Il sapore dolce

Il prodotto di riferimento è lo zucchero domestico (**saccarosio**, sempre purissimo al 99-99,5% o ancora meglio).

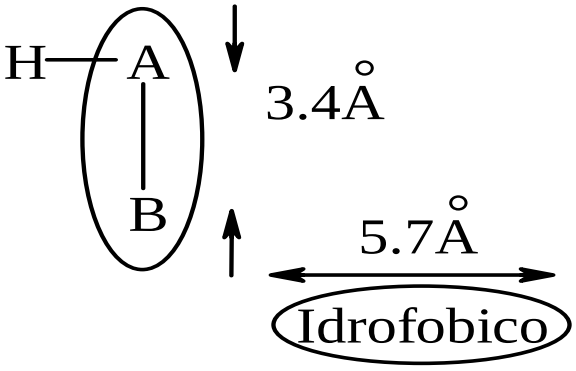
Si ritrova questo sapore in molti zuccheri, in senso chimico, come il glucosio e il fruttosio, l'arabinosio, lo xilosio... ma anche negli alcol, il cloroformio, i sali di piombo e il berillio. La storia ci dice, ad esempio, che l'uso abbondante dei sali di piombo, il litargirio, per addolcire i cibi e le bevande dei Romani è una causa accertata di saturnismo intenso e uno dei fattori possibili che hanno portato alla caduta del l'Impero romano. D'altronde, si conoscono numerosi edulcoranti naturali (taumatina...) o sintetici (saccarina, aspartame...) con delle strutture chimiche molto varie, a volte con molecole aventi pesi ben superiori agli zuccheri.

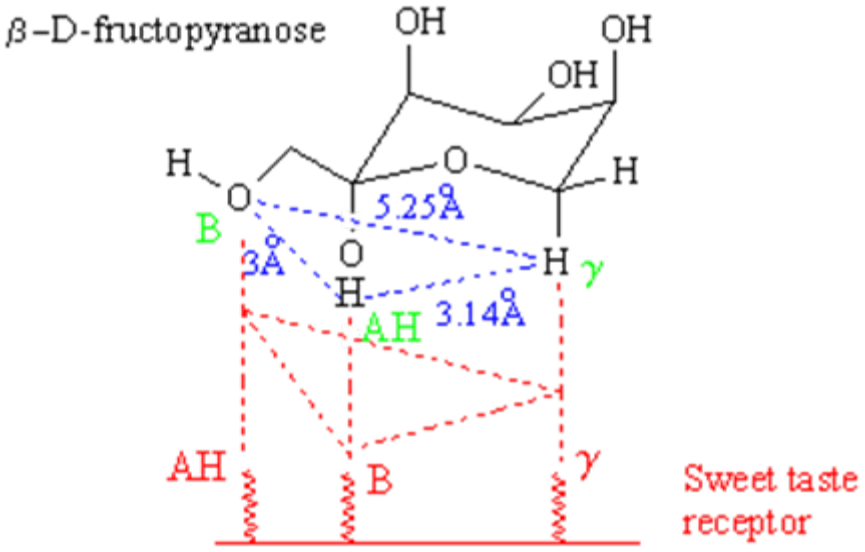
Esistono degli edulcoranti costituiti da amminoacidi in molecole molto grandi (taumatina naturale) o con soli due amminoacidi, come l'aspartame. Si può pensare che tali molecole, anche a una concentrazione molto bassa, possano contribuire al sapore dolce dei vini. Tale potere dolcificante può essere rinforzato da altre molecole non dolcificanti (come il maltolo, il furaneolo...), o mascherato da altri (come l'acido gymnemico), la cui funzione pratica è poco conosciuta.

Il gusto dolce: modello di interazione molecola-recettore

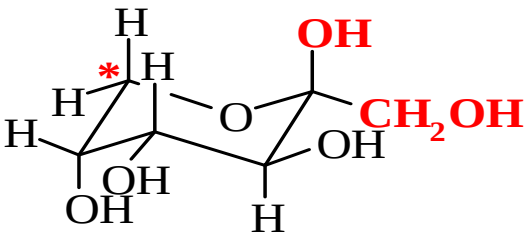
Il processo è veloce, reversibile ed implica un assorbimento stereospecifico sul sito recettoriale

Modello di Schallenberger: saporous unit (glicoforo)

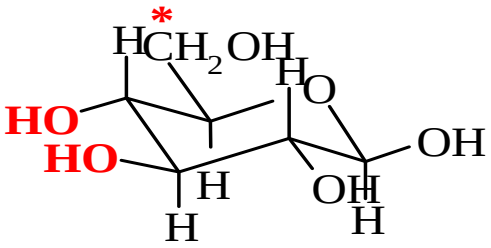




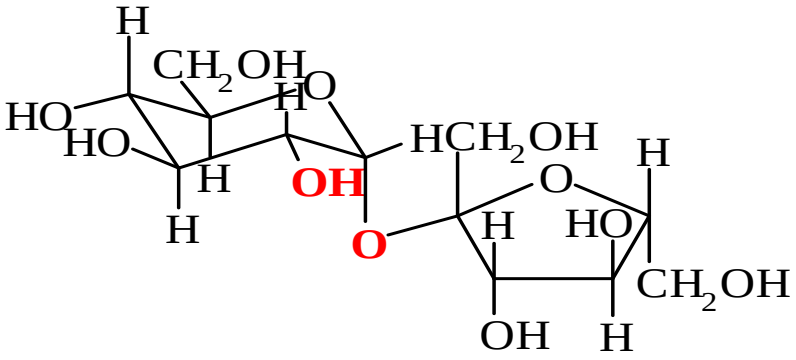
Glicofori in alcuni zuccheri



β-D-fruttosio



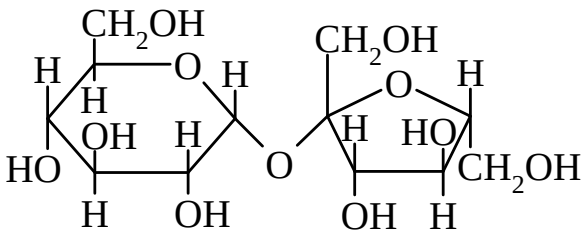
β-D-glucosio



saccarosio

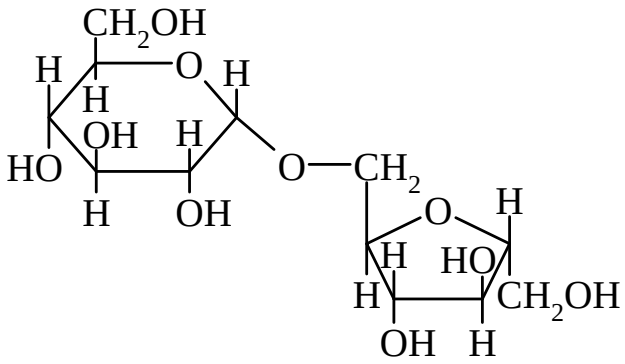
* Gruppo idrofobico (γ)

Isomalto



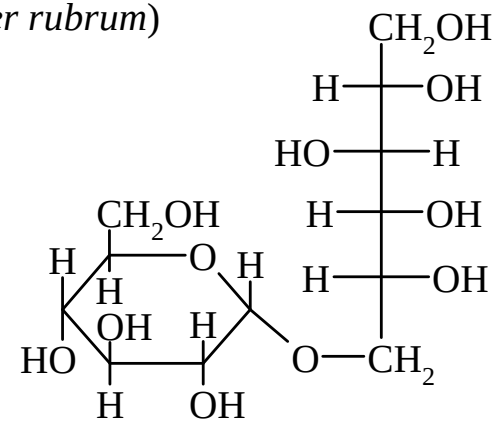
Saccarosio

transglucososSidasi (*Protaminobacter rubrum*)



Isomaltulosio

H_2



α-D-glucopiranosil-(1→6)-D-sorbitolo

+

α-D-glucopiranosil-(1→6)-D-mannitolo

(isomalto)

Sapore di ammino acidi (H_2O, pH = 6-7)

Ammino acido	L		D	
	Sapore	Valore di soglia (mmol/l)	Sapore	Valore di soglia (mmol/l)
Alanina	Dolce	12 – 18	Dolce	12 – 18
Arginina	Amaro		Neutro	
Asparagina	Neutro		Dolce	3 – 6
Acido aspartico	Neutro		Neutro	
Cistina	Neutro		Neutro	
Glutammina	Neutro		Neutro	
Acido glutammico	Di carne		Neutro	
Glicina	Dolce	25 – 35		
Istidina	Amaro	45 – 50	Dolce	2 – 4
Isoleucina	Amaro	10 – 12	Dolce	8 – 12
Leucina	Amaro	11 – 13	Dolce	2 – 5
Lisina	Dolce Amaro	 80 – 90	Dolce	
Metionina	Solforoso		Solforoso Dolce	 4 – 7
Fenilalanina	Amaro	5 – 7	Dolce	1 – 3
Prolina	Dolce Amaro	25 – 40 25 – 27	Neutro	
Serina	Dolce	25 – 35	Dolce	30 – 40
Treonina	Dolce	35 – 45	Dolce	40 – 50
Triptofano	Amaro	4 – 6	Dolce	0.2 – 0.4
Tirosina	Amaro	4 – 6	Dolce	1 – 3

Sapore di ammino acidi

Influenza della configurazione

D-ammino acidi: dolci

L-ammino acidi: amari

Catena laterale ciclica (prolina): dolci e amari

Valore di soglia influenzato dalla idrofobicità

L-Trp e L-Tyr ($c_{t\ amaro}$ = 4-6 mmol/l) i più amari, D-Trp ($c_{t\ dolce}$ = 0.2-0.4 mmol/l)

Per riferimento

Caffeina, $c_{t\ amaro}$ = 1-1.2 mmol/l (5 volte più amara di L-Trp)

Saccarosio, $c_{t\ dolce}$ = 10-12 mmol/l (37 volte meno dolce di D-Trp)

L-Glu

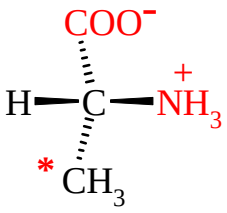
Alta concentrazione: sapore di brodo di carne (gusto umami)

Bassa concentrazione: esalta la sapidità

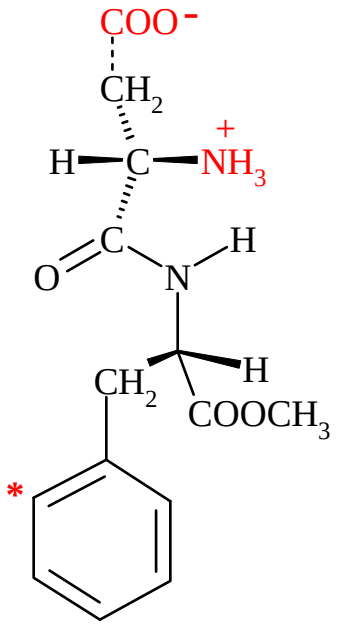
L-Met

Sapore sulfureo

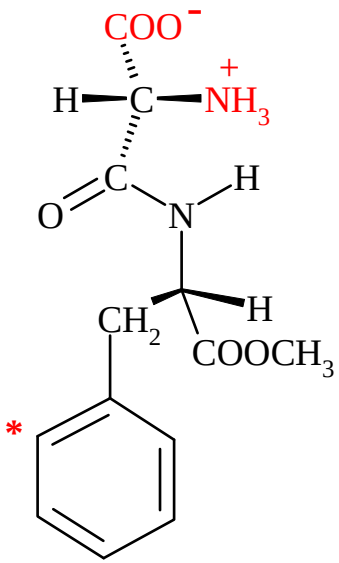
Correlazioni strutturali tra D-ammino acidi e peptidi di sapore dolce



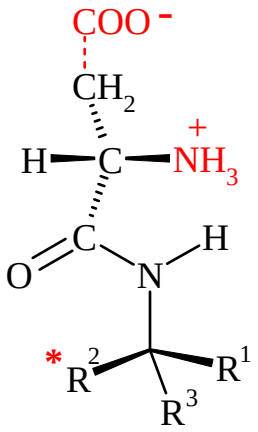
D-AA



Aspartame (L,L)



L-Ammino-malonico



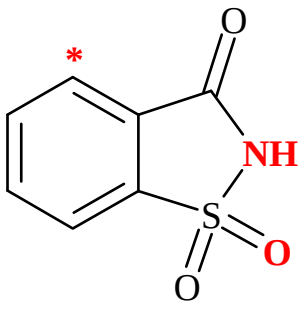
* Gruppo idrofobico (γ)

Sapore degli esteri di dipeptidi contenenti acido aspartico (R^1 = H) o acido amminomalonico (R^1 = H)

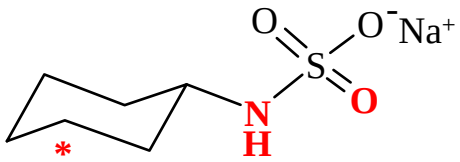
R^2	R^3	Sapore[a]
$COOCH_3$	H	8
n-C_3H_6	$COOCH_3$	4
n-C_4H_7	$COOCH_3$	45
n-C_4H_9	$COOC_2H_5$	5
n-C_6H_{13}	CH_3	10
n-C_7H_{15}	CH_3	Neutro
$COOCH(CH_3)_2$	n-C_3H_7	17
$COOCH(CH_3)_2$	n-C_4H_9	Neutro
$COOCH_3$	$CH_2C_6H_5$	Amaro
$CH(CH_3)C_2H_5$	$COOCH_3$	Amaro
$CH_2CH(CH_3)_2$	$COOCH_3$	Amaro
$CH_2C_6H_5$	$COOCH_3$	140
COO-2-metil-cicloesil	$COOCH_3$	5000-7000
COO-fenchil	$COOCH_3$	22000-33000

[a] $f_{sac,g}$ (soluzione di saccarosio al 10%)

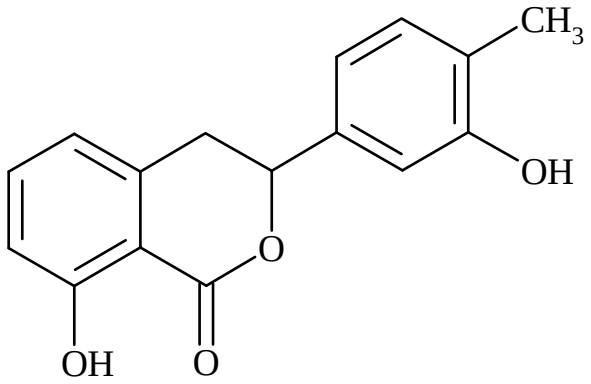
Tipi di dolcificanti



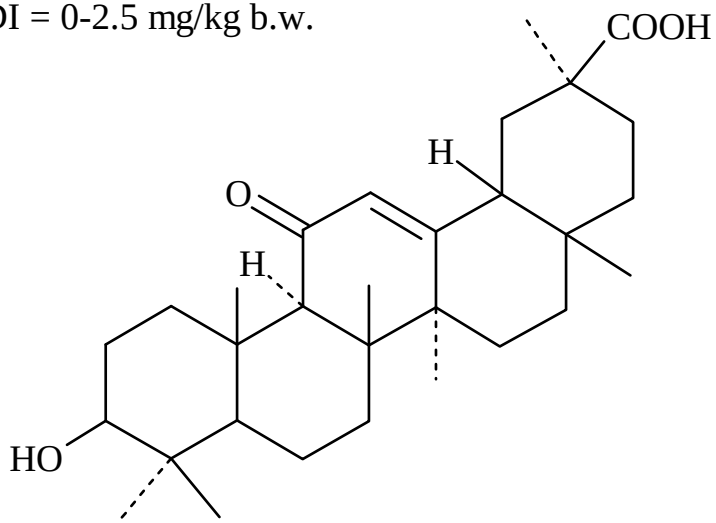
Saccarina
$f_{sac,g}(4) = 320$
Retrogusto amaro
se troppo concentrata
ADI = 0-2.5 mg/kg b.w.



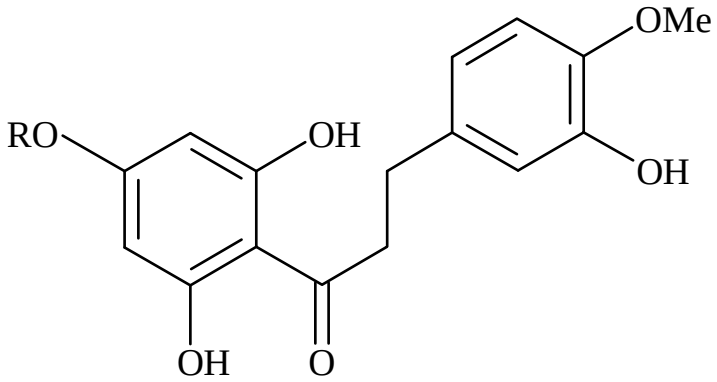
Ciclammato
$f_{sac,g}(10) = 35$
Meno piacevole
ADI = 0-11 mg/kg b.w.



Fillodulcina (Hydrangea macrophylla)
$f_{sac,g}(5) = 250$



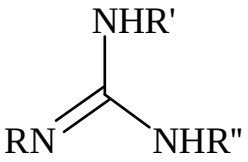
Acido glicirizzico
(Radice di liquirizia, presente come β,β'-glucuronido-gucuronide)
$f_{sac,g}(4) = 50$
Effetti similcortisonici



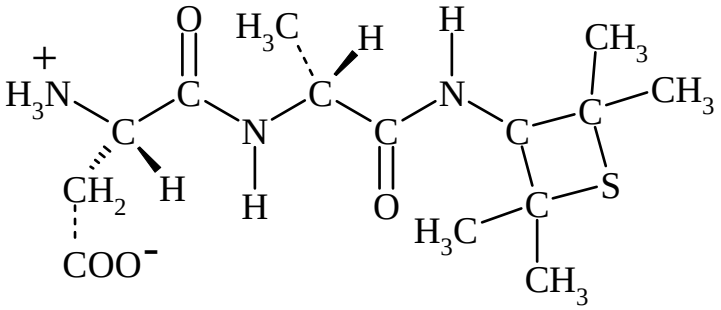
β-Neoesperidina diidrocalcone
R = β-neoesperidosil
$f_{sac,g}(10) = 667$

* Gruppo idrofobico (γ)

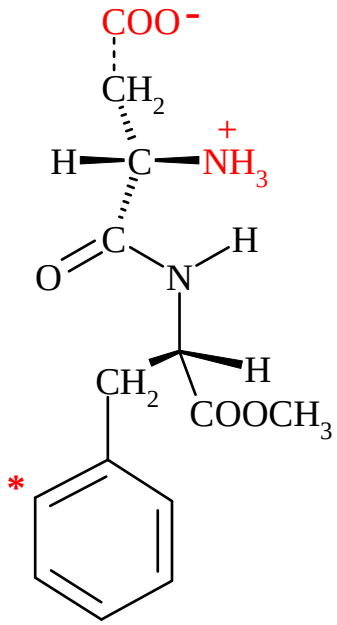
Tipi di dolcificanti



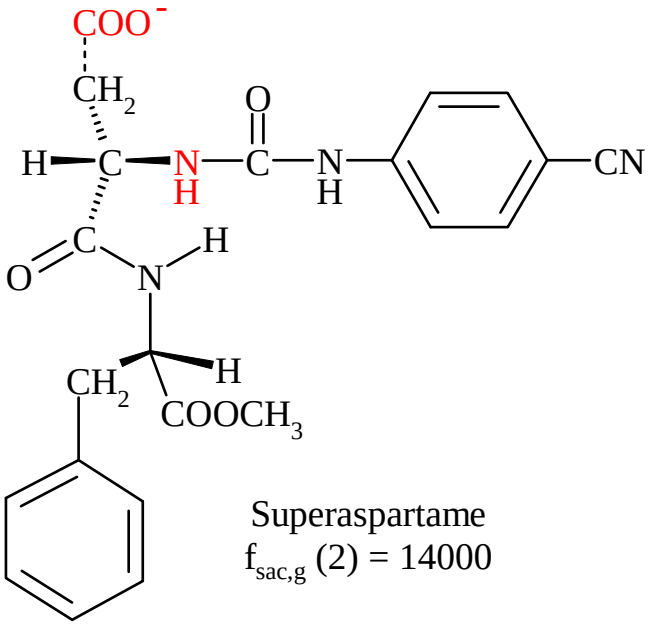
Guanidine
Composti più dolci finora conosciuti



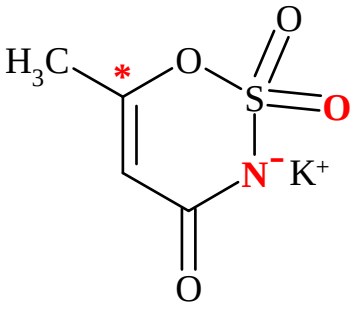
N-3-(2,2,4,4-tetrametil)-tietanilammide di L-Asp-D-Ala
(Alitame)
$f_{sac,g}$ (10) = 2000



Aspartame
L-Asp-L-Phe-OMe ("Nutrasweet")
$f_{sac,g}$ (10) = 133



Superaspartame
$f_{sac,g}$ (2) = 14000

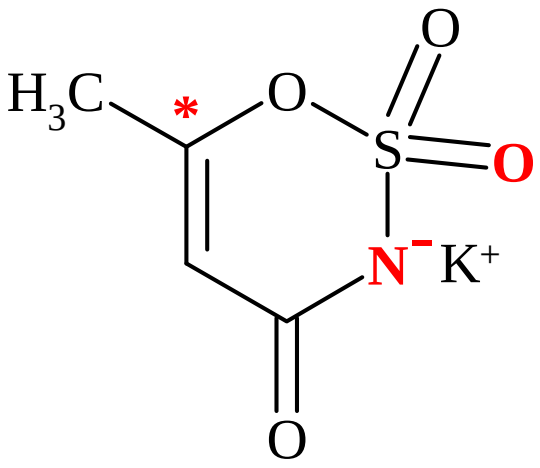


Acesulfame K
(Oxatiazinone diossidi)

* Gruppo idrofobico (γ)

Acesulfame K

(6-metil-1,2,3-oxatiazin-4-one-2,2-diossido)



100-200 volte più dolce del saccarosio.

Dolcificante da tavola, per alimenti e bevande.

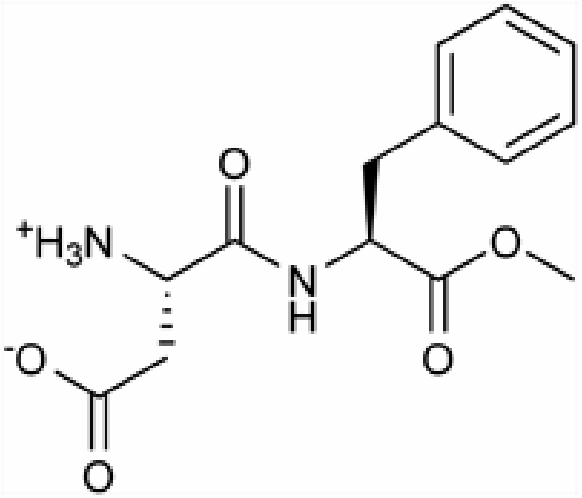
Stabile alla temperatura (cottura, prodotti da forno).

Acceptable daily intake (ADI) = 15 mg/kg di peso corporeo.

Approvato in: USA, EU (E950), Africa, Asia, Australia.

Aspartame (“Nutrasweet”)

(*N*-L-α-aspartil-L-fenilalanina metilestere)



180 volte più dolce del saccarosio.

Dolcificante da tavola, per alimenti e bevande.

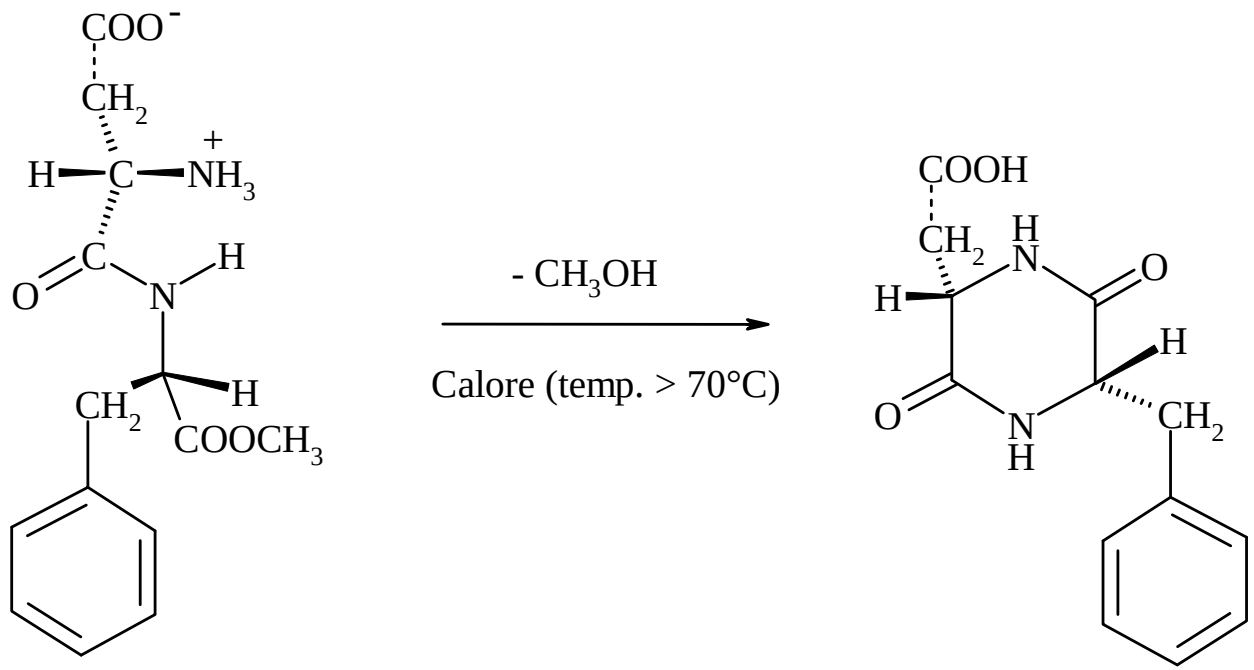
Instabile alla temperatura (non adatto per cottura, prodotti da forno): da aggiungere alla fine del processo.

Acceptable daily intake (ADI) = 50 mg/kg di peso corporeo.

Approvato in: USA, EU (E951), Africa, Asia, Australia.

Deve essere indicato in etichetta: contiene una fonte di fenilalanina (problemi per persone affette da fenilchetonuria).

Decomposizione dell'aspartame con la temperatura



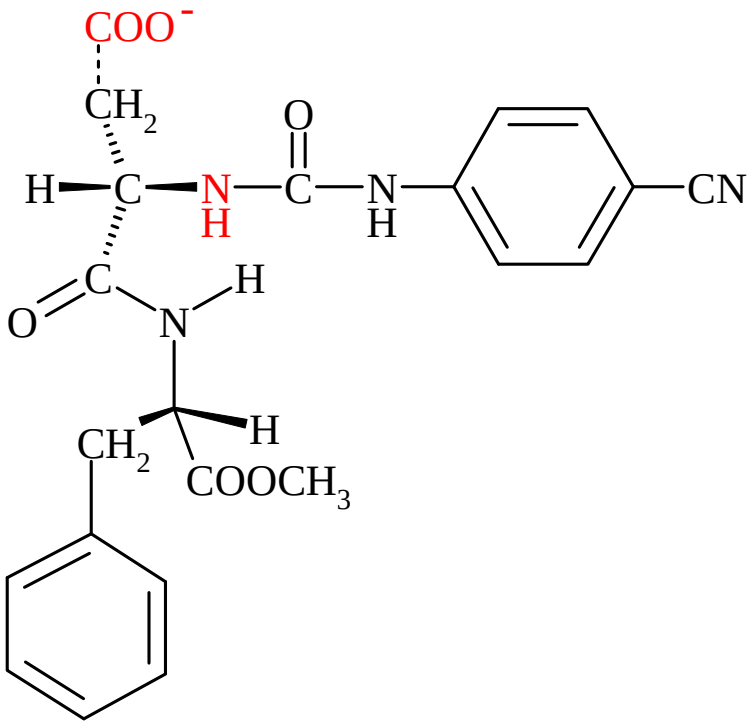
Aspartame (L,L)

Dichetopiperazina

-

Non adatto per dolcificare i prodotti da forno

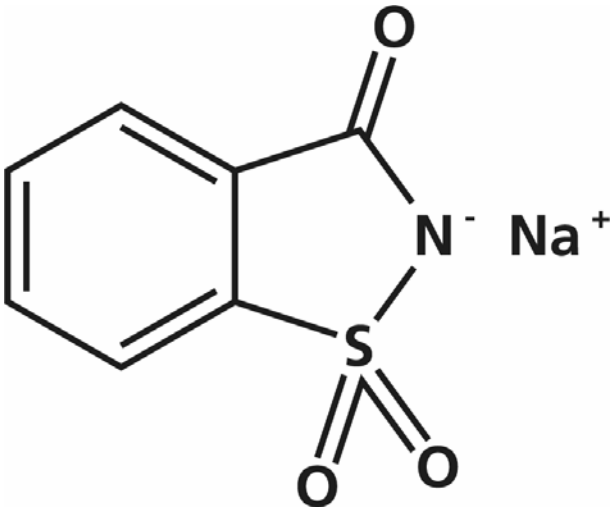
Superaspartame



4000 volte più dolce del saccarosio

Saccarina

(1,2-benzisotiazol-3(2*H*)-one-1,1-diossido)



300 volte più dolce del saccarosio.

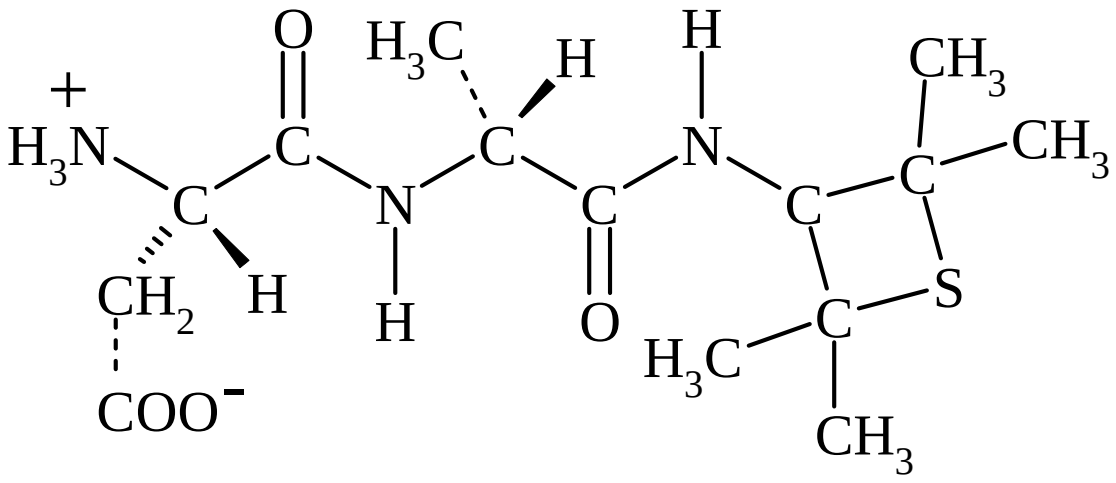
Dolcificante da tavola, per alimenti e bevande.

Acceptable daily intake (ADI) = 15 mg/kg di peso corporeo o 1 g/giorno.

Approvato in: USA, EU, Africa, Asia, Australia.

Alitame

(N-3-(2,2,4,4-tetrametil)-tietanilammide di L-Asp-D-Ala)



2000 volte più dolce del saccarosio.

Dolcificante da tavola, per alimenti e bevande.

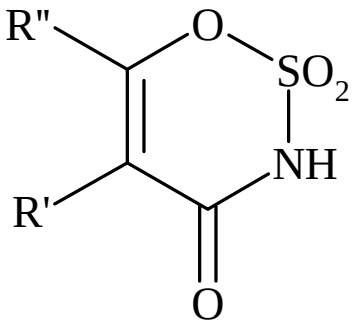
Più stabile dell’aspartame alla temperatura.

Approvato in: Messico, Australia, Nuova Zelanda e Cina.

Dolcezza relativa di dipeptidi ammidi del tipo L-Asp-D-Ala-NHR

R	$f_{sac,g}(10)$	
Ciclopentil	50	
Cicloesil	90	
(2,2,5,5-Tetrametil)-ciclopentil	800	
(2,2,6,6-Tetrametil)-cicloesil	300	
(Dietil)-metil	100	
(Diisopropil)-metil	250	
(Di-tert-butil)-metil	450	
(Di-ciclopropil)-metil	1200	
(Ciclopropil)-(tert-butil)-metil	1200	
(Ciclopropil)-(metil)-metil	100	
(2,2,4,4-Tetrametil)-ciclobutil	300	
(2,2,4,4-Tetrametil)-ciclobutan-3-onil	240	
(3-Idrossi-2,2,4,4-tetrametil)-ciclobutil	125	
3-(2,2,4,4-Tetrametil)-tietanil	2000*	* Alitame
3-(1-cis-Oxo-2,2,4,4-tetrametil)-tietanil	300	
3-(1-trans-Oxo-2,2,4,4-tetrametil)-tietanil	350	
3-(1,1-Dioxo-2,2,4,4-tetrametil)-tietanil	805	

Oxatiazinone diossidi



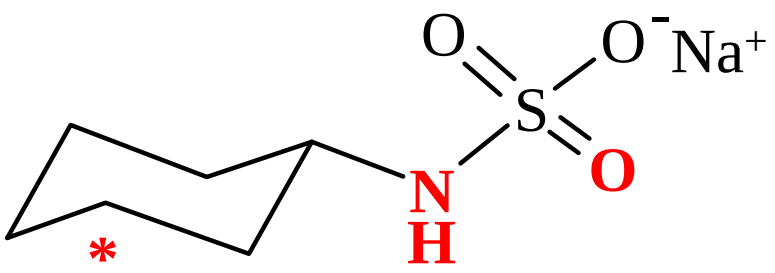
Oxatiazinone diossidi

	R’	R’’	$f_{sac,g}(4)$	R’	R’’	$f_{sac,g}(4)$
	H	H	10	Et	H	20
*	H	Me	130	Et	Me	250
	Me	H	20	Pr	Me	30
	Me	Me	130	i-Pr	Me	50
	H	Et	150			

*Acesulfame

Ciclammato

(sale sodico dell'acido cicloesansulfammico)



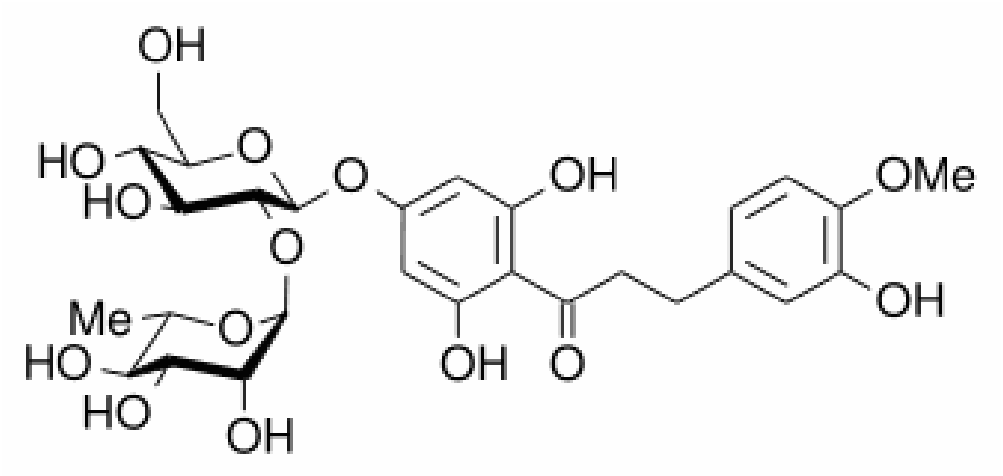
30-50 volte più dolce del saccarosio.

Dolcificante da tavola, per alimenti e bevande.

ADI: 0-11 mg/kg di peso corporeo.

Neoesperidina diidrocalcone

(dalla neoesperidina per idrolisi basica e idrogenazione)



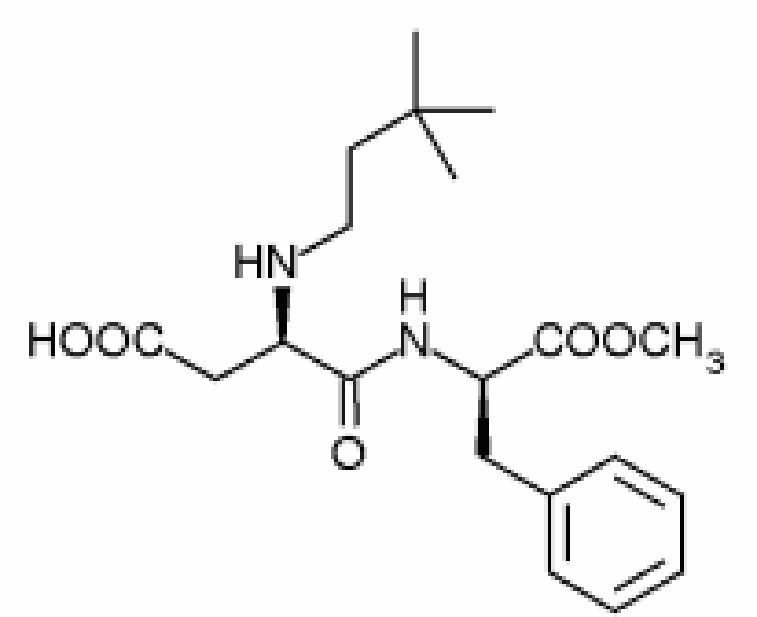
340 volte più dolce del saccarosio.

Flavour enhancer (E959).

Molto stabile alla temperatura e al pH.

Molto efficace nel mascherare il gusto amaro di prodotti derivanti da agrumi.

Neotame

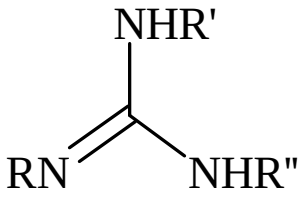


8000-13000 volte più dolce del saccarosio.

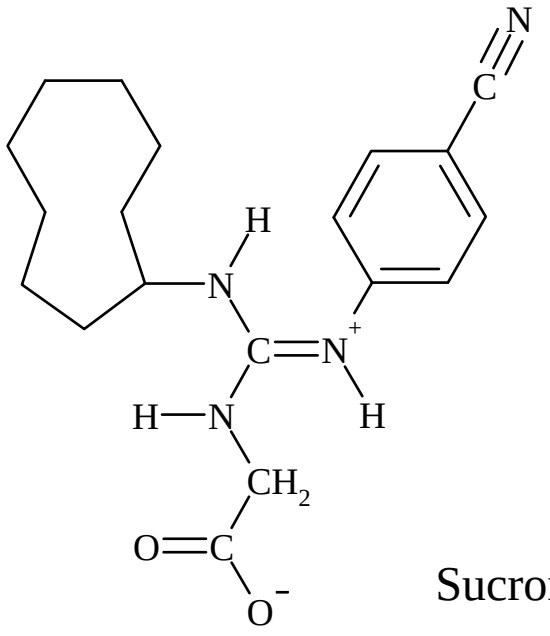
Moderatamente stabile alla temperatura, non dà fenilalanina come metabolita (le peptidasi non idrolizzano il legame ammidico per la presenza del gruppo 3,3-dimetilbutile.

Approvato dalla FDA nel 2002.

Guanidine



Guanidine
Composti più dolci finora conosciuti

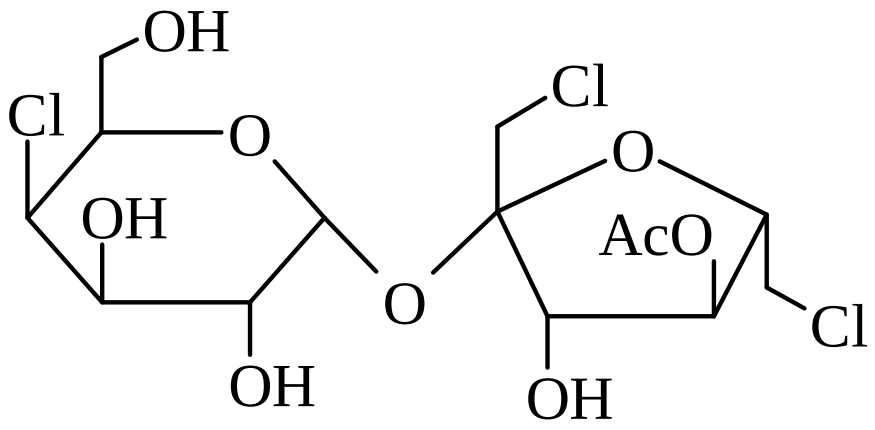


Sucrononato

R	R’	R’’	$f_{sac,g}$ (2)
p-Cianofenil	H	Carbossimetil	2700
	Benzil		30000
	Cicloesil		12000
	Cicloottil		170000
	Ciclononil		200000

Sucralosio

(1,6-dicloro-1,6-dideossi-β-D-fruttofuranosil-4-cloro-4-deossi-α-galattopiranoside)



500-600 volte più dolce del saccarosio.

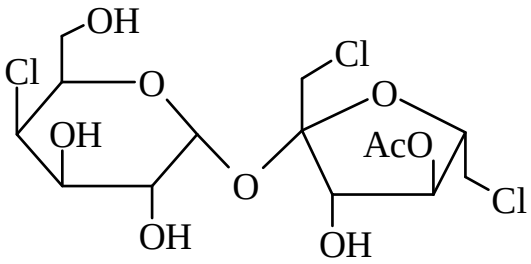
Dolcificante da tavola, per alimenti e bevande.

Stabile alla temperatura (cottura, prodotti da forno).

Acceptable daily intake (ADI) = 5 mg/kg di peso corporeo.

Approvato in: USA, EU (E955), Africa, Asia, Australia.

Dolcezza relativa di alodeossisaccarosi



7 = sucralosio

Nr.	Derivato	$f_{sac,g}(10)$
1	4-clorogalatto-	5
2	1’-cloro-	20
3	6’-cloro-	20
4	4,1’-diclorogalatto-	120
5	1,6’-dicloro-	80
6	4,1’,6’-trifluorogalatto-	40
7	4,1’,6’-triclorogalatto-	650
8	4,1’,6’-tribromogalatto-	800
9	4,1’,6’-triiodogalatto-	120
10	6,1’,6’-tricloro-	25
11	4,1’,6’,6’-tetraclorogalatto-	2200
12	4,1’,4’,6’-tetrabromogalatto-	7500
13	4-fluoro-1,4’,6’-triclorogalatto-	1000
14	4’-iodo-4,1’,6’-triclorogalatto-	3500
15	4,6,1’,6’-tetraclorogalatto-	200
16	6-deossi-4,1’,6’-triclorogalatto-	400
17	6-O-metil-4,1’,6’-triclorogalatto-	500
18	6-O-isopropil-4,1’,6’-triclorogalatto-	non dolce
19	2,6,1’,6’-tetracloromanno-	amaro

Stevioside e Taumatina

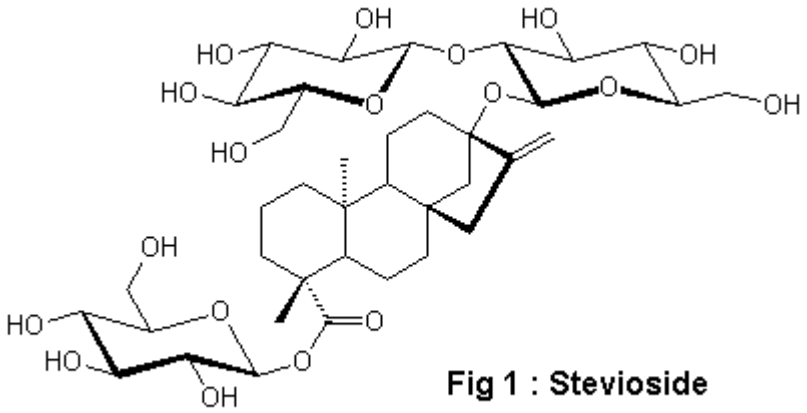


Fig 1 : Stevioside



Taumatina



Stevia rebaudiana





Thaumatococcus daniellii

Taumatina



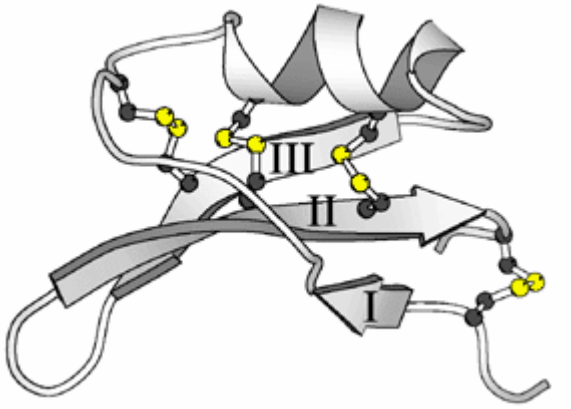
Proteina 2000 volte ca. più dolce del saccarosio. Approvata in EU (E957): sapore molto diverso dallo zucchero.





Thaumatoccocus daniellii:
pianta nativa dell'Africa occidentale

Brazzeina





Proteina 2000 volte più dolce del saccarosio

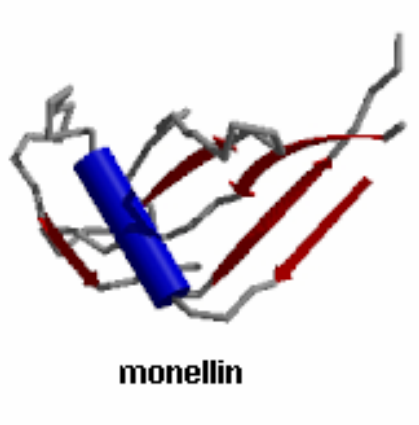
Dai frutti della
Pentadiplandra brazzeana
Pianta dell'Africa occidentale

Miracolina



Miracle Fruit Plant
(*Sideroxylon dulcificum*):
pianta nativa dell'Africa occidentale
I frutti non hanno sapore dolce, ma una volta consumati fanno percepire dolci i cibi acidi (ad esempio, il limone).
Miracolina: glicoproteina di 191 ammmino acidi.

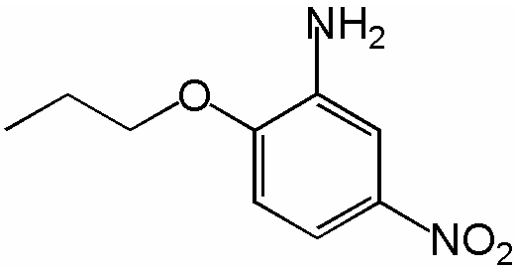
Monellina



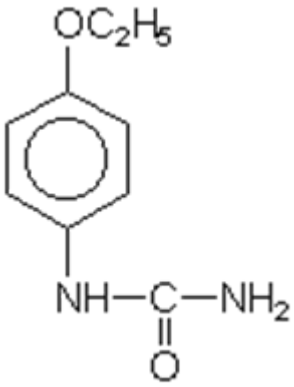


Serendipity Plant
(*Hosta seiboldiana***):**
pianta nativa dell'Africa occidentale
Monellina ca. 1000 volte più dolce del saccarosio (peso su peso).

Esempi di sostanze dolcificanti tossiche
(tossicità e/o sospetta cancerogenicità)



P-4000
(5-nitro-2-propossianilina)
4000 volte più dolce del saccarosio



Dulcina
(4-etossifenil urea)
250 volte più dolce del saccarosio

Acetato di piombo: $Pb(CH_3COO)_2$
Sostanza dolciastra
Nell'antica Roma: sapa, sciroppo zuccherino ottenuto facendo bollire mosto d'uva in recipienti di piombo (Saturnismo).