

Retro-nasal aroma release and satiation

Citation for published version (APA):

Ruijschop, R. M. (2009). *Retro-nasal aroma release and satiation*. Maastricht University.

Document status and date:

Published: 01/01/2009

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

The background features a faint, artistic illustration of a person's profile in shades of gray. The person is holding a fork with a piece of food, possibly a slice of pizza or a sandwich, near their mouth. The overall aesthetic is clean and modern.

Summary

In view of the epidemic of obesity, one of the requirements is to develop good tasting food products that may induce an increased level of satiation, preventing consumers from overeating. This thesis focuses on the possibilities of using aroma as a trigger for inducing or increasing satiation. Retro-nasal aroma stimulation is hypothesised to induce sensory satiation and thereby provoke meal termination. Using a novel approach of mass spectrometry (atmospheric pressure chemical ionisation-mass spectrometry, APcI-MS) in combination with olfactometry, the relative importance of different aroma concepts for satiation was studied, from both a person and food product point of view.

First, the question was addressed whether subjects can be segmented based on their extent of retro-nasal aroma release, using real-time APcI-MS, and whether this depends on the type of food product they consume. Retro-nasal aroma release intensity and profile morphology appear to be subject specific, and relatively independent of the type of food product that subjects consumed. This implies that the extent of retro-nasal aroma release is a physiological feature that characterises any individual. Absolute differences between food products in the duration of retro-nasal aroma release appear when comparing (semi-)liquid (i.e. short and spiked aroma release) and solid (i.e. immediate and prolonged aroma release) food products, because of differences in oral processing.

The demonstrated subject and product differences with respect to the extent of retro-nasal aroma release may be one of the reasons that people vary in their satiation characteristics and may have implications for the regulation of food intake.

Obviously, the level of aroma stimulation depends on the duration of release of the aromas and thereby differs for different food structures and compositions. In an olfactometer-aided experimental design in order to deliver aroma stimuli separately from taste and mouth feel, it was studied whether a beverage becomes more satiating when the retro-nasal aroma release profile coincides with the profile of a (soft) solid food. Results show that a beverage with an aroma release profile similar to a (soft) solid food is able to increase the subject's feeling of satiation significantly. Altering the duration of retro-nasal aroma release appears to have the potential to increase perceived satiation.

For ingredient-related aroma cues, it was studied whether specific aroma stimuli, which subjects do not consciously recognise, are able to cue for satiation. Three sensory cueing stimuli were tested, which are conceived to be related to fat content (i.e. lactones), carbohydrate content (i.e. maltol), and to the breakdown of protein content (i.e. 'animalic'). Custard products with addition of maltol or 'animalic' were able to increase subjects' feeling of fullness significantly. From this study, it can, however, not be concluded whether this is due to incongruence between the actual flavour and the flavour expectation attributable to the consumed food product or to perceiving the aroma stimuli cueing for the energy content of specific macronutrients.

In addition, the acute effect of complexity in aroma composition on satiation and food intake was investigated in either an olfactometer-aided or an *ad libitum* eating experimental design. Both experimental settings demonstrate that a multi-component strawberry aroma, which is perceived as being more complex, yet of similar aroma quality, intensity and pleasantness compared to a single-component strawberry aroma, is able to enhance satiation. In addition, the results of this study show that the methodology of the olfactometer-aided aroma stimulation proves to be representative of a real-life setting with regard to aroma exposure and satiation.

Satiation-enhancing effects regarding aroma-texture congruency were tested with creamy custard, either vanilla- (i.e. congruent with creamy texture) or lemon- (i.e. incongruent with creamy texture) aromatised, served in a preload-*ad libitum* experimental setting. The results show that subjects feel significantly more satiated when preload and *ad libitum* intakes share the identical aroma compared to varied aromas. This may point to a 'seeking for variety' principle. No satiation-enhancing effects of congruency were observed.

In addition, the effect of bite size and duration of oral processing on the extent of retro-nasal aroma release was investigated. Subjects consumed dark chocolate-flavoured custard, while they were exposed to both free or fixed bite size (5 g and 15 g) and duration of oral processing before swallowing (3 s and 9 s) in a cross-over design. As expected, small bite sizes contribute significantly to a higher cumulative extent of retro-nasal aroma release per gram, while a longer duration of oral processing tends to result in more retro-nasal aroma release during consumption of a fixed amount of dark chocolate-flavoured custard. However, the effect of oral processing time may be significant with a more solid food product.

In conclusion, the extent of retro-nasal aroma release appears to be a physiological feature that characterises any individual. Although the extent of retro-nasal aroma release appears to be subject specific, food product properties can be tailored in such a way that these can lead to a higher quality and/or quantity of retro-nasal aroma stimulation. This in turn provokes enhanced feelings of satiation and ultimately may contribute to a decrease in food intake.

The current state-of-the-art in this field of research is still preliminary. The explorative research, as described in this thesis, shows that the efficacy of the different aroma concepts for inducing satiation may be relatively small. Besides, no impact on *ad libitum* amount consumed is observed. The efficacy of the aroma concepts may be enhanced by the inclusion of other sensory modalities, such as taste, texture and mouth feel. Further research is recommended.

Among the proof-of-principle studies that were performed, the prolongation of the duration of retro-nasal aroma release, the addition of specific ingredient-related aroma cues, the engineering of more complex aroma compositions and the adaptation of bite size or duration of oral processing may prove to be valuable aroma concepts for

| Summary

the development of foods containing triggers that induce or increase the feeling of satiation. The next challenge is to implement these concepts into real food products.



Samenvatting

Ten behoeve van preventie of behandeling van obesitas dienen voedingsmiddelen ontwikkeld te worden die smakelijk zijn, maar waarvan minder gegeten zou kunnen worden doordat deze een langer of sterker verzadigend gevoel opwekken. In deze context beschrijft dit proefschrift onderzoek naar de rol van aroma bij verzadigingsmechanismen. Retro-nasale waarneming van het aroma van een voedingsmiddel wordt bepaald in relatie tot sensorische verzadiging en zou aldus kunnen bijdragen aan een eerdere maaltijdbeëindiging. Door gebruik te maken van een nieuwe benadering, namelijk massaspectrometrie (atmosferische druk chemische ionisatie-massaspectrometrie, AP-MS) in combinatie met olfactometer-techniek, werd het relatieve belang van aroma bij verzadigingsmechanismen onderzocht. Hierbij werd individuele variatie in persoonskenmerken zowel als variatie in voedingsmiddelen betrokken.

Ten eerste is onderzocht of mensen gekenmerkt kunnen worden op basis van hun retro-nasale aroma-afgifte, gebruikmakend van AP-MS. Tevens is onderzocht of dit afhankelijk is van het geconsumeerde type voedingsmiddel. De intensiteit van de retro-nasale aroma-afgifte en de morfologie van het retro-nasale aroma-afgifteprofiel blijken persoonsspecifiek te zijn, en relatief onafhankelijk van het type voedingsmiddel dat geconsumeerd wordt. Dit betekent dat de hoeveelheid aroma die vrijkomt tijdens consumptie een fysiologisch kenmerk is dat elke persoon karakteriseert. Absolute verschillen tussen voedingsmiddelen voor wat betreft de duur van retro-nasale aroma-afgifte treden op wanneer (semi-)vloeibare (kort retro-nasale aroma-afgifteprofiel met pieken) en vaste voedingsmiddelen (direct en langdurig retro-nasale aroma-afgifteprofiel) met elkaar worden vergeleken. Dit verschil is een gevolg van verschillen in orale voedselverwerking.

De aangetoonde verschillen in retro-nasale aroma-afgifte tussen personen en voedingsmiddelen kunnen verklaren waarom mensen verschillen in hun verzadigingsmechanisme. Dit draagt bij aan de voedselinnameregulatie.

De mate van aromastimulatie blijkt afhankelijk te zijn van de duur van aroma-afgifte en is daardoor voor verschillende voedselstructuren en -samenstellingen verschillend. In een proefopzet waarbij gebruik wordt gemaakt van een olfactometer, die het mogelijk maakt om aromastimuli los te koppelen van smaak en mondgevoel, is onderzocht of een drank als meer verzadigend wordt ervaren wanneer deze een retro-nasale aroma-afgifteprofiel heeft dat vergelijkbaar is met een vast voedingsmiddel. De deelnemers bleken zich inderdaad meer verzadigd te voelen wanneer ze sensorisch werden gestimuleerd met het aroma-afgifteprofiel dat past bij de consumptie van een vast voedingsmiddel. Het gevoel van verzadiging tijdens consumptie kan dus versterkt worden door de duur van blootstelling aan aroma tijdens consumptie te verlengen.

Daarna is onderzocht of aroma's, die met bepaalde ingrediënten geassocieerd worden, die de deelnemers niet bewust waarnemen, in staat zijn om een verzadigend gevoel op te wekken. Drie sensorische stimuli zijn onderzocht; hiervan werden associaties met vet (i.e. lactonen), koolhydraten (i.e. maltol) en afbraakproducten van eiwitten ('animalic')

verondersteld. Vla met toevoeging van maltol of 'animalic' verhoogde het verzadigend gevoel van de deelnemers. Uit deze studie kan echter niet worden geconcludeerd of het gevonden resultaat een gevolg is van incongruentie tussen de daadwerkelijke en verwachte smaak behorend bij het voedingsmiddel, of van een associatie tussen aromastimuli en de energie-inhoud van specifieke macronutriënten.

Daarnaast is het acute effect van complexiteit van aromasamenstelling op verzadiging en voedselinname onderzocht waarbij gebruik is gemaakt van zowel een proefopzet met een olfactometer als een proefopzet met een testmaaltijd. Uit beide studies blijkt dat een aardbei-aroma, dat is opgebouwd uit meerdere componenten, in staat is om het gevoel van verzadiging te versterken. In vergelijking met een aardbei-aroma bestaande uit een enkele component, is dit uit meerdere componenten samengestelde aroma waargenomen als meer complex, maar vergelijkbaar wat betreft aroma kwaliteit, intensiteit en aangenaamheid. Deze resultaten geven ook aan dat de methodologie van aromastimulatie met behulp van een olfactometer in staat is om een representatieve setting na te bootsen voor wat betreft blootstelling aan aroma en verzadiging.

Effecten van aroma-textuur congruentie op verzadiging zijn onderzocht met behulp van een proefopzet waarin een testmaaltijd van roomvla, gearomatiseerd met vanille (i.e. congruent aan romige textuur) of citroen (i.e. incongruent aan romige textuur), vooraf werd gegaan door roomvla met hetzelfde of het andere aroma (vanille *cq.* citroen). De deelnemers voelden zich meer verzadigd wanneer de aroma's van de testmaaltijd en de roomvla voorafgaand aan de testmaaltijd identiek zijn in vergelijking met variërende aroma's. Dit kan duiden op een behoefte aan variatie. Er zijn geen effecten van congruentie op verzadiging waargenomen.

Daarnaast is het effect van hapgrootte (vrij, 5 g en 15 g) en duur van orale voedselverwerking (vrij, 3 s en 9 s) op de hoeveelheid aroma die vrijkomt tijdens consumptie onderzocht. Hiertoe consumeerden de deelnemers pure chocoladevla. Zoals verwacht blijkt dat kleine happen aanzienlijk bijdragen aan een grotere cumulatieve hoeveelheid aroma die vrijkomt per geconsumeerd gewicht. Een langere orale voedselverwerking lijkt te leiden tot een hogere retro-nasale aroma-afgifte bij consumptie van een vastgestelde hoeveelheid pure chocoladevla. Het effect van de duur van orale voedselverwerking is wellicht groter met een vast voedingsmiddel.

Tot slot blijkt de mate van retro-nasale aroma-afgifte een fysiologisch kenmerk te zijn dat elk persoon karakteriseert. Hoewel de mate van retro-nasale aroma-afgifte persoonsspecifiek is, kunnen eigenschappen van voedsel zodanig aangepast worden, dat deze kunnen leiden tot een hogere kwaliteit en/of kwantiteit van retro-nasale aromastimulatie. Dit kan vervolgens leiden tot een versterkt verzadigend gevoel en zou uiteindelijk kunnen bijdragen aan verminderde voedselinname.

De huidige expertise op het gebied van aroma en verzadiging bevindt zich nog in een pril stadium. Het verkennend onderzoek, zoals in dit proefschrift is beschreven, laat zien dat de kracht van de verschillende aroma-concepten om verzadiging te

versterken relatief gering is. Daarnaast is er geen effect op eerdere maaltijdbeëindiging waargenomen. Aanbevolen wordt meer onderzoek te doen naar het effect van andere sensorische eigenschappen (bijv. smaak, textuur, mondgevoel) in combinatie met retro-nasale aroma-afgifte op verzadiging en voedselinname.

Op basis van de uitgevoerde studies kunnen het verlengen van de duur van retro-nasale aroma-afgifte, het toevoegen van specifieke ingrediënt-geassocieerde aroma's, het vervaardigen van meer complexe aromasamenstellingen en het aanpassen van hapgrootte en duur van orale voedselverwerking waardevolle aroma-concepten zijn. Deze kunnen gebruikt worden bij de ontwikkeling van voedingsmiddelen die eigenschappen bevatten die een langer of sterker verzadigend gevoel opwekken. De uitdaging is om deze aroma-concepten in commerciële voedingsmiddelen te implementeren.