

Triggers for food intake regulation : sensory and metabolic effects of specific food components

Citation for published version (APA):

Smeets, A. J. P. G. (2008). *Triggers for food intake regulation : sensory and metabolic effects of specific food components*. Universitaire Pers Maastricht.

Document status and date:

Published: 01/01/2008

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.

Summary

This thesis describes studies on the plasticity of the fine-tuning mechanism of energy intake to energy requirement. Several food-related triggers for food intake regulation were investigated for their ability to affect physiological variables mediating appetite related sensations.

To gain insight into what extent mere sensory perception can influence appetite related sensations, we studied the effect of mere sensory perception, thus without ingestion of nutrients, in order to separate sensory from metabolic triggers, on appetite sensations and taste perception during the development of sensory-specific satiety. The aim of this study was to explore the role of sensory specific satiety in satiety development after oral exposure to food that was chewed but not eaten (Modified Sham Feeding). In this experiment sensory-specific satiety took place during feeding, and was then related to an increase in satiety, and a decrease in hunger and desire to eat. With sensory-specific satiety during Modified Sham Feeding however, satiety did not increase nor did hunger decrease, yet desire to eat decreased. Thus Modified Sham Feeding is sufficient for a sensory decrease in desire to eat despite of lack of satiety.

Subsequently, we studied to what extent mere sensory perception can actually influence physiological and metabolic mechanisms underlying appetite related sensations. Here also the duration of metabolic effects due to mere sensory stimulation was assessed. The aim of the studies was to provoke cephalic and metabolic responses due to oral fat stimulation with different high-fat meals that were sham fed in the postprandial state. Modified Sham Feeding with different fats increased concentrations of metabolites and stimulated satiety, with linoleic oil showing the strongest response. In the subsequent study assessing oral fat stimulation, energy expenditure appeared to be stimulated up to 1 hour after Modified Sham Feeding of a meal. Modified Sham Feeding had no effect on substrate oxidation. Taken together, Modified Sham Feeding exerts effects on sensory-specific satiety, satiety, desire to eat, metabolites, and energy expenditure up to 1 hour after the sham fed meal, taken in a postprandial state.

A different approach of studying effects of energy neutral triggers was executed with four different triggers assessing their effects on physiological variables mediating appetite related sensations. Characteristics of these specific triggers imply possible effects while these triggers do not contribute to energy intake.

Such energy neutral triggers may be certain spices that enhance sympathetic nervous system activity and have shown to affect the gastrointestinal tract, e.g. capsaicin. We studied the effects of capsaicin on energy and substrate utilization, satiety and satiety-related hormones. A single lunch containing capsaicin had no effect on satiety, EE, and plasma PYY concentrations over a period of 3 hours, but increased plasma GLP-1 concentrations and tended

to decrease plasma ghrelin concentrations for a short period of time, i.e. 15 minutes.

An additional type of an energy neutral trigger may be a taste enhancer that increases palatability and vagal nerve activity, e.g. monosodium glutamate (MSG), and inosine 5'-monophosphate (IMP'5).

The increased palatability of a food after addition of an energy neutral trigger may be related to the taste sensitivity for the trigger. If this is the case, than taste sensitivity for that specific trigger may also predict food choice and consumption. We have studied individuals' taste threshold for MSG alone and in combination with IMP'5, and examined if this threshold was related to sensory properties (including pleasantness of taste) and/or, to ones' preference for dietary protein over carbohydrate and fat. We observed that the taste threshold of MSG in combination with IMP'5 does appear to predict ones' 'liking' of as well as 'preference' for high protein foods. Furthermore, MSG has been suggested to enhance metabolism due to sensory or gastrointestinal stimulation of vagal nerve activity. Therefore we studied if addition of MSG in combination with IMP'5 to a high protein diet has an effect on energy expenditure, substrate oxidation, appetite profile and relevant metabolites. The addition of MSG in combination with IMP-5 to a high-protein diet, either added to the food or in capsules, decreased overall desire to eat without affecting hunger and satiety. Moreover, it did not affect energy metabolism, substrate oxidation, or hormone concentrations.

The third trigger studied was indigestible starch. Spreading the amount of available energy after energy intake over a longer period of time, by using an energy neutral trigger e.g. resistant starch (RS), was studied in relation to possibly appetite related sensations through changes in metabolic rate and nutrient stimulated hormone release. Since epidemiological observations indicate that dietary fibre intake is involved in body weight control, the dietary fibre component RS was studied with respect to the effects of RS on energy and substrate utilization, satiety and satiety-related hormones. RS supplementation of a single meal had no acute effect on energy and substrate utilisation, appetite feelings and satiety-related hormones.

Finally, one macronutrient can be exchanged iso-energetically for another macronutrient, e.g. protein. High-protein foods are more satiating and have a higher thermogenic effect than normal protein foods, over the short as well as over the long-term. The acute effects on appetite related sensations of this energy neutral trigger may not only be mediated by acute effects on thermogenesis, but may also be mediated by the release of appetite related hormones. We hypothesized that acute effects of higher protein intake on satiety may be related to acute metabolic and hormonal responses. The meal, which was high in protein (25% of energy), increased feelings of satiety and tended to increase diet induced thermogenesis compared to the meal, which

Summary

had a normal protein content (10% of energy). Changes in plasma ghrelin, GLP-1 and PYY concentrations did not happen simultaneously. A single high-protein lunch, therefore, does not exert its acute effect on satiety through increased concentrations of satiety related hormones. Other factors, which may explain the high-protein effect on satiety, may be metabolites or amino acids.

The studies described in this thesis show that physiological variables mediating appetite related sensations can be influenced by energy neutral triggers (sensory exposure, MSG + IMP'5, dietary protein, capsaicin), at least over a short period of time, e.g. 15 min - 24 hours. The most effective modulators (sensory exposure, dietary protein) increased satiety through physiological variables and/or stimulating effects on energy expenditure. The sensory effects (sensory exposure, MSG+IMP'5) sustained over a short period of time, while some of the metabolic effects were sustained for a couple of hours (dietary protein). This implies that sensory and metabolic effects of food-related triggers may be useful in different elements of food intake regulation, e.g. intra-meal appetite related sensations and inter-meal appetite related sensations, respectively. The trigger tested under energy deficit conditions (sensory exposure) affected sensory and metabolic effects to a certain extent, which implies that certain triggers may temporarily overcome the effects of a negative energy balance on the fine-tuning mechanism of energy intake. The triggers that were tested under iso-energetic conditions (MSG+IMP'5, dietary protein) underscored the effects of energy intake on the fine-tuning mechanism of energy intake. Whether the observed effects of the modulators persist in different states of energy balance, and how much some effects were dependent on the level of exposure to the modulators should be subject to further studies.

Samenvatting

Dit proefschrift beschrijft studies naar de plasticiteit van voedselinname regulatie ten opzichte van het energiegebruik. Verschillende voedingsgerelateerde factoren die een rol spelen bij de voedselinname regulatie zijn onderzocht op hun verzadigingsgerelateerde sensorische en metabole effecten. Om een beeld te krijgen van de invloed van orale blootstelling op eetlust hebben we het effect van orale blootstelling, dus zonder daadwerkelijk te eten ten einde sensorische van metabole effecten te scheiden, op eetlust en smaakwaarneming tijdens sensorisch specifieke verzadiging onderzocht. Het doel van die studie was om de rol van sensorisch specifieke verzadiging in het ontstaan van verzadiging na enkel orale blootstelling aan voedsel te bestuderen.

In het betreffende experiment veroorzaakte eten sensorisch specifieke verzadiging die was gerelateerd aan een stijging in verzadiging en een daling in honger en “wens om te eten”. Enkel orale blootstelling aan voedsel veroorzaakte ook sensorisch specifieke verzadiging die in dit geval niet gerelateerd was aan een stijging in verzadiging en een daling in honger, maar wel gerelateerd was aan een daling in “wens om te eten”. Kortom, enkel orale blootstelling aan voedsel is voldoende om een sensorische daling in de “wens om te eten” te veroorzaken, die onafhankelijk is van een gebrek aan verzadiging.

Vervolgens hebben we onderzocht in hoeverre enkel orale blootstelling aan voedsel verzadigingsgerelateerde fysiologische en metabole mechanismen kan beïnvloeden. Hierbij werd ook gekeken naar de duur van de metabole effecten ten gevolge van enkel orale blootstelling aan voedsel. Het doel van de studies was om cefale en metabole reacties ten gevolge van orale blootstelling in de postprandiale fase aan verschillende vette maaltijden te weeg te brengen. Orale blootstelling aan verschillende vetten verhoogde de concentratie metabolieten in het bloed en stimuleerde het verzadigingsgevoel, waarbij orale stimulatie met linolzuur het grootste effect had. In de daaropvolgende studie bleek dat het energiegebruik verhoogd is gedurende 1 uur en dat substraatgebruik niet verandert na orale blootstelling aan een vette maaltijd. Samengevat, orale blootstelling terwijl proefpersonen in de postprandiale fase zijn heeft effecten op sensorisch specifieke verzadiging, verzadiging, metabolieten en energiegebruik gedurende een periode van 1 uur.

Een andere aanpak om de effecten van energie neutrale stimuli te onderzoeken werd uitgevoerd met vier verschillende stimuli die onderzocht werden op hun effecten op verzadigingsgerelateerde fysiologische variabelen.

Eigenschappen van deze specifieke stimuli suggereren dat ze mogelijk een effect kunnen hebben zonder bij te dragen aan energie inname.

Zulke energieneutrale stimuli zouden bepaalde kruiden kunnen zijn waarvan bekend is dat ze de activiteit van het sympathische zenuwstelsel verhogen en effecten hebben op het maag-darmstelsel, bijvoorbeeld capsaïcine.

Mogelijke effecten van capsaïcine op energie- en substraatgebruik, verzadiging en verzadigingsgerelateerde hormonen werden onderzocht, bij proefpersonen die in de postprandiale fase verkeerden.

In vergelijking met een controle maaltijd had een enkele blootstelling aan de energieneutrale stimulus “capsaïcine” geen effect op verzadiging en fysiologische en metabole variabelen, zoals dieet geïnduceerde thermogenese, substraat oxidatie en plasma PYY concentraties over een periode van 3 uur. Gedurende een korte periode van 15 minuten verhoogde een enkele blootstelling aan capsaïcine plasma GLP-1 concentraties en neigde deze plasma ghreline concentraties te verlagen vergeleken met de controle maaltijd.

Een ander type energieneutrale stimuli zijn smaakversterkers kunnen zijn die de smaak van het voedsel en de activiteit van het zenuwstelsel bevorderen, bijvoorbeeld monosodium glutamaat (MSG) en inosine 5'-monofosfaat (IMP'5). Een verbetering van de smaak van een voedingsmiddel na toevoeging van een energieneutrale stimulus is mogelijk gerelateerd aan de smaak gevoeligheid voor die stimulus. Indien dit het geval is, zou de smaakgevoeligheid voor die specifieke stimulus mogelijk ook voedselkeuze en voedselconsumptie kunnen voorspellen.

Wij hebben de individuele smaakgevoeligheid voor enkel MSG en in combinatie met IMP'5 gemeten en onderzocht of deze gevoeligheid gerelateerd was aan sensorische eigenschappen en/of voorkeur voor eiwit boven koolhydraten en vet. De smaakgevoeligheid voor MSG na toevoeging van IMP'5 bleek geassocieerd te zijn met de aangenaamheid van het voedsel en voorkeur voor eiwitrijke voedingsmiddelen. Daarnaast is er in de literatuur gesuggereerd dat MSG het metabolisme kan verhogen door middel van sensorische en gastro-intestinale stimulatie van het zenuwstelsel. We hebben daarom onderzocht of de toevoeging van MSG in combinatie met IMP'5 aan een eiwitrijk dieet een effect heeft op het energiegebruik, substraat oxidatie, eetlust en relevante metabolieten. De toevoeging van MSG in combinatie met IMP'5, toegevoegd aan het voedsel of in capsules, aan een eiwitrijk dieet verlaagde de wens om te eten zonder honger en verzadiging te beïnvloeden. Deze toevoeging had geen effect op energiegebruik, substraat oxidatie of concentraties van hormonen.

De derde stimulus die bestudeerd is zijn onverteerbare koolhydraten. Het spreiden van een bepaalde hoeveelheid beschikbare energie na inname over een langere periode, bijvoorbeeld door gebruik te maken van de energieneutrale stimulus onverteerbare koolhydraten, zou eetlust kunnen beïnvloeden door veranderingen in metabole snelheid en nutriënt gestimuleerde afgifte van hormonen. Epidemiologische observaties suggereren dat de inname van voedingsvezel gerelateerd is aan lichaamsgewicht. Een specifieke component van voedingsvezel die van belang zou kunnen zijn, zijn onverteerbare koolhydraten. We hebben de

effecten van onverteerbare koolhydraten op energie- en substraatgebruik, verzadiging en verzadigingsgerelateerde hormonen onderzocht. Toevoeging van onverteerbare koolhydraten aan een enkele maaltijd had geen effect op energie- en substraatgebruik, verzadiging en verzadigingsgerelateerde hormonen.

Tenslotte kan een macronutriënt iso-energetisch worden uitgewisseld met een andere macronutriënt, bijvoorbeeld eiwit. Eiwitrijke voedingsmiddelen zijn verzadigender en hebben een groter thermogeen effect dan voedingsmiddelen die een normale hoeveelheid eiwit bevatten, zowel op korte als op lange termijn. De acute effecten op de eetlust door deze energieneutrale stimulus zijn mogelijk niet alleen het gevolg van acute effecten op thermogenese, maar zijn mogelijk ook het gevolg van de afgifte van verzadigingsgerelateerde hormonen.

Onze hypothese stelde dat acute effecten van een hogere eiwit inname op verzadiging mogelijk gerelateerd zijn aan acute metabole en hormonale reacties. Het iso-energetisch vervangen van koolhydraten door eiwitten (25% vs. 10% energie van eiwit) in een enkele maaltijd die genuttigd wordt terwijl de proefpersonen in de postprandiale fase verkeren, verhoogde het verzadigingsgevoel en neigde ook de DIT te verhogen. Deze effecten van een enkele eiwitrijke maaltijd in de postprandiale fase gingen niet gepaard met veranderingen in plasma ghreline, GLP-1 en PYY concentraties. Het verzadigende effect van een enkele eiwitrijke lunch is dus niet veroorzaakt door stijgingen in plasma concentraties van verzadigingsgerelateerde hormonen. Andere factoren die mogelijk bijdragen aan het verzadigende effect van eiwitrijke voeding zijn plasma concentraties van metabolieten of aminozuren.

De studies die in dit proefschrift beschreven zijn laten zien dat verzadigingsgerelateerde fysiologische variabelen kunnen worden beïnvloed door energieneutrale stimuli (orale stimulatie, MSG+IMP'5, eiwit, capsaïcine), althans over een korte periode (15 minuten tot 24 uur). De meest effectieve stimuli (orale stimulatie, eiwit) verhoogde verzadiging met behulp van fysiologische variabelen en/of stimulerende effecten op energiegebruik. De sensorische effecten (orale stimulatie, MSG+IMP'5) hielden gedurende korte tijd aan, terwijl sommige metabole effecten, zoals de dieet geïnduceerde thermogenese die als gevolg van een hogere eiwit inname een aantal uren aanhielden. Deze bevindingen suggereren dat sensorisch en metabole effecten van voedingsgerelateerde stimuli gebruikt kunnen worden in verschillende elementen van voedselinname regulatie, bijvoorbeeld bij respectievelijk eetlust tijdens een maaltijd en eetlust tussen maaltijden. De stimuli die in een energie-deficiënte situatie (orale stimulatie) werden getest, waren in staat om sensorische en metabole effecten te beïnvloeden tot op zekere hoogte. Dit impliceert dat bepaalde stimuli de effecten van een negatieve energiebalans op voedselinname regulatie teniet kunnen doen.

De stimuli die in een energieneutrale situatie (MSG+IMP'5, eiwit) werden getest, onderstreepten de effecten van factoren die met de voedselinname worden ingenomen op de voedselinnameregulatie.

Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of de in dit proefschrift beschreven effecten van de stimuli ook geobserveerd worden tijdens een negatieve of positieve energiebalans en in hoeverre mogelijke effecten afhankelijk waren van de blootstelling aan de stimuli.