

De fire temaer: Vand, Luft, Jord og Ild

NatMad – Naturvidenskab & Mad arbejder med fire temaer: Vand, Luft, Jord og Ild.

Til hvert tema er der 4 emner, som hver bliver udfoldet i en salon og et undervisningsmateriale.

Indhold

Teori om ekstraktion	side 1
Smags-, lugte- og følesansen	side 2
Hvad er ekstraktion, hvilke parametre påvirker ekstraktion	side 3
Fordeling af aromastoffer – Henrys lov	side 4
Kemifabrikken	side 5
Praktisk forslag til læreren	side 6
Litteratur og links	side 7

Målet med dette materiale er, at du som underviser bliver inspireret til at eksperimentere og udnytte din viden om ekstraktion, når du og eleverne laver mad. Materialet består af:

- [Video fra salon om ekstraktion](#) med ph.d. Pia Snitkjær og kok Francis Cardenau
- [Elevmateriale](#) med forsøg og opskrifter
- Denne lærerinfor.

Teori om ekstraktion

Lidt om smag

Når vi i daglig tale snakker om 'smag', refererer vi til den samlede sanseoplevelse, når vi spiser maden. Vi bruger vores sanser til at registrere, hvordan det smager. Og vi bruger vores fortolkninger af smagen til at bedømme, hvad vi synes om det, vi har kommet i munden.



Smagssansen, lugtesansen og følesansen (i munden) betragtes som de primære sanser i forhold til at danne det samlede fysiske smagsindtryk, som vi på dansk blot kalder for 'smag', men som på engelsk også samlet bliver betegnet madens 'flavour'.

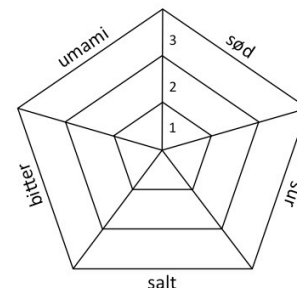
Lærerinfo til salon 4 Vand og ekstraktion

af Mathias Skovmand-Larsen og Lars Sejersgaard Jakobsen



Smagssansen

Smagssansen knytter sig til en række såkaldte 'smagsløg' på tungen. Her er receptorer (modtager-molekyler) for nogle specifikke indholdsstoffer i maden. Disse stoffer kan vi registrere og sende videre som et signal til hjernen om en bestemt grundsmag.



Vi er i stand til at sanse fem forskellige grundsmage via smagsløgene på tungen: salt, sødt, surt, bittert og umami. Du og eleverne kender sikkert modellen Smage-5-kanten, som kan bruges i undervisningen til at beskrive, hvor sød, sur, salt, bitter eller umami en råvare eller en ret smager.

Hver af disse grundsmage svarer til, at der findes en specifik receptor i vores smagsløg, som kan detektere nogle specifikke stoffer (molekyler eller ioner) i maden. Vi sanser fx grundsmagen sød, når vores sød-receptor registrerer et mono- eller disakkarid. Vi registrerer smagen umami når vi registrerer fri glutamat (altså glutaminsyre, som ikke er bundet op i et protein og dermed er tilgængeligt for vores smagsløg). Denne grundsmag forstærkes i øvrigt, når der samtidig er specifikke frie nukleotider til stede.

Lugtesansen



Lugtesansen udgøres af en række receptorer i vores næse, som kan registrere nogle specifikke molekyler i maden. Vi kan registrere flere hundrede forskellige såkaldte 'aromastoffer' eller 'duftstoffer' fra maden. Vores hjerne er i stand til at genkende det samlede 'duftbillede' ved hjælp af vores tidligere erfaringer med mad og dufte. På den måde er vi i stand til at forbinde de mange aromastoffer i vores mad med specifikke ingredienser og/eller retter. Lugtesansen er allerede i brug, inden vi putter maden i munden, hvor aromastofferne vil blive båret med luften op til vores næse – ortho-nasalt. Når vi har maden i munden, bliver aromastofferne fortsat frigivet til næsen via den retronasale vej fra munden op til næsen. Vi bruger på den måde i høj grad vores lugtesans, når vi spiser maden til at skabe den samlede smagsoplevelse.

Man kan let bilde sig selv ind, at man kun smager med munden, når man nu har maden i munden. En lille test med at holde sig for næsen, når man spiser en aromatisk fødevare, fx en krydderurt, kan dog let afsløre, hvor stor en rolle aromastofferne spiller for det samlede smagsindtryk. Det, som er karakteristisk for aromastofferne er, at de netop er 'luftbårne' eller 'flygtige'. På den måde kan aromastofferne transporteres til næsens receptorer. Aromastoffernes evne til at 'flygte' fra maden op i luften kaldes gasfasen. Den afgør om vi kan sanse dem i næsen. På den måde adskiller de sig fra de molekyler, vi sanser i munden som grundsmage.

Følesans i munden

Vores følesans i munden er i tillæg til smagssansen og lugtesansen med til at danne den samlede smagsoplevelse. Via følesansen er vi i stand til at registrere madens tekstur, altså om sovsen er grynet, om chipsen er sprød osv. Desuden kan vi via samme nervesystem registrere specifikke molekyler i maden, de såkaldte 'irritanter', der bl.a. opleves som 'stærke', 'varme' eller 'kølende'. Et eksempel er capsin i chili, som 'brænder' i munden. Dette betegnes også som 'kemestesi'.

Lærerinfo til salon 4 Vand og ekstraktion

af Mathias Skovmand-Larsen og Lars Sejersgaard Jakobsen

Hvad er ekstraktion?

Ordet *ekstraktion* stammer fra latin (ex = ud og trahere = tage) og betyder, at vi flytter molekyler fra noget over i noget andet. I køkkenet handler det ofte om at flytte smagsgivende molekyler fra en ingrediens over i vand, olie eller alkohol.

Helt almindelige eksempler på ekstraktion fra køkkenet er, når vi brygger te og kaffe. Vi ekstraherer også, når vi fx laver fond, krydderolie, kryddersnaps, gløggeekstrakt og hyldeblomstsafte. Vi ekstraherer altså smag, farve og nogle gange teksturgivende molekyler fra en ingrediens over i en væske, som kan være vand, olie, eller alkohol.



Oftentimes bruger vi varme til at fremskynde ekstraktionen. At koge fond er et eksempel på en ekstraktionsproces, hvor vi hiver smag, farve og ikke mindst gelatine (der øger viskositeten) ud af nogle ingredienser som ikke i sig selv har meget værdi.

Vi koger ofte fond på kød- og benrester samt grøntaffald. Derfor siger vi, at det er en metode til at få meget ud af lidt. Efter endt kogning af fonden (ekstraktion) vil vi ofte reducere fonden, det vil sige koge den ind. På den måde opkoncentrerer vi nogle af de ikke-flygtige molekyler som fx gelatinen.

En øget koncentration af gelatine bevirker, at fonden bliver mere tyktflydende. Ved tilstrækkelig høj koncentration kan den gelere, når vi kører den ned. Andre af fondens molekyler vil til gengæld gå tabt under processen. Det beskriver vi lidt senere.

Hvilke parametre påvirker en ekstraktion?

Tid og temperatur er to centrale parametre, der påvirker en ekstraktion:



Ekstraktion af molekyler vil ofte forudsætte, at celler nedbrydes, og at bindinger spaltes. Derfor er nogle ekstraktioner tidskrævende.

Når vi koger fond, tager det tid at spalte, hydrolisere, proteinet collagen til de mindre bestanddele gelatine. Spaltningen er en forudsætning for at ekstrahere dette protein.



Denne proces kræver minimum 60 grader celsius. Det er den mest tidskrævende proces i en fondkogning, særlig hvis vi bruger kød- og benrester fra et ældre dyr. Her er collagenet nemlig meget krydsbundet.

Varme er på samme vis med til at spalte peptidbindingerne, så aminosyrer og små peptider kan ekstraheres ud i vandfasen og give smag. Aromen udvikler sig også over tid, dels fordi der afgives aromastoffer til omgivelser, dels fordi der produceres nye aromastoffer.

Lærerinfo til salon 4 Vand og ekstraktion

af Mathias Skovmand-Larsen og Lars Sejersgaard Jakobsen

Ekstraktionen er også afhængig af overfaldearealet i det, man ekstraherer fra. Når vi finder fx kød, grøntsager og krydderier, får de en større overflade at ekstrahere fra.



Det er særlig godt undersøgt i forhold til fx kaffebrygning.

Vi kan få gode råd om, hvor fint-formalet kaffebønnerne skal være til forskellige bryggemetoder. Kaffe er også et eksempel på, hvordan ekstraktionstid og temperatur har en betydning for smagen af det endelige produkt. Man får fx let en meget bitter kaffe hvis ekstraktionstiden er for lang.

Endnu en parameter som er relevant for ekstraktionen, er ekstraktionsmediet, altså det som vi ekstraherer ud i. Det hænger sammen med, hvor lipofile eller hydrofile de enkelte molekyler er. Aromastoffer er generelt ikke særlig glade for vand og vil til dels forsvinde ud i luften og væk fra maden. Derfor bruger vi betegnelsen 'flygtig'. Aromastofferne vil dels fordele sig mellem fedt- og vandfasen i maden. De stoffer i maden, som vi derimod sanser via vores smagsløg, er alle vandopløselige. På den måde kan man via valg af ekstraktionsmediet udvælge, hvad man vil have ekstraheret.

Fordeling af aromastoffer – Henrys lov

Aromastofferne i ekstraktionsmediet vil omgående fordele sig mellem det vand, fedt og luft (gas), som er til stede.

Som et eksempel vil aromastoffer, som er ekstraheret ud i fonden fordele sig mellem vand, fedtet i fonden og den luft (gasfase), der er over fonden. I et helt lukket system vil alle aromastoffer indstille sig i et ligevægtsforhold mellem de tre såkaldte 'faser'. Det enkelte aromastof er udstyret med en 'fordelingsnøgle', som afgør disse fysisk-kemiske ligevægte, der vil indstille sig.



Ph.d. Pia Snitkjær forklarer om fordeling af aromastoffer med Henrys lov. [Se video.](#)

Disse ligevægte kan beskrives med fysiske love, herunder Henrys lov, som beskriver hvordan der er proportionalitet mellem koncentrationen af stoffet i gasfasen (givet ved partialtrykket p_g) og koncentrationen i vandfasen (c_w).

Hvert enkelt aromastof har et specifikt fordelingshold mellem gas og vand som er givet af en konstant, Henrys lov konstant:

$$K_H = c_w / p_g$$

Da vi jo sjældent har et lukket system i køkkenet, betyder denne ligevægtskonstant i praksis også, at der konstant vil blive frigivet aromastoffer til luften. Når aromastofferne fordele sig i køkkenet, vil der konstant blive overført flere aromastoffer fra gryden i et forsøg på at genoprettet den givne ligevægt. Dette er meget tydeligt, når vi fx koger fond eller gløggekonstrakt i køkkenet, hvor duften meget hurtigt spreder sig til hele huset.

Lærerinfo til salon 4 Vand og ekstraktion

af Mathias Skovmand-Larsen og Lars Sejersgaard Jakobsen

Henrys lov konstant er temperaturafhængig. Det betyder i praksis, at når temperaturen stiger, vil flere aromastoffer blive 'skubbet' ud i gasfasen og altså ende ude i luften, hvor vi kan dufte dem. Det er meget tydeligt, når vi drikker vin: En lidt for kold vin 'smager' ikke af noget, men nogle få graders opvarmning kan rykke meget på Henrys lov konstanten. Mange flere aromastoffer når op i luften, hvor vi kan sanse dem.

Når vi spiser maden, sker det samme, når vi tygger maden i munden. Så vil en vis andel af aromastoffer overføres til luften, gasfasen, og blive transporteret op til næsen retronasalt. Denne frigivelse af aromastofferne indeni munden er på samme måde styret af Henrys lov.

I praksis vil Henrys lov konstant også være påvirket af madens andre indholdsstoffer. Opløste molekyler som fx protein og stivelse vil kunne tilbageholde aromastoffer fra vandfasen, og altså påvirke det reelle ligevægtsforhold.

Hvis der tillige er fedt til stede, som fx i fonden, vil aromastofferne ikke kun søge at indstille en ligevægt mellem vandfasen og gasfasen. De vil på samme måde forsøge at indstille en koncentrationsligevægt mellem vandfasen og fedtfasen. Denne ligevægt beskrives af Nernst-ligningen og beskriver, hvordan der er proportionalitet mellem koncentrationen i oliefasen (C_o) og vandfasen (C_w).

Den såkaldte olie-vand ligevægtskonstant er givet ved:

$$Kow = C_o / C_w$$

Mange aromastoffer er lipofile. Det betyder i praksis, at fedtet i maden er med til at tilbageholde aromastofferne og hindre, at de 'fordufter'. Fedtet betyder også meget for frigivelsen af aromastofferne i munden og kan derfor have en stor påvirkning på smagsoplevelsen.

Kemifabrikken

De fysiske love siger noget om fordelingen af aromastoffer. Desuden vil den endelige smag og tekstur af produktet ofte være påvirket af de kemiske reaktioner, som sker simultant, særligt når vi har skruet op for temperaturen. Igen er fondkogning et godt eksempel på en ekstraktion, hvor der er fuld gang i 'kemifabrikken', da man jo netop varmer på det i lang tid. Her sætter vi gang i de nævnte vigtige nedbrydningsprocesser, altså hydrolyse af forskellige proteiner. Denne proces giver både smag og tekstur. Desuden sætter man også gang i den kemiske bruningsreaktion *Maillard*-reaktionen.

Maillard-reaktionen er en kaskade af kemiske reaktioner, som starter med sukker og protein. Processen kræver både høj varme og lav vandaktivitet for at være rigtig effektiv. Det er dog en reaktion, som sker langsomt ved lavere temperaturer. Når vi koger fond i timevis og reducerer fonden, produceres nye aroma- og farvestoffer. Produktet af en Maillard-reaktion er både brune pigmenter og en længere række af forskellige aromastoffer, som vi typisk forbinder med noget, der bagt eller stegt.

Sidst, men ikke mindst vil der under en ekstraktion nogle gange ske en simpel opkoncentrering af de 'ikke-flygtige' stoffer. Det er igen særlig relevant at nævne ved en fond, som man ofte koger over lang tid, og hvor en del af vandet vil fordampe. Her kan man opkoncentrere den ekstraherede gelatine og den frie glutamat, som giver umami-smag. På den måde går en varmeinduceret ekstraktion ofte hånd i hånd med andre kemisk-fysiske ændringer. Alt sammen bidrager til ændringer i den endelige smag og tekstur af ekstraktionsproduktet.

Lærerinfo til salon 4 Vand og ekstraktion

af Mathias Skovmand-Larsen og Lars Sejersgaard Jakobsen

Praktisk forslag til læreren

Du kan med fordel tilrettelægge undervisningsmaterialet over to undervisningsgange, medmindre du har 3-4 lektioner til rådighed. Vi anbefaler følgende:

Første undervisningsgang:

1. Læs side 1 og det afsnit på side 3 om smag, aromastoffer, kemistesi og flavour.
2. Udfør eksperimenterne side 4 og 5 i grupper, så du har enten 3 eller 6 grupper på hver øvelse. Notér smag, farve, aroma og beskriv eller forklar forskellen på de tre sodavand med udgangspunkt i faktoren: Overfladeareal.

Anden undervisningsgang:

1. Lav opskrifterne i grupper af 3-4 elever per opskrift. Hver anden gruppe laver fond med forstegning og hver anden uden forstegning.
2. Mens fonden koger i 30 minutter, læser du sammen med eleverne side 2 og begyndelsen af side 3 i teorimaterialet.
3. Repetér med eleverne, og forklar, hvad overflade gjorde for smagen i sodavanden på første undervisningsgang.
4. Spørg eleverne, hvad der er fokus på i denne fond-øvelse. Gennemgå især Maillard-processen med dem, og spørg ind til, hvilke eksempler de kender.
5. Til sidst smager I på de to fonder og besvarer spørgsmålene, der giver anledning til at analysere og forklare velsmag i en fond.

Tip til opskrifterne:

Måske har du skræller fra et andet hold? Så pakker du dem grundigt ind, gemmer dem på køl og bruger til øvelsen.

Alternativt kan du bruge:

- Hele løg i kvarte med skræl, men bunden skåret af
- Skyllede gulerødder, børstet og rengjorte.



Lærerinfo til salon 4 Vand og ekstraktion

af Mathias Skovmand-Larsen og Lars Sejersgaard Jakobsen

Litteratur og links

Pia Snitkjær ph.d om kødfond (reduktion/indkogning af fond)

<https://food.ku.dk/english/staff/?pure=files%2F32448394%2FPHD.0111.pdf>

Smag for livet: https://www.smagforlivet.dk/sites/default/files/kopiark/%C3%98velsesdokument%20-%20Forl%C3%B8b_Kemi%C3%B8velser%20Ekstraktion%20-%20Aktivitet_Ekstraktion.pdf

<https://www.smagforlivet.dk/materialer/maillard-reaktioner-og-karamellisering-f%C3%A5-mere-smag-og-aroma-ved-mestre-bruningsprocessen>

YouTube video - flavourhjul

https://www.youtube.com/watch?v=UBib3kZN-io&ab_channel=SmagforLivet

<https://lapetitnoisette.com/2019/06/03/the-science-of-making-stocks/>

<https://www.dr.dk/mad/artikel/ferdaoues-paa-15-tryller-forhadte-planter-om-til-en-succes-det-goer-mig-stolt>

<https://politiken.dk/mad/madskole/art7928465/%C2%BBDu-kan-f%C3%A5-mere-protein-ud-af-b%C3%A6lgfrugter-end-k%C3%B8d%C2%AB>

<https://www.berlingske.dk/kultur/kunsten-at-faa-meget-ud-af-ingenting>

Harold McGee: McGee on Food and Cooking, 2004

Carlsen, Helle B: Det handler om at flytte molekyler, Weekendavisen, 9. februar 2018

Kort om NatMad – Naturvidenskab & mad

NatMad - Naturvidenskab & Mad har til formål at fremme naturvidenskaben i madkundskab ved at afholde saloner om gastrofysiske elementer i madlavningen. Til emnerne udvikles undervisningsmateriale, som lærere i både madkundskab og STEM-fag har mulighed for at hente på <https://smagensdag.dk/natmad-naturvidenskab-mad/>

Salonerne bliver streamet live – og kan derefter hentes i en kort redigeret udgave – også på www.smagensdag.dk.

NatMad er udviklet af Smagens Dag & KOST ApS og støttet af Novo Nordisk Fonden.