

GLI ALIMENTI

1. Caratteristiche degli alimenti

Gli **alimenti** sono materiali che "nelle loro forme naturali o variamente preparate vengono consumati per la nutrizione e il piacere". Gli alimenti hanno quindi un duplice valore:

- un **valore nutritivo** in quanto contengono le sostanze nutritive indispensabili per la sopravvivenza umana, compresa l'acqua che può essere considerata un alimento a tutti gli effetti. Sono elementi nutritivi, o **nutrienti**: proteine, carboidrati, grassi, sali minerali, vitamine
- un **valore edonistico** in quanto contengono molte ulteriori sostanze, spesso sconosciute, che soddisfano i sensi (gusto, olfatto, vista, tatto). Il vino o il caffè ad esempio hanno un certo valore nutritivo ma, indubbiamente, anche un forte valore edonistico, di soddisfazione del piacere personale: in una alimentazione equilibrata caffè e vino non sono indispensabili

La scelta di un alimento piuttosto che un altro dipende da molti fattori: motivazioni geografiche, etniche o tradizionali, religiose, stagionali, socioeconomiche, ecc. In ogni caso gli alimenti devono soddisfare ben precisi **requisiti di qualità**, che i produttori devono raggiungere per venire incontro alle richieste dei consumatori e garantire il successo commerciale al prodotto.

Gli **alimenti industriali** devono soddisfare questi requisiti in modo uniforme tramite processi standardizzati, in modo da ridurre i costi, con produzioni elevate. Al contrario gli **alimenti artigianali**, prodotti in quantità medio-basse, pur essendo spesso di qualità più elevata dei prodotti industriali, non sempre hanno caratteristiche uniformi e ciò costituisce, in realtà, uno dei pregi di questi prodotti.

Esistono vari **parametri di qualità degli alimenti**: valore nutritivo, sicurezza, genuinità sono tra i più importanti.

1.1. Valore nutritivo

Grazie ad una crescente informazione, i consumatori sono sempre più consapevoli e quindi richiedono maggiori informazioni relative agli alimenti che acquistano. Ne risulta una crescente quantità di **informazioni nutrizionali** sul prodotto, riportate nell'etichetta della confezione: contenuto di proteine, grassi, carboidrati, sali minerali, vitamine di vario genere, ecc. Spesso la normativa vigente, molto ampia ed articolata nel campo alimentare per ovvie necessità di tutela della salute pubblica, indica quali informazioni riportare in etichetta.

Negli ultimi anni, oltre al contenuto dell'alimento, sono diventati importanti la biodisponibilità ed il valore biologico.

La **biodisponibilità** è la frazione di una sostanza nutritiva che viene assorbita effettivamente dall'organismo. Ad esempio il Fe negli spinaci è molto abbondante ma scarsamente assimilabile perché complessato stabilmente dagli ossalati presenti nella verdura; il complesso Fe-emoglobina presente nella carne è invece di rapida e quasi completa assimilazione.

Il **valore biologico** non è riferito solo al potere nutritivo dell'alimento in quanto tale ma tiene conto anche della presenza di determinati componenti. Ad esempio il valore nutritivo di un olio non dipende solo dal suo potere calorifico, cioè dalle kcal o kJ fornite nella sua digestione e assimilazione, ma anche dal tipo di acido grasso presente: acidi grassi essenziali, saturi o polinsaturi, ecc. che hanno una diversa digeribilità e diverse azioni metaboliche all'interno dell'organismo.

1.2. Sicurezza

Negli ultimi decenni la Chimica ha messo a disposizione dei produttori alimentari moltissime **sostanze chimiche di sintesi** con le azioni più svariate: conservanti, edulcoranti, coloranti, antimicrobici, ecc. E' indubbia l'utilità di tali sostanze come additivi degli alimenti: ad esempio è stato provato che la comparsa di determinate malattie era dovuta in passato alla degradazione batterica delle derrate alimentari; l'uso di agenti antimicrobici (acido acetilsalicilico, acido bórico, ecc.) ha consentito di eliminare tali problemi.

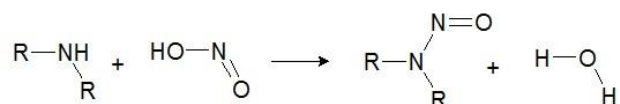
In campo microbiologico gli alimenti sono soggetti all'azione di batteri come la Salmonella o il Botulino, che sono in grado di liberare tossine spesso mortali; analoga è l'azione di funghi microscopici che utilizzano gli alimenti come un terreno di coltura e che possono produrre pericolose micotossine. L'uso di conservanti alimentari previene tutto ciò.

L'uso di additivi alimentari produce anche **rischi per la salute**, come hanno dimostrato numerose e lunghe indagini epidemiologiche: è stata ad esempio provata l'azione cancerogena di varie sostanze, in seguito messe fuori legge ma il problema è che la messa al bando delle sostanze pericolose avviene sempre dopo il loro uso, spesso prolungato per anni e a volte i dati sono controversi.

Gli alimenti possono contenere dei **contaminanti** sotto forma di **agenti tossici naturali** e **residui chimici** pericolosi. Molti vegetali contengono naturalmente sostanze tossiche o veri e propri veleni, basti pensare ai

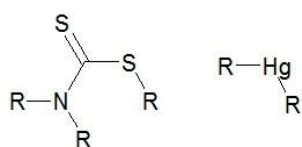
funghi velenosi. Oppure l'alimento può essere contaminato da residui chimici derivanti dal ciclo produttivo, agricoltura o allevamento, o dall'ambiente. Di seguito vengono descritti i principali contaminanti degli alimenti.

Nitrosammine: numerosi alimenti come le verdure contengono naturalmente un certo quantitativo di nitrati, che viene aumentato dall'uso eccessivo di fertilizzanti durante il ciclo produttivo. Anche gli insaccati contengono notevoli quantità di nitriti e nitrati, utilizzati come antiossidanti per fissare il colore rosso della carne e per impedire lo sviluppo del Botulino. Un contenuto eccessivo di azoto in forma di nitrato NO_3^- , che viene ridotto nell'organismo a NO_2^- dalla flora batterica della saliva, può provocare la formazione di nitrosammine cancerogene tramite la reazione di gruppi amminici con l'acido nitroso:



E' stato dimostrato che le nitrosammine si formano anche durante l'arrostimento e la frittura della carne, a spese dell'aminoacido prolina.

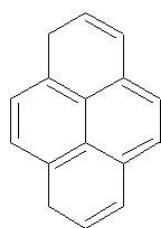
Pesticidi: fungicidi, erbicidi, insetticidi vengono largamente utilizzati per migliorare la produzione agricola. Ad esempio i fungicidi, utilizzati nella coltivazione delle verdure come la lattuga, sono costituiti da ditiocarbammati e da mercurio-organici ed hanno una elevata tossicità:



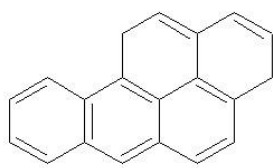
Possono essere assorbiti dall'alimento e concentrati nell'organismo umano nel tempo, soprattutto nei tessuti adiposi. Hanno una elevata persistenza e quindi poco metabolizzati ed espulsi; spesso sono dei cloroderivati, per i quali si sospetta una attività mutagena di danneggiamento del DNA cellulare.

Anabolizzanti e antibiotici: sono utilizzati nell'allevamento degli animali. Si tratta spesso di sostanze ormonali che possono interferire con il metabolismo umano o di veri e propri farmaci, utilizzati negli animali, con effetti imprevedibili nell'uomo.

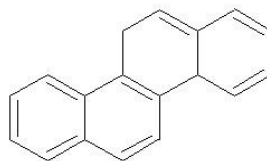
Idrocarburi aromatici policiclici (PAH): si tratta di idrocarburi costituiti da vari anelli aromatici condensati. I PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon) hanno attività cancerogena e si formano nella combustione delle sostanze organiche (inceneritori, ecc.) e come tali inquinano l'atmosfera depositandosi sugli alimenti, oppure si possono produrre durante l'essiccazione dell'alimento stesso, come ad esempio i cereali:



pirene



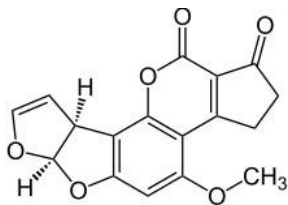
benzopirene



crisene

Si possono anche formare durante l'arrostimento della carne o del pesce o nel processo di affumicatura, che serve alla conservazione di carne e pesce, anche se gli impianti moderni sono progettati per ridurre al minimo questo rischio.

Tossine: la presenza di batteri anaerobi come il Clostridium botulinum o la Salmonella possono produrre in alcuni alimenti (uova, pollame, carne) delle **tossine batteriche** molto potenti e talora letali.



Anche lo sviluppo di funghi e muffe può rilasciare delle **micotossine**: alcune muffe del genere *Aspergillus* producono le aflatoxine, di estrema tossicità. L'aflatoxina B₁ è il più potente cancerogeno conosciuto; bastano 10 µg/kg peso corporeo assimilato per produrre cancro al fegato o cirrosi epatica. Tali muffe si possono sviluppare in alimenti come i cereali, la frutta secca, ecc. in presenza di eccessiva umidità.

Mercurio: il mercurio metallico è relativamente poco assorbibile mentre sono molto solubili nei lipidi ed hanno elevata tossicità i suoi derivati come il dimetilmercurio Hg(CH₃)₂. Derivano da alcuni tipi di fungicidi usati per le sementi e da vari processi industriali come il processo "cloro-soda" in cui si effettua l'elettrolisi di una soluzione di NaCl utilizzando anche l'Hg per la produzione di H₂, Cl₂ e NaOH. Il maggiore controllo sul Hg effettuato negli ultimi decenni ne ha reso stabili i livelli mondiali, anche se i cibi più inquinati sono i pesci marini e di acqua dolce.

Metalli pesanti: come Cr, Ni, Pb, ecc. Prima dell'uso delle marmitte catalitiche si usavano benzine additivate con piombo-tetraetile Pb(C₂H₅)₄ come antidetonante, per aumentare il numero di ottano. Il Pb rilasciato con i gas di scarico produceva un diffuso inquinamento sui vegetali, sui quali ricadeva, compresi le verdure utilizzate nell'alimentazione. Dato che sono presenti in tracce, la loro determinazione viene effettuata con tecniche come l'AAS e il plasma ICP

Non è infine da dimenticare la presenza di contaminanti degli alimenti che si possono depositare sull'alimento in un punto qualunque della **filiera produttiva**:

- materiali estranei: polvere e sporcizia introdotti durante i processi produttivi;
- cambiamenti chimico-fisici indotti da umidità, luce, calore, contatto con ioni metallici;
- contaminazione e deperimento in seguito all'azione di microrganismi, insetti, roditori;
- cambiamenti biochimici, endogeni o indotti da fattori esterni.

Alla produzione ed al consumo degli alimenti, per quanto detto, è associato un **rischio alimentare**, cioè alla possibilità che gli alimenti provochino dei danni alla salute. Perciò i produttori sono tenuti, prima di commercializzare l'alimento, alla **valutazione del rischio**, da effettuare lungo tutta la filiera produttiva e la distribuzione.

Tale valutazione si concretizza con le norme che riguardano i produttori, i distributori e i pubblici esercizi denominate **HACCP** (Hazard Analysis and Critical Control Points - Analisi del rischio e controllo dei punti critici), codificata dalla norma UNI 10854:1999. Si tratta di un vero e proprio manuale operativo, nato inizialmente per il solo autocontrollo igienico, che impone una serie di procedure per **prevenire le contaminazioni** chimiche, fisiche e biologiche che possono interessare gli alimenti a qualsiasi punto del ciclo produttivo. Il principio base del HACCP è quello di controllare l'intera **filiera di produzione e lavorazione** del prodotto e non solo effettuare controlli sul prodotto finito.

Ogni produttore/distributore/esercente deve costruire il proprio manuale operativo HACCP, applicando l'autocontrollo in modo razionale e strutturato, concentrandosi sul CCP (Critical Control Points) cioè sui punti critici del processo di produzione/distribuzione nei quali è più facile che possano verificarsi contaminazioni. Un esempio potrebbe essere il seguente: nella produzione e distribuzione di un prodotto surgelato non deve mai interrompersi la catena del freddo e un prodotto scongelato accidentalmente non deve essere più ricongelato. Senza entrare nei dettagli, la costruzione del manuale operativo per l'HACCP prevede varie fasi, in cui si individuano i CCP, si definiscono i limiti di controllo e di sicurezza per i parametri indicatori controllati (pH, temperatura, ecc.), si definiscono le procedure di verifica e si pianificano gli interventi correttivi, si definiscono le procedure di registrazione.

1.3. Genuinità

Un alimento è **genuino** quando corrisponde esattamente a quanto dichiarato in etichetta e quindi non ha subito alterazioni di alcun genere. Le alterazioni di un alimento costituiscono delle **frodi alimentari**, perseguite per legge, e possono avere conseguenze commerciali e/o sanitarie, come nel caso famoso del vino al metanolo. Si possono distinguere vari casi:

- **Adulterazione**: intervento in cui si modifica volontariamente la composizione dell'alimento, sottraendo o aggiungendo uno o più componenti per motivi economici. Ad esempio il latte scremato venduto come latte intero: è stata sottratta la maggior parte dei grassi del latte; oppure aggiungere acqua al vino

- **Sofisticazione:** aggiunta di sostanze estranee all'alimento per renderlo più vendibile o a prezzo inferiore o coprirne i difetti. Ad esempio l'aggiunta di un colorante giallo per ravvivare il colore di uno zafferano scadente o di zucchero al vino per aumentarne il grado alcolico, oppure olio di semi all'olio d'oliva
- **Alterazione:** modifica, anche involontaria, dell'alimento, come la cattiva conservazione di un olio che ne provoca l'irrancidimento
- **Falsificazione:** sostituzione totale o parziale di un alimento con un altro simile ma di minor valore. Ad esempio la commercializzazione di un vino scadente come vino DOC o un olio di oliva venduto come extravergine di oliva, oppure margarina al posto del burro
- **Contraffazione:** vendita di prodotti con marchio ingannevole per il consumatore. Ad esempio un prodotto contraddistinto da un marchio che richiama ingannevolmente un marchio più noto: un comune formaggio parmigiano venduto con un nome (ad esempio "Parmesan") che ricorda il prodotto Parmigiano Reggiano, marchio tutelato nel mondo dal Consorzio dei Produttori

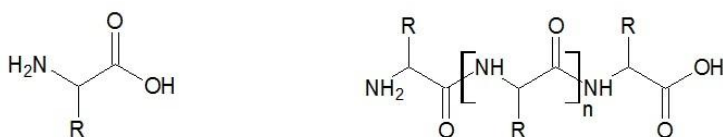
2. Sostanze nutritive

I componenti degli alimenti si possono dividere in due categorie:

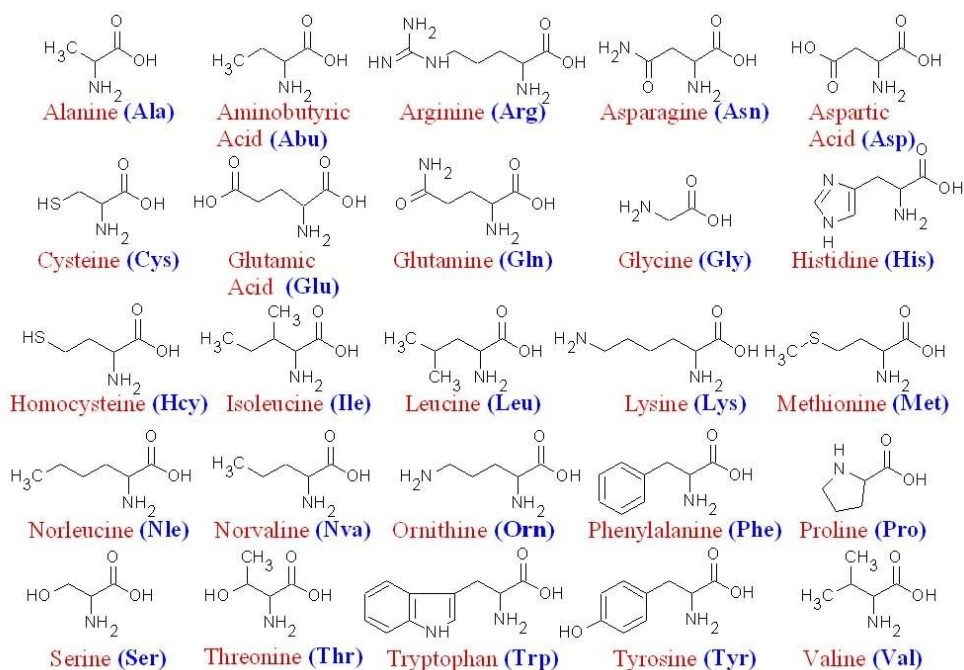
- sostanze che forniscono **energia e materiali plastici**, utilizzati cioè per la costruzione di materiale cellulare: proteine, carboidrati, lipidi, fibre
- sostanze che non forniscono energia ma che vengono utilizzate, a vario titolo, nel **metabolismo cellulare**: vitamine, sali minerali, acqua

2.1. Proteine

Le proteine (o protidi) sono i materiali da costruzione degli organismi viventi, costituiscono la **struttura cellulare** di tutti gli animali e sono presenti anche nei vegetali. Sono dei polimeri degli aminoacidi (AA), precisamente dei policondensati, dato che si ottengono per eliminazione di acqua dalle diverse molecole di aminoacidi (monomeri), con formazione del caratteristico legame peptidico -CO-HN-:



Le proteine costituiscono inoltre la struttura degli enzimi (catalizzatori biologici) e di molti ormoni (messaggeri chimici), oltre a formare varie strutture del sistema immunitario come gli anticorpi.



Esistono in natura **20 aminoacidi diversi** che vengono utilizzati nella sintesi proteica (ultimamente sono stati aggiunti alla lista altri 5 AA presenti nelle proteine di particolari organismi): sono tutti α -aminoacidi e il C^α a cui sono collegati il gruppo amminico $-NH_2$ e il gruppo carbossilico $-COOH$ è uno stereocentro, in quanto collegato a 4 gruppi diversi. Gli AA sono sostanze otticamente attive, in grado cioè di ruotare il piano della luce polarizzata; gli AA naturali sono tutti della serie L anche se il motivo non è noto.

Dieci AA naturali sono **essenziali** cioè non prodotti dall'organismo umano, che deve quindi assimilarli con gli alimenti: istidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano, valina, alanina. Gli altri sono non essenziali in quanto possono essere prodotti a partire da altre sostanze. Gli AA essenziali sono presenti nella carne, nel pesce e nei derivati animali come latte e uova, sono assenti o presenti in quantità minima nei cibi vegetali.

La combinazione dei vari AA tra loro per formare le catene proteiche è tale da formare un numero praticamente infinito di proteine. Si calcola che per una proteina con solo 100 AA esistano 10^{130} combinazioni diverse! La sequenza degli AA nella catena proteica è determinata geneticamente ed è codificata nel DNA della cellula: la produzione della proteina a partire dalla lettura del DNA è detto **sintesi proteica** e si realizza con un meccanismo molto complesso ma straordinariamente efficiente.



Le proteine hanno un elevato valore energetico, circa 38 kJ/g, ma contengono N e spesso S e quindi richiedono da parte dei reni un elevato lavoro metabolico per la loro digestione e assimilazione. L'azoto viene trasformato dai reni in acido urico prima di essere espulso nelle urine, per cui una dieta troppo ricca di proteine può provocarne l'affaticamento. Il contenuto di acido urico nel plasma sanguigno è detto uricemia: un eccesso di proteine può provocare l'iperuricemia e l'eccesso di acido urico può precipitare sotto forma di cristalli nelle articolazioni e nel tessuto connettivo, causando una patologia detta gotta.

2.2. Carboidrati

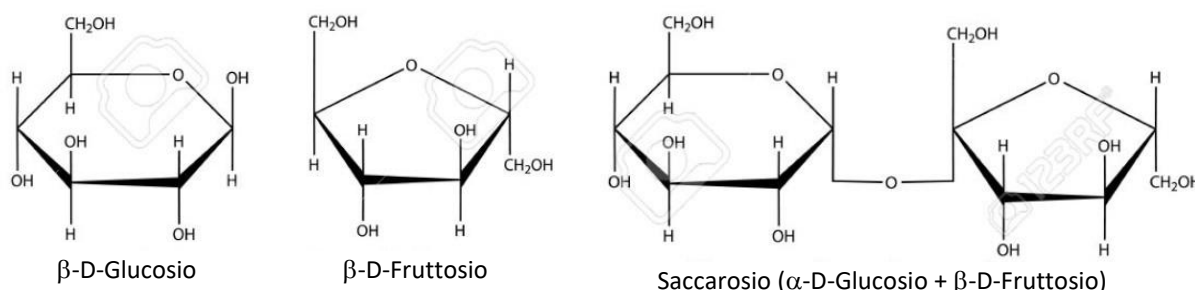
I carboidrati sono detti anche zuccheri o glucidi. Hanno formula generale $C_n(H_2O)_n$ e per questo sono anche detti idrati di carbonio ma la loro vera struttura è molto più complessa. Si distinguono in:

- **monosaccaridi**: sono zuccheri semplici, costituiti da una singola unità, come il glucosio e il fruttosio;
- **disaccaridi**: costituiti da due zuccheri uniti insieme, come il saccarosio (glucosio + fruttosio);
- **polisaccaridi**: sono zuccheri complessi, costituiti da centinaia o migliaia di unità unite insieme per formare lunghe catene, come la cellulosa e l'amido.

Vengono prodotti dai vegetali mediante **fotosintesi**: $6CO_2 + 6H_2O \rightleftharpoons C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

Scritta verso il generico zucchero la reazione rappresenta la fotosintesi (processo endoergonico), catalizzata dalla clorofilla delle piante, che produce come essenziale sottoprodotto l' O_2 . Scritta in senso contrario rappresenta il metabolismo degli zuccheri (processo esoergonico).

Gli zuccheri semplici più comuni in natura sono quelli a 6 atomi di carbonio ed hanno quindi formula generale $C_6H_{12}O_6$; presentano diversi stereocentri e quindi possiedono vari stereoisomeri (2^n dove n è il n° di atomi di C asimmetrici); quasi tutti gli zuccheri naturali appartengono alla serie D e, come nel caso degli AA naturali che appartengono tutti alla serie L, non è noto il motivo di questa caratteristica.



Sono rappresentate le formule di alcuni zuccheri nella loro forma emiacetalica utilizzando la notazione di Haworth.

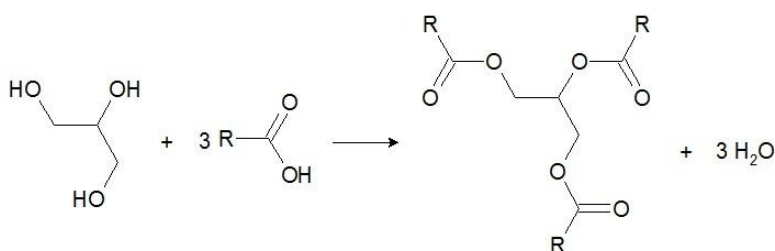
Gli zuccheri hanno la funzione di "**carburante**" per il metabolismo cellulare; infatti vengono "bruciati", ovvero ossidati a CO_2 e H_2O dalle cellule con un processo metabolico più o meno rapido e quindi producono energia. I carboidrati hanno un buon valore energetico, intorno a 17 kJ/g, inferiore alle proteine ma non presentano i problemi legati allo smaltimento dell'azoto.

Il **valore nutrizionale** degli zuccheri non dipende solo dal loro potere calorifico ma anche dalle loro struttura: gli zuccheri semplici (glucosio e fruttosio) presenti nella frutta sono di rapida assimilazione, mentre gli zuccheri complessi (oligosaccaridi e polisaccaridi come l'amido) presenti nel pane e nella pasta, richiedono una cottura, sono di assimilazione più lenta e vengono immagazzinati nel fegato sotto forma di glicogeno, prima di essere utilizzati. I polisaccaridi a catena più lunga come cellulosa e pectine non vengono digeriti dall'uomo perché non possiede gli enzimi necessari.

2.3. Lipidi

Sono gli esteri tra la glicerina e vari acidi "grassi", così detti perché a catena lunga, in genere almeno C₁₀, ovvero con 10 atomi di carbonio. Sono anche detti **trigliceridi** e si suddividono in:

- **oli** se liquidi, con catene degli acidi grassi più o meno insature, con uno o più doppi legami. In genere sono di origine vegetale e si trovano nei semi oleosi come olive, girasole, arachidi, soia, colza
- **grassi** se solidi, con catene degli acidi grassi sature, senza doppi legami. In genere sono di origine animale e si trovano in carne, latte, formaggi, uova, burro



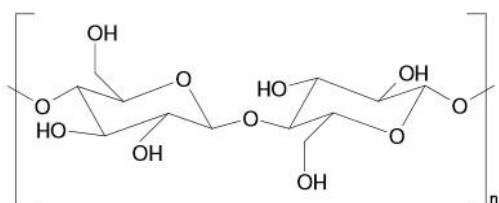
con R pari a C₁₀ o maggiore

I lipidi hanno funzione di **riserva energetica**: possiedono infatti un elevato valore energetico di circa 38 kJ/g e quindi vengono immagazzinati dall'organismo sotto forma di tessuti adiposi, da utilizzare nel caso di carenza alimentare. I trigliceridi sono inoltre utilizzati nella costruzione delle membrane cellulari e molti loro derivati entrano nel ciclo ormonale (steroidi e loro derivati).

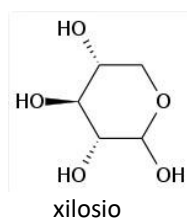
Una dieta troppo calorica, caratterizzata da un eccesso di alimenti consumati in rapporto all'attività fisica, può causare gravi patologie legate all'eccesso di peso, fino alla vera e propria obesità, poiché l'eccesso di cibo viene trasformato in lipidi e immagazzinato in tale forma nei tessuti adiposi. In tale situazione sono presenti varie sostanze nel plasma sanguigno, come il colesterolo che, depositandosi nelle arterie, può ostruirle e provocare danni gravi (infarto, ictus, ecc.) a seconda dell'organo che viene interessato.

2.4. Fibre alimentari

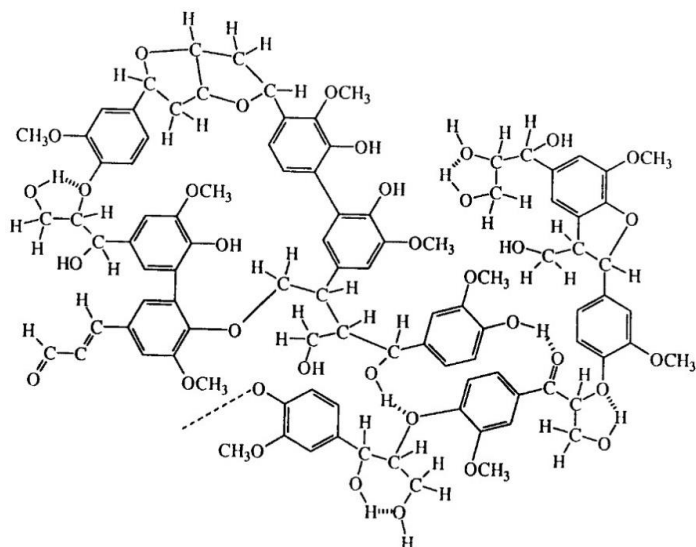
Sono componenti degli alimenti di origine vegetale che vengono assimilati in misura minima dall'organismo o non vengono assimilati affatto, dato che l'uomo non possiede gli adatti enzimi digestivi. Hanno un valore energetico molto basso, intorno a 8 kJ/g. Le **fibre** più comuni appartengono al gruppo dei polisaccaridi:



Cellulosa: è un glucano ossia un polimero del cellobiosio, un disaccaride costituito da due unità di glucosio legate in β in posizione 1-4

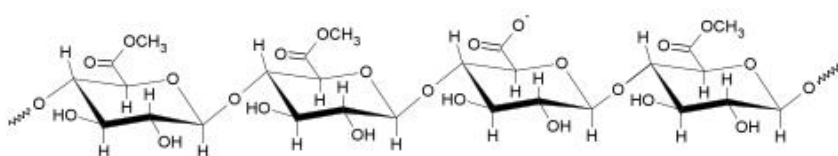


Emicellulose: polimeri di zuccheri esosi (galattosio, mannosio e ramnosio) e pentosi (xilosio, arabinosio), con catene lineari o ramificate più corte della cellulosa



Lignine: polimeri del fenilpropano con vari legami a ponte di ossigeno che consentono una struttura a tre dimensioni del polimero. Sono presenti vari gruppi OH fenolici con caratteristiche acide.

Non esiste una formula specifica della lignina ma vi sono diverse varianti, a seconda del vegetale che la produce. Hanno funzione di collante tra le fibre di cellulosa che costituiscono il vegetale.



Pectine e amilopectine: polimeri di galattosio e acido galatturonico

Le fibre alimentari sono contenute in cereali, frutta fresca e vegetali in genere. Sono molto importanti per una sana alimentazione perché accelerano il transito intestinale e legano sali biliari e ioni in genere, limitandone l'assimilazione.

2.5. Vitamine

Sono un gruppo eterogeneo di sostanze, indispensabili per la sopravvivenza perché coinvolte in numerosissimi processi metabolici, ma che non possono essere prodotte dall'uomo e quindi devono essere assimilate con gli alimenti. Si dividono in vitamine idrosolubili e liposolubili; le **principali vitamine** sono:

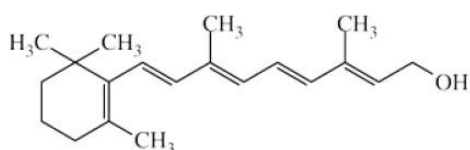
Idrosolubili

C - acido ascorbico)
 B₁ - tiamina
 B₂ - riboflavina
 PP o B₃ - niacina
 B₁₂ - cobalammina
 H - Biotina
 Acido folico - folacina
 B₅ - Acido pantotenico

Liposolubili

A - retinolo
 D - calciferolo
 E - tocoferolo
 K - derivati del naftochinone
 F - vari acidi grassi insaturi

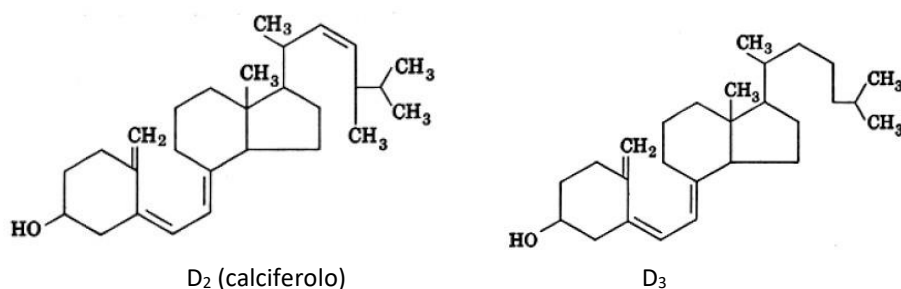
Vitamina A (retinolo): è essenziale nel meccanismo della visione (fototrasduzione) in quanto viene ossidata a retinale, una aldeide che si lega alla proteina opsina per formare la rodopsina, pigmento fotosensibile presente sulla retina in grado di trasformare i fotoni luminosi in impulsi elettrici



retinolo

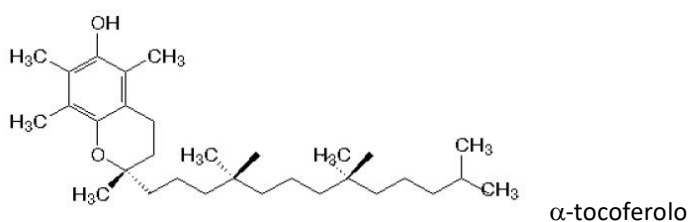
Deriva dal metabolismo dei β -caroteni, pigmenti gialli, arancioni e rossi comuni in numerosi vegetali come carote, patate, spinaci, albicocche, pomodori, pesche. E' inoltre presente come tale in vari cibi come l'olio di fegato di pesce, il latte, burro, tuorlo d'uovo.

Vitamina D: comprende la vitamina D₂ (calciferolo) e la vitamina D₃. Sono coinvolte nel metabolismo di calcio e fosforo, in quanto precursori di ormoni steroidei, e quindi sono essenziali per un corretto sviluppo scheletrico e la mineralizzazione delle ossa. La loro carenza nei bambini provoca il rachitismo.



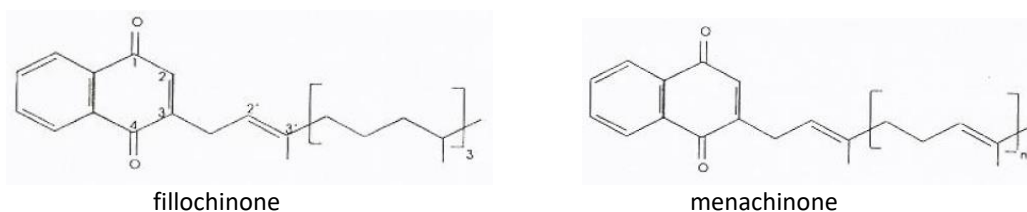
Sono di provenienza endogena e possono essere sintetizzate dalla pelle in presenza di luce solare, oppure si trovano nei cibi come olio di fegato di merluzzo, salmone, sardine, latte, margarina, uovo intero.

Vitamina E: comprende un complesso di 8 diverse sostanze dette tocoferoli e tocotrienoli; tra queste la più importante è l' α -tocoferolo. La funzione essenziale della vitamina E è quella di antiossidante: impedisce infatti l'auto-ossidazione degli acidi grassi polinsaturi e quindi mantiene integre le membrane cellulari. Studi recenti indicano che la vitamina E impedirebbe anche l'ossidazione della lipoproteina LDL, a sua volta capace di impedire il deposito del colesterolo nei vasi sanguigni, in particolare nelle coronarie.



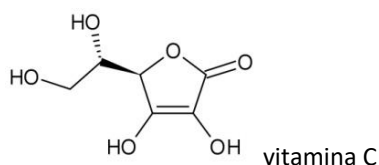
La vitamina E è immagazzinata in vari organi e quindi è improbabile una sua carenza. Si trova nei semi oleosi (germe di grano, mandorla, girasole, mais, arachidi), broccoli, spinaci, kiwi.

Vitamina K: è costituita da varie sostanze derivate dal naftochinone con una catena poli-isoprenica laterale; le due sostanze principali sono il fillochinone K₁ (derivante dalle piante verdi) e il menachinone K₂ (sintetizzato dai batteri della flora intestinale, soprattutto in presenza di cibi come lo yogurt). La vitamina K ha un ruolo essenziale nei processi di coagulazione del sangue in seguito a eventi emorragici poiché attiva la proteina prototrombina e i fattori di coagulazione.



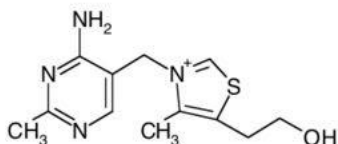
La vitamina K è largamente presente nei vegetali come frutta fresca e verdure.

Vitamina C (acido ascorbico): è uno degli antiossidanti più efficaci anche se è attivo solo l'isomero L; è in grado di eliminare i radicali liberi perossido R-O-O \cdot e l'acqua ossigenata prodotti nel metabolismo che potrebbero danneggiare le cellule. E' un cofattore nella formazione del collagene (la proteina più abbondante nell'organismo umano), promuove l'assorbimento del Fe, entra nel metabolismo della tirosina, promuove il rilascio degli ormoni surrenali in risposta allo stress e sicuramente ha ulteriori ruoli, ancora sconosciuti, nei vari cicli metabolici.



E' presente nella frutta fresca, specie negli agrumi, fragole, cocomero, broccoli, cavolfiore, patate, pomodori, peperoni verdi. La carenza di vitamina C provoca lo scorbuto, con emorragie diffuse, fragilità capillare e la caduta dei denti.

Vitamina B₁ (tiamina): è un cofattore fondamentale nel metabolismo dei carboidrati ed entra nel ciclo di Krebs.

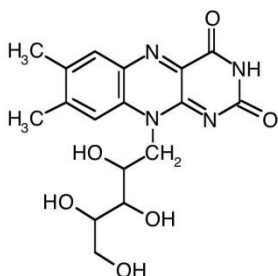


tiamina

E' contenuta nella carne, riso, pane, patate, piselli, alcuni frutti come l'arancia e l'avocado.

La carenza di tiamina provoca una grave patologia detta beri-beri, caratterizzata da crampi muscolari, confusione mentale, aritmie cardiache e sbilanciamento idrico.

Vitamina B₂ (riboflavina): è sintetizzata dalle piante e dai microrganismi ma non negli organismi superiori. E' un cofattore del ciclo di Krebs e interviene nella produzione di acido urico dalle proteine.

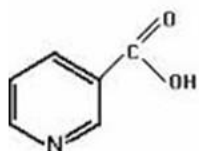


riboflavina

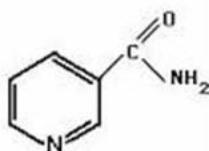
Sono ricchi di vitamina B₂ latte e yogurt, il fegato, manzo, tonno, spinaci, uova.

Una carenza di riboflavina causa all'organismo un deficit di energia e danneggia il sistema nervoso centrale, compaiono fotofobia, dermatiti e spesso anoressia.

Vitamina B₃ (niacina): detta anche vitamina PP, è costituita dall'acido nicotinico o dalla nicotinammide. E' utilizzata per produrre il NAD (nicotinammide-adenin-dinucleotide) e il NADP (la sua versione fosforillata), entrambi coinvolti nel trasporto di elettroni in svariati cicli metabolici.



ac. nicotinico

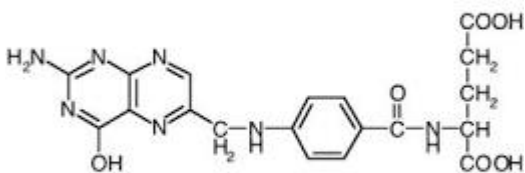


nicotinammide

I cibi vegetali contengono l'acido nicotinico, quelli animali contengono la nicotinammide. Si trova in fegato, tonno, salmone, vitello, maiale, riso, asparagi, pane, latte.

Una carenza di niacina può provocare dermatiti, diarrea, demenza e anche morte.

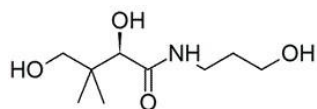
Acido folico (folacina): è stato spesso confuso con la vitamina B₁₂ perché la sua carenza produce sintomi simili. L'uomo non è in grado di produrre questa sostanza che deve essere assimilata con gli alimenti.



L'acido folico e i suoi derivati (folati) sono abbondanti nella carne non da muscolo ma da organo (fegato) e nei vegetali come asparagi, piselli, broccoli, arancio, riso, germe di grano.

La carenza di folacina provoca anemia macrocitica megaloblastica con eritrociti (globuli rossi) grandi, immaturi e ridotti di numero. Anche la mucosa intestinale subisce danni funzionali. I folati sono essenziali per le donne in gravidanza dato che inducono rapida moltiplicazione cellulare nel feto.

Vitamina B₅ (acido pantotenico): viene utilizzato dall'organismo per la produzione del coenzima-A.

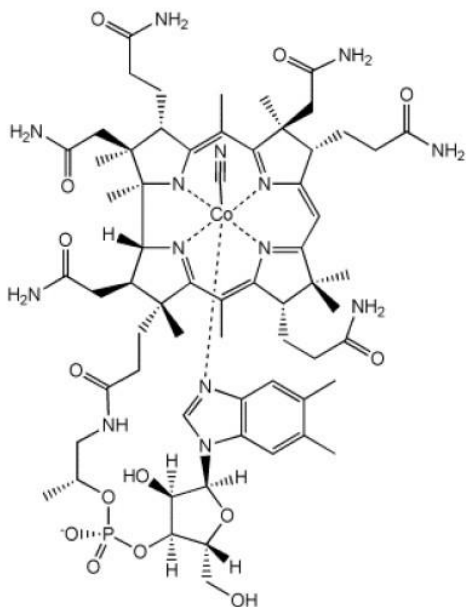


ac. pantotenico

E' presente in vari cibi come carne, tuorlo d'uovo, pesce, legumi, funghi, broccoli, pappa reale.

La carenza di acido pantotenico si manifesta con mal di testa, ipotensione, tachicardia, crampi muscolari, vomito.

Vitamina B₁₂ (cobalammina): è costituita da 4 anelli pirrolici che complessano al centro un atomo di cobalto, da cui il nome cobalammina.

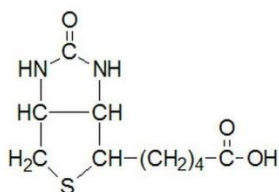


E' essenziale nella trasformazione dell'omocisteina in metionina ed entra nella ossidazione degli acidi grassi e nel catabolismo della leucina.

E' abbondante nel fegato, manzo, trota, vongole, tonno, uova, latte.

La carenza di questa vitamina induce una sindrome detta anemia perniciosa, con globuli rossi immaturi di grandi dimensioni, debolezza, dolori addominali, diarrea; in seguito si ha distruzione dello strato mielinico dei nervi e degenerazione neuronale.

Vitamina H (biotina): viene prodotta dalla flora intestinale utilizzando la cisteina come fonte di zolfo.



biotina

La sua azione si esplica nel metabolismo dei carboidrati, dei grassi e delle proteine, agendo come cofattore a diversi livelli. E' molto diffusa nei cibi: è presente in carne, tuorlo d'uovo, lievito di birra, legumi, noci ed alcuni pesci.

La biotina viene immagazzinata a livello epatico, muscolare e cerebrale per cui è difficile una sua carenza, che può comunque indurre dermatiti.

2.6. Sali minerali

Sono indispensabili per il corretto funzionamento dell'organismo, anche se in quantità diversa. Si distinguono in due diverse categorie:

- **macroelementi**: necessari in quantità relativamente elevate, come: Ca, Cl, P, Mg, K, Na, S. Costituiscono parte di molecole biologiche o circolano nei fluidi cellulari in forma ionica;
- **microelementi**: necessari in tracce minime, come: Fe, Mn, Zn, Cu, Co, I, F, Se, Mo.

I metalli in particolare hanno ruoli diversi nell'organismo: il Fe è essenziale al funzionamento dell'emoglobina, i metalli di transizione entrano nei processi redox enzimatici, il Ca viene utilizzato per la mineralizzazione delle ossa come Ca₃(PO₄)₂. Non metalli come lo iodio sono essenziali nel funzionamento di organi come la tiroide.

Le fonti di sali minerali sono svariate: acqua, carne, latticini, cereali, verdure.

2.7. Acqua

L'acqua sul pianeta è essenziale per la vita, come componente cellulare, come solvente per le reazioni chimiche, come mezzo di trasporto dei nutrienti e dei prodotti di scarto e delle scorie, come sistema di termoregolazione attraverso la sudorazione.

Da un punto di vista nutrizionale l'acqua è un vero e proprio alimento, grazie ai sali minerali che contiene, espressi dal **residuo fisso**. Il contenuto di minerali non deve essere troppo elevato per non provocare eccessivo affaticamento dei reni o, nel tempo, la formazione di calcoli, specie in presenza di un eccesso di ioni Ca^{2+} e HCO_3^- e una dieta con vegetali ricchi di ossalati.

3. Additivi alimentari

Sono molti numerosi, dato che vengono utilizzati in diversi passaggi della filiera produttiva. In base al D.M. n. 525 del 6.11.1992 si definisce **additivo alimentare** "qualsiasi sostanza normalmente non consumata come alimento, in quanto tale, e non utilizzata come ingrediente tipico degli alimenti, indipendentemente dal fatto di avere un valore nutritivo, che aggiunta intenzionalmente ai prodotti alimentari per un fine tecnologico ... (omissis) ... si possa ragionevolmente presumere diventi, essa stessa o i suoi derivati, un componente di tali alimenti, direttamente o indirettamente".

Gli additivi alimentari devono essere riportati in etichetta utilizzando un codice convenzionale che esprime la **classe di appartenenza**. In Europa il codice è costituito dalla **lettera E** (Europa) seguita da un numero a 3 o 4 cifre:

- 100-199: **coloranti**, utilizzati per migliorare l'aspetto di cibi e bevande. Sono suddivisi per colore: 100-109 gialli, 110-119 arancione, 120-129 rossi, 130-139 blu e violetti, 140-149 verdi, 150-159 marroni e neri, 160-199 altri
- 200-299: **conservanti**, utilizzati per rallentare o bloccare le alterazioni dell'alimento causate da microrganismi. Sono suddivisi per tipologia chimica: 200-209 sorbati, 210-219 benzoati, 220-229 solfuri, 230-239 fenoli e formiati, 240-259 nitrati, 260-269 acetati, 270-279 lattati, 280-289 propionati, 290-299 altri
- 300-399: **antiossidanti e regolatori di acidità**: impediscono i processi di irrancidimento dei grassi e l'imbrunimento di frutta e verdura. Sono suddivisi per tipologia chimica: 300-309 ascorbati (vitamina C), 310-319 gallati e eritorbati, 320-329 lattati, 330-339 citrati e tartrati, 340-349 fosfati, 350-359 malati e adipati, 360-369 succinati e fumarati, 370-399 altri
- 400-499 **addensanti, stabilizzanti, emulsionanti, gelificanti**: gli **addensanti** aumentano la densità e la consistenza di un alimento, gli **emulsionanti** stabilizzano una miscela tra una componente grassa e una acquosa, gli **stabilizzanti** mantengono nel tempo le caratteristiche fisiche dell'alimento, i **gelificanti** formano gelatine in grado di trattenere grandi quantità di liquido. Sono suddivisi per categoria chimica o provenienza: 400-409 alginati, 410-419 gomma naturale, 420-429 altri agenti naturali, 430-439 derivati del poliossietilene, 440-449 emulsionanti naturali, 450-459 fosfati, 460-469 derivati della cellulosa, 470-489 derivati degli acidi grassi, 490-499 altri
- 500-599 **regolatori di acidità e antiagglomeranti**: i **regolatori di acidità** possono essere acidificanti cioè aumentano l'acidità di un prodotto per migliorare la conservazione o fornire un gusto appropriato, gli **antiagglomeranti** impediscono la formazione di grumi nel prodotto alimentare. Si suddividono per tipologia chimica: 500-509 acidi e basi inorganiche, 510-519 cloruri e solfati, 520-529 solfati e idrossidi, 530-549 sali dei metalli alcalini, 550-569 silicati, 570-579 stearati e gluconati, 580-599 altri
- 600-649 **esaltatori di sapidità**: forniscono all'alimento un particolare sapore. Si suddividono per tipologia chimica: 600-629 glutammati, 630-639 inosinati, 640-649 altri
- 900-999 **altri**: utilizzati per diverse funzioni. Sono suddivisi per categoria chimica: 900-909 cere, 910-919 glasse, 920-929 agenti ausiliari, 930-949 gas per confezionamento, 950-969 dolcificanti, 990-999 schiumogeni
- 1100-1599 **altri prodotti**: sostanze che non rientrano nelle classificazioni precedenti

La normativa vigente per gli additivi non viene applicata agli **aromi**, i quali, in base all'art. 5 del decreto legislativo n. 106/1992, possono essere distinti in:

- **aromi naturali**, solo per sostanze aromatizzanti esclusivamente naturali;
- **aromi**, per tutti gli altri tipi di aromatizzanti.

Importante è per tutti gli additivi la conoscenza della **DGA** ovvero della Dose Giornaliera Ammissibile che indica la quantità massima di additivo che può essere ingerito per un lungo periodo di tempo senza comportare rischi per la salute. Esempio di DGA: affermare che un additivo ha una DGA di 5 mg/kg, significa per un uomo di 70 kg

che egli potrà ingerire al massimo $5 \times 70 = 350$ mg di additivo al giorno. Da considerare che **più è basso il valore della DGA, più è alto il rischio tossicologico della sostanza in questione.**

Alcuni **esempi** di comuni additivi alimentari:

Codice	Nome	Funzione	Nocività	DGA
E122	Azorubina	Colorante rosso	Sospetto	1,25 mg/kg
E140	Clorofille	Colorante verde (naturale)	Nessuna nota	Senza limite
E150a	Caramello semplice	Colorante bruno	Derivati nocivi del prodotto con NH_3	100 mg/kg
E160a	Caroteni vari	Colorante naturale con sfumature diverse (rosso-arancio)	Nessuna nota	Non definita
E171	Biossido di titanio	Colorante per sole superfici	Nessuna nota	Non definita
E202	Sorbato di potassio	Conservante antimicrobico	Nessuna nota	12,5 mg/kg
E211	Benzoato di potassio	Conservante antimicrobico	Allergie	5 mg/kg
E220	Anidride solforosa	Conservante antimicrobico, antiossidante, sbiancante	Irritazioni tubo digerente, distruzione vitamina B	0,35 mg/kg
E249	Nitrito di potassio	Conservante antimicrobico, fissatore del colore della carne	Nausea, vomito, formazione di nitrosammine cancerogene	0,2 mg/kg
E300	Acido l-ascorbico	Antiossidante, fissatore del colore della carne	Nessuna nota	Senza limite
E322	Lecitine	Emulsionante, antiossidante	Nessuna nota	Senza limite
E335	Tartrati di sodio	Sali di fusione (formaggini)	Nessuna nota	30 mg/kg
E401	Alginato di sodio	Addensante, emulsionante	Nessuna nota	50 mg/kg
E407	Carragenine	Addensante, emulsionante	Coliti ulceranti e dopo il loro metabolismo, possono risultare cancerogene	75 mg/kg
E421	Mannitolo	Edulcorante	Può presentare complicazioni durante il metabolismo	50 mg/kg
E440	Pectina	Addensante, gelificante, emulsionante	Nessuna nota	Senza limite
E471	Mono e digliceridi degli acidi grassi alimentari	Emulsionanti	Nessuna nota	Senza limite
E503	Bicarbonato di ammonio	Agente lievitante, antiagglomerante	Irritante per le mucose	Non definita
E579	Gluconato ferroso	Regolatore di acidità, stabilizzante	Nessuna nota	Senza limite
E621	Glutammato di sodio	Esaltatore di sapidità	A dosi elevate può essere responsabile della "sindrome da ristorante cinese"	120 mg/kg
E951	Aspartame	Edulcorante	Nessuna nota	75 mg/kg
E965i	Maltitolo	Edulcorante	Nessuna nota	50 mg/kg
E1105	Lisozima	Conservante	Nessuna nota	Non definita
E1510	Etanolo	Supporto	Nessuna nota	Non definita

4. Imballaggi ed etichette

Per la conservazione e la vendita degli alimenti è necessaria una adatta confezione, che li protegga dalla degradazione e dalla contaminazione ad opera di agenti esterni, dato che gli alimenti devono rispettare per legge rigorose norme igieniche e di conservazione, anche in rapporto al rischio alimentare HACCP.

L'**imballaggio o packaging** è la difesa fondamentale degli alimenti: per assolvere al suo ruolo deve possedere precise caratteristiche: ad esempio non deve rilasciare, al contatto con l'alimento, sostanze potenzialmente dannose per la salute. Negli ultimi anni si sono avuti vari casi di abbandono di un materiale da imballaggio a causa di sospetti sulla sua tossicità o di alcuni suoi additivi: i film di PVC per sospette tracce del monomero cloruro di vinile cancerogeno, i plastificanti a base di DOP (diottilftalato) rilasciati dalle bottiglie per l'acqua di PET (polietilentereftalato).

In realtà il packaging non è solo l'imballaggio vero e proprio ma industrialmente si intende l'intero processo di confezionamento.

Anche il confezionamento si è evoluto negli anni: oggi sono molto diffusi per gli alimenti i sistemi di **confezionamento in atmosfera modificata** (MAP - Modified Atmosphere Packaging) in cui l'aria nella confezione viene sostituita con miscele di N₂, CO₂, ecc. per impedire lo sviluppo di microrganismi senza utilizzare conservanti chimici.

Negli ultimi anni si sono affermati anche gli **imballaggi attivi** (AP - Active Packaging) che interagiscono con l'alimento e ne prolungano la vita assorbendo acqua o catturando l'O₂ che potrebbe degradarlo. In fine gli ultimi arrivati in questo campo sono gli **imballaggi intelligenti** (IP - Intelligent Packaging) che possono ad esempio mostrare al consumatore la "storia termica" dell'alimento, tramite appositi indicatori colorati, molto utile nel caso in cui non debba mai essere interrotta la catena del freddo per un surgelato.

Ogni alimento deve essere caratterizzato e descritto da una **etichetta**, a tutela del consumatore, che deve essere apposta sull'imballaggio in modo ben visibile, con requisiti molto precisi e definiti da numerose leggi. L'etichetta è composta da due parti:

- **etichetta commerciale**: deve riportare i seguenti dati
 - o denominazione di vendita
 - o ingredienti e additivi
 - o peso netto
 - o nome e sede del produttore o del confezionatore
 - o termine minimo di conservazione e data di scadenza
 - o modalità di conservazione del prodotto (se necessario)
 - o modalità d'uso (da cuocere, ecc.)
 - o lotto di confezionamento
- **etichetta nutrizionale**: deve riportare per 100 g di prodotto e per porzione
 - o valore energetico in kcal e kJ
 - o il contenuto di proteine, carboidrati, grassi (saturi e insaturi), fibre alimentari, sodio, vitamine, sali minerali

Varie normative impongono per determinati prodotti, come ad esempio la carne, di fornire indicazioni ulteriori per permettere al consumatore di rintracciare l'intera **filiera di produzione**.

5. Analisi degli alimenti

Gli alimenti sono soggetti a moltissime analisi che hanno il significato di **controllo di qualità**, cioè di verifica della rispondenza a determinati parametri.

Il controllo di qualità deve verificare le caratteristiche di:

- **imballaggio** (packaging): deve soddisfare requisiti di efficacia (resistenza, dimensioni), ecologici (smaltimento ed eventuale riciclo), organolettici (conservazione caratteristiche alimento), tossicologici (non contaminare il contenuto)
- **alimento**: i controlli devono verificare i parametri imposti dalle leggi vigenti relativamente alla composizione del cibo, ai trattamenti che ha subito, alla sua conservazione, alle eventuali frodi alimentari e possibili contaminazioni e presenza di sostanze pericolose

Vengono determinati mediante analisi numerosi parametri fisici e chimici

5.1. Parametri fisici

5.1.1. Umidità (o perdita di peso): il contenuto di acqua viene determinato con metodi molto diversi. Di solito l'alimento è messo in stufa a 105°C fino a peso costante, valutando l'acqua persa. In realtà vengono allontanate anche altre sostanze volatili per cui invece che di contenuto di acqua è più corretto parlare di perdita di peso.

5.1.2. Ceneri: rappresenta il contenuto di sostanze minerali residue dopo riscaldamento in muffola a 600°C e conseguente degradazione della parte organica. Questo parametro mette in luce eventuali frodi alimentari praticate aggiungendo sali all'alimento per aumentarne la massa.

5.1.3. Densità: è importante per cibi liquidi come oli, vino, succhi di frutta, nei quali può essere correlata a parametri chimici, per esempio nel vino al grado alcolico e nei succhi di frutta al contenuto zuccherino. Si determina mediante densimetri tarati.

5.1.4. Viscosità: si determina mediante appositi viscosimetri rotazionali in alcuni alimenti come lo yogurt.

5.1.5. Indice di rifrazione: si determina mediante rifrattometri come quello a prismi riscaldabili di Abbe-Zeiss ed è correlabile a parametri chimici quali il contenuto di zuccheri nel miele o nei succhi di frutta, o in un frutto per stabilire il grado di maturazione, o nell'olio d'oliva per una prima valutazione di qualità.

5.2. Parametri chimici

5.2.1. Acidità: è correlata alle caratteristiche organolettiche del prodotto e alla sua commestibilità e grado di conservazione. E' importante in prodotti come vino, latticini fermentati, olio di oliva. Si determina in genere mediante titolazione con basi forti a titolo noto in varie condizioni a seconda del campione.

5.2.2. Proteine: si determina in vari alimenti come latte e derivati con il metodo di Kjeldhal di uso generale per la determinazione dell'azoto in un campione, dopo mineralizzazione e trasformazione dell'azoto proteico in azoto ammoniacale NH_4^+ , utilizzando in seguito appositi fattori di conversione per calcolare il contenuto proteico.

5.2.3. Zuccheri: gli zuccheri riducenti vengono determinati mediante titolazione con i reattivi di Feeling o simili, a base di sali rameici

5.2.4. Additivi e contaminanti: gli additivi dichiarati in etichetta vengono determinati con specifiche metodiche analitiche. I contaminanti possono essere di qualsiasi natura (pesticidi, metalli, coloranti, ecc.) e quindi è necessario utilizzare sofisticate procedure analitiche. I metalli possono essere ricercati e determinati mediante analisi elementare con ICP o ICP-MS (accoppiamento tra ICP e spettrometria di massa); per le sostanze organiche volatili si ricorre alla GLC o GC-MS mentre per quelle non volatili si utilizza l'HPLC o HPLC-MS.

5.2.5. Imballaggi: per l'analisi del packaging una tecnica molto potente è l'IR, specie nella versione FTIR, che permette di risalire rapidamente al materiale o ai materiali che costituiscono l'imballaggio. Esistono poi specifici test di cessione per valutare se i componenti dell'involucro vengono ceduti all'alimento per contatto.