

G-proteinkoblede receptorer på tungen

Af Jens Folke, lean@sigma.eu

I gennem de sidste knap to år har Køkkenkemisten handlet om tungen smagsløg illustreret ved en udvidelse af smagshjulets fem grundsmage (surt, salt, sødt, bittert & umami) til en smagssekskant, hvor også frie-fedtsyre smagsløget (oleogustus) er inkluderet. Uanset om den gastronomiske verden bruger smagshjulet med fem grundsmage, eller smagssekskantens seks grundsmage, er der tale om en abstraktion, som kan være relevant for kokken, når maden skal tilsmages. Biokemisk set er denne opdeling nemlig ikke helt så meningsfuld. Mennesker har to biokemisk forskellige typer af smagsløg på tungen, nemlig smagsløg i det uorganiske kompleks med salt ↔ surt (se DK 2020(03) & DK 2020(05)), og smagsløg i det organiske kompleks med de G-proteinkoblede receptorer (GPCR'er), der stimuleres af specifikke organiske forbindelser (se DK 2020(06-08)). Som mine tidligere artikler i Dansk Kemi således har påvist, er den søde smag ikke bare sukkersmag. Der er identificeret mindst otte forskellige sukkerreceptorer og nok 25 bitterstofreceptorer, foruden umami/kokumi- og oleogustus-receptorerne (DK 2020(08)). De er alle af typen GPCR'er, så lad os se lidt nærmere på dem [1].

G-proteinkoblede receptorer (GPCR'er) udgør en stor gruppe af evolutionært relaterede proteiner, som er celleoverfladereceptorer, der detekterer molekyler uden for cellen og aktiverer cellulære reaktioner. GPCR'er findes kun i encellede eukaryoter, herunder gær og flagellater, og i dyr, men ikke i planter. De ligander, der binder og aktiverer disse receptorer, indbefatter smag, lugt, feromoner, hormoner og neurotransmittere, og de varierer i størrelse fra små molekyler til peptider og til store proteiner. GPCR'er er stærkt involveret i det intercellulære stofskifte og mange sygdomme skyldes defekter i disse receptorer. (I 2012 fik Brian Kobilka og Robert Lefkowitz Nobelprisen i kemi for deres udredning af GPCR-komplekset).

DNA-analyser af det humane genom viser, at vi potentielt har 831 GPCR'er, men

det vides ikke, hvor mange af dem der er aktive. De er involverede i utrolig mange fysiologiske processer, for eksempel syns-, smags- og lugtesansen, neurotransmittere i hjernen (serotonin, dopamin m.fl.). De findes i det autonome nervesystem, medvirker til immunsystem responser og til at holde vandbalancen i kroppen. GPCR'er i smagsløgenes sanseceller medierer frigivelse af gustducin (sødt og bittert) eller transducin (umami/kokumi), som en reaktion på søde, bitre, umami og oleogustus smagende stoffer.

Gustducin og transducin er G-proteiner (G=guanine nucleotid-bindende protein), der virker som kontakter inde i cellen, når den stimuleres udefra. Det udløser et nervesignal i et smagsløg ved en passende smagsstimulus. Gustducin findes også i mave-tarm-systemet, og der spekuleres i, at det er en sekundær reaktion på bitre giftstoffer, der sikrer, at de udskilles gennem opkast, hvis personen skulle ignorere kraftige bitter-smags-signaler fra smagsløgene. Vores sukker-smagsløg kan adskille sukkerarter som sukrose, fruktose, glukose m.fl. fra kunstige sødestoffer. Måske er det derfor, at kunstige sødestoffer ikke tilfredsstiller smags-komplekset, da der i mave-tarm-systemet findes specifikke receptorer for de enkelte sukkerstoffer (DK 2020(6)). Det er alt sammen ret komplekst, men ref. [1,2] giver en glimrende indgang til stoffet, hvis man er interesseret.

Alt dette giver selvfølgelig uanede muligheder for kokekunsten, når man ikke i tilsmagningen alene skal forholde sig til smagshjulets fem kategorier eller smagssekskantens seks. Vi har mulighed for i madlavningen at skabe et samspil med måske et halvt hundrede forskellige smagsløg, der interagerer. Tungen smagsløg er både en sidste barriere mod at indtage dødeligt giftige fødeemner ved den "grimme smag" af oversaltet, -surt, -bittert, råddent osv. og en stimulans til at spise en balanceret kost af de fødeemner, der trigger sødt (frugt/kulhydrater), surt (C-vitamin), salt (Na⁺/K⁺-balancen), umami (protein), oleogustus (fedt) og

bittert (antioxidanter, vitaminer). Man kan spekulere i, at hjernen sender signal om at indtage bestemte fødeemner som funktion af det intercellulære stofskifte. Når vi har lavt blodsukker, får hjernen signal herom fra insulin-komplekset; når vi har behov for fedtkalorier, kommer glukagon i spil, så sultfølelsen er ikke entydig. Professor Charlotte Erlanson-Albertsson [3] argumenterer for, at et frit fødevalg fører til, at mennesker foretrækker 40 procent kulhydrater, 50 procent fedt og 10 procent protein i kosten.

Sultfølelsen får os typisk til at indtage en stivelses- og fiberrig kost, der stabiliserer blodsukkeret og giver tyktarmen noget at arbejde med, så vi får et sundt tarm-mikrobiom. Lysten til fedt er et darwinistisk princip, da fedt er meget energirigt og derfor et godt energidepot til trænge tider. Vi har både smagsløg og nerveceller, der reagerer på fedt, og sandsynligvis skelner vi ubevidst mellem de flerumættede fedtstoffer, der har karakter af vitaminer, og de mættede fedtstoffer, der alene giver energi, og som vi selv kan lave i leveren af sukker og proteiner. Vi bliver hurtigt trætte af en umami-overstimulering og begrænser således lysten til protein i maden ved ca. 10 procent indtag. Overdrevent proteinindtag belaster såvel lever- som nyrefunktionen på grund af deamineringen, der sker ved nedbrydning af det protein, vi bruger til energi i Krebs' cyklus. Når alt er til rådighed hele tiden, kan den naturlige appetitregulering dog blive afkoblet. Overvægtige kvinder har en tendens til at overspise en kombination af fedt og sukker (kager og kiks), mens overvægtige mænd vælger de fede retter [3].

Den moderne livsstil med moderat motion og stillesiddende arbejde gør, at vi ikke har brug for den naturlige model med kulhydrat:fedt:protein i 40:50:10 forholdet. Det fører let til overvægt, når vi ikke skal bruge døgnets vågne timer på dyrejagt eller i det marine på jagt efter bløddyr såsom østers og muslinger, samt urte- og insektindsamling - det vi genetisk set for mere end 1 million år siden blev disponeret for. Derfor bør



Blæksprutte & Jomfruhummer

Ingredienser:

8-16
hele jomfruhummere
(afhængig af størrelse)
2 blæksprutter,
500-1.000 g
Salt og peber

Hummersauce

Jomfruhummerskaller
og -hoveder
1 løg
1 gulerod
100 g knoldselleri
1 spsk. olivenolie
3 spsk. tomatpuré
2 fed hvidløg
2 dl hvidvin
1½ l vand (ca.)
1½ dl cremefraiche 38%
2 tsk. majsstivelse
Muskatnød,
salt og peber
1-2 tsk. citronsaft

Blomkålscreme, ristet og revet blomkål

1 lille blomkål,
ca. 800 g
2 dl sødmælk
Salt og peber
1 spsk. smør

Tilbehør

400 g kartofler
1 bundt dild

Fremgangsmåde:

Dampet blæksprutte med jomfruhummer

Pil forsigtigt halerne ud af skallerne og fjern tarmen. Gem alle hoveder og skaller. Rens blæksprutten og skær kappen op på den lange led. Skær i kappen diagonalt på kryds og tværs som kvadrater, men skær ikke igennem. Skær den så på langs i 2-3 cm tykke strimler. Skær arme i centimeter tykke stykker.

Krydr jomfruhummerne med salt og peber og rul 1-3 haler ind i en blækspruttestrimmel, således at kvadraterne vender udad.

Hummersauce

Hak hummerskallerne og -hovederne groft. Hak løget groft, og skær gulerod og selleri i tern. Brun hummerskaller og grøntsager i olien i en stor gryde. Tilsæt tomatpuré og finthakket hvidløg og svits det med i ½ minut. Tilsæt hvidvin og vand, så det dækker skallerne og kog i 1 time. Sigt boullonen og kog den ind til 4 dl. Læg rullerne i en sigte ned i bouillon og kog dem med i ca. 2-3 minutter. Tag blæksprutte-rullerne op og lad dem dryppe af.

Rør cremefraiche med majsstivelse og jævn hummersaucen, kog sauceen op og smag den til med salt, peber og lidt citronsaft.

Blomkålscreme og ristet blomkål

Skær halvdelen af blomkålen i små buketter. Skær 1/3 af resten af buketterne af og riv dem til blomkålsris. Skær det sidste og stokken i grove stykker og kog dem i mælk, til de er helt møre. Blend blomkålen med mælken til en blød puré og smag den til med reven muskatnød, salt og peber. Steg blomkålsbuketterne i smør på panden, til de er gyldne og møre med lidt bid. Krydr med salt og peber og kom blomkålsrisene i. Anret rullerne med blomkålspuré, hummersauce og drys med ristet blomkål og grofthakket dild.

m.m. Fedtet bør inkludere ω -3 fedtsyrer, gerne fra marine kilder (C_{18} -fedtsyrer), men kun mættet fedt fra drøvtyggere i begrænsede mængder: Begrænsningen gælder også for terrestriske ω -6 fedtsyrer (C_{16} -fedtsyrer) fra planter, da en ubalance i ω -6/ ω -3-forholdet for C_{16} -fedtsyrer, altså fedtsyrer fra planteverdenen, giver anledning til hjerte-kar-sygdomme (se DK 2015(05)) [5].

De sunde fedtstoffer i køkkenet er olivenolie, rapsolie og smør [6]. Spis mange grøntsager, der vokser over jorden, da de generelt er mindre stivelsesholdige og mere fiberrige, for eksempel korsblomst-familiens mange kålplanter med broccoli i spidsen [7]. Spar lidt på de mange rodfrugter, der er rige på stivelse eller polyfruktoser. Proteinrige grøntsager som bønner, linser, quinoa m.m. overlapper med de letnedbrydelige kulhydrater, men kommer også med fibre, så de er rigtig gode på tallerkenen. Børn skal have stimuleret såvel fedt- som protein-sansen; det er risikabelt at lade dem klare sig på en diæt som veganere [8].

Sammenfattende kan man sige, at såvel smagscirklen som smagssekskanten er en operationel reduktion af et meget komplekst smagsapparat bestående af i hvert fald et halvt hundrede såvel uorganiske som organiske smagsreceptorer – og så har vi slet ikke talt om lugtesansen. Så der levnes bestemt plads til kogekunst, der går langt videre end den naturvidenskabelige tilgang til neurogastronomi (DK 2019(8)).

I sidste udgave af Dansk Kemi (1, 2021) kom blæksprutten under kærlig behandling [9]. Her kommer en opskrift på blæksprutte med jomfruhummer og blomkål.

Facebook: Køkkenkemi

Referencer

1. https://en.wikipedia.org/wiki/G_protein-coupled_receptor
2. <https://en.wikipedia.org/wiki/Gustducin>
3. <https://perspektiv.nu/da/artikler/appetitregulering-og-makronaeringsstoffer.aspx?PID=71>
4. <https://casperjespersen.dk/den-modificerede-tallerkenmodel-til-dig-der-gerne-vil-spise-ude/>
5. C. Christophersen: Myter om mættet fedt og sukerryld. Dansk Kemi (95), 2014(111), side 8-9.
6. <https://nexs.ku.dk/forskning/vidensbanken/rapsolie-olivenolie/>
7. C. Christophersen: Broccoli for en sikkerheds skyld. Dansk Kemi (94), 2013(10), side 8-9.
8. <https://www.sundhed.dk/borger/patienthaandbogen/sundhedsoplysning/kost/vegetarkost-for-boern/>
9. C.V. Schmidt, K. Olsen og O.G. Mouritsen: Umami-potentiale af danske østers og

en moderne tallerken nærmere bestå af 25 procent kulhydrat/fedt, 50 procent fiberrige grøntsager og 25 procent protein [4]. Grøntsagerne og proteinet

giver en hurtig mæthedsfornemmelse og sikrer, at vi ikke overspiser. Kulhydrater i agerbrugs-samfundet udgøres typisk af brød, pasta, kartofler, ris, frugt