

Umami-potentiale af fermenterede drikkevarer

Fermenterede drikkevarer som vin, champagne, øl og sake indeholder frie aminosyrer, som især fremkommer ved autolyse af den anvendte gær. Salte af glutaminsyre, glutamater, har potentiale til at give umami-smag, og drikkevarer med meget glutamat kan forstærke umami-smagen af for eksempel skaldyr.

Af Charlotte Vinther Schmidt, Karsten Olsen og Ole G. Mouritsen, Institut for Fødevarevidenskab, Smag for Livet, Københavns Universitet

Vi drikker mange forskellige drikkevarer, ikke alene for at slukke vores tørst, men også for at nyde smage og aromaer og for at komplementere eller matche smagsindtrykkene fra maden. Brugen af bestemte drikkevarer er meget afhængig af madkultur og tradition, herunder om man accepterer alkoholholdige drikke. Desuden er parring af drikkevarer og mad ofte baseret på kultur snarere end kemi [1], og de forskellige systemer, som anvendes af for eksempel sommelier, er ikke baseret på videnskabelige principper eller en standardiseret terminologi og skal nok betragtes mere som en kunst end en videnskab [2].

Drikkevarer, der er fremkommet ved fermenteringsprocesser under indvirkning af svampe, gær og bakterier, indeholder en bred vifte af komplekse smage og aromaer. Fermentering fører også ofte til dannelse af alkohol og et arsenal af organiske syrer. I nogle tilfælde, for eksempel mousserende vine som champagne, er den ved fermenteringen udviklede kuldioxid søgt bevaret i drikken, som derved er blevet karboneret og har fået en speciel mundfølelse. I nogle tilfælde indgår der dobbeltfermentering, som for eksempel ved brygning af sake og champagne, og nogle fermenteringssystemer har indbygget to slags mikroorganismer, for eksempel en såkaldt SCOBY (sybiotisk kultur af bakterier og gær) i kombucha-produktion.

Det samlede smagsindtryk af en drikkevare omfatter både aroma, smag og tekstur, og det er i høj grad aromaen, dvs. effekten af de flygtige aromastoffer, som karakteriserer smagsoplevelsen

af drikkevarer [3]. Af grundsmagene sur, sød, salt, bitter og umami er det overvejende sur (tør), sød, salt (mineralsk) og i en vis udstrækning bitter, der bliver brugt til at karakterisere de fleste drikkevarer. En sjælden gang bruges umami, men da oftest i uspecifik sammenhæng med "velsmag", fylde (body) og lang eftersmag. Umami er imidlertid en veldefineret grundsmag, som skyldes binding af fri glutamat til umami-receptorer i tungens smagsløg [4]. Umami-smagen kan forstærkes synergistisk, hvis der samtidig er visse frie 5'-ribonukleotider tilstede [5]. De fleste drikkevarer indeholder imidlertid sjældent frie nukleotider, men da mange fødevarer, for eksempel fisk, skaldyr og kød, gør, kan synergien opstå ved kombination med mad.

For at fastlægge umami-potentialet af forskellige fermenterede drikkevarer, specielt vin, champagne, sake og øl, har

vi målt indholdet af frie aminosyrer i en lang række fermenterede drikkevarer med analytisk-kemiske metoder [6,7]. Desuden har vi studeret disse drikkevarers potentiale for at matche godt til skaldyr som østers ved at etablere en effektiv synergi i umami-smagen [6].

Umami i fermenterede drikkevarer

Drikkevarer, der fremstilles af ekstrakter af frugter og cerealer, har potentiale til at udvikle umami-smag ved fermentering med gær og bakterier, som hydrolyserer proteinerne i ekstrakterne til blandt andet frie aminosyrer og glutamat. Imidlertid kan mikroorganismerne også bruge de udviklede aminosyrer som substrat, hvilket betyder, at slutbrygget ikke nødvendigvis indeholder meget glutamat. På den anden side er der mulighed for, at mikroorganismernes egne enzymer udfører autolyse af deres proteiner, efter fermenteringen er ophørt, hvilket kan være en kilde til frigørelse af glutamat. Det bliver herved varigheden af bryggets kontakt med de døde mikroorganismer, for eksempel gær, der bliver af betydning for den endelige umami-smag.

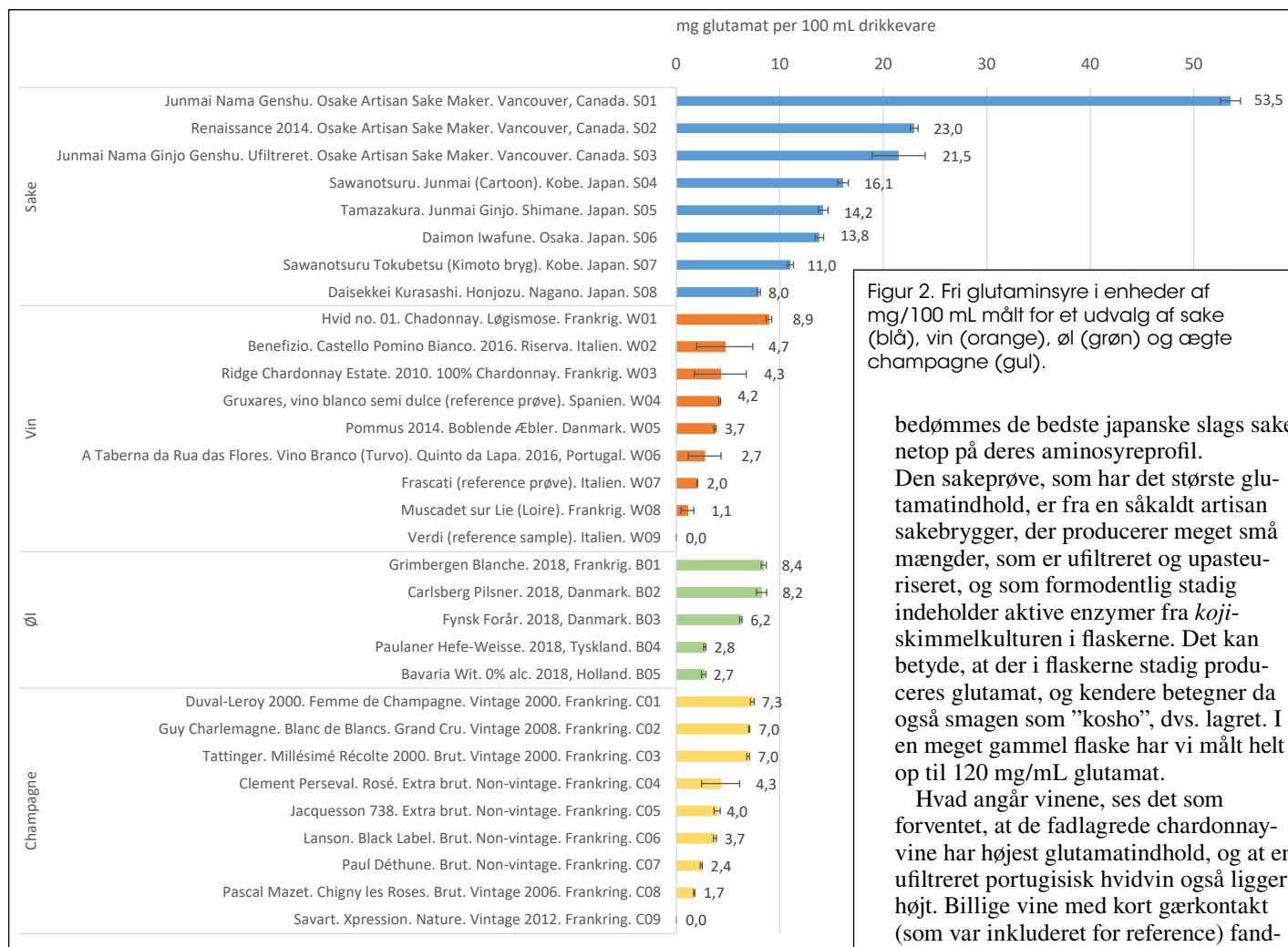
Det er sidstnævnte forhold, som gør, at visse dobbeltfermenterede drikkevarer som champagne og sake samt vine, der har ligget længe på bærmen, har potentiale for at udvikle betydelig umami. Det gælder champagner og andre mousserende vine, som er fremstillet ved *méthode Traditionelle*, der indebærer en sekundær gæring i flasken. Sake fremstilles også ved en *totrins-proces*, først fermentering med en *koji-skimmelkultur* (*Aspergillus oryzae*), hvorefter der tilsættes gær. Man kunne også formode, at ufiltrerede vine og øltyper, som ikke er pasteuriseret, kunne udvikle glutamat fra gær- og proteinrester.

Kun få ikke-fermenterede drikkevarer



Figur 1. Lagring af ægte champagne giver højt umami-potentiale.

Foto: René Langdahl Jørgensen.



Figur 2. Fri glutaminsyre i enheder af mg/100 mL målt for et udvalg af sake (blå), vin (orange), øl (grøn) og ægte champagne (gul).

bedømmes de bedste japanske slags sake netop på deres aminosyreprofil. Den sakeprøve, som har det største glutamatindhold, er fra en såkaldt artisan sakebrygger, der producerer meget små mængder, som er ufiltreret og upasteuriseret, og som formodentlig stadig indeholder aktive enzymer fra *koji*-skimmelkulturen i flaskerne. Det kan betyde, at der i flaskerne stadig produceres glutamat, og kendere betegner da også smagen som "kosho", dvs. lagret. I en meget gammel flaske har vi målt helt op til 120 mg/mL glutamat.

Hvad angår vinene, ses det som forventet, at de fadlagrede chardonnay-vine har højest glutamatindhold, og at en ufiltreret portugisisk hvidvin også ligger højt. Billige vine med kort gærkontakt (som var inkluderet for reference) fandtes som forventet kun at indeholde meget lidt glutamat.

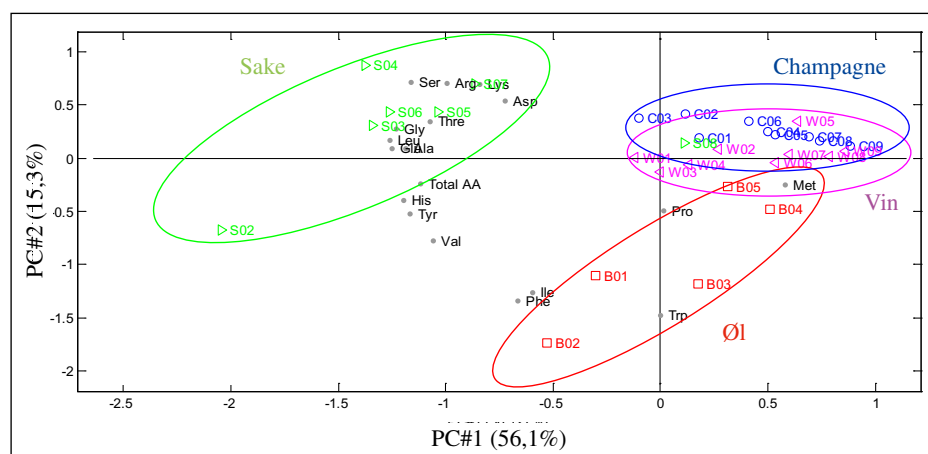
Bortset fra en standard Carlsberg Pilsner var de fleste af de analyserede øltyper ufiltrerede, og en enkelt var en tysk hefeweizen (hvedeøl med gær). Man ville forvente, at de ufiltrerede øltyper indeholdt mest glutamat, og det gælder da også for Grimbergen Blanche og Fynsk Forår, men bemærkelsesværdigt nok ikke for hefeweizen.

har tilstrækkeligt glutamat til at give umami-smag, når de indtages alene. Et særligt tilfælde er grøn te og den japanske tangte (*konbu-cha*), der laves som et vandigt ekstrakt af en brunalge (*Saccharina japonica*), som indeholder meget store mængder af fri glutamat [8].

Glutamatindhold i vin, champagne, øl og sake

Vi har med analytisk-kemiske metoder bestemt indholdsprofilen af frie aminosyrer i et bredt udvalg af fermenterede drikkevarer, med fokus på glutaminsyre (glutamat) [6,7]. Det drejer sig om ni ægte franske champagner, ni vine (hvid, rosé, mousserende), otte slags sake og fem slags øl. Efter ekstraktion af aminosyrer er de blevet identificeret og mængdebestemt ved hjælp af ultra-high performance liquid chromatography (UHPLC) og spektrofotometrisk fluorescensdetektion. Alle data har været underkastet statistisk dataanalyse med henblik på at afklare signifikansen af forskelle målt for de forskellige prøver, ligesom vi har undersøgt korrelationer mellem de forskellige drikkevarer og deres karakteristiske aminosyreprofil.

I figur 2 er vist et udvalg af vores data, som viser spændvidden i indholdet af fri glutamat. Det ses, at de drikkevarer med lang fermenteringstid og lang gærkontakt gennemgående indeholder mest glutamat. Det er især tilfældet for nogle af sakeprøverne og de gamle, lagrede champagner. I alle tilfælde har de undersøgte prøver af sake langt det højeste indhold af fri glutamat. Interessant nok



Figur 3. Korrelationsanalyse der viser, at de forskellige typer af drikkevarer, sake, vin, champagne og øl, har tendens til at samle sig i grupper, der er bestemt af deres aminosyreprofil.

En cluster-korrelationsanalyse, figur 3, side 17, viser, at de fire forskellige drikketyper har hver deres særtræk vedrørende aminosyreprofilen [7]. Der er dog et betydeligt overlap mellem vin og champagne. Den største variation mellem de forskellige drikkevarer af samme type fandtes for sakeprøverne, hvorimod variationen mellem de forskellige typer af øl er lidt mindre. Variationen inden for vine og champagner er væsentligt mindre, som muligvis for champagnes vedkommende skyldes de begrænsninger, der er lagt på produktionsprocessen.

I figur 4 er vist fordelingen af aminosyrer med forskellig grundsmag i et udvalg af sake, vin, champagne og øl, og hvor resultaterne for hver gruppe er midlet sammen for at afklare, om der er en overordnet karakteristisk af aminosyresammensætningen for de forskellige typer. Figuren viser, at sake og champagne har en højere andel af umami-smagsgivende frie aminosyrer end de andre typer af drikkevarer. Bittere aminosyrer dominerer øl og sake, og søde aminosyrer er mere fremtrædende i de undersøgte vine og i champagne.

Umami-smag af vin, champagne, øl og sake

Arbejdet beskrevet i denne artikel er af ren analytisk-kemisk karakter, og vi har ikke foretaget sensoriske studier af smageres oplevelse af de forskellige drikkevarer. Vi kan derfor ikke udtale os om en smagers perception af smagen, specielt umami, men alene om de forskellige drikkevarers umami-potentiale, som det er bestemt af indholdet af fri glutamat.

For at kunne vurdere umami-potentialet må det tages i betragtning, at smagstærsklen for fri glutamat er ca. 30 mg/100 mL, og at denne tærskel kan være individuel og stærkt afhængig af mundvandets sammensætning samt drikkevarens og fødevarens konsistens. Givet denne tærskel kan vi udlede fra data i figur 2, side 17, at bortset fra nogle få slags sake ligger alle de andre drikkevarers glutamatindhold under smagstærsklen. Det er også tilfældet, selv om vi medtager effekten af fri aspartat, hvis umami-potentiale er mindre end 8 procent af fri glutamat [9].

Der er selvfølgelig andre komponenter af de forskellige drikkevarer, som bidrager til den faktiske smagsprofil, og stoffer som di-natrium-succinat og tripeptidet glutathion kan medvirke til at hæve en smagers oplevelse af umami-smagen [6].

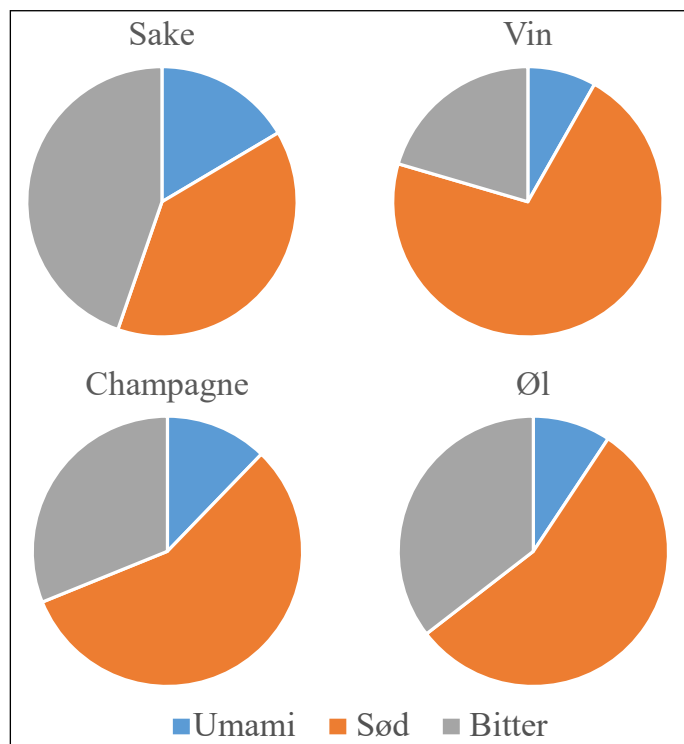
Konklusionen er derfor, at der ikke er meget at hente i form af direkte glutamat-induceret umami-smag i de undersøgte drikkevarer. Men for at vurdere drikkevarernes virkelige umami-potentiale skal de ses i sammenhæng med parring med madvarer, som evt. medbringer de 5'-ribonukleotider, der kan indgå i synergi med glutamat i bindingen til umami-receptoren gennem en allosterisk mekanisme [5].

Smags-parring via umami-synergi: champagne og østers

Klassiske empiriske studier har vist, at synergien mellem fødevarekomponenter (i), som bidrager med fri glutamatkoncentration u_i og fri nukleotidkoncentration $v_{i,N}$ for nukleotidet N kan udtrykkes ved formlen:

$$EUC = \sum_i u_i + (\sum_i u_i) \times \sum_i \sum_N \gamma(N) v_{i,N} \quad (1)$$

hvor summen $\sum_N$ løber over alle de forskellige slags nukleotider, der er til stede. $\gamma(N)$ er et sæt af empirisk fastlagte konstanter, der karakteriserer styrken af synergien for de givne nukleotider. EUC kaldes den effektive umami-koncentration og kan fortolkes som den ækvivalente koncentration af ren glutamat, der skal til for at give den samme umami-intensitet som den givne blanding af glutamat og nukleotider, for eksempel natrium-adenosin 5'-monophosphat (AMP), natrium-guanosin 5'-monophosphat (GMP), natrium-inosin 5'-monophosphat



Figur 4. Diagrammer som viser fordelingen af aminosyrer med forskellig grundsmag i sake, vin (hvid, rosé, mousserende), champagne og øl.

(IMP) og natrium-xanthosin 5'-monophosphat (XMP). Styrkekonstanterne er bestemt eksperimentelt til $\gamma(AMP) = 0.22$, $\gamma(GMP) = 2.8$, $\gamma(IMP) = 1.2$ og $\gamma(XMP) = 0.74$ [10], og deres anførte værdier forudsætter, at alle koncentrationer i ligning (1) udtrykkes i enheder af mg/100 mL.

På grund af den ikke-lineære karakter af ligning (1) kan selv meget små mængder af frie nukleotider løfte den effektive umami-koncentration (EUC) af de studerede drikkevarer, for hvilke glutamatkoncentration ligger under smagstærsklen, til at komme over grænsen og dermed udløse umami-smag. Ligningen gør det muligt at beregne, hvordan kombinationer af drikkevarer og andre fødevarer, for eksempel skaldyr, giver optimal umami-potentiale. Beregningerne kompliceres af, at man skal kende eller estimere blandingsforhold mellem de opløste smagsstoffer i mundvandet fra henholdsvis drikkevaren og fødevaren. Bemærk, at alle umami-smagsstoffer er vandopløselige.

Som et specifikt eksempel vil vi fremhæve kombinationen af østers med champagne, som er et ikonisk eksempel på en parring af en drikkevare og en fødevare. Her kan vi beregne, at en tår champagne med et vist glutamatindhold under smagstærsklen, via umami-synergi med de mængder af fri glutamat og frie nukleotider, som en østers har efterladt i mundvandet efter at være spist, kan danne grundlag for umami-synergi og give den velkendte fornemmelse af, at det passer godt at drikke champagne efter at have spist østers. At det omvendte ikke er tilfældet, skyldes, at en østers i sig selv har glutamat og nukleotider nok til at give sin egen og meget voldsomme umami-synergi, men som klinger af efter, at den er sunket [6].

Der er selvfølgelig mange andre forhold, man kunne fremhæve med hensyn til, hvor godt champagne og østers parrer, og bedømmelsen heraf vil være individuel og afhængig af meget andet end umami-smagsstoffer. For eksempel vil tekstur, saltindhold og noter af jod og brom i østers spille en rolle, ligesom karbonering, mineralitet og syre af champagnen spiller ind. Der er ingen videnskabelige teorier eller kendte mekanismer til at analysere dette komplekse samspil.

Det er helt anderledes, når det kommer til smagsparring baseret på umami-synergi, fordi det er et princip, som er baseret på videnskab og en velbeskrevet molekylær, allosterisk mekanisme i en kendt receptor. Om denne effekt opfattes som den dominerende, eller om den bliver overskygget af andre effekter som beskrevet ovenfor, må vi lade den enkelte smager og sommeliererne diskutere. Dog skal det bemærkes, at umami er kendt for at have en indvirkning på andre stoffer, der bidrager til det samlede smagsindtryk.

Eksempler herpå er øgning af sød og salt smag [11], mindske-ning af bitter smag [12] og intensivering af aroma perception [13,14]. Endelig er der interaktion med såkaldt *koku*-givende stoffer, som bidrager til *kokumi* beskrevet ved fylde, mundfø-else og kontinuitet [15]. Dette peger derfor på, at parring af fødevarer og drikkevarer for at opnå en kraftig umami-smag, hvad end den er basal eller synergistisk, kan omfatte andre komponenter end de stoffer, som i sig selv giver umami-smag.

E-mail:

Ole G. Mouritsen: ole.mouritsen@food.ku.dk

Referencer

1. Y.Y. Ahn, S.E. Ahnert, J.P. Bagrow, and A.L. Barabási. Flavor network and the principles of food pairing. *Nature Sci. Rep.* **1**, 196 (2011).
2. A. Eschevins, A. Giboreau, P. Julien, and C. Dacremont. From expert knowledge and sensory science to a general model of food and beverage pairing with wine and beer. *Int. J. Gastronomy Food Sci.* **17**, 100144 (2019).
3. G. Shepherd. *Neuroenology*. Columbia University Press, New York (2016).
4. O.G. Mouritsen and K. Styrbæk. *Umami. Gourmet-aben og den femte smag*. Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck, København (2011).
5. O.G. Mouritsen and H. Khandelia. Molecular mechanism of the allosteric enhancement of the umami taste sensation. *FEBS J.* **279**, 3112-3120 (2012).
6. C.V. Schmidt, K. Olsen, and O.G. Mouritsen. Umami synergy as the scientific principle behind taste-pairing champagne and oysters. *Nature Sci. Rep.* **10**, 20077 (2020).
7. C.V. Schmidt, K. Olsen, and O.G. Mouritsen. Umami potential of fermented beverages: sake, wine, champagne, and beer. *Food Chem.* <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128971>.
8. O.G. Mouritsen, L. Duelund, M.A. Petersen, A.L. Hartmann, and M.B. Frøst. Umami taste, free amino acid composition, and volatile compounds of brown seaweeds. *J. Appl. Phycol.* **31**, 1213-1232 (2019).
9. S. Yamaguchi and A. Kimizuka. Psychometric studies on the taste of monosodium glutamate. In L. J. Filer, S. Garattini, M.R. Kare, W.A. Reynolds, & R.J. Wurtman, eds.) *Glutamic Acid: Advances in Biochemistry and Physiology* (pp. 35-54). New York, Raven Press (1979).
10. J. A. Maga. Flavor potentiators. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **18**, 231-312 (1983).
11. S. Fuke and Y. Ueda. Interactions between umami and other flavor characteristics. *Trends Food Sci. Technol.* **7**, 407-411 (1996).
12. D. Ming, Y. Ninomiya, and R.F. Margolskee. Blocking taste receptor activation of gustducin inhibits gustatory responses to bitter compounds. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **96**, 9903-9908 (1999).
13. C. McCabe and E.T. Rolls. Umami: a delicious flavor formed by convergence of taste and olfactory pathways in the human brain. *Eur. J. Neurosci.* **25**, 1855-1864 (2007).
14. J. Niimi, A.I. Eddy, A.R. Overington, S.P. Heenan, P. Silcock, P.J. Bremer, and C.M. Delahunty. Aroma-taste interactions between a model cheese aroma and five basic tastes in solution. *Food Qual. Pref.* **31**, 1-9 (2014).
15. Y. Ueda, M. Yonemitsu, T. Tsubuku, M. Sakaguchi, and R. Miyajima. Flavor characteristics of glutathione in raw and cooked foodstuffs. *Biosci. Biotechn. Biochem.* **61**, 1977-1980 (1997).

LABORATORIEVÆGTE

– EUROPÆISKPRODUCERET VEJUDSTYR I TOPKLASSE

BISCO

WEIGHING SOLUTIONS

- Perfekte til R&D-laboratorier inden for den kemiske, farmaceutiske og kosmetiske industri
- Hurtig og præcis vejning
- Læsbareheder op til 7 decimaler
- Nemt at overføre vejeresultater til PC



RADWAG®

BISCO VÆGTE A/S | AVEDØREHOLMEN 84 | 2650 HVIDOVRE
TLF. +45 4495 1996 | SALE@BISCO.DK | WWW.BISCO.DK