

LA FISIOLOGIA DEL GUSTO

A cura del Prof. Oliviero Sculati - Direttore dell'Unità di Nutrizione del Dipartimento di Prevenzione ASL di Brescia - e della Prof.ssa Marisa Porrini - DISTAM dell'Università degli Studi di Milano

Maggio 2003

La review di letteratura sul gusto è una revisione attuale degli aspetti innovativi della fisiologia del gusto approfondendo le particolarità percettive del gusto salato e del gusto cosiddetto "umami" in relazione ad un cibo ricco in componenti proteiche. È più facile trovare molte molecole che forniscono la stessa o una più potente sensazione di gusto dolce, di quanto non sia mai stato trovato nella ricerca dei sostituti del sale. In questo ambito il sostituto del sale più utilizzato (cloruro di sodio) è il sale di cloruro di potassio che però in proporzioni particolari fornisce anche un gusto amaro.

Queste alcune risultanti:

- a) Il sale da cucina (NaCl, cloruro di sodio) è l'unica sostanza responsabile del vero gusto salato. Solo il cloruro di litio ha una sua specificità simile. I sali diversi da questi due (pur contenendo sodio) non danno lo stesso gusto salato per interferenze dello scambio di ioni fra le giunzioni cellulari. La specificità di questi meccanismi spiega la difficoltà nel trovare sostituti del sale che non contengano sodio. Diversamente dalla possibilità di sostituire il dolce dello zucchero: ci sono tanti dolcificanti ma non veri sostituti del sale.
- b) Il gusto umami è quello generato da alcuni aminoacidi, basi proteiche come l'acido glutammico, l'acido l-aspartico e altri. In giapponese significa delizioso, il suo sapore ricorda il brodo di carne; è stato scoperto da IKEDA nel 1908 nel brodo di alghe marine kombu e perciò contenuto anche negli organismi vegetali. Ne sono ricchi i funghi e si sviluppa in molti processi di fermentazione come quelli che producono le molte salse di soia. Nel regno animale lo contengono naturalmente le carni, i pesci ed il latte. Il glutammato monosodico è il sale dell'acido glutammico e viene spesso usato come esaltatore di sapidità.
- c) Le percezioni del gusto umami lavorano su recettori indipendenti ed è riconosciuto come gusto indipendente. È un gusto capace di potenziare la percezione del salato. La sua percezione ha tempi più lenti e questo può spiegare osservazioni sulla sua utilità nel contribuire al senso della sazietà.

Nella scatoletta rossa il mix proteine della carne, sale e glutammato monosodico è stato formulato su una percezione gustativa armonica con l'insieme degli aromi naturali della gelatina vegetale, il cui componente gelificante è l'agar-agar, una fibra alimentare solubile derivata dalle alghe.

Lo sviluppo dei sensi durante l'infanzia

Sviluppo dell'oggetto – Ci sono evidenze della presenza di strutture olfattive già a partire dalla 12^a settimana di gestazione. Si sa che gli odori degli alimenti consumati dalla madre possono passare al fluido amniotico. Quindi il feto può incominciare a conoscere la dieta della madre e gli odori che lei percepisce già quando è nell'utero. Alcuni studi hanno dimostrato che i neonati sono in grado di percepire e discriminare diverse sostanze odorose volatili (le variabili misurate in questo caso sono la frequenza cardiaca e respiratoria e l'allontanamento della testa dalla sostanza odorosa) (Bartoshuk, 1994).

Sviluppo del gusto – Ci sono evidenze morfologiche della presenza di un sistema gustativo nel feto, ma manca la dimostrazione che esso sia funzionante (Bartoshuk, 1994). Tuttavia, neonati prematuri hanno dimostrato di essere sensibili al saccarosio e al glucosio discriminandoli dall'acqua e preferendoli (succhiando di più) all'acqua.

Dolce – I neonati sono altamente sensibili agli zuccheri. La capacità di riconoscere il gusto dolce sembra essere presente precocemente nello sviluppo dell'uomo, ed anche il suo valore edonistico (piacevolezza) è ben sviluppato alla nascita. Si ritiene quindi che la preferenza per il gusto dolce sia innata nell'uomo (come pure negli erbivori e negli onnivori), probabilmente come conseguenza della selezione naturale che ha favorito gli animali che consumano alimenti ricchi in energia ma anche in vitamine e minerali (frutta matura, ortaggi). Anche se la preferenza per il dolce è innata, è possibile che l'esperienza durante lo sviluppo giochi un ruolo di interazione. Tuttavia nell'uomo non c'è evidenza che una variazione all'esposizione precoce alle sostanze dolci possa alterare permanentemente la preferenza per il gusto dolce (Bartoshuk, 1994).

Amaro – I neonati rispondono ad alte concentrazioni di chinino con espressioni del viso indicative di avversione o rifiuto (Rosenstein & Oster, 1988). Per altre sostanze amare ciò non avviene, forse perché i meccanismi di trasduzione sono numerosi e si possono sviluppare in tempi diversi. Comunque, sembra che le sostanze amare siano rifiutate dai bambini e non c'è evidenza che l'esperienza precedente giochi un ruolo nel mediare la risposta edonistica a questo gusto. È stato ipotizzato che l'innato rifiuto dell'amaro possa riflettere il fatto che molti composti tossici sono amari.

Acido – Non ci sono molti dati a questo riguardo in letteratura. I pochi dati disponibili indicano comunque che le sostanze acide non sono gradite ai bambini.

Salato – La risposta dei neonati al gusto salato è più confusa (Bartoshuk, 1994). È probabile che i neonati siano insensibili al gusto salato da NaCl, poiché alla nascita le cellule gustative specifiche per il Na non sono ancora del tutto sviluppate. Durante i primi mesi di vita, la sensibilità all'NaCl cambia notevolmente. Dopo circa 4 mesi i neonati preferiscono una soluzione salata all'acqua. Probabilmente questo cambiamento da un'apparente indifferenza alla nascita all'accettazione dopo pochi mesi di vita non dipende dall'esperienza acquisita, ma piuttosto dalla maturazione post-natale dei meccanismi centrali e/o periferici di percezione. Tuttavia, ci sono evidenze che dopo i 6 mesi di età, la frequenza dell'esposizione agli alimenti ricchi di Na possa influenzare il grado di preferenza per la pappa salata rispetto a quella non salata. Qualche evidenza clinica suggerisce che la deplezione del Na nei primi tempi della vita possa determinare un aumentato appetito per il sale più avanti negli anni; tuttavia queste evidenze vanno ancora confermate.

Umami – Il gusto umami sembra essere gradito ai neonati e ai bambini piccoli, ma solo se aggiunto ad una pappa e non se è in soluzione acquosa.

Gusto, palatabilità e sazietà

La percezione del flavor degli alimenti influenza prevalentemente la sazietà a breve termine (cioè quella che insorge alla fine del pasto e induce a smettere di mangiare) e la cosiddetta sazietà sensoriale specifica (sensory-specific satiety), cioè il diminuito desiderio di consumare l'alimento appena mangiato, pur desiderando ancora di mangiare altro cibo.

Questo senso di sazietà è direttamente correlato alle proprietà sensoriali degli alimenti e contribuisce alla sazietà a breve termine. In pratica, durante il consumo di un alimento, la gradibilità per il suo gusto e il desiderio di mangiarlo diminuiscono più velocemente di quelli per altri alimenti che non sono stati consumati. Il fenomeno della sazietà specifica è particolarmente evidente per il gusto dolce e salato. Il consumo di un alimento salato a sazietà porta invariabilmente ad una diminuzione di gradibilità per quell'alimento e per altri alimenti salati, e lo stesso fenomeno avviene per un alimento dolce. A supporto dell'esistenza della sazietà specifica, interessanti studi condotti su primati hanno dimostrato che esistono dei gruppi di neuroni in una specifica area cerebrale che rispondono al gusto degli alimenti solo quando l'animale è affamato. La sazietà specifica è solo uno dei vari meccanismi attraverso i quali gli uomini regolano il consumo di alimenti. Riassumendo, si può dire che è un fenomeno di breve durata che ha effetto principalmente sulla selezione degli alimenti durante un singolo pasto e sulla decisione di terminare il pasto stesso, quindi, sulla sazietà a breve termine.

Se da una parte il gusto, o meglio la palatabilità, di ciascun alimento, diminuisce progressivamente durante il suo consumo determinando la “sazietà” per quell’alimento, dall’altra parte l’elevata gradibilità di un alimento è uno dei fattori che ne favorisce il consumo.

I gusti dolce, salato e umami sono generalmente graditi all’uomo e contribuiscono quindi alla palatabilità degli alimenti. L’amaro e l’acido, invece, non sono generalmente molto accettati dall’uomo, specialmente ad elevate concentrazioni, e quindi contribuiscono a ridurre la palatabilità degli alimenti. Gli alimenti a bassa densità energetica sono invece meno palatabili e promuovono la sazietà. Anche il sale può contribuire ad aumentare la palatabilità degli alimenti. Molti snack e alimenti tipici dei fast food sono altamente energetici, ad alta densità nutritiva e ricchi talvolta di sale. Il sale sembra contribuire alla palatabilità degli alimenti grassi anche perché limita la percezione dell’amaro, che può svilupparsi durante la cottura in seguito all’ossidazione degli acidi grassi.

L’elevata gradibilità potrebbe aiutare a ritardare la sazietà specifica in quei soggetti inappetenti, con diete altamente ipocaloriche, come pure nei soggetti che sembrano avere una ridotta sensibilità gustativa. E’ stato constatato come alcune categorie di persone preferiscano i cibi in cui sia presente glutammato, proprio in seguito al fatto che amplifica i sapori e stimola maggiormente i recettori sensoriali.

LA PERCEZIONE SENSORIALE

Marisa Porrini - Dip. Scienze e Tecnologie Alimentari e Microbiologiche – sez. Nutrizione
Università degli Studi di Milano

Gli organi di senso rappresentano l’interfaccia grazie alla quale l’organismo riceve e traduce informazioni dal mondo esterno. Gli organi di senso sono cinque: vista, udito, olfatto, gusto e tatto e in tutti il funzionamento avviene attraverso uno stimolo che viene captato da specifiche cellule e tradotto in un segnale elettrico che giunge al cervello, dove viene decodificato. L’interazione tra lo stimolo e il recettore e la successiva formazione dell’impulso elettrico vengono chiamate trasduzione. La trasduzione è caratterizzata da un’alta specificità dal momento che ogni recettore risponde ad un ben preciso stimolo. Lo stimolo può essere di natura chimica, come nel caso di composti odorosi volatili, o di natura fisica, come le onde elettromagnetiche di lunghezza d’onda compresa tra 380 e 740 nm che vengono captate sotto forma di luce dalla vista. Il segnale elettrico viene successivamente trasferito al cervello in un processo detto trasmissione, tramite un impulso nervoso con velocità e intensità costanti. Infine vi è una fase detta integrazione, in cui lo stimolo viene identificato e archiviato nella memoria cerebrale grazie ad operazioni molto complesse, molte delle quali ancora sconosciute (figura 1).

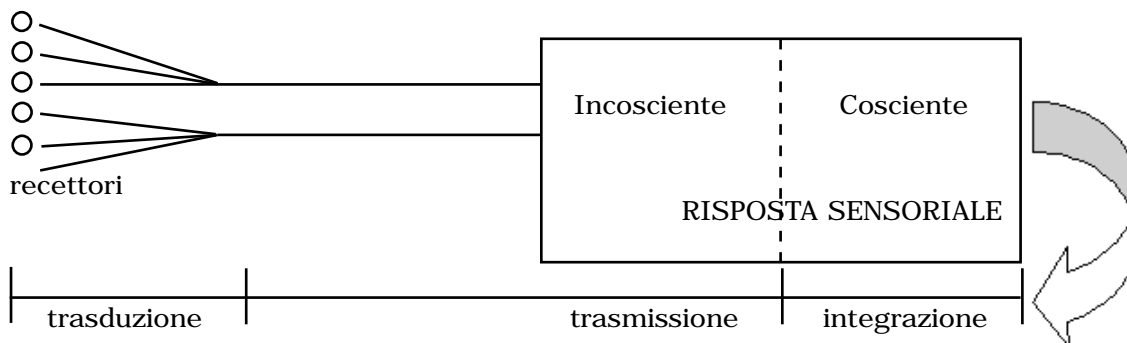


FIGURA 1: schema dei meccanismi fisiologici della percezione

Grazie a questi tre passaggi fondamentali le informazioni giunte al cervello forniscono un messaggio globale, sensoriale ed affettivo allo stesso tempo, con cui l'individuo è in grado di effettuare l'identificazione di una certa sostanza, di quantificarla, di descriverla a parole, oppure di generare una risposta di tipo affettivo.

L'OLFATTO

Tra tutti i sensi, l'olfatto è quello che ci mette in collegamento più diretto con l'ambiente esterno (Roper & Atema, 1987). Tutte le volte che inspiriamo, portiamo microscopiche particelle del mondo esterno in contatto fisico con i neuroni olfattivi (cellule nervose) del nostro naso, responsabili della percezione odorosa. Questi neuroni, d'altra parte, sono unici nel corpo, dal momento che hanno una estremità "ciondolante" nell'ambiente esterno e l'altra in diretta comunicazione con il cervello, e determinano quindi un contatto diretto tra le due parti. L'estremità rivolta verso la cavità nasale possiede da 6 a 12 ciglia, ondegianti nello strato sottile di muco che tappezza la membrana nasale, che hanno il compito di "catturare" le particelle odorose inalate. Questo rapporto così diretto tra l'olfatto e il cervello rimanda ai tempi passati, all'inizio dell'evoluzione, quando l'odorato era cruciale per la sopravvivenza, cioè per cercare gli alimenti e i compagni ed evitare i veleni e i predatori. Gli studi più recenti effettuati per capire le basi molecolari della percezione olfattiva ipotizzano che la percezione dell'odore avvenga tramite numerosi recettori diversi, ciascuno dei quali sarebbe specifico per particolari sostanze chimiche (Buck & Axel, 1991). I recettori sono in pratica delle molecole proteiche localizzate sulle membrane delle ciglia dei neuroni olfattivi, e sarebbero suddivisibili in sottofamiglie capaci di riconoscere odori simili. In seguito all'interazione con il recettore l'energia chimica della sostanza odorosa deve essere trasformata in un segnale elettrico da inviare al cervello. È stato dimostrato (Lancet, 1992) che l'odore stimola, nella cellula recettore, una cascata di eventi biochimici che amplificano il segnale e generano un flusso di ioni (e quindi un potenziale di azione); con questo meccanismo le informazioni giungono ai bulbi olfattivi che si trovano alla base del cervello e da qui ad altre porzioni del cervello che le interpretano. E tutto questo avviene in millesimi di secondo.

IL GUSTO

Comunemente si indica con la parola gusto o sapore l'insieme delle sensazioni percepibili in bocca. L'organo principalmente coinvolto nella percezione del gusto è la lingua, tuttavia anche il palato molle, la faringe e l'epiglottide svolgono un ruolo, anche se meno rilevante (Roper & Atema, 1987). Fisiologicamente il gusto è generato dalle sensazioni che hanno origine nei bottoni (o gemme) gustativi, strutture a forma di cipolla sprofondate nell'epitelio linguale e presenti anche sul palato molle, sulla faringe, sull'epiglottide e nel primissimo tratto dell'esofago (Dulac, 2000). I bottoni gustativi presenti sull'epitelio del dorso della lingua sono i più numerosi e più studiati. Nei bottoni gustativi sono raccolte le cellule gustative, o recettori. All'apice di queste cellule sono presenti delle estroflessioni filiformi (microvilli) che si proiettano, attraverso un'apertura (poro), nel lume della bocca. Le molecole sapide, veicolate dalla saliva, vengono trattenute dalle estroflessioni filiformi e vengono quindi in contatto con le cellule gustative. A differenza delle cellule olfattive, le cellule gustative non sono neuroni, ma sono in grado di inviare impulsi elettrici ai nervi gustativi (corda del timpano e glossofaringeo) che arrivano alla base dei bottoni dove si ramificano estensivamente, creando una connessione sinaptica con più cellule recettori nell'ambito dello stesso bottone. Le cellule recettori rilasciano l'informazione ai nervi gustativi attraverso neurotrasmettitori. Da qui il segnale della sensazione gustativa giunge a specifici centri del cervello (corteccia primaria e secondaria), responsabili sia della percezione vera e propria del gusto (percezione conscia), sia della cosiddetta componente "affettiva", cioè della risposta comportamentale, come avversione, secrezione gastrica, comportamento alimentare.

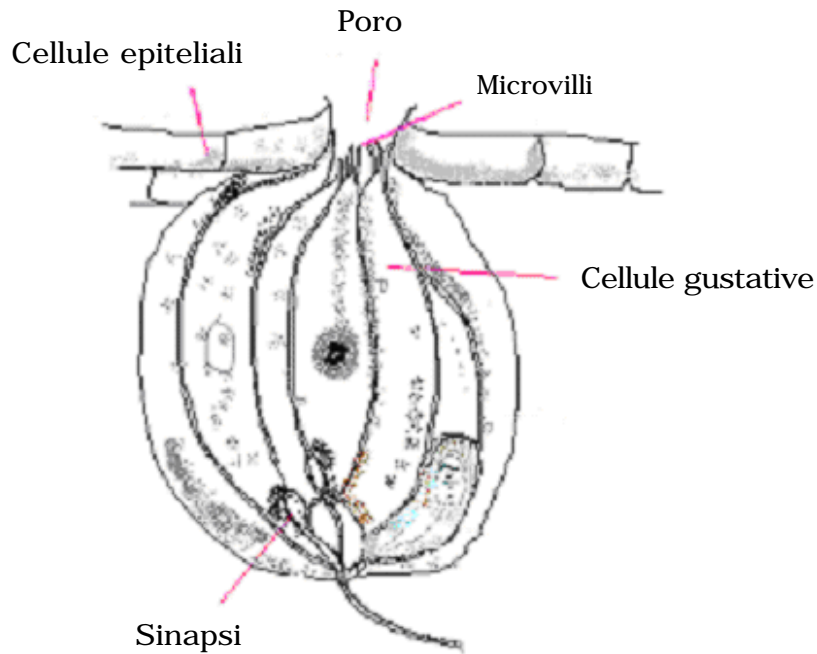


FIGURA 2 : organizzazione del bottone gustativo

Come già ricordato, i recettori del gusto vengono attivati quando vengono in contatto con le sostanze responsabili della percezione. I bottoni gustativi, a loro volta, sono contenuti in strutture specializzate, le papille gustative, che si presentano come delle protrusioni o pieghe. Le papille sono di diverso tipo: fungiformi, presenti prevalentemente nella parte anteriore della lingua (sulla punta e lungo i bordi); foliate, lungo i bordi della lingua; circumvallate, nella parte posteriore. Esistono anche le papille filiformi che hanno però attività di tipo "meccanica" e non gustativa.

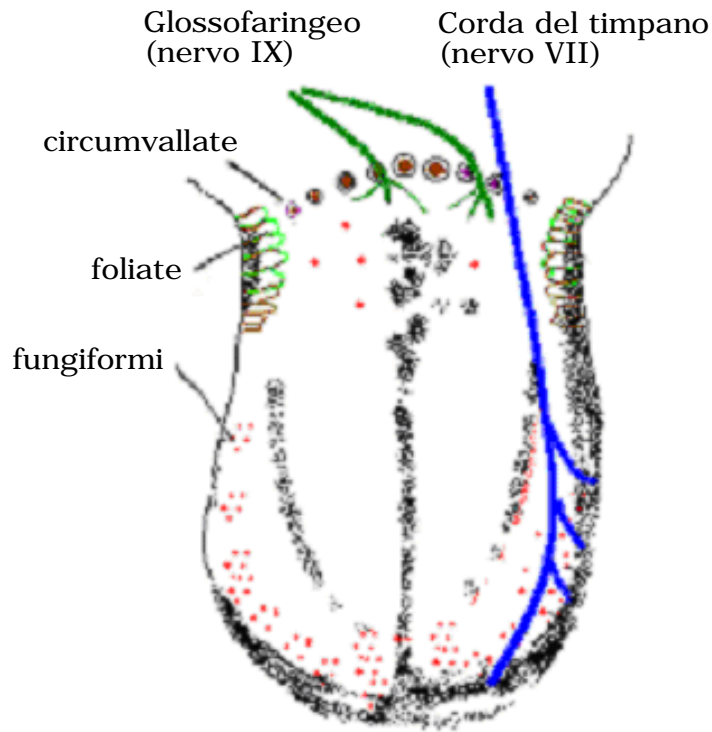


FIGURA 3 – Disposizione delle papille e innervazione della lingua

Il modello classico di discriminazione dei gusti proponeva una specie di organizzazione topografica della lingua con preferenze regionali dei bottoni per il gusto dolce, salato, acido e amaro. Questo modello è però inaccurato: in tutte le regioni della lingua si trovano infatti bottoni gustativi rispondenti ad ogni categoria di stimolo e ogni singolo bottone contiene cellule gustative sensibili ai diversi tipi di stimoli. Tuttavia alcune aree sembrano essere più sensibili a certi gusti di altre.

Il senso del gusto ha due importanti proprietà funzionali: le proprietà di adattamento e di miscelazione. L'adattamento può essere definito come la diminuzione della risposta sensoriale in condizioni di stimolazione costante. La miscelazione invece è quell'effetto osservato con miscele di gusti diversi, i quali mostrano interazioni, di inibizione o mascheramento, tra loro (ad es. una soluzione di chinino e saccarosio è meno dolce di una di solo saccarosio e anche meno amara di una di solo chinino). Sebbene le sostanze gustative comprendano sostanze chimiche molto diverse tra loro quali ioni, piccole molecole organiche, carboidrati, proteine, aminoacidi e acidi grassi, la stimolazione gustativa determina solo poche percezioni distinte: salato, acido, amaro, dolce e umami. Quindi, a differenza dell'odorato, il gusto percepisce ma non riesce a discriminare tra una grande varietà di molecole. Questo fatto potrebbe essere interpretato come una minor capacità di questo senso, tuttavia anche in questo caso si può trovare una spiegazione seguendo il processo evolutivo: i pochi gusti aiutano a riconoscere con facilità gli alimenti che devono essere assunti ed evitare quelli dannosi, ad esempio il gusto dolce è associato ad un alimento altamente energetico, l'amaro a qualcosa di potenzialmente tossico.

Tuttavia è importante ricordare che le sensazioni percepite, e da noi definite come gusto, non sono imputabili unicamente ai recettori del gusto, ma anche ad altri fattori. Infatti, quello che generalmente chiamiamo gusto è in realtà il "flavour" (aroma), che è un insieme di gusto, odore, consistenza e altre caratteristiche fisiche (es. temperatura) (Dulac, 2000). Se si tappa il naso (e si chiudono gli occhi) è difficile percepire la differenza tra tè e caffè, vino bianco e rosso, brandy e whisky, mela grattugiata e cipolla grattugiata; con il naso chiuso infatti si blocca il passaggio retro-nasale delle sostanze olfattive e non si percepiscono appieno tutte le componenti che contribuiscono al flavour.

Per ciascuno dei gusti di base esistono specifici e distinti sistemi di traduzione (Kinnamon, 1988).

Salato – Non sembrano esistere recettori specifici per il sale da cucina (NaCl) che, assieme al litio cloruro (LiCl) è l'unica sostanza responsabile del vero gusto salato. Probabilmente specifici canali ionici presenti nelle cellule gustative permettono l'ingresso solo del Na⁺ (sodio) e del Li⁺ nella cellula e questo modifica lo stato elettrico interno della cellula e determina la secrezione di neurotrasmettitori che attivano i nervi afferenti (l'ingresso del Na⁺ causa depolarizzazione, Ca²⁺ entra attraverso i canali del Ca e viene rilasciato il neurotrasmettitore). I sali di Na diversi dal Cl e dal Li non danno lo stesso gusto salato, per gli effetti diversi dei movimenti degli ioni attraverso le giunzioni strette delle cellule. Il meccanismo di stimolazione del gusto di questi sali deve essere ancora approfondito (Ye et al., 1991). Probabilmente ci sono due elementi separati nella percezione del salato: uno specifico, sensibile solo a Na e Li, e uno meno specifico. E' ipotizzabile che questi due sistemi maturino in tempi diversi durante lo sviluppo. La specificità del meccanismo di percezione del Na spiega la difficoltà nel trovare sostituti del sale che non contengano Na: ci sono infatti tanti dolcificanti, ma non veri sostituti del sale! La comprensione dei meccanismi di stimolazione del gusto salato, potrà rendere possibile lo sviluppo di "esaltatori del salato", che agiscono per esempio mantenendo i canali del Na nelle cellule gustative aperte più a lungo.

Acido – Anche lo stimolo del gusto acido sembra agire alterando i canali ionici nella parte apicale delle cellule gustative responsabili del mantenimento del potenziale di membrana a un livello iperpolarizzato. Ad agire è probabilmente lo ione idrogeno (H⁺) che blocca i canali del K⁺, determina depolarizzazione, ingresso del Ca⁺⁺ e rilascio del neurotrasmettitore (Kinnamon, 1988).

Dolce – Non è ancora chiaro se esista un solo recettore per il gusto dolce o se la percezione della dolcezza sia mediata da molti tipi di recettori diversi (d'altra parte esistono tante sostanze dolci che sono chimicamente molto diverse tra loro). Attualmente si ritiene che i recettori per il gusto dolce siano molecole proteiche, analogamente ai recettori olfattivi. In seguito all'interazione tra ligando (molecola dolce) e recettore si verifica una cascata di eventi cellulari che hanno lo scopo di amplificare il segnale e modificare lo stato ionico delle cellule gustative (Naim, 1993) (si ha aumento del cAMP, inibizione dei canali del K⁺, depolarizzazione della membrana, ingresso del Ca⁺⁺ attraverso i canali del Ca e rilascio del neurotrasmettitore) (Amrein & Bray, 1998).

Sebbene molte siano le molecole in grado di determinare la sensazione di dolcezza, sembrano esistere differenze nelle loro qualità sensoriali. Ad esempio molti dei dolcificanti intensivi (es. aspartame, taumatococina) hanno gusti che permangono a lungo oppure uno specifico retrogusto. Se ciò dipende dal fatto che stimolano altri recettori o che si legano più fortemente al recettore per il dolce non è ancora noto.

Amaro – Il gusto amaro è determinato da un numero di molecole diverse molto più numerose di quelle che determinano il gusto dolce. Si suppone quindi che ci siano più recettori coinvolti, anche se non ne è stato identificato definitivamente nemmeno uno. Anche in questo caso l'interazione con il recettore determinerebbe una serie di eventi cellulari a cascata (rilascio di Ca⁺⁺ dai depositi interni e rilascio del neurotrasmettitore) (Amrein & Bray, 1998).

Umami – E' il gusto di alcuni aminoacidi (es. glutammato, aspartato). L'umami, che significa delizioso, è descritto come un sapore sapido, appetitoso, simile al brodo di carne (Yamaguchi & Ninomija, 1998). L'umami è stato scoperto in Giappone da Kikunae Ikeda, che nel 1908 isolò il glutammato e lo indicò come fonte di sapore di un brodo tipico giapponese preparato con le alghe marine *konbu*, i vegetali che contengono i più alti livelli di acido glutammico in natura. L'acido glutammico è l'aminoacido più rappresentato negli alimenti, sia in forma libera che legato alle proteine. E' particolarmente abbondante negli alimenti proteici, come le carni, i pesci, il latte. Visto il grande successo della scoperta di Ikeda, a partire dal 1909 venne commercializzato in Giappone il sale monosodico del glutammato, il *monosodio L-glutammato* (MSG), da utilizzare semplicemente come condimento, proprio come il sale da cucina (NaCl) o lo zucchero.

Nel 1913 Kodama isolò dal tonno essiccato il nucleotide *guanosina 5'-monofosfato* (GMP), prodotto dalla degradazione degli acidi nucleici, e riportò che aveva le caratteristiche del gusto umami. Successivamente il GMP venne scoperto anche nei funghi shiitake, ancora oggi largamente usati nella cucina giapponese e cinese. Venne poi messa in risalto la sinergia fra il MSG e i 5'-nucleotidi (*guanosina 5'-monofosfato*,

inosina 5'-monofosfato (IMP)) che porta ad una notevole intensificazione del gusto umami. In pratica, quindi, le sostanze che compongono il gusto umami si possono dividere in due gruppi: uno è il gruppo degli -aminoacidi rappresentato dal MSG; l'altro è quello dei 5'-nucleotidi, rappresentato dall'IMP, dal GMP e dai loro derivati (Torii, 1998).

Nel 1985 l'umami venne riconosciuto come gusto base. Lo studio delle caratteristiche dei gusti con scale multidimensionali, ha infatti permesso di dimostrare che l'umami è un gusto base indipendente, completamente differente dagli altri quattro (Bellisle F, 1999).

L'indipendenza dell'umami dagli altri gusti è stata inoltre dimostrata da studi elettrofisiologici condotti su animali, e soprattutto grazie alla recente scoperta di un recettore specifico del glutammato (Lindeman, 2001). Questo recettore (mGLUR4), legato alla sostanza gustativa, attiva una proteina G che fa aumentare il Ca^{++} intracellulare. Esistono poi altri recettori (ionotropici) che quando attivati dai composti umami, fanno aprire canali ionici non selettivi, depolarizzando la cellula; il Ca^{++} entra e determina il rilascio del neurotrasmettitore.

La percezione del gusto umami non è immediata, ma avviene dopo qualche tempo che l'alimento è presente in bocca o, meglio, dopo la sua deglutizione. Probabilmente i recettori dell'umami vengono stimolati sia durante la masticazione, sia dopo la deglutizione, dai residui di alimenti imbibiti di saliva presenti nella bocca. Questo spiegherebbe perché l'umami non viene sempre riconosciuto subito dalle persone, e viene spesso descritto come un retrogusto.

Lo sviluppo dei sensi durante la vita

SVILUPPO DELL'OLFATTO – Ci sono evidenze della presenza di strutture olfattive già a partire dalla 12^a settimana di gestazione. Si sa che gli odori degli alimenti consumati dalla madre possono passare al fluido amniotico. Quindi il feto può incominciare a conoscere la dieta della madre e gli odori che lei percepisce già quando è nell'utero. Alcuni studi hanno dimostrato che i neonati sono in grado di percepire e discriminare diverse sostanze odorose volatili (le variabili misurate in questo caso sono la frequenza cardiaca e respiratoria e l'allontanamento della testa dalla sostanza odorosa) (Bartoshuk, 1994).

SVILUPPO DEL GUSTO – Ci sono evidenze morfologiche della presenza di un sistema gustativo nel feto, ma manca la dimostrazione che esso sia funzionante (Bartoshuk, 1994). Tuttavia, neonati prematuri hanno dimostrato di essere sensibili al saccarosio e al glucosio discriminandoli dall'acqua e preferendoli (succhiando di più) all'acqua. **Dolce** – I neonati sono altamente sensibili agli zuccheri. La capacità di riconoscere il gusto dolce sembra essere presente precocemente nello sviluppo dell'uomo, ed anche il suo valore edonistico (piacevolezza) è ben sviluppato alla nascita. Si ritiene quindi che la preferenza per il gusto dolce sia innata nell'uomo (come pure negli erbivori e negli onnivori), probabilmente come conseguenza della selezione naturale che ha favorito gli animali che consumano alimenti ricchi in energia ma anche in vitamine e minerali (frutta matura, ortaggi). Anche se la preferenza per il dolce è innata, è possibile che l'esperienza durante lo sviluppo giochi un ruolo di interazione. Tuttavia nell'uomo non c'è evidenza che una variazione all'esposizione precoce alle sostanze dolci possa alterare permanentemente la preferenza per il gusto dolce (Bartoshuk, 1994).

Amaro – I neonati rispondono ad alte concentrazioni di chinino con espressioni del viso indicative di avversione o rifiuto (Rosenstein & Oster, 1988). Per altre sostanze amare ciò non avviene, forse perché i meccanismi di trasduzione sono numerosi e si possono sviluppare in tempi diversi. Comunque, sembra che le sostanze amare siano rifiutate dai bambini e non c'è evidenza che l'esperienza precedente giochi un ruolo nel mediare la risposta edonistica a questo gusto. E' stato ipotizzato che l'innato rifiuto dell'amaro possa riflettere il fatto che molti composti tossici sono amari. **Acido** – Non ci sono molti dati a questo riguardo in letteratura. I pochi dati disponibili indicano comunque che le sostanze acide non sono gradite ai bambini. **Salato** – La risposta dei neonati al gusto salato è più confusa (Bartoshuk, 1994).

E' probabile che i neonati siano insensibili al gusto salato da NaCl, poiché alla nascita le cellule gustative specifiche per il Na non sono ancora del tutto sviluppate. Durante i primi mesi di vita, la sensibilità all'NaCl cambia notevolmente. Dopo circa 4 mesi i neonati preferiscono una soluzione salata all'acqua. Probabilmente questo cambiamento da un'apparente indifferenza alla nascita all'accettazione dopo pochi mesi di vita non dipende dall'esperienza acquisita, ma piuttosto dalla maturazione post-natale dei meccanismi centrali e/o periferici di percezione. Tuttavia, ci sono evidenze che dopo i 6 mesi di età, la frequenza dell'esposizione agli alimenti ricchi di Na possa influenzare il grado di preferenza per la pappa salata rispetto a quella non salata. Qualche evidenza clinica suggerisce che la deplezione del Na nei primi tempi della vita possa determinare un aumentato appetito per il sale più avanti negli anni; tuttavia queste evidenze vanno ancora confermate.

Umami – Il gusto umami sembra essere gradito ai neonati e ai bambini piccoli, ma solo se aggiunto ad una pappa e non se è in soluzione acquosa.

IL COMPORTAMENTO ALIMENTARE

Numerose ricerche condotte sull'animale e sull'uomo suggeriscono che il gusto (o meglio la percezione del flavor degli alimenti) contribuisca in modo determinante non solo alla palatabilità, definita come la risposta edonistica al consumo di ciascun alimento (Yeomans, 1998), ma anche alla scelta degli alimenti da consumare. Oggi più che mai, lo studio dei fattori che regolano l'alimentazione umana è importante per capire i processi fisiologici coinvolti e per identificare i meccanismi di controllo sui quali intervenire in situazioni di mancato bilancio energetico. Inoltre, il riconoscimento del ruolo di specifici fattori nutrizionali, come pure dei diversi organi e processi metabolici, coinvolti nella regolazione del processo alimentare può essere utile per sviluppare appropriate strategie dietetiche. Anche se la fame potrebbe essere considerata la ragione principale per dare inizio al consumo di uno o più alimenti, è ormai chiaro che la percezione della fame non è un prerequisito perché l'uomo inizi a mangiare (Le Magnen, 1985; Wardle, 1990). La quantità di alimenti consumati infatti non è sempre correlata con l'intensità della fame percepita (Le Magnen, 1985) ed è largamente influenzata da fattori di apprendimento (Lappalainen & Sjødèn, 1992). Numerosi sono i fattori chiamati in causa: ad esempio il consumo di cibo può aver inizio poiché certi stimoli ambientali hanno preceduto il pasto in occasioni precedenti, e quindi la fame risulta associata a questi stimoli (es. alla percezione dell'ora o alla vista o odorato di un alimento) (Tuomisto et al., 1998), oppure per un forte desiderio di mangiare uno specifico alimento (Weingarten, 1984).

Naturalmente anche i fattori fisiologici contribuiscono all'inizio del consumo: a questo proposito alcuni studi hanno valutato il contributo sia dei livelli di glucosio che di insulina (Carlson, 1991).

Allo stesso modo la decisione di terminare il consumo di un alimento o di un pasto è influenzata da tutta una serie di fattori differenti, sia ambientali che fisiologici. Si può quindi presumere che la regolazione a breve termine dell'alimentazione derivi dall'equilibrio tra spinte positive ad assumere cibo e segnali di feedback negativi (fisiologici o acquisiti per esperienze precedenti). E' probabile che la stimolazione orosensoriale sia in grado di modulare sia le componenti fisiologiche sia quelle psicologiche e di influenzare sia l'inizio che la fine di un pasto.

GUSTO, PALATABILITA' E SAZIETA'

La percezione del flavor degli alimenti influenza prevalentemente la sazietà a breve termine (cioè quella che insorge alla fine del pasto e induce a smettere di mangiare) e la cosiddetta sazietà sensoriale specifica (sensory-specific satiety), cioè il diminuito desiderio di consumare l'alimento appena mangiato, pur desiderando ancora di mangiare altro cibo (Rolls BJ, 1986).

La sazietà specifica è direttamente correlata alle proprietà sensoriali degli alimenti e contribuisce alla sazietà a breve termine. In pratica, durante il consumo di un alimento, la gradibilità per il suo gusto e il desiderio di mangiarlo diminuiscono più velocemente di quelli per altri alimenti che non sono stati consumati (Rolls et al., 1984; Johnson & Vickers, 1992). E' stato suggerito che questo cambiamento di gradibilità dipenda sia dall'utilità fisiologica dell'alimento, sia dalle sue proprietà sensoriali (Cabanac,

1971). Cabanac ha dimostrato che i giudizi di gradibilità per una soluzione di saccarosio diminuivano gradualmente man mano che la soluzione veniva consumata nel tempo. Inoltre, anche l'intubazione di glucosio direttamente nello stomaco, determinava una diminuita gradibilità per le soluzioni dolci ma non per quelle salate. Questo sembrerebbe dimostrare che man mano che la soluzione di saccarosio viene consumata diminuisce la necessità fisiologica per questo nutriente e ne diminuisce la gradibilità, un fenomeno chiamato alliestesia negativa (Cabanac, 1979). Tuttavia, sebbene lo stato fisiologico di un organismo possa contribuire a questi cambiamenti di gradibilità, è chiaro che le proprietà sensoriali dell'alimento ingerito giocano un ruolo importante nella loro specificità, da qui il termine di "sazietà specifica". E' ormai chiaro che l'andamento e il livello di diminuzione di gradibilità per il gusto, consistenza, odore e apparenza dell'alimento consumato non è influenzato dall'energia assunta.

Il fenomeno della sazietà specifica è particolarmente evidente per il gusto dolce e salato. Il consumo di un alimento salato a sazietà porta invariabilmente ad una diminuzione di gradibilità per quell'alimento e per altri alimenti salati, e lo stesso fenomeno avviene per un alimento dolce (Rolls et al., 1982). A supporto dell'esistenza della sazietà specifica, interessanti studi condotti su primati hanno dimostrato che esistono dei gruppi di neuroni in una specifica area cerebrale che rispondono al gusto degli alimenti solo quando l'animale è affamato (Rolls ET, 1997). La risposta di questi neuroni scende praticamente a zero quando l'animale ha mangiato ed è specifica per l'alimento consumato.

La sazietà specifica è solo uno dei vari meccanismi attraverso i quali gli uomini regolano il consumo di alimenti. Riassumendo, si può dire che è un fenomeno di breve durata che ha effetto principalmente sulla selezione degli alimenti durante un singolo pasto e sulla decisione di terminare il pasto stesso, quindi, sulla sazietà a breve termine. Non ha una conseguenza diretta sul tempo di consumo e sulla composizione del pasto successivo.

Se da una parte il gusto, o meglio la palatabilità, di ciascun alimento, diminuisce progressivamente durante il suo consumo determinando la "sazietà" per quell'alimento, dall'altra parte l'elevata gradibilità di un alimento è uno dei fattori che ne favorisce il consumo. Smith (2000) sostiene che il gusto fornisce un segnale precoce nel promuovere i consumi. Esistono numerosi studi (Sclafani, 2001) che dimostrano come nei ratti si abbia lo sviluppo dell'obesità in seguito al consumo eccessivo di alimenti molto palatabili (la cosiddetta dieta da caffetteria). I gusti dolce, salato e umami sono generalmente graditi all'uomo e contribuiscono quindi alla palatabilità degli alimenti. L'amaro e l'acido, invece, non sono generalmente molto accettati dall'uomo, specialmente ad elevate concentrazioni, e quindi contribuiscono a ridurre la palatabilità degli alimenti.

D'altra parte è stato anche dimostrato che il sapore amaro dei metaboliti di alcune piante ne determina un ridotto consumo da parte di alcuni animali selvatici (Bray, 2000). Molto spesso, poi, gli alimenti molto palatabili sono anche quelli più ricchi di grassi e zuccheri e, di conseguenza, ad alta densità energetica. Dal momento che gli uomini tendono a mangiare normalmente un volume costante di alimenti, più alta è la densità energetica degli alimenti e maggiore ne sarà l'assunzione. E' stato infatti dimostrato che alimenti con alta densità energetica (>6 kJ/g) sono molto palatabili e favoriscono di conseguenza il sovraconsumo; gli alimenti a bassa densità energetica sono invece meno palatabili e promuovono la sazietà (Drewnowski, 1998). Anche il sale può contribuire ad aumentare la palatabilità degli alimenti. Molti snack e alimenti tipici dei fast food sono altamente energetici, ad alta densità nutritiva e ricchi di sale. Il sale sembra contribuire alla palatabilità degli alimenti grassi anche perchè limita la percezione dell'amaro, che può svilupparsi durante la cottura in seguito all'ossidazione degli acidi grassi.

Il duplice effetto del gusto (di stimolo e inibizione) sul comportamento alimentare è probabilmente alla base dei consumi maggiori che si osservano con un pasto misto, rispetto ad un pasto monotono.

E' stato infatti dimostrato che la semplice aromatizzazione di un alimento (ad esempio yogurt) fa sì che si verifichi un significativo incremento nei consumi quando yogurt di gusto diverso vengono presentati successivamente (anche se quello che cambia è solo l'aroma) (Rolls et al., 1982).

Tuttavia, è ancora da chiarire se l'elevata gradibilità degli alimenti determini un incremento dei consumi anche a lungo termine, con un conseguente aumento dell'assunzione energetica e quindi un maggior rischio di sovrappeso. D'altra parte, l'elevata gradibilità potrebbe aiutare a ritardare la sazietà specifica in quei soggetti inappetenti, con diete altamente ipocaloriche, come pure nei soggetti anziani, che sembrano avere una ridotta sensibilità gustativa. E' stato suggerito che alcune categorie di persone, come gli anziani o i soggetti affetti dalla sindrome di Down, preferiscano i cibi in cui sia presente glutammato, proprio in seguito al fatto che amplifica i sapori e stimola maggiormente i recettori sensoriali. Anche nei malati di cancro sottoposti a chemioterapia, che presentano una diminuzione della sensibilità ai sapori, è stata osservata una preferenza per i cibi che contengono glutammato. Sarebbe anche interessante capire se ci sono differenze nella sazietà specifica tra magri ed obesi o tra diversi gruppi etnici. Uno studio di Evans e Foltin (1999) rileva in un gruppo di donne obese una ridotta sazietà specifica sia per l'alimento mangiato che per l'alimento appena assaggiato, rispetto ad un gruppo di donne magre. Un altro studio (Schiffman et al., 2000) riporta che le donne afro-americane sovrappeso mostrano un desiderio per gli alimenti dolci superiore di quello provato da donne sovrappeso euro-americane. E' stato riportato (Wang et al., 2001) che gli obesi hanno meno recettori per la dopamina (neurotrasmettitore associato alla sazietà specifica) dei magri, e questo potrebbe essere interpretato nel senso che la ridotta sensibilità ai segnali di sazietà specifica presente in alcuni individui è un'altra via con cui la risposta gustativa alterata promuove una eccessiva assunzione energetica, contribuendo allo sviluppo o al mantenimento dell'obesità.

GUSTO E OBESITA'

Anche se molte persone riescono a mantenere un peso relativamente costante nel tempo, sembra chiaro tuttavia che gli uomini non hanno la capacità di monitorare accuratamente il contenuto energetico degli alimenti consumati in un pasto. Come già ricordato, è stato osservato che durante il pasto le sensazioni soggettive di fame e sazietà possono cambiare indipendentemente dall'energia assunta. La sensibilità ai gusti base non sembra essere differente in soggetti normopeso e obesi, anche se è stato riportato che obesi sottoposti a interventi di by-pass gastrico mostravano un'aumentata sensibilità all'amaro e all'acido e una diminuita sensibilità al dolce e al salato. Inoltre miscele di grassi e zuccheri sembrano essere particolarmente palatabili per i soggetti obesi. E' possibile che le differenze individuali (genetiche o fisiologiche) nell'ambito dei due fenotipi (magri e obesi) confondano le differenze di percezione gustativa presenti nei due gruppi (Nasser, 2001). Questo aspetto andrebbe ulteriormente approfondito. Per quanto riguarda gli aspetti propriamente fisiologici, è noto che negli obesi la distribuzione del grasso corporeo è associata alla modificazione di variabili fisiologiche, come iperinsulinemia, iperleptinemia e leptina resistenza. L'impatto di queste differenze fisiologiche sulla risposta alle stimolazioni gustative e sull'assunzione di alimenti necessita di ulteriori studi, considerando che sia l'insulina che la leptina sono coinvolte nel controllo ipotalamico dell'assunzione degli alimenti. E' stato dimostrato che in seguito ad iperinsulinemia acuta aumenta la palatabilità per le soluzioni dolci, tuttavia l'impatto dell'iperinsulinemia cronica sulla risposta gustativa degli obesi deve essere ancora studiata.

BIBLIOGRAFIA

- Amrein H, Bray S. Bitter-sweet solution in taste transduction. *Cell* 2003;112:283-7.
- Bartoshuk LM. Chemical senses. *Annu. Rev. Psychol.* 1994;45:419-49.
- Bellisle F. Glutamate and the umami taste: sensory, metabolic, nutritional and behavioural considerations. A review of the literature published in the last 10 years. *Neurosci. Biobev. Rev.* 1999;23:423-38.
- Bray GA. Afferent signals regulating food intake. *Proc. Nutr. Soc.* 2000;59:373-84.
- Buck L, Axel R. A novel multi-gene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition. *Cell* 1991;65:175-87.
- Cabanac M. Physiological role of pleasure. *Science* 1971;173:1103-7.
- Cabanac M. Sensory pleasure. *Q. Rev. Biol.* 1979;54:1-29.
- Carlson NR. *Physiology of behavior.* Allyn and Bacon, Boston 1991.
- Drewnowski A. Energy density, palatability, and satiety: implications for weight control. *Nutrition Rev.* 1998;56:346-53.
- Dulac C. The physiology of taste, vintage 2000. *Cell* 2000;100:607-10.
- Evans SM, Foltin RW. Menstrual cycle changes in food "cravings" and sensory-specific satiety in lean and obese women. *Obes. Res.* 1999;68S,0202(abstract).
- Johnson J, Vickers Z. Factors influencing sensory-specific satiety. *Appetite* 1992;19:15-31.
- Kinnamon SC. Taste transduction: a diversity of mechanisms. *Trends Neurosci.* 1988; 11:491-96.
- Lancet D. Olfactory reception: from transduction to human genetics. In: *Sensory transduction*, Eds. DP Corey and Roper SD. Rockefeller Univ. Press, New York 1992.
- Lappalainen R, Sjoden PO. A functional analysis of food habits. *Scand. J. Nutr.* 1992;36:25-133.
- Le Magnen J. *Hunger.* Cambridge University Press, Cambridge 1985.
- Lindemann B. Reception and transduction in taste. *Nature* 2001;413:219-25.
- Naim M. Cellular transduction of sugar induced sweet taste. In: *Food Flavors, Ingredients and Composition.* Ed. G. Charalambous. Elsevier. New York 1993, pp. 647-56.
- Nasser J. Taste, food intake and obesity. *Obes. Rev.* 2001;2:213-8.
- Rolls BJ. Sensory-specific satiety. *Nutr. Rev.* 1986;44:93-101.
- Rolls BJ, van Duijvenvoorde PM, Rolls ET. Pleasantness changes and food intake in a varied four-course meal. *Appetite* 1984;5:337-48.
- Rolls BJ, Rowe EA, Rolls ET. How sensory properties of foods affect human feeding behavior. *Physiol. Behav.* 1982;29:409-17.
- Rolls ET. Taste and olfactory processing in the brain and its relation to the control of eating. *Crit. Rev. Neurobiol.* 1997;11:263-87.
- Roper S, Atema J Eds: *Olfaction and taste.* Ann. NY Acad. Sci., New York 1987.
- Rosenstein D, Oster H. Differential facial responses to four basic tastes in newborns. *Child Dev.* 1988;59:1555-68.
- Schiffman SS, Graham BG, Sattely-Miller EA, Person-Dancy M. Elevated and sustained desire for sweet taste in Africans-Americans: a potential factor in the development of obesity. *Nutrition* 2000;16:886-93.
- Sclafani A. Psychobiology of food preferences. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 2001;5(S):13-16.
- Smith GP. The controls of eating: a shift from nutritional homeostasis to behavioural neuroscience. *Nutrition* 2000;16:814-20.
- Torii K. Central mechanism of umami taste perception and effect of dietary protein on the preference for amino acids and sodium chloride in rats. *Food Rev. Int.* 1998;14(2&3):273-308.
- Tuomisto T, Tuomisto MT, Hetherington M, Lappalainen R. Reasons for initiation and cessation of eating in obese men and women and the affective consequences of eating in everyday situations. *Appetite* 1998;30:211-22.
- Wang GJ, Volkow ND, Logan J, Pappas NR, Wong CT, Zhu W, Netusil N, Fowler JS. Brain dopamine and obesity. *Lancet* 2001;357:354-7.
- Wardle J. Conditioning processes and cue exposure in the modification of the excessive eating. *Addictive Behaviour* 1990;15:387-93.
- Weingartner HP. Meal initiation controlled by learned cues: basic behavioural properties. *Appetite* 1984;5:147-58.
- Yamaguchi S, Ninomiya K. What is umami? *Food Rev. Int.* 1998;14(2&3):123-38.
- Ye Q, Heck GL, DeSimone JA. The anion paradox in sodium taste reception: resolution by voltage-clamp studies. *Science* 1991;254:724-6.
- Yeomans M. Taste, palatability and the control of appetite. *Proc. Nutr. Soc.* 1998;57:609-15.