



HVOR STÆRK ER CHILI?

Vi siger, at chili smager stærkt. Men er stærk en smag, og hvor stærk er chili egentlig? En ny undersøgelse af de stærke indholdsstoffer i chili, de såkaldte capsaicinoider, viser, at chilier dyrket i Danmark kan blive lige så stærke som chilier dyrket under varmere himmelstrøg.

Der findes en lang række fødevarer, som vi siger smager stærkt eller brændende. Chili, sort peber og peberrod er nok de mest kendte. Men "stærk" er ikke en rigtig smag i den forstand, at den kan frembringes ved en kombination af de fem accepterede grundsmage: Sur, sød, salt, bitter og umami, som alle fremkommer ved, at stoffer i mad eller drikke finder vej til smagsreceptorerne i tungens smagsløg.

En smagsoplevelse af stærk eller brændende opstår, når visse indholdsstoffer i maden kemisk påvirker særlige somato-sensoriske receptorer i nogle nerveender i slimhinderne i munden og giver anledning til en følelse af smerte. Det er den samme slags nerveender, som også registrerer varme og kulde. I princippet er der tale om et faresignal, som fortæller os, at vi skal passe på og måske overveje at spytte maden ud igen.

Chili er ikke peber

Chili er på verdensplan det næstmest brugte krydderi efter salt, og sort peber er nummer tre. Chili er nok det krydderi og den madvare, som er omgærdet af den stærkeste respekt og forundring, når det drejer sig om stærk og brændende mad.

Chili er ikke rigtig peber, selv om vi på dansk bruger udtryk som chili-peber og peberfrugt. Chili hører til slægten *Capsicum*, som er medlem af natskyggefamilien *Solanaceae*. *Capsicum* kommer af det græske ord for "bid" (*kapto*). *Capsicum*-planterne menes oprindeligt at komme fra Andesbjergenes højland omkring Bolivia og Peru og blev bragt til Europa med Columbus, som kaldte frugten indisk (indiansk) peber eller spansk peber. Fra Europa bragte portugisiske, spanske og baskiske søfarende brugen af chili med sig til Afrika, Mellemøsten og Asien, hvor planten nemt kunne dyrkes. De fleste europæere spiste da overvejende de milde og søde chilier, men de stærkere varianter blev hurtigt værdsat i



I de senere år er chili blevet et modefænomen og danskerne dyrker chili i drivhuse og i køkkenhaver, og chili indgår i eksotiske og traditionelle retter både som ingrediens og krydderi.
Foto: Gartneri Toftegaard

fx Indien. Det siges, at baskerne var de eneste europæere, som fik smag for stærk chili direkte fra Amerika.

Foruden det baskiske køkken er det i Europa især det ungarske køkken, som har taget chili til sig som en nationalspise (under navnet paprika). Ungarerne fik smag for chili i begyndelsen af 1800-tallet, hvor Napoleonskrigene gjorde det umuligt at skaffe sort peber.

Nu er dyrkning af chili blevet almindelig over det meste af verden, også i koldere klimaer. Danskerne dyrker chili i drivhuse og i køkkenhaver, og chili indgår i eksotiske og traditionelle retter både som ingrediens og krydderi. I de senere år er chili oven i købet blevet et modefænomen, og der eksperimenteres med chili i drinks og i konkurrencer om, hvem der kan klare at spise den stærkeste chili.

Capsaicin gør chili stærk

Det, der gør chili stærk, skyldes nogle stoffer, som dannes i plantens frugter som et olieagtigt sekret, der indeholder sekundære metabolitter, de såkaldte capsaici-

noider. Der er otte slags, og det er især fire, som giver styrken: capsaicin, dihydrocapsaicin, nordihydrocapsaicin og homocapsaicin. De to første er cirka lige stærke, hvorimod nordihydrocapsaicin og især homocapsaicin er noget mindre stærke. Et femte stof, homodihydrocapsaicin, som normalt kun findes i meget små mængder og er ca. halvt så stærkt som capsaicin, er især ansvarlig for den langvarende "efter-smerte" i svelget, som forårsages af de stærkeste chilier. Hvor virkningen af almindelig capsaicin fortager sig hurtigt, så kan virkningen af homodihydrocapsaicin holde sig i mange timer.

Capsaicinoiderne er farveløse, og de har i sig selv hverken smag eller lugt. Det betyder dog ikke, at chilifrugter ikke kan have smag; fx har chilier af Habanero-typen en eksotisk frugtsmag.

Da man typisk angiver styrken af en chili som en middelværdi af de indgående capsaicinoider, vil vi i det følgende ikke skelne mellem de forskellige stoffer og blot tale om capsaicin.

Forfatterne



Lars Duelund er cand. scient. og akademisk medarbejder tilknyttet Smag for Livet og MEMPHYS på Institut for Fysik, Kemi og Farmaci, SDU.
lad@memphys.sdu.dk



Lene Tvedegaard er cand. agro. forfatter og ejer af Gartneri Toftegaard ved Køge, som har speciale i dyrkning af chili, tomater og krydderurter.
gartneri-toftegaard.dk



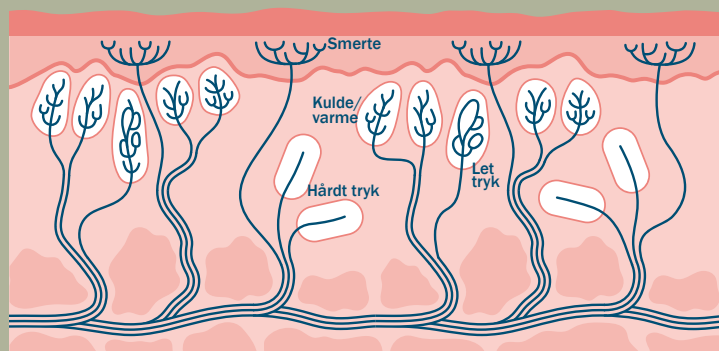
Ole G. Mouritsen er dr. scient. og professor i biofysik ved MEMPHYS på Institut for Fysik, Kemi og Farmaci, SDU. Han er leder af Norda-fondens center Smag for Livet.
ogm@memphys.sdu.dk

Chili og varme

Vi siger, at chili brænder og gør os varme. Det skyldes, at capsaicin binder til varmekølsomme receptorer i munden og narrer dem til at tro, at det er varmt. De fleste folk kommer derfor også til at svede og blive blussende varme især i ansigtet, selv om kropstemperaturen som sådan ikke stiger. For meget stærke chilier kan folk opleve kvalme, åndenød og ringen for ørerne.

Huden og især slimhinderne i munden har nogle smertefølsomme nerveender. Disse nerveender stimuleres af mekaniske og kemiske påvirkninger eller ekstreme temperaturforhold. Det fører til irritation, smerte og potentiel skadevirkning på celler og væv.

I munden kan disse nerveender påvirkes kemisk af stoffer i maden, og vi kalder derfor dette fænomen for kemestesi. Kemestesi beskriver hudens og slimhindernes følsomhed over for kemiske påvirkninger, der fremkalder irritation og smerte i form af en brændende eller stikkende fornemmelse. Vi oplever denne irritation som en skarp eller brændende smag, når vi spiser chili, der inde-



holder stoffet capsaicin, sort peber, som indeholder stoffet piperin, eller peberrod og sennep, som indeholder stoffet isothiocyanat, der giver en stikkende fornemmelse. Da det er nerveenderne af den trigeminale nerve (den femte kranienerve), som her er i spil, kaldes kemestesi sommetider for den trigeminale sans.

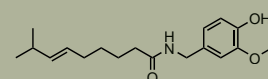
Ved længere påvirkning af disse stoffer får receptorerne nedsat følsomhed, og det fører til den paradoksale effekt, at stofferne nu kan virke som bedøvelsesmidler. Chili blev allerede før Columbus brugt i Mellemamerika til lokalbedøvelse. Det var faktisk i sit arbejde med at undersøge chilis potentiale som smertestillende præparat, at Wilbur Scoville opfandt sin styrkeskala

(SHU) for chilis styrke.

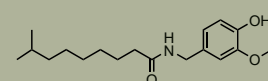
Temperaturer under 15 °C og over 52 °C registreres også som smerte. Det faktum, at det er beslægtede kanaler, som registrerer temperatur og smerte, er årsagen til, at sanserne nogle gange spiller os et puds, og vi fornemmer noget som koldt (mentol, pebermynte og kamfer) eller varmt (piperin og capsaicin), uden at temperaturen er ændret. De smertefølsomme nerveender påvirkes også af elektrisk stimulering, og de kan derudover være pH-følsomme. Den stikkende og sure smagsoplevelse af kulsyreholdige og boblende drikke menes at skyldes en kombination af både pH-sensitive receptorer og somato-sensoriske nerveender.

Styrkeskalaer for chilier

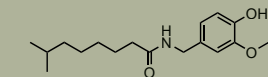
Navn	Nordisk skala	Scoville Heat Units (SHU)
Ren capsaicin	30	16.100.000
↓	↓	↓
Carolina Reaper	14	1.046.000 ±34.000
Trinidad Scorpion Moruga Blend BIH Jolokia (Improved strain)	13	673.000±120.000 665.000±4.000
Bhut Orange Copenhagen (BOC)	12	566.000 ±47.000
Habalokia Yellow	11	375.000 ±11.000
Red Savina Habanero	10	246.000±80.000 247.000±25.000
Fatali	9	176.000±700
Tabasco	8	120.000 ±32.000
Ommicolor	7	62.000 ±13.000
Toftegaards Citronchili	6	51.000±28.000
Jalapenos	5	35.000
Starfish	4	20.000
Toftegaards Hot Banana, Espelette	3	7.000-9.000
Grøn Tapas	2	4.000
Anaheim	1	1.000
Alm. peber, snack peber	0	0



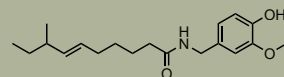
Capsaicin
Styrke: 16.100.000 SHU



Dihydrocapsaicin
Styrke: 16.100.000 SHU



Nordihydrocapsaicin
Styrke: 9.300.000 SHU



Homocapsaicin
Styrke: 6.900.000 SHU

Vores målte værdier for capsaicinindhold omsat til SHU for chilier dyrket i Danmark. Den nordiske skala er stadigvæk et godt subjektivt værktøj til at bestemme en chilis styrke, og tabellen viser sammenhængen med SHU-enheder. Resultater angivet med usikkerheder er målt af forfatterne.

Forskellige arter af chili har forskellig styrke, gående fra de helt søde og milde grønne og røde snack-chilier til de stærkeste, som man skal være Chili Klaus for at ville smage på. De forskellige dele af chili-frugten har forskellig styrke, og i modsætning til, hvad mange tror, er det ikke kernerne, men frøstol og frøvægge, som er de stærkeste.

Hvordan måler man en chilis styrke?

Det spørgsmål stillede farmaceuten Wilbur Scoville (1865-1942) sig, da han under sit arbejde ved en amerikansk lægemiddelvirksomhed i 1912 undersøgte, om ekstrakter af chili kunne bruges ved smertelindring. Hertil opstillede han en speciel styrkeskala, som fik navnet Scoville-skalaen, og som opererer i enheder af Scoville Heat Units (SHU).

Scoville-skalaen bygger på en såkaldt organoleptisk metode, dvs. en sensorisk skala, som er knyttet til personers oplevelse af styrken. Da ikke alle personer har samme følsomhed over for smerte, på samme måde som smagstærskelen for forskellige smage også er individuel, er Scoville-skalaen noget upræcis. Enheden SHU defineres på den måde, at hvis et chilieks-trakt fx har styrken 1000 SHU, så skal det fortyndes 1000 gange for ikke længere at smage stærkt.

Nu ved vi, at det er indholdet af capsaicinoider, der bestemmer en chilis styrke, så et præcist og objektivt defineret mål for styrken kan simpelthen defineres som koncentrationen af capsaicinoider. Denne koncentration kan bestemmes kvantitativt med moderne analytisk-kemiske teknikker, især væskechromatografi, som er en måde at adskille stoffer. Efter denne adskillelse kan man benytte fx massespektrometri til at identificere og kvantificere de forskellige capsaicinoider.

Styrken af de forskellige rene capsaicinoider kan også fastlægges på Scoville-skalaen, og dermed får

man en omregningsfaktor fra de målte capsaicinoidkoncentrationer til SHU. Fx har ren capsaicin styrken 16.100.000 SHU.

Der findes også andre, mere kvalitative skalaer. Fx har man brugt en nordisk skala med styrkeangivelse 0-10, men de senere års fund af stadig stærkere chilier har bevirket, at denne skala er blevet revideret. Verdens stærkeste chilisort, Carolina Reaper, er målt i Danmark til gennemsnitlig 1.000.000 SHU og har fået styrkeangivelse 14. Habanero ligger fx på styrke 10.

Et kapløb mod stærkere chilier

Der findes omkring 25 vilde varianter af *Capsicum* og op mod 4000 forskellige kultiverede underarter, og der dyrkes stadig nye frem med forskellig farve, form, størrelse og styrke. Almindelige typer er Habanero, Serrano, cayenne og jalapeño. De stærkeste arter er af arten *Capsicum chinense*. Udfordringen for dyrkerne er at producere chili-frugter, som er konsistente i deres styrke, og det tager typisk otte år at fremavle en unik chili med stabile arveanlæg for en særlig egenskab.

For 15-20 år siden startede et veritabelt internationalt kapløb for at fremavle den stærkeste chili og få plads i Guinness Book of World Records. Med en styrke på 577.000 SHU havde Red Savina af Habanero-typen rekorden for i 2006 at blive slået af Bhut Jolokia ("ghost pepper") dyrket af en indisk landmand. Bhut Jolokia bonner ud med 1.000.000 SHU. Fire titelskift sker i årene 2010-2011 med chilier fra England og Australien, for at blive sat på plads af Smokin' Ed Curries Carolina Reaper i 2013 med chilier i området 1.500.000-2.000.000 SHU.

Dyrkning af chilier i Danmark

I flere år har vi i Danmark dyrket chilifrugter uden helt at vide, hvor stærke de var. Det blev antaget, at vi i Norden ikke kunne dyrke så stærke frugter som sydpå, hvor der er mere sol og varme. På den



Den voldsomme smerteeffekt af capsaicin udnyttes i bl.a. politiets peberspray, som er lavet af cayennepeber med en styrke på 5.000.000 SHU.

baggrund opstod den nordiske styrkeskala for chili (fra 0-10), som umiddelbart gav et mere enkelt billede af styrken på en skala, der også kunne håndteres af de fleste i en subjektiv bedømmelse.

Men nu har vi endelig nogle videnskabelige data for styrken af chilier dyrket i Danmark. De undersøgte frugter er dyrket på Gartneri Toftegaard i et uopvarmet væksthuse, uden kunstig belysning og dyrket i en plantesæk, reelt under samme forhold som ude hos hobbyavleren. Data viser, at sol og varme kun har mindre effekt på styrken, og det vigtigste er modenhedsgraden og arveanlæggene. Det underbygges af undersøgelserne af verdens stærkeste sort Carolina Reaper, som havde næsten samme styrke i 2014 (en meget lun sommer og efterår) og i 2015 (en meget kølrig sommer og efterår). Endvidere var styrken på ca. 1.000.000 SHU, med lille variation for sorten, dvs. overraskende høj. I gennemsnit er sorten målt til 1.500.000 SHU dyrket hos forædleren i USA. Generelt varierer høstede frugter en del i styrke, ja selv mellem frugter høstet på samme plante. Mange sorter er også meget ustabile i styrke pga. genetikken, og udspaltning i frugtens form, farve og styrke er et velkendt fænomen. Variation i

Måling af capsaicinoider i chili

Videre læsning

Beck KP, Bindseil MF, Mikkelsen SE, Andersen ABA, Knudsen S. Bestemmelse af chilistyrke ved måling af capsaicinoidkoncentration. 1.årsprojekt, SDU (2014).

Duelund L, Mouritsen OG. Contents of capsaicinoids in chillies grown in Denmark. Food Chemistry 221, 913-918 (2017).

McQuaid J. Tasty. The Art and Science of What We Eat. Chap. 7. Scribner, New York (2015).

Mouritsen OG, Styrbæk K. Fornemmelse for smag. Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck, København (2015).

Shepherd G. Neurogastro-nomy. Columbia University Press, New York (2011).

Tvedegaard L. Den lille stærke om chili. Koustrup & Co, Farum (2013).

Tvedegaard L. Smagen af chili. Koustrup & Co, Farum (2014).

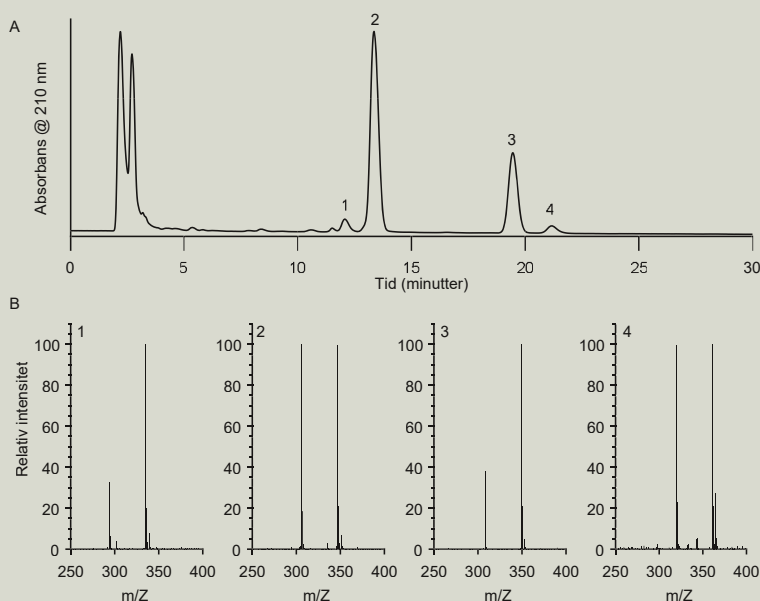
Vildgaard T, Pedersen CT. Krydderier og Kokkerier. Lindhard og Ringhof, København, 2006.

www.gartneri-toftegaard.dk

www.smagforlivet.dk

Mængden af de enkelte capsaicinoider i chilierne blev bestemt vha. en kombination af højtryksvæskerkromatografi (HPLC) og massespektrometri (kendt som LC-MS efter det engelske Liquid chromatography-mass spectrometry). I denne kombinationsteknik separerer man først stofferne med højtryksvæskerkromatografi ved at sende en væskestrøm, hvori prøven er opløst i et passende opløsningsmiddel (her acetonitril) gennem et tyndt rør fyldt med hydrofobe partikler (en søjle). Da de forskellige stoffer binder forskelligt til partiklerne i søjlen, vil de komme ud med væskestrømmen på forskellige tidspunkter. Væskestrømmen ledes derefter ind i et massespektrometer, der kan bruges til at kvantificere og identificere de enkelte stoffer ved at bestemme molmassen af dem.

I vores eksperimenter har vi først ekstraheret capsaicinoiderne fra chilierne med ethanol og derefter separeret dem fra hinanden og fra andre stoffer i prøven ved brug af højtryksvæskerkromatografi. Capsaicinoiderne bliver separeret efter deres polaritet, og ved måling af lysabsorbansen af strømmen af væske ud af søjlen får man et såkaldt kromatogram, som vist i figuren (A). Derefter føres væskestrømmen ind



i et massespektrometer, hvor stofferne tilføres en elektrisk ladning (Z), så de kommer ud af spektrometret efter en tid, der er proportional med m/Z , hvor m er molmassen af det enkelte stof. Målingen resulterer i et spektrum som vist i B med nogle toppe, som entydigt identificerer de enkelte capsaicinoider, idet positionerne af toppene for de enkelte stoffer på forhånd er bestemt ved at køre de rene stoffer gennem spektrometret. Toppenes højde bestemmer mængden af de enkelte stoffer, hvorfra koncentrationen af

capsaicinoiderne i den pågældende chili kan beregnes.

Toppene 1-4 i figur A svarer til henholdsvis nordihydrocapsaicin, capsaicin, dihydrocapsaicin og homocapsaicin. De andre toppe skyldes opløsningsmidlet (acetonitril) og de øvrige stoffer, som er trukket ud af chilien. Hvert stof i massespektrene i figur B har to toppe, fordi capsaicinoiderne kan danne et molekylært kompleks med acetonitril i massespektrometret (komplekset svarer til den høje værdi af m/Z).

styrke er et vilkår for chilidyrkere. Der er dog iagttagelser i praksis, der undrer, fx hvorfor en snackpeber lige pludselig et år bliver stærk, hvor den året efter igen er uden styrke. Vi kender endnu ikke svaret på disse variationer.

Vi har undersøgt en række dansk dyrkede chilier bl.a. fra Gartneri Toftegaard og sammenlignet deres styrke med tilsvarende varianter dyrket under varmere himmelstrøg. Styrken er bestemt ved kvantitativ bestemmelse af indholdet af de fire nævnte capsaicinoider, og vi har der

efter omregnet til Scoville-skalaen.

Det viser sig, at for de tre varianter Serrano, Habanero og BIH Jolokia, for hvilke der findes andre pålidelige undersøgelser udført på chilier, der har vokset i varmere klimaer end i Danmark, at de danske chilifrugter har sammenlignelige styrker. Desuden viser det sig, at forholdet mellem de forskellige capsaicinoider i de forskellige chilier varierer temmelig meget, og at indholdet af capsaicin kan svinge mellem 31% og 71% af det totale indhold af capsaicinoider.

Hvorfor spiser vi chili?

Det er et mysterium, hvorfor vi kan lide at spise noget, som giver en brændende og ubehagelig fornemmelse i munden. En teori går på, at capsaicin medvirker til dannelse af endorfiner i hjernen, som giver en behagelig og smertedæmpende effekt på samme måde som morfin. En anden forklaring er givet af den kendte smagsforsker Paul Rozin, som mener, at det er balancen mellem den brændende smerte og den efterfølgende lettelse, som opstår, når smerten ophører, der i hjernen udløser nydelse og belønning. ■