (2008). Arteck snc. www.foodpackages.net

