

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DEL FARMACO

LAUREA TRIENNALE IN SCIENZE FARMACEUTICHE APPLICATE

TESI DI LAUREA

Edulcoranti naturali

Relatore: Prof.ssa Mirella Zancato

Laureanda: Anna Zulian

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

*«Crederci in sé stessi è uno
dei mattoni più importanti
per ogni impresa di successo.»*

INDICE

INTRODUZIONE	1
1. ADDITIVI ALIMENTARI	2
1.1 valutazione tossicologica degli additivi alimentari	2
2. DEFINIZIONE DEGLI EDULCORANTI E CARATTERISTICHE GENERALI	4
2.1 Aroma dolce	4
3.CLASSIFICAZIONE DEGLI EDULCORANTI	7
3.1 origine.....	7
3.2 funzione tecnologica	7
3.3 contenuto calorico	8
4.MONOSACCARIDI	9
4.1 Glucosio	9
4.2 Fruttosio	10
4.3 Galattosio	10
4.4 Mannosio.....	11
4.5 Xilosio	11
4.6 Ribosio	12
4.7 Xilitolo.....	13
4.8 Sorbitolo	14
4.9 Mannitolo	15
4.10 Dulcitolio	16
5. DISACCARIDI	17
5.1 Saccarosio.....	17
5.2 Maltosio.....	18
5.3 Trealosio	18
5.4 Isomaltulosio	19
5.5 Maltitolo	21
5.6 Isomalto	22
5.8 Lattitolo	23
6. <i>Stevia rebaudiana Bertoni</i>	24

6.1 Glicosidi stevioidi.....	25
7. SOSTANZE PROTEICHE	29
7.1 Taumatina.....	30
7.2 Monellina	30
7.3 Miracolina.....	31
7.4 Brazzellina.....	31
7.5 Curculina.....	32
7.6 Mabinlina.....	32
7.7 Pentadina.....	32
8. MIELE	33
8.1 Definizione e caratteristiche generali	33
8.2 Composizione del miele	36
9. EDULCORANTI SINTETICI.....	37
CONCLUSIONE.....	39
BIBLIOGRAFIA	41
SITOGRAFIA	42

INTRODUZIONE

Gli edulcoranti sono sostanze utilizzate per conferire un sapore dolce ai cibi, alle bevande o ad altre preparazioni. Infatti, trovano largo impiego nella fabbricazione di svariati prodotti sia alimentari che non come per esempio: bibite analcoliche, caramelle e gomme da masticare, marmellate, biscotti e prodotti da forno, collutori, dentifrici o farmaci assunti per via orale.

Pertanto trovano impiego in numerosi prodotti abitualmente utilizzati dal consumatore, motivo per il quale possono costituire dei rischi come un aumento del peso e dell'appetito, alterazione dell'omeostasi della glicemia alterando così la risposta agli zuccheri, aumento dello sviluppo di carie e danneggiamento dei denti oppure alterazioni della pressione arteriosa ed effetti negativi sulle malattie cardiache.

Essi comprendono composti molto diversi tra di loro e non è facile trovare una correlazione tra struttura chimica e potere dolcificante ecco perché è fondamentale capire le diverse tipologie di edulcoranti esistenti.

In particolare questo lavoro si soffermerà principalmente sulle varie categorie di edulcoranti soprattutto naturali e sulle loro caratteristiche che possono essere sfruttate per conferire un sapore dolce alle varie preparazioni ma anche per diminuire i rischi correlati all'assunzione dagli altri dolcificanti come ridurre l'apporto di zuccheri, ostacolare sviluppo di carie o fornire prodotti utilizzabili da persone con scarsa tolleranza al glucosio (diabetici).

1. ADDITIVI ALIMENTARI

Gli edulcoranti rientrano nella grande categoria degli additivi alimentari definiti come sostanze aggiunte intenzionalmente agli alimenti durante il ciclo produttivo, senza esserne un ingrediente principale con lo scopo di raggiungere uno specifico obiettivo tecnologico come ad esempio per incrementare: il valore nutritivo (addizione di vitamine, Sali minerali, amminoacidi), il valore sensoriale (colore, sapore, odore, consistenza), la durata di conservazione (shelf life) parametro molto richiesto dalla situazione alimentare mondiale (P. Cappelli, V. Vannucchi,2016).

È implicito che gli additivi e i loro prodotti di degradazione non devono essere tossici ai livelli d'uso. Per questi motivi, il loro uso è regolato per legge in tutti i paesi, con limiti quantitativi e qualitativi agli additivi consentiti (P. Cappelli, V. Vannucchi,2016).

1.1 valutazione tossicologica degli additivi alimentari

La valutazione tossicologica degli additivi alimentari viene compiuta da comitati di esperti che periodicamente valutano la loro idoneità, che è continuamente rivista alla luce di nuove tossicità sopravvenute. Gli additivi subiscono a livello europeo e internazionale un processo di valutazione della sicurezza prima di essere autorizzati per l'uso alimentare (P. Cappelli, V. Vannucchi,2016).

In Europa la valutazione viene effettuata dall'Agenzia per la Sicurezza Alimentare (EFSA), e a livello internazionale dal Comitato congiunto di esperti sugli additivi alimentari. A livello mondiale tale valutazione viene fatta da comitati quali: JECFA (Joint Expert Committee on Food Additives) dall'Organizzazione per l'Alimentazione e l'Agricoltura (FAO) e dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS). La valutazione tossicologica per verificare l'idoneità di un prodotto si articola in una serie di studi in vitro e in vivo:

- studi di mutagenesi (potenziale cancerogeno delle molecole) tossicità acuta, breve e lungo termine

- Studi biochimici per definire l'assorbimento, metabolizzazione ed eliminazione con particolare riferimento alle interazioni con altri composti
- Studi di teratogenicità, genotossicità e immunotossicità

Si giunge così a stabilire la Dose Giornaliera accettabile_DGA o ADI (acceptable daily intake). Per DGA si intende la quantità di additivo, che può essere ingerita dall'uomo giornalmente anche per tutta la vita senza che emergano effetti dannosi.

Alla determinazione della DGA espressa in mg/Kg di peso corporeo si aggiunge un fattore di sicurezza. Tale fattore di sicurezza può ridursi, per sostanze naturalmente presenti nell'alimento di cui si conoscano gli effetti sull'uomo (vitamine) od aumentare se l'additivo è una sostanza di sintesi per la quale non si dispone di una quantità di dati tossicologici sufficientemente ampia. Un'attenzione particolare deve essere rivolta ai bambini che consumano una quantità più elevata di alimenti per Kg di peso corporeo e che per la loro immunità si preferisce evitare o ridurre a poche eccezioni l'uso di additivi (P. Cappelli, V. Vannucchi,2016).

Infine, gli additivi alimentari sono identificati con la lettera E ed un relativo numero tutti inseriti in appositi elenchi in cui possono essere riportati anche lo specifico campo di applicazione e i dosaggi consentiti (P. Cappelli, V. Vannucchi,2016).

2. DEFINIZIONE DEGLI EDULCORANTI E CARATTERISTICHE GENERALI

Per edulcorante si intende una sostanza zuccherina e non, naturale o di sintesi, in grado di conferire sapore dolce ai cibi, alle bevande o per la loro edulcorazione estemporanea.

Comprendono composti molto diversi tra di loro e non è facile trovare correlazione tra struttura chimica e potere dolcificante.

L'uso degli edulcoranti è finalizzato, oltre che al raggiungimento degli obiettivi previsti per tutti gli additivi, ad avere almeno ad una di queste funzioni:

- ridurre l'apporto di zuccheri
- ostacolare lo sviluppo di carie
- fornire prodotti utilizzabili da persone con scarsa tolleranza al glucosio (diabetici)

Inoltre, la diffusione dei prodotti light e dietetici a ridotto contenuto calorico ha fatto aumentare l'impiego degli edulcoranti come «sostituti dello zucchero».

Tra le qualità che caratterizzano un dolcificante vi è il potere edulcorante cioè il rapporto tra la concentrazione di una soluzione di *saccarosio (5-15% in acqua)* e quella di un *dolcificante* che ha la stessa intensità di sapore dolce. Nella maggior parte dei casi per indicare questo potere edulcorante viene inserito un valore tra parentesi che segue il nome della sostanza (F. Evangelisti, P. Restani, 2011).

2.1 Aroma dolce

L'aroma è una complessa combinazione data da: sapore, odore e struttura fisica dell'alimento. La Società Chimici Aromatici Americani lo ha definito come:

«La somma delle caratteristiche di un alimento individuate principalmente dai sensi del gusto e dell'olfatto e dai recettori tattili e doloriferi della cavità orale, così come percepite dal cervello».

L'aroma è una combinazione di componenti chimiche percepite dagli organi sensoriali quali:

- Recettori dell'odore della mucosa olfattiva
- Sapore percepito nella lingua e nell'apparato digerente
- Struttura mecano-recettoriale della mucosa orale e senso dell'udito
- Elaborazione del cervello coinvolgendo fattori psichici, fisiologici e soggettivi

In ogni caso le soglie gustative possono variare a seconda della concentrazione percepita, della temperatura, della struttura maggiormente percepita e dalla presenza di altri alimenti, per esempio in presenza di sale il saccarosio viene percepito meno e viceversa oppure dolcezza e asprezza si smorzano a vicenda (fenomeno della compensazione). Questo spiega perché la frutta sembra più acida se mangiata dopo il dolce (P. Cappelli, V. Vannucchi, 2016).

Esistono cinque sapori fondamentali quali: acido, amaro, salato, umami, dolce e 2 sapori non fondamentali che non sono riconosciuti quali l'astringente che è una variabile dell'amaro dovuta ai tannini (colluttori, frutta non matura, vino) e pungente rilevato dai recettori caloriferi e doloriferi (peperoncino e cibi piccanti).

In particolare, il sapore dolce è tipico di diversi composti organici. La presenza di gruppi -OH tende a conferire dolcezza ad una sostanza, ma in altri casi i gruppi effettivi sono del tutto diversi. La saccarina, per esempio, non contiene gruppi -OH, ma è un derivato solfonammidico. Per questo motivo sono state chiamate in causa altre caratteristiche in grado di accomunare composti così dissimili. L'ipotesi attualmente più consolidata è quella che le sostanze di sapore dolce per essere tali debbano possedere:

un atomo elettronegativo (indicato con AH) unito per mezzo di un legame covalente all'idrogeno, un secondo atomo elettronegativo (B) distante 0,3 nm dal primo ed è infine richiesta poi una porzione lipofila ($\text{CH}_2\text{-CH}_3$, $\text{-C}_6\text{H}_5$) (Y) attratta da una regione simile al recettore. Il sistema AH, B, Y dà luogo a ponti idrogeno e interazioni idrofobiche con un analogo sistema sul recettore formando un complesso in grado di evocare, attraverso modifiche di membrana il sapore dolce.

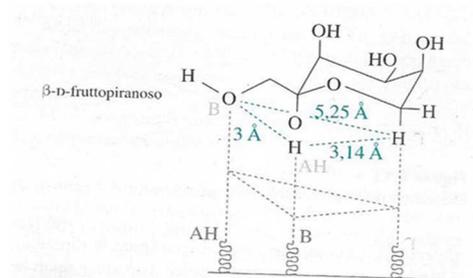


Fig. 2.1 modalità di interazione tra un recettore per il gusto dolce e uno zucchero

Il grado di dolcezza, molto elevato per i dolcificanti artificiali, dipenderebbe dalla facilità di formazione del complesso con il sito attivo del recettore. Inoltre, le molecole degli zuccheri sono essenzialmente idrofile, quindi la porzione lipofila può non contribuire significativamente all'intensità. Tuttavia, in altre molecole intensamente dolci, contribuisce sensibilmente il legame con il recettore e quindi alla percezione del sapore dolce. I recettori delle molecole dolci chiamati *gustducine* sono proteine transmembrana accoppiate a proteine *G eterotrimeriche*, le cui subunità si separano (A da una parte e B dall'altra) dando luogo ad una reazione a cascata con attivazione dell'adenilato ciclasi, formazione di cAMP (Adenosina monofosfato ciclico), e conseguente chiusura dei canali per il K^+ e depolarizzazione della cellula (P. Cappelli, V. Vannucchi, 2016).

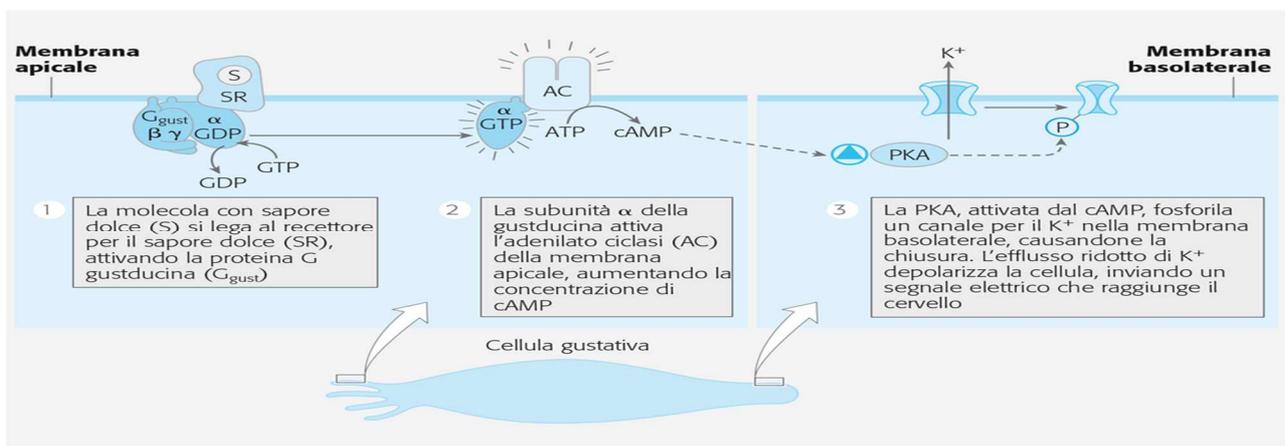


Fig.2.1.1 Meccanismo di formazione del sapore

3.CLASSIFICAZIONE DEGLI EDULCORANTI

Gli edulcoranti si possono classificare in base alla loro origine, alla loro funzione tecnologica e in base al loro contenuto calorico.

3.1 origine

Una prima classificazione degli edulcoranti viene attuata in base alla loro origine. Infatti, esistono edulcoranti naturali ed edulcoranti sintetici.

Nella prima categoria rientrano i monosaccaridi e i disaccaridi. Ai monosaccaridi rientrano sia gli zuccheri come fruttosio (1.7), glucosio (0.85), xilosio (0.67), ribosio (0.3), mannosio (0.3) e galattosio (0.3) che i polialcoli come xilitolo (1.0), sorbitolo (0.48), mannitolo (0.45) e dulcitololo(0.41).

Anche ai disaccaridi rientrano degli zuccheri quali saccarosio (1.0), maltosio (0.67), trealosio(0.55) e isomaltulosio (0.3) e polialcoli come maltitolo(0.85), isomaltolo(0.80) e lattitolo(0.30).

Sempre alla prima categoria degli edulcoranti naturali rientrano anche i glicosidi steviolici ottenuti dalla *Stevia rebaudiana* Bertoni e le sostanze proteiche chiamate anche sweet protein quali taumatina(3000-5000), monellina(100000), miracolina, brazzelina(2000), curculina, mabinlina(400) e pentadina(500).

Invece, alla seconda categoria appartengono molti edulcoranti di sintesi quali saccarina (300-500), acesulfame(200), aspartame(160-220), ciclamato (30-50) , aspartame-acesulfame (350), sucralosio (600), neotame(7000-13000), neoesperidina-diidrocalcone(1800-3000), advantame(20000).

3.2 funzione tecnologica

Una seconda classificazione che viene effettuata è quella secondo la funzione tecnologica che li suddivide in edulcoranti intensivi o intensi e dolcificanti di massa o dolcificanti «bulk».

Alla prima categoria appartengono le sweet protein, glicosidi steviolici e gli edulcoranti sintetici tutti citati in precedenza.

Mentre, alla seconda categoria appartengono i polioli come sorbitolo, maltitolo, mannitolo, isomalto, xilitolo e lactitolo.

3.3 contenuto calorico

L'ultima classificazione che viene compiuta riguarda il loro contenuto calorico che li suddivide in normocalorici quali fruttosio, saccarosio e glucosio, ipocalorici quali Polialcol (50-60% dei normocalorici), sorbitolo, xilitolo, dulcitol (galattitolo), maltitolo, isomalto e infine acalorici che comprendono tutti gli edulcoranti intensi (tranne l'aspartame e peptidi vari) e le Sweet protein (alle normali dosi di assunzione).

4. MONOSACCARIDI

I monosaccaridi sono sostanze cristalline, di colore bianco, caratterizzate in generale da un sapore dolce, sono facilmente solubili in acqua e insolubili in solventi organici.

Dal punto di vista chimico, i monosaccaridi sono composti organici formati da C, H, O nella proporzione $C_n (H_2O)_n$ e da qui il termine carboidrati.

I monosaccaridi si classificano in base al numero di carboni ed in base al gruppo carbonilico che, oltre ai diversi gruppi ossidrilici, li caratterizza in: - aldosi (-COH, -oso oppure -osio) oppure - chetosi (=CO, -ulosio oppure -uloso). Questi gruppi funzionali, grazie alla loro polarità, rendono gli zuccheri molto solubili in acqua e, nelle molecole che contengono più di cinque atomi di C, producono un effetto che modifica drasticamente la struttura della molecola. Infatti, quando questi monosaccaridi sono in soluzione acquosa, il gruppo aldeidico o chetonico mostra una tendenza a reagire con uno dei gruppi ossidrilici, dando luogo ad una struttura ciclica con formazione di un anello (F. Evangelisti, P. Restani, 2011).

4.1 Glucosio

Il glucosio è un aldo-esoso che, in soluzione acquosa, può avere due diverse strutture cicliche, α e β a seconda della posizione del gruppo ossidrilico coinvolto nella formazione dell'anello, in equilibrio con la forma a catena aperta.

È un componente della frutta (anche detto zucchero d'uva), della verdura ed è presente in forti concentrazioni (60-100 mg/100 ml) anche nel sangue umano in quanto rappresenta la forma ultima di utilizzazione di tutti i glucidi.

Il glucosio viene sintetizzato dalle piante verdi e da queste trasformato in amido di riserva, cellulosa e molecole complesse, si ricava industrialmente per idrolisi acida dall'amido di cereali e patate. Ha un potere edulcorante pari a 0.85 ed ha un valore energetico pari a 3.74 Kcal per grammo.

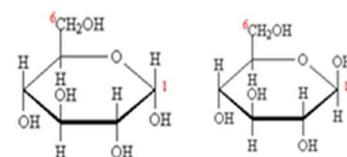


Fig. 4.1 Formula di struttura del α e β glucosio

4.2 Fruttosio

Il fruttosio è un cheto-esoso la cui struttura ciclica si forma, in soluzione acquosa, per la reazione tra il gruppo chetonico sul carbonio 2 ed il gruppo ossidrilico del carbonio 5.

Esso, è molto diffuso nel regno vegetale, è lo zucchero della frutta e del miele. Presenta un

potere dolcificante nettamente superiore al saccarosio infatti è di 1.7, caratteristica che, unita alla più lenta utilizzazione da parte dell'organismo, lo rende idoneo come succedaneo dello zucchero comune nelle diete ipocaloriche. Viene preparato per idrolisi dei polimeri, come inulina, condotta in condizioni controllate.

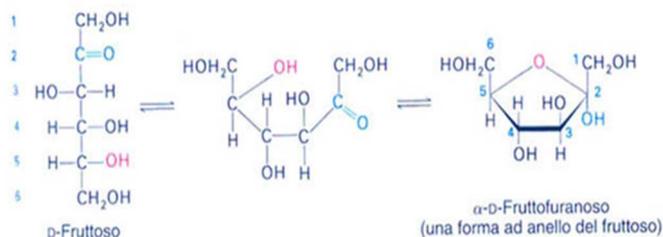


Fig. 4.2 Formula di struttura del fruttosio e meccanismo di formazione dell'anello

4.3 Galattosio

Il galattosio è un aldo- esoso che variamente combinato con altri zuccheri è diffusissimo in natura, sia nel regno vegetale che nel regno animale. Infatti, quando si combina con il glucosio costituisce la molecola di lattosio, il disaccaride del latte.

Inoltre, lo si può ritrovare nelle glicoproteine dei polmoni, nei cerebrosidi, nei gangliosidi del sistema nervoso, nel fibrinogeno, nelle gamma-globuline e nelle membrane cellulari. Ed è infine dotato di un potere edulcorante pari a 0.3.

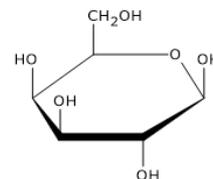


Fig. 4.3 Formula di struttura del D-galattosio

4.4 Mannosio

Il D-mannosio è un aldo- esoso e lo si ritrova in certi batteri, funghi, piante e quasi mai è presente in natura come monosaccaride libero. È un epimero della molecola di D-glucosio, presentando il gruppo ossidrilico in C2 in posizione "α". Esso è costituente, invece, di numerosi polisaccaridi semplici e complessi. Costituisce, ad esempio, la molecola base dei mannani, polisaccaridi di riserva di alcune specie di vegetali oppure, associato al galattosio (mannogalattani), per formare mucillagini gommosi che proteggono i semi di alcune piante. Quest' ultime trovano un larghissimo uso come stabilizzanti di prodotti alimentari quali i gelati.

Inoltre, il mannosio viene scarsamente assorbito e ritenuto dall'organismo umano, dopo essere stato assunto per via orale viene in gran parte eliminato attraverso le feci e le urine; lo stesso organismo è tuttavia in grado di produrlo a partire dal glucosio, per poi incorporarlo nella struttura di glicoproteine e glicolipidi. Ha un potere edulcorante pari a 0.3.

4.5 Xilosio

Lo xilosio è un aldo-pentoso isolato per la prima volta nel legno, che come i gusci della arachidi ne è particolarmente ricco; non a caso, lo xilosio è chiamato comunemente zucchero del legno.

È uno zucchero che a temperatura ambiente si presenta sotto forma di polvere bianca inodore ed è solubile in acqua.

Lo xilosio ha una bassa importanza dal punto di vista nutrizionale ma è dotato di potenziali applicazioni nella dietoterapia del diabete grazie al suo potere dolcificante di poco inferiore a quello dello zucchero(0.67) e dalla scarsa capacità di metabolizzazione da parte del corpo umano.

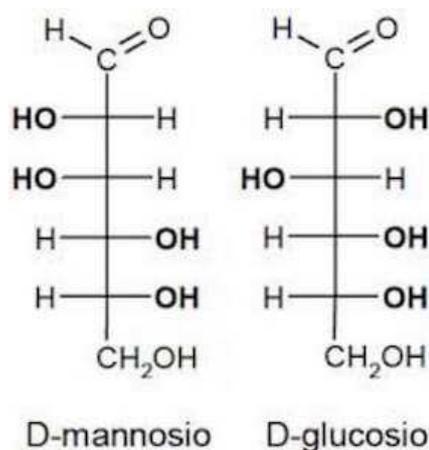


Fig. 4.4 formula di struttura del D-mannosio e del D-glucosio che mette in evidenza che il D-mannosio è un epimero del D-glucosio

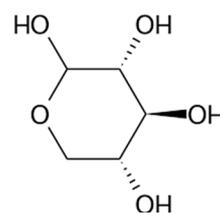


Fig. 4.5 Formula di struttura dello Xilosio

E' quindi uno zucchero pressoché privo di calorie, con un indice glicemico estremamente basso, e acariogeno. Il corpo umano, inoltre, è in grado di sintetizzare autonomamente piccole quantità di xilosio, poi incorporate nelle glicoproteine.

4.6 Ribosio

Il D-ribosio è un pentoso, costituito quindi da uno scheletro carbonioso a 5 atomi di carbonio, chiuso a formare una struttura ciclica ad anello con i vari gruppi ossidrilici. A temperatura ambiente il D-ribosio si presenta come una polvere bianca, generalmente inodore, completamente solubile in ambiente acquoso a 20°C, e caratterizzata dal

punto di vista organolettico da un caratteristico sapore dolciastro. È dotato di un potere edulcorante pari a 0.3. La classica struttura furanosa dell'anello carbonioso consente a questo zucchero di legare, attraverso un legame B-glicosidico, una base azotata, garantendo così la formazione di un nucleoside, e al contempo gruppi fosforici, permettendo così la sintesi di nucleotidi, particolarmente preziosi dal punto di vista biologico.

Sebbene il D-ribosio rappresenti un elemento normalmente presente in tutte le cellule, quindi in minima parte anche nei vari alimenti, non è possibile rintracciare delle fonti alimentari in grado di fornire concentrazioni apprezzabili di questo zucchero.

Nonostante ciò, l'organismo è in grado, molto agevolmente, di soddisfare il fabbisogno giornaliero di questo elemento attraverso la via dei pentoso fosfati, che consente di convertire il glucosio, molto più presente e abbondante in natura, in ribosio, con la produzione contemporanea di equivalenti riducenti utili al mantenimento delle proprietà antiossidanti della cellula. Il ribosio, infine, assume un ruolo chiave nel mantenimento dell'omeostasi cellulare e tissutale, intervenendo in differenti reazioni di natura sia energetica e metabolica che plastica.

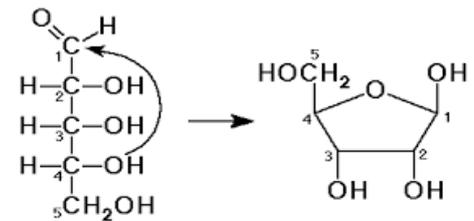


Fig. 4.6 Formule di struttura del D- ribosio e meccanismo con il quale si forma la struttura ciclica

4.7 Xilitolo

Lo xilitolo è un polialcol, ovvero un glucida con molecola simile ai monosaccaridi, ma con una funzione ossidrilica al posto di quella aldeidica o chetonica, a 5 atomi di carbonio, con dolcezza simile a quella del saccarosio.

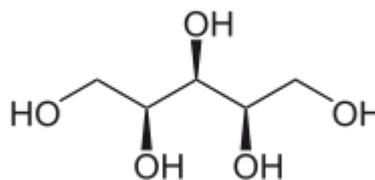


Fig. 4.7 Formula di struttura dello xilitolo

Si trova in piccole quantità in una serie di frutti e vegetali e si forma nel corpo umano, come intermedio, durante il metabolismo del glucosio. È stato sintetizzato e descritto per la prima volta da Emil Fischer nel 1891, ed usato nella dieta umana come dolcificante dagli anni '60.

Su scala commerciale è prodotto per conversione chimica dello xilano. Fonti di xilano sono il legno di *Betula* L. e altri legni duri, il guscio delle mandorle e sottoprodotti della produzione della carta.

Il contenuto di xilano in questi materiali può variare considerevolmente insieme alla presenza di sottoprodotti (poli od oligosaccaridi) che devono essere rimossi durante i processi produttivi.

Attualmente lo xilitolo è impiegato come dolcificante in molti dolciumi non cariogenici (chewing gum, cioccolato, caramelle gommosi) e meno frequentemente in cibi dietetici (es. prodotti per diabetici), in preparazioni farmaceutiche (pasticche per la gola, tavolette multivitaminiche, sciroppi per la tosse) e in cosmetici (dentifricio e collutorio).

In piccola percentuale, viene aggiunto anche alle bevande per migliorare il gusto del prodotto e il profilo della dolcezza; in etichetta talvolta viene indicato con la sigla E967.

Infatti, una review afferma che lo xilitolo ha benefici per la salute dentale, come la riduzione del rischio di carie dentale ma è dotato anche di tutta una serie di benefici per la salute che sono stati studiati. Nella pelle, è stato riportato che lo xilitolo migliora la funzione barriera e sopprime la crescita di potenziali agenti patogeni cutanei. Essendo un carboidrato non digeribile, lo xilitolo entra nel colon dove viene fermentato dai membri del microbiota del colon; specie del genere *Anaerostipes* sono state segnalate per fermentare lo xilitolo e produrre butirrato. Le specie più comuni di *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* non sembrano essere in grado di crescere sullo xilitolo. La natura non digeribile ma fermentabile dello xilitolo contribuisce anche ad un effetto anti-stitichezza e ad una migliore densità minerale ossea. Lo xilitolo modula anche il sistema

immunitario, che, insieme alla sua attività antimicrobica, contribuisce a ridurre il rischio di infezioni delle vie respiratorie, sinusiti e otiti medie. Come dolcificante a basso contenuto calorico, lo xilitolo può contribuire alla gestione del peso. Il beneficio dello xilitolo sulla salute metabolica, oltre al beneficio della mera sostituzione del saccarosio, resta da determinare nell'uomo. Sono stati quindi riportati ulteriori benefici per la salute dello xilitolo e indicano ulteriori opportunità, ma devono essere confermati negli studi sull'uomo (Salli, Lehtinen, Tiihonen, Ouwehand, 2019).

4.8 Sorbitolo

Il sorbitolo è un poliolo a sei atomi di carbonio, trova ampio spazio in campo alimentare come dolcificante acariogeno ed ipocalorico; il suo potere edulcorante è infatti pari al 60% di quello dello zucchero, ma a parità di peso fornisce un 40% di calorie in meno (2,6 Kcal/g contro le 4 del saccarosio). Il sapore è fresco e piacevole, ma cosa ancor più importante è la capacità del sorbitolo di donare consistenza al prodotto, trattenendo l'umidità e migliorandone la conservazione (inibisce lo sviluppo di lieviti, muffe ed altri microrganismi).

Questa caratteristica, definita igroscopicità, rende il sorbitolo un ingrediente molto utile per mantenere morbidi più a lungo i prodotti di pasticceria (plum cake, petits four, pan di Spagna ecc.) e quelli lievitati (panettoni, cornetti, brioches).

In caso di iperglicemia, tipica dei pazienti diabetici, il sorbitolo ha la tendenza ad accumularsi all'interno delle cellule e ad uscirne con difficoltà; tutto ciò, considerata la sua capacità di trattenere acqua, può causare problemi di cataratte, retinopatia e neuropatie periferiche. Ecco perché il sorbitolo non è raccomandabile come sostituto dello zucchero nella dieta dei pazienti diabetici.

Il sorbitolo è anche un ingrediente comune di dentifrici, colluttori e di alcuni cosmetici, a cui conferisce un aspetto morbido e pastoso. Come eccipiente, trova inoltre spazio nell'industria farmaceutica per le già citate proprietà igroscopiche e dolcificanti.

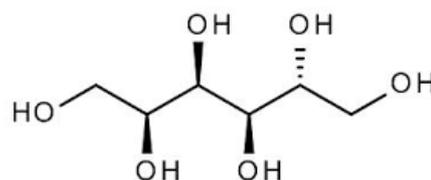


Fig. 4.8 Formula di struttura del sorbitolo

4.9 Mannitolo

Il mannitolo è un poliolo a sei atomi di carbonio e presenta sei gruppi idrossilici (OH), distribuiti lungo una catena alifatica composta da altrettanti atomi saturi di carbonio. Il mannitolo è ampiamente diffuso nel mondo vegetale.

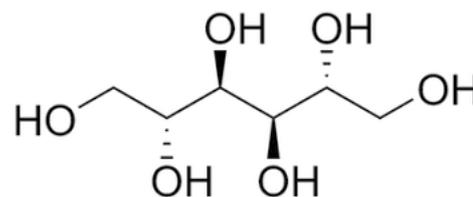


Fig. 4.9 Formula di struttura del mannitolo

Le concentrazioni più significative si rinvencono nella manna ottenuta dal *Fraxinus ornus* L. (30-60%), nel tallo di alghe brune come quelle che appartengono al genere *Laminaria*, nelle foglie e nelle drupe dell' *Olea europea* L. ,nel sedano ed in funghi eduli come *Lactarius* spp. e *Agaricus* spp. A livello industriale il mannitolo viene prodotto a partire dal saccarosio.

Incidendo la corteccia del *Fraxinus ornus* L. fuoriesce una linfa densa chiamata appunto manna contenente il 30-60% di mannitolo, che essicca all'aria aperta ed è molto utilizzata come blando lassativo, specie nell'infanzia.

Questo perché se assunto per via orale, il mannitolo si comporta come un lassativo osmotico, richiamando acqua nel lume intestinale aumentando così volume e morbidezza delle feci. L'aumento del volume fecale rappresenta a sua volta un potente stimolo per la peristalsi intestinale che grazie ad un insieme di contrazioni ritmiche consentono l'avanzamento delle feci e l'espulsione verso l'esterno.

Sempre per via orale, il mannitolo può essere utilizzato come dolcificante alternativo al tradizionale saccarosio poiché il suo potere edulcorante è pari a 0.45, con il vantaggio di essere ipocalorico ed acariogeno, e con un metabolismo indipendente dall'insulina (caratteristica particolarmente utile in presenza di diabete); tuttavia, questo suo effetto lassativo ne limita l'impiego in tal senso.

4.10 Dulcitol

Il dulcitol è un poliolo che deriva dalla riduzione del galattosio, in una reazione catalizzata dall'aldosio reductasi. Sono poi stati sviluppati anche metodi per ottenerlo tramite fermentazione del latte. Esso, è un prodotto presente in natura in vari tipi di manna come per esempio nella *Melampyrum nemorosum L.*, e in alcuni tipi di alghe. È dotato di un potere edulcorante pari a 0.41.

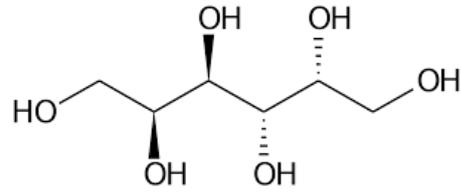


Fig. 4.10 Formula di struttura del dulcitol

5. DISACCARIDI

I disaccaridi sono sostanze solide, di colore bianco, caratterizzate da un sapore dolce, facilmente solubili in acqua e insolubili in solventi organici. Nascono per condensazione ovvero per creazione di un legame covalente tra i due monomeri con rilascio di una molecola di acqua.

5.1 Saccarosio

Il saccarosio è un disaccaride formato dall'unione di una molecola di glucosio con una di fruttosio. È noto anche come zucchero da tavola, a temperatura ambiente si presenta come una polvere bianca cristallina solubile in acqua, priva di odore e con un sapore piuttosto dolce.

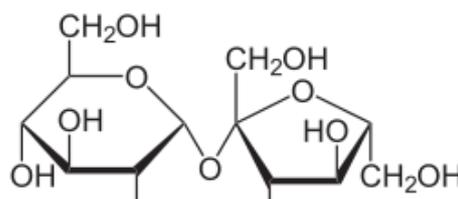


Fig. 5.1 Formula di struttura del saccarosio

Esso viene principalmente estratto dalla barbabietola da zucchero e dalla canna da zucchero, ma è normalmente presente in molti alimenti di origine vegetale, in particolare nella frutta.

Dal punto di vista nutrizionale, il saccarosio è un cibo altamente energetico e di facile digeribilità, capace di rendere più appetibili i prodotti alimentari ai quali viene aggiunto. Proprio per queste sue caratteristiche, il saccarosio è ampiamente utilizzato in campo industriale, tanto che molte persone ne consumano ogni giorno quantità eccessive esponendosi così a diversi rischi.

Il primo rischio è proprio lo sviluppo di carie dentale: alcuni batteri che popolano il cavo orale, come lo *Streptococcus mutans*, hanno la capacità di metabolizzare il saccarosio (e gli altri zuccheri) producendo acido lattico. Come tutte le sostanze acide, incluse quelle di origine alimentare, l'acido lattico corrode a poco a poco la superficie dentale, demineralizzando progressivamente il dente.

Il saccarosio, oltretutto, favorisce l'adesione di questi batteri alle superfici dentali, ostacolando la rimozione con la saliva e le comuni pratiche di igiene orale. Un altro rischio è rappresentato dall'obesità a causa proprio di questo introito molto alto di zuccheri semplici a discapito di carboidrati più complessi come pasta o riso. Infine, un altro rischio può essere proprio quello del diabete mellito di tipo 2.

Alla luce di quanto esposto, il saccarosio potrebbe essere considerato un alimento da evitare a tutti i costi. In realtà, è sufficiente moderarne il consumo; secondo le linee guida italiane per una

sana alimentazione, infatti, la quantità complessiva di zuccheri semplici assunti nell'arco della giornata dovrebbe essere inferiore al 10% delle calorie complessive. Prendendo come riferimento una dieta da 2000 Kcal, quindi, è bene non superare il limite dei 50 grammi di zuccheri semplici al giorno (saccarosio, disaccaridi e monosaccaridi vari).

5.2 Maltosio

Il maltosio o zucchero di malto è un disaccaride, costituito da due molecole di glucosio legate tra loro con un legame α -glicosidico. Il maltosio non è molto diffuso in natura, dove si trova soprattutto nelle bietole

da zucchero, nell'orzo e nel mais. Comunemente è

ottenuto dall'amido di malto per azione idrolitica dell'enzima diastasi. L'enzima diastasi derivato dal malto di orzo, può infatti convertire in maltosio l'amido derivante da svariate fonti, come il grano, il granturco, la segala e la patata, e questo costituisce uno stadio essenziale nella fermentazione dell'amido ad alcol. Può essere idrolizzato dagli acidi in due unità di D-glucosio ma, anche un enzima presente nel lievito, chiamato maltasi può provocare medesima scissione e viene usato commercialmente nell'industria delle fermentazioni.

Il maltosio viene usato nella preparazione di sciroppi, alimenti (farina latte), come dolcificante e additivo nelle preparazioni farmaceutiche. Ha un potere edulcorante pari a 0.67.

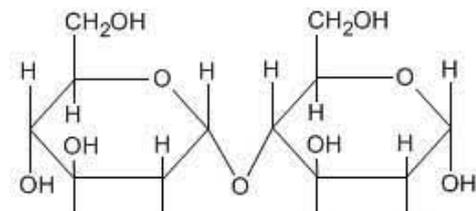


Fig. 5.2 Formula di struttura del maltosio

5.3 Trealosio

Il trealosio è un disaccaride insolito, composto da due molecole di glucosio combinate con un legame alfa che rende questo composto non riducente e notevolmente stabile alle alte temperature e alle condizioni acide, proprietà atipiche per la maggior parte degli zuccheri.

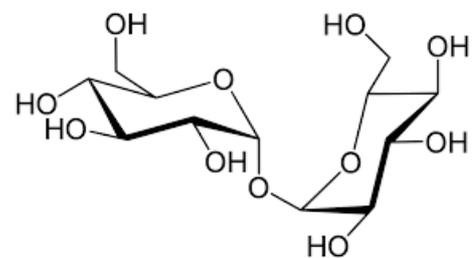


Fig. 5.3 Formula di struttura del trialosio

Il trealosio è dolce circa la metà del glucosio infatti ha un potere edulcorante pari a 0.55 motivo per cui viene usato come alternativa allo zucchero soprattutto dai pazienti diabetici e viene scomposto in glucosio dall'enzima trealasi.

Il trealosio è stato originariamente identificato da un'infezione fungina sulla segale e isolato per la prima volta da una sostanza prodotta dai tonchi. Si trova in animali, piante, batteri e funghi.

Esso, è anche molto efficace nel trattenere l'acqua ecco perché si ritiene che questa proprietà consenta a determinati organismi di sopravvivere all'essiccamento. Le larve delle scimmie di mare, ad esempio, sono in grado di tornare in vita apparentemente miracolosamente con l'aggiunta di acqua grazie alla presenza di trealosio che ha agito come un gel e ha mantenuto la struttura tridimensionale delle strutture lipidiche e proteiche della cellula circondandole durante il periodo di essiccazione e mentre gli animali vengono reidratati, consentendo loro di mantenere la loro struttura interna.

Solo una piccolissima quantità della dieta umana include il trealosio e ciò che le persone mangiano si ottiene principalmente dai funghi.

La stabilità, la dolcezza e la capacità di trattenere l'acqua del trealosio lo rendono attraente per una varietà di applicazioni commerciali nell'industria alimentare, cosmetica e farmaceutica. Viene utilizzato come conservante per alimenti e per ridurre al minimo i sapori e gli odori aspri. È usato come idratante nei cosmetici e nella ricerca per stabilizzare proteine e lipidi. Viene anche usato per proteggere gli organi per i trapianti.

5.4 Isomaltulosio

L'isomaltulosio o palatinose è un carboidrato disaccaride composto dai monosaccaridi glucosio e fruttosio, legati da un legame alfa-1,6-glicosidico. E' naturalmente presente nel miele e negli estratti di canna da zucchero e ha un sapore simile saccarosio, ma con minor potere dolcificante che è pari a 0.3.

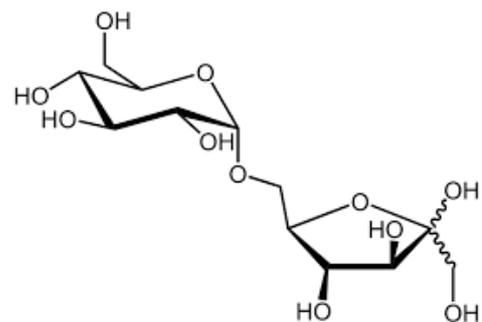


Fig.5.4 Formula di struttura dell'isomaltulosio

A livello industriale, l'isomaltulosio viene sintetizzato per riarrangiamento enzimatico (isomerizzazione) del saccarosio estratto dalla barbabietola. L'enzima necessario venne scoperto in Germania nel 1950, periodo dopo il quale iniziarono gli studi sulle sue proprietà.

Come il saccarosio, l'isomaltulosio può essere digerito per idrolisi in glucosio e fruttosio. Tuttavia, mentre nel saccarosio il glucosio è legato al carbonio anomero del fruttosio (un legame α -1,2), nell'isomaltulosio il legame è al carbonio 6 (α -1,6). Questa caratteristica lo rende uno zucchero riducente.

In nutrizione, l'isomaltulosio è una fonte di energia alimentare e fornisce la stessa quantità di calorie del saccarosio: 3,75 kcal/g oppure 4, a seconda della fonte.

Nella preparazione e lavorazione degli alimenti, isomaltulosio e saccarosio mostrano caratteristiche simili, il che suggerisce di poterli usare in maniera intercambiabile.

L'isomaltulosio è un carboidrato disponibile, esattamente come il saccarosio e la maggior parte degli altri mono-, oligosaccaridi e maltodestrine; viene pertanto completamente digerito e assorbito nell'intestino tenue e non entra nell'intestino crasso, né viene escreto nelle urine. Dopo l'assunzione per via orale, l'isomaltulosio viene digerito grazie all'enzima isomaltasi che si trova sull'orletto a spazzola della mucosa intestinale dell'intestino tenue. Per di più, l'isomaltulosio viene digerito e assorbito lentamente, rilasciando gradualmente glucosio e fruttosio nel flusso sanguigno.

Inoltre, ha un bassissimo assorbimento di umidità, aspetto che gli conferisce estrema solubilità nelle polveri istantanee, facilmente utilizzabili nelle bevande. Nelle bevande sportive, ad esempio, mantiene perfettamente l'isotonicità.

È altamente stabile durante la lavorazione, comprese le variazioni di acidità e gli ambienti in cui i batteri potrebbero crescere facilmente. È utilizzato in alimenti, bevande e prodotti salutistici e viene impiegato soprattutto come edulcorante naturale, anche se ha meno potere dolcificante del saccarosio. Trova applicazione nei prodotti da forno, nelle glasse e altri prodotti per pasticceria, per la colazione, barrette, prodotti lattiero-caseari, confetteria (ad esempio cioccolatini, gelatine, confetture gommosi e gomme da masticare), dessert congelati, bevande a base di frutta, bevande al malto, bevande sportive, energetiche, istantanee e prodotti per regimi nutrizionali speciali e clinici.

L'isomaltulosio è consentito in alimenti e bevande di molte regioni del mondo. Ad esempio, è generalmente riconosciuto come sicuro (GRAS) dalla "Food and Drug Administration" statunitense, è approvato come "novel food" dalla "European Commission" e in Giappone gode dello status "FOSHU" (alimento per uso sanitario specifico).

5.5 Maltitolo

Il maltitolo è un polialcol, presente in natura, in alcuni frutti e in alcune verdure.

Ha un potere edulcorante pari a 0.85 e offre il vantaggio di non avere il retrogusto spiacevole tipico di altri sostituti dello zucchero quindi permette di dolcificare cibi e bevande in modo simile allo zucchero. Inoltre, è proposto per chi soffre di diabete ed è considerato un alleato della salute dei denti, in quanto può aiutare a prevenire la comparsa di carie.

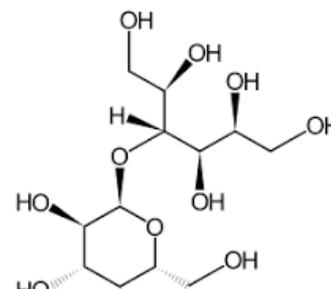


Fig. 5.5 Formula di struttura del maltitolo

L'Efsa (l'Autorità europea per la sicurezza alimentare) ha approvato il claim secondo cui il consumo di cibi o bevande contenenti maltitolo in sostituzione dello zucchero contribuisce al mantenimento della mineralizzazione dei denti riducendo la loro demineralizzazione. Per poter utilizzare questo claim è però necessario che le quantità di maltitolo aggiunte a cibi e bevande siano tali da non ridurre il pH della placca al di sotto di 5,7 sia durante che nei trenta minuti successivi al loro consumo. Inoltre, l'Efsa ha autorizzato il claim secondo cui i cibi e le bevande contenenti maltitolo in sostituzione dello zucchero inducono un minore aumento del glucosio nel sangue dopo il loro consumo rispetto ai cibi e alle bevande contenenti zucchero; il maltitolo aiuta quindi a ridurre la risposta glicemica post-prandiale. Per poter utilizzare questo claim è però necessario che le quantità di maltitolo aggiunte a cibi e bevande siano tali da ridurre il contenuto di zuccheri della quantità specificata dell'Allegato al Regolamento (CE) N. 1924/2006.

5.6 Isomalto

L'isomalto è un polialcol che appartiene alla categoria dei derivati da disaccaridi avente formula chimica $C_{12}H_{24}O_{11}$.

Nel 1957 un team di scienziati dell'azienda tedesca, produttrice di zucchero, si interessarono per la prima volta a questo composto.

L'isomalto è una miscela equimolare di due monosaccaridi ovvero glucosio e mannitolo o glucosio e sorbitolo.

È una sostanza bianca, cristallina, inodore, non igroscopica contenente circa il 5% di acqua di cristallizzazione. Ha una solubilità in acqua di 24 g per 100 g di soluzione a 20 °C, che aumenta a temperature più elevate.

L'idrolisi completa dell'isomalto produce glucosio (50%), sorbitolo (25%) e mannitolo (25%).

Ha il sapore del saccarosio, ma è meno dolce. In una soluzione al 10%, il suo potere dolcificante è del 50-60% rispetto a quello del saccarosio. È molto stabile all'idrolisi sia acida che enzimatica.

Poiché il legame disaccaridico ha una elevata energia di legame non è scisso facilmente. Pertanto l'isomalto non è un substrato per la maggior parte dei microrganismi associati al cibo. È un dolcificante acariogeno e, grazie al suo metabolismo e al suo ridotto potere calorico fisiologico rispetto al saccarosio, è largamente utilizzato.

Come per tutti i polioli, l'isomalto non è uno zucchero riducente. Quindi non reagisce con gruppi amminici o peptidici. Pertanto, non si verifica alcuna reazione di imbrunimento durante la cottura.

È un derivato dalla barbabietola da zucchero ed è ottenuto in un processo a due stadi: trasformazione del saccarosio in isomaltulosio conosciuto con il nome platinosio e successiva idrogenazione catalitica a 1000 °C dell'isomaltulosio in presenza di nichel come catalizzatore.

L'isomalto è largamente utilizzato in dentifrici, alimenti ipocalorici e per diabetici, preparazioni farmaceutiche come capsule, rivestimenti di compresse e sospensioni e gomme da masticare.

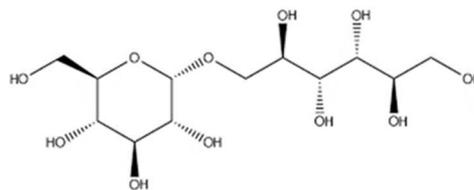


Fig. 5.6 Formula di struttura dell'isomalto

5.8 Lattitolo

Il lattitolo è un disaccaride appartenente alla categoria dei polialcoli, utilizzato come surrogato dello zucchero nei cibi light, negli integratori e in vari prodotti dietetici. Il suo potere edulcorante è pari a 0,3 e apporta 2,4 chilocalorie per grammo (contro le 4 del saccarosio).

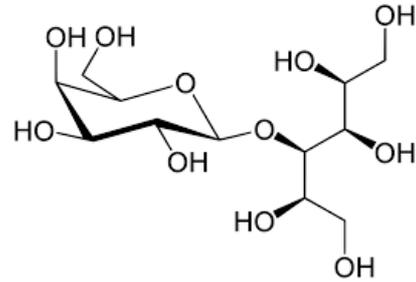


Fig. 5.8 Formula di struttura del lattitolo

Il sapore del lattitolo, lievemente dolce e pulito, è privo di quello sgradevole retrogusto metallico comune a molti dolcificanti artificiali. Grazie anche alle sue caratteristiche di stabilità e facile solubilità, viene utilizzato in moltissimi prodotti alimentari ipocalorici, come biscotti senza zucchero, cioccolato, dolciumi vari, chewingum e sostituti dello zucchero.

Il lattitolo non viene estratto dagli alimenti, ma preparato artificialmente a partire dallo zucchero del latte, attraverso riduzione sotto pressione e ad alte temperature del glucosio.

A differenza del disaccaride tipico del latte, il lattitolo non può essere digerito dalle lattasi dell'orletto a spazzola; di conseguenza non può nemmeno essere assorbito dai villi intestinali. Per questo motivo, ad elevati dosaggi, il lattitolo provoca diarrea osmotica e può quindi essere usato come lassativo.

Per di più, si comporta anche come prebiotico, diminuendo il pH fecale e prevenendo la proliferazione della flora batterica putrefattiva (produttrice di ammonio), a favore di ceppi batterici utili, che lo fermentano producendo, tra l'altro, acidi organici assorbibili dalla mucosa intestinale (il che giustifica il suo non trascurabile potere calorico).

Il lattitolo può essere utilizzato anche dai diabetici, dato il bassissimo indice glicemico, ed è acariogeno. Tuttavia, ad elevati dosaggi, data la scarsa capacità di digestione e assorbimento da parte dell'organismo, oltre ad accelerare il transito delle feci e a produrre una preziosa azione prebiotica può determinare effetti collaterali come gonfiori, crampi addominali, diarrea e flatulenza.

6. *Stevia rebaudiana* Bertoni

Stevia rebaudiana Bertoni appartenente alla famiglia delle Asteraceae, è una pianta nativa della valle del Rio Monday, in Paraguay, e diffusa anche nelle vicinanze di Brasile e Argentina. È ben conosciuta nel mondo scientifico e commerciale per la presenza, nelle sue foglie, dei glicosidi steviolici che producono un sapore dolce senza contenuto calorico. Tra le 230 specie



Fig. 6 *Stevia rebaudiana* Bertoni (Lemus-Mondaca et al; 2011)

del genere *Stevia* solo le specie *rebaudiana* e *phlebophylla* producono glicosidi steviolici.

Inizialmente *S. rebaudiana* era chiamata *Eupatorium rebaudianum* in onore di Rebaudi, il primo chimico a studiare le caratteristiche chimiche delle sostanze da essa estratte, successivamente fu classificata botanicamente da Dr. Moises Santiago Bertoni ed il suo nome cambiò in *S.*

rebaudiana Bertoni (1905) (Figura 6). Questa pianta era usata, già in tempi molto antichi, dagli indiani del Guaranì che la utilizzavano per il suo potere dolcificante e proprio per questo la chiamavano “kaa he-he” (erba dolce). *S. rebaudiana* si presenta come un arbusto ramificato cespuglioso, dotato di diversi fusti, inizialmente erbacei, con tendenza a lignificare dalla base con il decorrere della stagione. Presenta foglie di forma lanceolata, leggermente lobate e seghettate, ricoperte di corta peluria su entrambe le pagine fogliari. I fiori sono piccoli con corolla di cinque petali campanulati e sottili, il calice ne contiene 4-5. La fioritura viene indotta da condizioni di giornate con durata di illuminazione inferiore a 12 ore. Il frutto è un achenio piccolo, dotato di pappo che ne favorisce la dispersione dei semi attraverso il vento. *S. rebaudiana* resiste fino a temperature di 0°C, per cui facilmente si adatta ai climi temperati dell’Europa e del nord America. L’ambiente ideale per la crescita vegetativa di *Stevia* è rappresentato da temperature superiori a 20°C, accompagnate da una durata della luce superiore a 16 ore; il ciclo colturale primaverile-estivo prevede un periodo di quiescenza durante l’inverno. Sebbene *S. rebaudiana* sia una pianta relativamente rara nel suo habitat nativo, la sua produzione agricola in sud America ed in Asia, l’uso ornamentale in Europa ed in nord America hanno fatto sì che la sua comparsa nel mondo sia più comune di quanto non lo sia stata in passato. In Europa, la coltivazione ed il consumo di *S. rebaudiana* come dolcificante stanno aumentando. Alcuni ricercatori ritengono validi come territori per la coltivazione di questa pianta il bacino del Mediterraneo ed alcune parti dell’Italia. Nel 2015, “Influenza delle condizioni pedo-ambientali e delle tecniche agronomiche sulla

produzione di Stevia in Campania” (IAAS) ha impostato come obiettivo la concreta possibilità della coltivazione di *S. rebaudiana* in territorio campano, osservandone l’adattabilità al suolo. I risultati ottenuti hanno evidenziato che questa specie può essere coltivata con successo in quest’area e che la corretta gestione dell’irrigazione in termini di sistemi, turni e volumi di irrigui gioca un ruolo fondamentale ai fini della produzione quali-quantitativa dei glicosidi steviolici da essa ricavati (P.Colicci, A. Vitalone,2018).

6.1 Glicosidi stevioidi

La droga della *Stevia rebaudiana* Bertoni utilizzata per l’estrazione dei principi attivi è rappresentata dalle foglie, dove sono presenti glicosidi terpenici (10-20%) aventi elevato potere dolcificante; tra questi lo stevioside ed il rebaudioside A rappresentano quelli più importanti. Tuttavia, il contenuto in queste sostanze, come spesso accade nel regno delle piante officinali è altamente variabile, in funzione delle condizioni ambientali, della tecnica colturale e soprattutto

della scelta dei biotipi di interesse produttivo. Tutti i glicosidi isolati dalle foglie di *S. rebaudiana* hanno come struttura di base lo steviolo (Figura 6.1) e differiscono principalmente nel contenuto dei residui di carboidrati, mono-, di- e trisaccaridi con glucosio e/o ramnosio in posizione C13 e C19. Altre

sostanze riscontrate nella droga essiccata sono amminoacidi (acido glutammico, lisina, serina, ecc.), acidi grassi (palmitico, linoleico, ecc.), vitamine (vitamina C, B2 ed acido folico), macro- e micro-elementi (potassio, calcio, magnesio, sodio, ecc.) e polifenoli (flavonoidi, composti fenolici) (P.Colicci, A. Vitalone,2018).

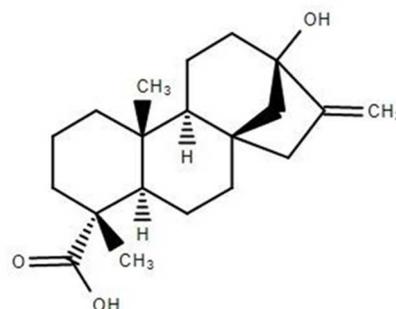


Fig. 6.1. Formula di struttura dello steviolo

Un largo numero di studi hanno mostrato che i principali componenti responsabili dell'attività biologiche della Stevia e della sua componente dolce sono lo stevioside ed il rebaudioside A, quest' ultimo superiore in termini di sapore dolce avendo un'unità di glucosio in più.

S. rebaudiana è usata in molte parti del mondo come dolcificante non calorico, infatti la polvere delle sue foglie non contiene calorie e possiede un potere dolcificante 200-300 volte superiore al comune zucchero da tavola, non ha un retrogusto indesiderato ed è stabile in una varietà di prodotti (prodotti da forno, confezionati, bibite, ecc.). Gli estratti concentrati delle foglie di questa pianta possono essere usati senza restrizioni particolari sia da persone normali che diabetiche (V. Peteliuk, L. Rybchuk, M. Bayliak, K. B Storey, O. Lushchak,2021) .



Fig. 6.1.1. Polvere di estratto foglie di *Stevia rebaudiana* Bertoni, commercializzata come dolcificante

Gli studi condotti sugli estratti di questa pianta hanno indicato che questi composti esercitano potenziali effetti benefici sulla salute dell'uomo, relativamente ad attività ipoglicemica, antipertensiva, antinfiammatoria, antidiarroica, effetto antiossidante, antimicrobica (M.B. Tadhani, R. Subhash,2007).

Per quanto concerne l'attività antipertensiva dello stevioside, da studi condotti *in vivo* e clinici, è emerso che la pressione sanguigna si riduce solo in soggetti ipertesi, tramite una diminuzione del volume plasmatico e delle resistenze vascolari (P.Colicci, A. Vitalone,2018).

Diversi studi preclinici, rivolti a valutare gli effetti ipoglicemizzanti dello stevioside, hanno evidenziato che tale attività è accompagnata da un ruolo significativo nell'alleviare i sintomi del danno epatico e renale dovuto al diabete, con riduzione dello stress ossidativo. Il meccanismo che porta ad un miglioramento complessivo del benessere dell'organismo sembra dovuto alla variazione del trasporto di glucosio, alla sua eliminazione ed alla modulazione della secrezione insulinica (P.Colicci, A. Vitalone,2018).

Ci sono ampie testimonianze che dimostrano che lo stevioside possiede un effetto antinfiammatorio sia *in vitro* che *in vivo*, godendo di proprietà immunostimolanti, aumenta la risposta umorale mediata dalle cellule B e T e dalla funzione fagocitaria(P.Colicci, A. Vitalone,2018).

Altra potenziale applicazione consiste nell'effetto antidiarroico, dovuta probabilmente all'effetto inibitorio sull'afflusso di Ca^{2+} nella muscolatura liscia intestinale (diminuzione dell'iperomotilità), svolto dallo stevioside e da altri composti ad esso correlati. Un ruolo importante sembra svolto dai composti fenolici (ottenuti da estrazione etanolica delle foglie), i quali hanno la capacità di inibire i radicali liberi (radicale idrossile, anione superossido, perossido d'idrogeno), agendo come agenti riducenti. Altra interessante attività di *S. rebaudiana*, evidenziata in vitro, è quella antimicrobica, soprattutto rivolta contro Gram-positivi ed esercitata da estratti acetonicici della pianta. Al fine di mantenere una buona salute del cavo orale, i dolcificanti naturali sono i migliori sostituti dello zucchero. A questo riguardo, è stato evidenziato che un'alta quantità di glicosidi steviolici possiede abilità nel ridurre la crescita batterica, a concentrazioni richieste di stevioside piuttosto basse rispetto a quelle necessarie per ottenere lo stesso potere dolcificante dello zucchero da tavola. I risultati di studi *in vitro* ed *in vivo* indicano che *Streptococcus mutans* (importante microrganismo cariogeno) presenta una crescita ridotta e secerne meno acido quando è coltivato su terreni contenenti stevioside, rispetto a quando cresce su saccarosio, glucosio o fruttosio. Il potenziale applicativo di un regolare consumo di Stevia sulla carie dentale andrebbe approfondito anche in clinica. Per quanto riguarda la sicurezza dei glicosidi steviolici, studi tossicologici hanno mostrato che lo stevioside non ha effetti mutageni, teratogeni o carcinogeni e non sono state riscontrate reazioni allergiche se usato come dolcificante. Ulteriori studi sulla tossicità sistemica e riproduttiva del rebaudioside A confermano che i glicosidi steviolici sono sicuri in seguito ad un uso alimentare. La Commissione Europea ha adottato il Regolamento UE 1131/2011 che ha concesso l'autorizzazione all'uso dei glicosidi steviolici come dolcificanti negli alimenti, dopo che gli esperti scientifici dell'*European Food Safety Authority* (EFSA) hanno fissato una dose giornaliera ammissibile (DGA) pari a 4 mg/kg di peso corporeo/*die*. All'additivo alimentare è stato assegnato il codice "E960" ed è stato aggiunto all'elenco UE degli additivi alimentari autorizzati (P.Colicci, A. Vitalone, 2018).

Nella tabella sottostante sono riportate le principali differenze tra *S. rebaudiana* ed i dolcificanti artificiali.

<i>S. rebaudiana</i>	<i>Dolcificanti artificiali</i>
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Naturale ➤ Possibile regolatore dell'appetito ➤ Zero calorie ➤ Proprietà benefiche per l'uomo (alto potere dolcificante, non cariogena) ➤ Stabile fino a 200°C 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Artificiali ➤ Stimolano l'appetito ➤ Valore energetico (e.g., aspartame 4 kcal/g) ➤ Vari effetti collaterali (disordini metabolici, mal di testa, ecc.) ➤ Non stabili a temperature elevate

Tabella 6.1 Principali differenze tra *Stevia rebaudiana* Bertoni ed i dolcificanti artificiali

7. SOSTANZE PROTEICHE

Le sweet proteins, sono sette sostanze proteiche che costituiscono un'interessante alternativa ad alcuni tradizionali dolcificanti, la loro attività dipende dalla struttura tridimensionale, che, a sua volta, è sensibile a parametri fisici esterni, temperatura, pH o pressione che possono cambiare durante la lavorazione degli alimenti.

Infatti, come riportato da uno studio pubblicato nel Nutrition Journal da un autore Indiano Ravi Kent(2005) ha affermato che la prevalenza dell'obesità e del diabete è aumentata drammaticamente negli ultimi anni negli Stati Uniti, con modelli simili osservati anche in molti altri paesi, inclusa l'India. Il diabete mellito è una malattia cronica causata da una carenza ereditaria o acquisita nella produzione di insulina da parte del pancreas o dall'inefficacia dell'insulina prodotta. I dolcificanti artificiali come la saccarina, l'aspartame, il ciclamato e l'acesulfameK sono utilizzati in tutto il mondo come edulcoranti ipocalorici da pazienti affetti da malattie legate al consumo di zucchero, ad es. diabete, iperlipemia, carie, obesità ecc. ma hanno effetti collaterali come problemi psicologici, disturbi mentali, cancro alla vescica, insufficienza cardiaca e tumori cerebrali. Le proteine dolci hanno il potenziale per sostituire questi dolcificanti artificiali, agendo come dolcificanti naturali, buoni e a basso contenuto calorico, poiché sappiamo che le proteine non innescano una richiesta di insulina in questi pazienti al contrario del saccarosio.

Finora ci sono sette proteine dolci e modificanti il gusto conosciute, vale a dire Brazzelina, Taumatina, Monellina, Curculina, Mabinlina, Miracilina e Pentadina. I residui chiave sulla superficie della proteina responsabili dell'attività biologica non sono stati ancora identificati con certezza per nessuna di queste proteine. È stato riscontrato che Monellina è 100000 volte più dolce del saccarosio su base molare, seguito da Brazzelina e Taumatina che sono rispettivamente 500 volte e 3000 volte più dolci del saccarosio (gli ultimi due in base al peso). Tutte queste proteine sono state isolate da piante che crescono nelle foreste pluviali tropicali. Sebbene la maggior parte di essi non condivide l'omologia di sequenza o la somiglianza strutturale, la taumatina condivide un'ampia omologia con alcune proteine non dolci che si trovano in altre piante (Kent, 2005).

7.1 Taumatina

Le taumatine sono una classe di proteine intensamente dolci isolate dal frutto della pianta tropicale

Thaumatococcus daniellii. Le proteine quali taumatina I e taumatina II cristallizzano in un reticolo esagonale dopo un cambiamento di temperatura da 293 a 277 K.

Sono costituite da 207 residui di amminoacidi con otto legami disolfuro intramolecolari e non contengono residui

di cisteina liberi. La proteina è circa 10000 volte più dolce dello zucchero su base molare. È una proteina che ha un sapore intensamente dolce solo per le scimmie del Vecchio Mondo e per i primati superiori, compreso l'uomo, poiché è stato scoperto che la proteina si lega a determinati elementi nei pori del gusto delle papille foliate della scimmia Rhesus. La taumatina è stata approvata per l'uso in molti paesi sia come esaltatore di sapidità che come dolcificante ad alta intensità (Kent, 2005).



Fig. 7.1 Frutti di *Thaumatococcus Daniellii*

7.2 Monellina

La monellina, è costituita da due catene polipeptidiche associate in modo non covalente, una prima catena di 44 residui di amminoacidi e una seconda catena di 50 residui di amminoacidi. La proteina può essere purificata dal frutto di

Dioscoreophyllum cumminsii coltivato in Africa occidentale ed è circa 100.000 volte più dolce dello zucchero su base

molare e diverse migliaia di volte più dolce su base peso. La monellina a catena singola, che è un polipeptide ingegnerizzato a 94 residui, ha dimostrato di essere dolce come la monellina nativa a due catene ed è più stabile della monellina nativa ad alte temperature e in ambienti acidi.

La monellina nativa è relativamente sensibile al trattamento termico o acido, che può causare la separazione delle sottounità e la denaturazione della proteina (kent,2005).



Fig. 7.2 Frutti di *Dioscoreophyllum cumminsii*

7.3 Miracolina

La miracolina si estrae dalla *Richadella dulcifica* un arbusto sempreverde originario dell'Africa occidentale. La proteina è un singolo polipeptide con 191 residui di amminoacidi. Modifica il recettore dolce in modo tale che possa essere stimolato dall'acido. Pertanto, la miracolina ha l'insolita proprietà di modificare il gusto acido in gusto dolce.



Fig 7.3 Frutti di *Richadella dulcifica*

La proteina, infatti, modifica il recettore del gusto dolce durante il legame e questo comportamento è responsabile della modifica del gusto della sostanza acida. Tutti gli acidi (che sono normalmente acidi) hanno un sapore dolce dopo il consumo di queste proteine. Gli effetti di queste proteine durano per circa mezz'ora; perciò dopo il consumo e l'assunzione di qualsiasi sostanza acida, quest'ultima avrà quindi un sapore dolce durante questo periodo di tempo. Le papille gustative raggiungono poi lo stato normale con il tempo (Kent,2005).

7.4 Brazzellina

La brazzeina è la più piccola e la più stabile al calore e al PH tra le sweet proteins. È composta da 54 residui di amminoacidi, risulta essere tra le 500 e le 2000 volte più dolce del saccarosio e rappresenta un'ottima alternativa ai dolcificanti a basso contenuto calorico disponibili.



Fig 7.4 Frutti di *Pentadiplandra brazzeana Baillon*

Viene ricavata dal frutto di una pianta africana *Pentadiplandra brazzeana Baillon*, un arbusto rampicante dell'Africa tropicale. La stabilità al calore e al pH della proteina ne fa un sistema ideale per studiare i requisiti chimici e strutturali di una proteina dal sapore dolce (Kent,2005).

7.5 Curculina

La curculina viene estratta dalla *Curculigo latifolia* ed agisce come un buon dolcificante a basso contenuto calorico. Dopo il consumo di questa sweet protein le sostanze acide ma anche l'acqua suscitano un sapore dolce. È un eterodimero costituito da due unità con 114 amminoacidi sensibile al calore e non è autorizzata in EU e negli USA ma è consentita in Giappone. (Kent,2005)



Fig. 7.5 Pianta di *Curculigo latifolia*

7.6 Mabinlina

La mabinlina è una proteina dolce con la più alta termostabilità conosciuta, la si ricava da *Capparis masaikai* e si stima che la sua dolcezza sia circa 400 volte quella del saccarosio in base al peso. È costituita da una catena A con 33 residui di amminoacidi e da una catena B composta da 72 residui. La catena B contiene due legami disolfuro intramolecolari ed è collegata alla catena A attraverso due ponti disolfuro intermolecolari. La sua stabilità al calore è dovuta alla presenza di questi quattro ponti disolfuro (Kent,2005).



Fig. 7.6 Pianta di *Capparis masaikai*

7.7 Pentadina

La pentadina è una proteina dolce estratta dalla pianta *Pentadiplandra brazzeana*, un arbusto che si trova nelle foreste tropicali di alcuni paesi africani. Non sono disponibili molte informazioni sulla proteina nonostante il suo isolamento diversi anni fa, nel 1989. La proteina è stata segnalata per essere circa 500 volte più dolce del saccarosio in base al peso.



Fig. 7.7 Pianta di *Pentadiplandra brazzeana*

8. MIELE

8.1 Definizione e caratteristiche generali

Art.1 D.Lgs. 21 maggio 2004, n.179

Per «miele» si intende la sostanza dolce naturale che le api (*Apis mellifera*) producono dal nettare di piante o dalle secrezioni provenienti da parti vive di piante o dalle sostanze secrete da insetti succhiatori che si trovano su parti vive di piante che esse bottinano, trasformano, combinandole con sostanze specifiche proprie, depositano, disidratano, immagazzinano e lasciano maturare nei favi dell'alveare.

Una prima classificazione che tiene conto della materia prima da cui le api attingono, prevede la distinzione in:

- miele di nettare o di fiori: ottenuto a partire dal nettare presente nei fiori
- miele di melata o di bosco: ottenuto a partire dalle sostanze prodotte da altri insetti succhiatori

Il nettare è una soluzione acquosa zuccherina secreta dalle piante grazie a delle particolari strutture dette nettari, collocate in genere nel fiore. Si tratta di un liquido la cui composizione zuccherina (costituita principalmente di fruttosio, glucosio e saccarosio) è estremamente variabile da pianta a pianta (5-80% di zuccheri): questo fa sì che fiori il cui nettare ha soltanto 5-10% di zuccheri, non vengano nemmeno visitati dalle api, le quali sono invece più propense a nettari con almeno il 50% di zuccheri. Nelle piante si possono anche individuare delle strutture che portano alla produzione di nettare al di fuori del fiore: in questo caso si parla di nettari extrafloriali.

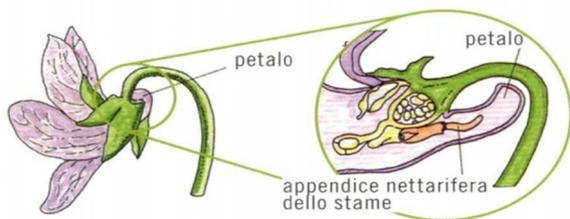


Fig. 8.1 I nettari possono assumere forme ben diverse, nella *Viola tricolor* L. il petalo anteriore forma uno sperone che raccoglie il nettare formato dalle appendici nettarifere degli stami.

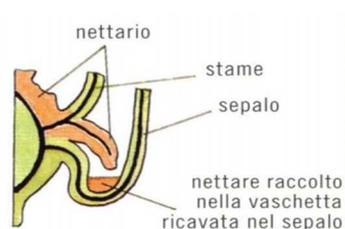


Fig. 2.2 Sezione longitudinale di parte del fiore di una crucifera: il nettare secreto dal nettario viene raccolto in una vaschetta ricavata da un sepalò ripiegato.

La melata, come il nettare, ha come materiale di partenza la linfa delle piante; essa non viene raccolta in seguito alla diretta produzione della pianta ma dopo una prima trasformazione mediata da insetti parassiti: si tratta di insetti fitomizi. Questo tipo di insetti, rappresentati per la maggiore dagli afidi, per reperire le sostanze azotate fondamentali alla loro esistenza, danneggiano con l'apparato boccale i tessuti



Fig. 2.3 La trofallassi è un processo che si svolge per 15-20 minuti. Non si tratta solo di scambio di cibo ma consente ai singoli componenti della famiglia di essere sempre in contatto tra loro.

vegetali e ne assorbono la linfa. Le sostanze azotate presenti all'interno della linfa però sono piuttosto scarse, perciò essi ne assorbono grandi quantitativi: la soluzione zuccherina di scarto viene eliminata sotto forma di goccioline di melata. Queste gocce depositate sui tessuti vegetali vengono quindi raccolte dalle api le quali ne producono un miele molto apprezzato. Sia che si parli di nettare che di melata, l'ape bottinatrice raccoglie il materiale zuccherino tramite la ligula, una sorta di proboscide tubolare e in seguito lo arricchisce di enzimi e secrezioni; in attesa del ritorno all'alveare, lo conserva nella borsa melaria, struttura situata all'interno dell'addome. Giunta all'alveare ha quindi inizio la trofallassi. Si tratta di un processo che consiste nel passaggio di ape in ape della singola goccia di nettare raccolta dalla bottinatrice: tramite il trasferimento di ligula in ligula, non solo viene ridotto il quantitativo di acqua iniziale ma vengono aggiunte le secrezioni di ciascuna ape e con queste, gli enzimi fondamentali per le trasformazioni chimiche sugli zuccheri. Tra gli enzimi è necessario ricordare l'azione dell'invertasi, capace di scindere il saccarosio in fruttosio e glucosio. Una volta terminato il passaggio di nettare di ape in ape, il miele che si è formato non è ancora maturo, esso è ancora troppo ricco di acqua perché possa venire "immagazzinato". Grazie al movimento frenetico delle ali, le api ventilatrici creano all'interno dell'alveare una sorta di ricircolo d'aria che consente la riduzione dell'umidità interna. Solo dopo che il miele ha raggiunto un'umidità del 18%, la celletta in cui è inserito, viene opercolata e si può quindi parlare di miele maturo (Bortolotti L. e Marcazzan G.L. (a cura di), 2017).

Il miele di nettare può essere a sua volta distinto in due tipologie:

-miele millefiori o poliflorale

-miele unifiorale o monoflorale

Questa distinzione prende in considerazione principalmente la percentuale di nettare presente all'interno di ciascun prodotto. Un miele monoflora, al contrario di quanto si è portati a pensare, non contiene esclusivamente il nettare di una sola specie botanica ma lo contiene in modo prevalente. Per comprendere se la denominazione è adeguata, si prende in considerazione il tenore di granuli pollinici presenti al suo interno: essi devono essere in prevalenza relativi alla pianta dichiarata. Il miele millefiori invece, è un miele per il quale non è possibile fare riferimento ad una specie botanica precisa; questo potrebbe renderlo meno pregiato dal momento che può venire prodotto in ogni territorio, in realtà esso rappresenta un pezzo unico: è rappresentativo delle specie fiorali presenti soltanto in quella zona geografica specifica (Bortolotti L. e Marcazzan G.L. (a cura di), 2017).

Un'ulteriore classificazione che tiene conto invece del metodo di produzione o di estrazione del miele dal favo e permette di distinguere:

-**miele in favo**: miele immagazzinato dalle api negli alveoli, successivamente opercolati, di favi da esse appena costruiti o costruiti a partire da sottili fogli cerei realizzati unicamente con cera d'api, non contenenti covata e venduto in favi anche interi

-**miele con pezzi di favo o sezioni di favo nel miele**: miele che contiene uno o più pezzi di miele in favo

-**miele scolato**: miele ottenuto mediante scolatura dei favi disopercolati non contenenti covata

-**miele centrifugato**: miele ottenuto mediante centrifugazione di favi disopercolati non contenenti covata

-**miele torchiato**: miele ottenuto mediante pressione dei favi non contenenti covata, senza riscaldamento o con riscaldamento moderato a un massimo di 45°C

-**miele filtrato**: miele ottenuto eliminando sostanze organiche o inorganiche estranee in modo da avere come risultato un'eliminazione significativa di pollini.

Art.1 D.Lgs. 21 maggio 2004, n.179

8.2 Composizione del miele

Il miele è una sostanza complessa (Bortolotti L. e Marcazzan G.L. (a cura di), 2017), nella quale sono stati identificati fino a 200 composti diversi: la maggior parte è costituita da zuccheri e da acqua ma sono presenti anche altre sostanze come amminoacidi, enzimi, proteine, minerali, vitamine, acidi organici, composti fenolici e flavonoidici che contribuiscono alla sua attività biologica (Martinello, M., 2021).

Inoltre, la diversa proporzione tra glucosio e fruttosio è fondamentale per determinare la tendenza più o meno accentuata del miele a cristallizzare: mieli con un più elevato quantitativo di fruttosio come quelli di acacia, castagno e timo avranno la tendenza a rimanere fluidi, mentre quelli di girasole o di tarassaco che contengono relativamente più glucosio, tenderanno a cristallizzare molto più velocemente. La facilità a cristallizzare è dettata da una maggiore solubilità del fruttosio in acqua rispetto al glucosio: l'elevato quantitativo di fruttosio contribuisce a rendere il prodotto più fluido, se invece il miele contiene più glucosio, avverrà la cristallizzazione. Molto spesso questo fenomeno crea l'impressione che il miele sia adulterato, quando in realtà è sinonimo di autenticità dal momento che è un fenomeno del tutto naturale.

La composizione del miele è piuttosto variabile e fortemente legata all'ambiente, al clima e alla stagione in cui le api vivono, alle piante e ai fiori bottinati, ai metodi di estrazione e di conservazione del miele. Tuttavia, la presenza al suo interno di zuccheri tra cui proprio il glucosio e il fruttosio conferisce a questa sostanza un potere edulcorante che può essere sfruttato dal consumatore come dolcificante.

9. EDULCORANTI SINTETICI

I dolcificanti sintetici sono utilizzati sempre di più per alimenti privi di zucchero adatti a pazienti diabetici e a coloro che seguono diete ipocaloriche (F. Evangelisti, P. Restani, 2011).

Tali edulcoranti comprendono diverse sostanze come:

- **Saccarina** (E954): imide dell'acido *o*-sulfobenzoico, dotata di un elevato potere edulcorante ovvero 400 volte il saccarosio. Non ha calorie, ha un leggero retrogusto amaro-metallico, può accumularsi negli organi molto irrorati dal sangue come rene, fegato e polmoni, vescica e attraversa la placenta. È molto usata in confetteria e bevande analcoliche ma non in cottura perché dà odore sgradevole.
- **Acido ciclammino** e ciclammati (E950): sono dei cicloesilsolfammati di sodio, 30 volte più dolci del saccarosio. Il loro uso è vietato nel mercato USA perché considerati cancerogeni, ma riabilitati dopo alcune ricerche, inoltre non contengono calorie.
- **Acesulfame K** (E950): è il sale potassico del derivato ossitiazinico, 200 volte più dolce del saccarosio e non apporta calorie.
- **Aspartame** (E 951): è un estere metilico dell'aspartil -L-fenilalanina ed è 150-200 volte più dolce del saccarosio ma fornisce calorie come il saccarosio. È sensibile al calore e al pH ed è vietato ai soggetti che soffrono di difetti di metabolizzazione della fenilalanina.
- **Aspartame -acesulfame** (E962): è un sale costituito da i 2 componenti in rapporto di 2/3 di aspartame e 1/3 di acesulfame. Presenta vantaggi rispetto ai due dolcificanti isolati poiché è 350 volte più dolce del saccarosio e ha maggiore solubilità e minore impatto metabolico. Le DGA e le ADI rispecchiano quelle dei 2 componenti isolati.
- **Advantame**: non è calorico e si forma per condensazione di vanillina e aspartame. Ha un potere edulcorante pari a 20.000 ed è stabile al calore usato quindi nei prodotti da forno ed è solubile in acqua di conseguenza usato in pastiglie per addolcire. È stato approvato in EU, Australia, nuova Zelanda e Giappone.

- **Neotame** (E961): è dotato di un potere dolcificante di 7000-13000 volte rispetto al saccarosio. Chimicamente è simile all'aspartame ma usato a livelli chimicamente inferiori, il consumo è sicuro anche per coloro che soffrono di fenilchetonuria.
- **Sucralosio** (E 955): deriva dalla clorazione del saccarosio infatti è il derivato clorurato del saccarosio. Non è calorico, ha un potere dolcificante di 600 volte rispetto al saccarosio ed è solubile in acqua. È dotato di una eccellente stabilità termica (può andare incontro a idrolisi a condizioni drastiche) ed ha un sapore molto simile al saccarosio.
- **Neoesperidina** (E 959): viene sintetizzata per parziale idrogenazione dell'esperidina (bioflavonoide presente nella buccia degli agrumi). Ha un potere dolcificante pari a 1800-3000 ed ha un retrogusto amaro simile alla liquirizia che la rende adatta ad un numero limitato di alimenti. Essa, è stabile al calore, usata in dentifrici e collutori.

CONCLUSIONE

Dei cinque gusti fondamentali, il dolce è quello con la soglia di percezione più alta: per esempio, rispetto a quelle amare, le sostanze dolci devono essere fino a diecimila volte più concentrate per essere percepite. Per comprendere questo fenomeno dal punto di vista adattativo ed evolutivo basta mettersi nei panni di uno dei primi uomini. Preferireste essere molto sensibili alle sostanze amare perché spesso sono anche tossiche (ad esempio l'amigdalina od altri veleni vegetali), così da percepirle immediatamente ed evitarle. Il dolce invece è un indicatore nutrizionale, che aiuta a distinguere un frutto maturo da uno acerbo per garantirsi l'assunzione di cibi sufficientemente concentrati da soddisfare il fabbisogno energetico.

Questo sistema funzionava benissimo in un mondo in cui la ricerca o la produzione di cibo erano le attività principali e in cui la fame era ben conosciuta. Il problema si pone invece per noi che viviamo nel terzo millennio nel "primo mondo". I cibi dolci sono molto calorici, e per noi fortunati per cui la mancanza di cibo non è un problema, il fatto di non esserci liberati della nostra ancestrale passione per il dolce si traduce in dilaganti obesità e diabete.

Questo perché gli edulcoranti rientrano tra le sostanze che con il passare degli anni vengono sempre più utilizzate sia in prodotti destinati all'alimentazione che in prodotti di altro genere, motivo per il quale se assunti in quantità elevate possono destare svariati rischi come ad esempio obesità, diabete, sviluppo di carie e tutta una serie di altre problematiche. Ecco perché al fine di prevenire tali problematiche o proprio per i pazienti già affetti da tali disturbi può essere fondamentale ridurre le quantità assunte preferendo proprio questi edulcoranti naturali che non solo a volte apportano meno calorie ma avendo un potere edulcorante superiore consentono di utilizzarne una quota minore. In aggiunta, il grande mondo delle piante ci fornisce una serie di sostanze utili a tali scopi.

Non sappiamo perché le piante producano tutte queste sostanze non zuccherine che noi percepiamo come dolci. Alcune hanno poteri antibatterici o antifungini, ma molte hanno funzioni biologiche ancora sconosciute. Di certo non è un adattamento mirato a stimolare il palato degli animali; anche tra specie strettamente imparentate si trovano grandi differenze nella capacità di percepire i sapori.

Per esempio la taumatina e l'aspartame, che per noi e le scimmie antropomorfe sono dolcissimi, sembrano non avere nessun effetto sulle nostre cugine scimmie catarrine.

A prescindere dal perché lo fanno, ancora una volta le piante si dimostrano una fonte inesauribile di soluzioni per i nostri problemi. Se riusciremo a proteggerne la diversità, studiarne la chimica e esplorare gli usi che ne vengono fatti nelle ricette tradizionali da tutto il mondo, sicuramente non rimarremo delusi dalle infinite soluzioni che le piante sapranno proporci.

BIBLIOGRAFIA

- P. Cappelli, V. Vannucchi, Principi di Chimica degli alimenti, casa editrice ambrosiana (2016)
- L. Mannina, M. Daglia, A. Ritieni, La chimica e gli alimenti nutrienti e aspetti nutraceutici, casa editrice ambrosiana (settembre 2019)
- F. Evangelisti, P. Restani, Prodotti Dietetici seconda edizione chimica tecnologia ed impiego, Piccin (1 febbraio 2011)
- M. Pearlman, J. Obert, L. Casey, The Association Between Artificial Sweeteners and Obesity. *Curr Gastroenterol Rep.* 19,64. (2017)
- K. Salli, M. J. Lehtinen, K. Tiihonen, A. C. Ouwehand, Xylitol's Health Benefits beyond Dental Health: A Comprehensive Review. *Nutrients* 11:1813(2019)
- Regolamento 1924/2006 che stabilisce le regole per l'utilizzo delle indicazioni nutrizionali e di salute (Claims) che possono essere rivendicate sulle etichette degli alimenti e/o con la pubblicità
- J. C. Ruiz-Ruiz, Y. B. Moguel-Ordoñez, M. R. Segura-Campos, Biological activity of *Stevia rebaudiana* Bertoni and their relationship to health. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 57:2680-2690
- V. Peteliuk, L. Rybchuk, M. Bayliak, K. B. Storey, O. Lushchak, Natural sweetener *Stevia rebaudiana*: Functionalities, health benefits and potential risks. *EXCLI J* 20:1412-1430 (2021)
- M. B. Tadhani, R. Subhash, *In Vitro* Antimicrobial Activity of *Stevia Rebaudiana* Bertoni Leaves. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* Vol. 5 (1) 2006: 557-560 (2007)
- R. Kant, Sweet proteins- Potential replacement for artificial low calorie sweeteners. *Nutrition journal*, 4:5 (2005)
- Decreto Legislativo del 21 maggio 2004, n.179. Attuazione della direttiva 2001/110/CE concernente la produzione e commercializzazione del miele
- Martinello, M. Antioxidant Activity in Bee Products: A Review. (2021)
- Laura Bortolotti e Gian Luigi Marazzan (a cura di), I prodotti dell'alveare, Milano, Edagricole, 2017
- Pistoia A., Apicoltura tecnica e pratica. Tutela dell'apiario e qualità dei suoi prodotti, Verona, L'Informatore Agrario, 2017

SITOGRAFIA

- Scientificast

<https://www.scientificast.it/dolcificanti/>

- Rivista di agraria

<https://www.rivistadiagraria.org/articoli/anno-2018/stevia-rebaudiana-bertoni-modo-dolcificare-non-solo/>

- Pubmed

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

- Ministero della salute

www.salute.gov.it/

- EUR-lex- accesso al diritto dell'Unione Europea

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=celex:32006R1924>

- Humanitas Research Hospital

<https://www.humanitas.it/enciclopedia/integratori-alimentari/maltitolo/>

- Google Scholar

<https://scholar.google.it/>

- Corriere della sera

<https://www.corriere.it/salute/dizionario/edulcorante/>

- ESI- Benessere naturale

<https://www.esi.it/it/ingredienti/stevia-rebaudiana/>