UPPSALA
UNIVERSITET

Gott eller äckligt - bara en smaksak?

Kristina Bate Holmberg

Independent Project in Biology
Självständigt arbete i biologi, 15 hp, vårterminen 2015
Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

Sammandrag

I en smakupplevelse är hela kroppen inblandad. Hjärnan med sina fem sinnen, behovet av mat, bearbetningen av smaken och doften samt psykologiska omständigheter. Varför uppfattningen skiljer sig åt mellan olika individer kan beror på olika faktorer: antal smakreceptorer, olika mottaglighet för olika luktmolekyler, olika känslighet för bittra ämnen t. ex. 6-n-propylthiouracil och omvandling av aktiva gener till pseudogener där man främst funnit 11 *TAS2R* pseudogener, förre detta bittersmaksreceptorer. Genom de genetiska skillnaderna som påverkar huruvida maten smakar mer eller mindre bittert har det även skapats geografiska skillnader i smakupplevelse.

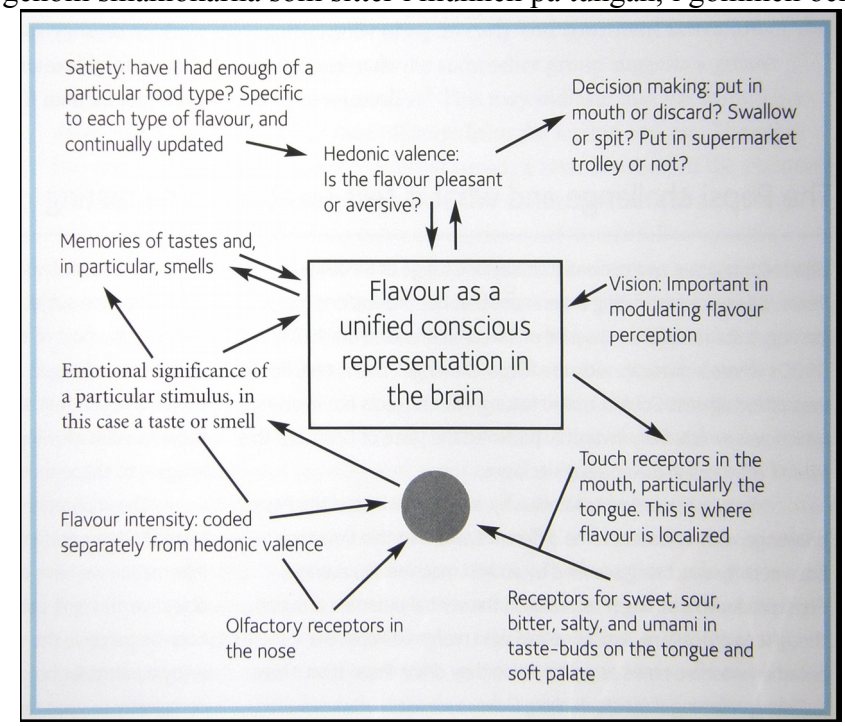
Genom interaktioner av lukt och smak dels i hjärnan, men även på vägen till hjärnan kan smak och doft lätt blandas ihop. Att de olika sinnena bearbetas i samma delar av hjärnan, orbitalfrontala cortex, som känslor, ger en djupare förståelse för varför förtäring av mat och dryck kan vara så pass känsloladdat.

I hjärnan har hedoniska punkter, som tillsammans bildar ett nätverk, hittats. Dessa är kopplade till det limbiska systemet och hjärnstammen. När ett yttre stimuli som retats under förtäring av mat påverkar oss positivt och framkallar en känsla av njutning beror det bl.a. på att njutningen bearbetas i de hedoniska punkterna.

Kunskapen om vilka bidragande faktorer om spelar in i en smakupplevelse och hur det bearbetas i hjärnan kan inte bara hjälpa oss få djupare kulinarisk kunskap, utan även appliceras i sjukvården för olika typer av smakstörningar, ätstörningar och alkoholism.

Inledning

En av de viktigaste vägarna till njutning hos människan går via smak (Kringelbach 2005). Smak är en av de mest multisensoriska upplevelser människan har (Small 2012). När en smakupplevelse uppfattas är det främst tre sinnen som är inblandade. Först och främst är det smak, som tas upp genom smaklökarna som sitter i munnen på tungan, i gommen och i svalget. Sedan är det lukt som



Figur 1. En schematisk bild som visar att det är flera olika faktorer som interagerar med varandra och påverkar vår smakupplevelse. (Bearbetad bild från Goode 2007)

tas upp ortonasalt eller retronasalt vilket innebär luktinducerad smak, alltså att doftsignaler uppfattas genom att man tar in mat genom munnen. Sist bidrar även känsel till smakupplevelsen, men inte lika mycket som de två förstnämnda sinnena. Känseln uppfattas genom det orala somatosensoriska centret (Small 2012). Smak och doft har som sagt den största betydelsen för smakupplevelser och de har, förutom att uppfylla sina naturliga uppgifter även förmågan att väcka känslor och minnen genom att interagera med det limbiska systemet.

Ordet ”smak” associeras oftast med sinnet smak som är den huvudsakligt bidragande faktorn till smakupplevelser. En smakupplevelse är däremot en kombination av fysiska och psykiska effekter som samordnas och tillsammans bildar en upplevelse (Figur 1).

Våra fem sinnen registrerar stimulin med sina specifika receptorer. Genom att först få en djupare förståelse för tungans smakreceptorer och näsans doftreceptorer, deras väg i hjärnan, hur de bearbetas och hur deras vägar korsas eller inte, går det att inse varför en smakupplevelse kan vara så känsloladdad.

Det är dock viktigt att inte glömma att även känselsinnet och synsinnet kan spela relativt stora roller i en smakupplevelse. Dessutom har ljud, vilken situation man befinner sig i samt människorna i ens närhet en viss påverkan på smakupplevelsen. Dessa faktorer är mer kopplade till psykologiska effekter och får naturligtvis inte bortses ifrån, då människans fysiologi och psykologi många gånger går hand i hand. Tillsammans bildar dessa sinnen en smakupplevelse som kan få oss att minnas trevliga saker, längta eller sakna. Hur kan smaken och doften från mat, som för de allra flesta djur bara handlar om näringsintag få så många andra känslor att flöda hos människan?

Med tanke på att våra fem sinnen är kopplade till känslocentret i hjärnan och bland annat amygdala, som står för en stor del av våra starka känslor, är det fullt logiskt att mat och känslor hör ihop. Tillsamman kan dessa sinnen utgöra en känsla av välbefinnande. Vid förtäring av mat utsätts vi för en rad olika externa stimulin som påverkar oss på olika sätt, både positivt och negativt. Frågan är vilket sinne det är som egentligen är den huvudsakliga faktorn till att vi uppfattar en smakupplevelse som positiv? Handlar smakupplevelsen lika mycket om smak som det låter eller är det ett stort hopkok av interaktioner mellan våra fem sinnen? Vi kanske inte smakar lika mycket på maten som vi egentligen tror.

Det finns huvudsakligen två olika orsaker som gör att människan tycker olika saker smakar gott. Den ena faktorn är helt enkelt inlärning och vana. Vi lär oss från barnsben vad som smakar ”bra”. Men det finns även en biologisk aspekt av det hela. Behov av olika näringsämnen, stor variation i antal gener för smakreceptorer och komplexa system gör det möjligt för oss att känna igen smaker och tycka olika.

Jag vill fördjupa mig i hur smaken bearbetas i hjärnan och undersöka om kockar faktiskt kan tillfredsställa sina gäster med hjälp av biologisk vetenskap. Varför och vad (dvs. vilka sinnen som spelar en roll) är det som gör att vi känner njutning av mat och hur förstärks denna känsla på biologisk väg?

Interagerar de olika sinnena, främst smaken och lukten, med varandra under en smakupplevelse och om de gör det, kan man förstärka den positiva smakupplevelsen genom att stimulera, aktivera och samordna de olika sinnena ytterligare?

Det huvudsakliga syftet med det här arbetet är att försöka besvara följande frågor:
•Vilka faktorer (sinnen) är det som spelar in när vi får en smakupplevelse och hur är det kopplat till centrala nervsystemet (CNS)?
•Varför är en del människor mer mottagliga för vissa dofter och smaker, uppfattar dessa som goda eller illasmakande och är dessa uppfattningar inlärda eller nedärva?

Smaksinnet

Människans smak delas in i fem grundsmaker: sött, salt, surt, beskt och umami. Kriterierna för att få kallas grundsmak är att smaken inte ska kunna uppstå genom en blandning av andra komponenter. I munnen, huvudsakligen på tungan, men även i gommen och i svalget sitter kemoreceptoriska smaklökar. I varje smaklök finns det 50 till 100 smakreceptorer som tar emot smakmolekyler, tastanter (Lindemann 2001). I varje smaklök registreras alla fem grundsmaker. Smaklökarna finns mest koncentrerade runt tungan, som en inramning, längst ut på tungan, längst in samt på sidorna. Att olika delar av tungan skulle ansvara för en egen grundsmak är ett föråldrat antagande som inte stämmer överens med verkligheten (Chen *et al.* 2011).

Sött och umami
I smaklökarna sitter det sinnesceller. Varje grundsmak registreras av sin egen typ av receptorceller, det vill säga sur-celler, bitter-celler etc. (Chen *et al.* 2011). Salt och surt tas upp av jonkanaler, medan bittert, sött och umami tas upp av G-proteinkopplade receptorer (GPCRs) (Risso *et al.* 2014). Människor har bara tre stycken smakreceptorer som kan uppfatta söta smakmolekyler och smakmolekyler från umami. Receptorerna i denna familj kallas T1R1, T1R2 och T1R3 (Scott 2004). Tillsammans bildar de två heteromera-receptorer. T1R1+3 känner av umami och T1R2+3 känner av sött (Chen *et al.* 2011). Trots att alla smaklökar alltid består av smakceller som kan registrera varje grundsmak uttrycks *T1R*-generna (sött och umami) aldrig i samma cell. Därmed är det omöjligt för söta smakmolekyler och umamismakämnen att aktivera samma smakcell. Det är därför vi kan urskilja sött och umami så väl (Scott 2004).

Människan har bara en smakreceptor för sötma. Trots det kan vi känna olika typer av söta smaker. Detta betor på att söta ämnen (molekyler) fäster på olika sätt och på olika ställen på receptorn. Det är bland annat beroende på storlek, då det är specifika platser där större och mindre molekyler kan binda. Detta gör att söta molekyler kan fästa vid receptorn samtidigt (Temussi 2007) och att vi således kan uppfatta olika söta smaker när vi till exempel äter jordgubbar med socker.

Surt och bittert
För de flesta djur uppfattas surt som något dåligt eller som omogna bär och frukter som inte bör ätas. Människan är dock ett undantag, då vi ibland kan föredra salt mat och dryck, (Swiegers *et al.* 2005) men bara till en viss gräns.

Receptorfamiljen som kan registrera bittra smaker kallas *T2R* eller *TAS2* (Risso *et al.* 2014) och det finns hela 25 gener som kan koda T2R-protein (Lindemann 2001). Genfamiljen består av sju transmembranbundna GPCRs (Risso *et al.* 2014). Bittersmaksreceptorer varierar i antal hos olika djurarter, men alla tillhör genfamiljen *T2R*. Dessutom, till skillnad från *T1R*-receptorerna, kan T2R-protein uttryckas samtidigt i samma cell (Lindemann 2001). Olika arter av primater har dock inte alltid reagerat likadant på samma bittra föreningar (Risso *et al.* 2014). Förmågan att ogilla bittra smaker är något som har utvecklats under evolutionens gång (Lindemann 2001). T2R-receptorerna finns i genomet hos människor i form av anhopningar. Dessa är genetiskt kopplade till våra loci som inverkar på vår uppfattning av bittra smaker (Drewnowski *et al.* 2001).

Smakreceptorer som kan registrera bittra smaker är en viktig del av människans naturliga överlevnadsmekanism, i och med att det finns flertal organiska molekyler och föreningar som är giftiga och smakar bittert, till exempel nikotin och koffein (Lindemann 2001). Giftiga ämnen kan ha flera olika sammansättningar, och med flera receptorer som kan identifiera dessa potentiellt toxiska molekyler ökar chansen att undgå dem. Samtidigt gör det att vi inte kan urskilja mellan olika substanser som smakar bittert på samma sätt som vi kan skilja olika smaker av umami och söta smaker.

Den genfamilj som kodar för smakreceptorerna som tar emot bitter smak hos människan består av 25 *TAS2R*-locin. Dessutom finns det elva *TAS2R*-pseudogener. Dessa pseudogener är förre detta bittersmakgener som, hos de arter av människosläktet Homo som vi idag känner till, neandertalare och denisovanmänniskan , har omvandlats till att bli inaktiva genom evolutionens gång**.** Att denna variation i *TAS2R*-generna bara uppstod hos vissa arter kan vara ett bevis på hur det naturliga urvalet har sorterat bort de populationer och individer som inte burit på gendifferentieringen som kunnat identifiera vissa giftiga och bittra föreningar. Det är dock oklart vad det är som har drivit denna artspecifika differentiering. Det kan antingen ha berott på genetisk drift, födovalsbeteende, tillagningsbeteende eller en kombination av dessa faktorer (Risso *et al.* 2014).

Globala och lokala variationer

Efter en undersökning som gjorts (Risso *et al.* 2014) där man jämförde den mänskliga variationen i *TSA2R* pseudogenerna hos både afrikanska och icke-afrikanska populationer, med individer från neandertalare, denisovanmänniskan och H. sapiens framgick det att differentieringen var lika, förutom i två gener, *TAS2R6P* och *TAS2R18P* . I denna undersökning fann man att båda dessa två allelvarienterna förekom i betydligt högre frekvens i generna hos de individer som hade sin härkomst utanför Afrika. Denna skillnad har bestått och allelvarianterna är fortfarande i högre frekvens hos afrikaner än hos icke-afrikaner. Orsaken till att den differentierande utvecklingen visade sig vara så omfattande, liknande och global hos smakreceptorerna tros bero på förluster av funktioner som skett hos den mänskliga arten under evolutionens gång (Risso *et al.* 2014).

Trots att vi har detta komplexa smaksystem med en god förmåga att känna igen olika smaktyper är det inte givet att vi kan kan sär- och urskilja olika smaker som kommer från samma grupp (Lindemann 2001). Intressant är dock att de flesta människor har smakkapacitet som går att utveckla med träning.

Figur 2. Hittills är endast bitter, salt, surt, sött och umami erkända grundsmaker. Upptäckten av att även fett, kalcium och metallsmak också har egna receptorer kan möjliggöra att även de kan komma att erkännas som grundsmaker hos människan (Voigt 2014).

Bara fem grundsmaker?

Idag är bara sött, salt, surt, beskt och umami erkända som grundsmaker. Det har dock visat sig att det finns GPCR i smakreceptorceller som kan detektera smaken av fett (från fettsyror) och kalcium (Shusuke *et al.* 2014). Det har även påvisats att det finns speciella smakreceptorer för smaken av metall (Riera *et al.* 2007). Upptäckten av att vi kan detektera dessa smaker enskilt skulle eventuellt kunna bidra med att även fett, kalcium och metallsmak kommer att klassas som grundsmaker i framtiden (Figur 2).

Luktsinnet

Näst efter immunförsvaret är luktsinnets ”genomfamilj” den mest variabla (Swiegers *et al.* 2005). Generna som kodar för olfaktorreceptorerna (luktmolekylreceptorerna) utgör en relativt stor del av det mänskliga genomet, mellan en och tre procent. Den mänskliga genuppsättningen har påvisats ha cirka 900 sekvenser för luktreceptorgener. Av dessa är det 347 som kan koda fungerande luktgener (Zozulya *et al.* 2001). Det har visat sig att det skiljer sig från individ till individ hur pass mottaglig man är för olika olfaktorer, vilket antyder att det finns stor komplexitet i detta system (Swiegers *et al.* 2005).

Luktreceptorerna är G-proteinkopplade och sitter i epitelet. De består dessutom av sju hydrofoba transmembrandomäner. I och med denna stora diversitet är det helt logiskt att det uppkommer skilda uppfattningar om något luktar gott eller illa. Det finns miljoner olika olfaktorreceptorneuroner. Med hjälp av dessa kan vi uppfatta olika kemiska molekyler och strukturer, i olika storlekar, som färdas i luften (Lindemann 2001). Från det att doftmolekylerna har gått från luften, in i näsan, till de nervceller som upptäcker luktmolekyler som får luktreceptorerjonkanaler att skicka en signal till luktsinnet i hjärnan, skickas signalen vidare till känslocentret i hjärnan, det limbiska systemet (Lindemann 2001). Där bearbetas känslor, minne och även dofter. De interagerar alltså med varandra och därför kan man dra slutsatsen att doften av mat har direkt kontakt med känslorna.

I primära luktcortex har det visat sig att varje doft kodas av en alldeles egen hop neuroner. Tillsammans bildar dessa grupper med neuroner ett mönster som är ganska glest och utspritt. Dessa ansamlingar med neuroner är inte kopplade till hur luktämnena anordnas i luften. Dvs. det går inte att avgöra från vilket håll (riktning) lukten kommer på samma sätt som det går att avgöra varifrån exempelvis ett ljud eller ljus kommer ifrån. Här är luktsinnet annorlunda om man jämför med liknande respons hos syn, känsel och hörsel och deras primära cortex, där organisationen i cortex är organiserat utifrån stimulin i luften (Chen *et al.* 2011).

Luktsinnets komplexitet

Luktsinnet är betydligt mer komplext än smaksinnet. Varje luktcell uttrycker endast en typ av luktreceptor, vilket innebär att varje enskild lukt skickar en enskild signal till hjärnan. För att vi ska kunna känna igen så pass många olika dofter har luktreceptorerna förmågan att överlappa varandra. De kan känna igen och binda till fler luktmolekyler (Touhara 2002). I teorin möjliggör denna funktion att vi skulle kunna känna igen miljontals dofter (Firestein 2001). Hjärnan har dock sina begränsningar och lämnar oss med förmågan att bara kunna urskilja ett tresiffrigt antal lukter (Swiegers *et al.* 2005). Luktreceptorerneuronerna utökar alltså doftspektrumet genom att motta kombinationer av dofter (Touhara 2002). Vi har dock stor förmåga att lära oss att känna igen och namnge flera dofter. Värt att nämna här är vinprovare och teprovare, som har extremt välutvecklade (inlärda) smaksinnen.

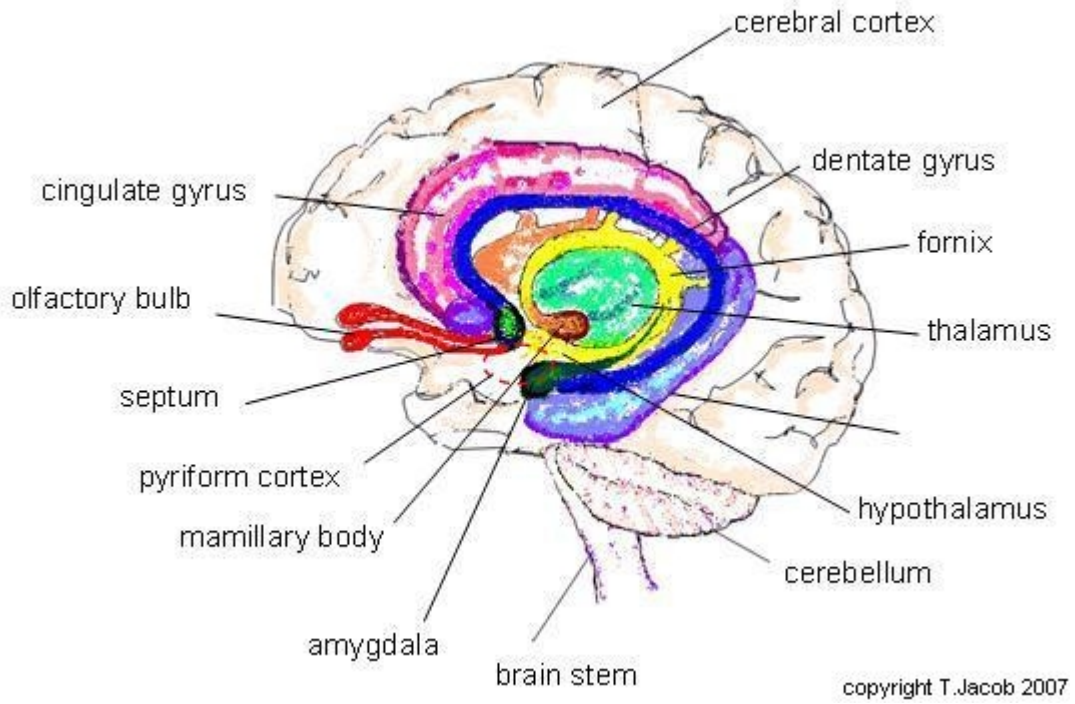
Lukt eller smak?

Vi har en tendens att ibland blanda ihop lukt och smak. Om man bär på en förkylning då luktsinnet är nedsatt, får man en möjlighet att känna det verkliga smakintrycket. Då uppfattas ofta smaken som ganska tråkig eller så uppfattas smaken inte alls. Vi vill hellre uppfatta en flerdimensionell upplevelse av aromer. Orsaken till att vi blandar ihop lukten och smaken kan vara att kroppen många gånger luras att tro att man uppfattar smak när det i själva verket är dofter som registreras av luktreceptorer högst upp näshålan. Det som vi uppfattar efter ett vanligt ”sniff” är molekyler som kommer genom den ortonasala vägen. Den retronasala vägen är en genväg som går upp till näsan via svalget. Man känner alltså doften av en köttbulle när man väl stoppat den i munnen och börjat tugga och svälja. Det är alltså den retronasala lukten, även kallad den luktinducerade smaken, som får hjärnan att sätta samman smaken till en helhetsintryck.

Vägen till känslocentret i hjärnan/limbiska systemet

Förutom just smaken och doften påverkar, som tidigare nämnts, känseln, synen och ibland även ljudet vår smakupplevelse. Det har visat sig att ljudsignaler, dofter och syner upplevda precis före ätandet (och ibland i frånvaro av mat) kan ha en mer eller mindre stark påverkan på smakupplevelsen. Detta sker genom att de centrala sensoriska signalerna kombineras och samverkar i CNS. Om ett yttre stimuli retar något av våra sinnen aktiveras även känslocentret i hjärnan. Orala gångar, somatosensoriska gångar och luktgångar interagerar först i den frontala ventrala insulära loben och transporteras sedan till nedströmsregionerna i amygdala, främre cingulate cortex och bitofrontal cortex liksom till uppströmsregionerna i hjärnstammen och talamus (Diaz 2004) (Figur 3).

Från neuronerna i frontalcortex vandrar primärt visuella men även andra sinnens input till amygdala. Direkt därefter ger amygdala en känslorespons (Wang *et al.* 2014).



Figur 3. Några av hjärnans delar där man kan se hur bla. talamus, amygdala och hjärnans cortex, som är kopplade till att känslorna uppkommer genom retningar från yttre stimulin, ligger i förhållande till varandra (Jacob 2014).

Primär- och sekundärsmak

Smaken är en flerstegsprocess och delas upp i primär- och sekundärsmak. Med primärsmak åsyftas smaken av de fem grundsmakerna (idag är fem grundsmaker erkända). När man talar om sekundärsmak syftar man på om smaken uppfattas som positiv eller negativ, och där intrycket därefter kan kombineras och förstärkas av övriga yttre stimulin som retar de olika sinnena.

Smakreceptorer detekterar en smakmolekyl och via nervceller flödar informationen via hjärnstammen till talamus för att sen anlända till den insulära loben som står för den primära smaken (Pritchard *et al.* 1999). Med hjälp av neuroradiologi har det framgått att den insulära loben därefter processar/skickar iväg informationen åt två olika håll, till två olika strukturer. Bearbetningen skickas till orbitalfrontala cortex (O`Doherty *et al.* 2001), samt till amygdala (Zald *et al.* 2002). Dessa två strukturer står för den sekundära smaken. Det har visat sig att människor med skador på den insulära loben, med andra ord skadad primärsmak, har försämrad luktinducerad smak och smak (Stevenson *et al.* 2012). Det stärker teorierna om att smak- och doftvägarna korsar varandra eller sammanfogas i hjärnan. Amygdala och den insulära loben verkar tillsammans med smakigenkänning av grundsmakerna (Small *et al.* 1997). Orbitalfontala cortex verkar dock inte känna igen smaker på samma sätt utan förefaller spela en roll i effektivt smakprocessande

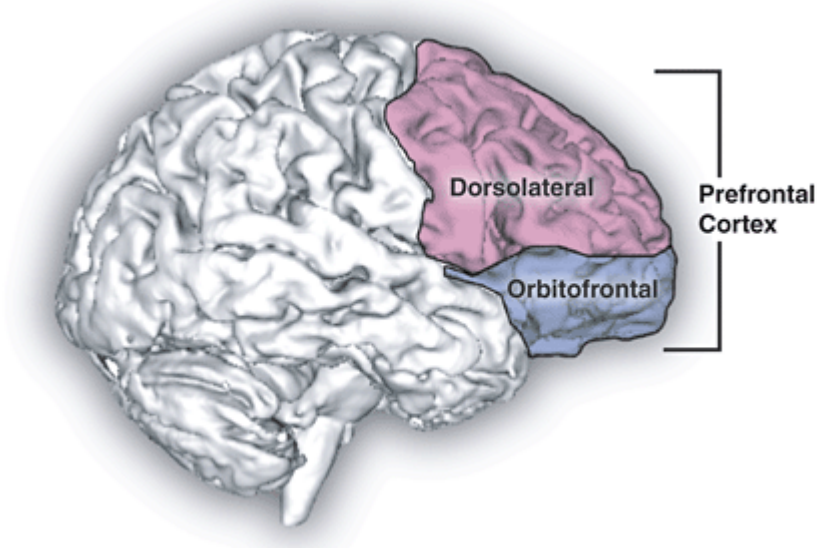
(Verhagen & Engelen 2006).

De enskilda smakerna (från grundsmakerna) representeras av specifika celler i den insulära loben. Varje smak är representerad i frånskilda cortikala fält. Tillsammans bildar fälten en anmärkningsvärt exakt och noga uppdelad smakkarta, ett typ av nätverk för smaker (Chen *et al.* 2011).

Orbitala cortex

Orbitala cortex hör till den ventrala regionen på framhjärnan (del av prefrontala cortex) (Figur 4). Det är den del som är lokaliserad på frontala cortex och som mottar neuroner från mediedorsala talamus (Kringelbach 2005). Från det att sensoriska signaler har skickats från de olika sinnesregionerna i periferin (yttersta området) i primära cortex, skickas signalen vidare till orbitala cortex bakre delar. I olika främre regioner i orbitala cortex kodas andra typer av information, vilket tyder på att hjärnan är relativt heterogen (med avseende på regioner).

Det har påvisats aktivitet i frontala orbitalcortex när vi känner njutning. Trots att de frontala delarna av cortex främst sysslar med behagliga stimulin och de laterala delarna med obehagliga stimulin är cortex inte helt strikt uppdelad. Det har visat sig att känslan av välbehag kan bearbetas i och förmedlas på olika sätt och i olika sidodelar till orbitalfrontala cortex. Det är alltså inte bara positiva signaler som kodas i hela mediala orbitalfrontala cortex och inte bara de negativa signalerna som kodas i de laterala delarna (Kringelbach 2005).



Figur 4. Prefrontala cortex bestående av dorsolateral- och orbitalfrontal cortex. Känslor av bland annat njutning bearbetas i orbitalfrontala cortex (Zhar & Sullivan 2008).

Smaken i orbitala cortex

De mittersta regionerna av orbitalfrontala cortex interagerar med mekanismer som uppstår vid kemisk påverkan (smak och doft). En av dessa mekanismer är bland annat selektiv känsla (medveten känsla). Därför kan de också vara regioner som förenar subjektiva hedoniska upplevelser. Det har visat sig efter undersökningar inom neuroradiologi att interaktioner mellan känslor av välbehag kan vara kodade separat från känselintensitet i ett nätverk i hjärnan (Anderson & Sobel 2003). Man har sett att smakintensitet kodas av den främre insulära loben medan subjektivt välbehag kodas av ett speciellt ställe (de Araujo *et al.* 2003).

Med kunskap om detta skulle man kunna få en ökad förståelse för hur man förstärker känslan av behag och njutning när man äter. Man skulle också kunna applicera det för att få förståelse för övervikt, andra typer av ätstörningar och eventuella behandlingar.

Njutning kan delas upp i två olika kategorier. ”Gilla”- reaktioner (objektiva känslor) som inte nödvändigtvis behöver vara medvetna och ”medvetet gilla”- reaktioner (subjektiva eller selektiva känslor) som kommer från kognitiva hjärnmekanismer och är fullt medvetna (Berrige & Kringelbach 2008). När vi äter något som vi tycker är gott bearbetas känslan både undermedvetet

och medvetet i hjärnan. Att tycka att mat smakar bra är en form av belöning som kroppen får (Berrige & Kringelbach 2008).

Olika smakartyper

Smaken uppfattas först när smakmolekyler når luktepitelet i näshålan antingen genom ortonasala luftvägar, genom att man luktar genom näsan, eller genom retronasala luftvägar genom munnen. Hur pass stark smak som uppfattas beror på antal doftmolekyler eller smakämnen (smakmolekyler) som kommer till receptorceller (Diaz 2004). Antal receptorer har också en stor betydelse när man mäter hur pass bra lukt- och smaksinne man har. Det påstås ibland att en fjärdedel av världens befolkning är så kallade supersmakare det vill säga människor med något fler smaklökar. Ungefär hälften är normalsmakare och den återstående fjärdedelen lågsmakare, med en aning nedsatt smaksinne. Trots att man inte vet exakt hur stor andel som tillhör vilken smakartyp, är det helt klart att det finns genetiska skillnader i smakuppfattning. En intressant skillnad som har påvisats är att kvinnor lättare tenderar att vara supersmakare än män.

Supersmakarna har dominanta homozygota alleler för genen *TAS2R38* (Duffy *et al.* 2004). De är känsligare för 6-n-propylthiouracil-bittersmak (PROP-bittersmak) , uppfattar kraftigare sötma, känner mer hetta från kaspasin (ämnet som får chilifrukter att smaka starkt) och starkare (bittrare) smak från alkohol (Bartoshuk *et al.* 1996). Oavsett smakartyp uppfattas känslan av njutning, som en form av belöning till kroppen när man äter. Den kan bero på flera faktorer där bland annat hunger är en betydande faktor (Berrige & Kringelbach 2008). Även brist på olika näringsämnen kan få mat innehållande just det näringsämnet att smaka extremt bra.

I likhet med auditiva, somatosensoriska och visuella system, uppvisar smaken en rumsligt arrangerad karta i sina primära cortikala regioner. Det som dock skiljer smaken åt är att, till skillnad från de tre övriga sinnena som har ”mjuka” övergångar mellan funktionerna i sinnesutrymmet och har receptorceller som kräver rumslig ordning, har smaken utspridda och fördelade smakceller i periferin i munnen utan någon rumslig ordning (Chen *et al.* 2011).

Det finns praktiska orsaker till att det är rumsligt organiserade kartor i cortex för auditiva, somatosensoriska och visuella system, men varför är det även så för smaken? Det finns teorier om att det faktiskt inte har någon större funktionell nytta, utan bara är en relativt enkel och elegant lösning som har följt med under evolutionen (Chen *et al.* 2011).

Smaken, doften och känseln

Smak, doft och känsel är sinnen som aktiveras dagligen och spelar in i våra vardagliga liv. Det är även relativt enkelt att med hjälp av externa stimuli som till exempel mat, reta sinnena, vilket också ger oss ett smidigt tillvägagångssätt för att undersöka emotionella aktiveringar i hjärnan (Berrige & Kringelbach 2008).

När man äter aktiveras belöningssystem i hjärnan. Stimuli som kan aktivera liknande belöningssystem är sex (Gottfried *et al.* 2009) och droger (Burke *et al.* 2007). En smakupplevelse som genererar njutning är inte bara en känsla. För att yttre stimuli, från att ha aktiverat olika sinnen, ska omvandlas till njutning måste det bearbetas i det ”hedoniska” hjärnsystemet (hedonic hotspots) (Kringelbach 2004).

Hedoniska punkter

I hjärnans subcortex, kopplat till det limbiska systemet och hjärnstammen, finns hedoniska (njutnings-) punkter som genererar känslan av njutning. Hedoniska punkter finns i flera delar av hjärnan, i ventarla palladum, i nukleära accumbens skal, eventuellt i andra delar av framhjärnan och det limbiska cortala systemet. De förkommer även i vissa djupa regioner i hjärnstammen samt i bryggan (pons) (Kringelbach 2004).

Hittills har man funnit koppling mellan orsak och gilla-känslan i ett fåtal subcorticala hedoniska punkter. De hedoniska punkterna som har denna koppling har registrerats i hjärnstammen och i ventrala pallidium, samt subcortikala hedoniska punkter. De hedoniska punkterna bildar alltså ett slags nätverk i hjärnan (Kringelbach 2004).

Vikten av att gilla mat

Att människan tycker om mat är essentiellt, då det handlar om vår överlevnad. Kopplingen till det limbiska systemet och hedoniska punkter i hjärnan är liknande hos de flesta däggdjur och vissa andra djur. I och med att den underliggande, neurala limbiska mekanismen är så välutvecklad hos så många olika arter och utnyttjar så pass stor hjärnaktivitet, verkar det vara osannolikt att kopplingen till känslorna inte har viktiga funktioner och mekanismer som är gynnsamma för individen (Berrige & Kringelbach 2008).

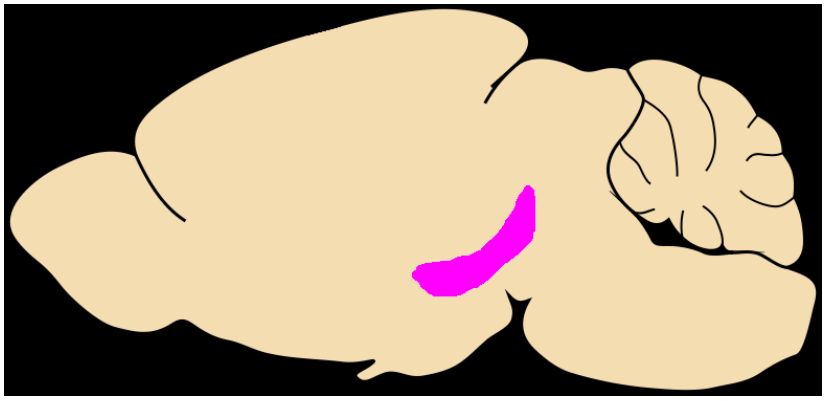
Att ha fundamentala njutningsmekanismer har alltid haft objektiva konsekvenser för djurs fysiologi, individers beteende och eventuell genfitness. Objektiv njutning kopplad till hedoniska punkter kan ha utvecklas mycket tidigare, innan människan evolverade fram förmågan att kunna känna subjektiv njutning. För att människan ska kunna uppleva en känsla av njutning är det sannolikt att en objektiv känsla från ett hedoniskt stimuli måste konvertera till en subjektiv känsla (Barrett *et al.* 2007, Gilbert & Wilson 2007, Higgins 2006). Subjektiv känsla kan definieras både biologiskt och psykologiskt. Med hjälp av mat har flertal olika typer av undersökningar utförts för att se om känslor framkallade av smak ger upphov till olika nivåer av njutning. Intervjuundersökningar, elektrofysiologiska reaktioner av autonoma nervsystemet och det centrala nervsystemet är bara några av metoderna som använts. Park *et al.* (2011) övervakade även, med hjälp av EEG (elektroencefalografi), känslor som framkallades med smak. Varje smak rankades som trevlig eller otrevlig med hjälp av en subjektiv mätning genom hedoniska betyg (poäng). Park *et al.* (2011) fann att klassificeringen av smakerna tydligt kunde visas av EEG. De olika nivåerna av subjektiva känslor som inducerades av de olika smakerna påvisades som tydligt åtskilda med hjälp av EEG.

Att tycka om och känna njutning kontrolleras och kodas alltså av neural aktivitet (Berrige & Kringelbach 2008) av frontalcortex och dess tillhörande regioner. Dessa regioner är de subkortikala hedoniska punkterna, där frisläppning av dopaminhalter och elektroder som mättar dessa höga hormonhalter och omvandlar njutningen till en känsla av välbefinnande och lycka äger rum (Kent *et al.* 2008). Känslan av njutning bildas även av insularcortex (den insulära loben), amygdala och nucleära accumbens (Kringelbach & Berrige 2008).

Med ökad kunskap om hur orbitalfrontala cortex och liknade områdens koppling till känslo- och belöningsregionerna i hjärnan som bearbetar känslor och emotionella intryck, skulle kunna ge en djupare förståelse för depression (Kringelbach 2005).

Smakkartan

Länge har man trott att smaken är uppdelad på olika delar av tungan, vilket som tidigare nämnts



Figur 5. Lila område anger ungefärlig plats för smakcortex på mushjärna (Bearbetad bild från Töle, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mouse_brain_sagittal.svg 2014).

icke är fallet. Däremot har Chen *et al.* (2011) funnit att bearbetningen av alla grundsmaker förutom surt (syra) är strikt uppdelade topografiskt i smakcortex av hjärnan (Figur 5). Upptäckten av att det är så välarrangerat i hjärnan med avseende på smak och denna smakkarta gör att det blir lättare att förstå och förklara varför smaken har en sådan betydelsefull och central roll för oss människor. Regionerna som står för de enskilda grundsmakerna, har visat sig bara vara en bråkdel av den insulära loben. När Chen *et al.* (2011) observerade hjärnan på mänskliga försökspersoner men även djur utan smakreceptorer, när de utsattes för smakämnen, visade det sig att bara en liten mängd nervceller utanför smakregionerna hade fluorescerande förändring. Utifrån detta verkar det som om området mellan smakregionerna på den insulära loben alltså inte har något med den enskilda grundsmaken att göra. Däremot kan man inte utesluta att dessa mellanområden är inblandande i andra smakkodningar. Teorier kretsar kring att de hjälper till att avkoda och ge gensvar på smakkombinationer. Den insulära loben ger även gensvar på andra sensoriska sinnen. Insulacorex är alltså en plats där sinnen interagerar och får alltså smak att interagera med de övriga sinnena (Kadohisa *et al.* 2005).

För att ta reda på om retronasala vägar ger upphov till hedoniska känslor har undersökningar genomförts (Lim & Padmanabhan 2013) där man lät försökspersoner (132 stycken) smaka och klassificera fyra olika grönsaker med både tilltäppt och icke tilltäppt näsa (luktförmåga). Utifrån resultaten blev personerna indelade i ”gillare” och ”icke-gillare”. Resultaten visade att när näsan var stängd gillade inte ”gillarna” och ogillade inte ”icke-gillarna” i lika hög grad som under normala omständigheter. Försökspersonerna fick också ange den upplevda sötman, syran, sältan och bitterheten. Det visade sig att den upplevda bitterheten inte skilde sig åt och inte heller den upplevda grönsakssmaken för de olika grupperna. Detta påvisade således att det var grönsakernas doft som påverkade om man gillade eller inte gillade grönsakerna och därmed kopplat till hedoniska känslorna. Med andra ord påvisade detta att retronasala vägar har koppling till hedoniska känslor för bland annat grönsaker (Lim & Padmanabhan 2013).

Hjärnan, magen och maten

Varför tycker vi då om tillagad mat? Det skulle vara extremt tidsbesparande om vi kunde fånga, tugga, smälta och utnyttja näringen som finns i en rå duva, precis som många andra rovdjur. Det finns flera forskare som tror att orsaken till att våra hjärnor utvecklades och blev större berodde på att människans diet förändrades (Carmody & Wrangham 2009). Samtidigt som hjärnan har växt, och då speciellt cortex där alla sinnescentrum sitter, har magsäcken blivit mindre. Mer näring och protein i maten, samt konsten att kunna tillaga maten, bidrog till att hjärnan kunde försörjas med mer energi. Teorin pekar på att i och med tillagning av maten kunde mag- och tarmsystemet krympa. Genom att lära sig att tänka ut strategier för att fånga och jaga djur, växte energiintaget. Som en slags god cirkel växte hjärnan och kunde fundera ut hur man gör eld och därmed tillaga maten ytterligare. Genom tillagningen blev näringsämnen, lipider, stärkelse och proteiner mer lättillgängliga för kroppen (Carmody & Wrangham 2009) och är idag vad vi behöver för att överleva. Denna teori om hur hjärnan, magen och maten har samspelat under evolutionens gång är dock väldigt kontroversiell och omtvistad.

Olika smak

Finns det något svar på varför olika människor tycker så olika om smaker och dofter? Det finns olika teorier om vad orsaken kan vara. En av teorierna bygger på att det har visat sig finnas ett varierande antal kopior av smakreceptorergener hos olika individer. En andra orsak skulle kunna vara att, förutom den genomgripande och globala variation i gener som omvandlats till pseudogener hos människan finns det en variation i loci (platsen på kromosomerna där generna finns) *TAS2R6P* och *TAS2R18P*. Dessa genvarianter förekommer i högre frekvens i generna hos populationer utanför Afrika. Detta beror på att vissa av smakreceptorerna har differentierats under evolutionens gång (Risso *et al.* 2014).

TAS1R-genfamiljen som står för söta smaker och *TAS2R*-genfamiljen som står för umamismaker tillhör GPCR-receptorerna i munnen. När man har funnit variation hos människor med avseende på smakkänslighet har det visat sig kunna vara ett resultat av polymorfism (olika varianter) hos receptorerna. Det har även konstaterats finnas allelvariation kopplad till geografisk härkomst och vilken effekt maten som olika platser har (da Silva *et al.* 2014).

6-n-propylthiouracil (PROP)

Ett exempel på nedärvd smak är den känsligheten för den bittra smaken från 6-n-propylthiouracil (PROP). Känsligheten för PROP skiljer sig mellan människor, där vissa knappt kan urskilja PROP medan andra tycker det smakar extremt bittert. Man har även funnit koppling mellan PROP-känslighet, känslighet för andra bittra föreningar (Drewnowski *et al.* 2001) och att kunna känna sötman hos grönsaker (Dinehart *et al.* 2006). Dessa bittra föreningar förkommer ofta i korsblommiga växter (grönsaker) och vissa gröna salladssorter som bland annat brysselkål, spenat, grapefruktjuice och gröna teer. Dessa råvaror innehåller även många gånger fytokemikalier som har påvisats ha cancerhämmande effekt (Drewnowski *et al.* 2001). Dessa grönsaker innehåller dessutom ämnen som sänker risken för kroniska sjukdomar (Dinehart *et al.* 2006).

Att smaken av dessa ämnen uppfattas som motbjudande för vissa individer på grund av receptorerna kan alltså vara en nackdel. Förmågan att kunna acceptera dessa växtbaserade livsmedel kan alltså vara nedärvda smakfaktorer (Drewnowski *et al.* 2001) som svar på det naturliga urvalet.

Förmågan att kunna känna PROP har visat sig vara kopplat till en specifik gen *TAS2R38* (Duffy *et al.* 2004). Man kan dela in människor i lågsmakare, normalsmakare och supersmakare av PROP. Bartoshuk *et al.* (1994) har spekulerat kring att icke-smakarna bär på två recessiva alleler, normalsmakarna är heterozygoter och att super-smakarna bär på två dominanta alleler (Bufe *et al.* 2005).

Att vara en lågsmakare påverkar alltså födovalet och säkerligen matvanorna. Att tycka att vissa växter som är bra för kroppen smakar för bittert går således inte att hjälpa. Men man skulle eventuellt kunna försöka hämma den bittra smaken med hjälp av fett, salt eller socker (Drewnowski *et al.* 2001), men det kan i sin tur ha osund effekt om det överkonsumeras.

Det finns ett stort intresse för att komma underfund med hur man på bästa sätt ska maskera bitter smak hos nyttiga gröna grönsaker för att människor lättare ska kunna inta det rekommenderade dagliga intaget av de ämnena som förebygger kroniska sjukdomar (Sharafi *et al.* 2013). Ett av de stora problemen ligger i att smaken är olika. Antingen har man anlag för att vara lågsmakare, normalsmakare eller supersmakare och alltså olika förmåga att känna PROP. Metoder som fungerar på lågsmakare fungerar nödvändigtvis inte på normal- och supersmakare (Sharafi *et al.* 2013), faktum är att det faktiskt skulle kunna ha motsatt effekt på olika individer.

I en undersökning utförd av Sharafi *et al.* (2013) tittade man på hur sötma och sälta kan blockera den obehagliga bittra smaken som brysselkål, kål och sparris kan har. Det visade sig att sötningsmedlet aspartam var det mest effektiva ämnet för att maskera den bittra smaken. Hos normalsmakarna blev effekten så bra att de tyckte att grönsakerna blev goda. Tyvärr blev det för sött för supersmakarna. När natriumsalt (natriumacetat) användes som maskör fungerade det, om inte lika bra som aspartam. För supersmakarna förbättrades inte grönsakernas smak (Sharafi *et al.* 2013). Genom att tillsätta små mängder sötningsmedel vill man höja den hedoniska upplevelsen och minska den bittra smaken vid förtäring av nyttiga grönsaker. Med detta vill forskarna på ett naturligt och relativt billigt sätt öka förebygga sjukdomar och öka den allmänna hälsan hos människor (Sharafi *et al.* 2013).

Alkohol och smak

Intressant är även kopplingen mellan supersmakare och alkohol. I en undersökning utförd av Duffy *et al.* (2004) undersökte man huruvida homozygoter som var lågsmakare, heterozygoter som var normalsmakare och homozygoter som var supersmakare var mer eller mindre känsliga för alkohol. I

undersökningen fann man att det faktiskt fanns en koppling mellan hur känsliga försökspersonerna var för PROP och intaget av alkohol. Supersmakarna, de PROP-känsliga försökspersonerna påvisade större känslighet för smaken av alkohol och därmed ett mindre alkoholintag. Således finns det genetisk skillnad i smaksinnet kopplat till PROP- känslighet, som har effekt på alkoholintag (Duffy *et al.* 2004). Med ökad kunskap om detta kan man få större förståelse för alkoholism och eventuella behandlingar.

Tradition och vanor
Olika populationer på etnisk och en nationell nivå har ibland skilda åsikter huruvida något är gott eller inte. Det kan bero på genetisk skillnad men även kultur, traditioner och vanor som skiljer sig åt mellan bla. nationer, som lärts in sedan barnsben har naturligtvis också en stor betydelse för om något anses vara ätbart eller ej.

Trots att smaken många gånger skiljer sig åt finns det vissa smaker som genomgripande är omtyckta eller inte omtyckta. Undersökningar har gjorts (Small *et al.* 2003) där det visade sig att föda innehållande höga halter av sackaros föll de allra flesta i smaken. Däremot var höga koncentrationer av bittra smaker, vilket kininsulfat representerade i deras försök (smaker som vinäger etc.), verkligen motbjudande. Detta lever antagligen kvar som en typ av överlevnadsmekanism. Något sött innehåller många gånger hög energihalt och alltså effektiv näring.

Umami, den nyttiga nykomlingen
Genom att veta hur olika människor uppfattar smak kan man använda vetskapen i sjukvården. Hos äldre människor försämras smaksinnet (Imoscopi *et al.* 2012). Även patogener som vi stöter på under livet är som slitage på både lukt- och smaksinnet (Duffy 2007).

Umami har påvisat ge god salivutsöndring. Genom en ökad salivutsöndring bearbetas maten lättare, näringsämnen kan tas upp enklare och maten går lättare att svälja. Det har påvisats att hos en del äldre försvinner känsligheten för umami. Detta resulterar många gånger i minskad aptit, ingen matlust som leder till viktnedgång och näringsbrist. Genom att stimulera smaken av umami och på så sätt öka salivflödet, kan man behandla patienter med olika typer av smakstörningar så de går upp i vikt och får bättre allmän hälsa. Känsligheten för umami tycks vara en bidragande faktor till god hälsa, särskilt hos äldre (Sasano *et al.* 2014).

I och med att det oftast bara är umamikänsligheten som försvinner hos äldre (över 65) (Satoh-Kuriwada *et al.* 2013) utförs olika metoder för att återigen stimulera smaken för just umami. Genom att tillsätta naturliga ingredienser i maten för äldre, så som tomatpuré, soja, natriumglutamat, (Dermiki *et al.* 2013) anjovis och öl har man försökt öka aptiten hos patienterna. Resultaten har varit positiva och det har framkommit att med hjälp av trevliga, relativt enkla och billiga metoder går det att behandla äldre människor som lider av smakstörningar (Dermiki *et al.* 2013).

Gensvar i hjärnan på smaken och lukten
I experiment som Small *et al.* (2003) gjorde, ville man undersöka var intensitet av smak, otrevlig upplevelse av smak respektive trevlig upplevelse av smak bearbetas i hjärnan. Upplevelsen av positiv eller negativ känsla benämndes här som valens. Koncentrationer av söta lösningar ger upphov till positiv valens och bittersmakande lösningar ger upphov till negativ valens. Det visade sig att dessa väldigt sammanhängande upplevelser stöddes av olika och åtskilda hedoniska punkter (neurala substrat). Oavsett hedoniska/njutningskvaliteten visade det sig att amygdala, bryggan (pons) och midinsulacortex gav gensvar i storleksförhållande till smakintensiteten. Däremot föreföll det som om anteroventrala insulacortex och sekundära smakområden i orbitalafrontala cortex gav gensvar på hedoniska värden oavsett intensitet.

Det framgick även att den högra sidan av orbitalfrontala cortex gav gensvar på trevliga händelser, vilket i detta fall var när försökspersonerna fick sackaros. Däremot när försökspersonerna fick kinin som uppfattades som en otrevlig händelse, gav den främre vänstra sidan av orbitalfrontala cortex respons (Small *et al.* 2003). Det visade sig också att orbitalfrontala cortex uppdelning med höger

sida för trevliga upplevelser och vänster sida för mindre behagliga upplevelser verkar stämma överens med lukt (Small *et al.* 2003).

Däremot verkar platsen för primär- och sekundärdoftens bearbetning och dess beroende av valens och intensitet vara precis tvärtom mot smaken. I undersökningar av Andersson *et al.*(2003) har det visat sig att amygdalan och primära luktcentret i hjärnan är oberoende av valensen (den positiva eller negativa känslan) hos lukterna men däremot drivna av luktens intensitet. Merparten av de orbitalfrontala regionerna var dock oberoende av intensiteten och gav respons på både negativ och positiv valens.

Psykologin

Som tidigare nämnts spelar även synen, ljudet och känseln in vid smakupplevelser. Det har gjorts flertal psykologiska undersökningar på flera institut inom psykologi. Många resultat har publicerats i bland annat tidskriften Food quality and preference. Under flera av experimenten har man använt sig av så kallade ”cross model research”. Undersökningarna bygger på att undersöka om det finns någon koppling mellan olika sinnen. Försök med till exempel konsistens och smak, färg och produktnamn, textur och doft har genomförts. Resultaten av de allra flesta undersökningarna påvisar att det finns en underliggande psykologisk förutfattad mening om huruvida något är gott eller äckligt.

Människan är det enda däggdjuret som faktiskt äter för nöjes skull (Steiner *et al.* 2001). Detta beror naturligtvis på vad man menar när man säger för nöjes skull. Människan är i alla fall det enda djuret som har förmågan att reflektera ingående över smaken, doften, utseendet, texturen, ljudet och omgivningen. Att kockar lägger ner största tiden åt garnering är inget de gör för sin egen skull. Utseendet är många gånger avgörande för om vi vill äta maten när vi besöker en restaurang. Det går inte att bortse från den psykologiska aspekten av smakupplevelser (Figur 6).

Figur 6. Maträtt anrättad av Gary Menes kock på Le Comptoir, i Los Angeles (Miller 2013). Många kockar bland annat den svenska superkocken Björn Frantzén, delägare av restaurang Frantzén/Lindberg, arbetar primärt med smaker som salt och syra, men även utseendet och textur spelar en stor roll.

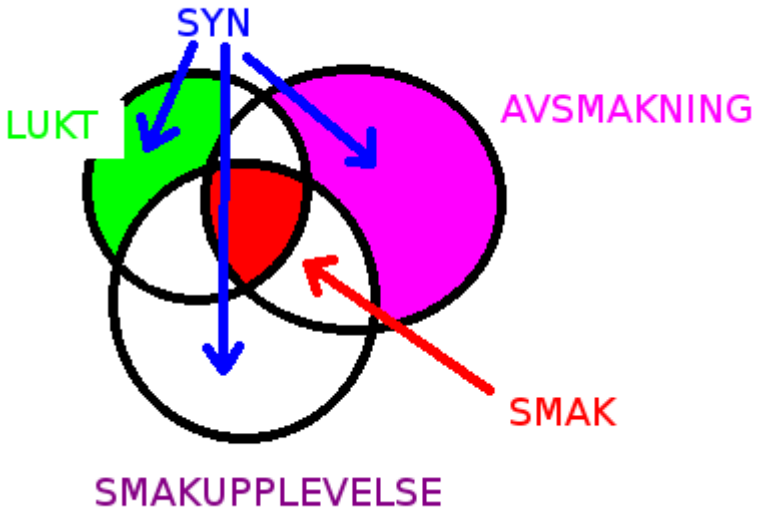
Diskussion

Det finns både psykiska och fysiologiska faktorer som spelar in vid en smakupplevelse. Men det finns även vissa biologiska bevis som visar att hjärnan faktiskt har hedonisk koppling mellan smak och lukt. Med hjälp av en crossmodellinteraktion kan man förstärka njutningen av maten. Det är dock viktigt att komma ihåg att det faktiskt skiljer sig i receptoruttryck mellan individer, liksom

förmågan att kunna urskilja och tycka om olika livsmedel, smaker och dofter.

Att kontraster mellan olika konsistenser och texturer ofta är tilltalande kan bero på att människan behöver varierad kost. Här spelar hörseln in, då ljudet av tuggorna kan antyda något om konsistensen. Om man äter mat som både innehåller hårda, mjuka, slemmiga etc. strukturer kan det betyda att det är en nyttig variation i kosten, som undermedvetet påverkar oss positivt. Vår förmåga att bryta ner ”rå” mat har försvunnit och vi måste ofta preparera maten innan vi klarar av att äta den. Samtidigt har vårt behov och vår förmåga att tycka om, gilla, föredra, rata och laga mat vuxit något kolossalt. Att vi därför har funnit smak för vissa saker tror jag kan ha en evolutionär betydelse, då det har gynnat och kanske fortfarande gynnar vår utveckling av hjärnan.

Vid förtäring av mat stimuleras smaken och lukten tillsammans med synen och känseln (Figur 7). Detta kopplas till det limbiska systemet i hjärnan. Det limbiska systemet är kopplat till känslorna och minnet. Dofterna och smaken som passar ihop kan på så sätt väcka känslor av nostalgi och njutning (Swiegers *et al.* 2005).



Figur 7. Det finns forskare som hävdar att 90 till 95 procent av det som gemene man kallar smak och som bildar smakupplevelsen kommer från doften, hörseln, synen och känseln. En schematisk bild över hur syn, lukt och avsmakning påverkar varandra och smakupplevelsen, en så kallad crossmodell. (Bearbetad bild från Spence *et al.* 2010).

Vad är då en smakupplevelse? Det är när hjärnan får jobba med flera intryck samtidigt och bildar en helhetsbild av vad du äter. Så länge det inte är giftigt kan denna upplevelse förstärkas genom manipulation och stimulans av de olika sinnena. Men glöm inte att en stor del av jobbet kan kocken och du själv göra genom att servera vacker, väldoftande och god mat med varierande struktur tillsammans med något gott att dricka, med trevligt bakgrundsljud och självklart med någon du tycker väldigt mycket om!

Tack

Jag vill tacka Lisa Förare Winbladh och Malin Sandström för er fantastiska bok, ”Matmolekyler - kokbok för nyfikna” som verkligen gjort mig ännu mer nyfiken och inspirerat mig inom gastronomi. Tack även för er uppmuntran till att fortsätta arbeta. Tack Lage Cerenius för god handledning och ditt tålamod, man lär sig alltid något nytt av dig. Tack även Hanna Lövgren och Adam Falck för er givande återkoppling.

Referenslista

Anderson AK, Christoff K, Stappen I, Panitz D, Ghahremani DG, Glover G, Gabrieli JD, Sobel N.2003. Dissociated neural representations of intensity and valence in human olfaction. Nature Neuroscience **6:** 196–202.

Anderson AK, Sobel N. 2003. Dissociating intensity from valence assensory inputs to emotion. Neuron **39:** 581–583.

Barrett LF, Lindquist KA, Bliss-Moreau E, Duncan S, Gendron M, Mize J, Brennan L. 2007. Of mice and men: natural kinds of emotions in the mammalian brain? A response to Panksepp and Izard. Perspectives on Psychological Science **2:** 297–312.

Barrett LF, Mesquita B, Ochsner KN, Gross JJ. 2007. The experience of emotion. Annual Review of Psychology **58:** 373–403.

Bartoshuk LM, Duffy VB, Miller IJ. 1994. PTC/PROP tasting: Anatomy, psychophysics, and sex effects. Physology and Behavior **56:** 1165–1171.

Bartoshuk LM, Duffy VB, Reed D, Williams A. Supertasting, earaches and head injury: Genetics and pathology alter our taste worlds. Neuroscience and Biobehavoral Reviews **20:** 79-87.

Berridge KC, Kringelbach ML. 2008. Affective neuroscience of pleasure: reward in humans and animals. Psychopharmacology **199:** 457-480.

Bufe B, Breslin PAS, Kuhn C, Reed DR, Tharp CD, Slack JP, Kim UK, Drayna D, Meyerhof W. 2005. The molecular basis of individual differences in phenylthiocarbamide and propylthiouracil bitterness perception. Current Biology **15:** 322-327.

Burke KA,Franz TM, Miller DN, Geoffrey Schoenbaum G. 2008. The role of the orbitofrontal cortex in the pursuit of happiness and more specific rewards. Nature **454:** 340-344.

Carmody RN, Wrangham RW. 2009. The energetic significance of cooking. Journal of Human Evolution. **57:** 379–391.

Chen X, Gabitto M, Peng Y Ryba NJ, Zuker CS. 2011. A gustotopic map of qualities in the mammalian brain. Science **333:** 1262-1266.

da Silva EC, de Jager N, Burgos-Paz W, Reverter A, Perez-Enciso M, Roura E. 2014. Characterization of the porcine nutrient and taste receptor gene repertoire in domestic and wild populations across the globe. BMC Genomics **15:** 1057.

de Araujo IE, Rolls ET, Kringelbach ML, McGlone F, Phillips N. 2003. Taste-olfactory convergence, and the representation of the pleasantness of flavour, in the human brain. European Journal of Neuroscience **18:** 2059–2068.

Dermiki M, Mounayar R, Suwankanit C, Scott J, Kennedy OB, Mottram DS, Gosney MA, Blumenthal H, Methven L. 2013. Maximising umami taste in meat using natural ingredients: effects on chemistry, sensory perception and hedonic liking in young and old consumers. Journal of the Science of Food and Agriculture **93:** 3312-3321.

Diaz ME. 2004. Comparison between orthonasal and retronasal flavour perception at different concentrations. Flavour and Fragrance Journal.**19:** 499-504.

Dinehart ME, Hayes JE, Bartoshuk LM, Lanier SL, Duffy VB. 200b. Bitter taste markers explain variability in vegetable sweetness, bitterness, and intake. Physiology and Behavior **87:** 304-313.

Drewnowski A, Henderson SA, Barratt-Fornell A. 2001. Genetic taste markers and food preferences. Drug Metabolism and Disposition **29:** 535-538.

Duffy VB. 2007. Variation in oral sensation: implications for diet and health. Current Opinion in Gatroenterology **23:** 171-177.

Duffy VB, Davidson AC, Kidd JR, Kidd KK, Speed WC, Pakstis AJ, Reed DR, Snyder DJ, Bartoshuk LM. 2004. Bitter receptor gene (TAS2R38), 6-n-propylthiouracil (PROP) bitterness and alcohol intake. Alcoholism, Clinical and Experimental Research **28:** 1629–1637.

Firestein. 2001. How the olfactory system makes sense of scents. Nature **431:** 211-218.

Goode J. 2007. https://www.flickr.com/photos/readerwalker/1469581578/ Hämtad 2015-02-19.

Gottfried JA, Wu KN. 2009. Perceptual and neural pliability of odor objects. International symposium of olfaction and taste. Annals of the New York Academy of Science **1170:** 324-332.
Gilbert DT, Wilson TD. 2007. Prospection: experiencing the future. Science **317:** 1351–1354.
Higgins ET. 2006. Value from hedonic experience and engagement. Psychology Review **113:** 439–460.
Imoscopi A, Inelmen EM, Sergi G, Miotto F, Manzato E. 2012.Taste loss in the elderly: epidemiology, causes and consequences. Aging Clinical and Experimental Research **24:** 570-579.
Jacob T. 2014. http://www.cardiff.ac.uk/biosi/staffinfo/jacob/teaching/sensory/olfact1.html Hämtad 1015-02-20.
Kadohisa M, Rolls ET, Verhagen JV. 2005. Neuronal representations of stimuli in the mouth: the primate insular taste cortex, orbitofrontal cortex and amygdala. Chemical **30:** 401-419.
Kringelbach ML. 2004. Food for thought: hedonic experience beyond homeostasis in the human brain. Neuroscience **126:** 807–819.
Kringelbach ML. 2005. The human orbitalfrontal cortex: Linking reward to hedonic experience. Nature Reviews Neuroscience **6:** 691-702.
Kringelbach ML, Berridge KC. 2008. Affective neuroscience of pleasure: reward in humans and animals. Psychopharmacology Oxford **3:** 457-480.
Lim J, Padmanabhan A. 2013. Retronasal olfaction in vegetable liking and disliking. Chemical Senses 38: 45-55.
Lindemann B. 2001. Receptors and transduction in taste. Nature **413:** 219-225.
Miller J. 2013. https://www.flickr.com/photos/jodymiller/9042710450/in/gallery-zak3000-72157643010323783/ Hämtad 2015-02-25.
O`Doherty J, Rolls ET, Francis S, Bowtell R, McGlone F. 2001. Representation of pleasant and aversive taste in the human brain. Journal of Neurophysiology **85:** 1315-1321.
Park C, Looney D, Mandic DP. 2011. Estimating human response to taste using EEG. Conference proceedings: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference **2011:** 6331.
Peciña S, Smith KS, Berridge KC. 2006. Hedonic hot spots in the brain. Neuroscientist **12:** 500–511.
Pritchard TC, Macaluso DA, Eslinger PJ. 1999. Taste perception in patient with insular cortex lesion. Behavioral Neuriscience **113:** 663-671.
Riera, CE, Vogel HS, Sidney A, le Coutre J. 2007. Artificial sweeteners and salts producing a metallic taste sensation activate TRPV1 receptors. American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology **293:** R626-R634.
Risso D, Tofanelli S, Morini G, Luiselli D, Drayna D. 2014. Genetic variation in taste receptor pseudogenes provides evidence for a dynamic role in human evolution. BMC Evolutionary Biology **14:** 12862.
Sasano T, Satoh-Kuriwada S, Shoji N, Iikubo M, Kawai M, Uneyama H, Sakamoto M. 2014. Important Role of Umami Taste Sensitivity in Oral and Overall Health. Current Pharmaceutical Design **20:** 2750-2754.
Sharafi M, Hayes JE, Duffy VB. 2013. Masking vegetable bitterness to improve palatability depends on vegetable type and taste phenotype. Chemical Perception **6:** 8-19.
Shusuke I, Ryusuke Y, Yuzo N. 2014. Taste Transductions in taste receptor cells: basic tastes and moreover. Current Pharamceutical Design **20:** 2684-2692.
Small DM. 2012. Flavor is in the brain. Physiology & Behavior **107:** 540-552.
Small DM, Gregory MD, Mak YE, Gitelman D, Mesulam MM, Parrish T. 2003. Dissociation of neural representation of intensity and affective valuation in human gustatio. Neuron **39:** 701-711.
Small D, Jones-Gotman M, Zatorre R, Petrides M, Evans A. 1997. A role for the right anterior temporal lobe in taste quality recognition. Journal of Neuroscience **17:** 5136-5142.
Spence C, Levitan CA, Shankar MU, Zampini M. 2010. Does food color influence taste and flavor

perception in humans? Chemical Perception **3:** 68–84.
Steiner JE, Glaser D, Hawilo ME, Berridge KC. 2001. Neuroscience Biobehavioral Review **25:** 53–74.
Stevenson RJ, Miller LA, McGrillen K. 2015. Perception of odor-induced taste following insular cortex lesions. Neurocasem **21:** 33-43.
Stevenson RJ, Miller LA, Thayer ZC. 2008. Impairments in the perception of odor-induced tastes and their relationship to impairments in taste perception. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance **34:** 1183-1197.
Swiegers JH, Chambers PJ, Pretorius IS. 2005. Olfaction and taste: Human perception, physiology and genetics. Australian Journal of Grape and Wine Research **11:** 109-113.
Temussi P 2007. The sweet taste receptor: a single receptor with multiple sites and modes of interaction. Advances in Food and Nutrition Research **53:** 199-239.
Touhara K. 2002. Odor discrimination by G protein-coupled olfactory receptors. Microscopy Reseach an Technique **58:** 135-141.
Utevsky AV, Platt ML. 2014. Status and the brain. Plos Biology **12:** e1001941**.**
Verhagen J, Engelen I. 2006. The neurcognitive bases of human multimodal food perception: Sensory integration. Neuroscience and Biobehaviroal Reviews **30:** 613-650.
Voigt N. 2014. User:OgreBot/Uploads by new users/2014 June 30 06:00 Hämtad 2015-02-21.
Wang S, Tudusciuc O, Mamelak AN, Ross IB, Rutishauser U. 2014. Neurons in the human amygdala selective for perceived emotion. The National Academy of Sciences of the United States. **111:** E3110-E3119.
Zahr NM, Sullivan EV. 2008. Translational studies of alcoholism bridging the gap. Alcohol Research & Health **31:** 215.
Zald D, Hagen M, Pardo J. 2002. Neural correlates of tasting concentrates quinine and sugar solutions. Journal of Neurophysiology **87:** 1068-1075.
Zozulya A, Echeverri F, Nguyen T. 2001. The human olfactory receptor repertorie. Genome Biology **2:** 0018.1.

Gott eller äckligt - bara en smaksak?: etisk bilaga

Kristina Bate Holmberg

Självständigt arbete i biologi 2015

Individens ansvar

Är det rätt att man som enskild individ väljer att köpa billigare mat där framställningen av råvaror innebär dåliga förhållanden för djur, natur eller människor, för att ha råd med vad som anses vara vardagliga behov? Det finns många frågor som rör individens ansvar när det handlar om mat och konsumtion. Det finns de som anser att det är fel att välja samma råvara till ett lägre pris, när det finns dyrare alternativ som framställts på ett mer hållbart, rättvist och ”humant” sätt. Att väga individens ansvar gentemot behov kan vara svårt. Är det en skyldighet att köpa råvaror till ett högre pris där märkningen talar om att produkten har framställts under goda omständigheter? Bara genom att gå och handla kyckling i affären är individen tvungen att ta ställning. För mig är detta en svår övervägning, då jag tar vissa bekvämligheter för givet. Jag, och säkerligen många andra väljer att ta avstånd från dessa viktiga frågor när vi väl står i affären. Att säga och tycka en sak men agera på ett helt annat sätt är ett helt accepterat beteende som alla istället borde försöka vänja sig av med. Trots att det är svårt bör man (jag) försöka se helheten, se det hela ur hela världens perspektiv och inte bara ur sin egna synvinkel.

Företagens och statens ansvar

Det finns även flera svåra etiska dilemman som rör företag och staten angående livsmedelsindustrin. Är det företagens ansvar att se till att halvfabrikat inte innehåller ohälsosamma mängder av olika ämnen? Ansvarar staten för att skolmaten inte ska innehålla för mycket salt? Eller är det konsumenternas och föräldrarnas uppgift att se till att man själv eller ens barn inte överskrider de dagliga rekommendationerna av naturliga, men även konstgjorda näringsämnen?
Jag anser att företag, precis som alla andra, måste få sträva efter god vinst. Inom i princip alla jobbkategorier vill man på ett eller annat sätt tjäna på verksamheten. Men att göra det på ett oschysst sätt som missgynnar andra är inte nödvändigt. Informationen om innehåll och effekter bör enligt mig alltid förmedlas till konsumenter och kunder, så individen kan göra sitt eget val.
Visst bör det finnas i statens, företagens och den enskilde individens intresse att måna om den allmänna hälsan, men till vilket pris? På kort sikt vinner staten på att göra billig skolmat innehållande hög mängd salt. Men på lång sikt blir det dyrt för samhället när barn växer upp och drabbas av hjärt- och kärlsjukdomar (Grahn 2013). På både kort och lång sikt vinner företag på att lägga till konserveringsmedel, stabiliseringsmedel, färgämnen etc. då varorna får längre hållbarhet och konsumenterna tycker att maten ser tilltalande ut och köper mer (Livsmedelsverket 2014).
Strävan efter ekonomisk vinst gör många gånger att den etiska aspekten av vad som faktiskt är ens skyldighet gentemot medmänniskan faller i glömska. Visst litar man på att producenterna inte lägger till något i maten som inte behövs? Ska man våga lita på att livsmedel inte innehåller tillagda ämnen som till exempel fett, salt och socker i så pass höga koncentrationer att det faktiskt kan vara skadligt för hälsan?
För mig är den egna individens integritet och bestämmandet över sig själv jätteviktigt. Att själv avgöra vad man ska äta och inte äta anser jag vara en mänsklig rättighet. Samtidigt vet inte alltid människan (vi) vårt eget bästa. Barn och ungdomar är i händerna på vuxna människor och så länge de är det bör det vara en självklarhet att erbjuda, uppfostra om och tillaga hälsosam mat. Så länge alla människor blir informerade om hur god kosthållning bör vara anser jag att man själv ska fatta beslut om vad man köper för livsmedel. Idag läser allt för få människor på innehållsförteckningar och ännu färre vet faktiskt vad som står på förpackningarna. Om fler kände till följderna av ohälsosamt innehåll hos olika livsmedel skulle dessa varor få minskad efterfrågan. Då skulle produkten inte längre ha en marknad och företagen skulle upphöra med att lägga till ohälsosamma mängder av olika ämnen, då det inte skulle leda till någon större vinst.

Forskningsetik

När jag har sökt fakta och information till min uppsats har jag letat efter så pass nya källor som möjligt. Jag har prioriterat artiklar från ansedda och relativt stora tidskrifter för att försäkra mig om korrekt vetenskaplig fakta. För att inte vara missvisande har jag alltid redogjort för när resultaten inte har varit allmänt vedertagna, det vill säga när resultaten skulle kunna leda till en slutsats som ännu inte är bevisad. När användningsområden har nämnts har jag noga betonat ett det handlar om tänkbara applikationer.

All information som tagits med har jag noga angett källor till. Mina egna slutsatser har jag försökt att bara ta med i den slutliga diskussionen för att inte blanda ihop egna antaganden med sann fakta. Detta ämne berör dock även andra ämnen utöver biologin, vilket jag till viss mån har tagit hänsyn till, eftersom biologi och (som i detta fall) psykologi inte är strikt åtskilda. Självklart har jag fokuserat på biologin och fysiologin i min uppsats då detta är ett biologiskt arbete.

Referenser

Grahn M. 2013. Dolda saltet lurar i maten. Göteborgsposten.
http://www.gp.se/konsument/1.1845476-dolda-saltet-lurar-i-maten Hämtat 2015-02-15.