**7 CONSERVAZIONE DEGLI ALIMENTI**

(G. Cescatti)

**7.1 GENERALITÀ**

La perdita della freschezza ed il degrado delle caratteristiche nutrizionali degli alimenti e delle bevande è un processo molto complesso, che coinvolge diversi elementi, peraltro diversi da alimento ad alimento.

In linea di massima si possono evidenziare i seguenti processi degradativi:

* *reazioni chimiche e degradazioni biochimiche legate alle attività enzimatiche*: imbrunimento non enzimatico, imbrunimento enzimatico, idrolisi dei lipidi, ossidazione dei lipidi, idrolisi delle proteine, denaturazione delle proteine, agglomerazione delle proteine, idrolisi di polisaccaridi, glicolisi, sintesi di polisaccaridi, degradazione dei pigmenti naturali, inattivazione delle vitamine, modificazioni della biodisponibilità di vitamine e sali minerali;
* *processi di natura fisica e chimico-fisica*: cristallizzazione degli zuccheri, retrogradazione dell’amido, perdita di sostanze volatili, adsorbimento e desorbimento d’umidità, modificazioni della compartimentazione dei componenti;
* *processi di natura microbiologica*: azione demolitrice dei microrganismi preesistenti nell’alimento o moltiplicati su di esso durante la manipolazione o la conservazione. Oltre al fenomeno della proliferazione microbica, alta presenza di microrganismi può verificarsi per contaminazione ambientale, degli operatori, delle attrezzature o di altri alimenti.

**7.2** **FATTORI BIOCHIMICI E BIOLOGICI CHE INTERVENGONO NELL’ALTERAZIONE DEGLI ALIMENTI**

**7.2.1 ENZIMI**

Gli enzimi sono delle sostanze costituite di una parte proteica, la cui struttura determina la specificità di azione dello stesso enzima, legata ad una parte non proteica che determina invece l’azione acceleratrice della reazione biochimica sulla quale l’enzima deve agire; assieme agli ormoni gli enzimi hanno la funzione di regolare (innescare e accelerare) tutte le reazioni biochimiche che avvengono all’interno degli esseri viventi. Senza di loro tutte le reazioni si svolgerebbero in maniera disordinata e lenta, senza la possibilità di un armonico sviluppo della vita di tutti gli esseri presenti sulla terra.

In letteratura vengono denominati in relazione alla loro azione sulle specifiche molecole, usando il suffisso «asi»; ad esempio:

* lattasi: enzima che controlla la idrolisi del lattosio nei suoi zuccheri costituenti (glucosio e galattosio);
* amilasi: enzima che controlla la idrolisi dell’amido nel suo zucchero costituente (glucosio);
* fosfatasi: enzima che controlla la drolisi dell’ortofosfato.

La presenza degli enzimi e la loro attività è fortemente condizionata dalla temperatura dell’alimento (come è riportato nella tabella 6.1 al paragrafo 6.3.1 temperatura).

**7.2.2 MICRORGANISMI**

La qualifica di microrganismo (o germe) viene attribuita a qualunque organismo vivente costituito da una sola cellula oppure da più cellule, ma tutte uguali tra di loro.

Ricordiamo che è la cellula l’unità biologica fondamentale che accomuna tutti gli esseri viventi. Si ritiene che essa abbia avuto un’origine unica e per questo conservi ancora, in tutti gli organismi, parti fondamentali comuni. Una cellula da sola può formare un organismo completo come nei microrganismi oppure può essere semplicemente una delle molte che raggruppate e differenziate formano tessuti ed organi.

Quando i microrganismi si trovano in un ambiente ottimale si sviluppano con tempi di duplicazione anche molto brevi. Certi batteri, ad esempio, in condizioni favorevoli creano una nuova generazione addirittura ogni 20 minuti. In queste condizioni lo sviluppo è esplosivo; tuttavia esso non procede in maniera indefinita, venendo ad esaurirsi i principi nutritivi presenti nel mezzo. Mediamente i germi misurano da 1 a 10 micron (1 micron è la millesima parte del millimetro). La disciplina che studia il loro mondo è la microbiologia, nata con l’invenzione del microscopio verso il 1600. I microrganismi si trovano ovunque; tutti ne siamo circondati. Ne ospitiamo milioni nella bocca, nell’intestino e sulla pelle. Si trovano sugli oggetti e sugli utensili di lavoro, negli alimenti, nelle bevande e ancorati sulla pulviscolo atmosferico. Fra le centinaia di tipologie note di microrganismi, solo alcune specie sono in grado di aggredire l’uomo e di provocare malattie. Questi germi, definiti patogeni, possono penetrare nell’organismo umano attraverso gli alimenti, le bevande, le vie respiratorie e la pelle. Per meglio superare le difese dell’organismo umano essi possono utilizzare dei vettori, quali le zanzare, nel caso della malaria oppure i pidocchi nel caso del tifo petecchiale, ma anche semplicemente la polvere, gli alimenti, le attrezzature. Quando l’attacco riesce e le difese immunitarie sono insufficienti i microrganismi agiscono in genere in maniera rapida; invadono il sangue e/o si localizzano di preferenza in determinati organi, sviluppando le conseguenti infezioni o malattie.

Nel caso delle problematiche microbiche in ambito alimentare si sono sviluppati 3 canali di interesse e precisamente:

* la *microbiologia industriale* che consente l’ottenimento di quantità industriali di prodotti chimici;
* la *microbiologia agraria* che si interessa del ciclo della materia organica;
* la *microbiologia medica, veterinaria e la fitopatologia* che studiano rispettivamente le malattie dell’uomo, degli animali e delle piante.

In ambito alimentare i veri problemi di attitudine alla conservazione, di igiene e di sicurezza sanitaria sono attribuiti ai microrganismi ed agli enzimi; un po’ meno all’effetto ossidativo dell’ossigeno e idrolitico dell’acqua.

**7.2.3 PROLIFERAZIONE E CONTAMINAZIONE MICROBICA**

In linea generale i microrganismi determinano l’alterazione degli alimenti intervenendo nella fermentazione degli zuccheri e nella putrefazione (alterazione) delle proteine. Si è già accennato che l’alterazione dei grassi è principalmente da attribuire all’azione alterativa chimico-fisica a carico dell’ossigeno dell’aria, dell’umidità e della luce, dove i microrganismi intervengo solo marginalmente.

Pertanto è fondamentale che chi opera nel settore alimentare conosca perfettamente i fattori che condizionano le modalità di spostamento, la vita e lo sviluppo dei microbi al fine di adottare le giuste tecnologie ed i corretti comportamenti che consentano di tenere sotto controllo i due pericoli fondamentali attribuiti ai microrganismi: proliferazione e contaminazione microbica. Molto spesso, le attività di contenimento dell’attività microbica sono simili alle azioni di inattivazione enzimatica alterativa; ciò consente di semplificare le pur complesse tecnologie di conservazione degli alimenti.

La contaminazione microbica si minimizza con i corretti comportamenti di igiene, applicando correttamente le metodologie proposte nell’implementazione del sistema HACCP.

I principali fattori che invece influiscono sulla proliferazione microbica sono: la temperatura, l’umidità ambientale e dell’alimento, il pH dell’alimento (acidità), il potenziale di ossido-riduzione, la presenza o l’assenza di ossigeno dell’aria e la presenza di nutrienti. Ricordiamo una ovvietà. Anche il tempo è un fattore da tenere in considerazione: se l’alimento è lasciato in balia delle condizioni sopra accennate, lo sviluppo e la moltiplicazione microbica avranno un effetto esplosivo; se tanto tempo si concederà ai microbi per mangiare l’alimento, altrettanto estesa sarà la sua alterazione.

**7.3 FATTORI CHIMICI E CHIMICO-FISICI CHE INFLUISCONO SULL’ALTERAZIONE DEGLI ALIMENTI**

**7.3.1 TEMPERATURA**

L’intervallo di temperatura entro il quale i microrganismi possono crescere è molto stretto ed è compreso normalmente fra -5 e +75°C.

Il limite massimo di temperatura che consente la crescita microbica è determinato dalla temperatura di denaturazione della struttura terziaria delle proteine cellulari, mentre il limite inferiore è determinato dal punto di congelamento dell’acqua. Si tratta dell’abbassamento crioscopico, parametro che è condizionata dalla composizione cellulare, ma che è sempre comunque sotto lo 0°C. È da ricordare che a basse temperature i microrganismi sopravvivono per lungo tempo. Questa caratteristica è sfruttata in microbiologia applicata; in laboratorio infatti si conservano i ceppi batterici alla temperatura dell’azoto liquido a -196°C.

A seconda della temperatura ottimale di crescita i microrganismi possono essere suddivisi in tre grandi gruppi: termofili, mesofili, psicrofili, come si evince dalla tabella 6.1.

Si può affermare che una determinata temperatura esercita un’azione selettiva sulle popolazioni microbiche, permettendo lo sviluppo di alcune specie, inibendo quello di altre.

Le muffe e i lieviti possono essere considerati dei mesofili perché presentano un ottimo di temperatura di crescita intorno ai 25°C. Tuttavia, anche tra questi microrganismi esistono delle specie psicrofile, le quali possono svilupparsi a temperature molto basse.

I batteri non riescono a svilupparsi a temperature inferiori ai -5° C, alcune specie di lieviti e muffe sono in grado di riprodursi a -10°C, anche se con tempi di moltiplicazione estremamente lunghi.

Sui microrganismi e sugli enzimi la temperatura ha effetto inibente se è bassa, attivante se è media e distruttivo se è alta.

**Tabella 7.1** effetti della temperatura sui microrganismi e sugli enzimi presenti sugli alimenti.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **T°C** | **EFFETTI SUI MICRORGANISMI** | **EFFETTI SUGLI ENZIMI** |
| 121 | Inattivate tutte le spore in 10’-20’ | completa diattivazione |
| 110 | Inattivate tutte le spore in 60’-80’ | completa diattivazione |
| 100 | Inattivate tutte le forme vegetative | elevata diattivazione |
| 90 | sopravvivono alcune forme termofile | elevata diattivazione |
| 70-80 | distrutte tutte le forme vegetative e molte saprofite | parziale diattivazione |
| 50-60 | massimo sviluppo dei termofili | diattivazione di alcuni enzimi |
| 30-40 | massimo sviluppo mesofili | permanenza notevole attività enzimatica |
| 10-20 | massimo sviluppo psicrofili | permanenza notevole attività enzimatica |
| 0 | sviluppo microbico ritardato | attività enzimatica rallentata |
| <10 | cessazione attività microbica | possibile attività enzimatica lentissima |

**7.3.2 UMIDITÀ**

Condizione essenziale per la vita dei microrganismi è un ottimale tenore di acqua nel loro microambiente. Tuttavia, non tutta l’acqua presente nell’alimento, misurata come umidità totale, può essere utilizzata dai microrganismi. Una parte dell’acqua totale è “legata” ad altre molecole e non è disponibile per il metabolismo microbico. Più corretto è pertanto la quantificazione dell’acqua libera Aw, chiamata anche attività dell’acqua, che è costituita dalla frazione dell’acqua totale che è veramente disponibile per i microrganismi. Il valore dell’attività dell’acqua si colloca su una scala che va da zero per gli alimenti che non contengono acqua totale (oli, zucchero, prodotti secchi,… nessuna disponibilità di acqua libera) ad 1 per l’acqua distillata (massima disponibilità di acqua libera).

In linea generale lo sviluppo dei batteri si arresta quando l’attività dell’acqua è inferiore a 0,92, mentre per i lieviti si deve scendere a 0,88 e per le muffe a 0,82.

Da questi dati risulta che i batteri sono meno resistenti dei lieviti alla mancanza di acqua, ma i lieviti a loro volta sono meno resistenti delle muffe alla carenza di acqua disponibile.

**7.3.3 pH**

Il pH è una scala che si esprime su base logaritmica che da una valutazione dell’acidità di un mezzo acquoso. Se il pH è inferiore a 7 l’alimento è acido, se è 7 l’alimento è neutro, se è superiore a 7 (il valore massimo è 14) l’alimento è alcalino.

La maggior parte dei microrganismi si sviluppa a pH neutro o poco acido.

L’acidità risulta essere un importante elemento che concorre a limitare o addirittura ad impedire lo sviluppo di molti microrganismi indesiderati. Ad esempio, lo sviluppo della salmonella cessa al di sotto di pH 5, mentre per lo stafilococco si deve scendere a pH 4,5. Tuttavia, alcuni microrganismi tollerano un’elevata acidità del substrato o dell’alimento; i lattobacilli resistono fino a pH 3, gli acetobatteri fino a pH 2,8 ed alcuni ferrobatteri fino a pH 1,5. I lieviti e le muffe, pur dimostrando crescita ottimale a pH neutro, sono in grado di svilupparsi attivamente anche in alimenti con acidità fino a pH 3.

L’acidità di un alimento può essere naturale (per agrumi e vegetali quali il pomodoro), oppure conseguente all’aggiunta intenzionale di additivi o coadiuvanti tecnologici acidificanti (acido citrico e acido fosforico nelle cole e in altre bibite analcoliche, acido acetico nella maionese, ecc.). Può essere anche la conseguenza dell’attività fermentativa di batteri lattici o acetici fatti sviluppare intenzionalmente, in grado di produrre acido lattico o acido acetico.

**Tabella 7.2** IN NATURA, IN BASE ALL’ACIDITÀ, TROVIAMO I SEGUENTI ALIMENTI.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **INTERVALLO DI pH** | **ALIMENTO** | **VALORE DI pH** |
| alcalino pH >7,0 | albume d’uovo | fino a 9,6 |
| neutro pH 7,0-6,5 | latte | 6,8-6,7 |
| gamberetti | 7,0-6,8 |
| ostriche | 6,7-6,5 |
| pollame | 6,7-6,5 |
| Debolmente acido pH 6,5-5,0 | pesce | 6,5-5,7 |
| carne | 5,8-5,4 |
| pane bianco | 6,0-5,0 |
| molte verdure | 6,5-5,0 |
| Acido pH 5,0-3,7 | verdura acida | 5,0-3,5 |
| pomodori | 4,4-4,0 |
| yogurt | 4,2-3,8 |
| maionese | 4,1-3,7 |
| molti tipi di frutta | 4,5-3,7 |
| Fortemente acido pH <3,7 | crauti | 3,7-3,1 |
| mele, succo di mele | 3,5-3,3 |
| prugne | 3,0-2,8 |
| limoni | 2,4-2,2 |

Per fortuna, il “minimo valore di pH” di sviluppo della maggior parte dei batteri patogeni è 4,4-4,5.

Il Clostridium botulinum tipo A e B ha il pH minimo di crescita a 4,5. Al di sotto di questo valore di pH non si sviluppa e ciò è fondamentale per la valutazione delle tecnologia di conservazione da applicare agli alimenti a rischio di botulino.

Alcuni ceppi batterici tossici che si possono trovare negli alimenti, come il Vibrio parahaemolyticus, il Bacillus cereus, lo Pseudomonas aeruginosa sono sensibili agli acidi; altri invece, come la Salmonella typhi e lo Staphyloccus aureus sono resistenti alle elevate acidità. Il “valore massimo di pH” di sopravvivenza dei batteri, funghi e lieviti è mediamente di 8-9 e viene solo raramente superato negli alimenti, come è il caso diffusamente citato dell’albume d’uovo.

**7.3.4 OSSIGENO**

I batteri possono essere:

* *aerobi* se vivono e crescono solo in presenza di ossigeno;
* *anaerobi* se vivono e crescono solo in assenza di ossigeno;
* *aerobi* e *anaerobi* facoltativi se sopportano la presenza di ossigeno senza averne la necessità.

Anche questa caratteristica è fondamentale per scegliere con criterio le modalità di conservazione (sotto vuoto, atmosfera modificata).

**7.3.5** **FATTORI NUTRIZIONALI**

I microbi hanno bisogno di sostanze organiche e minerali da metabolizzare per vivere e per riprodursi. Le loro necessità nutritive non sono eguali per tutti. A seconda della necessità di principi nutritivi i batteri si dividono in autotrofi ed eterotrofi.

Gli autotrofi utilizzano elementi e composti semplici della natura quali l’ossigeno, l’azoto, l’acqua e l’anidride carbonica. Gli eterotrofi necessitano invece di alimenti complessi già pronti, sotto forma di composti organici. I batteri patogeni sono eterotrofi. Anche queste preferenze nutrizionali stanno alla base delle corrette scelte di attività di conservazione degli alimenti (impiego del calore distruttivo, del freddo inibitore della proliferazione microbica, aggiunta di conservanti).

**7.3.6 POTENZIALE DI OSSIDO RIDUZIONE**

Il potenziale redox di ossidoriduzione di un substrato è il rapporto tra il potere ossidante totale (accettabilità di elettrone) e il potere totale riducente (donazione di elettroni) di una sostanza o di un substrato. Il potenziale redox indica pertanto la capacità di un alimento di acquistare o di perdere elettroni. Ne consegue che il potenziale di ossidoriduzione (Eh) è un parametro elettrochimico che rappresenta un importante fattore intrinseco che tiene conto della presenza di sostanze ossidanti e riducenti nel mezzo alimentare. Detto parametro, assieme alla disponibilità di ossigeno, determina la possibilità di crescita per i microrganismi aerobi, anaerobi facoltativi o anaerobi. Il potenziale redox di un alimento è calcolabile applicando l’equazione di Nerst, di seguito riportata, dove tutti i valori di potenziale sono espressi in millivolt.

|  |  |
| --- | --- |
| Equazione di Nerst | Eh =Eo +(RT/nF)xln(Ox/Re) |

Dove Eo è il potenziale redox a pH=7 a concentrazioni 1 molare di reagenti e substrati, Ox e Re sono rispettivamente la concentrazione dell’ossidate e del riducente.

Un elettrodo ossidato standard carico di ossigeno ha un Eh di 810 millivolts a pH 7 a 30°C, mentre, sotto le medesime condizioni, un elettrodo standard di idrogeno completamente ridotto ha un Eh di 420 millivolts.

Nella pratica detto potenziale è determinato con elettrodi sensibili all’ossigeno. Il potenziale redox è influenzato fortemente dal pH dell’alimento, dalla tensione di ossigeno sopra l’alimento e dalla permeabilità dell’alimento nei confronti dell’aria.

Valori positivi di Eh corrispondono ad ambienti ossidanti e valori negativi ad ambienti riducenti. I microrganismi aerobi crescono meglio ad Eh positivi; con la loro crescita però riducono Eh mentre gli anaerobi crescono meglio a valori negativi che tendono a ridurre per produzione di sostanze riducenti.

Il potenziale redox ha una influenza significativa sulla natura delle sostanze prodotte durante il deterioramento degli alimenti. In ambiente anaerobico si ha una maggiore degradazione delle proteine con produzione di sostanze basiche e solforate quali ammoniaca, ammine, ammine biogene, assai più sgradevoli rispetto ai composti che si formano in ambiente aerobico. Sia i tessuti animali che quelli vegetali presentano un potenziale redox basso e costante; ciò per effetto della presenza di sostanze ad effetto riducente (presenza di gruppi liberi -SH e, nel caso delle matrici vegetali, di acido ascorbico). La rottura dei tessuti per effetto della non corretta conservazione o della omogeneizzazione all’aria o della cottura, porta inevitabilmente alla distruzione del potere redox naturale.

**7.4 FENOMENI ALTERATIVI FONDAMENTALI DEGLI ALIMENTI**

L’uomo primitivo utilizzava sistemi naturali per conservare gli alimenti; applicava pure metodi inconsapevoli per sanificarli. Valutò ad esempio che la frutta raccolta ed essiccata all’aria si manteneva più a lungo, che i pesci imprigionati nelle saline non andavano incontro a decomposizione, che una lepre abbrustolita a seguito di un incendio era più buona, durava di più e veniva ridotto il rischio di intossicazioni. Ecco allora che i primi metodi che l’uomo usò per prolungare la durata delle derrate alimentari furono l’essiccamento, la salatura, l’affumicatura, la cottura e la bollitura.

Solo recentemente la conservazione degli alimenti ha assunto carattere industriale. In Italia, la prima fabbrica di conserve vegetali fu fondata da Francesco Cirio nel 1875.

**7.4.1** **IRRANCIDIMENTO ED INACIDIMENTO**

Si ribadisce che la luce (la sua energia), l’umidità ambientale e dell’alimento, la presenza dell’ossigeno atmosferico e delle radiazioni ultraviolette sono i fattori che determinano le “alterazioni di tipo chimico e chimico-fisico”. Detto fenomeno prende il nome di irrancidimento, in genere a carico dei grassi ed in particolare della parte insatura della loro molecola.

L’inacidimento dei grassi (aumento della acidità) è invece un fenomeno idrolitico della frazione grassa degli alimenti in presenza della matrice acqua e di enzimi idrolitici.

Dette alterazioni si manifestano principalmente a carico dei grassi e delle vitamine ed in misura minore a carico dei carboidrati.

Lo schema di alterazione dei grassi è un classico esempio di alterazione chimica. La fase iniziale è una addizione dell’ossigeno ai doppi legami dell’acido grasso con formazione di radicali perossidici, altamente reattivi, che prendono il nome generico di *radicali liberi*. Successivamente ed immediatamente (la vita media dei radicali liberi è infinitesimale: minime frazioni di secondo) si ha la propagazione della catena con formazione di polimeri ed infine si arriva alla loro decomposizione con liberazione di composti volatili contenenti gruppi alcolici, acidi, aldeidici e chetonici che attribuiscono al grasso il tipico odore e sapore di rancido.

**7.4.2 PUTREFAZIONI**

La “putrefazione” è una alterazione a carico delle proteine che vengono utilizzate dai microrganismi come sorgente di azoto per la produzione del proprio protoplasma. Le proteine vengono inizialmente idrolizzate a peptidi e successivamente ad aminoacidi i quali vengono utilizzati dai microrganismi con due diversi meccanismi:

* la decarbossilazione;
* la deaminazione.

Attraverso il primo meccanismo, l’aminoacido viene trasformato nella rispettiva ammina, con liberazione di anidride carbonica; per esempio il Bacillus cadaveris trasforma la lisina in cadaverina, l’Escherichia coli trasforma l’arginina in agmatina ed il Clostridium welchi trasforma la ornitina in putrescina ed infine l’istidina si traforma in istamina.

Per deaminazione, invece, i microrganismi trasformano gli aminoacidi in composti non azotati con liberazione di ammoniaca.

A carico delle proteine si possono verificare anche dei veri processi di denaturazione della loro struttura secondaria, terziaria e quaternaria, in genere irreversibili, con perdita innanzitutto delle proprietà biochimiche della proteina, ma anche fenomeni di modificazione della loro solubilità, aggregazioni coagulanti, incremento alla sensibilità di enzimi proteolitici, modificazioni delle proprietà ottiche, elettrochimiche e di idratazione. In tutti i casi le proprietà tipiche dell’alimento vengono compromesse, anche notevolmente.

**7.4.3 FERMENTAZIONI**

I microrganismi utilizzano i carboidrati principalmente come fonte di energia, nel processo genericamente definito come fermentazione. In presenza di ossigeno dell’aria, che funge da accettare di elettroni, i prodotti finali di una qualunque fermentazione sono l’acqua e l’anidride carbonica. La fermentazione sarà definita aerobica.

In assenza di ossigeno dell’aria invece - fermentazione anaerobica -, viene a mancare l’accettore esterno di elettroni; a questo compito si adatterà “una parte del substrato”, generalmente identificato in un carboidrato (glucosio), che, in virtù del fatto che il numero di ossidazione medio dei suoi atomi carbonio molecolare è praticamente zero, farà contemporaneamente la parte dell’accettore e del fornitore di elettroni.

Come è noto i processi di fermentazione avvengono in due stadi. La prima è la glicolisi fino alla formazione di 2 molecole di acido piruvico, 2 di ATP e 2 di NAD, comune alla fermentazione aerobica ed anaerobica. In condizioni di aerobiosi il processo continua fino alla produzione di anidride carbonica e acqua. il processo. in assenza di ossigeno, porta, oltre alla produzione di acqua e anidride carbonica, alla formazione di composti finali che non sono completamente ossidati: alcol etilico, acido lattico, acido butilico, acido propionico, acetone, idrogeno,…

* Fermentazione alcolica. In primo luogo i carboidrati complessi vengono idrolizzati negli zuccheri semplici che li costituiscono. Detti zuccheri vengono successivamente trasformati in glucosio. È quest’ultimo carboidrato che, seguendo la classica via della glicolisi giunge fino ad acido piruvico e successiva deviazione verso la produzione di anidride carbonica, acqua ed alcol etilico.

Questo tipo di fermentazione è tipica dei lieviti mentre solamente poche specie batteriche originano etanolo come uno dei principali prodotti finali.

* Fermentazione lattica: quasi tutti i microrganismi, nella fermentazione del glucosio, producono una certa quantità di acido lattico. Tuttavia, per certe specie microbiche (lattobacilli, streptococchi, ecc.) questo composto chimico rappresenta il prodotto finale più importante.

Quando il prodotto finale è costituito dal solo acido lattico, i germi vengono detti “omofermentanti” e la fermentazione “omolattica”. Quando invece l’acido lattico, pur rimanendo il prodotto finale principale, è accompagnato dalla formazione anche di altri composti (quali acido acetico, etanolo, anidride carbonica, ecc.) i microrganismi sono detti “eterofermentanti” e la fermentazione “eterolattica”.

* Fermentazione aceton-butilica, provocata dal batterio *Clostridium acetobutylicum* a carico del glucosio che porta alla formazione di acetone, butanolo, anidride carbonica, alcol etilico, e altri alcoli superiori.
* Fermentazione propionica: il prodotto tipico di questa fermentazione è rappresentato dall’acido propionico ed i rappresentanti di questo tipo di fermentazione sono i propionobatteri.
* Fermentazione tipo coliforme: viene effettuata dai batteri coliformi ed i prodotti finali sono rappresentati da una vasta gamma di composti chimici (acido lattico, acido formico, etanolo, anidride carbonica, idrogeno, acetoino, ecc.). L’Escherichia coli produce acido lattico ed etanolo mediante la fermentazione alcolica ed inoltre forma acido acetico ed acido formico mediante una reazione tipica degli enterobatteri (reazione fosfoclastica). L’acido formico viene poi ulteriormente scisso ad anidride carbonica ed idrogeno.
* Fermentazione butirrica-butilica-isopropanolica. Tipica dei batteri anaerobi; i prodotti finali sono rappresentati da butanolo, acido butirrico e prodotti ad essi correlati.

**7.4.4** **REAZIONI DI MAILLARD**

Si tratta di processi di alterazione che si manifestano per la contemporanea presenza di zuccheri riduttori e proteine. A seguito di una complessa catena di reazioni chimiche, suddivise didatticamente in più fasi (fase di produzione di una base di Schiff, fase di trasposizione di Amadori, fase di reazioni finali) si arriva alla produzione di una miriade di composti carbonilici, policarbonilici, polimeri azotati, composti aldeidici, chetonici, eteri, acidi, … Tra questi l’idrossimetilfurfurolo e composti tipo melanoidine, di colore marrone. In generale c’è una rivisitazione tossicologica di tutti i composti prodotti nelle reazioni di Maillard che sono favoriti dalle elevate temperature, dalla presenza di luce, metalli catalizzatori e pH leggermente alcalino.

**7.5** **PRIME CONCLUSIONI**

Si può innanzitutto affermare che un alimento, quando viene lasciato in condizioni naturali, si altera per effetto di una serie di processi microbici, enzimatici, chimici o chimico-fisici quali la fermentazione, l’ossidazione, la putrefazione, l’ammuffimento, ecc. L’alimento assume caratteristiche organolettiche e strutturali inaccettabili, diventa immangiabile ed a volte anche pericoloso per la salute di chi lo consuma.

Per conservare un alimento in maniera idonea è necessario pertanto proteggerlo dall’azione di tutti gli agenti alteratori citati in precedenza e precisamente: microrganismi, enzimi, aria (ossigeno) e umidità ambientale. In aggiunta, il controllo dei microrganismi negli alimenti, come numero e come tipologia, è fondamentale per garantire la qualità organolettica e strutturale degli alimenti come pure per garantirne la loro salubrità e la loro durata commerciale.

Ed ancora. Alcuni alimenti, se contaminati, favoriscono in grande misura la moltiplicazione dei germi. Si tratta del latte, dei suoi derivati, della carne e dei suoi derivati, delle uova, dei molluschi marini, dei prodotti della gelateria, pasticceria, gastronomia.

Vengono considerati invece alimenti indifferenti dal punto di vista microbiologico le verdure, perché, pur potendo essere contaminate dall’acqua di irrigazione e di lavaggio, dai fertilizzanti e dai residui dei trattamenti agronomici, non sono un substrato idoneo alla moltiplicazione microbica.

Sono ritenuti infine ostacolanti quegli alimenti che impediscono lo sviluppo e la sopravvivenza dei batteri come l’aceto, le marmellate, lo zucchero, il sale, il miele e tutte le altre preparazioni alimentari acide, oppure ricche di zuccheri, oppure a basso contenuto di umidità.

La contaminazione degli alimenti può essere di origine *endogena* quando sono infetti gli animali che producono direttamente gli alimenti, come nel caso della carne o del latte o *esogena* quando la provenienza dei microrganismi è ambientale (aria, acqua, suolo) o quando l’inquinamento si verifica durante la manipolazione da parte dell’uomo.

Nell’elenco successivo vengono riportati i più importati prodotti alimentari ottenuti con processi fermentativi:

* *Aspergillus oryzae:* muffa per idrolizzare l’amido del riso per ottenere il sake;
* *Gluconobacter suboxidans:* per ossidare l’alcol etilico in acido acetico dell’aceto;
* *Lactobacillus bulgaricus:* ossidazione del glucosio in acido lattico per ottenere lo yogurt;
* *Monascus purpurea:* muffa per ottenere il riso rosso (ang-lak);
* *Mucor:* muffa utilizzata per la cagliata del latte di soia per ottenere il tōfu;
* *Penicillium requeforti:* muffa per ottenere il formaggio gorgonzola e il roquefort;
* *Penicillium camembertii:* muffa per ottenere il formaggio roquefort e il brie;
* *Saccaromices cerevisiae:* lievitazione del pane, fermentazione di bevande alcoliche (vino, birra,..);
* *Saccaromices rouxi*: produzione della salsa di soia;
* *Saccaromicas carlsbergensis:* fermentazione della birra;
* Streptococcus thermophilus: ossidazione del glucosio per ottenere lo yogurt.

Nelle tabelle seguenti sono riportati due brevi elenchi dei microrganismi e degli enzimi più comunemente responsabili del deterioramento degli alimenti.

**Tabella 6.3** MICRORGANISMI CAUSA DEL DETERIORAMENTO DEGLI ALIMENTI

|  |  |
| --- | --- |
| **ALIMENTI** | **MICRORGANISMI** |
| latte e derivati | Streptococchi, Lattobacilli, Microbacterium, Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium , Bacilli |
| carni fresche | Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium, Micrococchi, Penicillium |
| carne affumicata o tritata | Micrococchi, Lattobacilli, Streptococchi, Debaryomyces, Penicillium |
| pesce e molluschi | Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium, Micrococcus |
| uova | Pseudomonas, Cladosporium, Penicillium, Sporotrichum |
| vegetali | Penicillium, Rhizopus, Lattobacilli, Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium |
| frutta e succhi di frutta | Saccharomyces, Torulopis, Botrytis, Penicillium, Rhizopus, Acetobacter Lattobacilli |

**Tabella 7.4** ENZIMI RESPONSABILI DELL’ALTERAZIONE DEGLI ALIMENTI

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ENZIMA** | **REAZIONE CATALIZZATA** | **EFFETTO SULLA QUALITÀ** |
| Acilidrolasi lipolitiche (lipasi, esterasi, ecc.) | idrolisi dei lipidi | rancidità idrolitica (sapore tipo «sapone») |
| Lipoossigenasi | ossidazione degli acidi grassi polinsaturi | rancidità ossidativi |
| Perossidasi/ catalasi | ossidazione degli acidi grassi saturi | sapore anomalo |
| Proteasi | idrolisi delle proteine | sapore amaro |
| Amilasi | idrolisi dell’amido | intenerimento/diminuzione di viscosità  |
| Pectinmetilesterasi | idrolisi delle pectine ad acido peptico e metanolo | intenerimento/diminuzione di viscosità |
| Poligalatturonasi | idrolisi dei legami 1-4 glucosidici dell’acido pectico | intenerimento/diminuzione di viscosità |
| Acido ascorbico ossidasi | ossidazione dell’acido L-ascorbico | perdita di vitamina C |
| Tiaminasi | idrolisi della tiamina | perdita di tiamina |

**7.6** **TECNICHE DI CONSERVAZIONE**

**7.6.1 INTRODUZIONE**

Le strategie fondamentali utilizzate dall’industria alimentare per affrontare le problematiche della conservazione degli alimenti sono sostanzialmente 3:

* ridurre il numero dei microbi e degli enzimi (pastorizzazione, sterilizzazione, aggiunta di conservanti,…);
* creare le condizioni disagiate al fine di ostacolare la crescita microbica e ridurre l’attività enzimatica (refrigerazione, congelamento, surgelazione, acidità, concentrazione, essiccazione,…);
* evitare il contatto di agenti chimici o chimico-fisici potenzialmente alteratori (sotto vuoto, atmosfera modificata, assenza di luce, …).

Si usa distinguere i prodotti conservati in 3 categorie, in funzione della intensità delle metodologie applicate e delle conseguenti modificazioni organolettiche, strutturali e nutrizionali subite.

* *Conserve*. Si tratta di prodotti confezionati in contenitori diversamente ermetici che hanno durate anche notevoli a temperatura ambiente o alle basse temperature come i prodotti sterilizzati, congelati, essiccati, liofilizzati, concentrati o addizionati di conservanti.
* *Semiconserve.* Si tratta di prodotti stabilizzati agendo sulle medie temperature o sull’impiego di tecnologie comunque poco distruttive. Hanno durata inferiore rispetto alle conserve. Le tecniche applicate sono la pastorizzazione, la refrigerazione, la conservazione sotto vuoto o in atmosfera modificata o controllata.
* *Prodotti trasformati.* Si tratta di prodotti che hanno subito un una serie di trattamenti tecnologici che hanno prodotto profonde modifiche delle loro caratteristiche originarie: alimenti prosciugati, salati, stabilizzati, stagionati.

**7.6.2 TECNICHE DI CONSERVAZIONE MEDIANTE L’IMPIEGO DEL CALORE**

Il raggiungimento di temperature idonee alla distruzione totale o parziale di agenti alteratori quali i microbi e gli enzimi è indubbiamente il sistema più semplice, collaudato ed efficace, in grado di garantire, se fatto bene, salubrità e conservabilità di prodotti animali e vegetali altrimenti deperibili. Per questo, la portata del trattamento termico, sia in termini di livello di temperatura raggiunto che del tempo di trattamento, stanno alla base della sperimentazione tecnologica. Temperatura e tempo sono fondamentali per il raggiungimento degli obiettivi di durabilità e di mantenimento delle proprietà organolettiche e nutrizionali dell’alimento trattato termicamente. I 2 parametri citati sono scelti in funzione del tipo di alimento, della sua composizione chimica e del grado di abbattimento microbico che gli si vuole dare per ottenere la durabilità desiderata. Aumentando la temperatura e/o il tempo di trattamento aumenta l’effetto distruttivo sui microrganismi, ma anche suoi principi nutritivi e su quelli che ne generano la gradevolezza.

In generale i fattori che determinano la resistenza al calore dei microrganismi sono:

* La intrinseca natura e resistenza del microbo. Ad esempio muffe e lieviti sono più resistenti dei batteri e tra questi ultimi i bacilli sono più resistenti dei cocchi;
* La composizione chimica dell’ambiente. L’alta acidità (basso pH) aumenta la resistenza al calore. I grassi proteggono i microbi dall’effetto termico. Lo stesso effetto, ma in misura minore è garantito da zuccheri,proteine e sale. Anche il basso contenuto di acqua favorisce la termoresistenza microbica;
* Il tempo di contatto con l’agente riscaldante. In questo senso si parla di tempo di moria termica (TDT – thermal death time) che rappresenta il tempo necessario per uccidere un microrganismo ad una determinata temperatura ed in particolari condizioni.

È pertanto evidente che per i prodotti nei quali il rischio maggiore è costituito dalla presunta presenza di batteri patogeni si devono scegliere delle condizioni speciali e controllate di trattamento. Si è verificato ad esempio che:

* nel latte crudo a 72°C per 15 secondi si inattiva il micobatterio tubercolare;
* nei prodotti d’uovo a 66°C per 2 minuti si inattivano le salmonelle;
* nelle conserve vegetali non sufficientemente acide, (pH superiore a 4,5) a 121°C per 3 minuti si inattivano le spore del botulino.

Per ogni alimento di origine animale o vegetale si conoscono con ottima precisione le temperature ed i tempi di trattamento necessari per arrivare agli obiettivi di qualità igienica, nutrizionale ed organolettica testè citati.

In questo ambito la tecnologia è arrivata ad un compromesso per soddisfare contemporaneamente l’aspetto sanitario mediante l’eliminazione del rischio, quello nutrizionale, quello organolettico e, non ultimo, quello commerciale tramite la garanzia di una giusta durabilità dell’alimento messo in vendita.

Le tecniche utilizzate si basano sui principi della pastorizzazione e della sterilizzazione.

**Tabella 7.5** esempi di tempo di moria termica

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **MINUTI** | **TEMPERATURA IN °C** |
| **MICRORGANISMI** | *Escherichia coli* | 20-30 | 57 |
| *Lactobacillus bulgaricus* | 30 | 71 |
| *Salmonella tyiphosa* | 4,3 | 60 |
| *Stapyilococcus aureus* | 18,8 | 60 |
| *Streptococcus thermophilus* | 15 | 70-75 |
| **SPORE** | *Bacillus antracis* | 1,7 | 100 |
| *Bacillus subtilis* | 15-20 | 100 |
| *Clostridium botulinum* | 100-330 | 100 |
| *Clostridium calidotolerans* | 520 | 100 |

**PASTORIZZAZIONE**

Si utilizza una temperatura di lavoro compresa tra 60°C e 85°C per un tempo che va da pochi secondi a qualche minuto, in funzione dell’alimento da trattare. A questi livelli si inattivano tutti i microrganismi patogeni e si riduce l’attività enzimatica e la carica microbica dei saprofiti, ma non si distruggono le spore.

Dal punto tecnologico si parla di pastorizzazione bassa quando è fatta tra 60 e 65°C per circa 30 minuti (vino, birra, latte per caseificazione), di pastorizzazione alta quando è fatta tra 70 e 75°C per 2-3 minuti (latte) e di pastorizzazione rapida (HTST high temperature short time) quando è fatta tra 75 e 85°C per 15-20 secondi.

Per controllare l’efficacia del trattamento termico vengono utilizzate diverse tecniche, a seconda dell’alimento pastorizzato. Nel caso del latte ad esempio, si ricorre alla prova della fosfatasi, la cui negatività garantisce l’efficacia del trattamento termico e della salubrità dell’alimento. Dopo il trattamento termico, i prodotti sono da conservare in ambiente frigorifero fino al consumo, che deve avvenire entro pochi giorni. Associando alla pastorizzazione il confezionamento sotto vuoto la durata commerciale dei prodotti è maggiore.

**SCOTTATURA (BLANCHING)**

Molti prodotti, prima di essere inscatolati o conservati al freddo, vengono sottoposti ad un trattamento preliminare di scottatura con acqua calda o vapore; ciò è fatto per consentire un lavaggio, una riduzione della carica microbica superficiale, una diminuzione del loro volume per assicurare la completa riempitura dei contenitori, la rimozione di eventuali odori e sapori sgradevoli e la inattivazione di certi enzimi, specie quelli che presiedono alle modificazione del colore e della consistenza del vegetale. Il blanching, pur non costituendo una tappa fondamentale del processo di confezionamento di un alimento, influisce spesso in maniera anche rilevante sulla qualità e sul suo valore nutritivo, assicurando pure una maggiore durata dei principi nutritivi termolabili, come ad esempio la vitamina C e la B2.

**STERILIZZAZIONE**

Consiste nel sottoporre il prodotto ad un riscaldamento fra i 120 -150° C per un tempo che va da pochi secondi fino a qualche minuto, in funzione del tipo di alimento da trattare. Similmente alla pastorizzazione, dal punto di vista tecnologico si parla di sterilizzazione classica o appertizzazione quando si lavora a 100-120°C (effettuata su alimenti inscatolati in bagno aperto o in autoclave), di UHT indiretto lavorando a 140-150°C (impiego di scambiatori di calore), di UHT diretto lavorando a 140-150°C tramite iniezione di vapore surriscaldato sull’alimento nebulizzato.

Con questa tecnica vengono uccisi tutti i microrganismi, inattivate le spore e denaturati tutti gli enzimi che pertanto perdono la loro efficacia.

La prima applicazione della tecnica di sterilizzazione risale al 1800 con le sperimentazioni di Nicola Appert. Attualmente ha raggiunto un alto grado di specializzazione e di perfezionamento. Generalmente, la sterilizzazione viene praticata in autoclave su contenitori metallici previamente riempiti e sigillati. Fa eccezione il latte UHT che viene prima sterilizzato e poi confezionato in ambiente asettico.

Nella scelta della temperatura di lavoro e del tempo di permanenza alle alte temperature una importanza preminente è data dalla acidità naturale dell’alimento da sterilizzare. Alimenti acidi, con pH fino a 4,5, quali agrumi, prugne, fichi, ananas e pomodori, non richiedono temperatura superiori a 100°C per 8-16 minuti di trattamento per garantire un efficace risultato. Alimenti non acidi, quali soprattutto carni, pesce, vegetali, nei quali possono essere presenti le pericolose spore del Cloristridium botulinum, richiedono invece un trattamento almeno per la stessa durata di tempo, ma temperature di lavoro più alte, fino ai 140°C.

Gli alimenti sterilizzati vengono definiti come prodotti a lunga conservazione; possono essere distribuiti e conservati a temperatura ambiente.

Questo trattamento termico può modificare le strutture di alcuni componenti dell’alimento, quali proteine e vitamine, conferendo a volte (es. latte) un sapore caratteristico, ma anomalo ed a volte anche poco gradevole.

**7.6.3 CONSERVAZIONE CON IL FREDDO**

L’abbassamento della temperatura rallenta o arresta le attività enzimatiche e quelle vitali delle cellule e quindi anche dei microrganismi, senza però ucciderli.

Fra questi trattamenti troviamo la refrigerazione, il congelamento e la surgelazione.

**REFRIGERAZIONE**

Consiste nel raffreddare il prodotto ad una temperatura al di sopra del punto di congelamento dell’acqua, normalmente tra 0°C e +5°C. In queste condizioni le attività microbiche ed enzimatiche vengono rallentate, garantendo all’alimento una buona stabilità. Per la produzione del freddo si impiegano attrezzature (frigoriferi, celle frigorifere, abbattitori di temperatura) che sfruttano il calore estratto nel processo di evaporazione da un liquido volatile ad alto contenuto di calore di evaporazione (ammoniaca, anidride carbonica, anidride solforosa, metano, cloro). Questa tecnica di conservazione “mild” ha assunto uno sviluppo enorme in concomitanza con le modificate abitudini sociali degli italiani. Si è passati dai semplici frigoriferi di uso domestico, alle celle frigorifere, ai banchi frigo per la conservazione di alimenti esposti al pubblico, alle grandi celle per la conservazione di enormi quantità di frutta, ai frigoriferi per la conservazione di prodotti di servizio (pronti per la lavorazione o per la cottura) o dei prodotti pronti da riscaldare (ready to heat) o da mangiare (ready to eat).

**CONGELAMENTO E SURGELAZIONE**

Gli alimenti *congelati* vengono portati ad una temperatura che va da -12°C a-20°C.

Questa tecnica non è regolamentata da nessuna norma nazionale. Viene invece citata occasionalmente ed in forma molto generica dall’allegato II, cap. IX, punto 6 del Reg. (CE) n. 852/04 nel quale si fa riferimento alla necessità di raffreddare il più velocemente possibile. L’allegato prevede infatti che “se i prodotti alimentari devono essere conservati alle basse temperature è necessario raffreddarli ad una temperatura che non provochi rischi per la salute, vale a dire il più rapidamente possibile al termine del trattamento termico o dell’ultima fase di preparazione se non è applicato un trattamento termico immediatamente prima l’operazione di congelamento”. È da rilevare che il termine “congelamento” è presente solo in Italia. Negli altri stati della CE si parla di “refrigerazione alle basse temperature”.

In generale gli alimenti congelano in un ambito di temperatura piuttosto ampio, sebbene il punto di gelo sia identificabile ad una temperatura ben definita. Ciò si deve al fatto che l’acqua degli alimenti si trova in due principali stati, generalmente indicati come acqua «libera» e acqua «legata». L’acqua «libera» presenta le proprietà fisiche e chimiche dell’acqua liquida e congela in funzione della concentrazione dei sali disciolti (abbassamento crioscopico), mentre l’acqua «legata» congela ad una temperatura considerevolmente inferiore. Per questo, nel caso del congelamento, c’è la necessità di arrivare a temperature decisamente molto più basse del punto di gelo (cioè dell’inizio della formazione di cristalli di ghiaccio) per ottenere praticamente il completo congelamento dell’acqua. D’altra parte, nel caso del congelamento, la sottrazione del calore è sempre lenta, date le grandi dimensioni degli alimenti congelati e ciò contribuisce alla formazione di grossi cristalli di ghiaccio con conseguenti ripercussioni dannose verificabili dopo lo scongelamento. I tipici effetti negativi sono: modifica della normale consistenza, essudazione di liquido, perdita di nutrienti (proteine e vitamine idrosolubili, sali minerali) e facilitata proliferazione microbica. Ciò si deve ai grossi cristalli formatisi nelle fasi di abbassamento lento della temperatura che provocano lesioni delle pareti cellulari e incompleto riassorbimento dell’acqua scongelata da parte del protoplasma delle cellule.

La conservazione degli alimenti tramite la *surgelazione* è invece normata dal D.Lgs. 27 gennaio 1992 n°110. A differenza del processo di congelamento è una speciale tecnica di abbassamento della temperatura che permette di superare, con la rapidità necessaria in funzione della natura del prodotto, la zona di cristallizzazione massima del prodotto stesso e di far sì che la temperatura dell’alimento, in tutti i suoi punti, dopo la stabilizzazione termica, sia mantenuta ininterrottamente a valori pari o inferiori a -18°C. Le aziende che intendono applicare la tecnica della conservazione per surgelazione devono essere in possesso di specifica autorizzazione dall’Autorità Sanitaria. Inoltre gli alimenti surgelati devono essere sempre venduti in confezione a differenza di quelli congelati che sono invece conservati avvolti in apposito “involgente protettivo” per evitare contaminazioni durante il trasporto o la conservazione.

Gli alimenti surgelati sono pertanto quelli venduti nei negozi di vendita dei prodotti alimentari, mentre gli alimenti congelati sono quelli conservati nei congelatori di casa o delle aziende di trasformazione o di somministrazione.

Recentemente si concede la vendita allo stato sfuso di alimenti surgelati, anche tramite la tecnica del libero servizio, alla condizione che il punto vendita sia autorizzato dal Servizio Veterinario, il quale verifica lo stato di igiene e la corretta applicazione del Piano di Autocontrollo.

Per ulteriore chiarezza, in estrema sintesi, si può dire che la surgelazione è una tecnologia applicata solo da ditte specializzate ed opportunamente autorizzate allo scopo. Il prodotto surgelato può essere commercializzato solo se confezionato. Il congelamento degli alimenti può invece essere fatto in casa o nei laboratori di trasformazione delle materie prime, non si presenta mai confezionato; non deve essere autorizzata l’operazione di congelamento, ma detta operazione è “eventualmente accettata” dagli organi di controllo nell’ambito della corretta applicazione del sistema HACCP.

Dal confronto tra le 2 tecniche di conservazione, congelamento e surgelazione, si evidenzia innanzitutto che, dal punto di vista della qualità del prodotto finale sono molto importanti le dimensioni dei cristalli di ghiaccio. Se la penetrazione del freddo è rapida, come avviene nella surgelazione, i cristalli di ghiaccio risultano assai più piccoli di quelli presenti nei congelati e ciò comporta la minimizzazione delle problematiche di qualità del prodotto scongelato riportate nel caso del congelamento. Sia con la congelazione che con la surgelazione l’attività dei microrganismi e degli enzimi viene comunque bloccata con la stessa efficacia. I microrganismi, benché inattivi, sono però pronti a riprendere la loro moltiplicazione quando le condizioni di temperatura tornano favorevoli.

Per la qualità dei generi congelati e surgelati ha pure una notevole importanza il mantenimento del contenuto in acqua; deve pertanto essere accuratamente evitata la perdita per sublimazione nel corso di prolungati periodi di conservazione. A questo scopo buoni risultati si ottengono imballando i generi surgelati con polietilene o cryovac.

Per il mantenimento delle qualità del prodotto surgelato o congelato risulta fondamentale il mantenimento della catena del freddo. Il prodotto non deve essere esposto a sbalzi di temperatura, ma deve essere conservato costantemente ad almeno -18°C nel caso dei surgelati oppure in condizioni di temperatura tale da evitare la fusione del ghiaccio nel caso degli alimenti congelati. In entrambi i casi se la temperatura del surgelato o del congelato s’ innalza fino a -6 gradi, l’aspetto dell’alimento non cambia ma cominciano ad attivarsi processi enzimatici e microbici che portano al deterioramento del prodotto, se pur lento.

**ABBATTITORI DI TEMPERATURA**

A completamento delle tecniche di conservazione degli alimenti con l’impiego delle basse temperature, si accenna all’uso degli abbattitori di temperatura. Si tratta di frigoriferi o frigoriferi/congelatori ad alta efficienza che garantiscono un abbassamento veloce della temperature a partire da 80°C-90°C. In tal modo viene superato velocemente l’intervallo di temperatura compreso tra 50°C e 10°C; ciò consente di ridurre al minimo la proliferazione microbica all’interno di questo critico intervallo. La temperatura di arrivo può essere quella da frigorifero o quella da congelatore a seconda del tipo di abbattitore scelto che è in funzione della tipologia di alimento e esigenze operative del somministratore. Con questa tecnica è possibile raffreddare alimenti già porzionati e caldi per poter essere somministrati anche dopo qualche giorno, senza rischio di intossicazioni, previo riscaldamento al momento della somministrazione. Con l’uso dell’abbattitore vengono segnalati anche considerevoli miglioramenti nella consistenza, nella morbidità e nella struttura di prodotti dolciari, dei gelati artigianali e di taluni tipologie di prodotti della gastronomia.

**7.6.4 SOTTRAZIONE DI ACQUA**

I microrganismi, per svilupparsi, hanno bisogno di tenori ben precisi di acqua presente all’interno dell’alimento; la disidratazione degli alimenti blocca la loro moltiplicazione, anche se non ne determina la loro distruzione. È per questo che, ripristinando poi la giusta umidità, i microrganismi si reidratano riprendendo ad accrescersi e a moltiplicarsi. Questa tecnologia va vista allora come un fattore non sterilizzante, ma batteriostatico.

L’industria, in genere, usa tre tecnologie diverse per togliere in parte o totalmente l’acqua: la concentrazione, l’essiccamento e la liofilizzazione.

**CONCENTRAZIONE**

È una tecnica di parziale sottrazione di acqua mediante evaporazione. In questo modo si applicano due principi simultanei di conservazione: l’effetto battericida del calore introdotto nell’alimento per evaporare e l’effetto batteriostatico, provocato dalla diminuita disponibilità di acqua da parte dei microrganismi. Un tipico trattamento di questo tipo si usa per la produzione del latte concentrato fino ad arrivare ad una diminuzione del volume a 2/3-1/2 del valore iniziale. L’evaporazione sotto vuoto si applica anche ai succhi di frutta per la produzione dei concentrati. La tecnica impiegata è in genere la concentrazione sotto vuoto a semplice, doppio o triplo effetto.

La semplice riduzione del contenuto di acqua non è spesso sufficiente ad assicurare la durata desiderata del prodotto; si rende a volte necessario ricorrere a trattamenti combinati, come l’impiego del calore o l’aggiunta di saccarosio nella produzione di latte concentrato e zuccherato.

**ESSICCAMENTO**

Si tratta di un in un processo di riscaldamento unito alla disidratazione. Può avvenire sfruttando l’energia dei raggi solari che provoca l’evaporazione dell’acqua unita alla loro azione disinfettante.

Le industrie invece adottano svariate tecniche in funzione della classe di alimenti da trattare con il calore. Si possono usare essiccatori (discontinui ad armadio o continui a tunnel) muniti di ventilatori che immettono aria calda, utilizzati ad esempio per verdure e frutta.

L'essiccazione e la polverizzazione del latte, dell’uovo, di concentrati proteici, del caffè, del the, dei succhi di frutta, dell’uovo avviene attraverso la le tecnica denominata “spray-drying, consistente nella spruzzatura e nebulizzazione del prodotto in particelle uniformi sospese in correnti d'aria ad elevata temperatura (100°C-250°C) dentro un'apposita camera di nebulizzazione. All’uscita, aria e prodotto secco in granuli escono a temperatura compresa tra 80°C e 100°C. In altri casi si crea un film di alimento liquido sparso sulla superficie esterna di un tamburo rotante, all’interno del quale avviene il riscaldamento con vapore che provoca l’evaporazione dell’acqua.

Tecniche assai efficaci sono l’evaporazione effettuata sotto vuoto a 1 o più effetti come è il caso della concentrazione delle polpe di pomodoro.

**LIOFILIZZAZIONE**

È chiamata anche crioessiccamento o freeze drying. Si tratta di un processo di disidratazione per sublimazione che avviene in due fasi:

* congelamento rapido del prodotto fino anche a -50°C;
* si elimina il ghiaccio mediante leggero riscaldamento e contemporanea evaporazione diretta sotto vuoto provocando la sublimazione del ghiaccio (passaggio di stato da ghiaccio a vapore;

tutto quanto mantenendo la temperatura del processo di sublimazione al di sotto del punto triplo che per il sistema acqua-ghiaccio-vapore è 0°C e 609 Pascal. Nella realtà, in assenza di acqua pura ed in presenza di soluzioni alimentari più o meno concentrate si lavora a -20°C e 133 Pascal. Con questa tecnologia, a differenza della normale essiccazione per evaporazione dell’acqua, viene garantita la completa preservazione delle caratteristiche organolettiche e nutrizionali dell’alimento trattato. La liofilizzazione viene a tutt’oggi applicata ai cibi cotti o crudi, liquidi o solidi, purché di dimensioni ridotte. Prima del loro consumo diretto o utilizzo come ingredienti di altri alimenti vengono generalmente ricostituiti per aggiunta dell’acqua che era stata sottratta dal processo di liofilizzazione. Questa tecnica è molto costosa perché impiega una elevata quantità di energia e materiali di costruzione delle apparecchiature di rande qualità. Pertanto è applicata per la essiccazione di alimenti di pregio (caffè, succhi di frutta, carni,…) o alimenti destinati ad una alimentazione particolare.

Le principali caratteristiche dei prodotti liofilizzati sono una notevole riduzione del peso rispetto a quello iniziale, una lunga conservabilità senza consumo ulteriore consumo di energia o di altre tecniche di conservazione il riottenimento delle caratteristiche iniziali pressoché completa ed infine una elevata stabilità nel tempo purché conservati in contenitori ermeticamente chiusi ed al riparo dell’umidità.

**7.6.5** **SOTTRAZIONE DI ARIA**

La mancanza di aria inibisce la crescita dei microrganismi aerobici con conseguente rallentamento della velocità di alterazione degli alimenti. Detto trattamento è definito di tipo batteriostatico perché blocca, ma non uccide, i microrganismi. L'ossigeno è pure un elemento indispensabile in alcune fondamentali **reazioni enzimatiche alterative; il** vuoto pertanto rallenta o inibisce anche molte attività enzimatiche alterative (specialmente quelle a carico dei grassi) moltiplicando la durata degli alimenti. Un altro vantaggio di questa operazione è il mantenimento di una umidità interna all’alimento costante; ciò rappresenta un fatto positivo per tutti quei cibi che si deteriorano nel momento in cui acquistano o cedono umidità (biscotti, frutta secca, prodotti da forno, formaggi, salumi, ecc.).

Gli alimenti conservati sottovuoto non subiscono il cosiddetto ***freezer burning*,** ovvero la sublimazione dell'acqua superficiale (passaggio dell'acqua dallo stato solido a quello di vapore), che porta alla disidratazione superficiale dell’alimento, penetrazione dell'ossigeno negli spazi lasciati vuoti dall'acqua che è evaporata e alterazioni del gusto e del colore a causa dell'ossidazione provocata dall'ossigeno.

I microrganismi anaerobi presenti in un alimento continuano nella loro azione di moltiplicazione e di alterazione dell’alimento. Pertanto il sottovuoto non è una tecnica risolutiva. È per questo che deve essere associato ad altri procedimenti conservativi quali la pastorizzazione, l’aggiunta di additivi conservanti, la concentrazione, la microfiltrazione o altro per eliminare o evitare lo sviluppo di microrganismi patogeni anaerobi (*Clostridium botulinum* e *Clostridium perfringens*).

Riportiamo di seguito esempi di applicazione della tecnica di conservazione sottovuoto che deve essere sempre associata alla conservazione in frigoriferi efficienti:

* carni fresche e pesce fresco (durata anche di 5 giorni);
* caffè (alcuni mesi. Questa tecnica è fondamentale per il mantenimento del suo aroma e per evitare l’irrancidimento delle cere);
* formaggi freschi (durata fino a 2 settimane);
* formaggi semistagionati (durata fino a 3 mesi);
* formaggi stagionati (durata fino a 6 mesi), salumi (durata 4-6 mesi);
* affettati (durata alcuni giorni);
* prodotti secchi come la frutta oleosa, i grissini, i crackers (durata alcuni mesi);
* frutta e verdura (durata 5-7 giorni);
* conserve tipo maionnese, salse, marmellate, confetture, composte (durata molti mesi);
* alimenti cucinati (durata 2 settimane);
* alimenti congelati (durata molti mesi).

**USO DELL’ATMOSFERA CONTROLLATA E DELL’ATMOSFERA MODIFICATA E DELL’ALCOL ETILICO**

Molti alimenti si conservano se sono avvolti da una atmosfera non ideale per la moltiplicazione microbica. Possono essere costruite le seguenti 3 situazioni.

* *Atmosfera controllata*: si sostituisce l’ossigeno dell’aria, altamente reattivo, con gas inerti quali azoto, argon e/o anidride carbonica. Quest’ultimo gas, oltre che meno alterante dell’ossigeno ha anche un leggero effetto acidificante sulla parte superficiale dell’alimento, con riduzione dell’attività microbica e aumento conseguente della stabilità del prodotto. In genere si lavora con queste concentrazioni: azoto 92-95%, anidride carbonica 2-4% ossigeno 3-4%. In particolare l’*azoto* inibisce le fondamentali proteasi, lipasi e decarbossilasi, l’*anidride carbonica* per la sua azione acidificante sulla superficie degli alimenti preserva la clorofilla, la maturazione, i danni da freddo. L’*ossigeno* infine ha azioni opposte: favorisce l’ossidazione della mioglobina delle carni e del beta-carotene dei vegetali, ma attiva e partecipa alle reazioni di degrado chimico ed enzimatico;
* *Atmosfera modificata - MAS*: si tratta di una tecnica che consiste nel favorire una debole fermentazione della parte zuccherina dell’alimento con produzione di anidride carbonica e alcol etilico e conseguente diminuzione dell’ossigeno. Questi 2 gas, sostituendosi anche in maniera parziale all’ossigeno dell’aria, favoriscono una maggiore durata dell’alimento per i seguenti 2 effetti: azione antisettica dell’alcol etilico e aumento dell’acidità superficiale, con conseguente leggero rallentamento dell’attività microbica per formazione di acido carbonico dalla reazione dell’anidride carbonica con l’acqua superficiale dell’alimento. Questa tecnica è applicata alle carni fresche conservate in bacinelle di plastica avvolte in un film di plastica impermeabile all’aria. Il substrato fermentante in questo caso è costituito dal glucosio residuo costituente il glicogeno.
* *Alcol etilico*: si tratta di aggiungere un vero e proprio composto ad azione conservante micromicida. Nel caso dei prodotti della panetteria o della pasticceria in confezione (pane da toast, merendine ecc.) il gas aggiunto a scopo antimuffa superficiale è costituito da alcol etilico che, non essendo considerato un additivo, ma un normale ingrediente, nella sua menzione in etichetta non deve essere preceduto da nessuna categoria di appartenenza del tipo: conservante o antiossidante (vedi capitolo additivi).

I gas elencati sopra vengono definiti *gas di imballaggio* quando sono immessi nel contenitore prima o dopo avervi introdotto l’alimento oggetto della vendita.

**7.6.6 ALTRE TECNICHE**

**MICROFILTRAZIONE – ULTRAFILTRAZIONE - IPERFILTRAZIONE**

I microrganismi possono essere allontanati da un liquido per filtrazione impiegando filtri che siano in grado di trattenerli. I primi filtri sterilizzanti furono costruiti da Pasteur nel 1884 operando con una miscela di sabbia, quarzo e caolino. Attualmente vengono impiegate opportune membrane filtranti in cellulosa o in fibra di resine la cui composizione è in continuo sviluppo. Presentano dei fori di dimensioni uniformi con diametro ridottissimo, dell’ordine di alcuni micron; tutte le particelle ed i microrganismi con diametro superiore a quello dei fori del filtro vengono trattenute sulla superficie e, se la cattura microbica è totale, il filtrato risulta sterile.

Nello specifico si parla di microfiltrazione quando la matrice filtrante ha dei fori di diametro compreso tra 0,5 e 10 micron e, come detto agisce sulla cattura dei germi. Con l’ultrafiltrazione si lavora con filtri provvisti di fori del diametro compreso tra 0,005 e 0,5 micron; con questa tecnica è possibile catturare macromolecole. Gli ioni vengono trattenuti con l’iperfiltrazione che lavora con filtri i cui fori sono compresi tra 0,0001 e 0,01 micron.

**USO DELLE RADIAZIONI**

Hanno effetto germicida le radiazioni ultraviolette, i raggi alfa, beta e gamma. Le radiazioni ultraviolette (UV) emesse alla particolare lunghezza d’onda di 2.537 Angstrom, equivalente a 253,7 nanometri, esercitano un’efficace azione battericida, a causa del loro assorbimento da parte delle basi nucleiche e della contemporanea azione catalitica sull’ossigeno dell’aria con produzione di un potente battericida: l’ozono.

La tecnica è molto delicata e pericolosa sia per gli operatori che sugli alimenti irradiati. Attualmente in Italia è permesso l’uso diretto sugli alimenti delle onde radio (forni a microonde), delle onde infrarosse (usate per la cottura degli alimenti) e delle radiazioni gamma limitatamente a scopo antigermogliante per le patate, l’aglio e le cipolle. Le altre radiazioni non sono consentite.

**IMPIEGO DELLE MICROONDE**

L’acqua per effetto della differenza di elettronegatività esistente tra l’ossigeno e l’idrogeno, risulta essere un dipolo con una parziale carica positiva sui due atomi di idrogeno ed una parziale carica negativa sull’atomo di ossigeno. Una situazione pressoché analoga si manifesta anche tra gli atomi di idrogeno e di ossigeno di una molecola di un qualsiasi carboidrato (glucosio, fruttosio, saccarosio, ecc).

Le microonde hanno la capacità di far vibrare detti dipoli. L’attrito che si esercita tra queste molecole si trasforma in calore con conseguente aumento delle temperatura del mezzo (alimento) contenente acqua. È questo il principio scientifico sfruttato dai forni a microonde per il riscaldamento e la cottura degli alimenti. Maggiore è l’umidità dell’alimento più veloce sarà il suo riscaldamento. Recipienti in vetro, in porcellana, in acciaio, in alluminio ecc., non contenendo acqua, non si riscaldano per effetto delle microonde, anche se c’è un lento riscaldamento del recipiente dovuto al calore diffuso da parte dell’alimento riscaldato.

Allo stato attuale della ricerca (e valutando anche la bassa energia trasportata dalle microonde) non sono stati evidenziati particolari pericoli nell’uso dei forni a microonde, a parte la possibilità di locali riscaldamenti su parti del corpo umano colpite da una fascia di radiazioni in forni difettosi.

I forni a microonde, che attualmente trovano grande impiego anche a livello domestico, sono comunque da utilizzare prevalentemente per riscaldare gli alimenti o per scongelarli rapidamente.

È da tenere presente che, nella cottura, non sempre il calore viene prodotto in maniera uniforme, se si tratta di alimenti che hanno una diversa distribuzione di acqua al loro interno.

Una particolare raccomandazione deve infine essere fatta nel caso del riscaldamento del latte nei biberon per lattanti. Il latte, infatti, raggiunge velocemente una elevata temperatura, mentre il vetro no; questo ha provocato incidenti anche molto gravi in bambini scottati dal latte bollente in un biberon scaldato in un forno a microonde, con il vetro del contenitore ancora tiepido e manipolabile.

**7.6.7** **CONSERVAZIONE CON MEZZI CHIMICI**

I prodotti utilizzati per conservare gli alimenti sono molteplici. Alcuni sono di uso antichissimo ed agiscono attraverso meccanismi molto differenti. Tra i più antichi vanno ricordati:

* “il sale”, che sottraendo acqua alle cellule microbiche, crea un ambiente sfavorevole alla maggior parte dei microrganismi e si usa principalmente per carni, pesci, insaccati, formaggi;
* “lo zucchero” che a percentuali del 60-65% rende difficile l’attività microbica, come avviene nelle marmellate, nella frutta candita, nelle gelatine di frutta;
* “l’olio” che agisce in quanto elimina il contatto con l’aria ma non distrugge i microrganismi presenti per cui va associato ad altre tecniche come la cottura (es. tonno) o l’acidificazione (es. ortaggi);
* “l’aceto” nel qual caso è l’acidità realizzatasi che ostacola la moltiplicazione microbica.

Molti alimenti contengono naturalmente delle sostanze conservanti, che evitano un loro veloce degrado. Riportiamo alcuni esempi:

* gli oli essenziali e gli acidi organici nelle spezie;
* le lattenine nel latte;
* il lisozima nell’uovo;
* l’acido citrico negli agrumi;
* l’acido benzoico in alcune varietà di mirtilli;
* l’acido sorbico nelle mele cotogne.

L’industria alimentare sfrutta l’azione conservante di alcune sostanze chimiche. Esse sono chiamate “additivi conservativi” e sono trattate in altra parte del testo.

**7.7 FRESCHEZZA, MILD TECHNOLOGIES E TEORIA DEGLI OSTACOLI**

Il consumatore pretende sempre più frequentemente *alimenti freschi che rimangano tali per molti giorni.*

A livello intuitivo, per freschezza di un alimento, si intende il mantenimento delle sue caratteristiche simili a quelle presenti nel momento in cui è stato raccolto o prodotto. Freschi sono allora l’uovo appena deposto, la fetta di un prosciutto stagionato da due anni appena viene affettato, lo yogurt appena finita la fermentazione lattica. Il latte crudo invece, se pastorizzato una sola volta è materia prima per ottenere il latte definito *fresco*, ma se lo stesso latte crudo viene pastorizzato più volte o addirittura sottoposto a trattamenti termici più invasivi come i sistemi UHT e similari, non può più essere definito fresco.

Tecnicamente e tecnologicamente invece, la freschezza trova un preciso riferimento nella shelf life del prodotto che, generalmente, è legata alla carica microbica totale, ma anche alla sua struttura fisica, alla presenza di ossigeno, luce ed umidità. Per questo le nuove tecnologie sono necessariamente poco invasive, morbide, dolci e devono essere applicate con l’obiettivo di garantire un ben preciso concetto di freschezza.

Da tutto quanto detto si può pertanto azzardare una definizione in termini più scientifici ed obiettivi di prodotto fresco: prodotto “complesso” (carni e verdure, latte, paste e pesce, ecc.), con una bassa carica microbica totale, non ossidato, con assenza di patogeni e con caratteristiche organolettiche e nutrizionali confrontabili con il prodotto fresco non processato. In queste caso la sua shelf life (*o* durabilità) assumerà un significato ben preciso: in determinate condizioni di conservazione, la shelf life è l’intervallo di tempo entro il quale è comunque garantita la sicurezza dell’alimento; nel contempo il progredire dei singoli e inevitabili eventi alterativi dovranno determinare modificazioni impercettibili sul piano sensoriale.

Un singolo intenso trattamento conservativo però potrebbe essere fortemente distruttivo dei principi nutritivi e delle caratteristiche organolettiche di un alimento. Combinando invece diverse tecniche di conservazione, anche se in forma blanda, si abbattono (o si abbassano) i singoli ostacoli agendo in sequenza su più fattori alterativi: la crescita microbica, l’azione degli enzimi, l’alterazione chimico-fisica generata dall’ossigeno, dalla luce e dall’umidità; in tal modo si ridurranno fortemente gli effetti negativi di un unico drastico trattamento. è questo il concetto degli ostacoli.

Di seguito si riportano alcuni esempi applicati attualmente dall’industria conserviera.

* Nella produzione di salumi stagionati vengono stimolate le fermentazioni naturali provocate spontaneamente da microrganismi utili. Ciò avviene operando, innanzitutto, in condizioni di temperatura e umidità ambientali controllate aggiungendo, quindi, alimenti per microbi come dei carboidrati semplici (glucosio, saccarosio, lattosio) e cloruro di sodio in concentrazione tale da abbassare il valore dell’acqua libera. In queste condizioni si determina la formazione di acido lattico, conseguente abbassamento del pH e sviluppo di microrganismi saprofiti che possano avere il sopravvento su quelli patogeni o su quelli particolarmente alterativi. Durante la stagionatura si ha pure una ulteriore riduzione dell’acqua totale del prodotto, quindi anche di quella libera e quindi selezione di microrganismi che guidano la stagionatura verso la perfezione.
* Anche nella produzione di prodotti vegetali sotto olio si interviene eliminando alcuni ostacoli alla corretta conservabilità del prodotto. Si aggiunge aceto che, oltre ad esercitare una azione micromicida diretta, determina una selezione dei germi per abbassamento del pH. Contemporaneamente si applica un trattamento termico modulando tempo e temperatura per garantire la distruzione di eventuali germi patogeni o spore del *Clostridium botulinum* eventualmente sopravvissuti. Il riempimento dei contenitori con olio elimina infine l’ultimo ostacolo alterativo costituito dai microrganismi aerobi.
* Conservazione di frutta e ortaggi. Un basso contenuto di ossigeno (3-4%) rallenta i processi di maturazione che sono ulteriormente ridotti in condizioni di basse temperature (0-3°C). Le tecniche di conservazione industriale della frutta appena raccolta non perfettamente matura sfruttano questi due fenomeni. Vengono impiegate grandi celle di conservazione mantenute alle basse temperature, sostituendo quasi interamente l’aria interna con azoto. Questa tecnica è diffusamente presente in zone a vocazione agricola per la conservazione delle mele come in Trentino Alto Adige, Veneto ed Emilia Romagna.

**7.8 EFFETTI DEI PROCESSI TECNOLOGICI SUI NUTRIENTI**

**7.8.1 EFFETTO ALTERATIVO DEL CALORE**

La stabilità dei nutrienti contenuti negli alimenti è determinata da diversi fattori tra i quali l’entità e la durata dell’impatto termico, la presenza di composti altamente reattivi, l’umidità ambientale, l’acidità, il pH degli alimenti e la presenza di ossigeno atmosferico.

Nel caso di processi termici e in particolare di quelli adottati nella preparazione dei cibi in scatola a livello industriale è stata messa in evidenza una sostanziale degradazione del contenuto vitaminico, anche se in misura largamente variabile a seconda del tipo di prodotto, come si può notare dai dati riportati nella tabella allegata, relativa alla perdita di vitamine in vari prodotti vegetali in scatola.

Anche la cottura degli alimenti in cucina, nelle attività di somministrazione, determina sensibili modificazioni del loro valore nutritivo, sia in senso positivo che in senso negativo. I dati disponibili sono tantissimi. Ad esempio, la letteratura riporta che, a seguito del trattamento di cottura in cucina si possono verificare fenomeni di denaturazione e gelatinizzazione a carico delle proteine e dei glucidi, che rendono molto spesso il prodotto più facilmente e rapidamente digeribile. Le modificazioni in senso negativo sono invece rappresentate dalla perdite di vitamine e sali minerali che raggiungono, in certi casi, livelli considerevoli.

Nel caso di alimenti di “origine animale”, il nutriente più labile è considerato essere la tiamina, le cui perdite sembrano essere maggiori nel caso delle carni brasate rispetto a quelle arrostite. Perdite inferiori si hanno a carico della riboflavina, della piridossina, della niacina e della vitamina B12.

**Tabella 7.6** stabilità di diversi nutrienti

|  |  |
| --- | --- |
| **NUTRIENTI** | **PERDITA MASSIMA CON LA COTTURA (%)** |
| VITAMINE | vitamina C | 100 |
| acido folico | 100 |
| inositolo | 95 |
| tiamina | 80 |
| niacina | 75 |
| riboflavina | 75 |
| biotina | 60 |
| tocoferolo | 55 |
| acido pantotenico | 50 |
| vitamina A | 40 |
| vitamina D | 40 |
| piridossina | 40 |
| carotene | 30 |
| cobalamina | 10 |
| colina | 5 |
| vitamina K | 5 |
| acido p-ammino benzoico | 5 |
| AMMINOACIDI ESSENZIALI | lisina | 40 |
| treonina | 20 |
| triptofano | 15 |
| isoleucina | 10 |
| leucina | 10 |
| metionina | 10 |
| valina | 10 |
| fenilalanina | 5 |
| ACIDI GRASSI ESSENZIALI |  | 10 |
| SALI MINERALI |  | 3 |

**Tabella 7.7** PERDITA DI TIAMINA E RIBOFLAVINA IN CARNE ARROSTO E BRASATA

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **TIPI DI CARNE** | **PERDITA DI TIAMINA %** | **PERDITA DI RIBOFLAVINA %** |
| ARROSTITA | BRASATA | ARROSTITA | BRASATA |
| bovino adulto | 30 | 68 | 9 | 32 |
| maiale | 28 | 58 | 19 | 27 |
| agnello | 37 | - | 18 | - |
| vitello | - | 57 | - | 25 |

Alcune alterazioni sono anche a carico di altri nutrienti, come le proteine (specialmente le sieroproteine), gli enzimi, e alcuni carboidrati. Una classica alterazione da riscaldamento eccessivo è definita come “reazioni di Maillard” o imbrunimento non enzimatico, che consiste essenzialmente in una degradazione degli zuccheri riducenti liberi (fruttosio, maltosio, maltotriosio e specialmente glucosio) per reazione con i gruppi amminici degli aminoacidi liberi o della matrice proteica. L’aminoacido maggiormente coinvolto è la lisina. In questo caso, si arriva alla formazione di un particolare composto denominato furosina, che rappresenta un parametro utilizzato come indice per la valutazione della entità del trattamento termico del latte pastorizzato e sterilizzato.

Essendo la lisina un aminoacido essenziale, si può anche avere una considerevole perdita complessiva del valore nutrizionale delle proteine a causa della ridotta presenza di detto aminoacido. Questo fatto avviene, ad esempio, nel caso del pane cotto a temperature eccessive o per tempi di cottura troppo lunghi. La perdita di lisina, nei prodotti da forno, per reazioni fra glucidi e aminoacidi può essere del 10-15%. Le reazioni di Maillard, oltre che dal calore sono influenzate anche dalla luce, da pH e dalla presenza di alcuni metalli come il rame, il ferro. Inoltre, queste stesse reazioni portano alla formazione di composti volatili, responsabili del piacevole aroma del caffè e del malto tostati, del pane ben cotto e così via.

Per gli alimenti di “origine vegetale”, la maggiore riduzione nel valore nutritivo si ha durante la cottura, essendo praticamente inalterati i contenuti in nutrienti durante le operazioni preparatorie di conservazione frigorifera e di lavaggio, se queste sono condotte in maniera appropriata. L’entità delle perdite di nutrienti con la cottura dipende dalla natura del mezzo di trasmissione del calore (acqua o grasso), dalla sua temperatura e dalla durata del trattamento. Le perdite più rilevanti di nutrienti durante la cottura di vegetali si hanno a carico delle vitamine idrosolubili, fra le quali la più studiata per la sua elevata reattività e solubilità in acqua è stata la vitamina C, spesso usata come indice dei cambiamenti avvenuti durante il trattamento termico. Il prolungamento del tempo di cottura (per esempio del 100%), produce perdite ulteriori del 5-20% a seconda del tipo di vegetale cotto, mentre l’innalzamento della temperatura di cottura da 100° a 116° C, corrispondenti alla cottura a vapore sotto pressione non modifica sensibilmente le perdite.

La quantità di acqua usata ha invece un effetto sulla perdita di vitamine idrosolubili, nel senso di un aumento con l’aumento della quantità di acqua impiegata. Esperienze condotte sulla vitamina C, in broccoli e fagiolini hanno evidenziato una perdita del 40% se bolliti in molta acqua (nel rapporto acqua/prodotto 4:1) e una perdita del 25% se bolliti in poca acqua (nel rapporto acqua/prodotto 1:1). Le perdite aumentano in maniera considerevole, fino alla quasi completa scomparsa della vitamina C, se l’alimento, una volta cotto, viene nuovamente scaldato, come è nel caso del riutilizzo degli alimenti avanzati il giorno prima.

I legumi secchi devono essere comunque cotti con molta acqua fredda e non salata per evitare il loro indurimento, mentre il pesce deve essere lesso nella minima quantità di acqua.

Nel caso della carne è diffusa l’errata convinzione che, per ottenere un buon bollito, sia necessario aggiungerla all’acqua già bollente, per consentire la coagulazione delle proteine superficiali, riducendo il passaggio dei nutrienti dall’interno verso l’esterno. Viceversa, si pensa che la carne deve essere aggiunta all’acqua fredda se si vuol ottenere un buon brodo. In realtà, verifiche e studi obiettivi hanno dimostrato che dopo circa 30 minuti di bollitura lo scambio tra acqua di cottura e componenti solubili della carne abbia raggiunto l’equilibrio e che a quel punto la temperatura iniziale dell’acqua sia assolutamente ininfluente per la qualità della carne e del brodo di cottura.

Per ovviare alla perdita di nutrienti si può usare la variante della cottura al vapore, meglio se sotto pressione, per diminuire il tempo di cottura e l’entità dell’alterazione dei nutrienti termolabili. Una cottura al vapore comporta sicuramente minori perdite di vitamine e sali minerali, anche se a volte è da preferire comunque la cottura in acqua per consentire l’eliminazione, nell’acqua di cottura, di alcuni componenti indesiderabili come i nitrati contenuti specialmente negli spinaci, carote, ecc.

Per problematiche “nitrati” vedi paragrafo 10.15.1.

**7.12.2 FRITTURE**

La prima alterazione dei grassi che si verifica in cottura è un processo idrolitico dei trigliceridi. Si formano acidi grassi e glicerolo, parte del quale, nel proseguo del riscaldamento, dà origine ad acroleina che è un’aldeide insatura, di odore acre e pungente, che esercita un’azione depressiva sul sistema nervoso centrale ed è particolarmente dannosa per il fegato sul quale ha un effetto congestionante. Le altre modificazioni chimiche importanti che avvengono negli oli usati per la frittura sono dovute a reazioni di ossidazione degli acidi grassi, con formazione di perossidi, idroperossidi e prodotti successivi di decomposizione, polimerizzazione e ciclizzazione, di aldeidi, chetoni, acidi organici, dimeri e trimeri dei gliceridi, epossidi, epossiesteri e altro. L’entità e il tipo delle trasformazioni subite dipende dalla temperatura raggiunta, dalla quantità di ossigeno disciolto nell’olio, dalla durata del trattamento, dalla tipologia del grasso impiegato e dal tipo di prodotto fritto. Molto importante è la durata e il numero di trattamenti, ma anche la presenza, all’origine, di sostanze conservanti (antiossidanti) che hanno la capacità di ritardare la decomposizione del grasso. Alcune di esse sono normalmente presenti nei grassi *non raffinati* –*vergini -* come le lecitine, tocoferoli, polifenoli e vitamina A e vitamina E. Detti *conservanti naturali* scompaiono completamente a seguito dei processi di raffinazione, come avviene per legge nel caso degli oli di semi e nel caso degli oli di oliva difettati o troppo acidi. Alcune sostanze antiossidanti possono essere aggiunte artificiosamente tramite l’impiego di additivi antiossidanti come la lecitina di soia, l’alfa-tocoferolo, il palminato di L-ascorbile, il butilidrossianisolo (BHA), il butilidrossitoluolo (BHT) ed i gallati di dodecile, ottile e propile. Fondamentale è comunque la tipologia del grasso impiegato. La parte satura dei grassi è più stabile della parte monoinsatura che a sua volta è più stabile della parte polinsatura. Pertanto dalla valutazione della composizione degli acidi grassi di un olio o grasso di frittura si può proporre la seguente sequenza di preferenza: molto stabile è l’olio di arachide, il grasso di palma e di cocco, meno stabile ma ancore adatto è l’olio di mais ad alto contenuto di acido oleico. Più instabili - e pertanto sconsigliati - sono gli oli di girasole, di vinacciolo, di mais ad alto contenuto di acido linoleico e di soia. Anche gli oli commercialmente dichiarati *per frittura* sono altrettanto consigliati allo scopo (e impiegabili solo per frittura). Sono ben stabili perché sono costituiti da una miscela di olio di arachide (stabile), grasso di palma o frazioni sature di oli vegetali (e perciò stabili); il tutto sciolto in olio di semi di mais o di girasole. Anche i grassi vegetali di cocco o di palma sono consigliati per frittura perché ricchi di acidi grassi saturi. L’olio di oliva, che contiene una parte preponderante di olio raffinato è mediamente stabile alla frittura perché contiene pochi acidi grassi saturi (inferiori al 2%), una elevata presenza di un acido grasso monoinsaturo di media stabilità (l’acido oleico) e una discreta presenza di acidi grassi polinsaturi (nell’intorno del 13%) di per se poco stabili. Nel caso dell’olio extravergine di oliva, la sua stabilità aumenta un poco, per la presenza (in quanto vergine) delle sostanze protettive naturali citate sopra che rallentano i fenomeni alterativi dovuti ai trattamenti alle alte temperature.

In generale, indipendentemente dal tipo di grasso impiegato è necessario porre attenzione ad alcuni accorgimenti per rallentare il processo alterativo durante la frittura: evitare temperature superiori a 180°C (utilizzare friggitrici con termostato), preparare l’alimento evitando, per quanto possibile, la presenza di acqua, evitare l’aggiunta dei sale e spezie che accelerano il processo alterativo, scolare il grasso in eccesso sull’alimento fritto o assorbirlo su carta assorbente a fine frittura, evitare tassativamente di aggiungere olio fresco (ricolmatura) che si altera molto velocemente, cambiare l’olio quando assume una tipica colorazione brunastra.

Esperienze condotte su fritture ripetute per 3 volte con una temperatura iniziale dell’olio di 200° C, hanno mostrato che il numero di perossidi (un parametro chimico che da un indicazione di alterazione del grasso) aumentava da 0,3 a 12 alla terza frittura (si tratta ancora tuttavia di valori che rientrano nel range normale) e che solo dopo la terza frittura si aveva un aumento della percentuale di polimeri presenti, dimostrazione di un avanzato deterioramento dell’olio. Dopo la terza frittura si sconsiglia assolutamente di riutilizzare l’olio.

Vedi anche paragrafo 12.14.6.