

# OPSKRIFT PÅ AT SPISE MERE GRØNT:

## Tilsæt naturvidenskab

At skaffe sund, nærende og bæredygtig kost til 10 mia. mennesker i 2050 kan kun lade sig gøre, hvis vi spiser meget mere grønt. Skal vi lykkes med det, må den plantebaserede mad både være velsmagende og have den rette tekstur. Det kan naturvidenskaben hjælpe med.





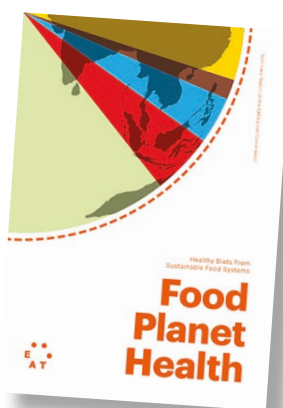
**E**n international kommission af eksperter fra 16 forskellige lande (EAT-Lancet Commission 2019) har i en rapport om jordens fødevarer-systemer i den såkaldt Antropocæne epoke fremlagt anbefaling af en kost, der både er sund og bæredygtig. Denne kost består overvejende af grøntsager, frugter, fuldkorn, bælgfrugter, nødder og umættede fedtstoffer, kun moderate eller små mængder af fisk og fjerkræ og intet eller meget lidt rødt kød, forarbejdet kød, tilsat sukker, raffinerede cerealier og stivelsesholdige grøntsager.

Der er mange udfordringer, ikke mindst politiske, ved at følge rapportens anbefalinger. En af dem er, om vi virkelig kan spise så meget grønt? Smager det godt nok? Al erfaring tilsiger, at ligegyldig hvor sund, bæredygtig og i alle henseender fornuftig en kost end måtte være, så spiser vi den ikke i længden, hvis vi ikke synes om smagen. Løftede pegefingre virker ikke.

Så vi kommer ikke uden om smagen. Men her kan naturvidenskaben og specielt gastrofysik komme os til hjælp med at frembringe velsmag og foreslå tilberedninger af plantebaseret mad, så det får en ønsket tekstur. Når en sådan indsats fra videnskabens side kombineres med kokkekunst, godt håndværk, entreprenørskab og et bredt formidlingsarbejde over for ikke mindst børn og unge, har vi måske en chance for at komme i mål.

### Problemet med grøntsager

Hvis der er et problem med grønt og grøntsager, kan man sige, at det skyldes, at det ikke er beregnet til at blive spist. Det er kun planternes modne frugter, der set fra planternes side skal spises for at sprede frø og sporer. Rødder og de grønne stængler og blade skal ikke spises, og derfor er disse plantedele ofte sure og bitre og i mange tilfælde giftige. Det er planternes form for kemisk krigsførelse, som er nødvendig, fordi planter i modsætning til dyr ikke kan løbe væk fra en fjende.



Selv om vi har forædlet mange kulturplanter, så de er ugiftige og mindre bitre end deres vilde slægtninge, så står det tilbage, at det grønne normalt hverken har sød smag eller umami-smag. Det er et problem, fordi mennesket som art gennem evolutionens forløb er udviklet til at søge føde, der smager sødt og umami. Sødt signalerer kalorier, og umami signalerer lettilgængelige proteiner, og begge dele er godt for overlevelse i evolutionær tidsskala. Modsat er bittert et signal til at spytte maden ud, fordi den kunne være giftig.

Kun visse plantedele, især frugter som modne tomater og grønne ærter, har pæne mængder af det stof, glutamat, som giver såkaldt basal umami. Glutamat er saltet af aminosyren glutaminsyre. Umami-smag kan forstærkes af en anden slags stoffer, der giver såkaldt synergistisk umami. Disse stoffer er nedbrydningsprodukter af nukleinsyrer, såkaldte nukleotider, specielt inosinat (som især findes i fisk, skaldyr og kød), guanylat (som især findes i svampe) og adenylat (som især findes i skaldyr og tomater).

Kød og fisk kan have store mængder af inosinat, fordi det fremkommer ved nedbrydning af ATP, som er energikilden til musklernes bevægelse. Da planter ikke har

muskler, er der ikke meget synergistisk umami at hente i det grønne. Derimod har visse svampe, især shiitake, store mængder af guanylat. Derfor er svampe meget brugte i det vegetariske køkken til at give umami-smag.

For at give grønt og især grøntsager sødme og umami skal der arbejdes med dem i køkkenet. Nogle grøntsager, for eksempel gulerødder og kartofler, bliver mere søde ved opvarmning, og i nogle tilfælde kan bitterstoffer i for eksempel kål udskilles ved kogning. Men de mest effektive måder at give sødme og umami på er at tilføje ingredienser, der i sig selv er søde og har umami som sukker, tomat og fermenterede produkter, eller at nedbryde planternes makromolekyler, dvs. kulhydrater, proteiner og nukleinsyrer, i sukre, aminosyrer, små peptider og nukleotider. Disse små molekyler nedbrydningsprodukter kan have sød smag og umami-smag i modsætning til de store makromolekyler, som vi ikke kan smage. Nedbrydningen kan foregå ved forskellige former for fermentering under medvirken af mikroorganismer som svampe og bakterier eller direkte ved hjælp af enzymer.

### “Umamificering” af grønt

Der findes en række nemme metoder til at give umami til grøntsager uden direkte at nedbryde planterne ved fermentering, som vi kommer tilbage til senere. Nogle af disse metoder kendes fra det traditionelle danske køkken, hvor man har brugt kogevandet fra kartofler, som har pæne mængder af glutamat, til at lave saucer og til at dampe grøntsager i. Men der er også andre nemme løsninger, som vi umiddel-



### Forfatteren

Ole G. Mouritsen er dr. scient. og professor i gastrofysik og kulinarisk fødevarerinnovation ved Institut for Fødevarer-videnskab på Københavns Universitet og leder af Smag for Livet. Arbejder i øjeblikket på en bog sammen med kokken Klavs Styrbæk om grønt.  
ole.mouritsen@food.ku.dk

## Hvad spiser du?

**Omnivor:** du spiser alt


**Vegetar:** du spiser ikke kød og fisk, men dog mælkeprodukter og æg

**Fleksitar:** du spiser overvejende plantebaseret kost, men også små mængder af animalske produkter

**Pescetar:** du er vegetar, men kan supplere kosten med fisk og skaldyr

**Veganer:** du spiser ikke animalske produkter





## Rapport på en dyster baggrund

Rapporten fra EAT-Lancet Commission er blevet til på en dyster baggrund. Fødevarereproduktion er den væsentligste årsag til ændringer i jordens økosystemer, herunder klimaændringer. Det gælder både landbruget, som er ansvarlig for brug af 40 % af landjorden, 30 % af udledningen af drivhusgasser og 70 % af brugen af ferskvand, og det gælder fiskeriet, hvor 60 % af havenes fiskebestande er fuldt udnyttet og 30 % overfisket, foruden at fangsten har været for nedadgående de seneste par årtier. Omkostningerne ved denne fødevarereproduktion har ført til stort tab af biodiversitet, overforbrug af ferskvand, ødelæggelse af økosystemer og udledning af et overskud af næringsstoffer og drivhusgasser. Jordens kredsløb af vigtige stoffer som kulstof, phosphor og kvælstof er blevet forstyrret. Dette system er ikke bæredygtigt.

Hertil kommer så, at selv om dette ikke-bæredygtige fødevareresystem frembringer nok kalorier til jordens nuværende befolkning, især når man medregner fødevarer

respild, og selv om ressourcerne er ulige fordelt og 820 millioner mennesker sulter, så er kostbetingende sygdomme, for eksempel diabetes, hjerte-karsygdomme, forhøjet blodtryk, cancer mm, vokset med galoperende hast. Den nuværende kost er altså globalt set hverken bæredygtig eller sund.

Den konkrete anbefaling fra EAT-Lancet Commission foreskriver 300 g grøntsager og 200 g frugt om dagen, svarende til fem portioner. Hertil kommer omkring 230 g fuldkorn (ris, hvede, majs), svarende til maksimalt 60 % af kalorieindtaget, foruden 50 g stivelsesholdige grøntsager (for eksempel kartofler og cassava). Rapporten fastslår ved detaljerede beregninger, at med denne anbefaling skulle det netop være muligt at opfylde FN's Verdensmål for bæredygtig udvikling med hensyn til en sund kost, der er produceret og forbrugt bæredygtigt. Men beregningerne viser også, at denne løsning er skrøbelig, og blot en lille vækst i forbruget af rødt kød og mejeriprodukter kan få katastrofale følger.

Foto: Jonas Drotner Mouritsen

bart kan hente hjem til vores eget køkken fra madkulturer, der bygger på en overvejende vegetarisk eller vegansk kost, for eksempel i Østen.

Det drejer sig om at tilføje umami med ekstrakter af smagsstoffer fra for eksempel tang og svampe og ved tilsætning af fermenterede vegetabiliske produkter som miso og soyasauce. For vegetarer er der også mulighed at tilføre umami via æg og fermenterede mælkeprodukter (ost og surmælksprodukter). For veganere er udfordringen straks mere vanskelig, og her må man ty til svampe og gærprodukter. Fleksitater har straks mange flere muligheder, for eksempel forskellige fermenterede marine produkter som tørret fisk, fiske- og blækspruttesauce, ansjospasta og forskellige bouilloner lavet på kød og ben, der alle giver kraftig umami og umamisynergi.

### Kokumi

Det er i de senere år blevet klart, at der er et særligt smagsindtryk, som har fået navnet *kokumi*. *Kokumi*, som betyder noget i retning af kontinuitet og mundfyldte og spiller godt sammen med umami, forbindes

normalt med fødevarer af animalsk oprindelse, særligt kammuslinger, fiskesauce og fermenterede rejer. Men fermenterede bønner i form af sojasauce tillægges også *kokumi*, ligesom ekstrakter af hvidløg fremkalder *kokumi* sammen med andre fødevarer. Et af de stoffer, der findes i disse fødevarer, er stoffet glutathion, som fornylig også er fundet i store mængder i visse svampe, især karljohan. *Kokumi* er også en vej til at give velsmag til grønt.

### Fermentering af grøntsager

Mange af de traditionelle sylteteknikker indebærer fermentering som en måde at konservere grøntsager på og gøre næringsstofferne mere tilgængelige. Samtidig udvikles aromaer og smagsindtryk, som vi har lært at sætte pris på. Mælkesyregæring med mælkesyrebakterier er nok den mest velkendte. Men der findes en lang række andre mikroorganismer, som udnyttes ved tilberedning af grøntsager, ikke mindst soyabønner, for eksempel til fremstilling af soyasauce, miso og tempeh. Alle disse produkter har kraftig umami-smag med masser af glutamat. I princippet kan man

bruge alle slags råvarer, som indeholder proteiner, for eksempel kornsorter som byg, hvede og ris, samt bælgfrugter som ærter, bønner og linser, til ved fermentering at frigive umami-smag.

### Koji er ren magi

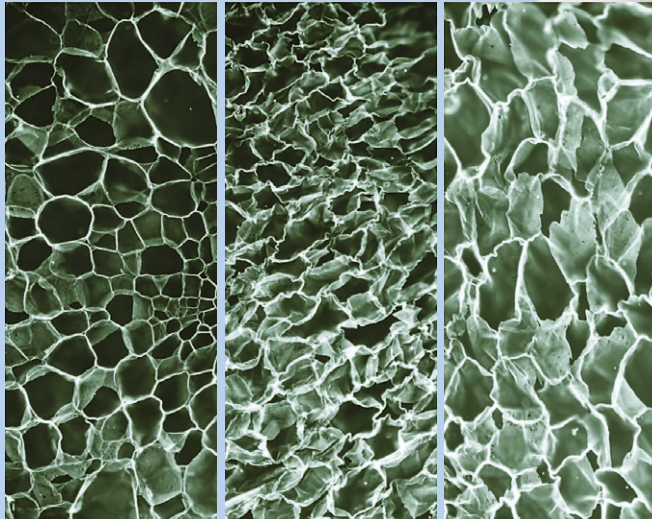
Som et eksempel på en fermentering, man let selv kan lave i sit eget køkken, men som også har stor industriel betydning, vil vi se på *koji*. *Koji* er det japanske udtryk for en svampekultur af en mikroskopisk svamp, *Aspergillus oryzae*. Svampen bruges til fremstilling af soyasauce, miso og sake, men den har også en fantastisk virkning på grøntsager.

Grunden hertil er, at svampens enzymer nedbryder grøntsagernes kulhydrater til søde sukre og proteinerne til frie aminosyrer, som har sødme og umami-smag. Så vi får i ét hug netop de grundsmage, som det grønne mangler. Selv om der produceres sukre, forøger det ikke madens kalorieindhold, fordi kulhydraterne alligevel ville blive nedbrudt til sukre i vores mave-tarmsystem.



## Knasende sprøde grøntsager

→ Kinaradise tilberedt som *tsukemono*. Radisen er først tørret, derefter skåret i skiver og dernæst nedlagt i en marinade med salt, sukker og tilført umami-smag fra tang. Foto: Jonas Drotner Mouritsen

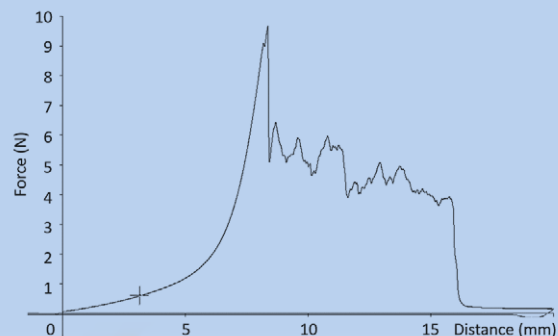


Cellestrukturen i en radise: frisk (til venstre), tørret (i midten) og rehydreret (til højre). Ved tørringen skrumper cellerne, og netværket af de ellers stive cellevægge bliver krøllet og mere fleksibelt. Ved rehydreringen optager cellerne igen vand, men netværket af cellevægge forbliver irregulært og fleksibelt, hvilket bevirker, at radisen både er fleksibel, men samtidig virker knasende sprød. Billederne svarer til 0,6 mm × 1,6 mm.

Mikroskopi: Mathias Porsmose Clausen

Kvantitativ måling af tekturen på et stykke *tsukemono* af kinaradise. Målingen indebærer tryk med en probe på radisen, og resultatet er en kurve, der viser kraften som funktion af probens position. Det ses, at radisen giver efter i begyndelsen, og kraften vokser op til et maksimum, hvorefter den falder i en række hak, for til sidst at bryde sammen. Disse hak er, hvad der mellem tænderne vil opleves som en sprødhed, og det tilhørende auditive respons svarer til en knasen.

Teksturanalyse: Mathias Porsmose Clausen



Eksempel på brug af knasende sprød kinaradise-*tsukemono*, som giver en spændende sprød kontrast til bløde og melede, kogte nyrebønner.

Foto: Jonas Drotner Mouritsen



Ved produktion af sødme og umami-smag opnår man samtidig den bonus, at bitre grøntsager kommer til at smage mindre bittert. Hvis man dertil bemærker, at man på den måde kan lave velsmagende grøntsager uden fedtstof, er det klart, at *koji* er noget af et mirakelmiddel, der kan hjælpe os til at spise mere grønt. Min påstand er, at med *koji* kan man få børn til at spise broccoli.

Det kan være lidt indviklet at bruge selve den levende *Aspergillus oryzae*-kultur i et hjemmekøkken, men det er der råd for, fordi vi har kun brug for svampens enzymer til at udføre miraklet. Der findes nu et kommercielt produkt kaldet *shio-koji* alene med enzymerne i en saltopløsning (*shio* betyder salt). Dette produkt har lang holdbarhed og kan nemt anvendes, og man behøver ikke at forholde sig til en levende kultur.

### Teksturen er vigtig

Smag er vigtig for vores accept af det grønne, men mundfølelsen er ofte mindst lige så vigtig. Mundfølelse kaldes også for tekstur, som teknisk set defineres som den del af madens struktur, som vores taktile sans i mundhulen kan opfange. Mundfølelse er altså ikke smag i streng forstand, men alligevel en vigtig del af smagsoplevelsen. Vi bruger forskellige sproglige udtryk

**Undervisningsmateriale**  
Du kan finde et arbejdsark til denne artikel, på Aktuel Naturvidenskabshjemmeside. Arbejdsarket indeholder også supplerende materiale om umami og kokumi.

#### Yderligere læsning

Faxholm, P.L., C.V. Schmidt, L.B. Brønnum, Y.-T. Sun, M.P. Clausen, R. Flore, K. Olsen & O.G. Mouritsen) Squids of the North: gastronomy and gastrophysics of Danish squid. *Int. J. Gast. Food. Sci.* 14, 66-76 (2018).

Mouritsen, O.G. & K. Styrbæk. *Tsukemono: Sprøde grøntsager på japansk*. Gyldendal, København (2017).

Mouritsen, O.G., L. Duelund, G. Calleja & M. B. Frøst. Flavour of fermented fish, insect, game, and pea sauces: garum revisited. *Int. J. Gastronomy Food Sci.* 9, 16-28 (2017).

Mouritsen, O.G. *Tsukemono - crunchy pickled foods from Japan: a case study of food design by gastrophysics and nature*. *Int. J. Food Design* 3, 103-124 (2018).

Mouritsen, O.G. & K. Styrbæk. Grøntsager vil ikke spises. *Weekendavisen* 27, 5. juli, Ideer s. 13 (2019).

Mouritsen, O.G., L. Duelund, M.A. Petersen, A.L. Hartmann & M.B. Frøst. Umami taste, free amino acid composition, and volatile compounds of brown seaweeds. *J. Appl. Phycol.* 31, 1213-1232 (2019).

Willett, W. m.fl. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* 393, 447-492 (2019.)

for mundfølelse, for eksempel hård, blød, saftig, sprød, knasende, klistret, melet, osv. Mundfølelse er derfor mere et spørgsmål om fysik end kemi, og i nogle tilfælde kan vi udføre kvantitative målinger af fysiske parametre, der er med til at karakterisere mundfølelsen.

Grøntsager og frugt afvises ofte, ikke mindst af børn, fordi tekturen ikke er indbydende eller som forventet. Et eksempel er grøntsager, der er kogt for bløde, eller et æble som er for hårdt eller for melet.

De fleste foretrækker grøntsager, som er knasende og sprøde. Vi har arbejdet en del med at undersøge, hvordan man kan lave sprøde grøntsager, som holder sig knasende sprøde i lang tid, og som samtidig har fået tilført umami-smag. Igen kan man her trække på en japansk tradition, *tsukemono*, som betyder "syltede sager". *Tsukemono* indebærer behandling af grøntsager med salt, sukker, syre og forskellige mikroorganismer. I alle tilfælde svarer tilberedningsteknikkerne til, at man ændrer vandets kemiske potential i grøntsagerne og dermed også cellestrukturen og tekturen.

En særlig effektiv, men også overraskende metode til at fremstille knasende grøntsager benytter sig af tørring og derefter marinering i lager, som indeholder meget umami-smag, for eksempel fra tang, soyasauce, gærrester og bærme fra bryggerier eller eventuelt et stænk af fiskesauce. Vi har fornylig fastlagt umami-potentialet for en lang række danske og udenlandske tangarter for at kunne optimere umami-smagen i marinaden. Ved tørringen mister grøntsagerne 2/3-dele af deres vægt, og ved rehydreringen i marinaden optager de noget af denne væske igen, men cellestrukturen er mere slap end i den friske grøntsag, men alligevel meget knasende.

Grøntsager behandlet som *tsukemono* kan med fordel bruges til at skabe interessante teksturkontraster i retter med andre grøntsager,



Foto: Jonas Drothner Mouritsen

som kræver noget modspil, for eksempel kogte bønner, grøntsagsmos eller en kedelig grøn salat. Med fokus på den sprøde tekstur er der dermed basis for at gøre det mere indbydende at spise mere grønt, og desuden bringer *tsukemono* også umami på bordet.

#### Uudnyttede råvarer og sidestrømme

Et vigtigt led i *EAT-Lancet Commission*-rapporten er en 50 % reduktion i spild af fødevarer og mad. Hertil kan tilføjes bedre udnyttelse af sidestrømme og "affald" fra fødevarerproduktion til menneskeføde. Et eksempel er mask, der er restproduktet fra ølproduktion, efter urten er kogt af. Der foregår i dag forskning med henblik på at udnytte dette affaldsprodukt, for eksempel i bagerier eller som råvare til sekundær fermentering.

Et andet eksempel er fiskeaffald, som kan fermenteres til fiskesaucer med stort umami-potentiale og derfor blive smags giver til en grøn kost. Man kan også forestille sig, at insekter og invasive arter som sortmundet kutling og stillehavsøsters kan anvendes på samme måde. Vores forskning viser, at fermentering af forskellige danske fisk, insekter og bælgfrugter giver saucer, der er meget delikate og har stort umami-potentiale.

Havet er på den ene side en overudnyttet ressource, når det drejer sig om mange konsumfisk, som er overfisket eller ligefrem truet. På den anden side er der uudnyttede ressourcer i form af blæksprutter, som er i global vækst. Vores forskning viser, at danske tiarmede blæksprutter har et betydeligt umami-potentiale. Desuden findes

der en række fiskearter, som kaldes skidtfisk, for eksempel brisling, som vi bare ikke har tradition for at spise, men i stedet anvender som fiskemel til dyrefoder med stort tab af næringsstoffer til følge. Disse marine produkter kan alle hjælpe til at tilføre den umami-smag, som vi mangler i en grønnere kost.

#### Formidling er vigtig

Forskning i fødevarer er afgørende for, at vi kan gøre os forhåbninger om fremover at kunne spise både sundt og bæredygtigt med basis i en mere plantebaseret, grøn kost. Der er meget, den enkelte kan gøre i sit eget køkken, men en større indsats nationalt og globalt vil kræve mere viden og mere fødevarer videnskabelig forskning. Desuden vil implementeringen af nye tilgange kræve et tæt samarbejde mellem forskere fra forskellige fagområder, kokke, fødevarerproducenter, innovationsfolk og fødevarerindustri.

Men det kræver også noget helt andet og mere komplekst, som handler om at påvirke og ændre smagspræferencer, herunder vores madmod og smagsmod. Den enkeltes smagspræferencer afhænger af mange forskellige forhold som alder, opvækst, madkultur og tradition. Her starter det med børnene, og vejen frem er en satsning på et massivt formidlingsarbejde, som starter med at give børnene ejerskab til deres egne sanser. Man kan få børn til at udvikle mere ejerskab til deres egne sanser ved at lave eksperimenter med, hvordan man bruger alle fem sanser til at smage på råvarer og mad og bedømme, om man kan lide det eller ej. Ejerskabet forstærkes af sprogligt at kunne sætte ord på, hvad man sanser. Gennem sanserne vil børn dermed lære om sig selv og deres omverden ikke mindst i skolen. Med den ballast vil de blive smagskompetente og smagsmodige og dermed forhåbentlig selv i stand til at navigere indsigtfuldt i et komplekst fødevarerlandskab. Det er den mission, det nationale forsknings- og formidlingscenter Smag for Livet ([smagforlivet.dk](http://smagforlivet.dk)) er på. ■