

# VIDENSKABEN BAG ØSTERS MED CHAMPAGNE



## Forfatterne



Charlotte Vinther Schmidt er cand.polyt. al., ph.d.-studerende og videnskabelig medarbejder ved Institut for Fødevidenskab på Københavns Universitet under Smag for Livet. charlotte.vinther@food.ku.dk



Karsten Olsen er ph.d. og lektor i fødevidenskab ved Institut for Fødevidenskab på Københavns Universitet. ko@food.ku.dk



Ole G. Mouritsen er dr. scient. og professor i gastrofysik og kulinarisk fødevarerinnovation ved Institut for Fødevidenskab på Københavns Universitet og leder af Smag for Livet. ole.mouritsen@food.ku.dk

**Man har altid sagt, at østers og champagne passer godt sammen. Men er det alene en subjektiv erfaring, eller ligger der en videnskabelig forklaring bag? Vi har nu undersøgt sagen i laboratoriet og har i en række champagner og forskellige danske østers fundet visse smagsstoffer, som indgår i en såkaldt umami-synergi.**

**V**i kender det allesammen, at der er kombinationer af mad og drikke, som vi synes særligt godt om, og andre som vi slet ikke synes passer sammen. En sommelier er en særligt uddannet tjener, der er god til at sætte drikkevarer til maden, især vin, men i stigende grad også saft og øl. Sommelierer bruger sanserne syn, lugt, smag og mundfølelse (konsistens) ved smagsbedømmelsen, og de er trænet i at være skarpe på især lugt (aroma, bouquet) og smag samt harmonien i bidragene hertil fra både mad og drikke. Denne harmoni er ofte baseret på normer, kulturelle traditioner og social kontekst. Det er velkendt, at sommelierer ikke er enige om smagssammensætninger, de bruger ikke en standardiseret terminologi, og det

regnes mere for en kunst end en videnskab at sætte vin til mad.

Der har gennem tiden været gjort mange forsøg på at opstille systemer, modeller og teorier for parring af mad og drikke, og en stor del af den opsamlede erfaring afspejler kulturelle og geografiske forhold, traditioner og indlejring af smagsbeskrivelsen i det fælles sprog som en form for kognitiv funktion. Eksempler er jordbær med fløde, jordnøddesmør med frugtgelé og ost med rødvin. Nyere tilgange er mere videnskabelige. En af disse er psykologisk baseret på oplevelsen af harmoni, kontraster og multisensorisk positivt eller negativt samspil mellem de forskellige sanseindtryk, som knyttes sammen i hjernen som en kompleks oplevet enhed. En anden og tilsyneladende mere natur-

videnskabelig tilgang, som kaldes "Food Pairing"-hypotesen, beskriver god parring som en konsekvens af overlap af visse aromamolekyler i mad og drikke.

## "Food Pairing"-hypotesens skibbrud

Hypotesen var en af grundpillerne i den molekylærgastronomiske bevægelse, der begejstrede både kokke og videnskabsfolk igennem en længere årrække, for eksempel kokken Heston Blumenthal og kemikeren Hervé This. Hypotesen er ikke baseret på nogen videnskabelig basis som sådan, men den satte gang i kokke, som fandt på nye og ofte aparte måder at parre mad og drikke (for eksempel kaviar med chokolade eller chokolade med blåskimmelost, som alle indeholder stoffet trimethylamin, eller laks



Foto: Colourbox

og lakrids, som begge indeholder 2-methylfuran-3-thiol). Hypotesen engagerede også videnskabsfolk, som fik travlt med at måle aromastoffer i forskellige fødevarer.

Hypotesen led brat skibsbrud, da en gruppe af dataforskere fra Cambridge University i 2011 publicerede et arbejde med resultater af en såkaldt netværksanalyse af 56.498 forskellige opskrifter på madretter fra hele verden. Ved at koble dataanalysen af opskrifternes ingredienser til en database med 1021 aromastoffer fandt forskerne det overraskende resultat, at hvor der i vestlige madkulturer er noget belæg for, at mange opskrifter indeholder ingredienser med overlap af aromamolekyler, så gør det modsatte sig gældende for østasiatiske madkulturer. Altså er god parring afhængig af kultur. Andre har senere fundet, at der for eksempel lokale kinesiske køkkener gælder, at det er mere geografisk nærhed end klimatisk ensartethed, som afgør, hvilke ingredienser der parres i opskrifterne. Det er blandt andet de moderne muligheder af at arbejde med "big data", som er grundlaget for denne slags gastronomiske studier (computational gastronomy).

### Umami-synergi

I modsætning til Food Pairing-hypotesen findes der en videnskabelig baseret teori for god smagsparring af fødevarer, hvis de indeholder nogle bestemte smagsstoffer, som giver anledning til umami-smag. Umami er den femte grundsmag sammen med de fire øvrige: sur, sød, salt og bitter. Vi kender bedst umami-smagen fra kød, svampe, marine fødevarer, solmodne tomater og fermenterede produkter som lagrede oste (for eksempel parmesanost), sojasauce, fiskesauce og lufttørrede skinker.

Umami-smagen fremkommer ved, at saltet (glutamat) af en fri aminosyre (glutaminsyre), binder til umami-receptoren, som findes i vores smagsløg på tungen og i mundhulen. Det er vigtigt, at aminosyren er fri og ikke bundet i proteiner,



En fisker høster østers i Limfjorden.  
Foto: Svend Bonde, Glyngøre Shellfish.

som ikke i sig selv har smag. Der er for eksempel masser af glutamat i fermenterede produkter, hvor proteinerne er blevet hydrolyseret af aktive enzymer og brudt ned i aminosyrer og peptider. Det helt særlige ved umami-smagen er, at den kan forstærkes meget kraftigt, hvis der samtidig på receptoren bindes en anden slags molekyler, såkaldt frie nukleotider, hvoraf der findes meget i animalske fødevarer. Denne mekanisme, som altså foregår på molekylært niveau, er forstået i stor detalje, og den kaldes umami-synergi.

Der findes en række forskellige nukleotider, som indgår i denne smagssynergi, specielt inosinat (IMP, som især findes i kød og fisk), guanylat (GMP, især i svampe) og adenylat (AMP, især i skaldyr og bløddyr, men også tomat). En tommelfingerregel for effekten mellem nukleotider og fri glutamat er, at  $1+1=8$ , forstået på den måde at lige dele fri glutamat og frie nukleotider giver en otte gange så stor effekt end hver af dem for sig. Med en vegetarisk eller vegansk plantebaseret kost kan man derfor opnå en ganske betydelig smagseffekt ved at tilsætte blot en lille smule tang, svampe eller solmodne tomater.

### Et videnskabeligt fundament for food-pairing

Med baggrund i denne umami-synergi kan man foreslå et videnskabeligt baseret princip for food pairing: Det drejer sig om at

parre fødevarer (mad eller drikke), som indeholder glutamat, med andre fødevarer, som indeholder frie nukleotider. Vi forstår og kender alle betydningen af umami-synergi, når vi spiser æg+bacon, ost+skinke, tomatsauce+kød og grønne ærter+svampe. Disse velkendte kombinationer bliver netop velsmagende, fordi de kombinerer glutamat med frie nukleotider, og det har ikke noget at gøre med madkultur, men er ren human fysiologi.

Det helt særlige ved umami-smagen og umami-synergi er, at det er evolutionært betinget, at vi alle eftertragter umami. Det skyldes, at umami er signal om proteinholdig føde, som giver evolutionære fordele for vores art. Food-pairing baseret på umami-synergi er derfor et universelt princip til forskel fra kulturelt, tillærte præferencer for visse smage.

Umami-synergi er det princip, som vi mener ligger bag, at champagne videnskabeligt set er en god ledsager til østers. Som vi skal se, kan champagnen levere glutamat, og østers bidrager med både glutamat og frie nukleotider. Herved opnås perfekt umami-synergi.

### Hvad særligt er der ved champagne?

Det særlige ved produktion af champagne eller andre mousserende vine fra regioner, som producerer vine efter den traditionelle *méthode Champenoise*, er, at

## Umami-receptoren og umami-synergi

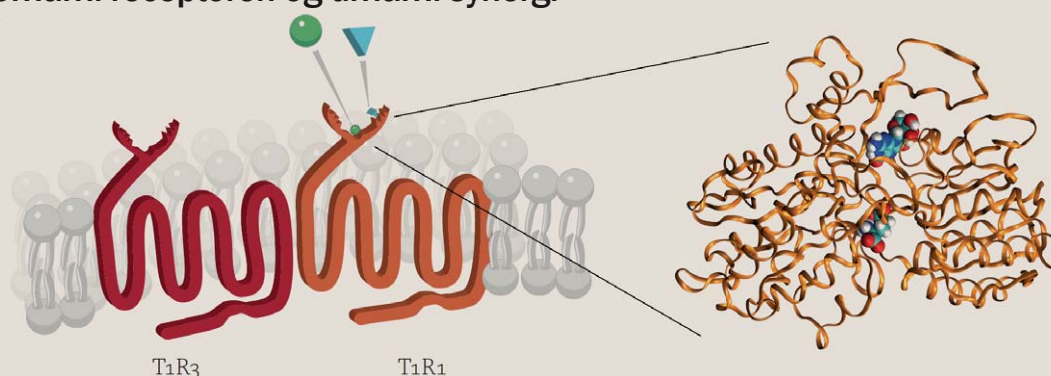


Illustration: Jonas Drothner Mouritsen og Himanshu Khandelia

Umami-receptoren (T1R1/T1R3) er et stort protein, der sidder indlejret i smagscellernes membraner (til venstre). Den del af receptorens ene del T1R1, som vender ud mod tungens overflade og dermed mundvandet, kan binde to forskellige slags molekyler, glutamat (vist skematisk med en grøn kugle), og et nukleotid (vist skematisk med en blå trekant). Denne del af recepto-

ren virker som "munddelene" på en kødædende plante og kaldes derfor også "Venus flytrap"-motivet. Til højre er dette motiv vist i en molekylær model, hvor det lange gule bånd er proteinets streng af aminosyrer. Der er to molekyler bundet til dette motiv, øverst et nukleotid og nederst glutamat. Umami-synergi opstår ved, at de to slags molekyler binder til receptoren samtidig.

processen omfatter en to-trins fermenteringsproces, og den anden fermentering foregår i flasken. Champagnen lagres derefter med bundfaldet af de døde gærceller, og vinen siges derfor at have lang gærkontakt. Når gærceller dør, nedbrydes gærcellernes proteiner af deres egne enzymer ved såkaldt autolyse. Derved produceres et arsenal af frie aminosyrer, herunder glutaminsyre. Man vil derfor forvente, at gamle og lagrede champagner med lang gærkontakt har potentiale til at give umami-smag. Det samme kunne man forvente for visse andre fermenterede drikke med lang gærkontakt, især risvin (sake).

Vi har nu undersøgt en lang række originale champagner fra forskellige

områder, ligesom vi til sammenligning også har analyseret mousserende vine, hvidvine, sake og forskellige typer af øl. Vores mission var at fastlægge drikkevarernes umami-potentiale ved at måle deres indhold af glutamat.

### To slags østers

Der er to arter af østers, den flade, europæiske østers (*Ostrea edulis* – *edulis* betyder spiselig), som er den slags østers, vores forfædre spiste i stenalderen for mere end 5000 år siden, og som vi nu kalder Limfjordsøsters. Den er temmelig sjælden. Den anden slags østers er den såkaldte Stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*), som oprindeligt kommer fra havene omkring Japan, men nu er udbredt næsten overalt på jorden,

også i Danmark, hvor den er ved at fortrænge den europæiske østers. Den vokser oven på banker af blåmuslinger og flade østers. Den betragtes derfor som en invasiv art.

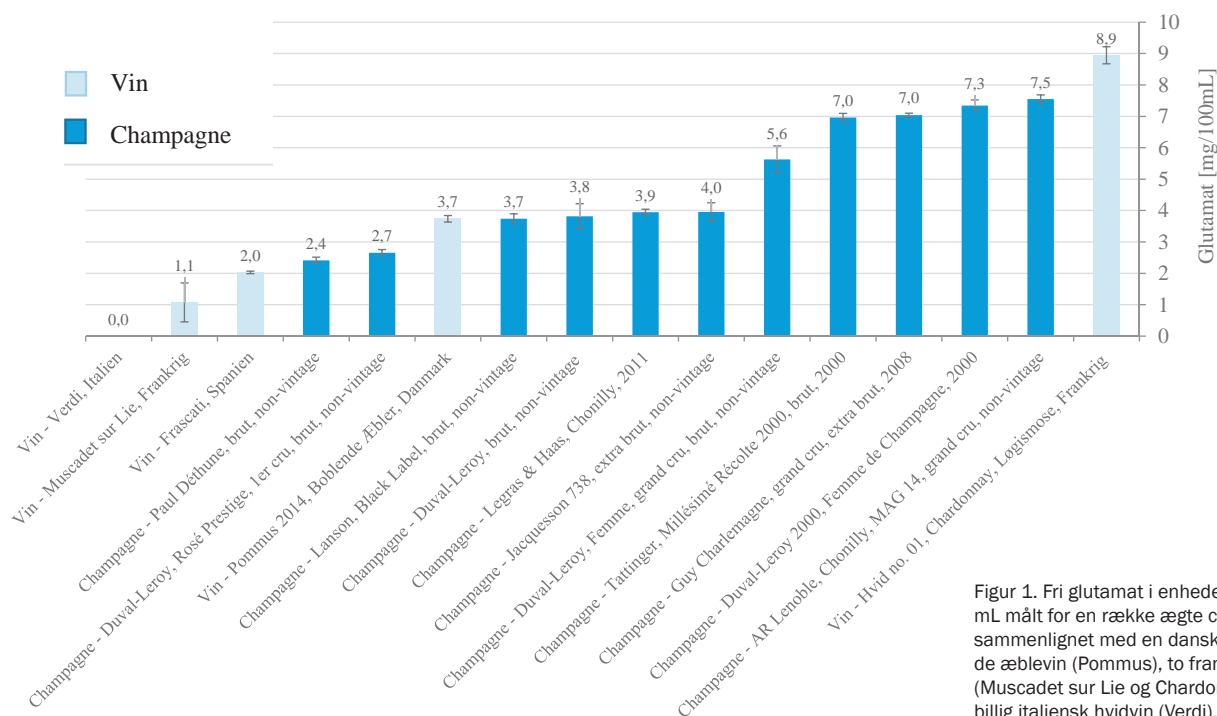
I Danmark findes der i dag kun større bestande af den europæiske østers i Limfjorden, som har verdens nordligste og største sammenhængende bestand af arten. De fleste andre steder i både Danmark og Europa er arten forsvundet eller gået kraftigt tilbage på grund af parasitter og konkurrencen fra Stillehavsøsters. Der er stor bekymring for, at Stillehavsøsters helt vil fortrænge den europæiske østers i Limfjorden.

Til vores undersøgelser tog vi kontakt til en fisker, Svend Bonde, som høster begge slags østers i Limfjorden. Det var vigtigt for undersøgelsen at få østers, som har levet i det samme vand og på præcis den samme lokalitet for at kunne sammenligne deres umami-potentiale. Østers er som andre muslinger filterdyr, der får næring af og opbygger deres væv og dermed smag fra stoffer i vandet, især de mikroalger, som de spiser. Man taler derfor om *merroir* for østers, altså at deres smagskarakter afhænger af det miljø, de lever i.



To slags østers: Den såkaldte Stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*), og den flade, europæiske østers (*Ostrea edulis*), som vi nu kalder Limfjordsøsters.

Foto: Svend Bonde, Glyngøre Shellfish.



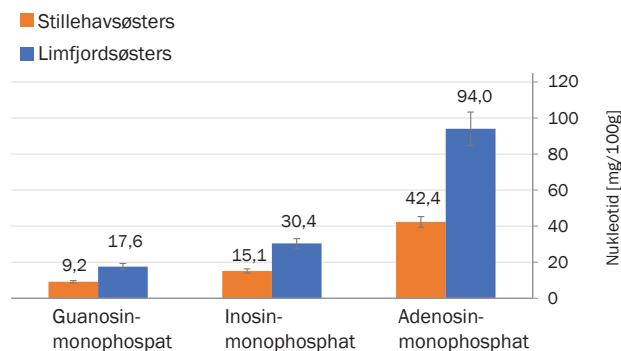
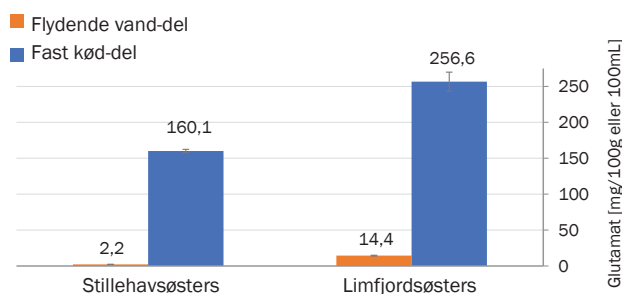
Figur 1. Fri glutamat i enheder af mg/100 mL målt for en række ægte champagner sammenlignet med en dansk mousserende æblevin (Pommus), to franske hvidvine (Muscadet sur Lie og Chardonnay) samt en billig italiensk hvidvin (Verdi).

Vi har nu for første gang lavet en sammenlignende analyse af danske østers af begge arter for at bestemme deres indhold af glutamat og frie nukleotider og dermed fastlægge deres potentiale for at indgå i umami-synergi med champagne.

### Umami-stoffer i champagne og østers

Mængden af frie aminosyrer, specielt glutamat i champagne (som ikke indeholder frie nukleotider) og mængden af frie aminosyrer og frie nukleotider i de to slags østers blev bestemt ved analytisk-kemiske teknikker.

Resultaterne for champagnerne viste, at der var en vis variation i indholdet af fri glutamat med det laveste indhold på 2,4 mg per 100 mL og det højeste på 7,5 mg per 100 mL (figur 1). Det er de ældre champagner og lagrede champagner med lang gærkontakt, som har det højeste indhold. Til sammenligning har en hvidvin som Muscadet sur Lie kun 1,1 mg glutamat per 100 mL, mens en fransk Chardonnay, Hvid no. 1, fra Løgismose, er topscorer med hele 8,9 mg glutamat per 100 mL. Denne vin har også haft lang gærkontakt. I en billig italiensk hvidvin (Verdi) er glutamatindholdet under det målelige.



Figur 2. Fri glutamat og frie nukleotider (IMP, AMP, GMP) i enheder af mg/100 mL målt for Limfjordsøsters og Stillehavsøsters, begge høstet på samme banke i Limfjorden.

Den prisbelønnede danske mousserende æblevin, Pommus fra Cold Hand Winery med 3,7 mg glutamat per 100 mL, klarer sig godt blandt de fine franske champagner.

Resultaterne for de to slags østers er, at de begge har et stort indhold af både fri glutamat og frie nukleotider (figur 2). Det er bemærkelsesværdigt, at Limfjordsøsters har 60% højere indhold af glutamat

og mindst 100% højere indhold af nukleotider end Stillehavsøsters, på trods af at begge slags østers har levet i præcis det samme miljø og spist de samme mikroalger.

### Umami-synergi mellem champagne og østers

For at bedømme betydningen af tallene i blokdiagrammerne må vi inddrage de såkaldte tærskelværdier for smag, altså den koncentration

## Det tekniske: sådan gjorde vi

De undersøgte prøver bestod af champagne, som er en væske, og en præparation af østers (vi har undersøgt både den faste kød-del og vandet i østers hver for sig) udført ved at frysetørre den faste kød-del, som derefter findeles og oplægges i vand i kendte forhold.

For at identificere og mængdebestemme stofferne i prøverne brugte vi væskechromatografiske metoder kombineret med spektrofotometrisk analyse. Stofferne adskilles ved at presse væsker med højt tryk gennem et tyndt rør fyldt med hydrofobe partikler (en såkaldt chromatografisk søjle). De forskellige stoffer binder forskelligt til partiklerne i søjlen og vil komme ud af søjlen med væskestrømmen på forskellige tidspunkter. Ud fra en målt standardkurve med en kendt koncentration af de kemiske komponenter, som ønskes detekteret, udregnes de ukendte koncentrationer af prøverne ved hjælp af lineær regression.

### Yderligere læsning

Umami synergy as the scientific principle behind taste-pairing champagne and oysters (C. Vinther Schmidt, K. Olsen, and O. G. Mouritsen) Nature Sci. Rep. 10:20070 (2020).

Velsmag - sådan virker det (H. Khandelia and O. G. Mouritsen) *Aktuel Naturvidenskab* 4, 6-9 (2012).

Flavour network and the principles of food pairing (Y. Y. Ahn, S. E. Ahnert, J. P. Bagrow, and A. L. Barabásib) Nature Sci. Rep. 1, 196 (2011).

Data-driven methods for the study of food perception, consumption, and culture (O. G. Mouritsen, R. Edwards-Stuart, Y-Y. Ahn, and S. E. Ahnert) *Frontiers ITC* 4:15 (2017).

Food and beverage flavour pairing: A critical review of the literature (C. Spence). *Food Res. Intl.* 133, 109124 (2020).

af et stof, der skal til, for at vi kan smage det. Disse tærskler er ofte meget individuelle, men sættes for glutamat typisk til 29-30 mg/100 mL. Det betyder, at ingen af de undersøgte champagner ligger over smagstærsklen, hvorimod begge østers ligger langt over. Men det er her umami-synergi kommer ind.

Der findes en eksperimentelt bestemt formel for synergien mellem glutamat og nukleotider udtrykt ved en såkaldt effektiv umami-koncentration (EUC) forstået som den koncentration af fri glutamat, der giver den samme umami-intensitet som kombinationen af de aktuelle mængder af glutamat og nukleotider i en given prøve. Denne formel, som er ikke-lineær, viser, at bare meget små mængder af nukleotider kan bringe den effektive umami-koncentration langt over smagstærsklen. Det er den samme effekt, som vi bruger til med en ganske lille smule ansjospasta at løfte smagen

af en dressing eller en sauce.

Østers har i sig selv kraftig umami-synergi, og man kunne hævde, at champagne med sit ret lave indhold af glutamat ikke tilføjer meget hertil. Men det er her, at madkulturen kommer ind. Typisk vil man ved indtagelse af østers og champagne først spise en østers, som giver rigtig god umami og umami-synergi, og efter at den er tygget og sunket, vil mundvandet fortynde mængden af glutamat og nukleotider efterladt af østersen på vej gennem mundhulen. Herefter tages en tår champagne, som nu med sit indhold af glutamat vil indgå i synergi med mundvands indhold af glutamat og nukleotider og dermed opleves som en oplussen af umami-smagen (Figur 3). På den måde opleves champagne som en god ledsager til østers. Vi kan ved detaljerede beregninger på baggrund af ovennævnte formel vise, at dette er tilfældet. Vi kan dermed også sige,

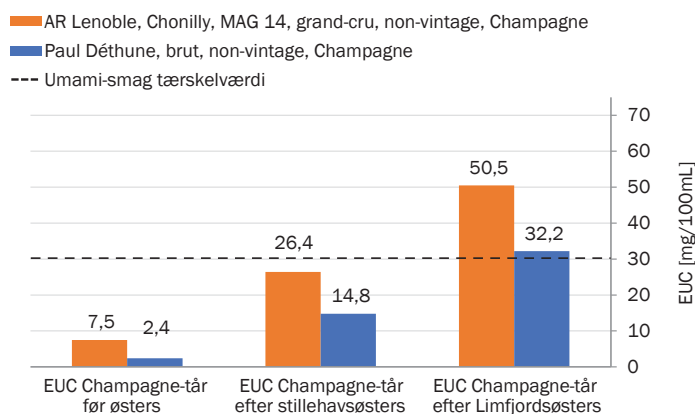
at videnskaben har givet en rationel forklaring på, hvorfor man sædvanligvis spiser østers med champagne og ikke omvendt.

### Det er ikke hele historien

Der findes andre typer af drikkevarer med højt glutamatindhold, især sake, men også visse typer øl og hvidvine, som er lagret med gæren. Disse drikke vil derfor også med fordel kunne parres med østers, men da de ikke er så rene i smagen som champagne (med undtagelse af sake), kan der være andre indtryk end umami-synergi, som bliver afgørende for, om de passer til østers eller ej.

Vores undersøgelse af umami-synergi som en videnskabelig basis for at forstå, at champagne og østers kan opfattes som et godt makkerpar er baseret alene på kvantitativt målbare egenskaber ved råvarerne og ikke sensoriske studier af personers smagsoplevelse. En smager kan meget vel vurdere den oplevede umami-smag som anderledes, end hvad den kemiske analyse måtte forudsige, særligt i henhold til umami-smagstærskelværdien, som kan variere fra person til person. Desuden indgår der mange andre sensoriske indtryk ved smagsbedømmelsen af champagne beskrevet ved for eksempel mineralitet, saltsmag og den sure og prikkende mund- og næsefølelse af kuldioxidbobler, der brister. Tilsvarende for østers indgår der effekter af konsistens, kødfuldhed, fedme samt krydrede og nøddeagtige aromastoffer. Forskning har også vist, at en lang række andre smags- og aromastoffer påvirker en smagers subjektive oplevelse af umami-smagen. Men i modsætning til umami-synergi udspiller disse effekter sig ikke på basis af nogen kendt receptorfunktion.

Endelig må vi ikke glemme, at en vigtig del af smagsoplevelsen er tradition og sociale omstændigheder, og at man ikke nemt kan frigøre sig fra, at champagne og østers hører til og forbindes med særlige festlige og måske ekstravagante lejligheder. ■



Figur 3. Effektiv umami-koncentration (EUC) af champagne før og efter indtag af østers. Her ses effekten af valg af champagne (lavt vs. højt indhold af fri glutamat) samt valg af østers (Stillehavsøsters vs. Limfjordsøsters).